

(옆 면)

(앞 면)

수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획연구 (수정본)

2020년

기상청

발간등록번호

11-1360496-000023-01

수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스
기술개발 기획연구 (수정본)

2020년

기 상 청

(공 백)

제 출 문

기 상 청 장 귀 하

본 보고서를 “수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획연구에 관한 연구” 최종보고서로 제출합니다.

2020년 12월 19일

- 연구용역기관명 : 한국전자통신연구원
- 연구 기 간 : 2020.08.21. - 2020.12.19.
- 연구용역책임자 : 안 도 섭
- 참여연구원 : 강 태 근
구 본 준
김 승 철
박 용 문
이 점 훈
정 일 구
김 상 일

(공 백)

목 차

| | |
|--|------------|
| 제 1 장 서론 | 1 |
| 제 1 절 연구 배경 및 필요성 | 1 |
| 제 2 절 연구의 목적 | 5 |
| 제 3 절 연구의 내용 및 범위 | 6 |
| | |
| 제 2 장 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점 | 7 |
| 제 1 절 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 | 7 |
| 1. 국내외 공항/공역기상 관측기술 현황 | 7 |
| 2. 국내외 공항/공역기상예보 기술 현황 | 43 |
| 3. 항공기상 서비스 기술 현황 | 69 |
| 제 2 절 국내외 항공기상서비스 주요 정책 동향 | 158 |
| 1. 주요 국제 기구 정책 현황 | 158 |
| 2. 주요 국가 정책 동향 | 183 |
| 3. 국내 정책 동향 | 218 |
| 제 3 절 국내외 항공산업 수요 분석 | 225 |
| 1. 항공산업 개요 | 225 |
| 2. 항공산업 전망 | 226 |
| 3. 항공산업 주요 이슈 | 234 |
| 4. 항공분야 R&D 사업 현황 | 237 |
| 제 4 절 미래 항공기상서비스 대응을 위한 주요 시사점 도출/분석 | 249 |
| 1. 국내외 주요 기술·정책·수요 동향 기반 주요 시사점 도출 | 249 |
| 2. 주요 시사점 분석 | 252 |
| | |
| 제 3 장 국내 항공기상청 주요성과 및 수준 분석 | 255 |
| 제 1 절 2019년 항공기상청 주요성과 | 255 |
| 제 2 절 2020년 항공기상청 비전 및 목표, 추진전략 | 257 |
| 제 3 절 항공기상청 수준 분석 | 258 |

| | |
|---|------------|
| 제 4 장 사업추진 전략 방향 수립 | 262 |
| 제 1 절 시사점 및 전략 방향 기준 기반 사업추진 전략 방향 수립 | 262 |
| 제 2 절 비전 및 목표 수립 | 263 |
| 제 3 절 (전체)사업 개요 설정 | 264 |
| | |
| 제 5 장 내역 사업별 추진 계획 | 271 |
| 제 1 절 (내역 사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 | 271 |
| 1. (세부 사업 1_1) 항공·기상정보 데이터 통합 및 (4D) 입체화 기술개발 | 272 |
| 2. (세부 사업 1_2) 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 | 279 |
| 3. (세부 사업 1_3) 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | 290 |
| 제 2 절 (내역 사업 2) 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 | 296 |
| 1. (세부 사업 2_1) 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | 297 |
| 2. (세부 사업 2_2) 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 304 |
| 3. (세부 사업 2_3) 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | 316 |
| 제 3 절 (내역 사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 | 320 |
| 1. (세부 사업 3_1) 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발 | 321 |
| 2. (세부 사업 3_2) (항공기 유형별) 4D 항공기상서비스 기술개발 | 329 |
| 3. (세부 사업 3_3) 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | 336 |
| 제 4 절 세부과제 요소기술 및 주요액션 간 연차별 연계 분석 | 340 |
| | |
| 제 6 장 사업 이행계획 | 341 |
| 제 1 절 사업 추진체계 및 로드맵 | 341 |
| 제 2 절 사업 예산(안) | 353 |
| 제 3 절 국내 항공기상 관련 기존 추진과제와의 관계 분석 | 365 |
| 제 4 절 전문가 자문을 통한 과제 검토 및 분석 | 370 |
| | |
| 제 7 장 사업 관리 방안 | 372 |
| 제 1 절 추진사업 성과목표 평가계획 방안 | 372 |
| 1. 평가 기본방향 | 372 |

| | |
|---|------------|
| 2. 사업평가 체계 | 373 |
| 3. 사업 논리모형(Logic Model) 설정 | 376 |
| 4. 사업 논리모형 설정에 따른 성과지표 상세 설정 | 377 |
| 5. 성과검증 체계 및 방안 | 386 |
| 제 8 장 기대효과 | 387 |
| 제 1 절 편익 분석 1 - ATM 분야 기여에 따른 직접적 경제 효과 분석 | 387 |
| 1. 이슈 분석 | 387 |
| 2. 경제적 편익 분석 | 388 |
| 제 2 절 편익 분석 2 - 기상요인에 의한 항공교통 지연 및 결항을 감소 효과 분석 | 389 |
| 1. 이슈 분석 | 389 |
| 2. 경제적 편익 분석 | 392 |
| 제 3 절 기술적 기대효과 | 400 |
| 제 9 장 결론 | 401 |
| 참고 문헌 | 403 |
| 부 록 | 405 |

표 목 차

| | |
|---|-----|
| 표 1. TDWR과 LLWAS 특성 비교 | 8 |
| 표 2. LIDAR 기술 종류 및 장단점 | 10 |
| 표 3. ADS-B, ADS-C 특징 비교 | 17 |
| 표 4. 국내 공항별 TDWR, AMOS, LLWAS 설치 현황 | 19 |
| 표 5. 국내 공항별 기상관측장비 교체 계획 | 20 |
| 표 6. 공항기상 관측시스템 관련 고려사항 | 21 |
| 표 7. 국내 공항의 입체적 기상관측망 확충 계획 | 22 |
| 표 8. 국내 AMOS 관측자료 처리 표준화 계획 | 22 |
| 표 9. 항공기 기반 관측 기술 현황 | 33 |
| 표 10. 국내 항공사별 ADS-B 장착 현황 | 35 |
| 표 11. AMDAR와 Mode-S 데이터 비교 | 41 |
| 표 12. 기상청 수치예보모델 운영현황(2019년 기준) | 43 |
| 표 13. LAMP 산출물(지점(스테이션), 격자형) 리스트 | 51 |
| 표 14. 항공기상정보 시스템 구성 및 역할 | 70 |
| 표 15. 항공기상정보 서비스 대상 및 웹 서비스 | 74 |
| 표 16. 항공기상청 웹 서비스 | 74 |
| 표 17. 항공기상 서비스 주요 요구사항 | 84 |
| 표 18. 차세대 항공교통 시스템(NARAE) 추진 일정 | 85 |
| 표 19. 기상오보로 인한 손실액 관련 국내 항공사의 제출 자료 | 87 |
| 표 20. 2017~2019년 상반기 동안 운항계획에 따른 지연율 및 결항률 | 89 |
| 표 21. 성능개선 영역별 세부 개선영역 | 163 |
| 표 22. Thread별 Element 구성 | 165 |
| 표 23. ICAO ASBU Block 단계별/Element 별 세부내용 | 166 |
| 표 24. ICAO ASBU AMET Block 1 Element별 요구사항 (5판 vs 6판) | 167 |
| 표 25. 기술 로드맵 | 169 |
| 표 26. Asia/Pacific ASBU Block 0 및 Block 1 우선순위 | 175 |
| 표 27. NextGen Implementation Plan 2016 프로그램/포트폴리오 | 185 |

| | |
|---|-----|
| 표 28. NAS 자동화 및 의사결정에 기상정보 기초통합 (2012 - 2022) | 187 |
| 표 29. NAS 자동화 및 의사결정에 기상정보 완전통합 (2021 - 2027) | 188 |
| 표 30. 미국 FAA NextGen 최근 5년 예산 (2017~2021) | 190 |
| 표 31. MET information의 enabler 목록 | 201 |
| 표 32. 유럽 항공기상 관련 과제 예산 목록 (https://cordis.europa.eu/project) | 202 |
| 표 33. 독일의 항공전략 목표 그룹 및 설계 목표 | 205 |
| 표 34. 일본 CARATS 로드맵 EN-4의 현황과 최종 성과물 | 207 |
| 표 35. 일본 CARATS 로드맵 EN-5의 현황과 최종 성과물 | 209 |
| 표 36. 일본 CARATS 로드맵 EN-6의 현황과 최종 성과물 | 210 |
| 표 37. 일본 CARATS의 항공교통 시스템 혁신 방향 | 213 |
| 표 38. 일본 CAAMS 구축계획(3단계 예) | 216 |
| 표 39. 차세대 항공교통시스템(NARAE) 4대 추진전략 및 주요 내용 | 219 |
| 표 40. 차세대 항공교통시스템(NARAE) 계획 이행단계 | 219 |
| 표 41. 제3차 기본계획 발전목표 및 5대 전략과 10개 중점과제 | 221 |
| 표 42. 2021년 기상청 주요 정책 및 세부 과제 | 223 |
| 표 43. 국제 항공산업 규모 현황 및 전망 | 229 |
| 표 44. 세계 지역별 항공운송 화물 시장 비교 | 229 |
| 표 45. 국내 공항별 여객 실적(2017~2019) | 233 |
| 표 46. 국제선 항공사별 여객 실적 변화(2018-2019) | 234 |
| 표 47. 코로나19 관련 우리나라 항공운송 시장 변화 | 235 |
| 표 48. 코로나19 관련 항공사별 국내선 여객 실적 변화 | 236 |
| 표 49. 항공 관련 사업별 2020년 예산 비교 | 240 |
| 표 50. 항공기상 정보를 요구하는 국토교통부 NARAE 사업 | 243 |
| 표 51. 항공기상 R&D 산출물과 항공안전 빅데이터 플랫폼과의 연계 | 247 |
| 표 52. 차세대 항공교통 시스템(NARAE) 추진 일정 | 265 |
| 표 53. (내역사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 지원 필요성 및 최종 목표성과 | 268 |
| 표 54. (내역사업 2) 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 지원 필요성 및 최종 목표성과 | 269 |
| 표 55. (내역사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 지원 필요성 및 최종 목표성과 | 270 |

| | |
|---|-----|
| 표 56. 항공기 기반 관측 기술 현황 | 283 |
| 표 57. 국적 항공사별 ADS-B를 장착한 항공기 현황 | 285 |
| 표 58. ADS-B, ADS-C 특징 비교 | 286 |
| 표 59. 항공기상 예특보 현황 | 305 |
| 표 60. 공항 항공기상 요소별 수준 진단 | 312 |
| 표 61. 항로 항공기상 요소별 수준 진단 | 313 |
| 표 62. R&D 과제의 추진체계 분석 | 342 |
| 표 63. 사업추진체계 주체별 역할 | 346 |
| 표 64. TRL 단계별 정의 및 세부설명 | 348 |
| 표 65. 세부 과제별/연차별 기술성숙도(TRL) | 349 |
| 표 66. NARAE-Weather 실현을 위한 사업 추진 로드맵 | 350 |
| 표 67. 내역사업별 예산(안) | 353 |
| 표 68. 세부과제별 유사 과제와의 예산 및 기간 적정성 비교 검토 | 356 |
| 표 69. 투입 인력 계획(추정)(기획평가 관리 인력 수 제외) | 360 |
| 표 70. 항공기상 관련 선행 사업 조사 내용 | 365 |
| 표 71. 전문가 검토 평가체계 개요 | 370 |
| 표 72. 전문가 자문위원 주요 검토의견 요약 | 371 |
| 표 73. 전문가 자문위원 세부 사업별 우선순위 검토 결과 | 371 |
| 표 74. 추진사업 성과목표 달성을 위한 사업 논리모형 | 376 |
| 표 75. 성과지표 상세 설정 | 377 |
| 표 76. ICAO Doc 9750, Doc 9883의 KPAs와 KPIs 현황 | 378 |
| 표 77. AMET B1, KPA-Benefits. | 381 |
| 표 78. 1단계 성과지표 | 382 |
| 표 79. 2단계 성과지표 | 383 |
| 표 80. 성과지표 측정방법 | 383 |
| 표 81. 대체 가능한 성과지표 | 384 |
| 표 82. 2019년 국내 항공기 원인별 지연 편수 | 392 |
| 표 83. 항공기 지연비용(단위: 10억달러), 참고: FAA 항공기 지연 추정액('20.7.) | 394 |
| 표 84. 지연 항공편 감소에 따른 중·장기 목표별 절감 금액 | 394 |
| 표 85. 항공기 편당 지연시간에 따른 절감 연료 소모량 및 금액(B737-800기준) | 395 |
| 표 86. 사업 수행에 따른 기술적 기대효과 | 400 |

그 립 목 차

| | |
|---|----|
| 그림 1. 新 항공기상서비스 진화 추진 사업 연구 배경 및 필요성 | 4 |
| 그림 2. AMOS 시스템 구성 | 7 |
| 그림 3. LIDAR 시스템 구성 | 9 |
| 그림 4. AMDAR 시스템 구성 및 운영 | 12 |
| 그림 5. AMDAR 보고 주기 | 13 |
| 그림 6. Mode-S의 선택적 질의(interrogation)/보고(report) 흐름 | 14 |
| 그림 7. ADS-B 운영 개념 | 16 |
| 그림 8. 인천공항 기상관측장비 설치 지점 | 20 |
| 그림 9. 공항 및 접근 영역의 4D 종합 기상 관측망 구성 | 23 |
| 그림 10. 미국 TDWR 운영 사이트 | 24 |
| 그림 11. 미국 TDWR, TDWR/LLWAS-NE, WSP/ASR-9, LLWAS-RS 운영 사이트 | 25 |
| 그림 12. AWOS와 RWIS 통합에 의한 기상정보 제공 범위 | 26 |
| 그림 13. PUMS 슈퍼사이트 | 27 |
| 그림 14. 유럽 CWINDE 프로파일러 관측망 설치 현황 | 29 |
| 그림 15. 홍콩국제공항 주변 저고도 윈드시어 관측장비 배치 현황 | 30 |
| 그림 16. 일본 기상청 상층 대기 관측망 | 31 |
| 그림 17. 일본 XRAIN 관측망 | 32 |
| 그림 18. 항공기 관측 기상자료 연동시스템(한국공항공사) | 34 |
| 그림 19. ADS-B 자료 조회 및 수집량, 항공기 위치·분포 표출 | 35 |
| 그림 20. EMADDC의 Mode-S 자료 수집 모니터링 웹 서비스 | 37 |
| 그림 21. Mode-S와 AMDAR 비교 | 40 |
| 그림 22. 홍콩의 8개 ADS-B 지상국 | 42 |
| 그림 23. 기상청 수치예보 모델의 종류 | 43 |
| 그림 24. AWPS 모델 및 도메인 | 45 |
| 그림 25. 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보시스템의 흐름도 | 46 |
| 그림 26. 평균 기온/풍속/습도 공간장과 평균 시정 공간장 비교 | 47 |
| 그림 27. RAP/HRRR Model Forecast Suite | 48 |

| | |
|--|----|
| 그림 28. RAP/HRRR 개발/업그레이드 일정 | 48 |
| 그림 29. AROME 모델 적용 영역 | 49 |
| 그림 30. AROME Airport 시스템의 개략도 및 상호작용 방식 | 50 |
| 그림 31. 홍콩국제공항의 AVM-PRD와 AVM-HKA 도메인 | 51 |
| 그림 32. LAMP 산출물 예시 | 53 |
| 그림 33. 국지규모 앙상블 예측시스템(LENS) 흐름도 | 54 |
| 그림 34. G-KTG 난류 예측장 및 난류 관측자료 비교 | 55 |
| 그림 35. 인공지능 국내시장 규모 | 55 |
| 그림 36. 국립기상과학원 알파웨더 | 57 |
| 그림 37. 국립기상과학원 알파웨더 개발 3단계 계획 | 57 |
| 그림 38. HRRRDAS Foundation for Future Implementations | 58 |
| 그림 39. Terrain height(m) in the HRRRE | 59 |
| 그림 40. LAMP/HRRR MELD 운저고도 예측 | 60 |
| 그림 41. LAMP/HRRR MELD 시정 예측 | 60 |
| 그림 42. NBN image View와 NBM Forecast viewer 예시 | 61 |
| 그림 43. NBM 정량적 강수량 예측(Blend 36시간 예보) 성능 예시 | 61 |
| 그림 44. GTG 2 시간 난류 예측 | 62 |
| 그림 45. GTGN 표출 | 63 |
| 그림 46. GTGN 시스템 흐름도 | 64 |
| 그림 47. 차그레브 국제공항의 Fog panel 표출 예시 | 65 |
| 그림 48. 빈 국제공항의 적설 깊이 및 확률을 고려한 위험 범주 | 66 |
| 그림 49. Google 'NowCast' 기상예보 결과 | 67 |
| 그림 50. 항공기상정보시스템 구성 및 역할 | 70 |
| 그림 51. AFTN(항공고정통신망) | 71 |
| 그림 52. 세계공역예보시스템(WAFS) | 72 |
| 그림 53. ACOM 외부시스템 연계도 | 73 |
| 그림 54. 기상정보교환모델(IWXXM) 업그레이드 이력 | 79 |
| 그림 55. SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망) | 80 |
| 그림 56. 저고도 항행용 특화 기상지원 콘텐츠 | 83 |
| 그림 57. 기상오보로 인한 우리나라 국적항공사 손실액 | 87 |

| | |
|---|-----|
| 그림 58. 국내 8개 항공사 운항계획 현황(2019.2Q~2020.2Q) | 88 |
| 그림 59. 기상요인 지연율 및 결항율(2019.2Q~2020.2Q) | 88 |
| 그림 60. 국내선 기상요인 지연율 및 결항율(2019.2Q~2020.2Q) | 89 |
| 그림 61. 국제선 기상요인 지연율 및 결항율(2019.2Q~2020.2Q) | 89 |
| 그림 62. ADDS 웹 서비스 | 96 |
| 그림 63. GFA 화면 예시 및 구성 | 97 |
| 그림 64. FPT 화면 예시 | 98 |
| 그림 65. HEMS 웹사이트 예시 | 99 |
| 그림 66. 선택 경로를 포함한 CoSPA 분석 및 예측 디스플레이 | 100 |
| 그림 67. AOAWS의 주요 구성 요소 | 101 |
| 그림 68. NextGen Weather 아키텍처 | 102 |
| 그림 69. ITWS(Integrated Terminal Weather System) 구성도 | 125 |
| 그림 70. CIWS(Corridor Integrated Weather System) 구성도 | 126 |
| 그림 71. SEAR TOPLINK 프로젝트의 MET 서비스 구성 | 130 |
| 그림 72. TOPLINK 프로젝트의 데이터 교환 개념도 | 131 |
| 그림 73. OPMET 데이터 표출 화면 | 132 |
| 그림 74. OPMET의 'Graphic Low Level ForeCast' 표출 화면 | 132 |
| 그림 75. OPMET 저고도 기상레이더 표출 화면 | 132 |
| 그림 76. HeliBrief® HEMS 예시 | 133 |
| 그림 77. 바이살라 AviMet | 134 |
| 그림 78. eWAS 실시간 기상 솔루션 예시 | 135 |
| 그림 79. eWAS Weather 솔루션의 구조 | 135 |
| 그림 80. eWAS Weather 솔루션의 On-Board 통신 | 136 |
| 그림 81. eWAS Weather 솔루션의 난류정보 표출 | 136 |
| 그림 82. eWAS Weather 솔루션의 바람정보 표출 | 137 |
| 그림 83. DREAMS 날씨, 소음 저감, 내비게이션 및 궤적 제어 기술 | 138 |
| 그림 84. 일본 ATMet 카테고리 예보 | 145 |
| 그림 85. 일본 ATM 위험기상 지수 | 146 |
| 그림 86. JMA의 온라인 채팅 도구 | 146 |
| 그림 87. CAPPI 영상이 중첩된 홍콩 ATC 콘솔 화면 | 147 |

| | |
|---|-----|
| 그림 88. MSTA 예측의 통합 웹 디스플레이 | 148 |
| 그림 89. HKO가 제공하는 HKIA 기상정보 요약 | 149 |
| 그림 90. 태풍 상황에서 HKIA의 확률적 바람 예측의 예시 | 149 |
| 그림 91. 홍콩의 8개 ADS-B 지상국 | 150 |
| 그림 92. ATC Weather Information Portal | 151 |
| 그림 93. 강한 대류에 대한 WIRE 산출물 예시 | 153 |
| 그림 94. IATA의 Turbulence Aware 플랫폼의 운영 뷰 개념 | 154 |
| 그림 95. IATA의 Turbulence Aware 플랫폼 참여 항공사 | 154 |
| 그림 96. Turbulence Aware viewer 화면 | 155 |
| 그림 97. WTIC(Weather Technology In the Cockpit) | 155 |
| 그림 98. IFALPA TWI 표출 예시 | 157 |
| 그림 99. 항공교통/기상정책 체계도 | 158 |
| 그림 100. Global Air Navigation Plan의 4단계 레벨 | 160 |
| 그림 101. 항공시스템 전환 계획(ASBU) 개념 모델의 기상과제 | 161 |
| 그림 102. 주요 국가 항공교통시스템 프로젝트 | 162 |
| 그림 103. ASBU 구성 (ICAO GANP 5판) | 163 |
| 그림 104. 기술로드맵 (예) | 169 |
| 그림 105. 기술로드맵 7 | 172 |
| 그림 106. ICAO GANP/ASBU-APAC Seamless ATM Plan 간 관계도 | 173 |
| 그림 107. Weather Integration & Impact Translation | 179 |
| 그림 108. 세계기상기수(WMO) 통합지구관측시스템 | 180 |
| 그림 109. 세계기상기구(WMO) 정보시스템 | 181 |
| 그림 110. NextGen 프로젝트 개발 목표 | 184 |
| 그림 111. NextGen Weather 아키텍처 | 186 |
| 그림 112. NextGen 예산 (2015~2021) | 189 |
| 그림 113. 2021년도 NextGen 항공기상 관련 예산 구성 | 189 |
| 그림 114. SESAR 항공 분야별 개선 내용 | 195 |
| 그림 115. Key performance areas in SESAR | 195 |
| 그림 116. 4DWeatherCube MET-GATE Schema | 196 |
| 그림 117. SESAR Weather Solution | 197 |

| | |
|--|-----|
| 그림 118. 영국 공역 관련 개발 타임라인('18~'25) | 204 |
| 그림 119. 일본 차세대항공교통시스템 중장기 로드맵 CARATS MET 관련 | 207 |
| 그림 120. 일본 CARATS 로드맵 EN4의 공정표 | 208 |
| 그림 121. 일본 CARATS 로드맵 EN5의 공정표 | 210 |
| 그림 122. 일본 CARATS 로드맵 EN6의 공정표 | 211 |
| 그림 123. CARATS의 항공교통시스템 계획 | 212 |
| 그림 124. CARATS 기상 관측 기능 예시 | 213 |
| 그림 125. CARATS 일기예보 기능 예시 | 214 |
| 그림 126. CARATS의 Met 통합 및 히마와리 위성 산출물 활용 | 214 |
| 그림 127. 중국 항공교통 관리 현대화 6대 단기계획(2016-2020) | 215 |
| 그림 128. 싱가포르의 advancing ATM 모식도 | 217 |
| 그림 129. 항공교통관리 체계의 현재와 미래 | 218 |
| 그림 130. NARAE 추진전략 분야별 이행단계 | 220 |
| 그림 131. 항공기상청 이행계획과 항공기상 R&D 연계 검토 | 224 |
| 그림 132. 세계 항공 여객/화물 수요 변화 | 225 |
| 그림 133. 세계 항공 여객 수요 예측 | 226 |
| 그림 134. 세계 항공산업 고용 및 GDP 기여도 전망 | 227 |
| 그림 135. 세계 지역별 항공운송 수요 예측 비교 | 227 |
| 그림 136. 항공산업 국내경제 효과, | 230 |
| 그림 137. 2018년 태풍 제21호와 제22호의 이동 경로 | 231 |
| 그림 138. 국내선 항공 운송 수요 현황 | 232 |
| 그림 139. 국제선 항공 운송 수요 현황 | 233 |
| 그림 140. 코로나19 영향에 따른 세계 항공여객 수요 전망 변화 | 235 |
| 그림 141. 항공관련 사업별 예산 비중(2020년) | 241 |
| 그림 142. 항공기상 R&D와 국토교통부 NARAE 관련 사업과의 연계성 및 기대효과 | 248 |
| 그림 143. 관측 기술 분야 주요 동향 및 시사점 | 249 |
| 그림 144. 수치 모델 분야 주요 동향 및 시사점 | 250 |
| 그림 145. 예측 기술 분야 주요 동향 및 시사점 | 250 |
| 그림 146. 서비스 기술 분야 주요 동향 및 시사점 | 250 |
| 그림 147. 정책 분야 주요 동향 및 시사점 | 251 |

| | |
|---|-----|
| 그림 148. 항공교통 수요 분야 주요 동향 및 시사점 | 251 |
| 그림 149. 기술 분야 주요 시사점 기반 기술개발 추진 후보 분야 도출 | 252 |
| 그림 150. 정책 및 수요 분야 주요 시사점 기반 정책 추진 방향 도출 | 253 |
| 그림 151. 정책 추진 방향과 기술개발 추진 후보 분야 간 관계 분석 | 253 |
| 그림 152. 항공기상청 개선 방향 의지 분석에 따른 사업추진 전략 방향 기준 | 260 |
| 그림 153. 주요 시사점과 항공기상청 개선 방향 계획과의 관계 분석 | 261 |
| 그림 154. 사업추진 전략 방향 수립 | 262 |
| 그림 155. 비전 체계도 | 263 |
| 그림 156. NARAE-Weather 개념도 | 264 |
| 그림 157. 4-D Wx Data Cube | 273 |
| 그림 158. ATM-Weather 통합 개념 | 273 |
| 그림 159. SESAR 프로젝트의 4DWeatherCube | 274 |
| 그림 160. EMADDC의 자료 Mode-S 자료 수집 모니터링 웹 서비스 | 281 |
| 그림 161. Mode-S MRAR와 AMDAR와의 비교 | 282 |
| 그림 162. AMDAR와 Mode-S 데이터 비교 | 282 |
| 그림 163. 항공기 관측기상자료 연동시스템 구축(AMDAR) 2014.11 | 284 |
| 그림 164. ADS-B 자료 조회 및 수집량, 항공기 위치·분포 등을 표출 | 284 |
| 그림 165. 공항 및 접근 영역의 종합 기상 관측망 구성 | 287 |
| 그림 166. 항공교통정보와 항공기상정보를 융합한 통합실황표출 예시 | 291 |
| 그림 167. 홍콩 - CAPPI 영상이 중첩된 ATC 콘솔 화면 | 292 |
| 그림 168. 기상청 수치예보모델 종류 예 | 298 |
| 그림 169. 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보시스템의 흐름도 | 299 |
| 그림 170. AROME 모델 적용 영역 | 300 |
| 그림 171. 운항단계별 기상정보 | 306 |
| 그림 172. 2008-2017 비행국면별 사고 및 재난사고 | 307 |
| 그림 173. 알파웨더 개념도 | 309 |
| 그림 174. GTGN 시스템의 흐름도 | 311 |
| 그림 175. 품질관리 서브시스템 예시 | 317 |
| 그림 176. 공항 및 공역의 항행 의사결정을 위한 산출물 | 323 |
| 그림 177. eWAS 항공기상 앱 | 323 |

| | |
|--|-----|
| 그림 178. eWAS 테블릿 화면 예시 | 330 |
| 그림 179. 4D 레적상 항공기상 요소 | 333 |
| 그림 180. 세부과제 요소기술 및 주요액션 간 연차별 연계 구조 분석도 | 340 |
| 그림 181. 기술검토위원회 모집공고(안) | 342 |
| 그림 182. 정지궤도 기상위성 지상국 개발 사업 추진체계 | 343 |
| 그림 183. SBAS 개발 및 구축 추진체계 | 344 |
| 그림 184. 인천공항 공역개선 및 4활주로 비행절차 수립용역 사업추진체계 | 344 |
| 그림 185. 항공기상 R&D 사업추진 체계(안) | 346 |
| 그림 186. TRL 단계별 정의 및 요구사항 | 347 |
| 그림 187. 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발 기술성숙도 | 349 |
| 그림 188. 추진사업 성과목표에 대한 단계별 평가체계(안) | 373 |
| 그림 189. 성과검증 체계 및 방안 | 386 |
| 그림 190. ATM 분야에서 항공기상(MET)이 기여하는 비율 예측 관련 보고서 | 387 |
| 그림 191. ATM 체계 분야가 항공교통시장에 미치는 경제적 편익 분석 관련 보고서 ... | 388 |
| 그림 192. 운항계획에 따른 항공기 지연율 및 결항율 | 389 |
| 그림 193. 기상요인에 의한 지연율 및 결항율 | 390 |
| 그림 194. 2019년 항공기 지연 원인별 비중 | 392 |
| 그림 195. 비용편익분석 절차 | 398 |
| 그림 196. ASBU 구성도 | 421 |
| 그림 197. NextGen Weather 아키텍처 | 429 |
| 그림 198. NRC Convair-580에 얼음 축적 | 430 |
| 그림 199. NWP 제품 - 모자이크 제품 | 434 |
| 그림 200. NWP 제품 - 분석 제품 | 435 |
| 그림 201. NWP 제품 - 예측 제품 | 436 |
| 그림 202. NWP 제품 - 번역 제품 | 436 |
| 그림 203. Cockpit Simulation Center에서 Beech 350 시뮬레이터 조종 | 437 |
| 그림 204. WTIC 프로그램의 액티브 리마인더 기술로부터 디스플레이 | 438 |
| 그림 205. SESAR 4DWXCube | 439 |
| 그림 206. SESAR Consolidation & Translation | 440 |
| 그림 207. SESAR MET-GATE | 440 |

| | |
|---|-----|
| 그림 208. 유럽 SESAR 4D Weather Cube MET-GATE 컨셉 | 441 |
| 그림 209. 유럽 SESAR 4D Weather Cube MET-GATE 요약 설명 | 441 |
| 그림 210. 4-D Weather Data Cube의 도메인 | 442 |
| 그림 211. 4-D Data Cube 상의 그리드 포인트에 대한 데이터 소스 | 444 |
| 그림 212. NextGen EA, NAS EA, Cube Architecture의 계층 관계 | 444 |
| 그림 213. NextGen Weather Enterprise를 단순화한 UML 다이어그램 | 445 |
| 그림 214. 4-D Wx Data Cube Framework | 446 |
| 그림 215. Multiple Enterprise Networks forming the METI Layer | 447 |
| 그림 216. Data Cube의 경계를 보여주는 상위 다이어그램 | 450 |
| 그림 217. Hub and Spoke, Store and Forward | 453 |
| 그림 218. Cube Node as an Origin Server | 454 |
| 그림 219. Distribution server with many-to-one relationship | 454 |
| 그림 220. Cross-Organizational Topology | 456 |

수정사항 목록표

| 수정사항 내용 | 페이지 |
|---|---------|
| 제2장 국내외 항공기상 서비스 기술개발 현황 및 시사점 | |
| ICAO GANP ASBU 제5판('16) 구성 | 163-165 |
| ICAO GANP ASBU 제6판('19) 구성 | 165-166 |
| ICAO GANP ASBU 5판과 6판 비교 분석 | 167-168 |
| ICAO ASBU 기술로드맵 | 168-172 |
| ASIA/PACIFIC Seamless ANS Plan (2019.11, Version 3.0) | 174-178 |
| 미국 FAA Implementation Plan 2018-2019 | 187-188 |
| 미국 FAA 항공기상 예산 투자 현황 | 189-192 |
| SESAR MET 정보 이행계획 | 198-202 |
| 유럽 항공기상 관련 기술개발 예산 | 202-203 |
| CARATS(Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic System)의 최신화 | 207-211 |
| 제3차 기상업무 발전 기본계획(2017-2021) 내용 업데이트 | 221-222 |
| 2021년도 기상청 주요업무 계획 및 항공기상 R&D 연계 검토 | 223-224 |
| 항공기상 R&D와 관련된 국토교통부 항공교통시스템 구축 기본계획(NARAE) | 243-246 |
| 항공기상 R&D와 국토부 NARAE 과제 연계 검토 | 247-248 |
| 6장 사업이행계획 | |
| R&D 추진체계 분석 및 사업추진체계 개선(안) | 341-346 |
| 기술성숙도(TRL) 설정 | 347-349 |
| 기술성숙도 포함된 사업추진 로드맵 | 350-352 |
| 7장 사업관리방안 | |
| 국가연구개발 혁신법 도입에 따른 단계평가 도입 | 374-375 |
| 단계별 성과지표 | 378-385 |
| 8장 기대효과 | |
| 4D 항공기상서비스 제공으로 지연편 감소에 따른 지연 비용 감소 | 392-395 |
| 부록 | |
| 부록 11. 과제카드 | 498-508 |
| ※ 본 수정사항은 '수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획연구'에서 최신 ICAO ASBU 및 항공선진국의 현황을 추가 분석하고, 기존 연구의 객관적 근거 명확화, 예산 및 성과지표 검증 및 수요자 의견 반영을 위한 체계 등을 반영함 | |

요 약 문

| | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 과 제 관리번호 | 2020-01 | | 총연구기간 | 2020년 8월 21일 ~ 2020년 12월 19일 | |
| 연구과제명 | 중과제명 | 수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획연구 | | | |
| | 단위과제명 | 수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획연구 | | | |
| 연구책임자 | 안도섭 | 참 여 연구원수 | 내부 : 8 명 외부 : 0 명 계 : 8 명 | 연구비 (VAT 포함) | 정부 : 6,850 만원 기업 : 6,850 만원 계 : 6,850 만원 |
| 연구기관명 (소속부서) | 한국전자통신연구원 (기상ICT연구실) | | 참여기업명 | - | |
| 협동연구 | 기관명 : - | 협동연구책임자 : | | - | |
| 위탁연구 | 기관명 : - | 위탁연구책임자 : | | - | |
| 요 약 | | | | | |
| <p>전 세계적인 코로나 위협으로 항공교통량은 감소하였으나, IATA 등에서 발표한 대로 2024년부터는 정상화가 예상되며, 전 세계적인 미래 항공교통시장 전망 및 관련 기술의 발전 동향에 따라 대한민국도 미래 항공교통 분야의 국제 경쟁력 및 주도권 확보를 위하여 차세대 항공교통 시스템 구축 계획(NARAE)을 수립하여 실행하고 있다.</p> <p>이에, 본 연구보고서에서는 세계적인 항공교통시장 성장 전망에 따라, 국제적인 항공교통관리 패러다임 변화에 대응하고 국내 NARAE 계획 추진의 성공에 부합하는 체계적인 항공기상서비스 진화 추진을 위한 기술 확보 및 확산 전략 추진 계획을 마련하였다.</p> <p>이러한 계획을 마련하기 위해, 미래 항공운항 환경변화에 따른 수치모델 기반의 항공기상 신규 R&D 사업 추진에 대한 기술적, 경제적 타당성 근거 확보를 목적으로 제1장에서 연구 배경 및 필요성을 기술하였으며, 제2장에서는 관련된 국내외 항공기상 서비스 기술개발 현황, 국내외 주요 정책 동향, 국내외 항공산업 수요 내용을 조사 분석하여 시사점을 도출하였다.</p> | | | | | |

제3장에서는 항공기상서비스 관련 책임 운영기관으로써 국내 항공기상청의 2019년까지의 주요성과와 국내외 항공교통 시장 동향과 항공기상서비스 기술 및 역할 측면에서의 항공기상청의 수준 분석 내용을 기술하였다.

제4장에서는 제2장과 제3장의 조사 분석 결과를 바탕으로 전 세계적인 미래 항공교통 분야와 항공기상 분야의 큰 흐름에 대한 국가적인 경쟁력 확보를 위한 전략과 사업 방향을 수립하였으며, 수립된 사업의 추진 시급성, 정부지원 필요성 등을 기술하였다.

제5장에서는 수립된 전략 및 사업 방향을 구체화하기 위한 총 9개의 세부 전략 과제를 도출하였다.

제6장에서는 수립된 전략 방향과 구체화된 세부 전략 과제를 기반으로 성공적인 사업 전개를 위한 사업 추진체계, 추진 로드맵, 예산 방안 등의 사업 이행계획을 제안하였다.

제7장에서는 추진사업의 성과 목표 달성을 위한 평가체계, 성과검증 방안을 제시하였다.

제8장에서는 추진사업의 성과 목표 달성을 전제로 본 사업의 기술개발 기대효과에 관해 기술하였다.

항공교통 관련 시장 및 관련 산업 분야는 국가의 기간산업 성격을 가지는 점을 고려하여 전 세계적인 변화 흐름에 대응할 수 있도록 본 연구보고서에서 제시된 추진전략 항목들에 대한 집중을 통해, ‘NARAE-Weather’ 실현을 위한 계획을 확립하여 반드시 추진해야 할 필요가 있다.

| | | |
|-----|----|--|
| 색인어 | 한글 | 항공기상, 기상학, 항공교통, 차세대 항공교통 시스템 구축 계획-기상 |
| | 영어 | Air-space Weather, Meteorology, Air Traffic, NARAE-Weather |

제 1 장 서론

제 1 절 연구 배경 및 필요성

세계적인 항공교통시장 성장 전망에 따라, 국제적인 항공교통관리 패러다임 변화에 대응하고 체계적인 항공기상서비스 진화 추진을 위한 기술 확보 및 확산 전략 마련

□ 전 세계적으로 다양한 형태의 항공 교통 산업이 급속히 증가 예상

- 국제민간항공기구(ICAO¹)는 공항 중심의 민간항공기 교통량이 2030년까지 3천만 대에서 6천만 대로 2배가량 증가될 것으로 예측 (Global Air Transport Outlook 2030)
- 플라잉카, 개인 항공기(PAV²), 도심형 항공 모빌리티(UAM³) 같은 소형 비행체 기반 신산업 분야 관련 시장의 폭발적 증가 예상
 - PAV는 2040년 약 1,760조원의 시장을 만들 수 있을 것으로 기대(모건스탠리, <http://www.donga.com/news/article/all/20191027/98094988/1>)
 - UAM은 2040년 세계시장 규모가 730조 원으로 추정(국토교통부 보도자료, 2020.06.24.)

□ ICAO는 국제 항공교통관리(ATM⁴) 패러다임 변화 주도를 위하여 글로벌 항행 계획(GANP⁵)을 통해 미래 항공기상정보 서비스에 대한 새로운 비전(2018년) 제시하고 국가별 이행을 요구

- 소형 비행체 기반 신산업 분야를 포함하여 전 세계적인 폭발적 항공교통량 증가 예측에 따라 안전한 운항을 위한 보다 상세하고 정확한 항공기상 예·특보 정보 요구가 ICAO를 중심으로 국제적으로 요구됨
- 미국은 NextGen⁶(370억 달러, 2030년 완료), 유럽은 SESAR⁷(227억 유로),

1) ICAO: International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구

2) PAV: Personal Air Vehicle, 개인 항공기 (Flying Car, Roadable Aircraft)

3) UAM: Urban Air Mobility, 도심형 항공 모빌리티

4) ATM: Air Traffic Management, 항공 교통 관리

5) GANP: Global Air Navigation Plan, 전세계 항행 계획

6) NextGen: Next Generation Air Transportation System, 차세대 항공교통 시스템

일본은 CARATS⁸⁾ 프로젝트를 통해, ICAO 가이드라인을 주도하며 전 세계 미래 항공교통 시스템 환경 구축 기술을 선도

- 한국은 차세대 항공교통시스템 구축계획 NARAE⁹⁾를 수립하여 대응 중
 - ※ 국토부는 4D(공간+시간) 레저기반 운항체계 구축을 위해 비행경로 관리 등 레저기반의 운항 예측 알고리즘 개발연구를 추진 중이며, 기상청은 이러한 수요에 대응하기 위한 항공기상서비스 발전전략 계획 중

□ 전 세계적으로 기상 원인으로 발생하는 자연·회항·사고 손실 비용을 최소화하기 위한 요구가 항공사, 정부 및 군 등에서 지속적으로 제기되고 있음

- 국토부가 발표한 2018년 항공교통서비스 보고서에 따르면, 2018.1~3월까지 발생한 총 3,143건의 국내선 결항 가운데 기상으로 인한 결항은 1,188건(37.79%), 국제선 결항은 총 57건 가운데 34건(59.65%)
- 국회 환경노동위원회가 국토부로부터 제출받은 국감 자료에 따르면, 2017~2019.6 상반기까지 기상 오보로 인한 대한항공 등 8개 국적 항공사의 손실액은 총 181억 2,000만원(<https://news.joins.com/article/23608022>)
 - 기상 오보로 인한 결항은 1,388편, 날씨로 인해 회항한 사례는 364편
- 국내 소방헬기, 응급의료헬기 등의 경우 2015년 가거도 사고 이후, 2019년 독도 사고, 2020년 지리산 사고 등 열악한 비행여건(야간, 해상, 산악 등)과 미흡한 기상확인 시스템으로 인한 추락 사고가 지속적으로 발생
 - ※ 2015년~2019년 발생한 국내 항공사고 77건 중 초경량 비행장치 및 저고도 항공기 사고가 총 62건으로 전체 항공사 사고의 80.5%(국토부 항공사고조사 보고서)
- 미국에서 2010년 항공기 지연 원인의 37% 정도가 기상으로 추정되며, 지연된 시간은 약 2,470만 분, 연착으로 인한 총 손실비용은 410억 달러(기상기후정보, 기상산업과 산업부문의 활용('14.9), KIET 정책과 이슈)
 - 항공기 운행비용 증가액은 190억 달러, 승객 시간 손실 비용은 120억 달러로 추정

□ 미래 항공체의 폭발적 수요 증가 및 신뢰성 있는 항공기상정보 요구 증대에 따른 新기술 기반 항공기상 분석 예측 기술분야 기획 및 개발 시급

7) SESAR: Single European Sky ATM Research, 단일 유럽 공역 항공교통 프로젝트
 8) CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic System, 항공교통체계 개편을 위한 협력방안
 9) NARAE: National ATM Reformation and Enhancement, 국가 항공교통관리 개혁 및 개선방안

- WMO, ICAO 등 국제기구와 국내외 주요 기관의 항공기상 정책 및 기술 발전 전망과 연계되는 항공기상 분석 예측 기술개발 로드맵 마련 시급
 - ※ 국토부는 2020년까지 글로벌 항공정보종합관리망 개발을 완료하고 2020.04 ~2023.12까지 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축을 계획 중
 - 안전하고 경제적인 항공교통을 위해 항공체 전 비행 과정에서의 이음새 없는 더 상세하고 더 정확한 항공기상정보 제공 기술기획 및 개발 시급
- 현재의 저고도 비행체 운항 문제점을 해결할 수 있는 해결 기술과 미래의 저고도 비행체 기반 산업을 위한 기술분야 기획 및 개발 시급
- 소방헬기, 닥터헬기와 같은 저고도 소형 비행체의 안전 운항에 필수적인 정확한 항공기상 정보 제공 등 문제점 해결을 위한 기술개발 시급
 - 플라잉카, 에어택시 등과 같은 미래 저고도 소형 비행체 기반 산업의 국제적 주도권 확보를 위한 특화된 항공기상 정보 제공 핵심 기술개발과 연계 필요
 - ※ 국토부의 ‘한국형 도심항공교통(K-UAM)’의 2025년 상용화 계획과 연계하여 안전하고 효율적인 신기술 기반 항공기상정보 제공을 위한 기술개발 시급
 - 저고도 비행체에 대한 문제점 해결 기술과 미래의 핵심기술이 연계되어 연구개발 및 적용·활용될 수 있는 효율적인 추진전략 수립과 이행이 필요
- 미래 항공기상 수요에 대응하는 新기술 기반 항공기상 기술개발과 순환생태계 기반 마련을 위한 기술분야 기획 및 개발 시급
- 항공 안전과 효율성 증진을 위한 항공기상 및 항공교통 정보의 융합 기획을 통해 핵심기술 확보 및 新생태계 기반을 마련할 수 있는 기술개발 필요
 - ※ 미국 NOAA는 기상 빅데이터 및 인공지능을 활용한 다양한 기상 예측 활용을 제안하며, 이를 위한 데이터 플랫폼 생태계 운영중(<http://www.noaa.gov>)
 - ※ IBM, Google 등 빅브라더를 꿈꾸는 기술 선도 기업들은 인공지능 기술을 기반으로 혁신적인 기상정보 서비스를 제공하며 전 세계로 영역을 확장중
- 소형 비행체 기반의 새로운 항공 운용 모델 출현 준비 활동 활발
- 미국은 NASA를 중심으로 소형 항공기를 위한 하늘 고속도로 계획인 소형 항공기 운송시스템(SATS¹⁰) 방안 수립
 - 프랑스, 독일 등 11개 국가의 13개 기관이 컨소시엄으로 대중교통과 자가용으로

10) SATS: Small Aircraft Transportation System, 소형 항공기 운송시스템

출발지인 PPort¹¹⁾까지 이동 후 PAV로 이륙하여 목적지인 PPort에 착륙하는 개념의 미래 유럽교통시스템을 2030년까지 정의

- 국토부는 ‘한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵’에서 UAM의 2025년 상용화 목표로 40여개 기관·업체와 ‘도심항공교통 민관협의체’(UAM 팀 코리아)를 발족(국토교통부 보도자료, 2020.06.24.)

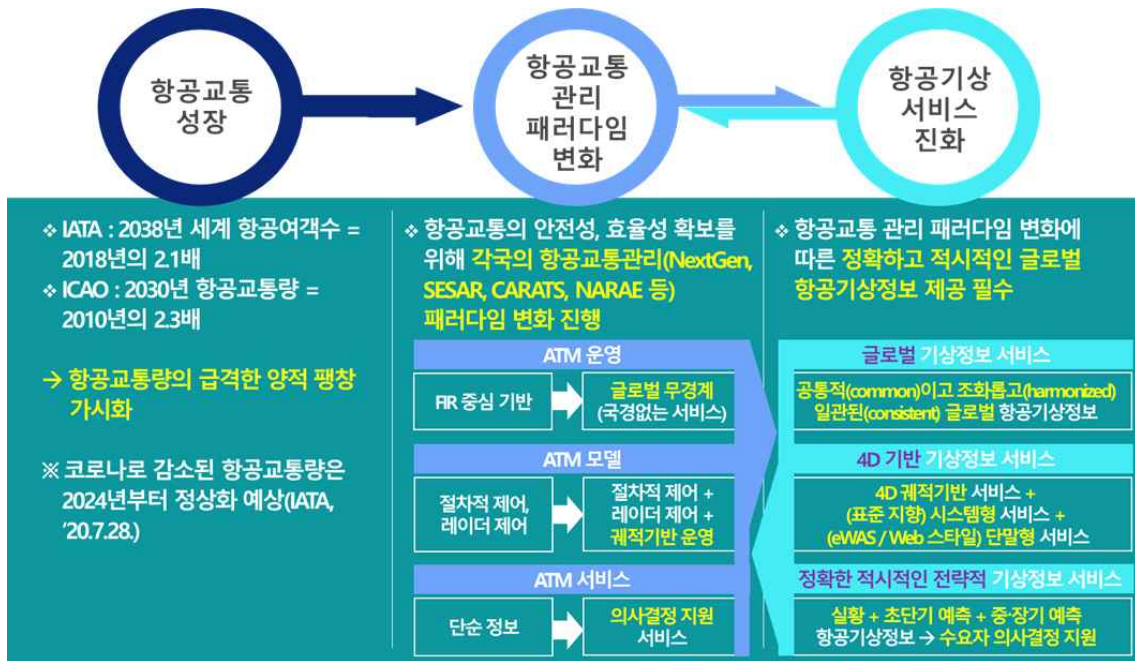


그림 1. 新 항공기상서비스 진화 추진 사업 연구 배경 및 필요성

11) PPort: Personal Port

제 2 절 연구의 목적

- 발전된 미래 항공운항 환경변화에 따른 수치모델 기반의 항공기상 신규 R&D 사업 추진에 대한 기술적, 경제적 타당성 근거 확보
 - 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황조사 및 시사점 도출
 - 수치모델 기반의 항공기상서비스 기술개발 상세기획 및 추진전략 수립
 - 항공기상 기술개발 세부과제 및 로드맵 마련

제 3 절 연구의 내용 및 범위(출처: 제안요청서)

□ 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황조사 및 시사점 도출

- 항공기상 관측, 예보 및 서비스 등 분야별 수치모델 기반의 국내외 기술개발 현황조사
- 항공기상서비스 기술개발 관련 국내외 주요정책¹²⁾ 동향과 항공산업¹³⁾의 수요 분석
- 현황조사와 수요 분석을 통한 시사점 도출로 항공기상서비스 기술개발의 목적, 추진근거 및 추진방식 제시
- 신규 사업 추진의 객관적 타당성·시급성, 정부 지원의 필요성, 기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성과 연계성, 미추진 시 문제점을 상세히 제시

□ 수치모델 기반의 항공기상서비스 기술개발 상세기획 및 추진전략 수립

- 항공기상서비스 기술개발의 비전과 목표 설정, 추진전략 마련
- 기상청 현업 수치모델과 항공기상 관측, 예보 및 서비스 등 분야를 고려한 내역사업 도출
- 객관적인 성과목표, 성과지표, 성과관리 체계 및 방안 도출
- 기술개발 결과의 사회적·경제적 편익 등 기대효과와 활용방안 제시

□ 항공기상 기술개발 세부과제 및 로드맵 마련

- 연차별 기술개발 내용과 소요예산 등을 포함한 추진 로드맵 제시
- 중점 추진과제 기획 및 전문가 자문을 통한 우선순위 선정

□ ‘2022년 신규 연구개발사업 발굴 계획’에 따른 제출 자료 작성 지원(기술 협상 추가 과업)

12) (국내) 제4차 과학기술기본계획, 기상R&D 중장기로드맵, 항공정책기본계획 등
(국외) 세계기상기구 항공기상 장기계획, 국제민간항공기구 전지구항공항행계획 등
13) 국제항공운송연합(IATA), 국제항공사조종사연합(IFALPA) 등

제 2 장 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

제 1 절 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황

1. 국내외 공항/공역기상 관측기술 현황

1.1. 공항/공역 기상 관측기술 개요

□ 공항기상 관측기술 개요

○ AMOS(Aerodrome Meteorological Observation System, 공항기상 관측장비)

- 항공기의 운항에 최대한 양질의 공항기상정보를 제공하고 안전한 이착륙을 지원하기 위해 공항의 대표적인 기상 관측값을 얻을 수 있는 장소(활주로 이착륙 지점 부근)에 기상 센서를 설치하여 실시간으로 관측한 기상정보를 원격으로 수집·처리·분석한 후 관제 및 항공 관련 기관(기상대, 관제탑, 운항실 등)에 실시간으로 통보하는 시스템
- 활주로 가시거리(Runway Visual Range, RVR) 측정계, 운고계(Ceilometer), 온·습도계, 우량계 등의 센서로부터 가시거리, 운고, 강수량, 기압, 풍압, 풍향, 풍속, 온도, 습도(노점) 등 기상자료들을 수집하여, 등강도, 배후조명값을 이용해 활주로 가시거리 및 기타 기상 관측자료를 생산하여 항공운항 관련 부서에 실시간 전송함
- 종관기상관측장비와 달리, 항공기 이착륙에 필요한 기상정보의 생산이 목적이므로 활주로 운영 등급에 따라 ICAO의 규격에 맞춰 특정 센서를 활주로 양단 또는 중앙을 포함한 3곳에 설치하도록 표준화되어 있음

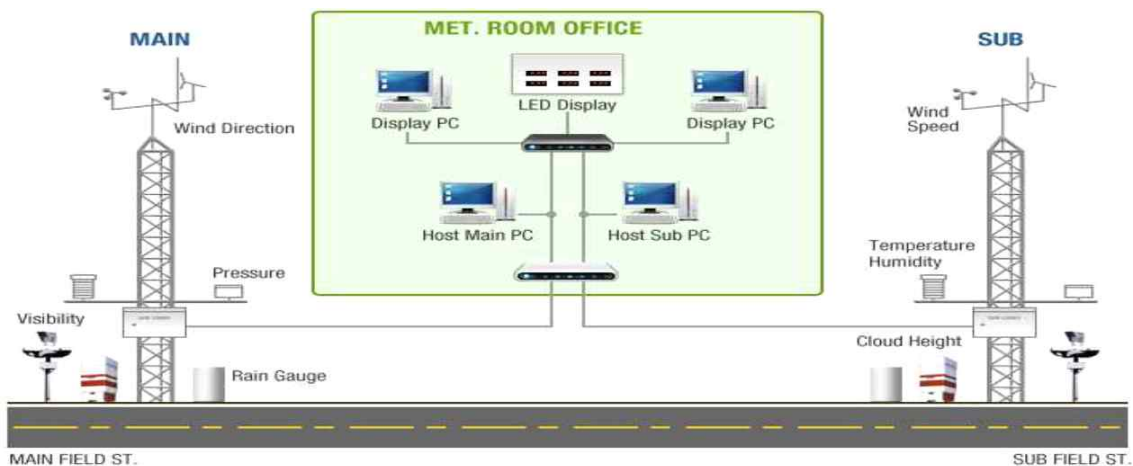


그림 2. AMOS 시스템 구성

(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상 인프라 및 서비스 고도화 방안)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- TDWR(Terminal Doppler Weather Radar, 공항기상레이더)
 - 공항 주변의 구름 분포, 강수 강도 및 강설을 포함하여 항공기 이착륙 시 위험을 초래할 수 있는 저층윈드시어, 마이크로버스트, 돌풍전선 등의 위험기상을 탐지하는 공항용 기상레이더 시스템임
 - TDWR이 관측한 공항 주변의 구름 분포와 강수 강도, 방향, 난류지역 정보, 가공된 위험기상정보(WSA: WindShear Alert, MBA: Microburst Alert) 등은 공항 관제탑과 유관기관들의 관제부서에 전송되며, 항공교통 관제사는 난류지역에 접근하는 항공기 조종사에게 위험기상정보를 제공하여 공항에서 항공기의 안전한 이·착륙에 매우 중요한 정보로 활용하고 있음
 - TDWR 관측자료는 PPI, CAPPI, MAX, RAIN-1, RAIN-N, TOPS, VIL, VVP, Wind 및 RHI 등 다양한 형태의 자료들로 가공 및 생산되고 있음
- LLWAS(Low Level Wind Shear Alert System, 저층윈드시어경보시스템)

표 1. TDWR과 LLWAS 특성 비교

| 구분 | 성능적 구분 | | | | | | |
|-------|--|---------|---------|---------|------------|-------|--------------|
| | 공간적 분해능 | 시간적 분해능 | 풍속자료 측정 | 에코반사 정보 | 지표면 상부의 정보 | 탐측 영역 | 마이크로버스트 탐측능력 |
| TDWR | 높음 | 낮음 | 시선 3-D | 있음 | 있음 | 넓음 | 있음 |
| LLWAS | 낮음 | 높음 | 2-D | 없음 | 없음 | 좁음 | 없음 |
| 특징 | | | | | | | |
| TDWR | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 해당 공항을 중심으로 주변 공역에서의 항공운항에 필요한 정보 생산에 탁월한 특성을 갖춘 장비로서 레이더의 빔 폭이 좁아 높은 분해능을 가지고 있으며 윈드시어 탐지 등 항공기상용으로 특화된 응용 소프트웨어로 구성됨 ▪ 강수 에코의 수평적·수직적 분포를 통하여 대류성 악기상 현상을 관측하는 일반 기상레이더의 기능 이외에 도플러 기능의 장점을 살려 공항 및 주변 지역의 윈드시어 및 마이크로버스트를 탐지하여 항공기 안전운항에 필요한 정보 생산 가능 | | | | | | |
| LLWAS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 항공기 이착륙에 악영향을 미치는 기류 급변 현상을 관제사를 통하여 조종사에게 거의 실시간적으로 알려 주는데 유용 ▪ 지상으로부터 조금 높은 (약 100m 이상) 하늘의 바람 상태를 직접 탐측할 수 없으며 흔히 알려져 있는 것과 달리 실제로는 마이크로버스트 탐측에 적합한 기능을 가지고 있지 않음 ▪ 공항구역을 벗어날 수도 있는 넓은 지역에 장애물이 없는 장소 확보 필요 (공항 주변에 주거시설이나 산이 가까이 있는 경우가 많을 시 설치 자체가 불가능) | | | | | | |

(출처: Comparison of TDWR and LLWAS data and products, Doc 9817 Manual on Low level Wind Shear Table 5-1, ICAO)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 활주로 주변에 여러 개의 풍측탑(높이 15~50m, 풍향계, 풍속계)을 설치하여 활주로 저층에서 발생하는 바람을 실시간 관측함으로써 윈드시어 및 마이크로버스트(소규모의 강한 하강기류)를 탐지하는 시스템
- 풍향·풍속계가 설치된 풍측탑은 대개 최소한 6개 이상으로 하며 각 풍향·풍속 자료를 측정하여 수평적 발산과 수렴 정도, 특성을 분석하여 항공기 이착륙에 영향을 주는 바람의 급변 현상을 경고해 주는 기능이 있음
- LLWAS의 장점은 미국을 중심으로 비교적 오랫동안 운영되어오면서 그 기능이 입증되어 있다는 점과 항공기 이착륙에 악영향을 미치는 기류 급변 현상을 관제사를 통해 조종사에게 거의 실시간으로 알려줄 수 있다는 점임
- LLWAS의 단점은 지상 부근의 수평적 풍향·풍속 분포 특성으로부터 상공의 윈드시어 등을 산출해내는 개념으로, 지상으로부터 조금 높은(약 100m) 하늘의 바람 상태를 직접 탐측할 수 없고 공항에서 벗어난 장애물이 없는 넓은 설치 장소의 확보에 잠재적인 어려움이 있음

○ LIDAR(Light Detection And Ranging)

- 고출력의 펄스레이저를 이용하여 물체에 반사되어 돌아오는 레이저 빔의 시간을 측정하여 거리정보를 획득하는 기술로 LIDAR는 일반적으로 먼 거리까지 퍼지지 않고 나아가는 직진성을 가진 레이저의 높은 밀도와 짧은 주기를 가지며 펄스 신호를 생성하는 특성을 활용하여 정밀한 대기 중의 물질 관측 및 거리 측정 등에 사용됨

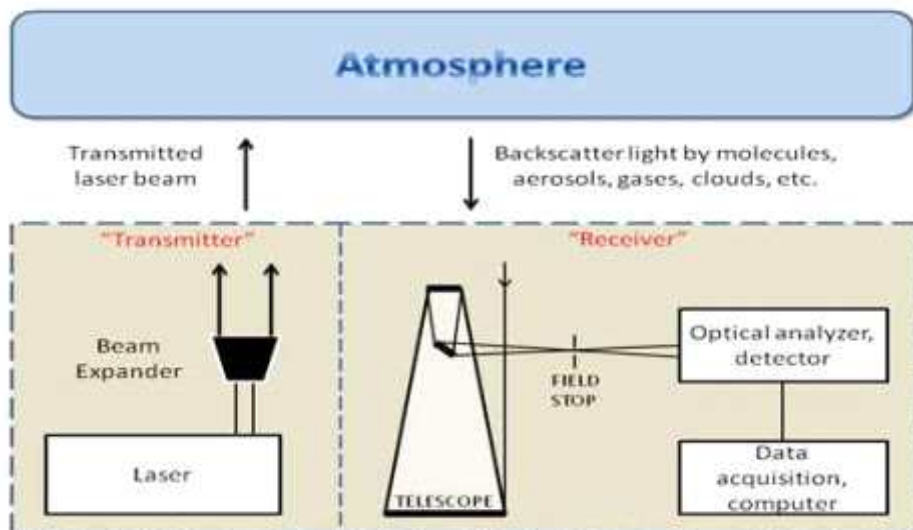


그림 3. LIDAR 시스템 구성

(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상 인프라 및 서비스 고도화 방안, 2017, 항공기상청)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- LIDAR를 이용할 경우 대상물의 특성에 따라 반사되는 시간이 모두 다르므로 건물 및 지형지물의 정확한 수치표고모델(DEM) 생성이 가능하며 항공측정 시스템과 결합하면 향상된 정확도를 가진 3D 정보의 수집 가능함
- 기후측정용으로 개발된 LIDAR는 대기의 지상에서 상부까지의 특성을 연구하는데 사용할 수 있도록 구성된 장비임

표 2. LIDAR 기술 종류 및 장단점

| LIDAR 관측기술 | 정의 및 장단점 |
|---|--|
| Laser Rangefinder | 물체로부터 반사되는 레이저 빔의 수신시간을 측정하여 거리를 측정하는 가장 간단한 형태의 LIDAR 기술 |
| Imaging LIDAR | 레이저 빔의 진행 방향에 대한 거리 정보를 포함하여 공간에 대한 영상 모델링이 가능한 기술 Laswer rangefinder 기술을 기반으로 point-scanning을 통하여 point cloud 정보를 수집하거나, 광각의 flash-laser에 대해 반사되는 레이저 빛을 다중 배열 수신소자를 통하여 수집함으로써 3차원 영상구현이 가능 |
| Elastic-backscatter LIDAR | 레이저 파장의 변화없이 입자들의 운동량에 따라 back scattering되는 빛의 spectral broadening 특성을 이용하여 대기 중의 에어로졸 및 구름의 특성 측정 등에 활용되는 기술 |
| Raman LIDAR | 분자 에너지 상태에 따라 분산되는 레이저 빛의 주파수 변화 및 Raman band내의 세기 분포 분석을 통하여 대기 중의 수증기 및 온도 분포 등의 측정에 활용되는 기술 |
| Differential-absorption LIDAR (차등흡수 LIDAR) | 각기 다른 레이저 파장을 가지는 레이저 빔들에 대하여 측정 대상 물질의 흡수 차이를 이용하여 대기 오염 물질 등의 농도 분포를 측정할 수 있는 기술 레이저 빔을 이용하여 오존의 연직분포를 관측함으로써 성층권 오존분포를 손쉽게 관측가능 (2001 12월, 성층권 오존 관측용 LIDAR(모델: StraZon3070)를 지구대기감시관측소에 설치함) |
| Resonance Fluorescence LIDAR | 원자 이온 또는 분자의 에너지 천이와 동일한 에너지를 가지는 레이저 빛에 대하여 동일 파장의 빛 또는 긴 파장의 빛을 방출하는 특성을 이용하여 중간권역 대기 중의 원자 및 이온 농도를 측정하는 기술 |
| Doppler LIDAR | Doppler 효과에 의한 레이저 빔의 미세한 주파수 변화를 측정하여 바람 등의 속도를 측정하는 기술 레이저를 이용하여 고도 10km 이상까지 바람장 벡터를 3차원 공간에서 1m/sec 분해능으로 측정하는 기술임 ⁵⁷⁾ 기존 기술은 레이더 파장이 긴 관계로 날씨가 맑거나, 공기 중에 수증기가 적은 경우 측정이 어려움이 있는 단점을 보완하도록 업그레이드 됨 기존의 시스템보다 저가로 LIDAR 시스템을 구축할 수 있음 바람의 수평분포 및 수직분포 측정이 가능함 연속된 두 펄스를 이용하여 바람속도, 터블런스, wind veer, 윈드시어 데이터 측정가능 ⁵⁸⁾ |

(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상 인프라 및 서비스 고도화 방안, 2017, 항공기상청)

□ 항공기 기반 관측 기술 개요

○ AIREP(Air Report, 항공기상보고)

- AIREP은 항공기에서 관측된 기상 현상을 파일럿에 의해 또는 자동으로 표준화된 포맷에 따라 ACARS를 이용해 지상 ATC에 보고함
- AIREP은 ICAO 규정이며, PIREP은 FAA 규정임
- AIREP에는 국제 항공로를 운항하는 항공기가 지정된 지점을 통과할 때 수행하는 정기보고와 항공기 안전운항에 영향을 줄 수 있는 기상현상이 관측될 때 수행하는 특별보고가 있음

○ PIREP(Pilot Report, 조종사 기상보고)

- 조종사가 항공기 운항 중 관측한 악기상 현상(난류, 착빙 등)에 대해 ACARS (VHF 통신)을 이용해 지상 ATC에 보고함
- PIREP은 원래 미국과 캐나다 영공에서 사용하기 위해 개발되었으며 FAA에 규정되어 있음
- PIREP은 각 나라가 자체적으로 규정할 사항으로 ICAO 규정 대상이 아님

○ AMDAR(Aircraft Meteorological Data Relay, 항공기 관측 기상자료 중계)

- AMDAR는 정확한 기상예보를 위해 민간항공기를 이용하여 대기 상층부의 기상 관측자료를 수집하는 시스템으로 항공기 내에 장착된 항행시스템 운영에 필요한 다양한 기상 센서들이 기온, 풍향, 풍속, 기압 등을 측정하며, 일부 항공기들은 난류, 수증기, 습도를 포함한 측정 데이터를 위성파 수집/처리 시스템을 통해 지상으로 자동 송신함으로써 대기 상층부 기상에 대한 정보를 수집함
- AMDAR 관측자료의 전송을 위한 항공기-지상 간의 통신은 VHF 통신(ACARS, Aircraft Communications Addressing and Reporting System) 또는 위성통신(ASDAR, Aircraft to Satellite Data Relay)을 사용함
- 송신 주기는 항공기의 상승/하강 시에는 대류권 저층일 경우 10hPa 간격 또는 6/60 초 간격으로 송신하며, 대류권 중간 및 상층에서는 50hPa 간격 또는 20/60 초 간격으로 송신하고, 순항 중일 때는 3분에서 7분 간격으로 송신함
- AMDAR는 대서양 상공의 바람 정보에 대한 첫 번째로 중요한 데이터 소스이며, 북미 상공의 바람 정보에 대해서는 라디오존데 다음으로 중요한 데이터 소스임

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- AMDAR 자료는 기상정보가 상대적으로 부족한 대양 영역도 관측 범위에 포함된다는 점이 장점이지만, 대륙 간 항공기는 정해진 항로만 운항하므로 수집되지 않는 영역이 생기며, 운항 고도가 10km 이상으로 수집된 기상정보도 이 영역에 국한되는 단점이 있음

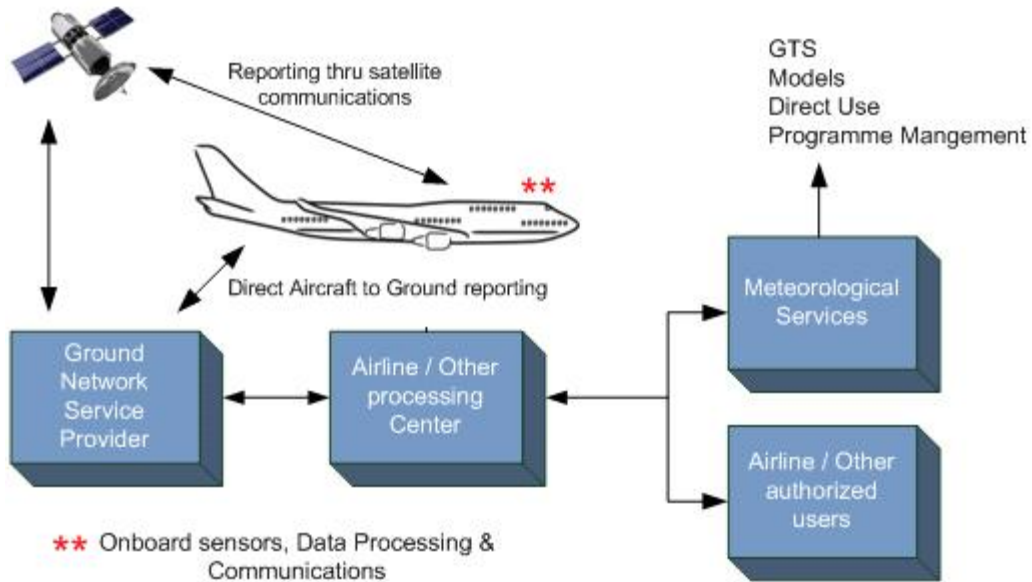


그림 4. AMDAR 시스템 구성 및 운영

(출처: The WMO AMDAR Observing System - Benefits to airlines and aviation)

- AMDAR는 항공기와 지상 항공관제 시스템 및 항공사 시스템이 서로 데이터를 교신하기 위한 전용 시스템과 통신 링크를 필요로 하며 통신비가 소요되는 단점이 있음
- AMDAR는 대형 폭풍을 만난 경우 측정 데이터 볼륨(양)이 줄어들고, 대부분의 항공기에서는 수증기 측정이 되지 않으며, 지역 항공기의 경우 500hPa에서, 다른 대부분의 항공기들은 250hPa에서 측정이 중지되는 현상이 있음
- 세계기상기구(WMO)는 AMDAR 구현을 정부와 민간 기업 간 협력사업으로 권고하고 있으며, 2019년 8월 기준으로 미국·유럽·호주·중국·일본 등 전 세계 12여 개 국가와 지역의 43개 항공사가 참여 중이고, 국내에서는 대한항공과 아시아나항공이 참여하고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

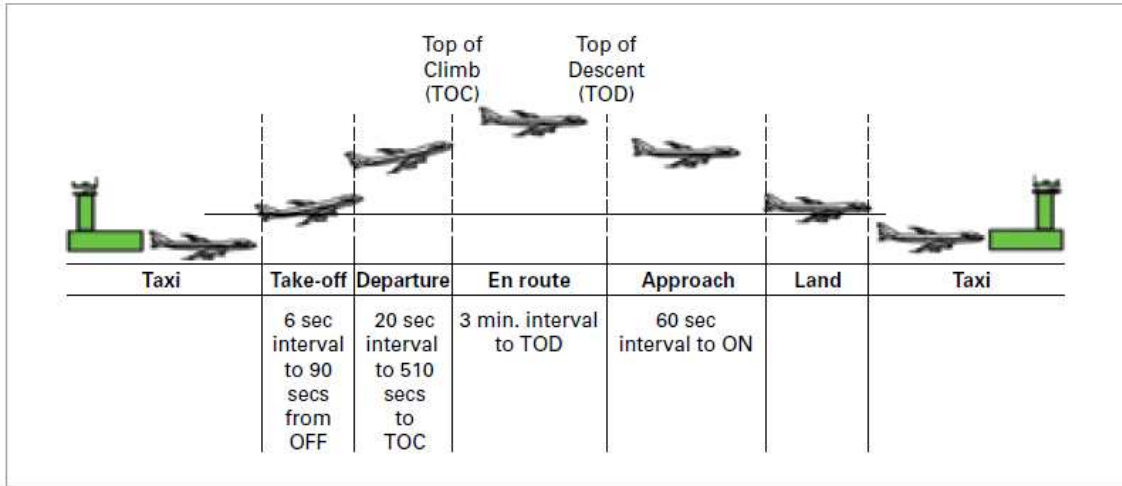


그림 5. AMDAR 보고 주기

(출처: The WMO AMDAR Observing System - Benefits to airlines and aviation)

○ Mode-S

- Mode-S는 기존의 Mode-3/A와 Mode-3/C가 가진 단점을 보완하기 위해 1970년대에 미국에서 개발된 항공기 감시체계 중 하나로서 SSR(Secondary Surveillance Radar) 레이더의 감시 범위 내의 항공기를 선택적으로 질의(interrogation)하고 보고(report)할 수 있는 기능을 제공함
- Mode-S의 선택적인 질의/보고 방식은 항공기의 탐색, 인식, 고도 보고의 품질과 신뢰를 개선하고 높은 교통 밀도를 가진 영공에서의 항공교통에 있어 안전성 증진, 감시 용량 증가 및 감시 효율성 향상 측면에서 이점을 가짐
- Mode-S 트랜스폰더를 장착한 항공기는 지상의 ATC 레이더의 질의에 의무적으로 응답해야하며, 응답에 사용되는 Mode-S 메시지는 ELS (Elementary Surveillance)와 EHS(Enhanced Surveillance)로 두 종류가 있음
 - ※ Mode-S ELS는 항공기 식별정보, 상태정보, 고도정보 등으로 구성되어 기상매개변수가 포함되어 있지 않으며 기상정보의 도출에도 사용할 수 없음
 - ※ Mode-S EHS는 기상매개변수를 포함하고 있지는 않지만 포함된 데이터로부터 기온 및 바람 정보를 유도해낼 수 있음

SSR Mode S Information Link (1980)

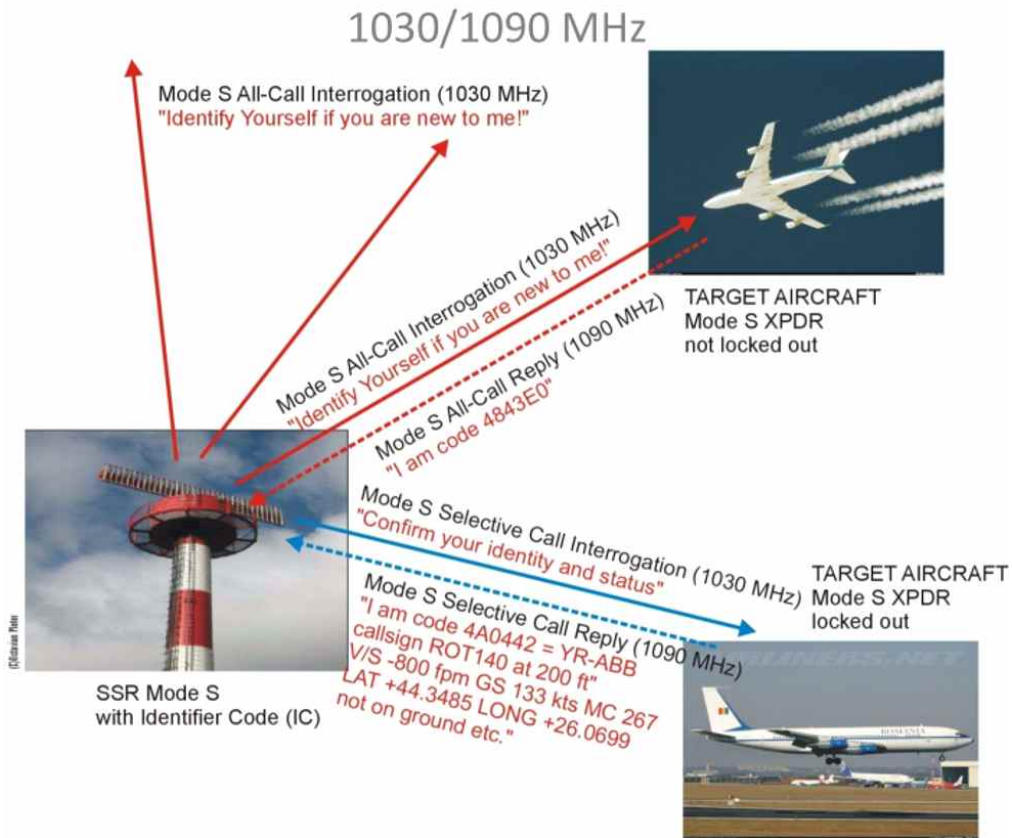


그림 6. Mode-S의 선택적 질의(interrogation)/보고(report) 흐름
(출처: ADS-B and ADS-C communication in the light of digitalisation)

- Mode-S EHS의 DF20/21¹⁴⁾ 메시지에 실을 수 있는 데이터 중 BDS 5,0과 BDS 6,0의 Magnetic Heading을 이용하여 풍속과 풍향을 계산할 수 있으며, BDS 6,0의 Mach number를 이용하여 기온을 유도할 수 있음
 - ※ BDS 5.0 : True Air Speed, Ground Speed, True Track Angle
 - ※ BDS 6.0 : Mach number, Magnetic Heading
- Mode-S로부터 유도된 풍속 및 풍향은 대체적으로 AMDAR에 근접하는 품질을 보여주나, 기온 정보는 상당히 낮은 품질로 나타남
- KNMI¹⁵⁾에서는 EUROCONTROL¹⁶⁾에서 제공하는 Mode-S 데이터를 이용해 현업에 사용하고 있음

14) DF(Downlink Format) : 지상 SSR 레이더의 질의에 대해 응답해야 하는 메시지 구조

15) KNMI : Royal Netherlands Meteorological Institute 네덜란드 왕립 기상 연구소

16) EUROCONTROL: European Organisation for the Safety of Air Navigation 유럽 항공 항법 안전 기구

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ Mode-S MRAR (Meteorological Routine Air Response)

- Mode-S EHS는 Mode-S 트랜스폰더를 장착한 항공기가 의무적으로 응답해야 하는데 EHS 메시지에 포함된 데이터를 이용해 항공기의 벡터로부터 알아낸 풍향, 풍속 정보는 AMDAR 및 라디오존데와의 비교에서 비슷한 고품질을 나타냈으나, 마하 번호와 항공기 속도로부터 유도한 기온 정보는 매우 낮은 품질을 보임
 - ※ 의무응답 Mode-S 메시지: BDS 4.0 (vertical intention), BDS 5.0 (true air speed, ground speed, true track angle), BDS 6.0 (Mach number, magnetic heading)
 - ※ 비의무 응답 Mode-S 메시지 MRAR: BDS 4.4 (temperature, wind speed and direction)
- Mode-S EHS에는 의무적으로 응답할 필요가 없는 메시지 중에 MRAR (Meteorological Routine Air Report)라고 명명된 BDS 4,4 레지스터가 있으며, 이는 항공기에 탑재된 기상관측 센서가 관측한 온도와 바람 데이터를 직접 포함하고 있음. (AMDAR에서 사용되는 항공기 장착 기상 관련 센서가 생산하는 데이터 중 주요한 데이터는 Mode-S MRAR와 공유되기 때문임)
- 2016년에 수행한 연구에 따르면 지상 TAR 레이더의 요청(interrogation)에 대해 Mode-S MRAR 메시지를 반환하는 항공기는 전체 항공기 대비 약 5~6%로 매우 적은 편이었으나, Mode-S MRAR에 담긴 기상 관측 데이터를 사용한 경우 AMDAR와 유사한 품질을 나타냈음
- Mode-S MRAR 메시지를 보고받기 위해서는 지상의 TAR 레이더가 항공기에 질의를 해야 하는데, 그러한 기능을 가지고 있거나 또는 실제로 질의를 요청하는 레이더는 유럽 내에 많지 않은 편임

○ ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

- ADS-B는 ICAO의 항행안전시설과 항공전자장비의 전환 계획의 일환으로도 도입된 자동종속감시 체계의 한 종류로서, 조종사의 관여 없이 항공기의 위치와 상태 정보가 자동으로 지상으로 보고되는 위성기반의 항행안전시설임
- ADS-B는 기존의 레이더 기반 항공 관제보다 정보 수집 및 전달 속도가 빠르고 정확한 정보를 제공하며 GPS 위성 항법 시스템과 1,090MHz 전송 링크를 이용하여 항공기 항적 정보를 초 단위로 지상의 ATC 시스템과 다른 항공기에 자동으로 방송(broadcast)함
 - ※ 항적정보 : 위·경도, 기압고도, 기압고도와 지형고도 차, Ground Speed, TAS (True Air Speed), True Track Angle, 수직속도 등
- ADS-B는 측위 정밀도가 우수하면서도 설치/운영 유지비가 적게 소요되고

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

2회/초의 전송 주기를 갖고 있어, 항행 중인 항공기의 위치와 상태 정보를 정확하고 빠르게 제공할 수 있는 차세대 항공기 탐지 시스템으로 평가되고 있음

- ADS-B 시스템을 이용하여, 항공기 가시선의 미확보로 인한 통신 두절 등 항공기 제한 사항을 최소한으로 줄이고, 항공관제 기능을 향상시켜 항공기 충돌을 방지할 수 있음

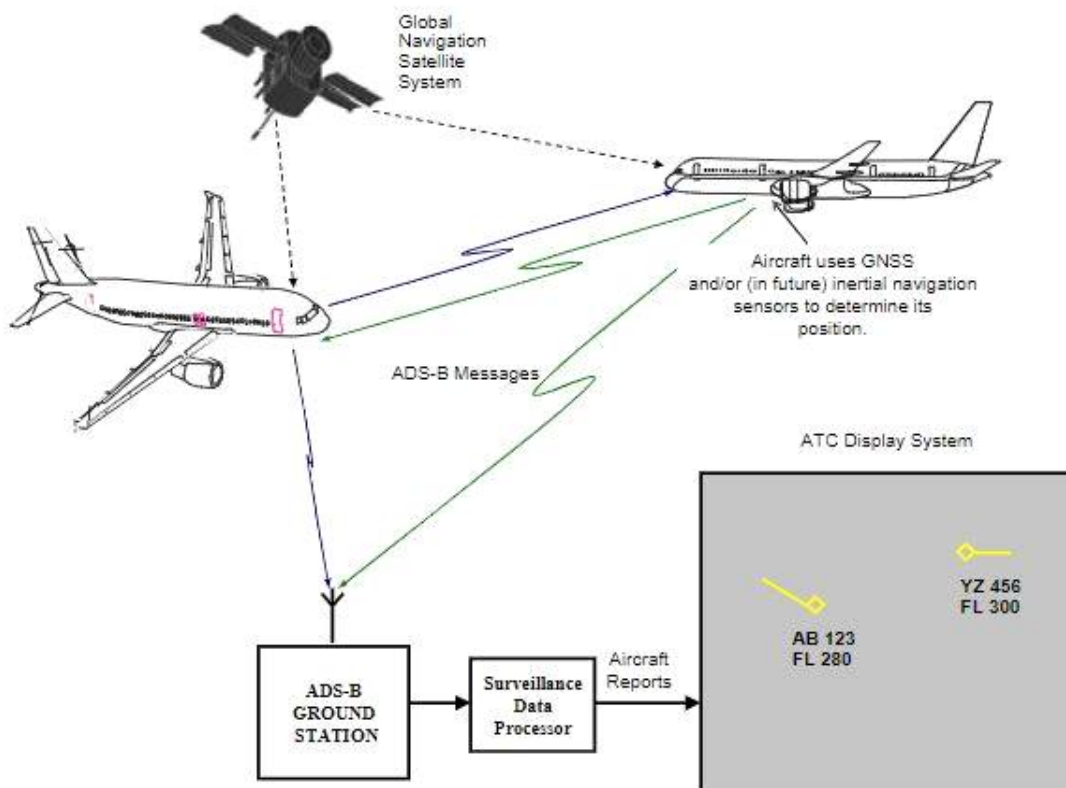


그림 7. ADS-B 운영 개념

○ ADS-C(Automatic Dependent Surveillance-Contract)

- ADS-C는 항공교통관리(ATC)를 위한 항공감시체계의 일환으로서, 항공기 위치, 고도, 속도, 항행 등의 항적 정보 및 항공기에 탑재된 기상 관측 센서로 직접 측정된 기상정보가 포함된 메시지를 지상의 ATC와의 계약(contract)에 따라 자동으로 전송하는 체계임
- ATC는 특정 항공기와 계약(contract)을 맺은 후 해당 항공기로부터 ADS-C 보고(report)를 요청하여 자동으로 수신할 수 있으며, 하나의 항공기는 서로 다른 ATC와 동시에 최대 5개의 계약이 성립될 수 있으며, ADS-C 계약

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

타입(contract type)에는 3가지가 있음

- ※ 주기적 계약 (periodic contract): 지상이 항공기로부터 보고 받을 정보와 주기를 요청하여 항공기에 설정하면, 이후 설정한 주기에 따라 자동으로 지상으로 보고가 됨. 하나의 ATC는 하나의 항공기와 한 개의 주기적 계약만 수립할 수 있음
 - ※ 이벤트 계약 (event contract): 항공기에 특정 이벤트가 발생하였을 때 (즉, 계약에서 명시한 파라미터 범위를 벗어난 경우) 보고가 됨
 - ※ 요구 계약 (demand contract): 지상에서 요청할 때만 수행되는 일회성 보고임
- ADS-B는 자동 방송되므로 지상 또는 다른 항공기가 그대로 수신할 수 있지만, ADS-C는 ATC와 계약을 맺은 항공기로부터만 정보를 수신할 수 있음
 - ADS-C 메시지는 항공기관측 기상정보를 포함하고 있으므로 ADS-B 또는 Mode-S처럼 유도된 기상정보보다는 좋은 품질을 보임

표 3. ADS-B, ADS-C 특징 비교

| | | ADS-B | ADS-C |
|----------|----|---------------------------|--|
| 통신 | | UHF | ACARS |
| | | 1대 안테나 설치 비용: 약 100~200만원 | 정보 통신량에 따라 비용 발생 |
| 기상 관측 | 요소 | 풍향, 풍속, 기온 등 | (기본) 풍향, 풍속, 기온, 기압 (일부) 난류, 습도, 착빙 |
| | 방법 | 항적정보를 활용하여 기상정보 산출 (간접산출) | 항공기가 직접 관측 (직접관측산출) |
| 자료 수집 체계 | | 항공교통기관(ATS), 개별 수신기 | 항공교통기관(ATS) |
| 수집 간격 | | 1초 | 항공교통기관 요청시 자료 수집 (비실시간/요청후 1시간 이내) |

1.2. 국내외 공항기상 관측망 개선 및 확충 현황

□ 국내 현황

- 공항 기상관측망의 구성요소로서 공항 주변에서 발생하는 안개감시를 위한 CCTV를 인천공항 5대, 김포공항·제주공항·울산공항 4대, 무안공항 6대, 양양공항 5대, 여수공항 3대를 운영하고 있으며, 공항 내 적설계 및 적설판, 활주로 주변 CCTV로 공항기상에 대한 감시·관측을 수행하고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 레이저식 적설계가 설치된 김포공항을 제외한 나머지 6개 공항은 적설판을 사용하고 있으며, 인천공항은 3 활주로에 AMOS에 레이저식 적설계가 포함되어 있음
- 공항 기상관측망의 구성요소로서 우리나라 각 공항에 설치된 AMOS는 대부분의 센서가 국제적으로 인정받고 있는 제조사의 제품이며, 자료수집처리 시스템 역시 우수한 전산장비로 구성되어 있어 ICAO의 장비 설치기준을 충분히 준수하고 있으나, 다양하고 많은 AMOS 센서 및 장비들로 구성되어 있으므로 유지보수 등의 관리 및 운영 규정을 준수한 철저한 관리로 성능을 유지하면서 장애 발생을 최소화하는 운영이 필요함
- AMOS 센서 중 풍향계, 풍속계, 시정계, 운고계는 공항 활주로의 길이 및 운영등급을 고려한 ICAO 규격에 따라 활주로 양단 또는 중앙을 포함한 3곳에 설치하도록 표준화되어 있으나 기온, 습도, 기압, 강수 센서는 기상관서의 편의에 따라 그 수(2대 또는 1대)를 정할 수 있으므로 ICAO 요구 센서 외에도 단일 점 낙뢰 탐지기와 현천 센서, 비, 눈 및 뇌우 활동과 같은 현재 기상 현상을 감지하는 시스템이 포함될 필요가 있음
- LLWAS는 10초 간격으로 관측된 바람 데이터(풍향과 세기, 난류 예상 영역)를 분석하여 활주로 양 끝단·중심부 및 그 주변의 위험기상정보 등을 산출하여 항공기상청과 해당 공항 관제탑 및 유관기관으로 실시간으로 전송하고 있으며, 우리나라에서는 인천공항, 제주공항, 양양공항 3곳에 설치 운영 중이며 인천공항은 2019년에 교체하였고 제주공항은 2022년까지 양양공항은 2023년까지 교체 예정임
 - ※ 위험기상정보 : WSA(Wind Shear Alert), MBA(Microburst Alert)
- TDWR은 유일하게 인천국제공항에만 설치되어 있으며, LLWAS로부터 수신한 윈드시어 정보를 포함하여 TDWR이 관측한 공항 주변 구름의 분포와 강수의 강도, 방향, 및 난류지역의 정보 및 가공된 위험기상 정보 등을 항공기상청, 인천국제공항 관제탑 및 내·외부 유관기관으로 실시간 제공하고 있음
- 인천국제공항의 TDWR 시스템은 2001년 도입되어 내용 연수 18년이 경과하여 중형 TDWR 시스템으로 교체 예정(2019년 ~ 2021년)이며, 제주 공항은 신규 설치 예정 (2020년 ~ 2022년)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 4. 국내 공항별 TDWR, AMOS, LLWAS 설치 현황

| 장비명 | 내용 년수 | 설치지점 (공항명) | 도입시기 (년.월) | 도입가격 (백만원) | 비고 | |
|------------|----------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|--|
| TDWR | 9년 | 인천 | 2001. 07. | 7,026 | 자료처리부 개량 (2013.8, 1,418백만원) | |
| AMOS | 10년 | 인천 | 3활주로 | 2008. 08. | 1,158 | |
| | | | 1·2활주로 | 2010. 10. | 1,369 | |
| | | 제주 | 2011. 11. | 976 | | |
| | | 양양 | 2011. 12. | 484 | | |
| | | 무안 | 2013. 05. | 494 | | |
| | | 울산, 여수 | 2016. 03. | 1,070 | | |
| | | 김포 | 2019. 02. | 1,085 | 레이저식 적설계 추가 | |
| 예비 AMOS | 10년 | 인천 | 2010. 10. | 109 | | |
| | | 김포, 제주 | 2012. 02. | 202 | | |
| | | 울산, 여수 | 2012. 04. | 246 | | |
| | | 무안, 양양 | 2016. 12. | 255 | | |
| LLWAS | 7년 | 제주 | 2015. 09. | 503 | Remote Sensor: 11개 | |
| | | 양양 | 2016. 12. | 537 | Remote Sensor: 8개 | |
| | | 인천 | 2019. 12. | 784 | Remote Sensor: 12개 | |

(출처: 항공기상청)

- 인천, 제주, 양양, 무안공항은 신규 AMOS로 교체 예정이며, 인천공항의 4활주로 신설에 따라 신규 AMOS를 도입 설치
- 공항기상 관측망의 공백 최소화를 위해 항공교통량이 비교적 많은 제주공항 및 김포공항은 윈드시어 탐지 장비의 신설 또는 보강을 추진할 예정임
 - ※ 교통량(만회): 인천(336), 김포(220), 제주(172), 무안(1), 양양(1), 울산(16), 여수(11)
- 인천국제공항에서는 현재 LLWAS의 경보와 TDWR의 경보가 합쳐진 형태로 경보를 제시하고 있음(미국 FAA 알고리즘을 사용하며 IRIS 윈드시어 경보와 LLWAS의 정보가 통합된 TDWR 제품을 사용)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 5. 국내 공항별 기상관측장비 교체 계획

| 장비명 | 지점 | '19 | '20 | '21 | '22 | '23 |
|--------------|-------------------|----------|------|---------|---------|--------|
| TDWR (중형) | 인천 | 교체(74억) | | | | |
| AMOS | 인천 | 1.2활주로 | | 교체(15억) | | |
| | | 3활주로 | | 교체(13억) | | |
| | 제주·양양 | | 환경조사 | 교체(20억) | | |
| | 무안 | | | 환경조사 | | 교체(7억) |
| 예비 AMOS | 김포, 제주, 울산, 여수 | | | | 교체(8억) | |
| LLWAS | 인천 | 교체(7.8억) | | | | |
| | 제주 | | 환경조사 | | 교체(15억) | |
| | 양양 | | | 환경조사 | | 교체(9억) |

(출처: 항공기상청)

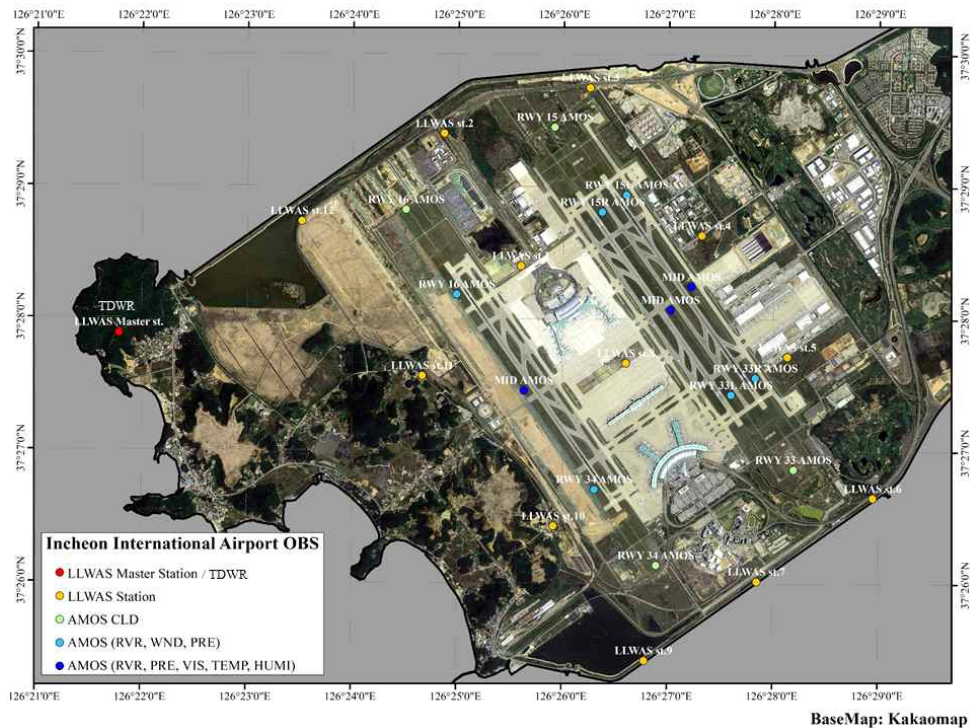


그림 8. 인천공항 기상관측장비 설치 지점

- 최근 공역기상의 저고도 위험기상 탐지기술은 LLWAS, TDWR, LIDAR 세 가지 장비가 통합된 ITWS(Integrated Terminal Weather System, 통합공항기상감시 시스템)와 같은 시스템으로 발전하는 추세임을 고려하여 통합을 추진하되

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

고려할 사항으로 마이크로버스트와 윈드시어는 지역 환경에 따라 다를 수 있으므로 홍콩국제공항이 ITWS를 도입하여 WTWS(Windshear and Turbulence Warning System)를 만들었던 것처럼 한국 환경에 맞게 구축할 필요가 있음

표 6. 공항기상 관측시스템 관련 고려사항

| 구분 | 고려 사항 |
|--------------|---|
| TDWR | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 운영종료에 대한 대비과정으로 신규의 C-Band TDWR 시스템의 재도입이나 이를 대체할 X-Band TDWR 시스템 도입 검토 필요 ▪ LIDAR 시스템과 함께 C-Band 혹은 X-Band TDWR의 사용 검토 필요 |
| LLWAS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 인천·양양·제주국제공항 세 곳만 설치하여 운영 중 ▪ 저층 윈드시어 관측 장비를 요하는 타 공항에서는 현실적으로 신규 설치가 불가능 ▪ TDWR과 연동 가능한 장비로 인천국제공항만 TDWR 시스템과 연동하여 운영 중 ▪ 대체시스템으로 X-Band TDWR 시스템이나 LIDAR 시스템의 도입방안에 대해 검토 필요 |
| WindProfiler | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 울산, 김해, 여수 세 곳만 운영하였으나, 2016년 10월 울산 공항은 내구 연한 종료로 철거 ▪ 장애발생 빈도수가 높아 운영 시 애로사항이 많음 ▪ 대체시스템으로 X-Band TDWR 시스템이나 LIDAR 시스템의 도입방안 검토 필요 |
| 통합솔루션 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 현재 TDWR과 LLWAS만 통합제품을 사용하고 있으나 향후에는 윈드시어 제품들을 통합하는 통합솔루션이나 4D기반 통합솔루션 구축의 검토 필요 |

(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상 인프라 및 서비스 고도화 방안)

- 항공기상관측장비의 운영 강화 및 통합 감시를 위해 항공기상청 및 소속공항의 모든 항공기상장비(AMOS, LLWAS, TDWR 등)의 운영상태 및 자료처리 현황에 대한 통합감시체계를 수립하고 이를 수행할 수 있는 통합모니터링 시스템의 구축을 2020년부터 추진 중임
- 공항 관측망 확충을 위해 레이저식 적설계와 무계식 강수량계를 2018년부터 도입하여 강수 감시망을 보강하고 있으며, 공항 운영등급(CAT-II 이상)에 상응한 위험기상 탐지능력의 강화를 2019년부터 추진 중임

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 7. 국내 공항의 입체적 기상관측망 확충 계획

| 장비명 | 지점 | '18 | '19 | '20 | '21 | '22 |
|--------------------|------------|-------|----------|---------|------------|---------|
| 레이저식 적설계 | 김포·인천 | 김포 신설 | 인천 신설 | 운영 | 타 공항 확대 | 타 공항 확대 |
| 무계식 강수량계 | 김포·인천 | 김포 신설 | 운영 | 인천 신설 | 타 공항 확대 | 타 공항 확대 |
| AMOS | 인천 (4 활주로) | | 신규 (5억원) | 시험운영 | 4활주로 개시 | |
| TDWR (중형) 등 윈드시어탐지 | 제주 | | 예산부지확보 | 설계(2억원) | 신축 (101억원) | 시험운영 |
| | 김포 | | | 예산부지확보 | 설계 | 신규 구축 |

(출처: 항공기상청)

- 공항별 기상관측 데이터에 대한 정확한 품질 수준을 평가하기 위해 공항별 AMOS 관측자료 수집처리에 대한 표준화된 프로그램을 개발하여 적용 추진 중

표 8. 국내 AMOS 관측자료 처리 표준화 계획

| 항목 | '18 | '19 | '20 | '21 | '22 |
|------------------|-------|-----------------------|-------|------------------|-----|
| AMOS 관측자료 처리 표준화 | 기술조사 | 표준 S/W 개발 및 시험 운영(양양) | | S/W 고도화 및 타공항 적용 | |
| | 0.2억원 | 1.5억원 | 0.5억원 | 1억원 | 1억원 |

(출처: 항공기상청)

- 항공기상관측장비의 제조사 및 도입 설치 연도가 서로 달라 관측자료의 수집처리방법에 상이성이 존재하여 이를 개선하기 위해 수집처리에 대한 표준화 수행 및 확장성 있는 시스템의 설계와 구축을 통해 항공기상정보교환체계 통합운영 환경조성 권고(WMO 항공기상위원회 2014)를 준수할 필요가 있음
- 공항 기상관측장비의 유지관리체계를 강화하기 위해 전국공항 항공기상관측망 통합 모니터링 시스템을 구축할 예정(~2021년)이며, 항공기 관측 장비 테스트-베드를 구축(2020년)하여 시정(투과율, 산란), 운고 등 센서의 성능 및 부품에 대한 점검을 수행하고 있음
- 또한, 기상관측장비 센서의 정확도 유지를 위해 검정 프로세스를 정비하여 기상관측표준화법에 따라 연 1회(검정 유효기간 3년) 온도, 습도, 기압,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

풍향, 풍속, 강수량, 적설 센서에 대한 검정을 실시하고 있음

- 비검정 대상인 시정(투과율, 산란) 및 운고 센서는 제조사의 Calibration Kit를 활용하여 반기 1회 정확도 교정을 수행하고 있음
- 입체적 공항기상관측을 위한 인프라 구축을 위해 공항 및 비행접근 구역의 기상상황의 공간적 변동성 관측을 수행하는 지상 기반 슈퍼사이트 및 인근 보조관측소를 인천공항에 구축할 예정임
 - 인천공항 슈퍼사이트를 기반으로 항공기 이착륙 판단 기준인 시정, 운저고도, 바람 관측 및 예측 정확도 향상을 위한 지상 자동관측 장비의 보강을 추진할 예정임
 - 슈퍼사이트를 이용해 항공기 접근 구역의 구름 특성 입체관측을 위한 현장 원격탐측 등 센서를 다양화하고 간접 탐지 기상요소에 대한 다중 센서 관측자료 상호검증 및 비교 분석을 수행함으로써 기상변화에 대한 상황인지 역량의 향상을 도모함
 - 인천국제공항의 국제적 인지도에 걸맞는 위험관리와 운영 효율성 제고를 위한 4D 기상관측 인프라 구축으로 공항 가용성의 극대화를 도모함

< 슈퍼사이트 >

- ◆ 슈퍼사이트는 다양한 기상센서가 설치된 기상관측소와 관측타위를 공항 인근 다수 지점에 구축하고 무인항공기의 관측을 포함하여 구성된 통합관측망임

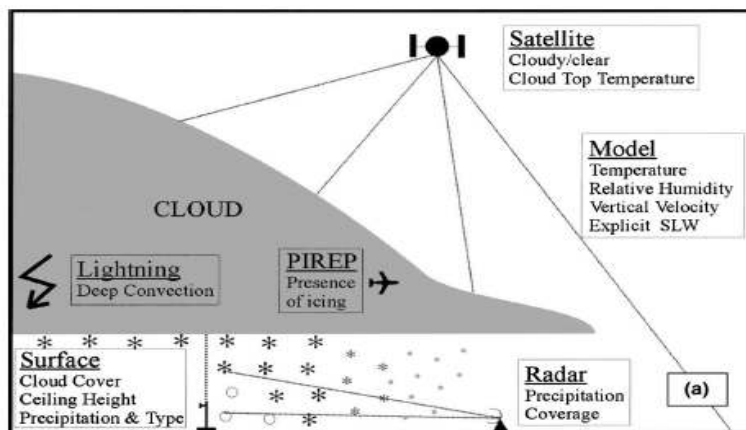


그림 9. 공항 및 접근 영역의 4D 종합 기상 관측망 구성

(출처: A review of high impact weather for aviation meteorology)

- ◆ 슈퍼사이트의 기상관측소는 다양한 기상 센서를 이용해 운고, 구름수액량, 기온, 상대습도, MRR 반사도, 현재 날씨 유형, 적설량, 착빙률, 3차원 바람,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

난류 등의 관측을 수행

- ◆ 무인항공기를 맑은 날에 운영하여 에어로졸, 풍향 및 풍속, 온도 및 상대습도 등을 관측
- ◆ 관측타워를 통해 비, 눈, 안개 및 시정, 에어로졸, 태양 복사, 난류 등 바람, 지면 및 대기 온도 등을 관측

□ 국외 현황

- 미국 기상청(NWS, National Weather Service)은 미국 내 160개 장소(알래스카, 하와이, 푸에르토리코 및 태평양의 섬들 포함)의 이중편파(Dual Polarization) 도플러 레이더(WSR-88D)들로 구성된 NEXRAD(Next Generation Weather Radar) 관측망을 통해 강우, 강설에 대한 관측을 수행하고 있음
- TDWR을 설치하기 어렵거나 설치되지 않은 중간규모 공항에 대하여, WSP(Weather System Processor)를 활용하여 저비용/고품질의 윈드시어 감시 기능을 제공하기 위해 MPAR(Multi-function Phased Array Radar) 개념을 기반으로 항공교통 관제 레이더와 기상레이더의 통합을 추진하고 있음



그림 10. 미국 TDWR 운영 사이트

(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상인프라 및 서비스고도화 방안)

- 미국 내 45개소에 TDWR 사이트가 구축되어 있고, 47개소에 LLWAS 시스템,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

7개소에 LLWAS-NE 시스템과 TDWR 시스템이 함께 운영되고 있으며, LLWAS-RS 시스템은 미국 내 40여 개 공항에서 운영되고 있음

- 미국 산학연 합동연구 프로젝트 CASA(Collaboration Adaptive Sensing of the Atmosphere)는 NEXRAD 레이더의 저고도 영역 관측 공백을 해소하고 도심환경에 대한 위험기상 예/경보 체계를 구축하기 위해 다수의 소규모 X-band 레이더들로 구성된 저고도 관측망을 활용하는 방안을 추진하고 있음



그림 11. 미국 TDWR, TDWR/LLWAS-NE, WSP/ASR-9, LLWAS-RS 운영 사이트

(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상인프라 및 서비스고도화 방안)

- 미국은 저고도 항공기 운항과 관련된 공항 관리자, 항공교통 관제사, 조종사 등에게 포괄적이고 정확한 기상데이터를 제공하기 위해 RWIS(Roadside Weather Information System)와 AWOS의 통합을 추진하였으며, 결과적으로 기존 기상관측소가 정보를 제공하지 못한 지역에 대한 기상 지원과 AWOS 또는 ASOS가 없는 지역에서의 헬리콥터 및 구급항공기의 운항을 위한 기상정보 지원의 효과가 있었음

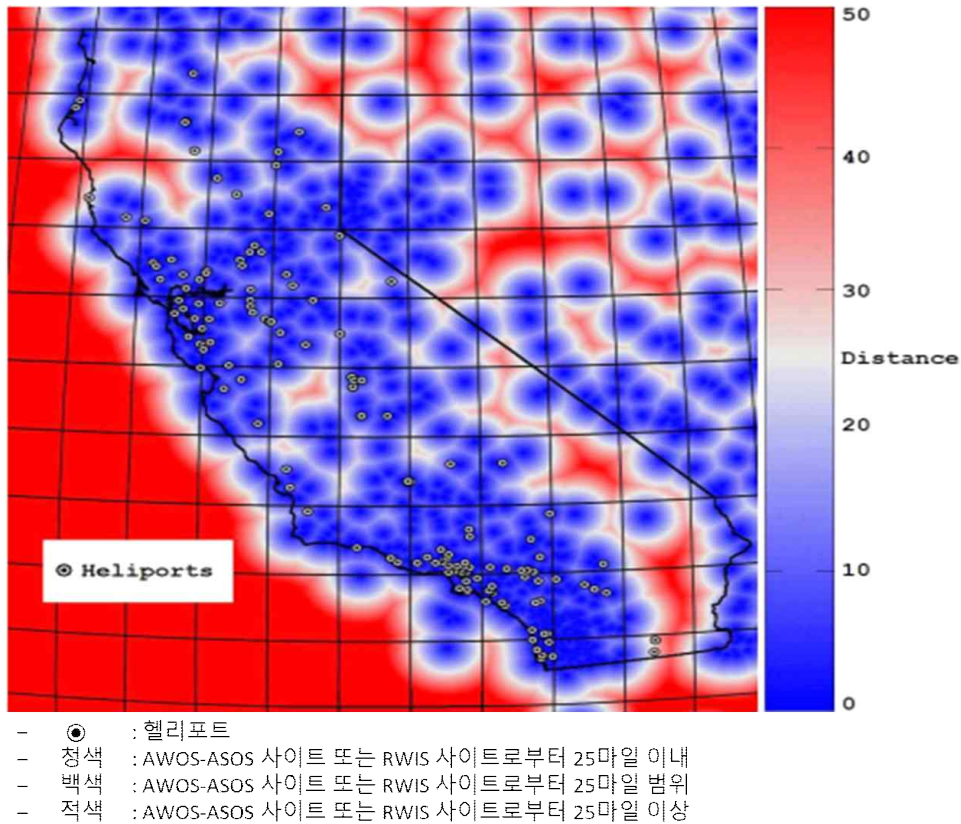


그림 12. AWOS와 RWIS 통합에 의한 기상정보 제공 범위

(출처: Integration of Aviation Automated Weather Observation Systems (AWOS) with Roadside Weather Information Systems (RWIS) Phase II Final Report)

- 미국 라스베가스 국제공항에는 6가지의 건조한 윈드시어가 나타나는데 TDWR 시스템은 이러한 위험기상에 대한 탐지율이 낮아 LIDAR 관측시스템을 설치한 후 기존 윈드시어 탐지 알고리즘(SIGMET)과 개선된 알고리즘(MIGFA)을 비교하는 테스트 운용을 통해 FAA의 윈드시어 탐지 수용조건 POD(탐지율)인 90% 이상을 만족하는 것으로 확인함
- 미국 해양대기청(NOAA)은 윈드프로파일러 관측자료를 1990년대 초반부터 현업 수치 모델의 60분 평균자료로 입력하여 사용해 왔으며 1994년부터는 MAPS/RUC(Mesoscale Analysis and Prediction System/Rapid Update Cycle)에 3시간 간격으로 입력되어 사용되고 있고 1999년 7월부터는 유럽중기예보센터(ECMWF, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)에서도 현업 자료동화 시스템에 미국의 윈드프로파일러 관측자료를 사용하기 시작하였음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 캐나다는 피어슨 국제공항에 근접한 윈드필드 농경지 지역에 기상 슈퍼사이트 PUMS(Pan Am UOIT¹⁷⁾ Meteorological Supersite)를 구축하였음

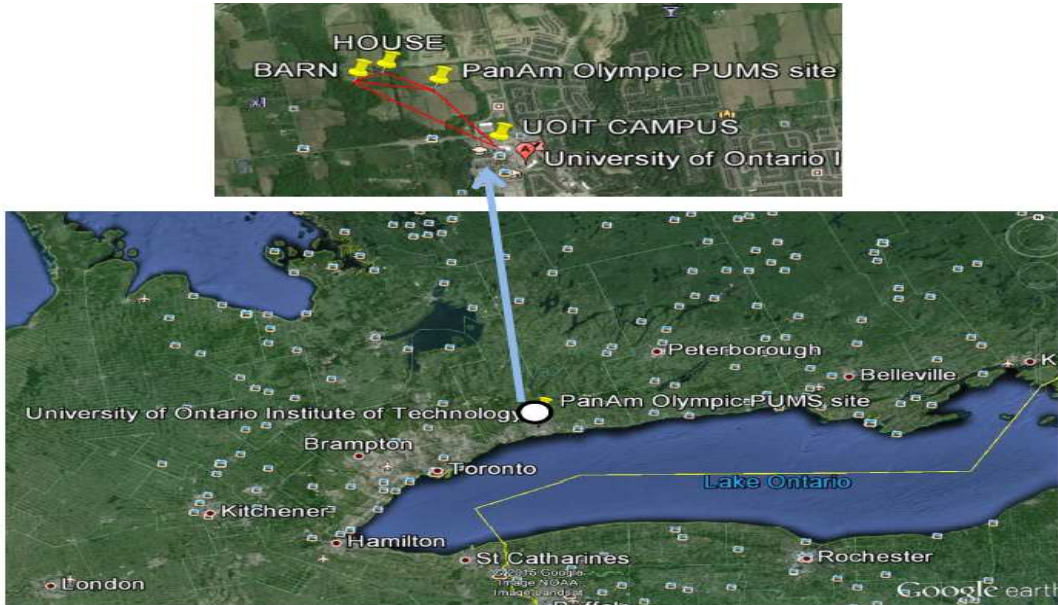


그림 13. PUMS 슈퍼사이트

(출처: A review of high impact weather for aviation meteorology)

- 한 개의 메인 사이트와 그 주변의 450m ~ 850m 정도 떨어져 있는 세 개의 위성 사이트로 구성되어 있음
- 결빙 센서, 번개 센서, 멀티뷰 카메라, 수직 포인팅 X-band 레이더, 수평 시정계, 여러 개의 운고계, 기온과 상대 습도 측정 지표면 장치, 무게 측정 타입 강우 센서 및 광학/레이더 기반의 강우 센서 등이 설치되어 있으며 세 개의 위성 사이트에는 관측 타워 (FSOS: fog and snow tower)가 설치되어 있음
- 비, 눈, 안개 및 시정, 에어로졸, 태양 복사, 난류 등 바람, 지면 및 대기 온도 등을 관측하며, 여러 기상 센서로부터 복수 관측된 동일 기상정보를 분석하여 관측장비의 상호 비교 및 새로운 관측기술에 대한 평가 등에 활용하고 있음
- 무인항공기(WE-UAV: weather and environment unmanned aerial vehicle)를 맑은 날에 운영하여 에어로졸, 풍향 및 풍속, 온도 및 상대습도 등을 관측함
- Toronto 2015 Pan and Parapan American Games¹⁸⁾가 개최되는 동안

17) UOIT : University of Ontario Institute of Technology

18) Toronto 2015 Pan and Parapan American Games는 캐나다 토론토에서 각각 7월 10일 ~ 7월

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- PUMS 수퍼사이트의 관측 정보가 기상예보 지원에 활용되었으며, 특히, 수직 포인팅 X-band 레이더를 이용해 대기 8km 상공에 대한 강우 데이터, 특히 강우 입자 종류 (빙정, 눈, 비, 가랑비 등)를 파악하는데 활용함
- 기상 관측 및 관측 장비 테스트베드로서 항공기상 nowcasting 및 NWP 모델 검증과 기상 관측 장비의 성능 평가 등에 지속적으로 활용될 예정임
 - 유럽중기예보센터 ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)에서는 현업의 자료동화 시스템에 미국의 윈드프로파일러 관측 데이터를 1999년 7월부터 사용하기 시작하였음
 - 독일의 프랑크푸르트 공항과 뮌헨 공항에서는 2013년에 저층 윈드시어 관측을 위해 X-Band TDWR과 LIDAR의 관측자료를 함께 결합하여 처리하는 시스템을 구축하였는데 레이더 관측자료를 LIDAR 데이터를 이용해 보완하는 방식으로 3단계에 걸쳐 4가지의 결과물인 수직 바람장, 마이크로버스트 탐지, 돌풍전선 탐지, 활주로상 윈드시어 탐지 정보를 생산함
 - TDWR과 LIDAR가 결합된 시스템을 1년간 시험 운영하여 이를 통해 관측범위 3km 내에 대해 90% 이상의 관측력을 보이고 10km 범위에 대해서는 10%정도의 관측력을 보임을 확인하였고 수평 윈드시어는 TDWR을 통해 75% 정도 관측되고 수직 윈드시어는 LIDAR를 통해 대부분이 관측됨을 확인하였음
 - 유럽에서는 상층 바람 관측을 위한 윈드프로파일러로서 CWINDE 프로파일러 관측망을 총 23개소에서 운영 중이고 관측된 자료는 30분간격으로 온라인 실시간 교환되어 영국 기상청 인터넷을 통해 공개하고 있음
 - CWINDE 프로파일러의 관측 데이터는 중규모 수치모델의 초기값으로 실시간 입력되어 중규모 예측 정확도 향상에 기여하고 있음
 - 홍콩 첵랍콕 국제공항은 지형으로 인해 비행기 활공로 상에 발생하는 윈드시어의 약 70%가 기류 장애 (terrain disrupted airflow disturbance)이며 약 20%가 해풍 (sea breeze)이고 약 10%가 대류성 기후에 의한 윈드시어가 발생하는 환경임
 - 윈드시어 관측용 공항기상장비로서 2002년에 홍콩 첵랍콕 국제공항 ATCX(Air Traffic Control Complex)에 세계최초의 항공용 도플러 LIDAR 관측시스템을 도입하였고 홍콩기상청 (Hong Kong Observatory)에서 자동으로 윈드시어 탐지가 가능한 알고리즘을 LIDAR장비에 적용하여 윈드시어 파일럿 보고의 75~80%를 탐지하는 등 맑은 기상상태에서 발생한 윈드시어 (지형 및 해풍에 의한 윈드시어)의 탐지와 바람변화 측정에 효과가

26일, 8월 7일 ~ 8월 15일까지 개최됨

있음을 확인



그림 14. 유럽 CWINDE 프로파일러 관측망 설치 현황
(출처: 위험기상 조기탐지를 위한 항공기상인프라 및 서비스고도화 방안)

- 또한, 란타우섬 각 봉우리와 계곡에 지상관측장비인 풍속계를 배치하고 공항 주변 바다에 부이를 설치하였으며 TDWR를 홍콩 첵랍콕 국제공항에 배치하여 돌풍전선 및 마이크로버스트도 탐지 가능한 알고리즘으로 운영 중
- 활공로(flight path) 주변의 동서에 많은 수의 윈드프로파일러를 설치하고 란타우섬의 상류 쪽에 윈드프로파일러를 설치하여 대기 경계층의 수직 바람분포를 모니터링 하며, 2010년에 마이크로파 방사계(microwave radiometer)를 설치하여 산을 넘는 기류와 연관된 저층의 온도와 습도 변화의 측정에 사용하고 있음
- 2010년에는 마이크로파 방사계(microwave radiometer)를 설치하여 산을 넘는 기류와 연관된 저층의 온도와 습도 변화의 측정에 사용하고 있음



그림 15. 홍콩국제공항 주변 저고도 윈드시어 관측장비 배치 현황
(출처: 세계기상기술동향 2010.6)

- 일본 기상청은 라디오존데 16개소와 1.3GHz 윈드프로파일러 33대를 함께 사용하여 통합 상층 바람 관측망을 구축하여 운영 중이며, 2001년부터 관측된 자료를 10km 격자점 중규모 수치모델의 초기값으로 입력하여 사용하고 있음
 - 각 윈드프로파일러에 의해 수집된 1분 관측자료는 품질검사를 거쳐 10분마다 도쿄 기상청 본부로 보내지고 이 자료는 다시 수평 일치성 검사(buddy check), 지상 바람 비교 검사, 이차원면 검사(quadratic surface check) 및 연직 시어 검사 등을 거쳐 중규모 수치 모델이 입력되며, 또한 BUFR 코드로 만들어져 GTS 통신망으로 전송됨

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

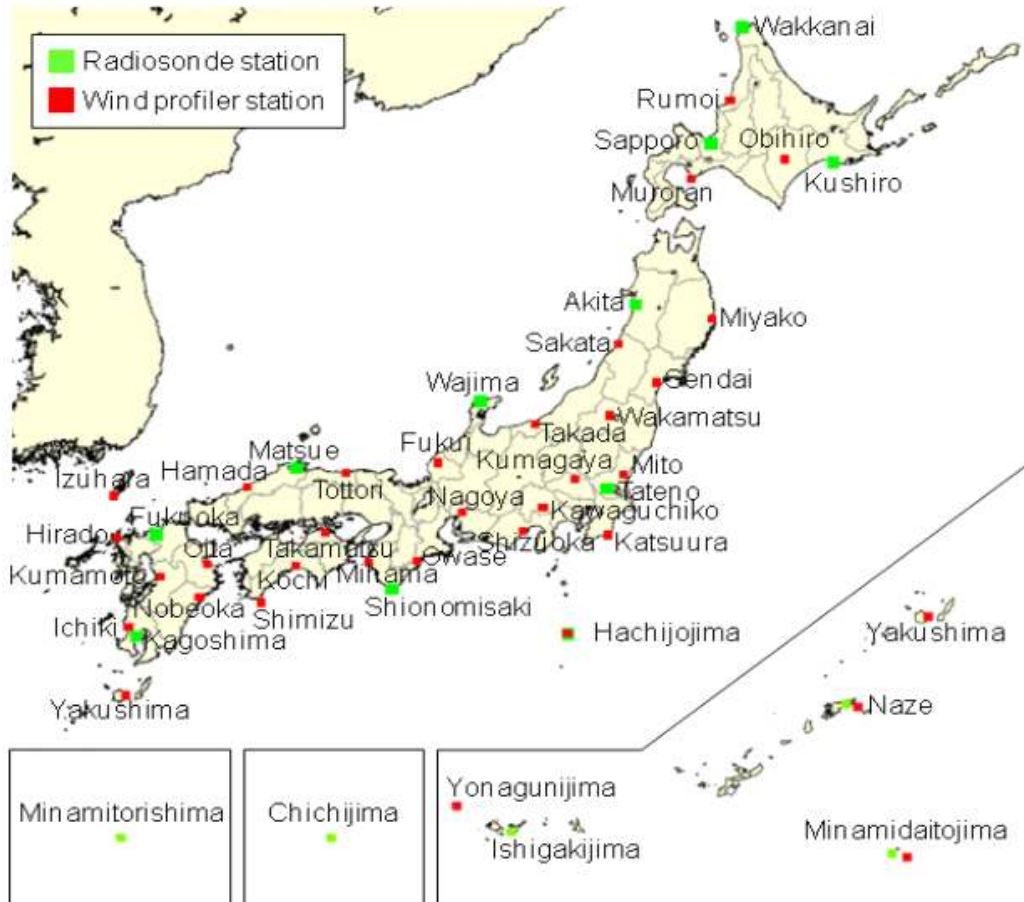


그림 16. 일본 기상청 상층 대기 관측망
(출처: JMA)

- 일본에서는 기상레이더가 항공 안전 목적으로 광범위하게 사용되고 있는데 일본 국토교통성은 국지적 집중호우로 인한 인명 및 재산의 피해 감소를 위해 주요 도시 내 X-Band TDWR을 이용한 XRAIN (X-Band polarimetric Radar Information Network) 이라는 고해상도의 레이더망을 구축하여 운영 중
 - XRAIN을 통해 관측된 정보는 국토교통성의 누리집과 Email을 통해 실시간으로 국민들에게 전달하여 위험기상에 대비할 수 있도록 하고 있고 XRAIN 데이터는 민간에 의해 개발된 모바일 앱을 통해 정보 제공이 이루어지고 있으며 대학 및 연구소에서 XRAIN 자료 활용을 위한 다양한 형태의 연구개발이 활발히 진행되고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

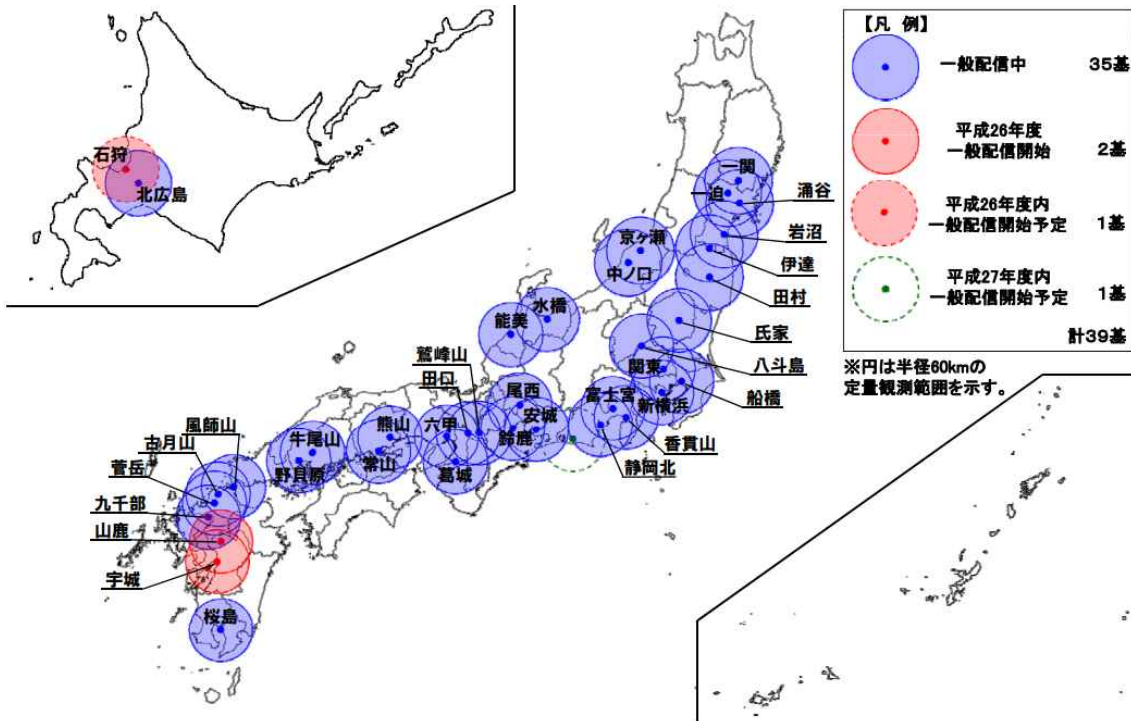


그림 17. 일본 XRAIN 관측망
(출처: 일본 국토교통성)

- 일본은 간사이 공항, 하네다 공항, 나리타 공항 등을 포함해 총 9개의 도플러 레이더를 운영 중이며 간사이 공항과 도쿄 공항에는 2016년에 C-band 이중편파 도플러 레이더를 설치하여 운영하고 있음

1.3. 국내외 항공기 기반 관측 및 활용 동향

□ 국내 동향

- 우리나라에서 현재 수행 중인 항공기 기반 기상 관측은 AMDAR, AIREP을 수행 중이며 ADS-B는 인천공항을 대상으로 시험 운영 중임

표 9. 항공기 기반 관측 기술 현황

| | AMDAR | AIREP | ADS-B | ADS-C |
|----------|-------|---------------------------------|----------------|-----------------|
| 현재 수행 여부 | ○ | △ | 인천공항 (시험운영) | X |
| 자료 수신 방법 | 자동 | 정기보고: 자동 특별보고: 자동 or 음성통신 | 자동 | 자동 (ATC 요청시) |

(출처: 항공기상청)

- 우리나라는 2006년에 AMDAR를 도입하였으며, 2014년에 한국항공공사가 AMDAR 연동시스템을 자체 개발하여 6개월의 시험 운영을 거쳐 2014년 11월 정상 운영을 시작하였으며, 2019년 기준 국적 항공사 21대 (대한항공, 아시아나항공)의 항공기를 통해 기상자료를 수집하고 있으며, 수집된 자료를 품질관리 및 평가하여 국제적으로 교환 활용하고 있음

- 한국형 수치모델 개발사업단은 관측 증분 오차 분석 기법을 통해 AMDAR 항공기 온도 관측자료에 대한 편향 특성을 분석하고 존재 자료와 비교하는 연구를 수행하였음
- AMDAR는 항공기와 지상 항공관제 시스템 및 항공사 시스템이 서로 데이터를 교환하기 위한 전용 시스템과 통신 링크가 필요하며 통신비가 소요되는 단점이 있는데, 기상청은 WMO 사무국에 2002년부터 4,000 달러(USD)를 지불하고 있고, 매달 자료량에 따라 항공사에 통신비를 지불하고 있음

※ 자료수신 정보통신료: (2019년) 80,809,810원 / (월평균) 6,734,150원

- 미국의 경우 AMDAR 관측자료를 이용하여 운고와 착빙 예보에 대한 검증을 수행하고 있는데 비해, 우리나라는 접근로 상에서만 관측하고 있어 매우 제한적으로 활용되고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



그림 18. 항공기 관측 기상자료 연동시스템(한국항공공사)
 (출처: 항공기 관측 기상자료(AMDAR) 연동시스템 자체 개발, 2014.11,
 한국항공공사)

- AIREP에는 국제 항공로를 운항하는 항공기가 지정된 지점을 통과할 때 수행하는 정기보고와 항공기 안전운항에 영향을 줄 수 있는 기상현상이 관측될 때 수행하는 특별보고가 있음
 - 정기 보고(AIREP): 공대지 데이터 링크를 사용하거나 ADS-C 또는 2차 감시레이더(SSR) Mode S를 적용할 때 자동으로 보고되어야 하나, 공대지 데이터 링크를 갖추지 않은 곳에서는 면제됨
 - ※ 현재 자동 수신 시설의 부재로 고정 시간 (8~10시, 13~16시)에 항공기 보고를 음성통신으로 일 2회 수신하고 있음
 - 특별 보고(S-AIREP): 보통 이상 난류와 착빙 등 위험 기상이 발생했을 때 모든 항공기에서 관측·보고하고 있음
- 항공기상청은 항공로 기상실황과 위험기상 감시체계 구축을 통한 항공교통 흐름 지원 및 관측자료가 부족한 고층의 기상관측자료 확보를 위해 2017년에 항공기 자동관측 시험 운영을 추진하였으며, 2018년에는 Mode-S 자료를 활용한 항공기 자동관측 시험 운영을 통해 항적 정보의 수집과 기상정보(풍향, 풍속, 기온)의 산출을 시험하였고 2019년도에는 항공기 자동관측자료 수집체계 구축사업 추진을 통해 2019년 5월부터 ADS-B, Mode-S 항공기의 자동관측자료를 수집하여 기상정보를 산출하고 이를 관련 사이트를 통해

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표출하여 제공하고 있음

- ※ 국토부는 ICAO가 표준으로 지정한 ADS-B 시스템이 성능과 경제성에서 미래의 감시시스템으로 충분한 경쟁력을 갖추고 있다고 판단, 내수는 물론 수출 기반으로의 성장 가능성을 예측하고 민간 부문과 공동으로 ADS-B 시스템을 상용화하였으며, 2020년부터 한반도 공역에서의 ADS-B 장착을 의무화할 방침임

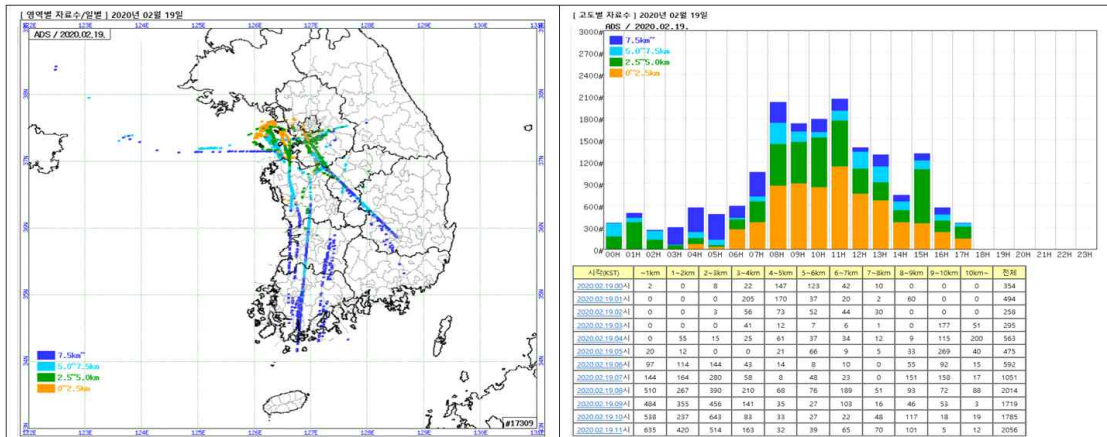


그림 19. ADS-B 자료 조회 및 수집량, 항공기 위치·분포 표출

(출처 : http://rdr.kma.go.kr/air/ads_txt.php)

표 10. 국내 항공사별 ADS-B 장착 현황

| 항공사 | 항공기 운영 | 비고 |
|--------|-----------------|-----------|
| | 항공기 보유/ADS-B 장착 | |
| 대한항공 | 181대/181대 | |
| 아시아나항공 | 83대/83대 | |
| 제주항공 | 40대/38대 | 임대 2대 미장착 |
| 진에어 | 27대/27대 | |
| 에어부산 | 25대/25대 | |
| 티웨이항공 | 25대/25대 | |
| 이스타항공 | 21대/21대 | |
| 계 | 400대/402대 | |

(출처: 항공기상청)

- ADS-C는 지상국 ATC의 요청에 따라 항적정보와 기상정보(항공기에 탑재된 기상관측 센서로 직접 측정)를 지상으로 자동 송신하는 체계로서 현재 ADS-C

장비의 설치가 의무화되어 있지 않아 이를 통한 기상정보의 수집에 어려움이 있음

- 2019년 10월에 항공기 기반 관측자료의 수치예보 활용을 위한 사전 품질분석을 실시한 결과 AMDAR 대비 약 2배의 자료량으로 AMDAR 자료에 비해 시·공간 해상도는 높으나, 수집된 자료 중 30%만 자료동화에 사용 가능한 것으로 나타나 품질관리 기법을 개선 후 적용하면 활용 가능할 것으로 예상
 - 항공기 기반 관측자료 수집체계를 지속적으로 강화하기 위해 2020년 1월에 ADS-B 수신 지점의 확대(8개소)와 항적정보 수집 및 처리 소프트웨어 구축, 난류 산출을 위한 연직가속도 정보 수집 및 품질관리 기능을 추가하여 운영 중이며, 향후 ADS-B 감시체계를 전국으로 확대할 예정임
 - ※ ADS-B 수신 지점 8개소: 김포, 제주, 무안, 울산, 양양·여수 공항, 청주기상지청, 표준기상관측소(보성)
 - 감시 능력 보강을 위해 다변측정감시 시스템(MLAT)을 무안공항, 울진비행장에 구축하고 있으며 필요 공항에 추가적인 구축을 추진할 예정임
 - 항공기 기반 관측자료(ADS-B)를 표출하는 항공로 기상실황 자료 활용 서비스를 개발하여 2019년 12월부터 웹페이지를 통해 표출하고 있으며, 항공기 자동관측자료 수집체계 구축사업 결과물 공유하여 3차원 대기 분석 및 WISSDOM 입력자료 활용 및 수치모델 입전 자료로 활용할 계획임
 - 항공로 위험기상 감시를 위한 난류정보 산출과 예보 업무 활용을 목표로 항적정보를 이용한 난류정보 산출 방식 등에 관한 최신 동향·기술 조사 및 유관기관(국토부, 학계 등)과의 협의를 진행 중이며, 2021년에는 난류정보 산출을 위한 프로그램을 개발하여 난류 위치 및 강도 분석 기반의 고층 기상실황 감시와 상층 예보 생산 및 난류예측자료의 검증에 활용할 계획임

□ 국외 현황

- 네덜란드는 항공기의 이동 및 상태 정보를 이용한 기상정보의 산출과 항공기상 활용에 관한 연구와 개발을 선도하고 있음
 - Mode-S 항적자료 (비행 방향, 대기속도, 비행 고도 등)를 이용한 기상정보(온도, 바람)의 산출과 수치모델(HIRLAM, High Resolution Limited Area NWP Model), AMDAR, 라디오존데 자료와의 비교 검증, 정확도 향상 및 항공기상 활용방안에 관한 연구를 수행하였으며, 또한, ADS-B/Mode-S 항공기 관측자료를 이용해 산출된 기상정보에 대한 수치모델 자료동화, 온도와 바람 수직 프로파일 구성 등의 활용방안에 관한 연구를 수행하였음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 항공기 관측자료를 이용해 산출되는 기상정보의 수집과 처리 및 확산을 위해 영국기상청과의 협력을 통해 EMADDC(European Meteorological Aircraft Derived Data Center) 프로젝트를 설립하여 운영하고 있으며, EMADDC를 통해 네덜란드의 Mode-S/ADS-B 데이터를 영국의 Met-Office에 제공하고 있음

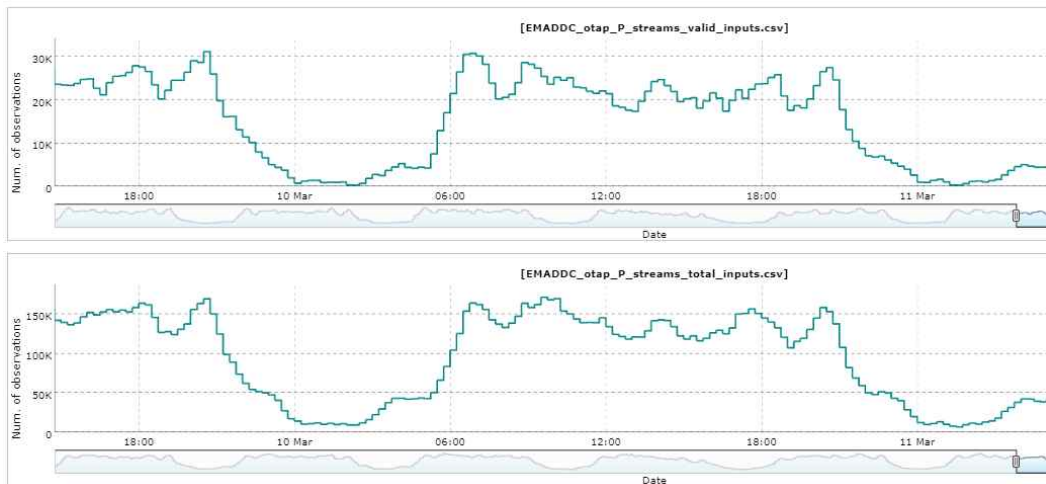


그림 20. EMADDC의 Mode-S 자료 수집 모니터링 웹 서비스
(<http://mode-s.knmi.nl/status/monitoring/>)

< 네덜란드 ADS-B/Mode-S 관련 연구 >

- 네덜란드 암스테르담의 스키플 (Schiphol) 국제공항에 스캔 간격 4초, 270km 감시 범위를 가진 TAR¹⁹⁾ 레이더가 설치되어 있으며, 이 레이더를 이용해 2008년 3월부터 2009년 2월까지 12개월간 항공기로부터 얻어진 Mode-S 항적 데이터로부터 기온과 바람 정보를 유도하였음
- Mode-S 트랜스폰더를 장착한 항공기가 의무 응답해야 하는 Mode-S EHS²⁰⁾ 메시지에는 세 가지가 있는데, 이 데이터를 이용해 항공기의 벡터로부터 바람 정보를 알아낼 수 있으며, Mach number와 true air speed로부터 온도를 계산할 수 있음
- Mode-S로부터 유도된 기온, 바람 정보에 스무딩 기법을 적용하여 노이즈 제거 및 데이터 품질과 정확도를 개선하였으며, 개선된 Mode-S 기온, 바람 정보의 검증은 위해 AMDAR 관측 기상정보, radiosonde 관측 데이터 및 NWP 모델(HIRLAM) 데이터와 비교한 결과, Mode-S 유도 기온 정보는 낮은 품질을 보였으나 반면에 Mode-S 유도 바람 정보의 경우는 radiosonde 데이터보다는 약간 나쁘지만 AMDAR 관측 데이터와 비슷한 결과를 나타냈으며, 따라서, Mode-S로부터 유도된 바람 정보는 NWP의 자료동화를 위해 사용 가능한 수준임을 보였음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 영국 기상청(Met Office)은 2019년 4월부터 고해상도 모델에 민간항공기 정보를 활용한 고층 바람 관측자료를 사용하고 있으며 고층 관측을 위해 1980년 이후 AMDAR 연동시스템이 개발되어 바람 및 온도에 대한 관측이 이루어지고 있으나 관측장비를 탑재한 민간항공기 수는 제한적이며 모델 해상도가 지속적으로 증가함에 따라 추가적인 고층 관측자료가 요구되어 이를 극복하기 위해 ADS-B 및 Mode-S 항적 데이터를 활용하는 방안에 관한 연구를 수행함
 - 영국에서는 2011년부터 저비용 관측을 위한 새로운 방법을 모색한 결과, 항공기 기반 기상 관측의 새로운 방법으로서 항공기와 지상의 ATC 레이더 간에 주고받는 Mode-S EHS 메시지를 지상에 별도의 레이더를 설치하여 이를 통해 수신하고 수신한 원시 Mode-S 데이터로부터 유도하여 얻어진 풍속, 풍향 및 기온 데이터가 기존의 AMDAR 관측 데이터와 유사한 품질을 나타내는 결과를 얻었음
 - 영국 내 지상의 5개 지역에 Mode-S와 ADS-B 수신이 가능한 안테나를 가진 수신시스템으로 네트워크로 구성하여 초기에는 하루 5.7백만 건의 EHS 메시지를 수신하여 처리하였으며 수신시스템 및 처리 시스템을 확장한다면 하루 1억 건의 Mode-S EHS 메시지 처리도 가능할 것으로 예상
 - 이는 품질검사를 통해 하루에 5.5백만 건 정도의 고층바람 관측자료로 활용 가능한 수준이며 기존 AMDAR 자료의 500배에 해당하는 양임
 - 또한, Mode-S 및 ADS-B 수신 범위를 확장하기 위해 2016년에는 ESA (European Space Agency)와 GomSpace에 의해 개발된 cubesat (GomX-3) 위성을 경유한 ADS-B 데이터 수신 시험을 13일 동안 성공적으로 수행하였으며, 이를 통해 많은 수의 지상의 수신시스템이 없이도 Mode-S 수신 범위가 전 지구적으로 확장될 수 있음을 보임
- 슬로베니아는 NWP 모델로서 국토 특성에 맞게 제한된 영역을 대상으로 하는 ALADIN (Aire Limitée Adaption Dynamique et développement InterNational)이라는 모델을 사용하고 있는데 입력자료 중 하나인 AMDAR 데이터의 해상도가 수십 km로서 중간규모 기상현상을 예측하는데 적합하지 않은 점을 극복하기 위해 수 km 해상도를 가진 고층 기상 관측 데이터의 필요성을 인지하였으며 이에 Mode-S 데이터에서 추출한 기상정보의 유효성을 알아보기 위한 연구를 수행하였음
 - 슬로베니아 루블랴나 국제공항에는 항공 감시레이더로서 탐지 범위가 250km이고 탐지 간격이 4초인 TAR (enhanced tracking and ranging radar)를 2009년에 설치하여 영공을 통과하는 항공기에 대해 Mode-S

19) TAR : Enhanced tracking and ranging air traffic control radar

20) EHS : Enhanced Surveillance

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

MRAR 질의/보고 수행하고 있음

- Mode-S에는 MRAR (Meteorological Routine Air Report)라고 명명된 메시지가 있으며 이는 항공기에 탑재된 기상 센서가 관측한 온도와 바람 데이터를 직접 포함하고 있음
 - ※ Mode-S MRAR의 기상정보는 AMDAR 시스템에게 관측 데이터를 제공하는 동일한 기상 센서로부터 관측 데이터를 가져오므로 AMDAR 데이터와 유사한 품질을 가짐
- 관제 레이더의 질의에 대해 항공기가 의무적으로 응답해야 하는 Mode-S의 3가지 메시지와는 달리 Mode-S MRAR는 항공기가 반드시 응답할 필요는 없는 비의무 메시지이지만 응답을 수행하는 항공기가 운영되고 있으며, 루블라냐 공항 레이더에는 약 5%의 항공기가 Mode-S MRAR에 대해 응답하였음
- 원시 데이터로서 Mode-S MRAR, Mode-S EHS 및 AMDAR 데이터를 2011년 5월 19일부터 2012년 3월 1일까지의 기간에 대해 루블라냐 공항으로부터 제공 받아 사용하였음
- Mode-S MRAR는 Mode-S EHS보다 낮은 응답률로 인해 데이터량은 적지만 AMDAR보다는 많이 수집되었음
 - ※ Mode-S MRAR와 AMDAR의 비율: 300:1 (2km~8km), 40:1 (10km~12km)
- Mode-S MRAR와 AMDAR의 비교 결과 표준편차는 온도가 0.35℃, 풍속은 0.8m/s, 풍향은 10도 이하로 나타나 서로 잘 일치하는 것을 확인하였으며, Mode-S MRAR 데이터와 라디오존데 데이터의 비교 결과에서는 표준편차가 온도는 대략 1.7, 풍속은 3 m/s, 풍향은 25도로 약간의 차이를 보였음
- 결과적으로 Mode-S MRAR로부터의 바람과 온도 측정 정보는 만족할만한 정확성을 보여주며, 따라서 NWP 모델의 자료 동화를 위해 유효성 있는 데이터로 사용 가능성이 높음을 확인하였음
 - ※ Mode-S MRAR를 기상정보로 활용성을 높이기 위해서는 Mode-S 트랜스폰더 장착 항공기의 의무 응답 메시지로 표준화할 필요가 있음

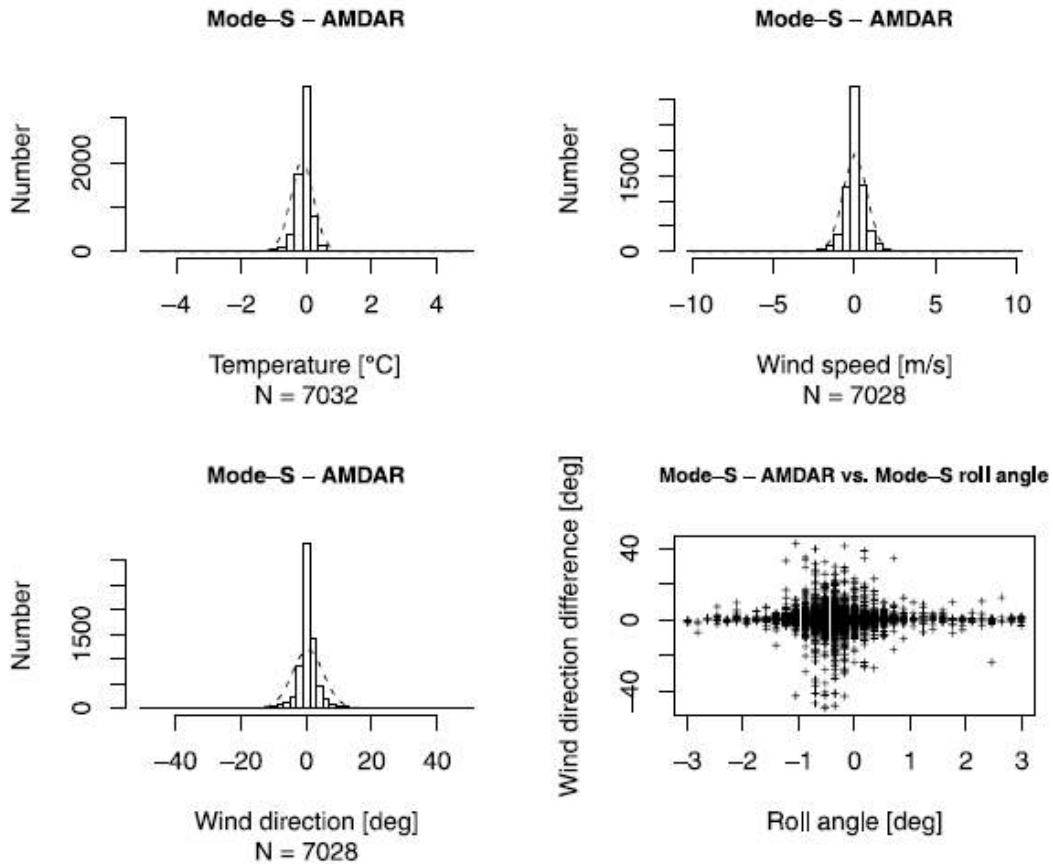


그림 21. Mode-S와 AMDAR 비교

- 호주기상청(Bureau of Meteorology)은 2016년에 ADS-B/Mode-S 항적정보로부터 추출한 기상정보의 활용 가능성을 알아보기 위해 이에 대한 연구를 수행하였음
 - 호주는 총 60개의 ADS-B 지상국을 구축하여 운영 중이고 2013년 12월 12일 FL290 (2,900ft) 이상의 항공기에 ADS-B의 장착을 의무화하였으며 2014년 2월이후 등록된 모든 계기비행 항공기에 대해 운영 가능한 상태의 ADS-B 장치 탑재를 의무화하였음
 - 호주 빅토리아주 브로드메도우시에 위치한 호주 기상청 교육센터 건물 지붕에 탐지 범위가 최소 100km에서 최대 300km까지인 ADS-B/Mode-S 수신기를 설치하고 2014년 5월부터 데이터를 직접 수신하여 수집함
 - 데이터 수신 기간은 2014년 6월 16일 ~ 8월 28일 (업무 시간에만 관측 데이터 수신), 2014년 10월 1일 ~ 17일, 2015년 1월 28일 ~ 2월 12일 (24시간 관측 데이터 수신)로 총 44일이며, 597,224건의 데이터를 수집함
 - 수집한 ADS-B/Mode-S 자료에 기반하여 온도와 바람(풍향/풍속) 정보를

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

산출한 후 AMDAR와 Sonde 자료와 비교 분석하였으며 이를 통해 Mode-S로부터 유도한 기온값은 낮은 품질을 보이지만 풍속과 풍향값은 AMDAR 데이터와 유사함을 확인함

- 비교 대상이 되는 AMDAR 자료는 호주 국내 항로 및 국제 항로를 운항하는 82개 항공기로부터 수집하였으며, Sonde 관측자료는 멜번 공항의 ADS-B/Mode-S 안테나로부터 10Km 이내의 거리에서 하루 2회 측정된 자료로서 관측 조건을 0.1 위/경도 오차 미만, 고도 5000ft(1500m) 미만, Observation time 600s 미만으로 정의하여 얻어진 자료를 비교에 사용함
- 비교 결과 ADS-B/Mode-S로부터 유도된 온도값은 sonde의 온도값과 비교에서 65% 정도가 WMO 기준을 만족하였으나 AMDAR 관측값에 비해서는 낮은 품질을 보였고, Mode-S로부터 유도된 풍속값의 경우 78.5% 정도가 sonde 값에 거의 근접하여 WMO 기준 범위 내로 들어왔으며, Mode-S로부터 유도된 풍향값은 AMDAR 데이터와 매우 유사함을 보였음

| Comparison to Sonde | | AMDAR | Mode-S |
|--|------------------------|---------|--------|
| Number of Comparison Points | | 1120972 | 1121 |
| Temperature (°C) | Bias | -0.27 | 0.22 |
| | SD | 1.55 | 2.6 |
| | Goal | 93.7% | 65.0% |
| | Breakthrough Threshold | 97.4% | 81.8% |
| Wind Speed (knots) | Bias | -0.85 | -0.3 |
| | SD | 6.1 | 4.5 |
| | Goal | 63.6% | 78.5% |
| | Breakthrough Threshold | 80.3% | 90.7% |
| Wind Direction (°) | Bias | -1.6 | 1.4 |
| | SD | 16.7 | 18.9 |
| Wind Direction (°) (Wind Speed > 10knots) | Bias | -1.5 | 2.6 |
| | SD | 14.0 | 13.0 |

표 11. AMDAR와 Mode-S 데이터 비교

- 홍콩은 2013년에 ADS-B가 장착된 헬리콥터를 포함한 저고도 항공기에 대한 감시 기능을 제공하기 위해 홍콩 내 8개 장소의 ADS-B 지상국으로 구성된 저고도 관측망을 구축하여 시험 비행 및 운영을 수행하였으며 이를 통해 ATC 및 조종사에게 감시 상황 정보 및 기상정보의 제공과 저고도 항공기에 대한

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

검색 및 구조를 지원하는데 활용하고 있음



그림 22. 홍콩의 8개 ADS-B 지상국

(출처: SURVEILLANCE ON LOW-FLYING AIRCRAFT USING ADS-B)

2. 국내외 공항/공역기상예보 기술 현황

2.1. 공항용 초단기/초해상도 수치모델 기술 현황

□ 국내 현황

○ 기상청은 슈퍼컴퓨터를 이용하여 단기 및 주간예보를 위해 20 여종의 수치예보모델을 하루 약 100회 이상 현업 운영하고 있으며, 그 외에도 장기예측, 기후변화 관련 모델들과 연구개발을 위한 다양한 수치예보모델들이 운영되고 있음

- 단기 및 주간예보를 위한 수치예보모델은 전지구 예보모델, 국지모델, 응용 및 통계모델 등으로 구분되며, 전지구 예보모델은 이중 가장 기본이 되는 모델로서 특정한 경계가 없이 지구 전체를 대상으로 예측을 수행함
- 특정한 지역을 대상으로 하는 모델은 전지구 모델로부터 지역 경계조건을 받아서 수행되며, 한반도 영역의 위험기상을 예측하는 국지예보모델이 있음
- 중기예보와 위험기상 예측을 위해 전지구 앙상블과 국지 앙상블을 운영하고 있고, 파랑, 폭풍해일, 황사, 연무를 예측하는 다양한 응용 및 통계모델도 운영하고 있음



그림 23. 기상청 수치예보 모델의 종류

표 12. 기상청 수치예보모델 운영현황(2019년 기준)

| | 모델/구분 | 수평 분해능 (연직층수) | 운영 횟수/일 | 예측 시간 | 목적 |
|------------|-------------------------|---------------|---------|-----------|-----------------------|
| 전지구 (GDPS) | 전지구예보시스템 (UM N1280 L70) | 10km (70층) | 4회 | 12일, 87시간 | 전지구 날씨 예측, 동네예보, 중기예보 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | | | | |
|--------------------|--|-------------------------|----------|-----------|--|
| 국지 (LDPS) | 국지예보시스템 (UM 1.5km L70) | 1.5km (70층) | 4회 | 48시간 | 한반도 날씨 예측 |
| 파랑 | 전지구 파랑모델 (GWW3) | 약 55km | 2회 | 12일 | 대상:전지구 해상파랑 용도:동네·중기 해상예보 |
| | 지역 파랑모델 (RWW3) | 약 8km | 2회 | 120 시간 | 대상:동아시아 해상파랑 용도:동내 해상예보 |
| | 국지연안 파랑모델 (CWW3) | 약 1km (지방청 관할 해역) | 2회 | 72시간 | 대상:대전청, 광주청, 부산청,강원청, 제주청 용도:동내·국지연안 해상예보 |
| | 양상블 지역파랑모델 (EWW3) | 약 8km | 2회 | 87시간 | 대상:아시아 해상파랑 용도:해상 동네예보 |
| 폭풍 해일 | 지역폭풍해일모델 (RTSM) | 약 8km | 2회 | 120 시간 | 용도: 동아시아 폭풍해일 |
| | 국지연안폭풍해일 모델(CTSM) | 약 1km (지방청 관할 해역) | 2회 | 72시간 | 대상:대전청, 광주청, 부산청,강원청, 제주청 용도:국지연안 폭풍해일 |
| 황사 /연무 | 황사모델 (ADAM2) | 25km (47층) | 4회 | 72시간 | 용도:황사 수송 예측 |
| | 황사연무통합예측모 델 (ADAM3) | 25km (49층) | 4회 | 72시간 | 용도:연무 예측 |
| 양상블 (EPSG) | 전지구 양상블예측시스템 (EPSG UM N400 L70 M49) | 32km (70층) | 2회 | 12일 | 대상:전지구 날씨 예측 용도:주간 예보 |
| 국지 확률 (LENS) | 국지 확률예측시스템 (LENS UM 2.2km L70 M13) | 2.2km (70층) | 2회 | 72시간 | 대상:한반도 날씨 예측 용도:위험기상 예측 |
| 초단기 | 초단기 배경예측(KLBG) | 5km(40층) | 4회 | 36시간 | 대상:동아시아 영역 용도:초단기예보모델의 배경장 생성 |
| | 초단기 분석 (KL05) | 5km(22층) | 144 회 | - | 대상:한반도 영역 용도:3차원 분석/예측 생산 |
| | 초단기 예측 (KLFS) | 5km(40층) | 144 회 | 12시간 | |
| | 초단기예보시스템 (VDPS) (UM 1.5km L70) | 1.5km (70층) | 24회 | 12시간 | 용도:한반도 날씨 예측 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 공항 예보 현업 지원을 위해 기상청 현업 통합 모델기반의 300m 해상도를 갖는 공항 국지기상 예측시스템(AWPS, Airport Weather Prediction System)은 기상청 현업 전지구 예보모델(Global Data Assimilation Prediction System, GDAPS)의 분석장을 초기장으로 사용하고 있으며, 총 4개의 제한지역모델(Limited Area Model, LAM)은 4.4km, 1.5km, 500m, 300m 해상도로 구성되어 1 ~ 15시간 예측자료를 생산하고 있음
 - 공항국지 기상시스템은 현재 70개층의 모델면 예보변수 4종, 단일면의 예보변수 12종, 공항 상세 바람 예보변수 4종, 그리고 단일면 안정도 예보변수 3종 등 총 23개의 변수를 생산하고 있으며, 주로 바람관련 변수들이 생산됨
 - 모델면 3차원 변수에는 1시간 간격의 u, v, w 성분과 기온 예측자료가 포함되어 있고, 10 m 바람 성분과 1.5m 기온을 포함한 단일면 예보변수들이 생산됨

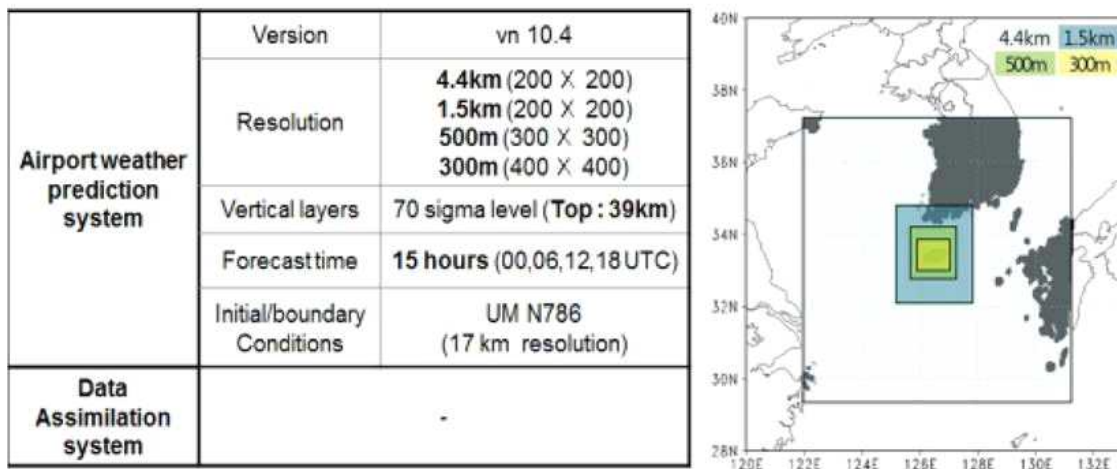


그림 24. AWPS 모델 및 도메인

(출처: 응용기상기술 지원 및 활용 연구 - 항공기상 지원 기술개발, 2017(국립기상과학원))

- 국지분석 시스템과 중규모 모델을 결합한 초단기 기상분석 및 예측시스템(KLAPS, Korea Local Analysis and Prediction System)인 초단기 예측(KLFS, KLAPS Forecast System)은 한반도 영역을 대상으로 40개 층으로 구성되어 3차원 예측자료를 생산하며, 주로 한반도 영역의 3차원 분석·예측에 이용되고 있음
 - 빠른 갱신주기로 초단기 강수예측시스템을 운영하며, 5km 공간분해능과 10분 간격, 12시간 예측을 수행함
 - 위성·레이더·낙뢰·운고계·항공기상관측 등을 자료동화에 적용하고 있으나 공항 저시정·난류 등 국지 현상 모의에는 모델 해상도 한계가 여전히 존재함

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보 시스템은 영국기상청에서 생산한 규모 상세화 패키지(United Kingdom Post Processing, UKPP)를 활용하여 기상청 국지예보모델(LDAPS) 예측 결과를 상세화하는 체계(Korea Meteorological Administration Post Processing, KMAPP)로 구축되었음
 - 100m 수평해상도의 평창지역에 대한 36시간 예측정보(1시간 간격)를 일 4회(00/06/12/18 UTC) 생산하였으며, 시스템의 수행시간은 1.5km 해상도의 국지예보모델(LDAPS)의 자료생산 완료 이후 약 1시간 30분 정도임
 - LDAPS 예측정보를 입력하여 DNSC(Downscaling) 과정을 거쳐 100m 해상도의 격자(60×90)의 예측정보를 생산하고, 이를 기반으로 지점특화 가이드스(Site-Specific Processing System, SSPS) 과정을 통해 설상 경기장 28개의 지점특화 정보를 생산하며, KMAPP_DNN(KMAPP Dep Neural Network)을 이용하여 편의보정(bias corection)된 기온과 풍속을 추가로 생산함
 - 평창지역을 중심으로 100m 수평 해상도의 기온, 풍속, 습도, 시정, 하향단파복사의 공간 예측장과 지점특화 예측정보를 제공하여 2018년 평창동계올림픽패럴림픽의 성공적인 예보지원을 한 바 있음

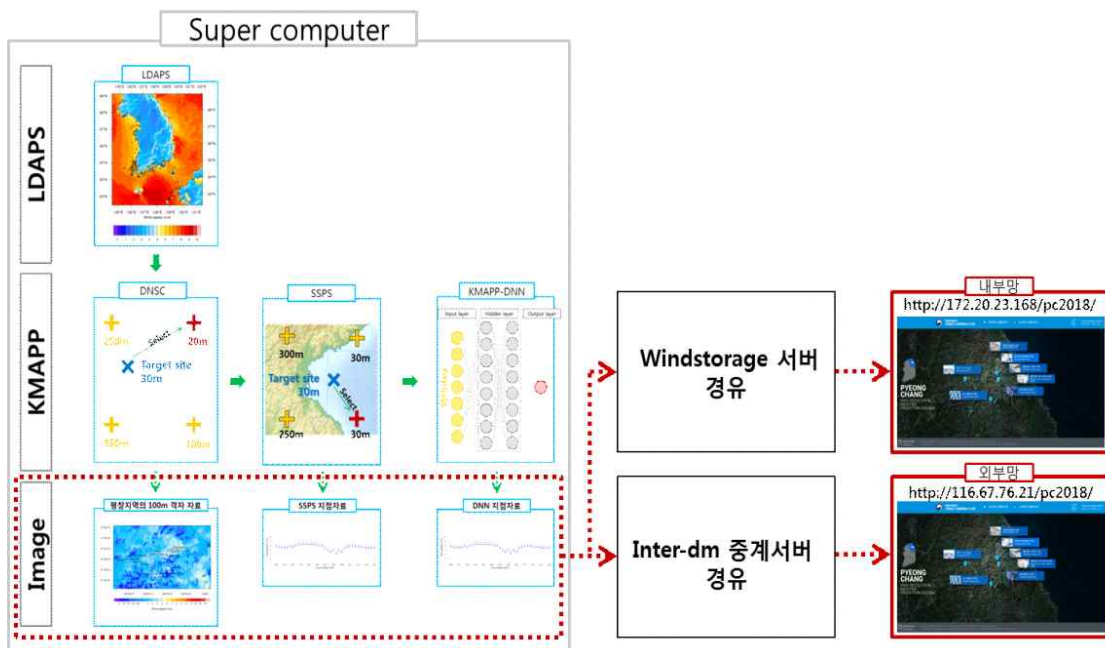


그림 25. 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보시스템의 흐름도
(출처: 2018 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보 시스템 운영 기술 보고서, 2018 (국립기상과학원))

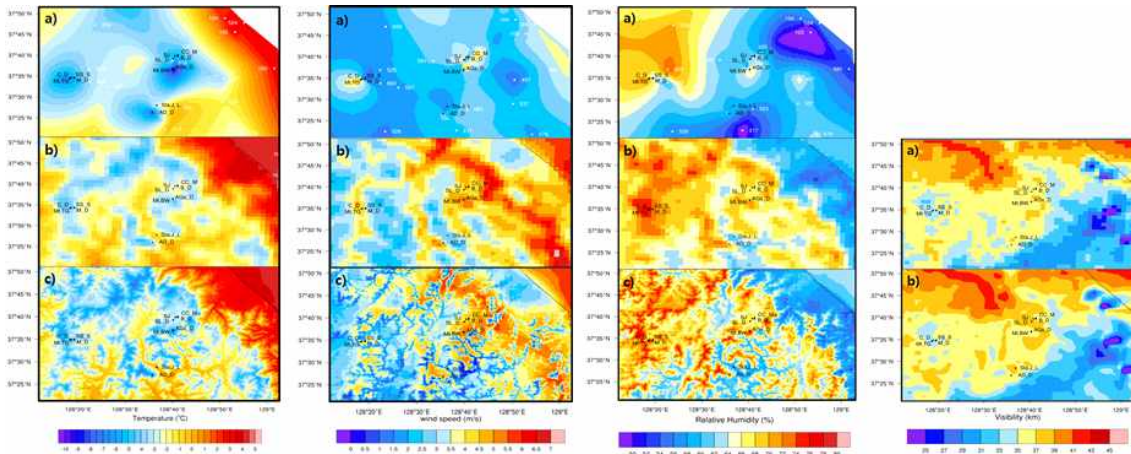


그림 26. 평균 기온/풍속/습도 공간장과 평균 시정 공간장 비교

평균 기온/풍속/습도 : a-관측자료, b-LDAPS, c-KMAP

평균 시정 : a-LDAPS, b-KMAP

(출처: 2018 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보 시스템 운영기술 보고서, 2018 (국립기상과학원))

□ 국외 현황

○ 미국 기상청은 슈퍼컴퓨터를 이용하여 단기 및 주간예보를 위해 20 여종의 수치예보모델을 하루 약 100회 이상 현업 운영하고 있으며, 그 외에도 장기예측, 기후변화 관련 모델들과 연구개발을 위한 다양한 수치예보모델들이 운영되고 있음

- 단기 및 주간 예보를 위한 수치예보 모델은 전지구모델, 국지모델, 응용 및 통계모델 등으로 구분되며, 전지구모델은 이중 가장 기본이 되는 모델로서 특정한 경계가 없이 지구 전체를 대상으로 예측을 수행함

○ HRRR(High-Resolution Rapid Refresh)

- 2012년, NOAA는 보다 정확한 항공 날씨를 지원하기 위해 시간 단위로 업데이트되면서 13km의 수평 해상도와 51개의 수직 레벨을 가지고 있는 차세대 자료동화 및 모델 예측주기인 RAP(Rapid Refresh)를 도입하였음
- 2014년 9월부터 NOAA NCEP에서 운영되어온 HRRR(High Resolution Rapid Refresh)은 중규모 고해상도의 시간 단위 업데이트 예보모델로서, 미대륙 전체에 대해 51개의 수직 레벨, 수평 해상도 3km의 예측정보를 제공함

※ 현재 36시간 예측 가능한 HRRRv3 버전 운영 중이며, 2020년 가을 HRRRv4로 업그레이드 예정

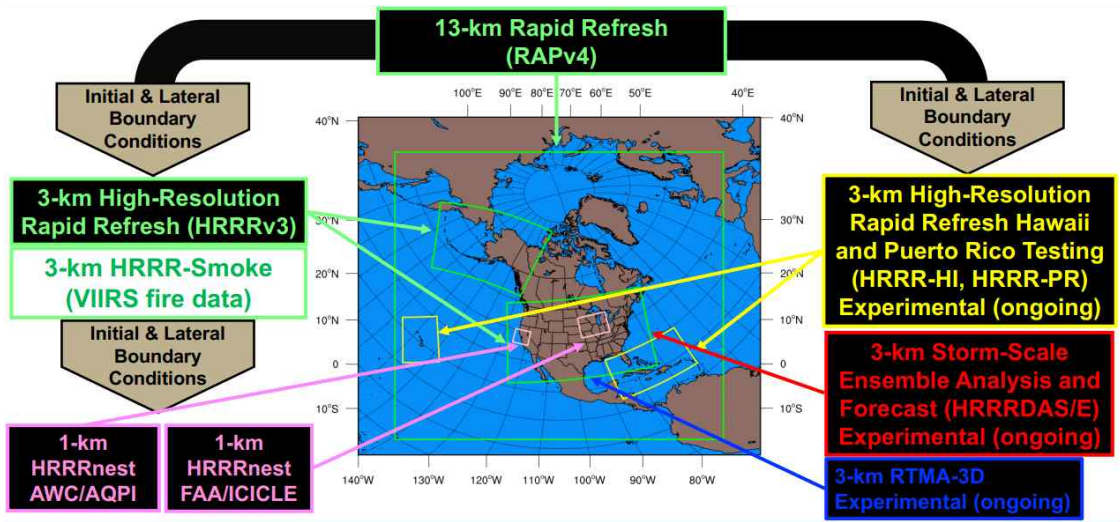


그림 27. RAP/HRRR Model Forecast Suite

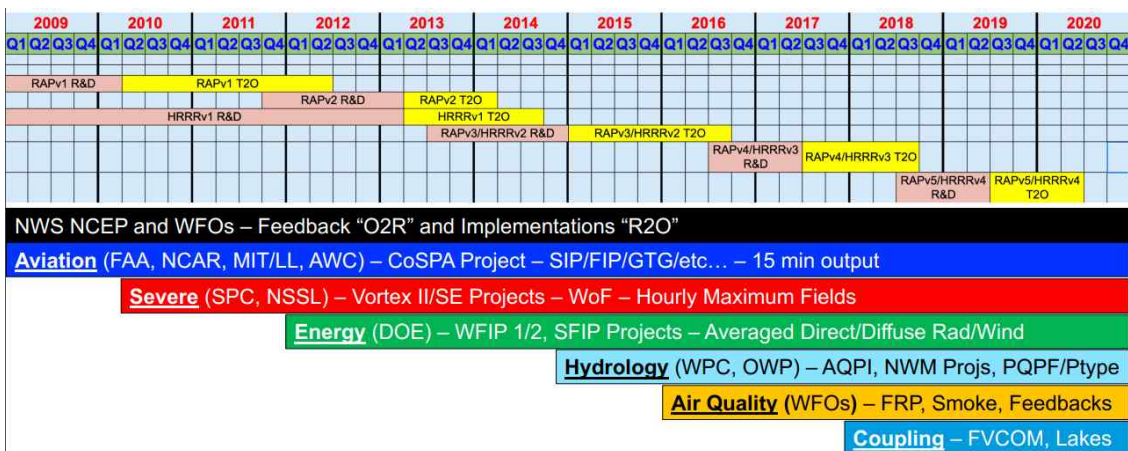


그림 28. RAP/HRRR 개발/업그레이드 일정

○ AROME Airport

- SESAR(Single European Sky ATM Research) 프로젝트의 일환으로 신속하게 업데이트되는 고해상도 예보의 제공을 목적으로 개발되었으며 AROME NWC를 기반으로 하며, 매 시간마다 5시간 예보를 제공함
- 2.5km의 해상도와 60개의 수직 레벨, 60초 시간 단계로 600km × 600km의 프랑스 북부 대부분을 커버하는 운영모델(4회/일)과 공항 주위 약 100km x 100km 면적에 대하여 500m 해상도, 113개의 수직 레벨 및 20초의 시간 단계의 예측이 가능한 고해상도 모델로 구성됨

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 첫 번째와 두 번째 예측시간 사이에는 매5분마다 출력이 있고, 두 번째 예측 시간부터는 매시간 출력이 제공됨
- 운영 조건에서 AROME Airport는 15분의 cutoff time으로 시작하여 데이터 동화에 추가 관측치를 사용하기에 충분한 시간을 남겨두고, 셧오프 시간 후 45분 이내에 모든 예측자료를 이용할 수 있으며, 각 시간에 대한 AROME Airport 전체 운영은 초기 시간 이후 1시간 뒤에 이용할 수 있음(예를 들어, 13:00 UTC에 실행된 예측은 14:00 UTC에서 이용 가능)

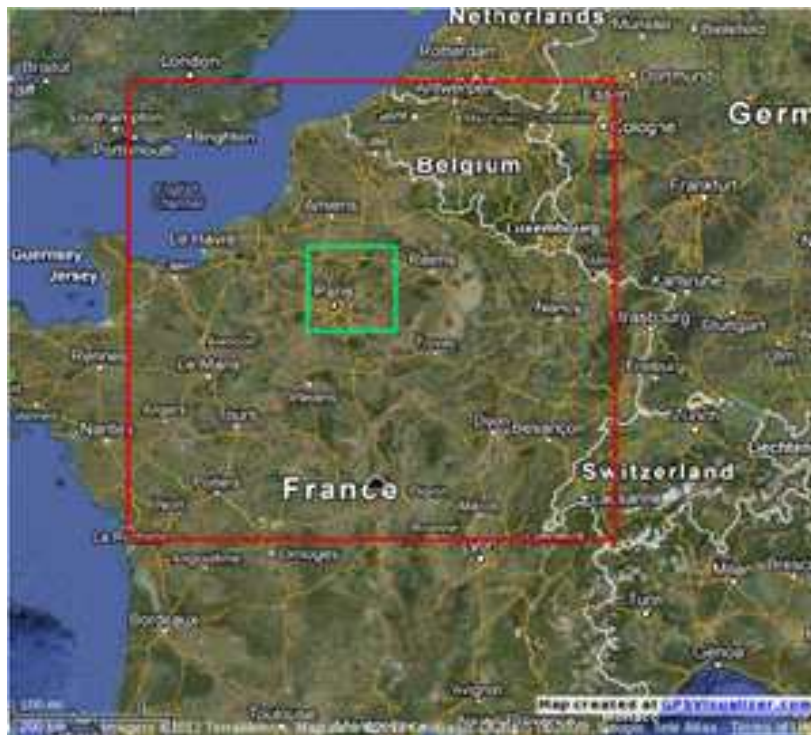


그림 29. AROME 모델 적용 영역
(적색 : 2.5km 수평 해상도, 녹색 : 500m 수평 해상도)

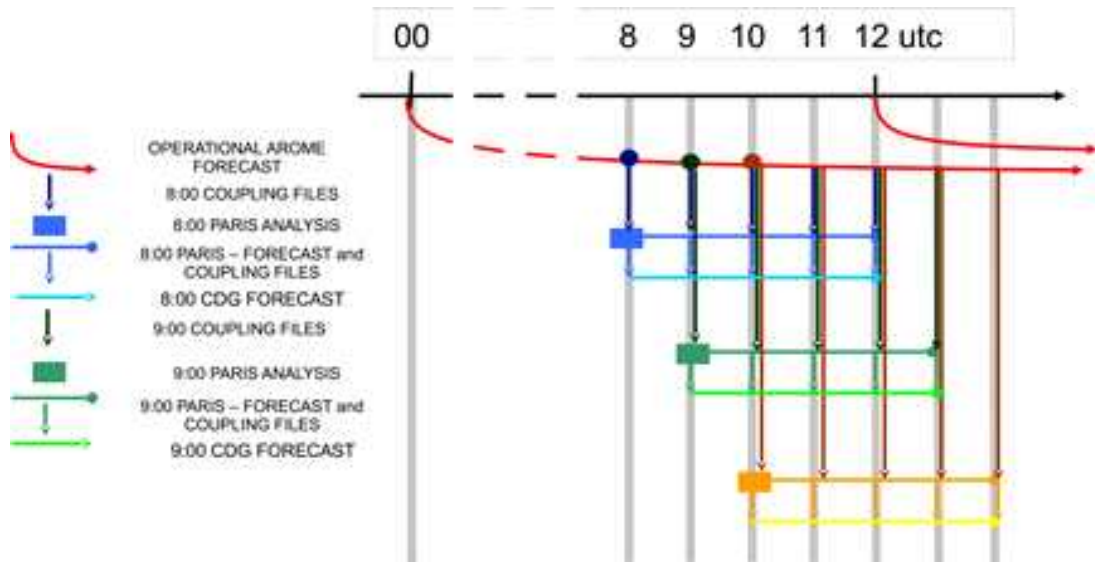


그림 30. AROME Airport 시스템의 개략도 및 상호작용 방식

(출처: Nowcasting with the AROME Model: First Results from High-Resolution AROME Airport, 2014)

○ AVM(Aviation Model)

- 홍콩국제공항(HKIA, Hong Kong International Airport)의 미세한 단기 기상 예측을 위해 홍콩천문대(HKO, Hong Kong Observatory)에 의해 WRF(Weather Research and Forecasting) 모델을 서브 킬로미터 해상도로 구현한 모델임
- AVM은 두 개의 단일중첩 도메인으로 600m 수평 해상도에서 AVM-PRD 도메인 및 200m 수평 해상도에서 AVM-HKA 도메인으로 구성되어 있으며, 매시간 업데이트되어 HKIA에 대한 6~9시간의 단기 예측을 제공
 - ※ AVM-PRD 도메인 : 홍콩, 중국 및 그 바로 근처의 전체 영토를 포함한 약 350km × 350km(수평 그리드 포인트 581 × 581) 범위 예측
 - ※ AVM-HKA 도메인 : HKIA를 주위로 약 50km × 50km (수평 그리드 포인트 253 × 253개) 범위 예측
- 각 모델 실행은 사전 처리, 데이터 동화, 모델 통합 및 후처리 루틴을 포함한 60분 이내에 완료되며, 약 15분 이후에 HKIA 항공기상예보관이 사용할 수 있음
 - ※ 정상 데이터 cutoff time은 00:00 UTC 모델 실행의 경우 데이터 동화 작업을 수행하기 전에 00:00 UTC에서 유효한 모든 가용 관측치를 수집하기 위해 00:15 UTC까지 대기

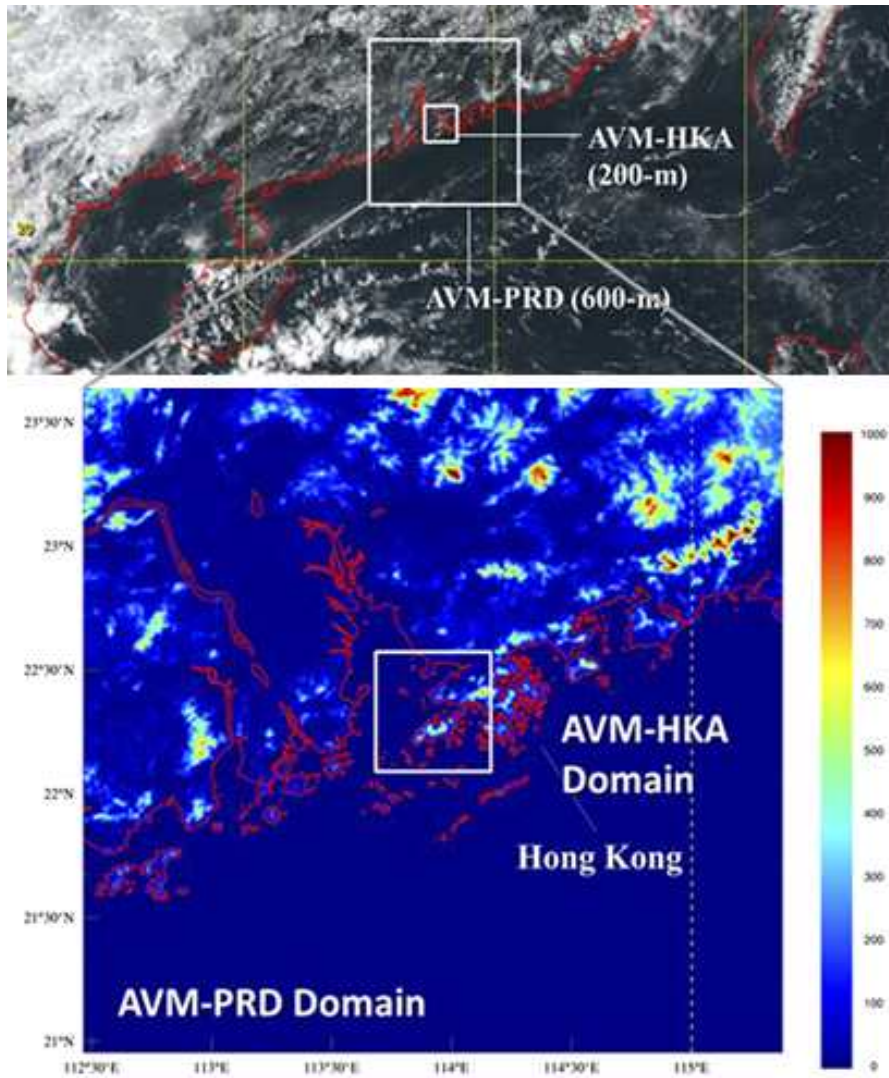


그림 31. 홍콩국제공항의 AVM-PRD와 AVM-HKA 도메인
 (출처: Predicting Low-Level Wind Shear Using 200-m-Resolution NWP at the Hong Kong International Airport, 2020)

- 항공예보 통계시스템(LAMP, Localized Aviation MOS Program)
 - 미국 기상청은 항공기상예보의 특성을 감안한 고품질의 항공기상정보 제공을 위해 관측자료, MOS(Model Output Statistics) 및 단순 모델 등을 조합한 항공예보 통계시스템 개념을 도출하였고, 현재 지점(스테이션)별 격자형(2.5Km) 가이드언스를 제공하고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 13. LAMP 산출물(지점(스테이션), 격자형) 리스트

| Station-based products | Gridded products |
|--|--|
| 2-meter temperature | Convection forecast guidance |
| 2-meter dewpoint | Lightning forecast guidance |
| 10-m Wind speed, direction, and gusts | 2-meter temperature observations and the associated error estimations |
| Probability of precipitation (on hr) | 2-meter dewpoint temperature observations and the associated error estimations |
| Probability of measurable precipitation (6-h and 12-h) | Ceiling height observations |
| Precipitation type | Visibility observations |
| Precipitation characteristics | 2-meter temperature forecast guidance |
| Lightning | 2-meter dewpoint temperature forecast guidance |
| Convection | Ceiling height forecast guidance |
| Ceiling height | Visibility forecast guidance |
| Conditional ceiling height | Opaque sky cover observations |
| Opaque sky cover | 10-meter wind speed / direction observations |
| Visibility | Opaque sky cover forecast guidance |
| Conditional visibility | 10-meter wind speed/direction forecast guidance |
| Obstruction to vision | |

- MOS는 과거 수치 모델데이터와 관측 데이터의 관계를 통한 관계식을 산출하여 모델 예측데이터에 적용하는 방법으로서, LAMP는 MOS 가이드언스에 대한 업데이트 역할과 관측치와 MOS 예측 사이의 간격을 조정함
- ※ 예측 시간이 짧을수록 관측 데이터의 영향을 많이 받게 되고, 예측 시간이 길어질수록 모델 결과의 영향을 크게 받게 됨
- LAMP는 1시간(h)에서 최대 25시간(h)까지로 예측 범위를 가지며 매시 30분에 실행됨(ceiling과 visibility는 15분마다 실행)
- 2021년 1월에 2.3버전으로 기존 요소들을 업데이트하고 HRRR/RAP 데이터를 포함한 25시간에서 최대 38시간까지 확대하여 30시간의 예측 범위를 갖는 공항예보(TAF: Terminal Aerodrome Forecasts)의 생산에 적용 예정

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

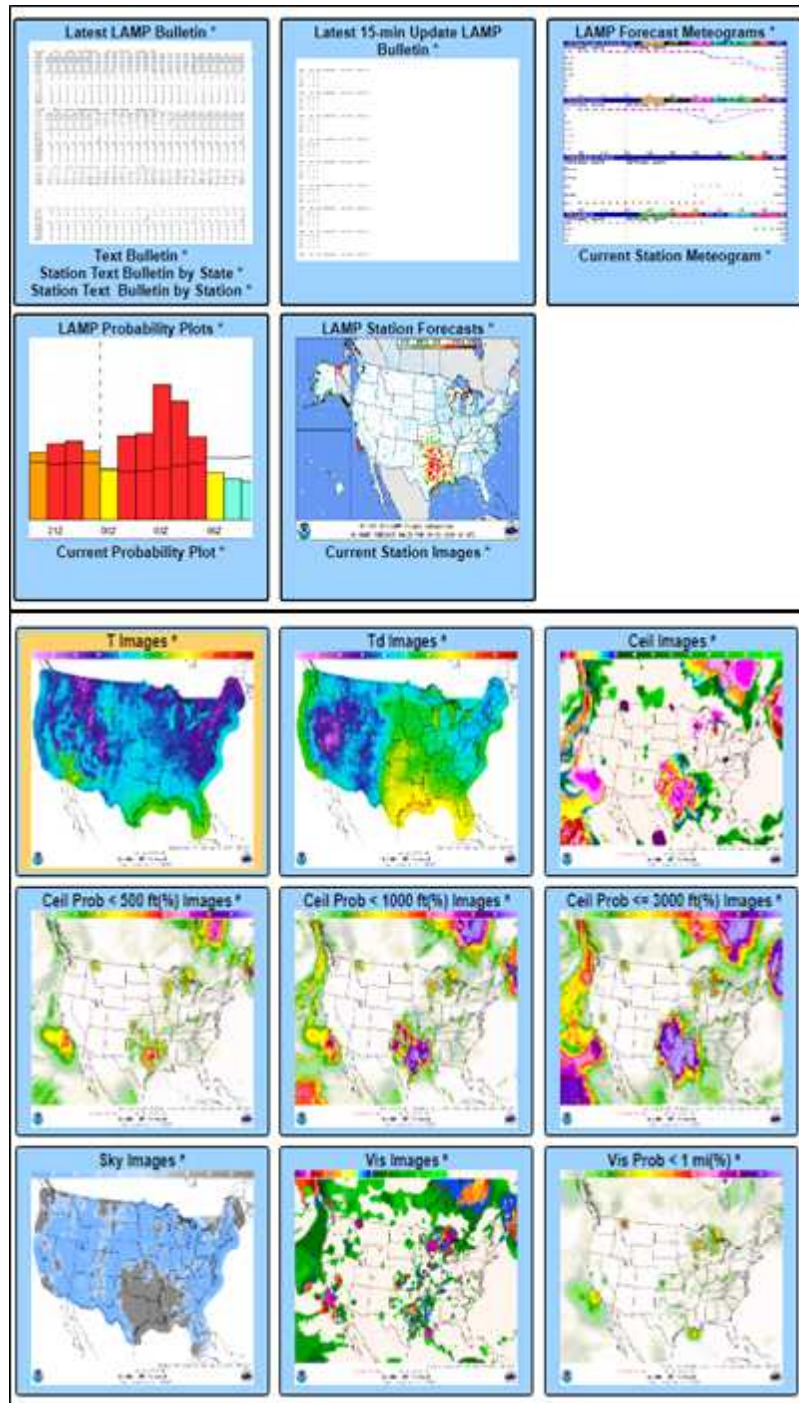


그림 32. LAMP 산출물 예시
(위 : 스테이션(지점) 기반, 아래: 격자형)

2.2. 확률론적 예측 및 성능 향상 기술 동향

□ 국내 현황

○ 국지 앙상블모델(Limited area ENsemble System, LENS)

- 영국 기상청에서 개발된 통합모델을 기반으로 하는 시스템으로 규모축소 재구성을 통하여 전지구 확률(앙상블) 예측시스템으로부터 초기 섭동장과 경계 자료를 제공 받아 1일 2회(00/12 UTC) 예측 자료 산출
- 예측자료는 한반도 주변에 대해 3Km 해상도, 동서 460개, 남북 482개의 격자로 구성되어 있으며, 기준멤버(0)와 12개의 섭동멤버 등 총 13개의 앙상블 멤버들에 대해 72시간 확률 예측을 수행

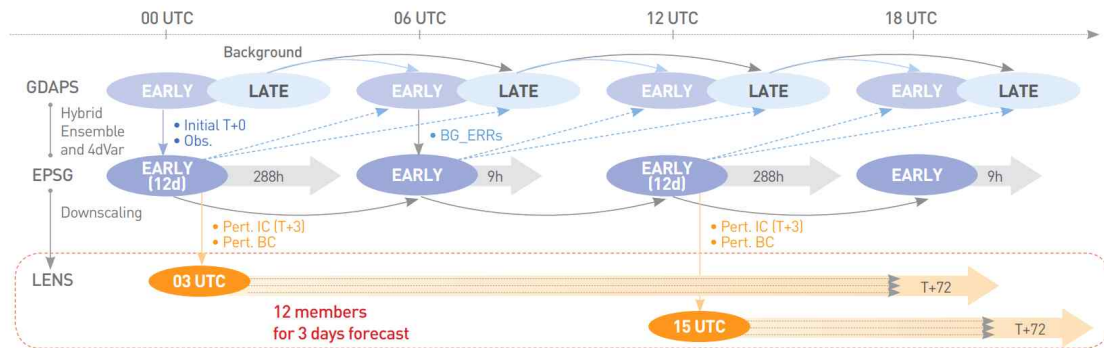


그림 33. 국지규모 앙상블 예측시스템(LENS) 흐름도

(출처: 위험기상 발생확률 정보 지원을 위한 한반도 고해상도 앙상블예측시스템 운영, 2015, 기상청)

- 기상청 고해상도 국지 앙상블 예측시스템 구축 및 성능 검증(2015), 항공기상 지원과 관련된 기반연구로 기상청 국지규모 확률예측시스템 현업 운영 현황 및 개선(2016)과 국지 앙상블 예측시스템을 기반으로 제주국제공항 주변 대기 하층의 윈드시어 및 청천난류 지수에 대한 확률예측 자료 생산(2017, 항공기상 지원기술개발) 등의 연구가 수행되었음
- 항공난류 예측시스템(G-KTG, Global Korean aviation Turbulence Guidance system)
 - 날씨 예보에 현업으로 이용 중인 전지구 일기예보모형을 이용하여 예측성 좋은 한국형 전지구 항공난류 예측시스템을 개발하고자 하는 연구로 2018년도부터 현재까지 G-KTG의 검증 및 확률예보시스템(P-G-KTG) 개발을 수행하고 있음
 - G-KTG 시스템은 기상청의 현업 전지구 일기예보모형에서 나온 기상변수들을 이용하여 이전 연구들에서 개발된 여러 난류 진단지수들을

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

계산하고, 이것들을 하나로 결합하는 방식으로 난류 발생 잠재 영역을 예측하도록 개발되었으며, 개발된 시스템의 난류 예측성을 미국 기상연구소의 EDR 관측자료를 이용하여 평가한 결과 주요 항행 고도에서 82%의 높은 난류 예측성을 보였음

- G-KTG 시스템은 향후 기상청 슈퍼컴퓨터에 설치되어, 항공기상청의 현업 난류 예보에 활용될 것이며, 항공난류로 인한 다양한 인적, 물적 피해를 최소화할 수 있을 것으로 전망됨

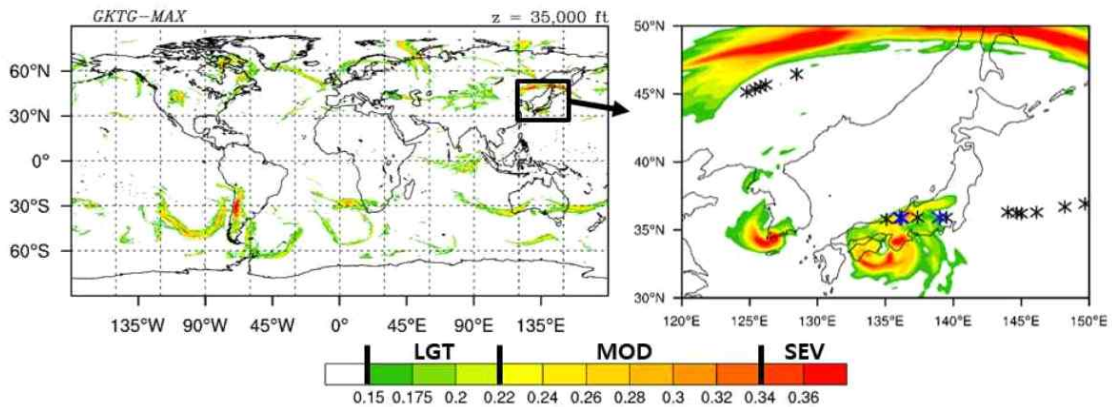


그림 34. G-KTG 난류 예측장 및 난류 관측자료 비교

○ 기상 & 인공지능 융합

- 국내 인공지능 시장은 2013년 총 3.6조원 규모에서 2020년 11.1조원 규모로 급성장하고 있으나 연구개발 투자 규모는 선진국 대비 열악한 수준임에도 연평균 20.1%의 고성장이 예측됨

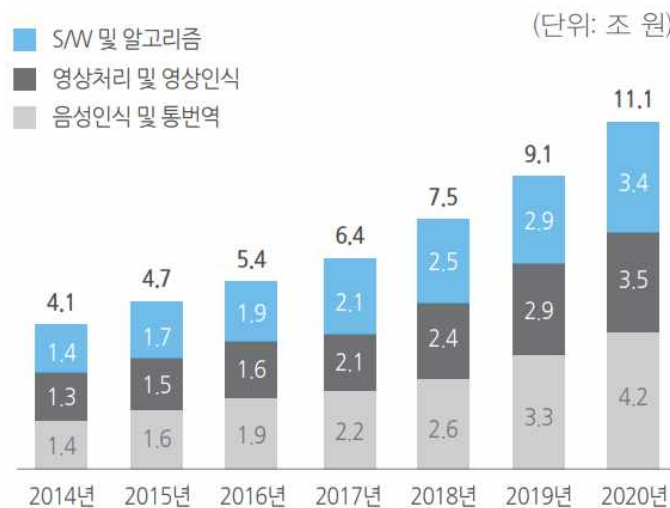


그림 35. 인공지능 국내시장 규모
(출처:미래창조과학부, 2016년)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 인공지능 활용의 대표적인 사례는 주로 의료 및 헬스케어, 제조, 물류, 마케팅, 자율주행, 음성인식 등이며 기상 분야에서는 기상청이 부족한 인공지능 전문인력 양성을 위해 전문기술 자문 및 관련 연구에 관한 협업방안을 수립하고 있음
- 한국과학기술정보연구원은 단기재난예측 연구과제로 강우량과 태풍진로 예측 딥러닝 모델을 개발하고 있으며, 현재 개발된 기술은 기존에 비해 약 20% 정도 예측 정확도가 개선되었음이 보고되었음
- KISTI에서는 레이더 데이터로부터 1시간에서 2시간 사이에 내릴 강우량을 예측하기 위해 LSTM 기법을 활용하여 비의 양을 예측하는 연구를 수행하였으며 기존 Linear Regression 대비 최대 23%의 오차율을 줄이는 성능을 보임
- 해양수산부 국립해양조사원은 인공지능을 활용해 해무 발생 확률을 예측하는 기술을 개발하여 해무정보 제공 서비스를 제공하고 있음
- 안양대학교와 서울대학교에서는 인공지능을 활용한 미세먼지 단기예측 도구 개발사업을 통해서 인공지능 기술이 가능함을 검증하였고 학습변수에 시/공간적 특징을 반영하면 성능이 향상됨을 확인
- 기상청은 2019년 7월 기상 빅데이터와 차세대 인공지능 기술을 융합한 인공지능(AI) 기상예보 보좌관 ‘알파웨더’를 개발을 시작하였으며, 알파웨더(Alpha Weather)는 차세대 인공지능 기술을 적용하여 예보관의 예보생산과정을 학습한 후 시간당 100GB(약 15만 개)의 데이터를 활용·분석하여 예보관이 신속하고 정확한 예보정보를 생산할 수 있도록 지원하는 인공지능 프로그램으로 2019년부터 2027년까지 3단계의 과정을 거쳐 개발 예정임
- 알파웨더는 국립기상과학원에 벤처형 조직으로 인공지능예보연구팀을 신설하여 예보관이 객관적 의사결정을 신속하고 정확히 할 수 있도록 매일 2.2TB 이상씩 증가하고 있는 기상데이터를 지능적으로 통합하고 정밀 분석하기 위해 개발

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

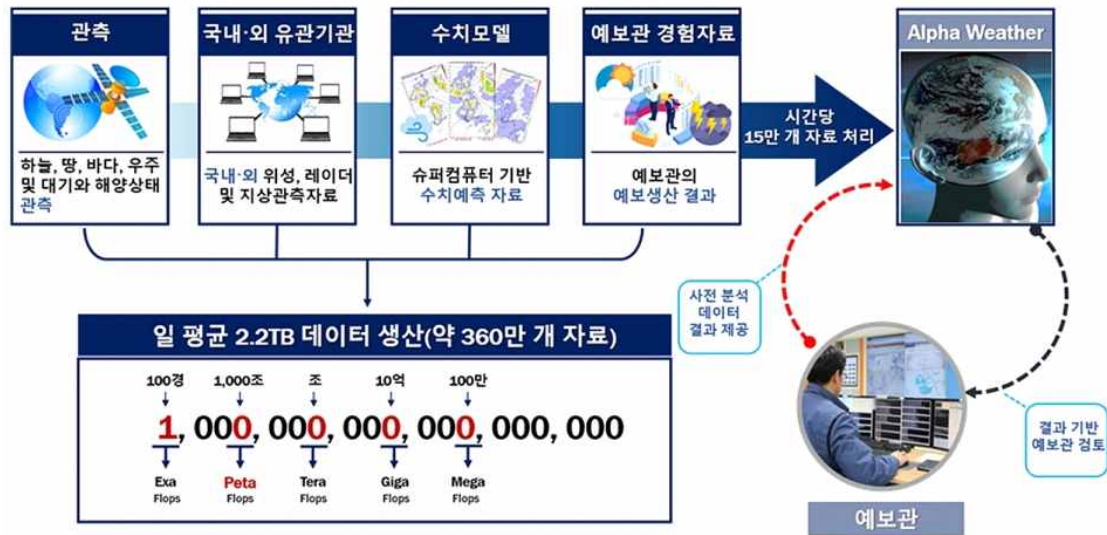


그림 36. 국립기상과학원 알파웨더

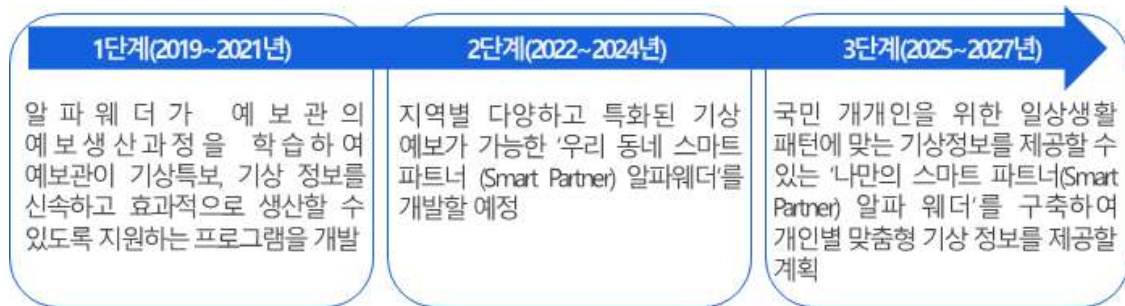


그림 37. 국립기상과학원 알파웨더 개발 3단계 계획

□ 국외 현황

○ HRRRE(WRF-based High-Resolution Rapid Refresh Ensemble)

- 실험적인 대류성 앙상블(convection-allowing ensemble) 분석 및 예측시스템으로, 앙상블 기반의 다중 스케일 데이터 동화를 통한 0-12시간 고해상도 예측 개선과 초기 섭동과 경계 섭동 및 확률 물리학을 통한 0-36h 앙상블 예측에서 불확실성(spread)에 초점을 맞추고 개발되고 있으며, 앙상블 분석 시스템(HRRR Data-Assimilation System, 또는 "HRRRDAS")과 앙상블 예측 시스템이라는 두 가지 요소들로 구성됨
- ESRL(Earth System Research Laboratories)/GSL(Global Systems Laboratory), NSSL(NOAA National Severe Storms Laboratory), NCEP(National Centers for Environmental Prediction) /EMC(Environmental Modeling Center)는 RRFS(Rapid Refresh Predict System)라고 불리는 단일 모델, convection-allowing, 앙상블 기반 자료동화 및 예측시스템을

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

설계하는 프로젝트를 공동으로 진행하고 있음

- NCEP 모델링 제품군의 통일과 간소화를 지원하는 동시에, 고해상도 자료동화기법과 앙상블예측 방법을 개발하는 것을 목표로 함

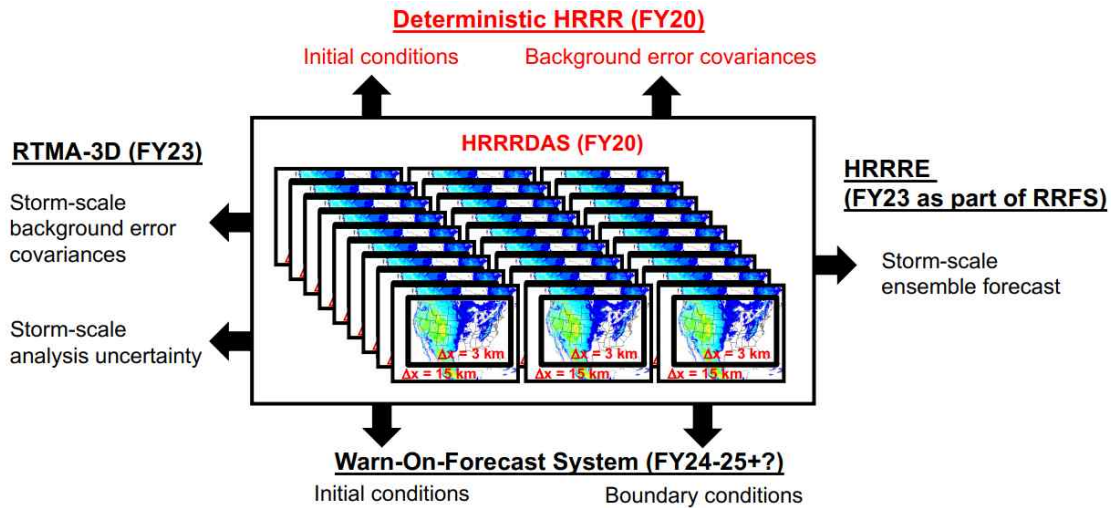


그림 38. HRRRDAS Foundation for Future Implementations

- HRRRDAS는 2020년 6월 운용 구현이 예정된 HRRRv4에서 초기 조건 (앙상블 평균)과 데이터 동화를 위한 배경 앙상블을 제공하고, HRRRDAS와 HRRRE는 대류성 폭풍에 대한 1시간 미만의 확률론적 예측 지침을 제공하는 주문형 지역 앙상블 시스템인 Warn-on-Forecast 시스템의 초기 경계 조건을 제공할 예정이다
- HRRRDAS의 초기 9개 멤버로 선택한 시간에 앙상블 예측을 수행
 - ※ 00 UTC에서 36시간 예측
 - ※ 12 UTC에서 24시간 예측
 - ※ 18 UTC부터 최대 42시간 예측
 - ※ 06 UTC에서 최대 30시간까지 예측
- 또한, 앙상블 후처리 시스템은 9개의 HRRRE 예측 멤버에 적용되어 전 시준 기상 위험 확률을 산출한다. HRRRE 확률은 한 점에서 주어진 임계값을 초과하거나 주어진 강수량을 예측하는 멤버의 비율임

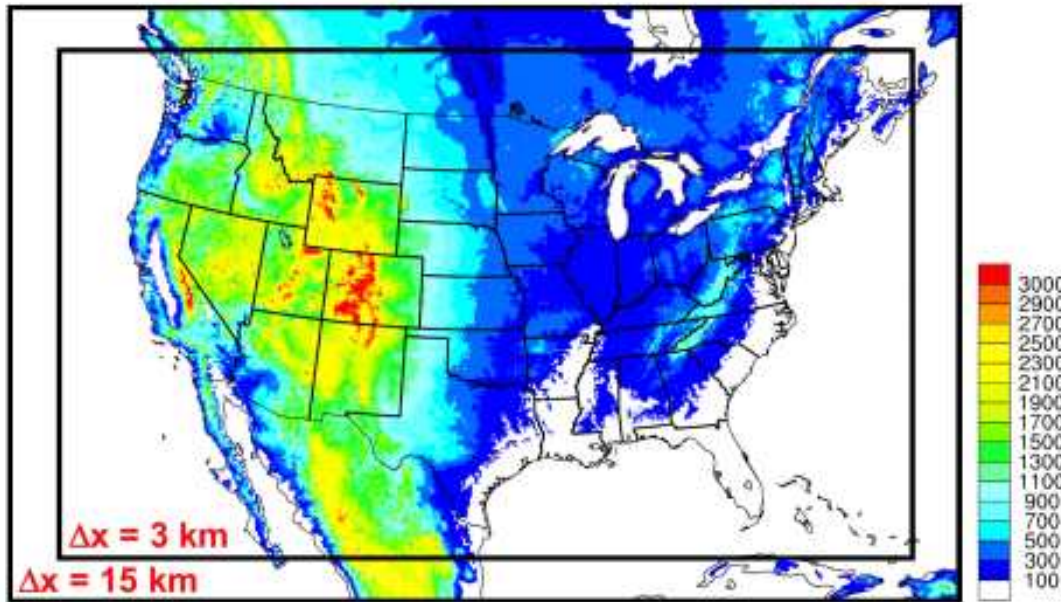


그림 39. Terrain height(m) in the HRRRE

○ LAMP/HRRR Meld

- MDL(Meteorological Development Laboratory)은 LAMP 및 HRRR(High Resolution Rapid Refresh) 모델 예측을 기반으로 격자형 확률 ceiling 및 visibility 예측 가이드를 구현으로 통계적 예측 조합을 LAMP/HRRR Meld라 함
- REEP(Regression Estimation of Event Probabilities) 기술로 개발되었으며, LAMP와 HRRR 예측을 결합한 모델조합으로 그리드 포인트에서의 예측시스템임
- 항공기상예보관을 위해 기준이 되는 확률론적이고 결정론적인 가이드를 제공함
- 전반적으로 HRRR보다 지속성으로 보면 현저하게 우수하며, LAMP 단독의 사용보다 유용한 정보를 제공하면서 LAMP와 HRRR 모두의 특성을 보여주는 것으로 평가됨
- LAMP/HRRR Meld 확률예보 격자는 결정론적예보 격자를 보완하고, 항공기상예보 상황 인식을 향상시키며, 항공 커뮤니티의 리스크 관리를 향상시킬 수 있을 것으로 평가됨

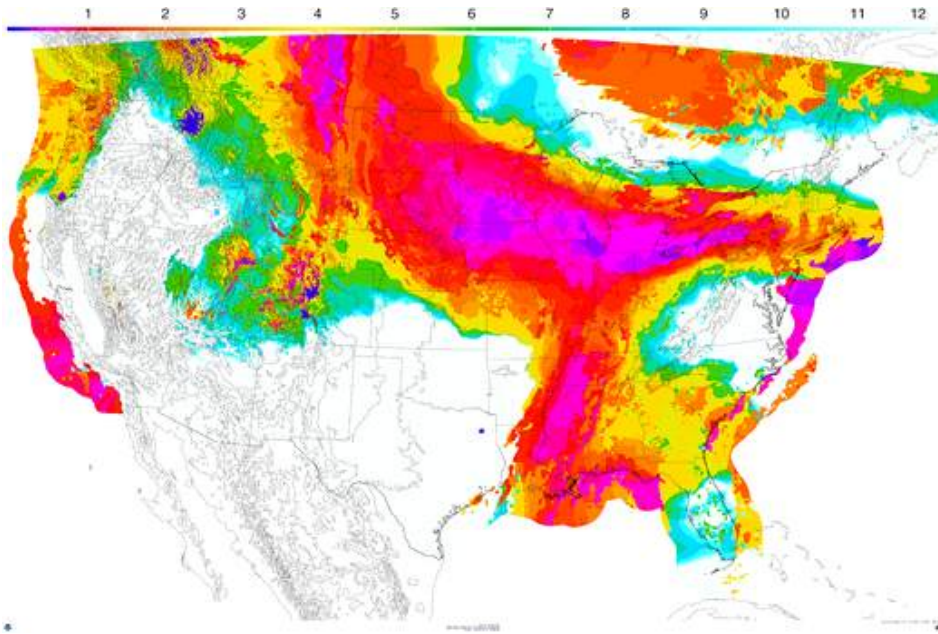


그림 40. LAMP/HRRR MELD 운저고도 예측
(2013.04.11. 12:00 UTC 7시간 예측)
(출처: A LAMP-HRRR MELD for Improved Aviation Guidance, 2017)

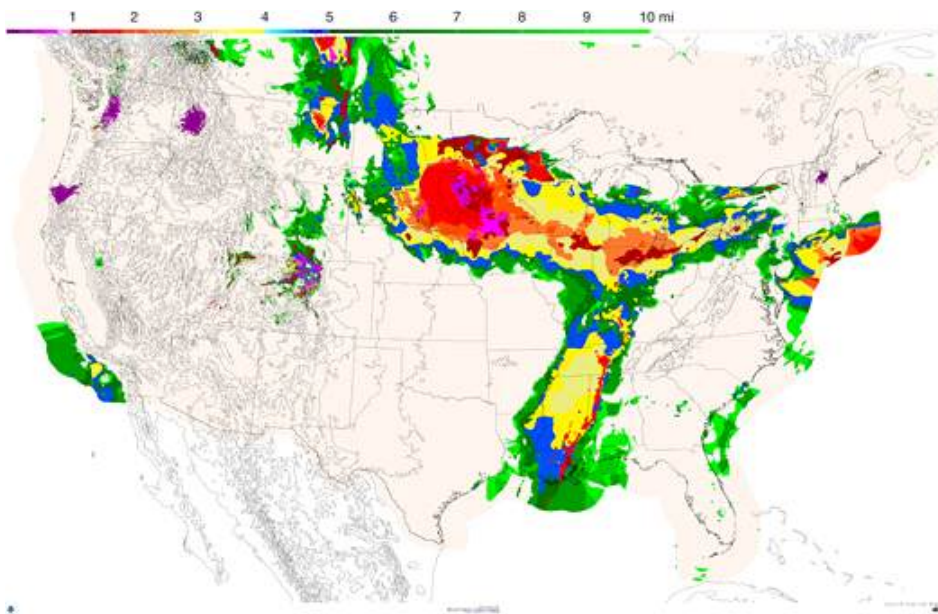


그림 41. LAMP/HRRR MELD 시정 예측
(2013.04.11. 12:00 UTC 7시간 예측)
(출처: A LAMP-HRRR MELD for Improved Aviation Guidance, 2017)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ NBM(National Blend of Models)

- NWS(National Weather Service)와 그 외 수치모델 및 후처리된 모델을 블렌딩한 산출물로서, 국가적으로 일관되고 숙련된 예측 가이드언스를 제공하기 위해 개발되었음
- 2016년 V1.0이 개발되었고, 현재 V4.0까지 업그레이드된 상태임

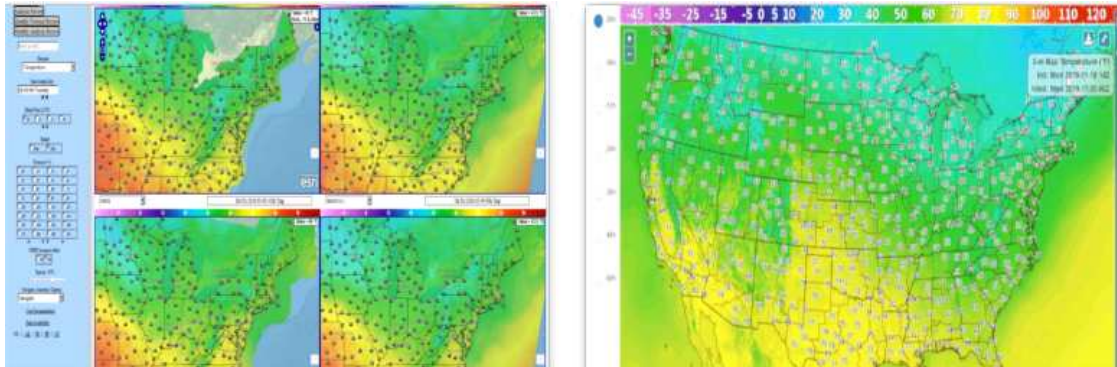


그림 42. NBN image View와 NBM Forecast viewer 예시

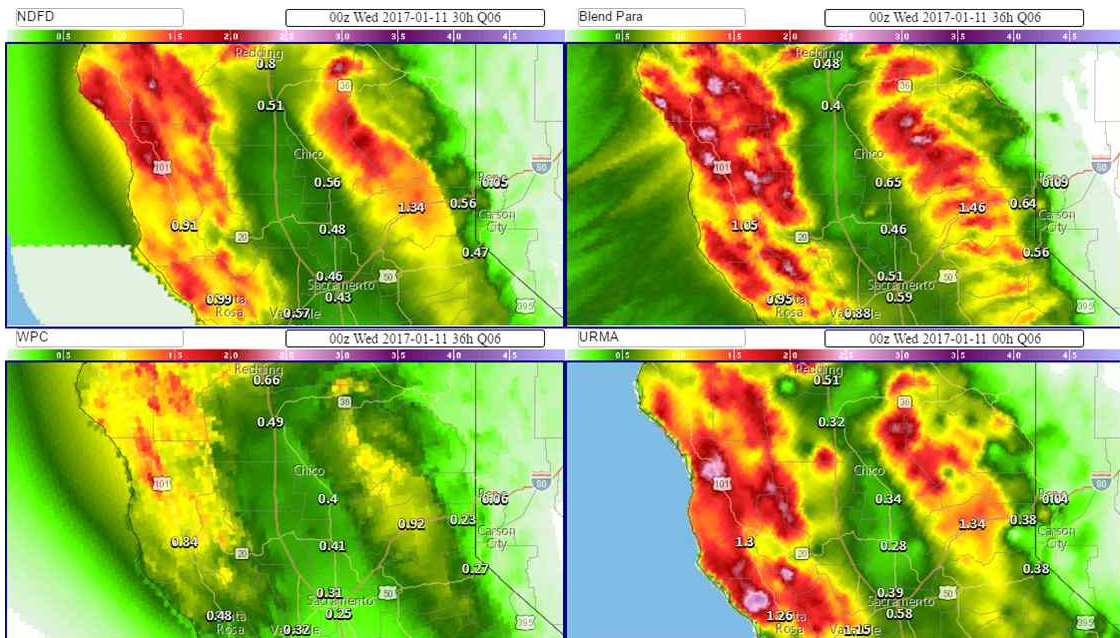


그림 43. NBM 정량적 강수량 예측(Blend 36시간 예보) 성능 예시
(왼쪽 위: NDFD, 오른쪽 위: NBM, 왼쪽 아래: WPC, 오른쪽 아래: URMA 관측)

○ GTG(GRAPHICAL TURBULENCE GUIDANCE)

- 수치예보모델 예측을 이용하여 난류 진단지수를 산출하는 시스템임
- 조합에 대한 상대 가중치는 가장 최근 사용 가능한 난류관측(EDR 및

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

PIREP)과 일치하도록 최적화되며, 알고리즘은 개별 진단지수 성능 및 임계값의 불확실성으로 인한 예측 오류를 최소화하도록 개발되었음

- 난류 예측을 PIREP 및 EDR과 비교하여 확률을 결정하는 엄격한 통계적 기법을 통해 개별 진단의 성능을 비교하고 다양한 진단 임계값 및 가중치를 테스트할 수 있음

GTG - Combined CAT+MTW at FL330

02 hr forecast valid 1800 UTC Tue 17 Jul 2018

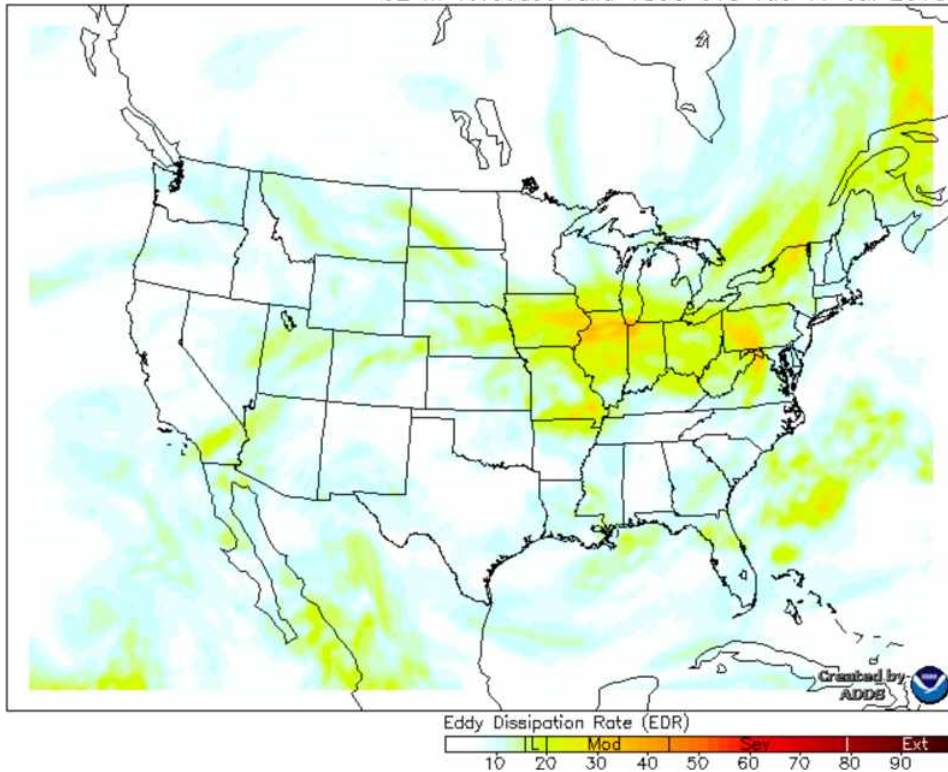


그림 44. GTG 2 시간 난류 예측

○ GTGN(GRAPHICAL TURBULENCE GUIDANCE NOWCAST)

- GTGN(Graphical Turbulence Guidance Nowcast) 시스템은 대류 소스의 효과를 포함하는 더 나은 난류 예측에 대한 요구를 충족시키기 위해 개발되었음
- 빠르게 업데이트(15분)되는 항공난류 실황정보 시스템으로, 전략적 난기류 회피 목적을 위해 모든 난기류 소스(low-level, clear-air, mountain-wave, in/near-cloud 등)에 대한 3차원 난류 위치와 강도를 제시함
- NOAA의 WRF RAP (Rapid Refresh) NWP 모델 수평 그리드 구조를 기반으로 하고, GTG와 마찬가지로 출력 3D 격자 변수는 난류의 대기 측정

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

기준인 EDR이며, 난류 보고 관련 ICAO 표준을 준수함

- 출력 그리드는 입력 NWP 모델과 동일한 수평 그리드 구조를 가지며 지표면에서 FL(Flight Level) 450까지 1000ft(1ft ≈ 30.5cm) 간격으로 수직 보간됨

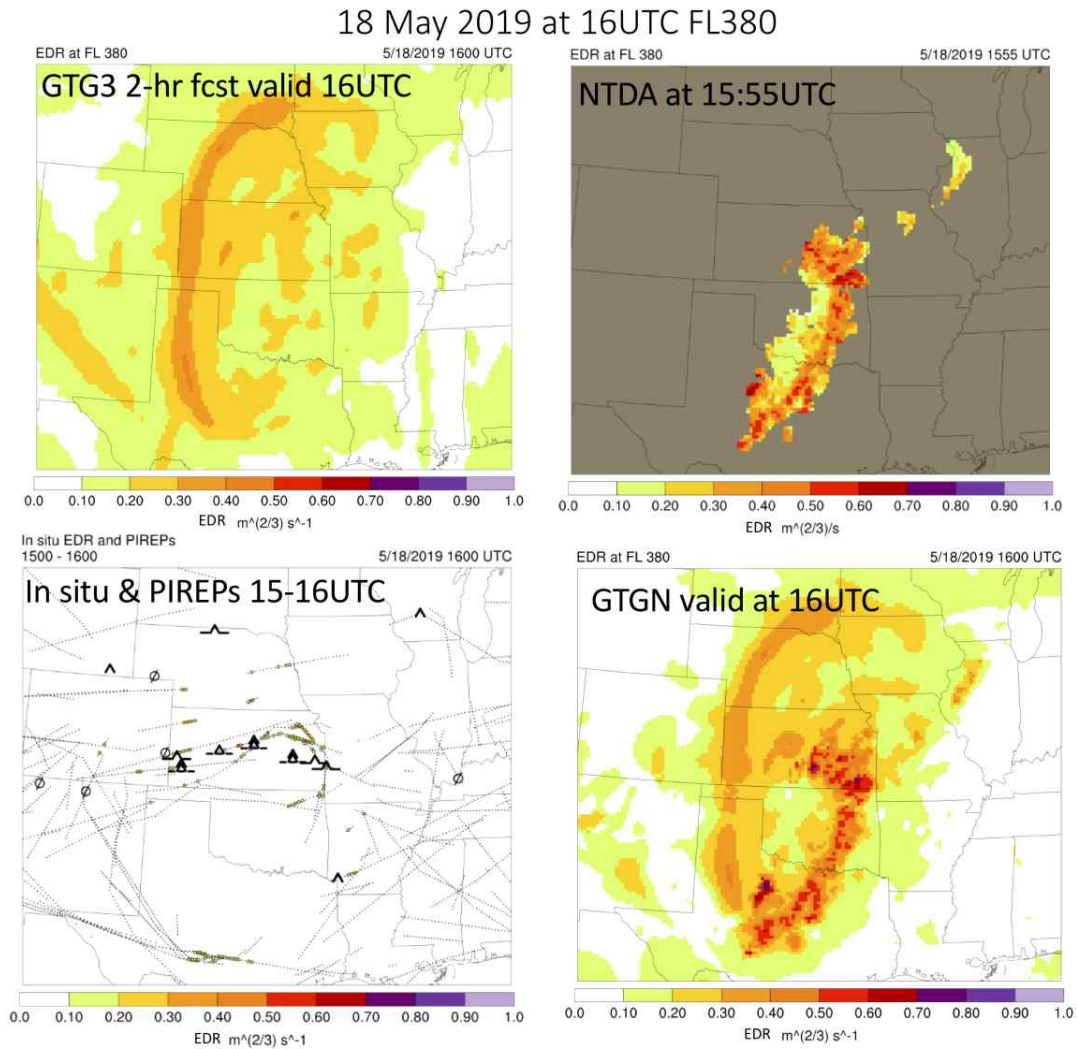


그림 45. GTGN 표출
(왼쪽 위 : GTG 입력, 오른쪽 아래 : GTGN 출력)

- GTGN은 NAS(National Airspace System)의 현재 난류 상황, PIREP의 최근 난기류 관측, 현장 EDR 보고서 및 NTDA(NEXRAD Turbulence Detection Algorithm) 출력뿐만 아니라 METAR 풍속 및 돌풍 관측에서 도출된 DCIT(Diagnosis of Convectively Induced Turbulence)와 EDR로부터의 난류 추론을 가능한 한 가장 잘 표현하기 위해 GTG 단기 예측을 조금씩 이동하여 가장 최근 가능한 관측치와 일치하도록 조정함

- GTGN의 현재 입력은 EDR, PIREP 및 METAR의 GTG, DCIT, NTDA를 포함하고, 최종 3D GTGN 그리드는 지정된 처리 센터에서 사용할 수 있으며, 사용자가 디스플레이에 액세스할 수 있음

([http://www. aviationweather.gov/adds/turbulence/](http://www.aviationweather.gov/adds/turbulence/)).

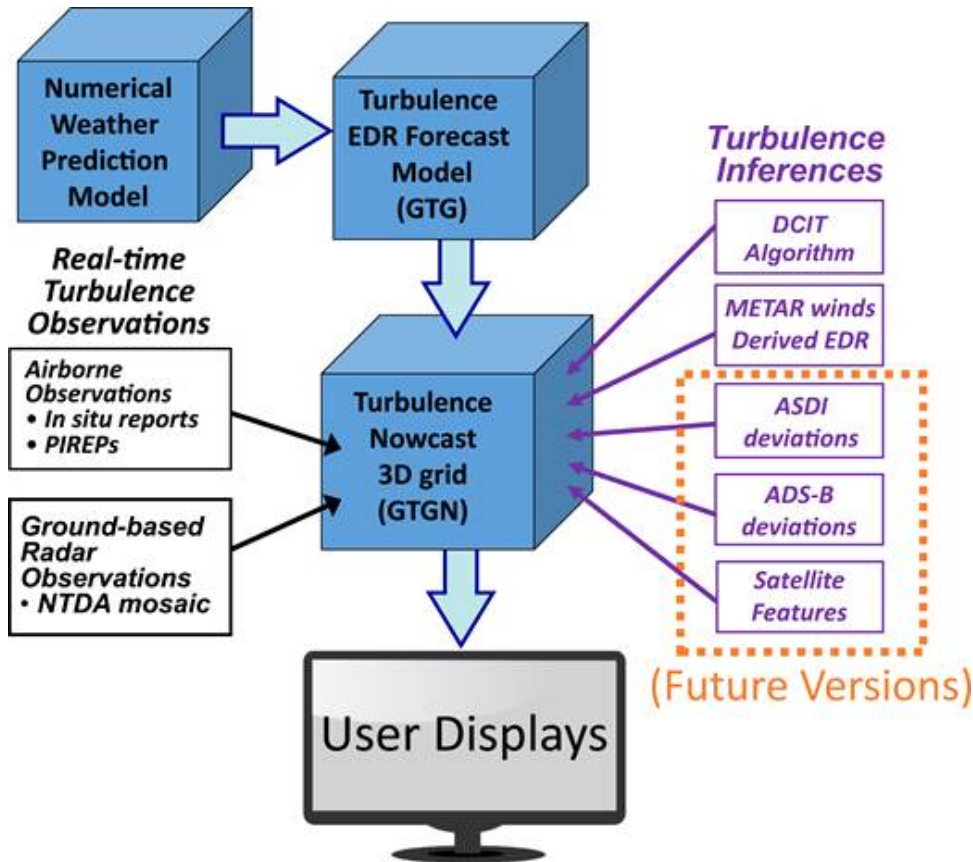


그림 46. GTGN 시스템 흐름도

(출처: Prediction of Energy Dissipation Rates for Aviation Turbulence. Part II: Nowcasting Convective and Nonconvective Turbulence, 2017)

○ CLIPER(CLImatology and PERsistence)

- 안개로 인해 감소된 수평 시정을 예측하기 위해 여러 접근 방식이 사용되며, 모델 후처리 및 통계 도구를 사용한 방법이 일반적임
- CLIPER는 통계학적 모델로 확률론적 단기 예측을 위한 도구로써, 시정 예측 과정에서 기후(CLI), 지속성(PER) 또는 임의의 예보가 일반적으로 참조 예측으로 사용됨(현재 시정은 현재 시각과 해당 월의 기후학적 시정 분포와 관련이 있음)
- 시정에 대해 9시간까지의 확률예보를 제공함

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

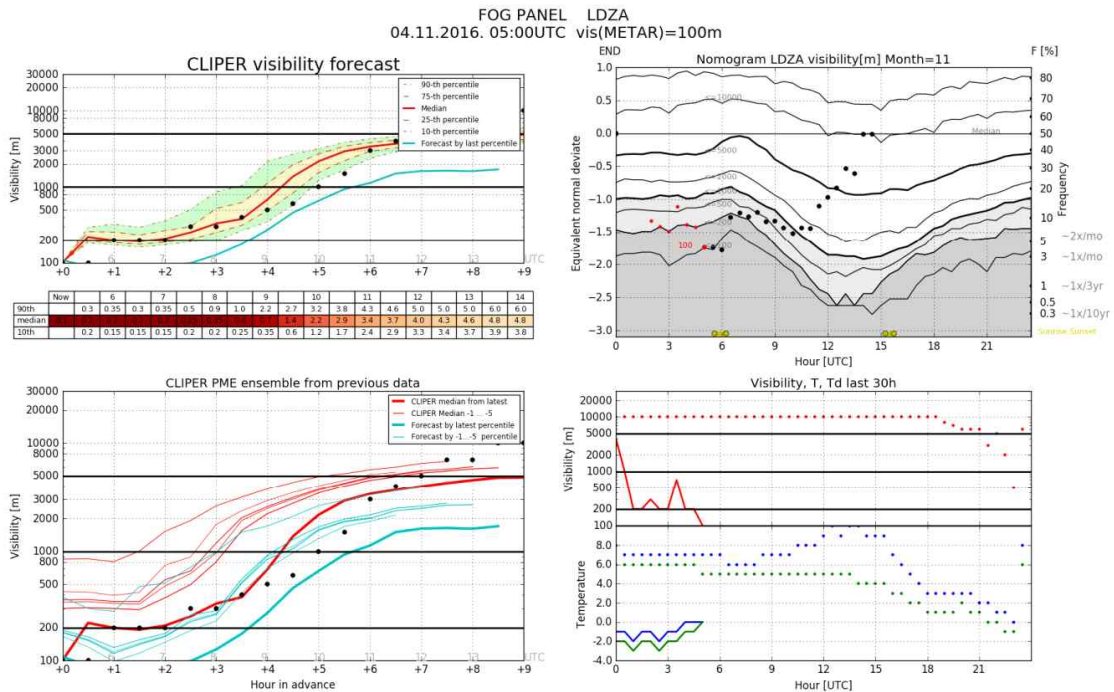


그림 47. 자그레브 국제공항의 Fog panel 표출 예시

(출처: Applying Statistical Tool CLIPER in Forecasting Visibility at Airports, 2017)

- 동등한 정규분포에서 같은 퍼센타일을 갖도록 예보하는 지속(PER) 예보와 함께 저시정 상황에서 예보관에게 유용한 도구이며, 모든 공항에 적용하기에 용이함
- Croatia Control의 예보관들이 사용하는 Fog Panel은 현재 시정과 최근에 관측된 시정, 기후학적 분포를 보여주고, 시정예보의 중앙값 이외에 50%와 80% 신뢰구간은 예보 불확실성의 측정치를 보여줌

○ PNOWWA(Probabilistic Nowcasting of Winter Weather for Airports)

- SESAR 2020 Exploratory Research(ER) 프로젝트의 일환으로, 겨울철 공항의 항공교통 관리 지원을 위해 레이더 관측을 기반으로 공항 기상에 대한 확률론적 단기 예측 방법론에 관한 연구가 2016~2018 동안 수행되었음
- 핀란드의 기상학 연구소, 독일의 DLR 및 오스트리아의 Austro Control 등이 참여하였으며, PNOWWA 데모 캠페인을 통해 실제 운영 ATM 환경에서 기상레이더 에코의 이동에 대한 외삽을 바탕으로 시간 해상도 15분의 확률론적 초단기(0~3시간) 강설 예측을 시험하였음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 연구 수행 결과 TRL(Technology readiness Level) 1 수준의 기술 성숙도가 달성된 것으로 평가되었고, TRL 2 수준으로의 고도화를 위한 계획의 필요성이 제안되었음

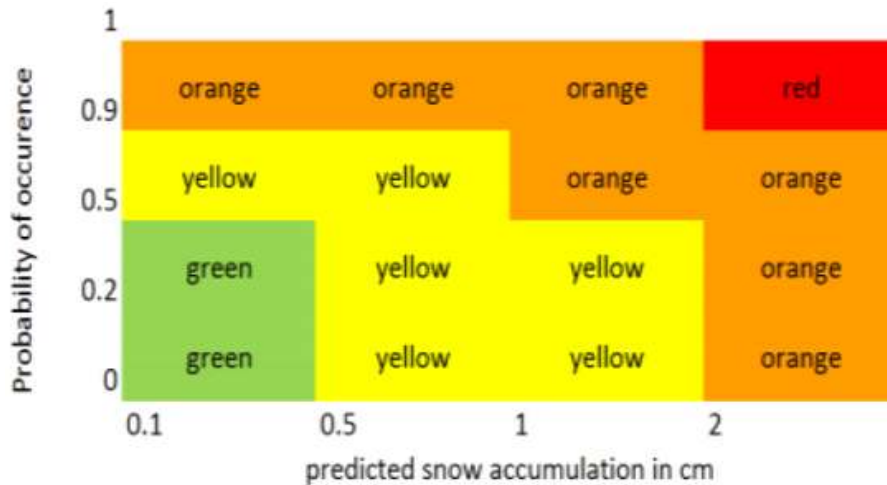


그림 48. 빈 국제공항의 적설 깊이 및 확률을 고려한 위험 범주
(출처: Final Project Results Report(D1.2): PROBABILISTIC NOWCASTING OF WINTER WEATHER FOR AIRPORTS, 2018)

○ 기상 & 인공지능 융합

- 최근 미국, 영국, 중국 등 주요국들은 인공지능의 미래 성장 잠재력과 중요성에 주목, 인공지능 주도권 확보를 위해 인공지능 국가 전략을 발표하고 원천기술 확보와 인력양성에 힘을 쏟고 있음
- 미국 노스캐롤리나 A&T 주립대는 NOAA의 과거 23년간 허리케인 자료를 RNN(Recurrent Neural Network) 구조의 인공신경망 모델에 적용하여 6시간 간격으로 허리케인 진로를 예측하고 있음
- 2016년 IBM에 인수된 'The Weather Company(웨더컴퍼니)'는 27만 5천 대의 기상관측소와 IoT 네트워크를 통해 기상 데이터를 수집하고 있으며, IBM의 슈퍼컴퓨팅 AI 플랫폼 '왓슨'을 통해 수집된 데이터를 분석함으로써 기후 변화를 예측하고 기업의 비즈니스와 관련된 정보를 산출하고 있음
 - 슈퍼컴퓨팅 기술과, 테라바이트 단위의 데이터, 100여 개의 수치모델과 AI 기술의 융합으로 예측된 결과는 글로벌 기업들과 인터넷 포털 사용자들에게 배포됨
 - 더욱 정확한 기상 예측이 가능한 글로벌 고해상도 기상 예측 시스템(IBM GRAF: Global High-Resolution Atmospheric Forecasting System)을 개발하여 전 세계에 고품질 기상예보를 제공하고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 전 세계 대부분의 지역은 세부적인 기상 조건을 포착하기에는 너무 낮은 약 10Km의 해상도(관측 거리 간격)로 관측되는 정보를 매 6-12시간마다 업데이트 받고 있으나, 이와는 대조적으로 IBM의 GRAF 시스템은 지역별 가장 정확한 정보를 위해 3km 간격(해상도)의 기상정보를 1시간마다 업데이트함
- IBM은 GRAF 및 기타 기술들을 활용하여 전 세계 22억 개 지점에 대해 500m 공간 해상도의 기상정보를 15분 간격(시간 해상도)으로 업데이트하고 있음
- 미국의 10대 항공사 중 9곳, 국내의 경우 아시아나항공 등이 웨더컴퍼니의 솔루션을 도입했고, 미국 항공사의 85%가 웨더컴퍼니의 예측정보를 사용하고 있음
- Google은 AI 기술 적용을 통한 기상예보 오차 개선의 가능성을 기대하고 관련 AI 기술개발에 대한 투자를 확대하고 있음
 - Google의 AI 기반 준실시간 기상 예측 모델 'NowCast'는 과거의 레이더 영상과 위성 영상 데이터를 이용해 최대 +3시간까지의 레이더 영상을 예측하는 프로그램으로 수 시간이 소요되는 기존의 예측 모델들과 달리 단 5~10분 만에 예측 결과를 산출함
 - Google의 'NowCast'는 NOAA의 전국 159개 관측소에서 관측된 기상레이더 영상 데이터를 합성곱신경망(CNN)의 일종인 U-NET에 넣어 학습시킴으로써 1~3시간 단기예보에서 NOAA의 HRRR 예보모델보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있었다고 발표함

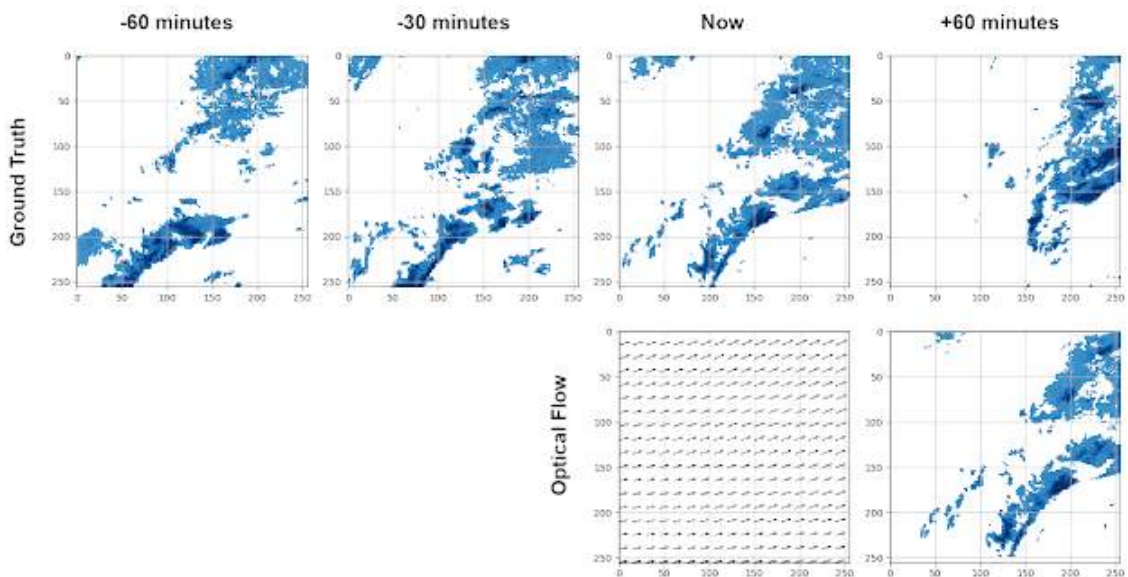


그림 49. Google 'NowCast' 기상예보 결과
(출처: 구글코리아 제공)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 일본 기업 웨더뉴스(Weathernews)는 기상예보 정확성을 높이고자 스타트업 기업과 협력해 일반 시민들의 제보와 일본의 우수한 지상 기반 레이더 스테이션을 사용해 강수 예보 정확성을 높일 수 있는 AI 기반 모델 사용
- 홍콩 과학기술대학교에서는 CNN(Convolutional Neural Network)의 구조를 시계열 데이터 처리에 적합한 LSTM 구조의 인공신경망에 접목하고, 홍콩 기상대에서 3년간 수집한 기상레이더 반사 데이터를 활용하여 강수량 예측을 6분 간격으로 수행하고 있음
- 인공지능 분야 특허와 관련하여 출원 수와 산업 응용 측면에서 미국이 가장 월등하고 중국이 미국을 바짝 추격하고는 있으나, 기술의 상용화 및 활용도 측면에서 미국이 압도적인 성과를 보이고 있음

3. 항공기상 서비스 기술 현황

3.1. 국내 현황

□ 개요

- 국제민간항공기구(ICAO) 미래항공교통시스템 전환 프로그램 이행 관련하여 국토부는 4D 궤적기반 운항체계 구축을 위해 비행경로 관리 등 궤적기반의 운항 예측 알고리즘 개발 연구 추진 중(~'23)이며 기상청은 이러한 수요에 대응하기 위한 항공기상서비스 추진 계획
 - SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망)의 기상정보교환모델(IWXXM, ICAO Weather Information eXchange Model)을 통해 2019년 우주기상자료 추가 등 수행
- 항공교통량의 증가로 유관기관, 항공사 및 저고도항공기 조종사 등의 항공기상서비스 사용량이 증가함에 따라 수요자 중심으로 항공기상서비스를 제공하여 서비스의 질 향상을 추구함.
 - 항공기상청 홈페이지 서비스는 유관기관 및 항공사 등 건의 및 개선사항 요청에 따라 전문가용 통합 홈페이지 정식 서비스와 항공기상청 홈페이지 및 모바일 서비스 강화 및 개선('19년)
 - 항공기상청은 항공관련 기관 연계 및 웹/앱을 통한 통합된 전문가 홈페이지 요구에 대응하는 항공기상서비스 개선을 지속적으로 추진
 - ※ 국제선·국내선 항공로별 위험기상정보 서비스('20년), 위성영상 · 레이더 강우강도 · 낙뢰 중첩 서비스, 지리정보시스템(GIS) 기반 항공기상정보 서비스 고도화('18년), 항공운항에 필요한 항공정보 융합 서비스, 대국민 홈페이지 서비스 개선(그래픽 표출, 이음새 없는 예보 서비스 등), 위험기상의 신속한 알람을 위한 모바일 앱 PUSH 알람 제공('20년))
 - 저고도의 경우 수요자 맞춤형으로 개선 진행하고 시범서비스 제공
 - ※ 2007년부터 저고도 항행용 맞춤형 콘텐츠 개발과 2018년까지 서비스 고도화 등 사업을 통하여 지속적인 저고도 서비스 개선을 추진

□ 서비스 현황

- 현재 항공항행 기상정보 서비스
 - 현행 항공기상정보시스템 구성 및 역할

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

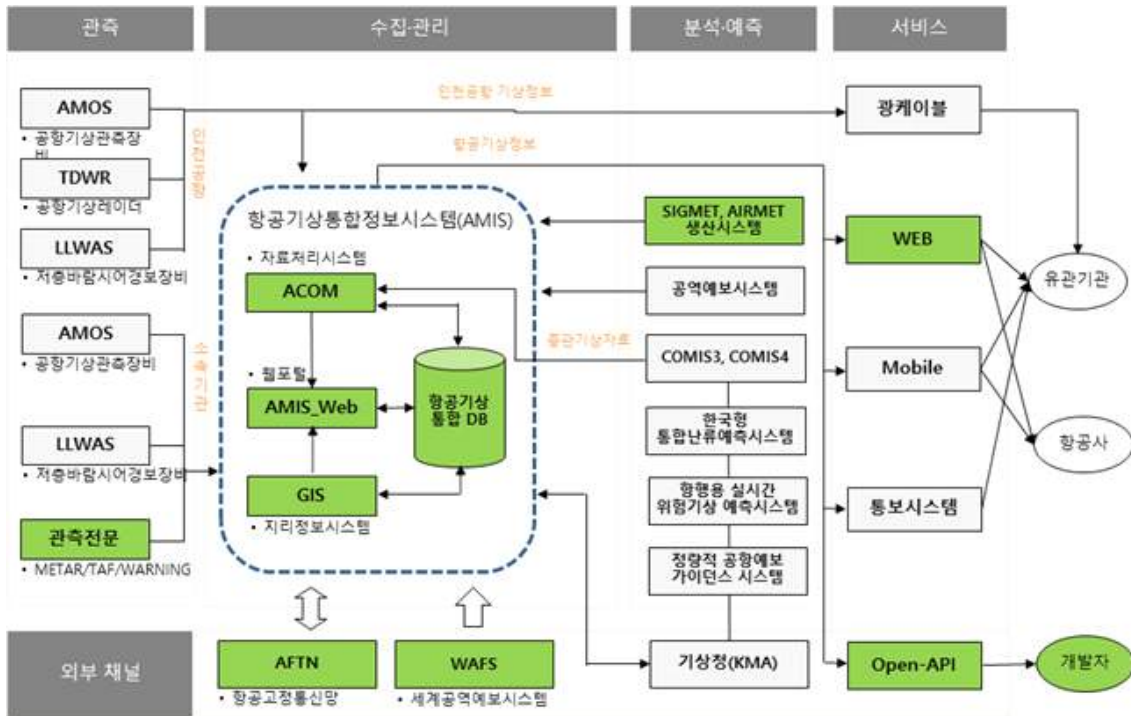


그림 50. 항공기상정보시스템 구성 및 역할

- ※ AMIS: 항공기상 통합정보시스템, AFTN: 항공고정통신망
- ※ ACOM: 항공기상 통합자료처리시스템, WAFS: 세계공역예보시스템

표 14. 항공기상정보 시스템 구성 및 역할

| 항목 | 주요 역할 |
|----------|---|
| AMIS | 항공기상정보 분석 및 생산을 위한 내부사용자 시스템 |
| ACOM | 관측자료 수집, 처리, 전송 등 항공기상 데이터 처리서버 |
| 통합 DB | 관측 데이터를 데이터베이스화하고 처리하는 서버 |
| AFTN | 전문(METAR, TAF, WARN) 전송 및 수집 서버, 국내외 항공기상정보공유 |
| 홈페이지 | 항공기상서비스 제공(대국민, 글로벌) |
| GIS | 지리정보서비스를 위한 서버(지도기반위 위성, 레이더 중첩) |
| WAFS | 세계 공역예보자료 처리 및 생산 |
| NAS 스토리지 | 이미지(위성, 레이더, 연직시계열, 예상일기도 등) 저장 |
| DB 스토리지 | DB정보(AMOS, LLWAS, AMDAR, 전문 등) 저장 |
| 항행서버 | 선진항공기상 시스템 |

< AFTN(항공고정통신망) >

- ◆ 역할
 - 항공고정통신국들 사이에 기상 등 항공 운항관련 정보의 교환을 목적으로 국제민간항공기구(ICAO)의 기술기준에 의거하여 범세계적으로 구축된 통신망
 - 항공기상청은 이 통신망을 활용하여 전세계 기상정보를 수집하여 항공사 및 항공교통 관련 기관에 제공
- ◆ RODB(Regional OPMET data banks)
 - 한국의 AFTN망은 일본과 중국 RODB에 연결되어 있음
 - ※ 국토교통부 : AFTN 서버 관리 및 AFTN 가입자 관리
 - ※ 한국공항공사 : AFTN 서버 운영(TEL02-2660-2931)
 - 일본 RODB와 연결(서버: 후쿠오카, 도쿄기상청에서 관리)
 - ※ 해저 광케이블로 국가 대 국가통신망으로 연결
 - 중국 RODB와 연결(서버: 난유안 공항, 중국 기상청에서 관리)
 - ※ 위성통신으로 연결되어 있음 (김포공항 타워 근처 위성 안테나 위치)



그림 51. AFTN(항공고정통신망)

< WAFS(세계공역예보시스템) >

- ◆ 국제민간항공기구(ICAO) 국제민간항공조약 부속서 3의 규정 근거
- ◆ 국제선을 운항하는 항공기에 전 세계 항공로 및 공역의 항공기상정보를 제공하기 위한 세계공역예보시스템을 운영하고 있음
- ◆ 우리나라는 워싱턴으로부터 세계공역예보 자료를 수신, 홈페이지를 통해 서비스하고 있음

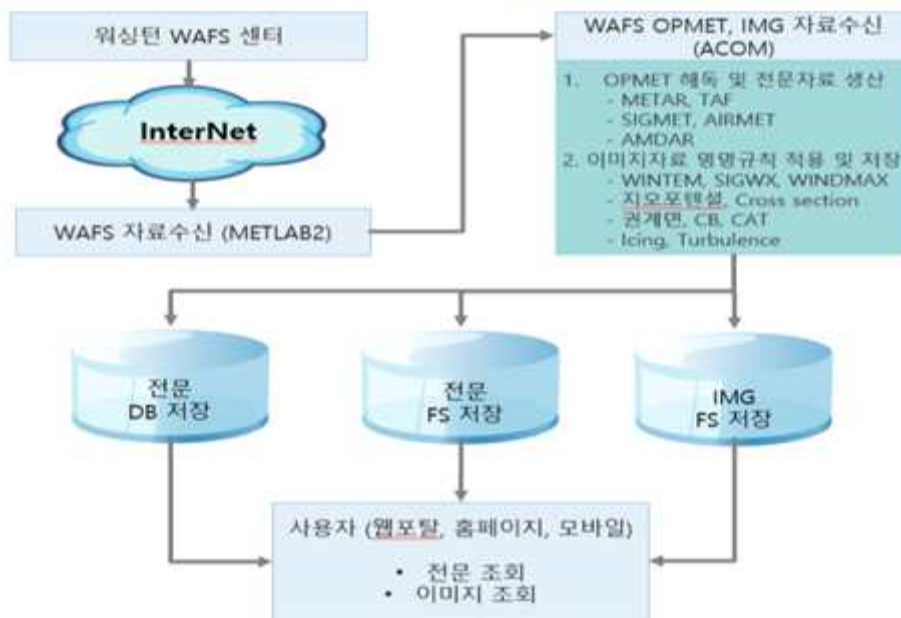
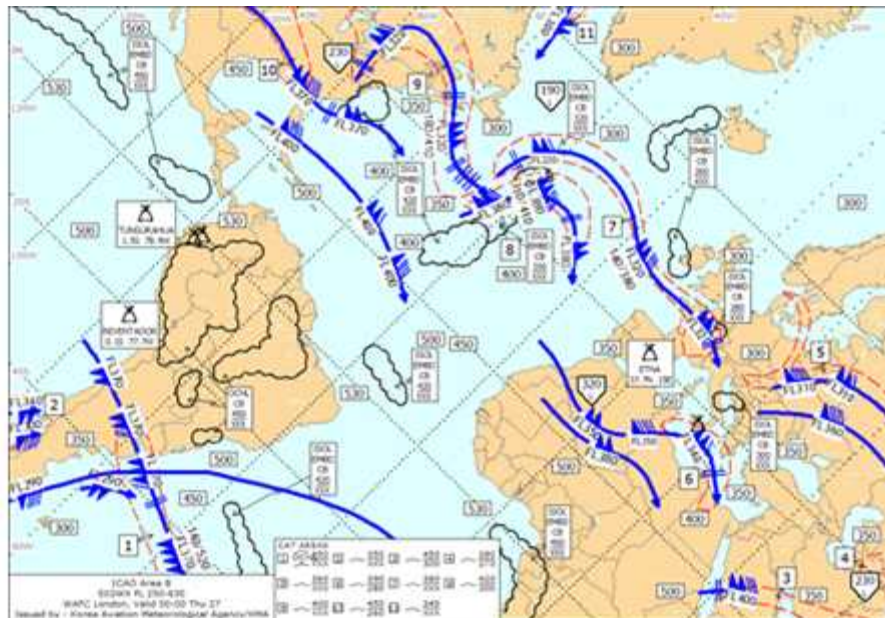


그림 52. 세계공역예보시스템(WAFS)

○ ACOM 외부시스템 연계도

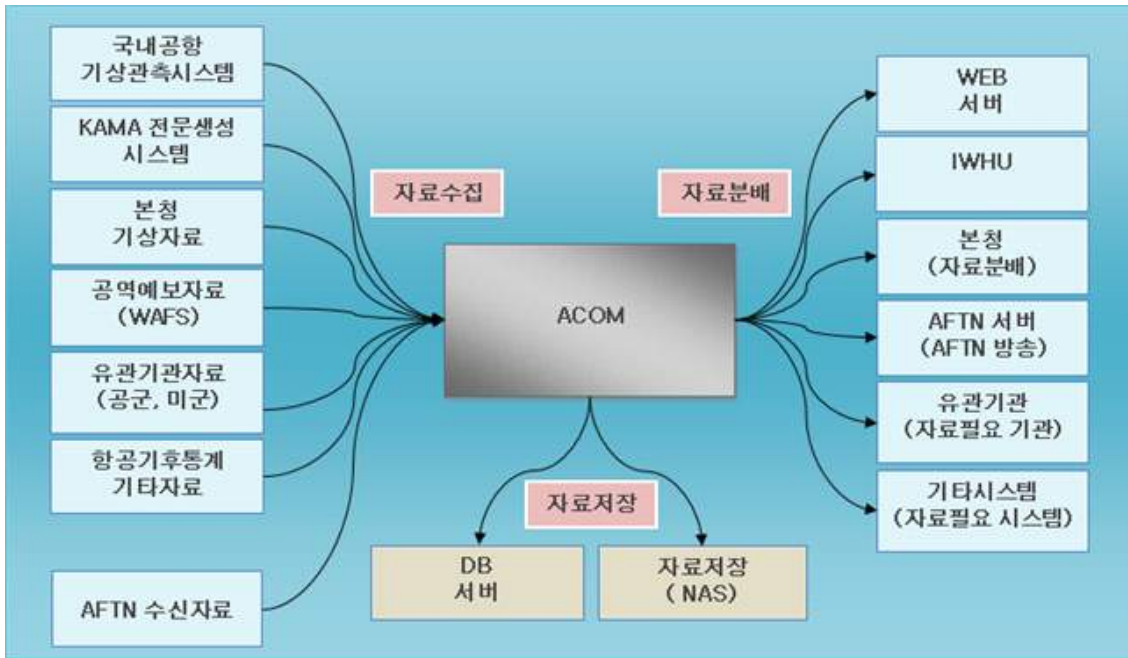


그림 53. ACOM 외부시스템 연계도

○ 항공기상통합정보시스템(AMIS)

- 내부사용자 웹 시스템
- 입력시스템: 전문 입력 및 공항기상정보 등 항공기상정보 입력
 - ※ 전문입력: METAR/SPECI, LOCAL, TAF, WRNG (강풍, 저시정, 호우, 대설, 뇌전, 태풍, 운고, 황사, 기타, 윈드시어), 이륙예보(풍향/풍속, 기온, 기압), AIRMET, SIGMET, 특수전문, PIREP, AIREP
 - ※ 항공기상정보 입력: 공항기상정보 등
 - ※ 특별기상정보 입력: 화산재 정보 등
- 자료조회: 전국공항 AMOS 실시간 조회, LLWAS 자료 조회 등 Table sheet 형태 제공
- 내부시스템에서 외부시스템으로 자동 표출/전달: 특보(WRNG), SIGMET, AIRMET, 항공기상정보, 우주기상정보 입력과 동시에 해당 기능에 자동전송 및 자동표출

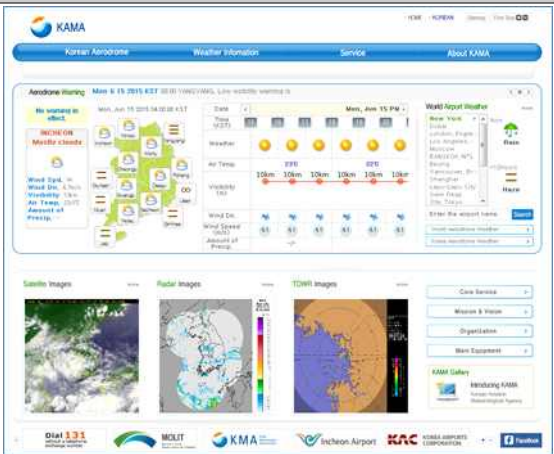

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ 항공기상정보 서비스 대상 및 웹 서비스 현황



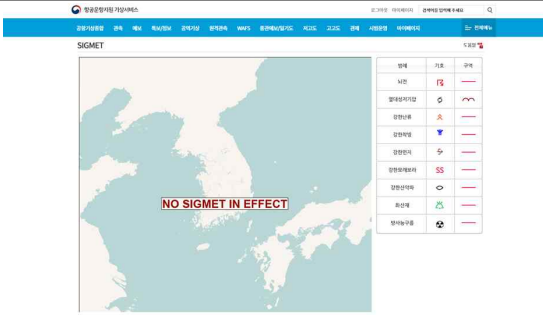
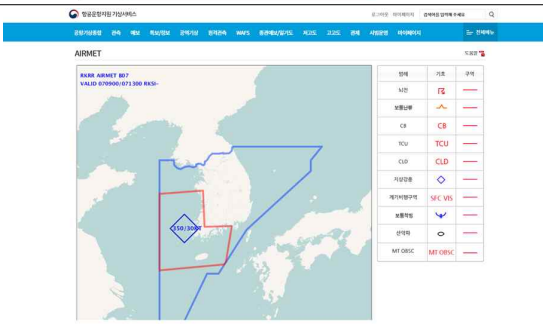
표 15. 항공기상정보 서비스 대상 및 웹 서비스

| 대상 | 웹서비스 | 비고 |
|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 항공여행객 | 대국민 | 항공여행, 국내공항 이용 |
| 항공사 | 항공운항 기상지원 서비스 | 국제선(중고도·고고도) 비행계획수립 |
| 항공교통 관제사 | | 공역 및 항공로상의 위험기상 탐지 |
| 헬기조종사, 항공레저 비행교육학생 | | 저고도 운항을 위한 비행계획 수립 |
| 전체 항공관련 종사자 | 항공기상 앱 | 스마트폰을 활용한 간편 기상정보 검색 |

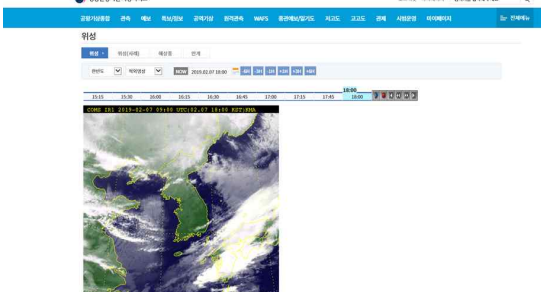
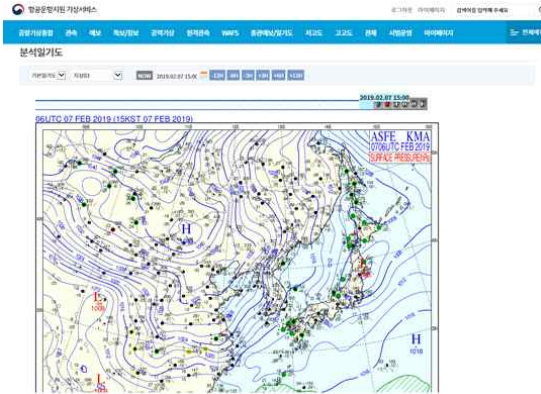
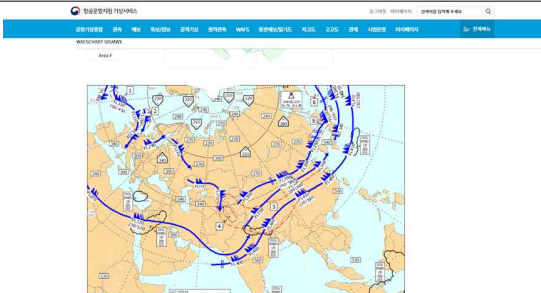
표 16. 항공기상청 웹 서비스

| 항공기상청 대국민 홈페이지, http://amo.kma.go.kr | |
|---|--|
| Main | <p>국내의 공항 기상정보 (공항예보 시계열 표출 및 기온, 예상 강수/적설서비스)</p>  |
| 항공기상 | <p>공항실황, 예보, 특보 통합표출</p>  |

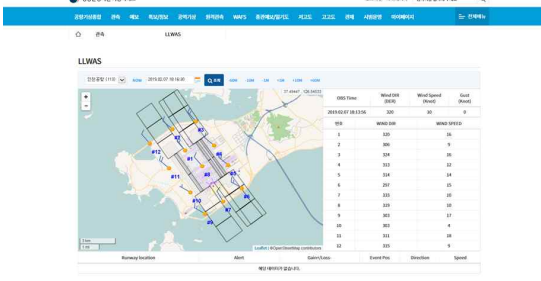
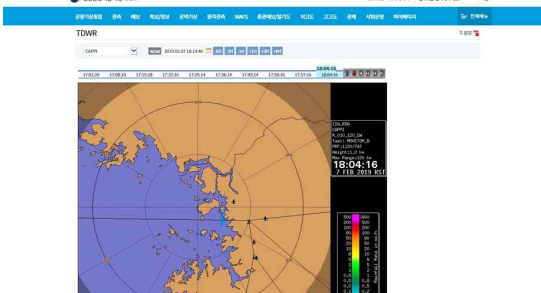

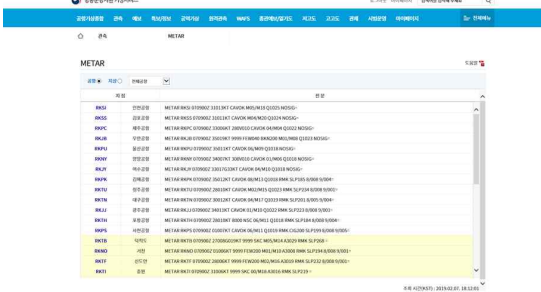
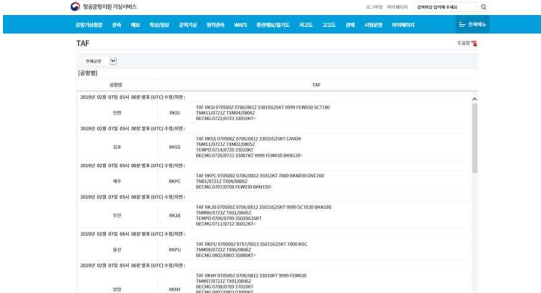
제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|---------------------|--|--|
| <p>출도착 정보</p> | <p>출도착공항기상정보와 운항정보 통합조회 (출도착 공항선택, 공항특보, 현재날씨, 공항예보, 중기예보, 공항출도착 정보)</p> |  |
| <p>항공운항지원 기상서비스</p> | | |
| <p>공항경보</p> | <p>공항별 특보종류와 시간정보, 내용 표출</p> |  |
| <p>SIGMET</p> | <p>항공로 상에 특이 기상현상이 발생하거나 발생이 예상될 때 발표(유효시간은 4시간 이하(화산재와 열대성저기압은 6시간 가능))</p> |  |
| <p>AIRMET</p> | <p>고도 10,000 ft 이하, 항공로상 특이 기상 발생 혹은 예상될 경우(유효시간은 4시간 이하)</p> |  |


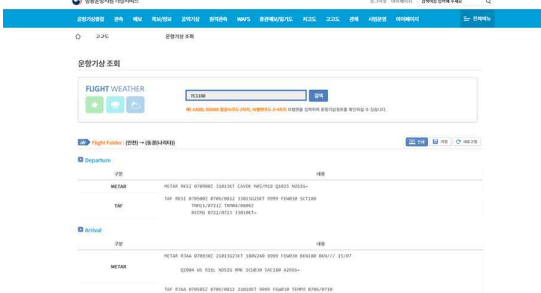
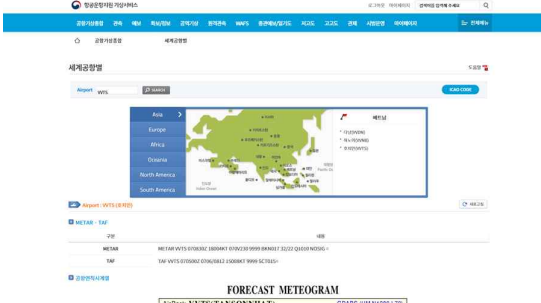
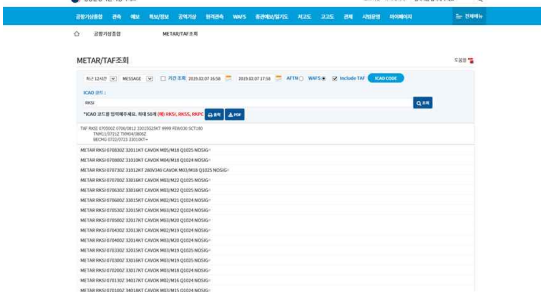

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|----------------------|--|--|
| <p>위성영상</p> | <p style="text-align: center;">—</p> |  |
| <p>지상 일기도</p> | <p>기상청 슈퍼컴 생산 / 6시간 마다 업데이트</p> |  |
| <p>저고도 SIGWX</p> | <p>항공기상청 관측예보과 발표 1일 4회 (23, 05, 11, 17 UTC) 발표, 유효시간 : 6시간 해당고도 : SFC ~ 10,000ft</p> |  |
| <p>중고도 SIGWX</p> | <p>항공기상청 관측예보과 발표 1일 4회 (23, 05, 11, 17 UTC) 유효시간 : 12시간 해당고도 : 10,000ft ~ 25,000ft</p> |  |
| <p>고고도 SIGWX</p> | <p>미국 WAFc(World area forecast Center) 발표 1일 4회 (23, 05, 11, 17 UTC) 해당고도 : 25,000ft~63000ft</p> |  |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|--------------------|---|--|
| <p>LLWAS</p> | <p>저층바람시어 경보장치(인천, 제주, 양양) Site별 풍향풍속 WSA, MB 발생위치 문숫자와 그래픽 형태 제공</p> |  |
| <p>TDWR</p> | <p>영중도 왕산 설치 강수입자로부터 윈드시어 탐지 LLWAS와 결합하여 윈드시어 탐지</p> |  |
| <p>AMOS 실황</p> | <p>전국공항 활주로 AMOS실황 공항별 활주로 AMOS 실황</p> |  |
| <p>공항관측 실황</p> | <p style="text-align: center;">—</p> |  |
| <p>공항예보</p> | <p style="text-align: center;">—</p> |  |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| <p>시계비행 기상</p> | <p style="text-align: center;">-</p> |  |
| <p>운항기상 조회</p> | <p style="text-align: center;">-</p> |  |
| <p>세계 공항별 기상</p> | <p>WAFS 수신자료 및 기상청 수치예보</p> |  |
| <p>세계 METAR/ TAF 조회</p> | <p>WAFS 수신자료</p> |  |
| <p>WAFS Chart</p> | <p>1일 4회(00, 06, 12, 18 UTC)</p> |  |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ 글로벌 항공정보 종합관리망

- SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망)을 통한 포인트-to-포인트에서 Net Centric으로 개선
- 기상정보교환모델(IWXXM, ICAO Weather Information eXchange Model)은 항공기상 정보를 XML 형식으로 제공

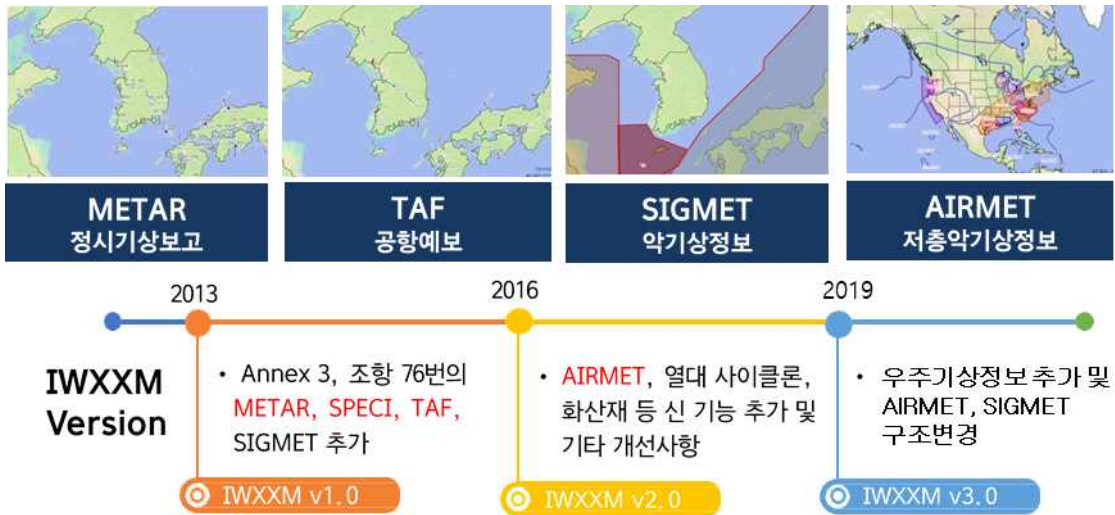


그림 54. 기상정보교환모델(IWXXM) 업그레이드 이력

< SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망) >

- ◆ 차세대 항공정보 인프라
 - ATM 정보를 표준 정보교환모델을 이용하여 항공정보 이용자에게 효율적으로 통합된 항공정보를 제공할 수 있도록 지원

| 거버넌스 + 인프라 + 서비스 + 표준정보모델 | |
|---------------------------|--|
| 거버넌스 | 정보 교환에 필요한 표준, 절차 및 규정 |
| 인프라 | SWIM 핵심 기능(인터페이스 관리, 메시징, 보안, 서비스관리 등) |
| 서비스 | 정보를 공유 할 수 있도록 하는 방법 |
| 표준정보모델 | 데이터 교환에 사용되는 표준 정보 모델(AIXM, FIXM, IWXXM) |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

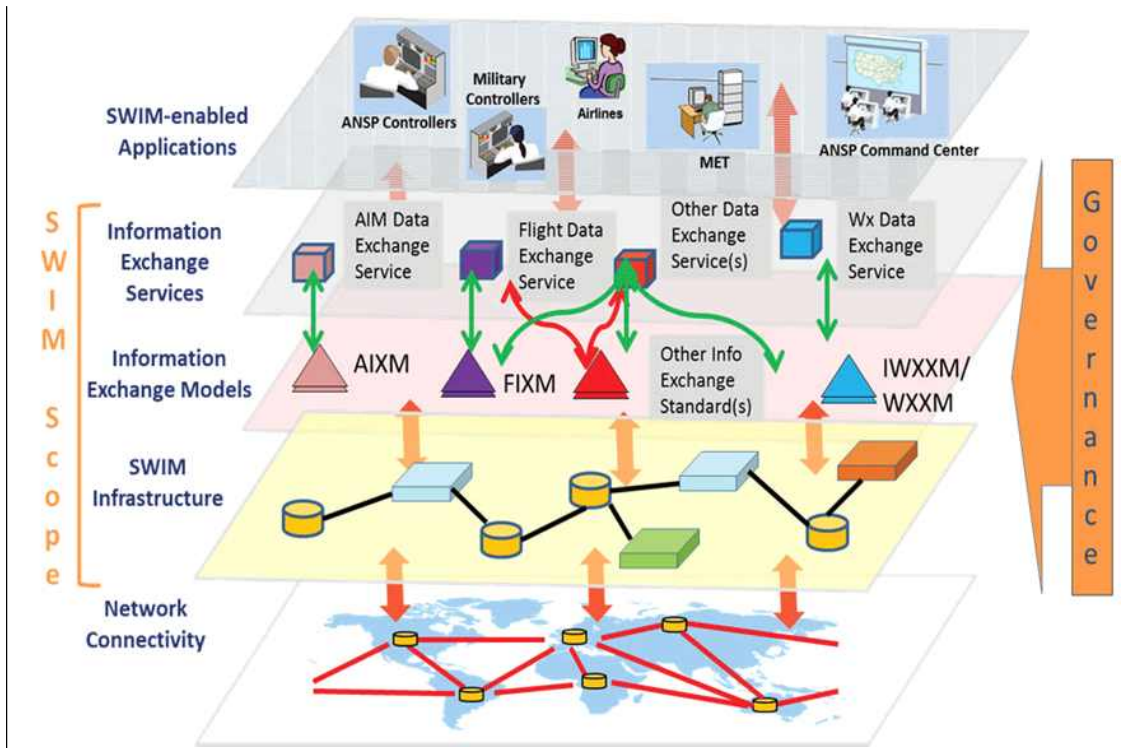


그림 55. SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망)

- ※ 항공정보교환모델(AIXM: Aeronautical Information eXchange Model)
- ※ 기상정보교환모델(IWXXM: ICAO Weather Information eXchange Model)
- ※ 비행정보교환모델(FIXM: Flight Information eXchange Model)

○ 저고도(민간/공공헬기, 소형항공기 등) 항공기상 서비스

- 정부의 헬기 항행 안전을 위한 대책 마련 및 실행 진행 중

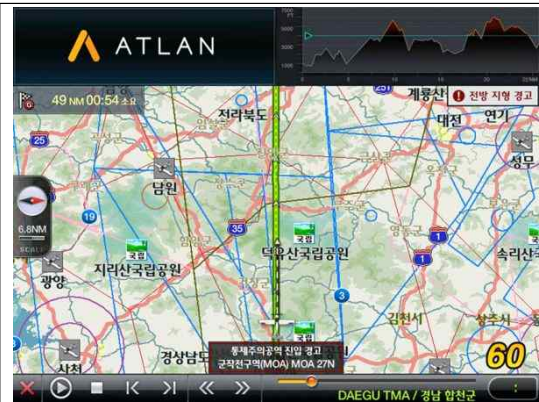
< 국내 헬기 추락 사고에 따른 항행 안전을 위한 정부의 노력 >

- ◆ 국토부, 헬기 안전관리 강화 대책 (2013.12.30.)
 - 시정 1,500m 미만의 악기상 시 헬기운항 제한 (즉시)
 - 시정측정용 최신 차트 비치 완료, 풍향풍속계·시정계 추가 설치 ('14.2)
 - 중기(~18.2.) : 저고도 시계비행 항공기(헬기 포함) 종합 감시·지원시스템 구축 및 첨단화('13 ~ '18) (3개 과제)
 - ※ (저고도 통합기상정보센터 설치) 저고도 시계비행 헬기 등 항공기 전용 기상정보 제공기관 설립·운영(기상청과 협업 추진)
 - ※ (항공용 “네비게이션” 개발) 고층건물·철탑 등 지상장애물, 공역상황

등을 조종사에게 실시간 제공하는 비행보조장치 개발·운영

❖ 경비행기용 네비게이션
'아틀란 에어로(Atlan Aero)'

- ✓ 개발사: 맵퍼스
- ✓ 항공안전기술개발사업(국토교통부/국토교통과학기술진흥원, ~2016년 12월)>
- ✓ 참여 : 맵퍼스, 건국대학교, 베셀, 삼양컴텍, 퍼스텍 등



- (전국 통합 관제지원체계 구축) 현행 고고도 위주의 레이더 시설을 보완해, 저고도에서 비행하는 헬기 비행상황 모니터링 및 경보·회피조언 등 제공
 - ※ 2019.07.15. 범부처 응급의료헬기 공동운영 규정(총리훈령)에 따라 범부처 응급의료헬기의 컨트롤타워를 119종합상황실로 명확하게 규정 (응급환자 이송이 가능한 정부부처 126대 헬기 대상)
 - ※ 2020.1.26. 여당의 4·15총선 공약으로 소방헬기 국가통합관리 체계 구축 (국가가 소방헬기 통합해 지휘·조정할 수 있도록 소방헬기 통합 운영관제센터와 정비장을 설치)
- ◆ 범부처, 범부처 헬기 안전 협약 체결 (48개 과제 추진) (2016.06.09.)
 - 국방부, 국토교통부, 국민안전처, 경찰청 및 산림청, ‘민·관·군 항공안전심포지엄’에서 ‘헬기 안전에 관한 협약’을 체결
 - ※ 각 부처의 헬기 위치 정보 시스템을 연동해 긴급 상황 시 협업, 조종사 기량관리 시스템을 표준화해 조종사들의 조종능력 향상 등 48개 과제 추진
 - ※ 군의 경우 헬기 전용 기상정보 및 조종사 모의훈련 장비를 민·관에 지원

❖ 육군항공·산림청, 국내 토종기술로 위치추적체계 구축(2010.11.14.)

- ✓ 주관 : 국방부 산하 ‘육군항공’ 및 산림청
- ✓ 내용 : 헬기 위치와 기상·향적 등 정보를 실시간으로 공유할 수 있는 위치추적체계 및 중앙관제체계 구축 (GPS와 CDMA 상용 통신기술을 기반)
 - ※ 국방부가 우선 시스템을 구축한 뒤 산림청에 기술 전수해 완료, 육군항공은 보유 헬기 가운데 300여대를 동시에 통제할 수 있는

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

위치추적체계를 구축했으며, 산림청은 47대 헬기를 관리 가능

✓ 참여기관 및 역할

- SK텔레콤 : 주관사업자 참여, 통신망 구축
- 대신정보통신 : 위치추적 관제 원천기술과 PDA시스템 공급
- ※ 해군과 공군 : 위치추적체계 도입 검토 중

✓ 경과 : 2008년 7월 시범사업 시작, 2010년 위치추적체계 3차 사업 완료

- ◆ 산림청, 산림항공 안전대책(3대 분야 12개 과제) (2019.02.13.)
- ◆ 소방청
 - 정부 부처 보유 응급의료헬기 79대, 2020.1.1.부터 119가 통합관리
 - 응급의료헬기 공동운영 매뉴얼 제작, 소방청·국방부·보건복지부·경찰청·해양경찰청·산림청 등 6개 참여기관에 배포
 - 매뉴얼은 '범부처 응급의료헬기 공동운영 규정'에 따라 참여기관이 보유한 응급의료헬기 79대 (126대중 산림청 47대 제외)를 체계적으로 통합 운영하기 위해 필요한 구체적 내용을 담음 (2019.12.16.)

○ 저고도 기상정보 서비스 개선 현황

- 저고도구역예보와 저고도 악기상정보 발표 시작('07.11.)
 - ※ 우리나라 비행정보구역 전역 대상, 관측망+예보기술+수치예보정보 등 활용, 항공기상청 홈페이지를 통해 일 4회 정기적 제공(기상 악화시 수시 제공)
- 저고도 항행용 특화 기상컨텐츠 개발 ('10.12.)
 - 기존 PIREP의 입력과 활용이 전문(특수한 약속된 문자)으로 이루어져 이해하기 어려운 단점을 극복, 시정, 구름, 현재일기와 같은 기상정보를 추가, 군부대, 유관기관과의 협조체계를 구축하여 그래픽 위주의 기상컨텐츠 개발
 - 실시간으로 위험기상, 시정, 운고 등의 정보 위성영상, 레이더영상, 낙뢰영상을 포함하여 사용자 중심의 PIREP 정보가 제공되어 3시간 이내의 운향고도, 시정, 운저, 난류 정보 등의 검색이 가능하여 운향조사자들의 안전항행을 지원
 - 색상별로 차등화된 관측실황 제공, 항로설정, 지점설정 검색이 가능하고 유관기관과의 협조를 통한 CCTV 영상정보 제공으로 안전한 시계 비행 지원
 - 스마트폰 사용자 증가 추세에 따라 모바일 GIS 항공기상정보를 개발

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 위험기상, 조종사관측정보, 관측실황, METAR, TAF, 항공특보 제공
- ‘저고도 항행용 특화 기상콘텐츠’서비스 제공(‘11.02.)
- 군 등 유관기관 협력, 운항로 관측지점(200여소) 자료 수신 네트워크 체계 구축
- 수집 기상 데이터를 가공, 운항종사자가 이해하기 쉬운 그래픽 형태 콘텐츠로 개발
- 이용자 편의성을 고려하여 IT환경에 부합하는 모바일 페이지 구축
- 위험기상 발생구역 회피운항, 기상 최적항로 탐색, 비행시간 단축 등 저고도 항행 분야에서 보다 안전하고 경제적인 운항에 크게 기여할 것으로 기대



그림 56. 저고도 항행용 특화 기상지원 콘텐츠

- 전국 39개 지점 자동시정계 관측자료 활용 ‘저고도 항공기상정보’구축 제공(15.03.)
- ※ 항행 위험기상 종합탐지 및 분석시스템 구축(I)사업(사업기간 :2014. 8. 25. ~ 12.22.)의 일부
- 위험기상 공동대응을 위한 기관 관 협업 및 시스템 연계 추진, 국민안전처·국방부와 정보공유협업, 산림청과의 산림기상 협력과제 및 공동 연구분야 발굴을 위한 협업(‘16년)
- 항공기상정보서비스 고도화 사업 (‘15년~ ’18년)
- ※ 국제민간항공기구(ICAO)의 항공기상정보체계 변화에 따른 국제표준의 이행과 자료교환 체계 최적화, 사용자 요구사항 적용을 통한 항공기상정보의 활용 편의성 및 서비스 강화를 목표

□ 주요 이슈

- 미래 항공교통관리 지원과 관련하여,
 - 국토부 NARAE 프로젝트에서의 항공기상 지원(ATM에 항공기상정보 integration)
 - 수요자 서비스 개선 요구에 따른 정확도가 높은 항공기상콘텐츠(민간 항공사)
 - 저고도 헬기 안전 항행을 위한 저고도 항공기상 콘텐츠 보완 등이 주요 이슈 사항임.

표 17. 항공기상 서비스 주요 요구사항

| 구 분 | 주요 요구사항 |
|-----------|--|
| 언론 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 항공사들이 기상청의 항공기상서비스에 대해 품질 향상 요구(매 일경제, '19.12.13.) ▪ 응급헬기, 조종사들 사고나도 달라지는게 없어요(‘20.1.10. / KBS 뉴스) |
| 국정감사 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 소형항공기·헬기 기상지원 강화 촉구(‘15년) ▪ 항공기상예보의 정확도 향상 제고 필요(‘19년) |
| 유관기관 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 겨울 항공안전을 위한 서리관측 및 예보시행 요청(‘19년, 겨울철방재기상업무협의회) |
| 항공사 및 관제사 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 신속하고 정확도 높은 항공기상정보 제공 요구(‘18년 항공사와의 업무 협의) ▪ 기상데이터 기반 관제지원, 운항계획 수립 등 융·복합 콘텐츠 개발 요구(‘19년 이스타 항공) ▪ 서비스 콘텐츠 접근성 개선과 자료의 신속한 업데이트 요구(‘15년 항공기상 서비스포럼) ▪ 이착륙 위험기상(윈드시어 등) 고해상도 예측정보 요구(‘17년 겨울철 항공방재기상협의회) |
| 저고도 운항관계자 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 운항관리사, 기상분석·전달인력 부재 등 기상지원이 취약한 소형항공기 운항 여건을 반영하여 맞춤형 항공기상교육 지원 요구(‘17년 여름철 항공방재기상협의회) ▪ 저고도 항행 맞춤형 서비스 개선 및 콘텐츠 보완 개발 요구(‘17년 항공기상 서비스포럼) |
| 공항이용 여행객 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 일과 가정의 양립 정책에 따라 일반국민의 항공기상정보 수요 증대 ▪ 국내외 항공여행과 관련된 기상정보 요구 증대(‘15년 항공기상정보 콘텐츠 만족도 조사) |

(출처 : 항공기상청)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ 이슈별 주요 내용

- 항공교통관리의 안전성과 효율성 증대를 위한 항공기상 지원
- 항공교통관리의 안전성과 효율성 증대를 위한 항공기상 지원
 - (NARAE 계획 적시 대응) 우리나라 NARAE 계획(ASBU 단계별 이행주기와 연동) 실현을 위한 항공기상 분야 적시 지원
 - ※ 본 신규 R&D('22~'26년)는 NARAE 계획의 단기 2단계(ASBU Block 1에 해당) 실현을 위한 항공기상지원 기술로 긴급 착수가 필요

표 18. 차세대 항공교통 시스템(NARAE) 추진 일정

| 구분 | 추진 일정 | | | |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------|
| ASBU 단계별 이행주기(Block) | Block 0 (‘13~’18년) | Block 1 (‘19~’24년) | Block 2 (‘25~’30년) | Block 3 (‘31년 이후) |
| 차세대 항공교통시스템 구축 기본계획(NARAE) | 단기 | | 중장기 | |
| | 1단계 (‘17~’18년) | 2단계 (‘19~’24년) | ('25~'31년 이후) | |

(출처: 항공교통시스템 구축 기본계획(2019~2023), 2018, 한국교통연구원, 2018)

< ASBU 단계별 이행주기 >

- ◆ Block 0 단계('13~'18년) : 아래의 기상정보를 이용하여 공역사용, 의사결정 및 항공로 계획에 이용
 - 세계지역 예보시스템(World Area Forecast System, WAFS)
 - 국제항공로 화산감시(International airways volcano Watch, IAVW)
 - 열대성 저기압 감시(Tropical Cyclone Watch, TCAC)
 - 공항경보(Aerodrome Warnings)
 - 윈드시어 경보 (Wind Shear Warnings and Alerts)
 - 위험기상정보(SIGMET : Significant Meteorological Information)과 기타기상정보 (METAR, TAF, SPECI 등)
 - ※ 위의 정보는 항공기 탑재장비 수준에 관계없이 전 비행단계, 모든 공역에서 항공기의 교통흐름 계획 및 모든 항공기 운항에 적용
- ◆ Block 1 단계('19~'24년) : 항공기 운영계획단계부터 단기 서비스 단계까지 ATM 의사결정에 기상정보를 활용(ATM-Meteorology)하여 기상의 영향을 최소화하는 계획을 설정하고 운영하는 것을 목표로 함
- ◆ Block 3 단계('31년 이후) : 단기 서비스 단계부터 운영시점 20분 전 이내(즉시 서비스 단계)에 ATM 의사결정에 기상정보를

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

활용(ATM-Meteorology)하여 기상 영향을 최소화하는 계획을 설정하고 운영하는 것을 목표로함

- 항공기 간 기상정보 교환을 위한 관련 탑재장비(예: ADS-B IN)를 활용
- 보다 정확한 기상정보를 적시에 제공함으로써 공역 이용 탄력성 및 공역 이용률을 향상시켜 효율적 운항이 가능하며, 이에 따른 경제성 및 친환경 효과 기대
- 표준화된 정보를 통합적으로 관리하고 각 이해관계자의 참여를 유도하여 상호 운영성/안전성을 향상시키고, 항공기 스케줄의 예측성이 높아질 것으로 기대

- 민간 항공사의 높은 항공기상 콘텐츠 정확도 요구
 - '19년 현재 공항예보 정확도의 경우 공항 91.34%, 착륙 93.59%, 이륙 87.18%이며 위험기상예보 및 경보 정확도는 71.5% 수준
 - ※ 국제기구 권고 정확도 80%이상
 - '18.6월 시행된 항공기상정보사용료 인상(6,170원→11,400원)에 대해 항공사측이 기상오보로 인한 피해 제시, 감당 어려움 호소
 - 항공사측은 지속적으로 요구해 온 항공기상예보 정확도 향상을 더욱 강조하고 있음
 - 더 정확한 기상예보로 항공기 회항, 결항, 지연 등을 감소시킴으로써 수요자가 만족할 만한 수준으로 기상정보 활용 가치(손실액 보전 등)를 높일 필요가 있음
 - 특히, COVID-19로 채산성이 악화된 민간항공사 이용자를 위한 더 정확하고 더 세밀한 항공기상정보의 적시 제공 중요성이 긴급 현안으로 급부상
 - 기상오보로 인한 민간항공사 경제적 손실('17년~ '19년상반기): 국내 항공사(8개)가 제출한 회항 및 결항 편수 대비 손실액은 편당 약 천만원 정도의 손실, 연간 약 700편이 기상오보로 회항 및 결항한 것으로 추정
 - ※ 국회(2019년(강효상 의원) 및 2020년(윤준병 의원, 노웅래 의원))는 항공사들이 제기하고 있는 항공기상정보의 질적 문제 해결과 예보역량 확충, 기상정보 정확도 향상에 노력해야 함을 지속적으로 요구

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

< 민간 항공사 손실액 자료 >

표 19 기상오보로 인한 손실액 관련 국내 항공사의 제출 자료

| 구분 | 운항편(건) | 승객(명) | 비고 |
|----|--------|---------|----------------------|
| 결항 | 1,388 | 203,143 | 악천 예보로 결항했으나 운항 가능편 |
| 회항 | 364 | 55,180 | 호천 예보로 운항했으나 회항한 항공편 |
| 계 | 1,752 | 258,323 | - |



그림 57. 기상오보로 인한 우리나라 국적항공사 손실액

※ 대한항공, 아시아나, 티웨이, 제주항공, 진에어, 이스타, 에어부산, 에어서울 등 국내 8개 국내 항공사가 입은 손실액 (2017년 ~ 2019년 상반기)

※ 출처 : 자유한국당 강효상 국회의원(국회 환경노동위원회)이 국토교통부로부터 제출받은 자료(2019년)

< 기상요인에 의한 지연결항 분석 >

- ◆ 기상요인에 의한 항공교통 지연 및 결항율
 - 지연율의 경우, 2019년 및 2020년 분기별 운항계획 건수와 패턴이 비슷하게 변화하는 경향을 보이고 있음. 비행, 공항 혼잡도 등 더불어 감소함에 따른 감소로 보여지며 이 경우, 기상요인에 의한 지연율이 높아질 가능성이 있음
 - 결항율의 경우, 운항계획 건수와 관계없이 1% 이하의 비슷한 수준을 보임
 - 2020년 1분기 및 2분기는 2019년의 동일 기간에 비해 운행계획 건수가 줄었음에도 기상요인에 의한 지연 및 결항율이 큰 편임을 보여줌. (비행 편수 줄어들면 들수록 기상요인이 중요한 요소로 부각 추정)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 2020년에 국내선 결항의 경우, 기상요인에 의한 결항율이 대부분을 차지함

※ 출처 : 국토교통부 항공교통서비스보고서

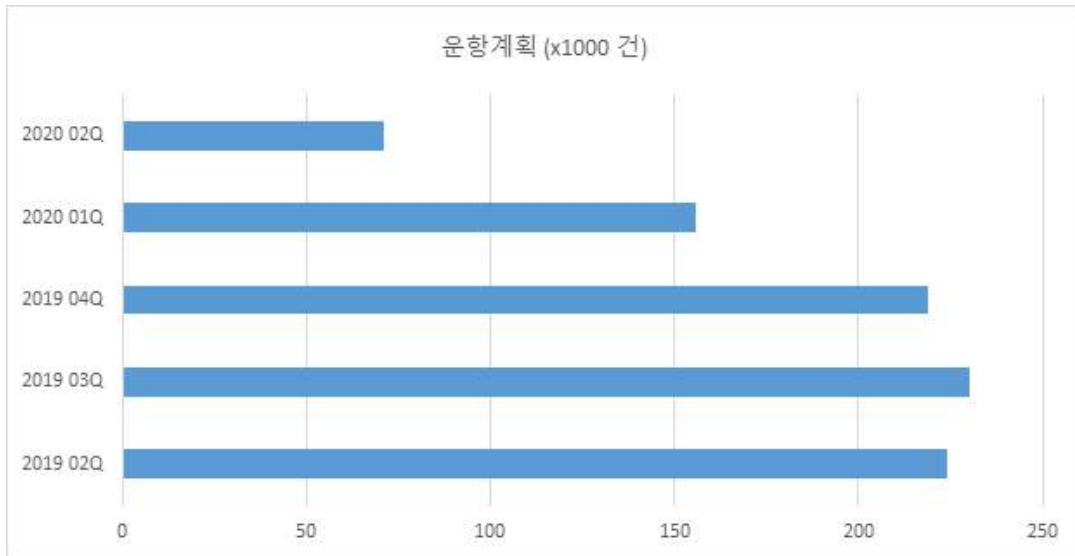


그림 58. 국내 8개 항공사 운항계획 현황(2019.2Q~2020.2Q)

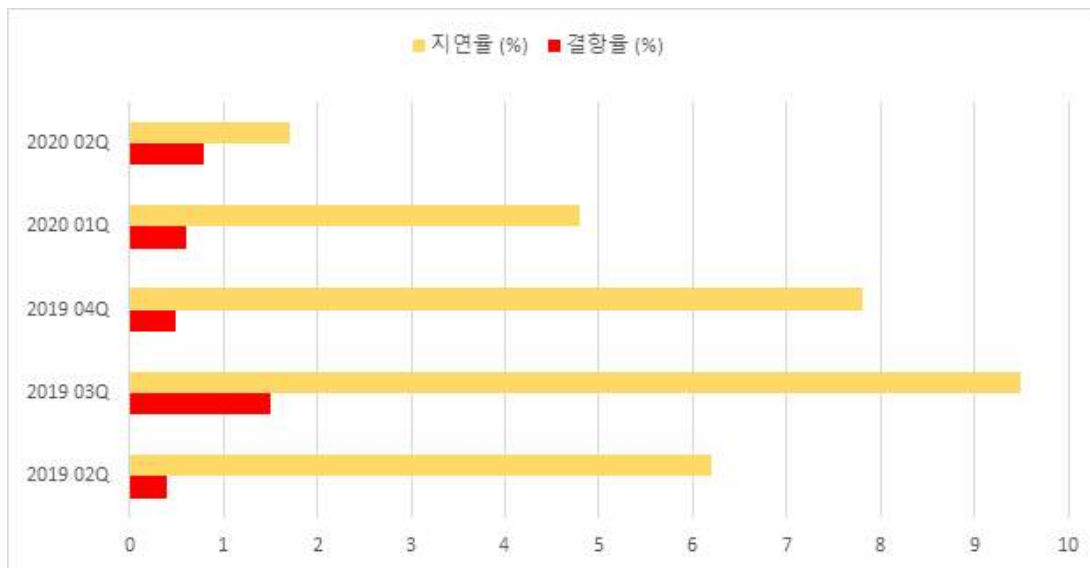


그림 59. 기상요인 지연율 및 결항율(2019.2Q~2020.2Q)

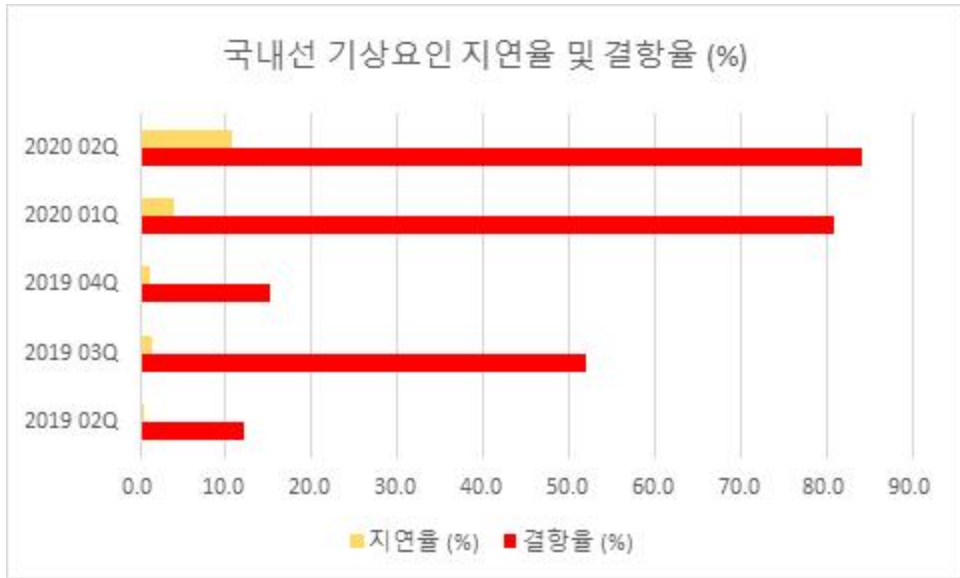


그림 60. 국내선 기상요인 지연율 및 결항율(2019.2Q~2020.2Q)

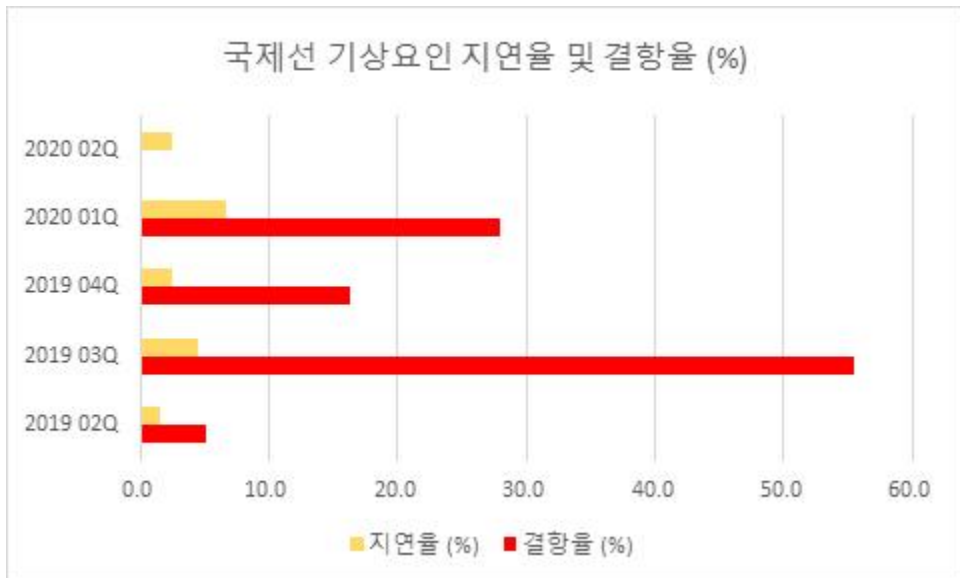


그림 61. 국제선 기상요인 지연율 및 결항율(2019.2Q~2020.2Q)

표 20. 2017~2019년 상반기 동안 운항계획에 따른 지연율 및 결항률

| 연도 | 기상 지연(%) | | 기상 결항(%) | |
|-------|----------|------|----------|-------|
| | 국내 | 국제 | 국내 | 국제 |
| 2019상 | 2.89 | - | 73.84 | - |
| 2018 | 2.66 | 6.11 | 75.58 | 50.39 |
| 2017 | 2.16 | 5.23 | 61.67 | 70.61 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 2018년도에 2017년 대비 국내선의 기상요인에 의한 지연 비율(+0.5%) 및 결항 비율(+13.9)이 증가하면서 손실액이 2배 이상 증가한 것은 이 중 국내 기상요인에 의한 결항(악천 예보로 결항했으나 실제로는 운항이 가능했던 상황)이 대부분일 것으로 추정
- 2019년 상반기는 2017년 대비 기상요인에 의한 지연 및 결항 건수가 적음에도 손실액은 1.7배 이상인 것으로 보아 항공사 입장에서 보는 기상예보의 오보 비율이 다른 해에 비해 더 많았던 것으로 추정
- ※ 2019년 상반기 자료는 국내선 지연 결항만 반영한 것으로 단순 비교는 어려움
- 2017년부터 2019년 상반기까지 8개 국내 항공사들이 제출한 회항 및 결항 편수 대비 손실액을 보면 편당 약 천만 원 정도의 손실을 추정할 수 있으며 연간 약 700편의 운항 건수가 기상 오보로 회항 및 결항하는 것을 알 수 있음

❖ 운항계획 대비 지연 및 결항 현황 ('17.~'19.)

○ 2017년 운항계획 대비 지연 및 결항

| 노선 | 운항계획 | 지연 | 결항(건) | 기상요인 지연 | 기상요인 결항 |
|-----|---------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 국내선 | 388,125 | 46,334건 (11.99%) | 1,753건 (0.45%) | 1,002건 (2.16%) | 1,081건 (61.67%) |
| 국제선 | 409,592 | 24,910건 (6.09%) | 245건 (0.09%) | 842건 (5.23%) | 173건 (70.61%) |

※ 2017년 국내선 결항률은 전년 대비 심각한 폭설이 발생하지 않았고, 항공사의 대체기 확보의 영향으로 과거 5년간 대비 가장 낮은 수치로 보임.

○ 2018년 운항계획 대비 지연 및 결항

| 노선 | 운항계획 | 지연 | 결항(건) | 기상요인 지연 | 기상요인 결항 |
|-----|---------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 국내선 | 387,327 | 51,411건 (13.45%) | 5,057건 (1.13%) | 1,366건 (2.66%) | 3,822건 (75.58%) |
| 국제선 | 304,056 | 16,912건 (5.6%) | 1,163건 (0.38%) | 1,033건 (6.11%) | 586건 (50.39%) |

※ 1,2월 잦은 강설 대규모 지연/결항 사태가 발생(제주에서 1~2월 중 눈이 내린 날이 15일), 8월에는 한반도를 관통하며 직접적인 영향을 미친 19호 태풍 솔릭 등(영향 준 태풍 수는 6월 1개, 8월 2개, 9월 2개)으로 인해 8월 22~24일

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | | | | |
|---|---------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 사이 총 1,008건의 결항이 발생 ※ 4, 5월 시정 및 바람(강풍, 윈드시어 등)으로 인한 지연 다수 발생(시정113회, 바람 116회) | | | | | |
| ○ 2019년 운항계획 대비 지연 및 결항 | | | | | |
| | 운항계획 | 지연 | 결항(건) | 기상요인 지연 | 기상요인 결항 |
| 국내선 | 210,128 | 44,522건 (11.7%) | 4,101건 (1.06%) | 1,570건 (3.53%) | 3,579건 (87.27%) |
| 국제선 | 320,698 | 12,172건 (3.8%) | 774건 (0.24%) | 1,125 (5.23%) | 684건 (88.37%) |
| ※ 7개 태풍(7월 1개, 8월 3개, 9월 3개)이 영향을 미쳐 상대적으로 7, 8, 9월 지연이 증가함. 2019년 9월에 영향을 미친 태풍이 3개였으며(10년 평균 0.4개), 13호 태풍 링링(9월 6~7일), 17호 태풍 타파(9월 22~23일)로 인한 대규모 결항(1,351건)이 발생함. | | | | | |
| ※ 2018년에 비해 2019년에는 시정 48회, 바람 70회로 대폭 감소함. | | | | | |
| ※ 2019년 상반기 지연 17,975건, 결항 1,124건, 기상요인 지연 520건 (2.89%), 기상요인 결항 830건(73.84%)으로 분석됨 | | | | | |
| <출처 : 국토교통부 항공교통서비스보고서> | | | | | |

- 저고도 헬기 안전 항행을 위한 저고도 항공기상 콘텐츠 보완
 - 최근 기상 등 복합적 요인에 의한 사고 증가, 국회 등 소형항공기 기상지원 강화 촉구
 - ※ 최근 독도 인근 해상에 응급구조헬기 추락('19.10.) 사고에 따라 공공·민간 저고도 항공기 및 비행체에 대한 사고 이슈 관심 증대
 - 공공헬기(닥터/긴급구조/산불진화 헬기 등) 경우 긴급 출동으로 제한된 기상정보와 시각 확인 정보를 직관적으로 빠르게 확인, 출동해야 하고 임무 중 갑작스러운 돌풍과 기류 변화 등 대처해야 함
 - ※ 제한된 기상정보 : 산악, 해상 등 열악한 비행여건에 해당하는 지역에서의 기상정보
 - 대부분의 사고 요인을 열악한 비행여건 (야간, 해상, 산악 등)과 미흡한 기상확인 시스템으로 보고 있음

< 항공기 사고 사례 >

- 2015년~2019년 발생한 사고 중 2019년 12월까지 조사 완료된 건수
(국토부 항공철도사고조사위원회 항공사고조사보고서)
 - 초경량 비행장치 및 저고도 항공기 : 총62건
 - 초경량 비행장치(패러글라이딩, 스카이다이빙, 무인헬기, 드론, 열기구) : 36건
 - 경량항공기 : 15건, 헬기 : 11건
 - 대형항공기(국적/국외항공기 국내사고+국적항공기 국외사고 포함) : 총15건
- ※ 참고: 기상 요인에 의한 사고 리스트('16년~'17년)
 - 2017.07.13. 초경량 사용사업(초경량 비행장치, 무인헬기 등), 기여요인 : 비행전 기상상태 확인 미흡
 - 2017.06.17. 초경량 레저(패러글라이딩), 기여요인 : 비행지역 바람 특성 파악 부족
 - 2017.04.28. 초경량 레저, 사고원인 : 순간 돌풍
 - 2016.09.10. 초경량 레저(패러글라이딩) 사고원인 : 난기류 진입
 - 2016.03.27. 초경량 레저, 기여요인 : 비행 지역 바람 특성 파악 부족
 - 2016.11.21. 준사고 사용사업 사고원인 : 착빙 피하기 위한 조치 부족, 기여요인 : 비행전 기상자료 분석 미흡

< 국내 주요 헬기 추락사고 일지('90년~현재) >

- <1990년대 이후 국내 주요 민·관·군 헬기 추락 사고 일지>
- 1992년 2월 14일 = 경북 선산군에서 육군항공대 소속 UH-1H 헬기 추락. 7명 사망
 - 1992년 8월 13일 = 제주 서귀포시 토평동 앞바다에서 한국항공 소속 12인승 관광용 헬기 추락해 1명 사망, 11명 중상
 - 1992년 9월 14일 = 강원 춘천 남면 산악지대에서 육군 500 MD 헬기 2대 추락해 4명 사망
 - 1993년 4월 30일 = 충북 보은군 내속리면 속리산 문장대 부근에서 충북지방경찰청 소속 500D 헬기 추락해 3명 사망
 - 1993년 6월 14일 = 서울 한강서 선경건설소속 S76B 헬기가 영화촬영 중 추락해 7명 사망
 - 1993년 8월 13일 = 경북 성주군서 해군소속 대잠초계기 링스 MK99 추락해 10명 사망, 1명 부상
 - 1994년 3월 3일 = 경기도 용인군 외사면 야산에 공군 제 15전투비행단 소속 UH-60 블랙호크기 추락해 6명 전원 사망
 - 1995년 7월 28일 = 충북 음성군 산성면에서 육군항공대 소속 UH1H기 추락해 4명 사망, 2명 중상

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 1996년 8월 9일 = 경남 산청군 시천면에서 경남도소방본부 소속 BK 117B-1 백로 1호 헬기가 조난 등산객을 태우고 가던 중 추락해 조종사 등 탑승객 7명 전원 사망
- 2001년 5월 17일 = 경북 안동시 계명산에서 산림항공관리소 양산지소 소속 러시아제 카모프(KA-32T) 소방헬기가 산불진화 도중 추락해 조종사 등 3명 사망
- 2003년 1월 18일 = 경남 합천군 합천댐에서 대구시 소방본부 소속 PZL-W3A(SOKOL) 달구벌 2호기 소방헬기가 자동비행장치 시험비행 도중 추락해 2명 사망
- 2003년 8월 14일 = 경북 영천시 화산면 용평리에서 육군 항공작전사령부 소속 UH-1H 헬기 추락해 조종사 등 7명 사망
- 2006년 7월 27일 = 충남 부여에서 산림항공본부 강릉관리소 소속 러시아제 ANSAT305 헬기가 밤나무 방제작업 도중 추락해, 조종사 사망
- 2007년 8월 20일 = 충남 공주에서 산림항공본부 진천관리소 소속 벨 206-L3 헬기가 밤나무 방제작업을 위해 이동 중 추락해 조종사 등 3명 사망
- 2007년 11월 5일 = 강원도 인제군 현리 육군 항공단 활주로에서 UH-60 헬기 2대 공중 충돌해 조종사 1명 사망, 21명 부상
- 2008년 2월 20일 = 경기도 양평군 용문산 인근에서 응급환자를 이송하고 부대로 복귀하던 육군 204항공대대 소속 UH-1H 헬기가 추락해 조종사 등 7명 사망
- 2009년 11월 23일 = 전남 영암에서 산림항공본부 영암관리소 소속 러시아제 KA-32T 헬기 비행 교육 중 추락해 3명 사망
- 2010년 3월 3일 = 경기도 남양주시 이패동 비닐하우스단지에 육군 109항공대 소속 500MD 헬기 추락해 2명 사망
- 2011년 3월 19일 = 충남 서산시 해미면 대곡저수지에서 충남소방본부 소속 소콜(sokol) 헬기가 산불진화에 앞서 저수지에서 담수 작업하러 가던 중 추락해 정비사 1명 사망
- 2011년 4월 4일 = 경기 연천에서 김스솔루션 소속 헬기가 자재 운반 도중 추락해 2명 사망
- 2011년 5월 5일 = 강원 강릉시 소금강 계곡 인근에서 산림청 소속 AS350-B2 헬기가 산불예방 계도비행 중에 추락해 조종사 등 2명 사망
- 2012년 7월 21일 = 대구 달성군에서 에스엔 항공 소속 헬기가 항공방제 작업 중 전선에 걸려 추락해 1명 사망
- 2013년 5월 9일 = 경북 안동시 임하댐에서 산림청 산림항공본부 안동산림항공관리소 소속 S-64E 헬기가 산불진화 후 복귀하던 중 추락해 조종사 2명 사망
- 2013년 11월 16일 = 서울 삼성동 아이파크 아파트에 민간 헬기가 충돌해 조종사 2명 사망
- 2014년 7월 17일 = 광주 광산구 장덕동 부영아파트 옆 도로에 세월호 참사 지원활동을 마치고 복귀하던 소방헬기 추락해 소방대원 5명 사망

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 2015년 3월 13일 = 전남 신안군 흑산면 가거도 인근 해상에 목포해양경비안전서 소속 헬기가 추락해 탑승자 4명 사망, 1명 실종
- 2016년 2월 15일 = 강원 춘천시 신북읍 율문리 인근 밭에 육군 205항공대 소속 UH-1H 헬기가 점검 비행 중 추락해 3명 사망, 1명 부상
- 2016년 3월 27일 = 경기도 화성시 장안면 석포리 한 야산 근처 공터에서 산불 진화 중이던 세진항공 소속 헬기 1대가 추락, 조종사 1명 사망
- 2016년 9월 27일 = 강원도 양양 동쪽 52km 해역에서 한미 연합훈련 중이던 해군 링스 해상작전헬기 1대가 추락, 조종사 등 3명 사망
- 2017년 11월 16일 = 전남 보성군 벌교읍 낙성리의 한 주유소 앞 논바닥에 산불감시용 헬기가 추락, 기장 사망
- 2018년 7월 17일 = 경북 포항시 남구 포항비행장 활주로에서 해병대 마린온 헬기 추락, 5명 사망, 1명 부상
- 2019년 2월 27일 = 경남 합천군 대병면 합천댐에 경남도소방본부 소속 헬기 추락, 조종사 등 3명 부상
- 2019년 10월 31일 = 경북 울릉군 독도 인근 해상에 응급환자 등 7명을 태운 중앙119구조본부 소속 EC225 헬기 추락
- 2020년 3월 19일 = 울산 울주군 웅촌면 통천리 895 회야댐 인근에서 산불 진화작업을 펴던 울산시의 민간 임차 헬기가 추락 기장과 부기장 2명이 타고 있었는데 기장은 구조됐으나 부기장은 실종 상태다. 회야댐 저수지에서 물을 뜨던 중 강풍에 밀려 사고가 난 것으로 추정, 강풍주의보가 발효돼 최대 순간풍속이 시속 45~70km(초속 12~20m)로 강한 바람이 불었다. BELL214B1 기종
- 2020년 5월 1일 = 경남 산청군 시천면 중산리 천왕봉에서 법계사 방향으로 400~500m 지점 소방헬기 1대가 추락, 등산객 및 보호자 2명 사망, 당시 현장에는 초속 7m의 남동풍

3.2. 국외 현황 및 전망

- ◆ 국제민간항공기구(ICAO) 미래항공교통시스템 전환 프로그램 이행 관련하여 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 수요자 중심의 미래 항공기상서비스 제공을 목표로 프로젝트 진행 중
 - ※ 미국 FAA NextGen, 유럽 SESAR, 일본 CARATS
- ◆ (미국) FAA와 NOAA, NASA 등 기관과의 협력을 통해 항공교통관리를 위한 기상정보의 통합을 진행 중
 - AWC는 기상정보가 포함된 비행경로 통과 저고도 헬기 서비스 툴 등을 통해 수요자 맞춤형의 interactive service 형태로 제공
 - ※ AWC는 관련 기술의 검증 및 현업 적용을 위하여 실험용 및 운영용으

- 로 구분하여 시스템을 구축(Research-to-Operation)
- NextGen 프로젝트는 항공교통 흐름 관리 지원을 위하여 기상 공통지원 서비스(CSS-Wx)와 NWP (NextGen Weather Processor)를 구축
 - ※ 기술적/전략적 의사결정지원용 항공기상 예측시스템을 개발하고 WTIC (Weather Technology in the Cockpit)를 통하여 조종사 맞춤형 기상 정보 화면 표출 제공
 - ◆ (유럽) SESAR(Single European Sky ATM Research)프로젝트와 eWAS 서비스 등을 통하여 기상정보 통합 서비스 진행 중
 - SESAR TOPLINK 프로젝트를 통한 시험 추진(MET-GATE 시제품 활용(2015.09), 사용자인터페이스 및 ATM+MET 통합 가능성 시험)
 - 조종사에게 실시간 기상정보제공으로 항행 안전성과 편의성을 높인 eWAS 실시간 기상 솔루션 활용 중
 - ◆ (아태지역) 일본, 홍콩, 싱가포르 등 ATM 맞춤형 MET 정보 및 서비스 제공을 추진 중
 - 일본 JAXA는 CARATS를 위한 DREAMS 프로젝트 수행(2012년~2015년): 후류 및 대류를 고려한 착륙관리 지원 서비스 개발)

□ 미국

- 국제민간항공기구(ICAO) 미래항공교통시스템 전환 프로그램 이행 관련하여 국토부는 4D 궤적기반 운항체계 구축을 위해 비행경로 관리 등 궤적기반의 운항 예측 알고리즘 개발 연구 추진 중(~'23)이며 기상청은 이러한 수요에 대응하기 위한 항공기상서비스 추진 계획
 - SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망)의 기상정보교환모델(IWXXM, ICAO Weather Information eXchange Model)을 통해 2019년 우주기상자료 추가 등 수행
- 항공교통량의 증가로 유관기관, 항공사 및 저고도항공기 조종사 등의 항공기상서비스 사용량이 증가함에 따라 수요자 중심으로 항공기상서비스를 제공하여 서비스의 질 향상을 추구함
 - 항공기상청 홈페이지 서비스는 유관기관 및 항공사 등 건의 및 개선사항 요청에 따라 전문가용 통합 홈페이지 정식 서비스와 항공기상청 홈페이지 및 모바일 서비스 강화 및 개선('19년)
- NOAA/AWC(AVIATION WEATHER CENTER)
 - ADDS (AVIATION DIGITAL DATA SERVICE)
 - 항공기상센터는 항공 디지털 자료서비스(ADDS)를 통해 주요 공항 및

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

항공로에 대한 위험기상 실황 및 예측자료를 제공함

- FAA ADDS 및 NNEW (NextGen Network Enabled Weather) 프로그램 참여를 통해 항공기상정보 제공을 지속적으로 추진 중임

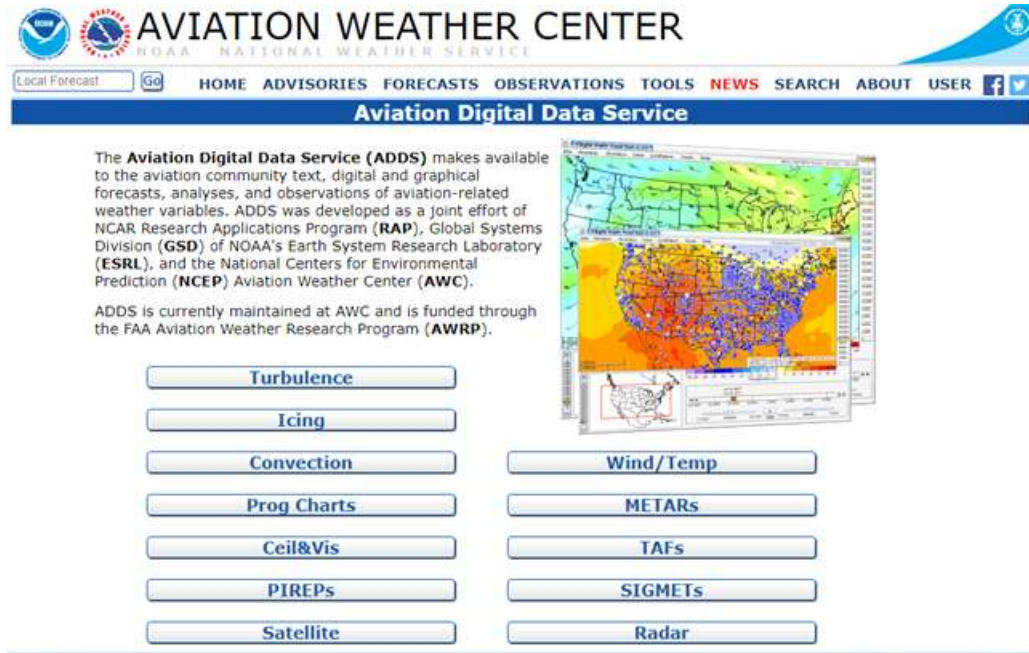


그림 62. ADDS 웹 서비스
(<https://www.aviationweather.gov/adds/>)

- ADDS 프로그램은 오늘날의 비행사들이 다양한 중요 항공기상정보를 편리하게 웹에 접근 가능하며, NNEW 프로그램은 FAA NextGen의 요구를 충족시키기 위해 새로운 기상자료 배포 인프라를 구축하고 있음
- 실험용 및 운영용 ADDS는 RAL과 NWS의 항공기상 센터에서 호스팅되는 웹 사이트로, 항공기상정보에 24시간 액세스할 수 있음
- 운영용 ADDS는 NWS 및 FAA로부터 공식 운영 지정을 받은 기상정보를 제공하고, 실험용 ADDS는 추가 피드백 및 평가를 받아 연구 상태에서 잠정적 실험 상태로 진행된 항공기상정보를 제공
- ADDS 웹사이트는 민간 조종사부터 군 비행 계획자에 이르는 많은 사용자들을 처리하고 있으며 미국의 주요 항공사를 포함함

○ GFA(Graphical Forecasts for Aviation) Tool

- GFA 웹 페이지는 사용자에게 미국대륙 (CONUS), 멕시코만, 카리브해 및 일부 지역의 비행에 영향을 미칠 수 있는 기상에 대한 정보를 제공
- 대서양과 태평양의 웹 페이지에는 뇌우, 구름, 비행 범주, 강수, 결빙,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

난기류 및 바람을 포함하여 과거 14시간부터 미래 15시간까지 볼 수 있는 관측 데이터, 예측 및 경고가 포함됨

- 구름, 비행 범주, 강수, 결빙, 난기류, 바람 및 미국 기상청의 NDFD (National Digital Forecast Data)의 그래픽 출력에 대한 정보를 포함한 시간별 모델자료 및 예측정보를 이용할 수 있음
- 바람, 결빙 및 난기류 예측은 표면에서 최대 30,000피트 MSL까지 3,000피트 단위로 제공되며, 30,000 MSL에서 FL480 (48,000피트 MSL)까지 6,000피트 단위로 제공
- 난류 예측도 LO (18,000 MSL 미만) 및 HI (18,000 MSL 이상) 그래픽으로 나뉨
- 또한, 최대 결빙 그래픽과 최대 풍속 그래픽(고도에 관계없이)도 사용할 수 있고, 최신 지리정보로 구축되어 사용자는 이동 및 확대기능을 통하여 관심 영역에 대한 정보이용이 가능

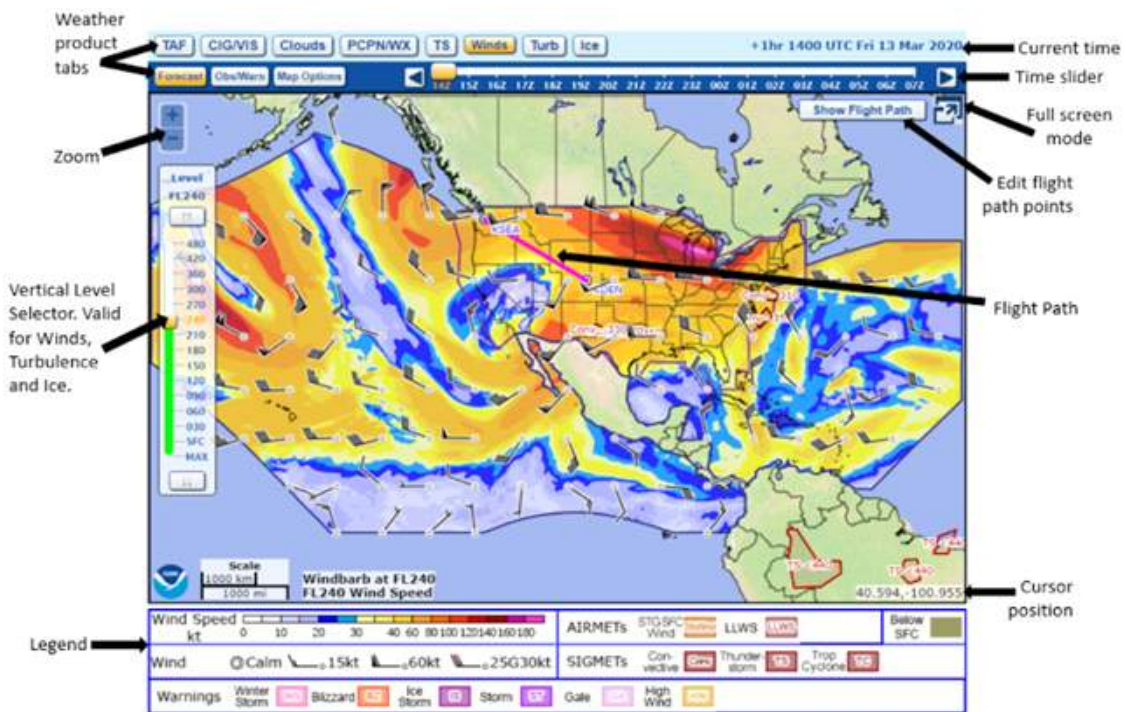


그림 63. GFA 화면 예시 및 구성

- FPT (FLIGHT PATH TOOL)

- FPT는 ADD에 이용 가능한 기상정보를 모두 모아 놓은 종합적인 대화형 지리정보 표출시스템이며, 최대 성능을 위해 컴퓨터에서 데스크톱 응용 프로그램으로 실행됨
- FPT는 여러 기상정보를 중첩하여 표출할 수 있음: icing, turbulence

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

potential, convective diagnosis and forecast, ceiling, visibility, flight category, winds, relative humidity, temperature, radar, satellite observations, AIRMETs, SIGMETs, METARs, TAFs, PIREPs

- 모든 3D 데이터는 선택된 비행 수준에서 수평으로 또는 비행 경로를 따라 수직으로 절단하여 구조적인 부분을 볼 수 있으며, 데이터 애니메이션 기능과 전 지구를 커버하는 기능을 포함함
- 또한, 보기 영역에 가장 적합한 투영으로 자동 전환되며 고해상도 베이스 맵은 확대할 때 선택적으로 더 자세한 정보를 표시하고 비행 경로를 따라 수직 단면을 생성할 수 있음

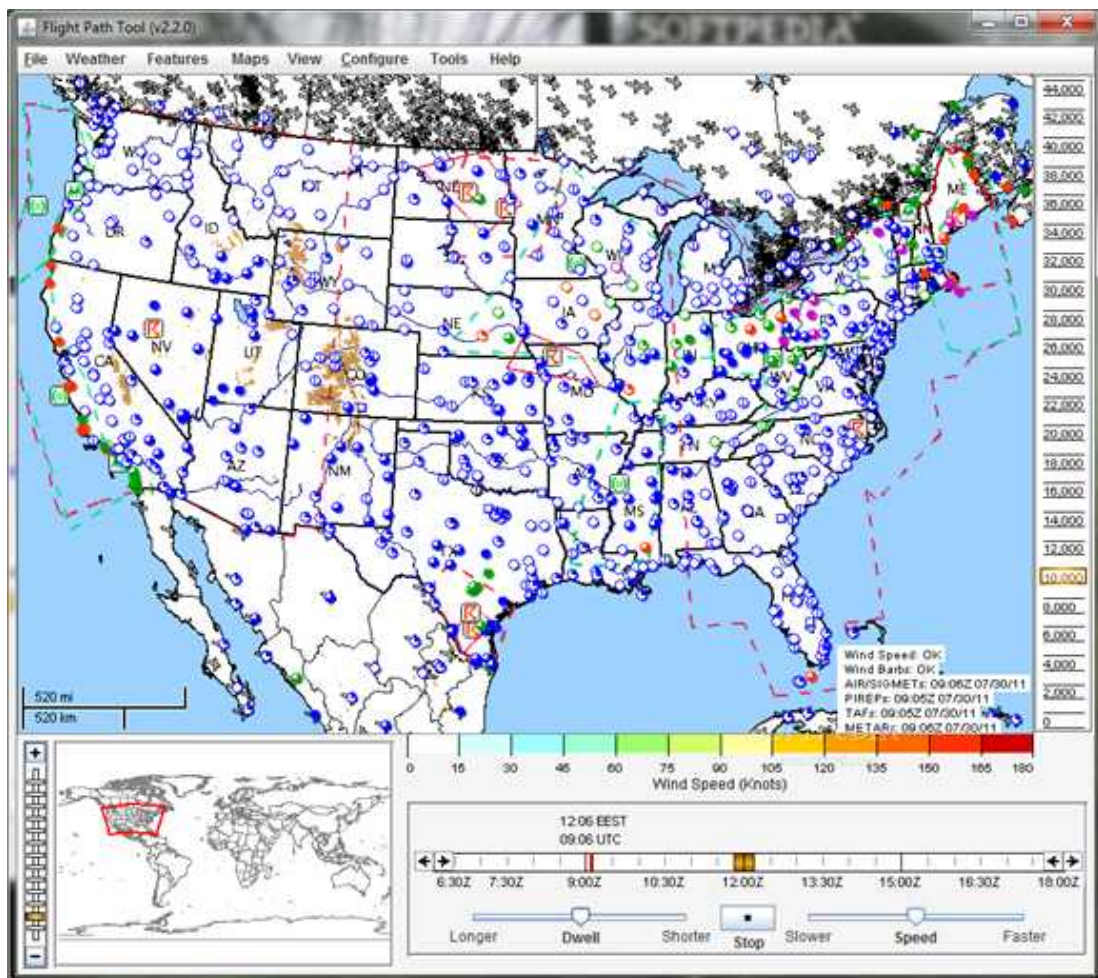


그림 64. FPT 화면 예시

- HEMS(Helicopter Emergency Medical Services) Tool
 - HEMS는 저고도 VFR 응급 구조대원의 요구를 충족하기 위해 특별히 설계되었으며, 성능을 위해 컴퓨터에서 데스크톱 응용 프로그램으로 실행됨

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- HEMS는 운고, 시정, 비행 카테고리, 바람, 상대습도, 온도, 레이더, AIRMETs, SIGMETs, METARs, TAFS 및 PIREPs등 다양한 관심 분야를 오버레이할 수 있음
- 모든 3D 데이터는 AGL 고도에 보간되며 최대 5000ft까지 500ft 간격으로 수평으로 슬라이스할 수 있고, 모든 데이터는 시간 내에 애니메이션화될 수 있음
- 이 도구에는 미국 전체의 거리, 병원 및 헬기장을 포함한 고해상도 베이스맵이 있고 확대하면 더 자세한 내용이 표시됨
- 나중에 빠른 호출을 위해 관심영역을 저장할 수 있음

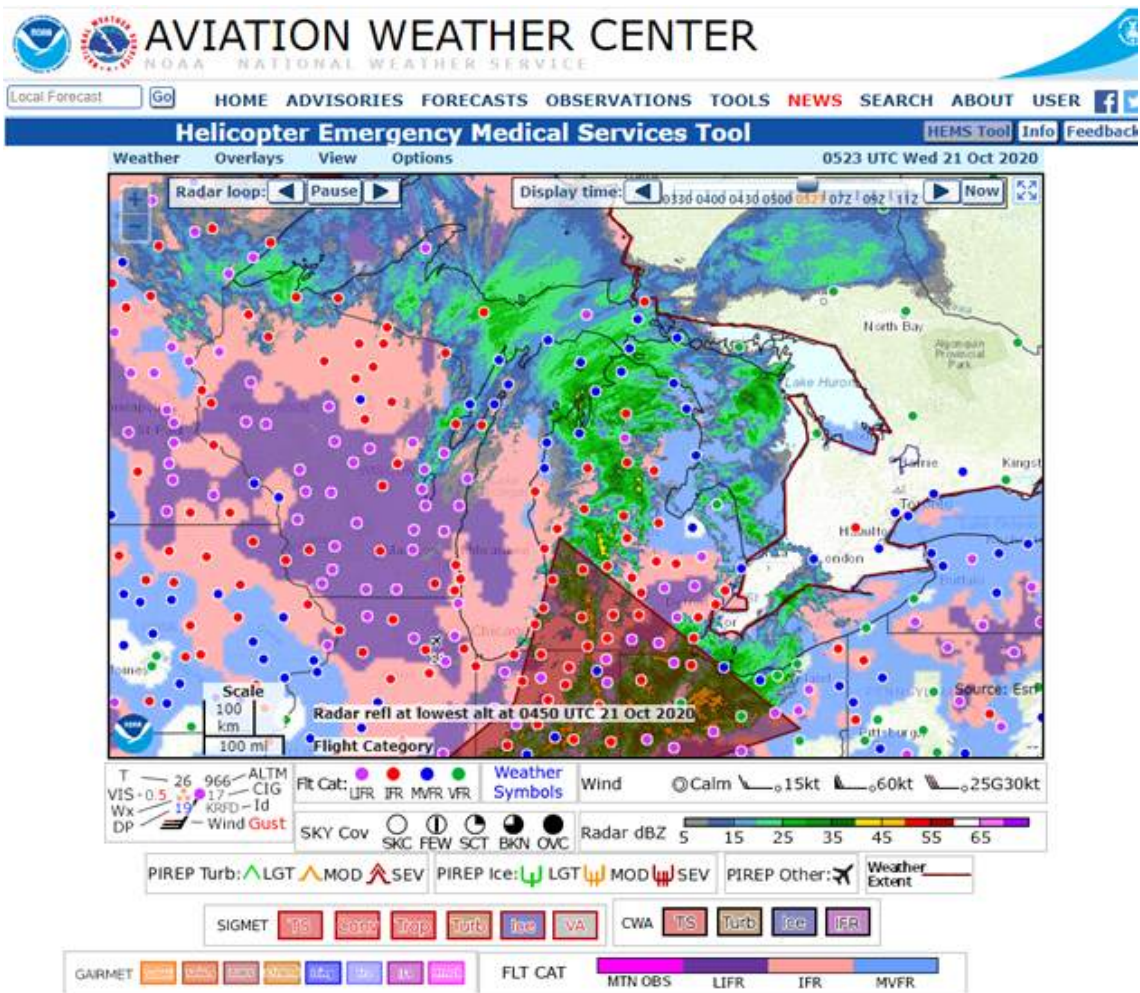


그림 65. HEMS 웹사이트 예시

○ NCAR 및 타기관 협업

- CoSPA(Collaborative Storm Prediction for Aviation)
 - FAA는 20년 이상 항공에 영향을 미치는 storm hazard에 대한 단기 예측을 개선하기 위한 연구로 NCAR의 RAL(Research Applications Laboratory), MIT Lincoln Laboratory 및 NOAA ESRL의 Global Systems Division의 연구자들을 통해 precipitation phase, intensity, echo top heights에 대한 0-8시간 예측을 생성함

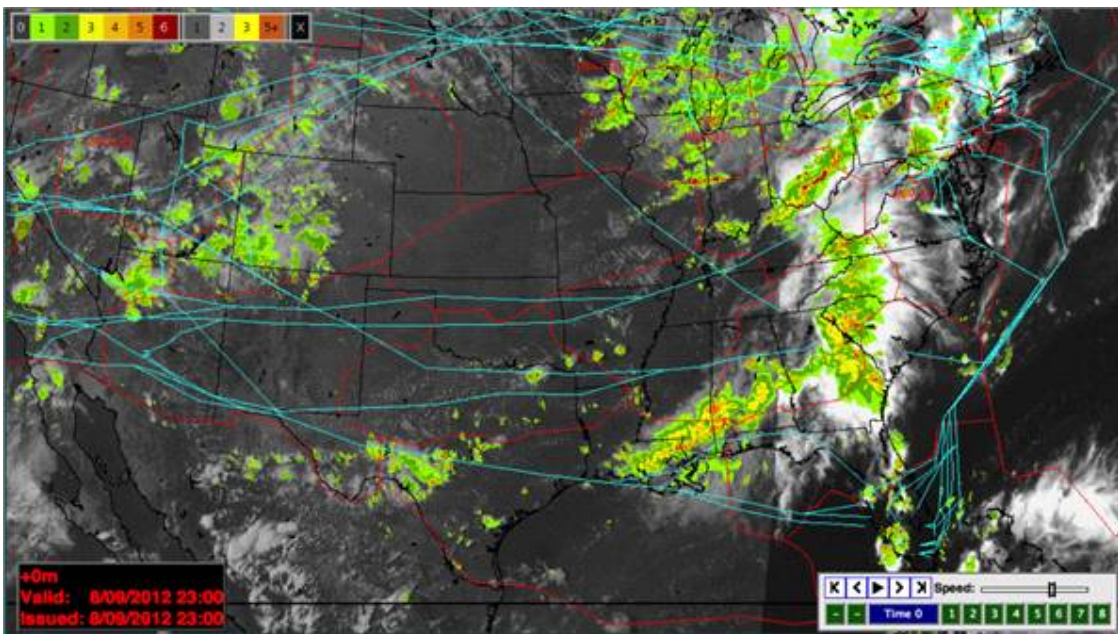


그림 66. 선택 경로를 포함한 CoSPA 분석 및 예측 디스플레이

- 예측은 MIT Lincoln Laboratory에서 생성한 휴리스틱 기반 외삽예측을 NCEP에서 실행되는 HRRR (High-Resolution Rapid Refresh) 모델의 결과와 병합하여 생성되며, 예측시스템은 현재의 ATM 요구와 NextGen의 향후 요구사항을 충족하기 위해 개발되고 있음
- 2010년부터 CoSPA는 미국대륙 전체와 멕시코만, 동부 대서양 및 캐나다 남부의 일부를 포함하여 FAA 및 항공사 시설에 배치되고 처음으로 일일 운항 항공 계획 프로세스에 사용되어 수행된 운영 평가결과는 ATM 계획에 상당한 이점을 보여주었음
- CoSPA의 최종 버전은 2018년 8월에 FAA NWP(NextGen Weather Processor)에 일부 설치용으로 제공되었고, 시스템 아키텍처뿐만 아니라 CoSPA 예측시스템의 개선을 위한 연구개발 이뤄짐

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 주요 개선사항은 블렌딩 알고리즘의 폭풍 시작 처리 개선뿐만 아니라 5분 업데이트를 허용하도록 알고리즘의 속도를 높이는 데 초점을 맞추고 있고, 예측 불확실성 정보를 사용하여 블렌딩 기술을 개선함.
- AOAWS (ADVANCED OPERATIONAL AVIATION WEATHER SYSTEM)
 - 1998년부터 NCAR는 대만의 CAA(Civil Aeronautics Administration)와 제휴하여 대만 항공 시스템 사용자를 위한 AOAWS라는 고급항공기상시스템을 개발
 - AOAWS의 주요 목표는 터미널과 타이페이 FIR (Flight Information Region)의 운영 안전, 용량 및 효율성 향상

Simplified AOAWS Diagram

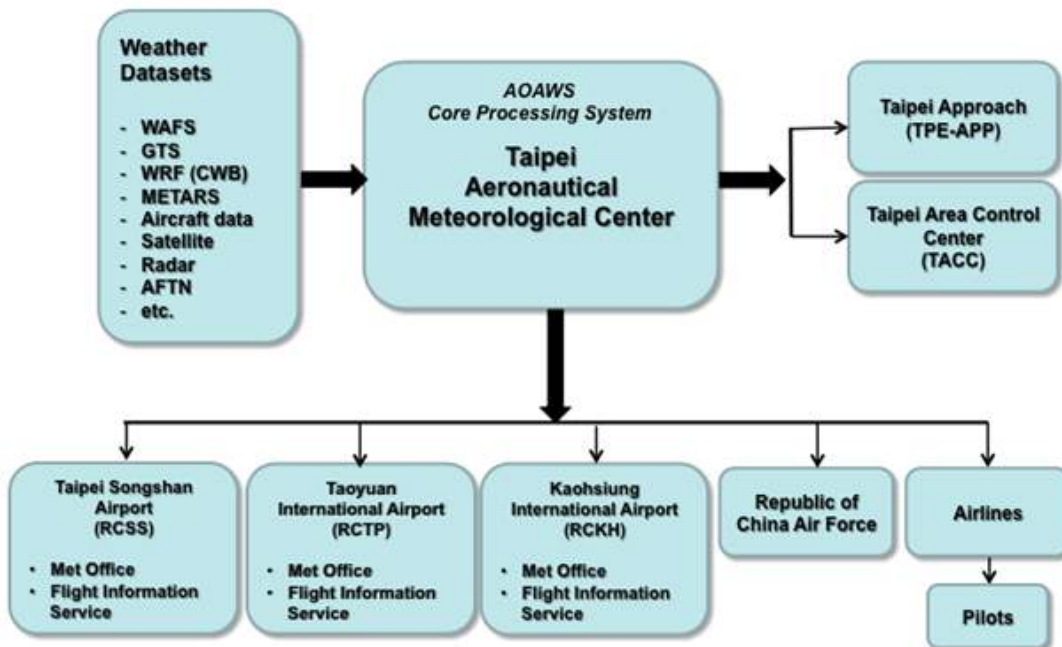


그림 67. AOAWS의 주요 구성 요소

- AOAWS는 항공기상의 공식화를 지원하는 TAMC(Taipei Aeronautical Meteorological Center)의 조종사, 관제사, 교통 관리자 및 예보관과 같은 시스템의 직접 사용자를 위한 기술적 및 전략적 의사결정을 지원하도록 설계
- 고해상도 기상 모델, 결빙 및 난류와 같은 항공 영향 변수를 계산하기 위한 모델자료 후처리 시스템, 사용자가 기상정보를 대화식으로 볼 수

있는 디스플레이 시스템이 포함

○ FAA/NextGen

- NextGen Weather Architecture

- NAS(National Airspace System)에서 구현하도록 설계된 공통 지원 서비스 Weather(CSS-Wx)와 NWP(NextGen Weather Processor)로 구성
- NWP는 항공기상 처리와 재처리된 정보 생성에 초점을 맞추고, CSS-Wx는 사용자를 지원하기 위한 기상정보 관리에 초점을 맞추고 있음
- CSS-Wx와 NWP는 기상자료 수집과 다양한 가입자에게 대용량 자료를 맞춤형으로 제공하며, 사용자들은 OGC(Open Geospatial Consortium) 표준 형식으로 게시된 그리드 및 비 그리드 항공기상정보를 제공받음
- 또한, 항공기상정보의 디스플레이에 대한 NAS 사용자 요구사항을 충족하도록 설계된 NWP AWD(Aviation Weather Display)에서 볼 수 있음

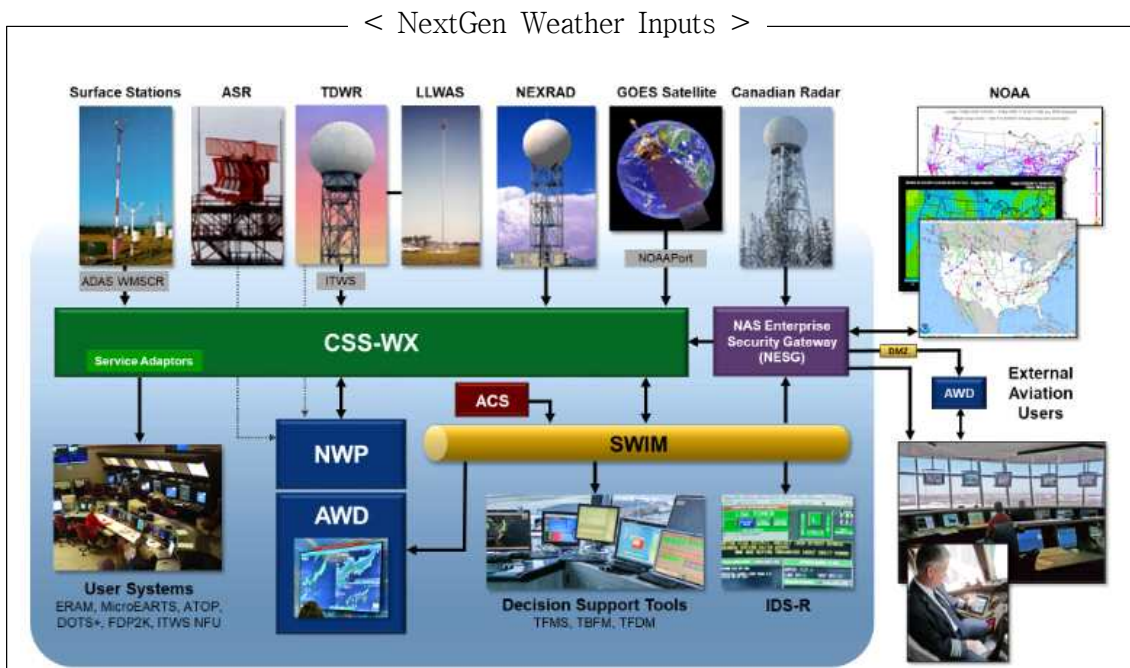


그림 68. NextGen Weather 아키텍처

- ◆ 항공 감시레이더 데이터는 NWP에 의해 직접 수집되고 NAS 기상 센서 데이터는 CSS-Wx에 의해 수집됨
- ◆ Surface Stations : ASOS(Automated Surface Observing Systems), AWOS

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

(Automated Weather Observing Systems), AWSS(Automated Weather Sensor Systems) 및 번개 센서를 포괄함

- ◆ 해당 정보들은 WMSCR(Weather Messaging Switching Center Replacement)와 ADAS(AWOS Data Acquisition System)을 통해 CSS-Wx에 의해 수신됨
- ◆ 그 밖에 NOAA가 운용하는 고대역 기상 데이터 방송 시스템인 NOAAPort를 통한 TDWR과 LLWAS, NEXRAD 및 GOES 데이터가 입력됨
- ◆ 이 그림은 또한 캐나다 기상레이더 데이터의 획득과 NAS Enterprise Security Gateway(NESG)를 통해 모델 데이터 및 기타 정보를 포함한 NOAA로부터 서비스 지향 데이터 전송을 보여줌
- ◆ ACS(International Common Services)는 NextGen Weather에 공항, 항법 보조 도구 및 기타 항공 데이터에 대한 정보를 제공

< NextGen Weather Outputs >

- ◆ NWP는 CSS-Wx로 부터 기상 데이터를 수신하면 도메인 전체의 기상정보를 중앙에서 생산하며, CSS-Wx는 NWP 정보와 필요한 NOAA 기상 데이터를 SWIM(System Wide Information Management)에 공개하여 NAS 사용자에게 전달함
- ◆ SWIM 기상 소비자의 예로는 TFMS(Traffic Flow Management System), TBFM(Time Based Flow Management), TFDM(Terminal Flight Data Manager) 등의 의사결정 지원 도구와 IDS-R(Integrated Display System Replacement) 등의 디스플레이 시스템이 있음
- ◆ NextGen Weather Systems로 즉각적이고 원활하게 전환하기 위해 일부 NAS 사용자 시스템은 필요한 날씨 제품을 레거시 형식으로 변환하는 CSS-Wx Service Adaptor를 통해 데이터를 수신하도록 선택할 수 있고, 이 범주의 시스템으로는 ERAM(En Route Automation Modernization), MicroEartS(Microprocessor En Route Automated Radar Tracking System), ATOP(Advanced Technologies and Oceanic Procedures), DOTS+(Dynamic Ocean Tracking System Plus), FDP2K(Flight Data Processor 2000) 등이 있음
- ◆ 또한, SWIM은 NESG를 통해 외부 항공 사용자에게 디지털 NWP 제품을 제공할 것임

- AWRP(Aviation Weather Research Program)

- FAA AWRP는 안전성과 효율성을 높이고 항공기상이 NAS에 미치는 영향을 최소화하기 위해 응용기상연구를 실시하여 FAA가 요구하는 서비스 제공을 개선하고 항공 안전과 효율성을 높이기 위해 NWS가 개선된 기상 기능을 진화하는 항공교통 관리 의사결정 지원 도구(통합)로 전환하는 목표임

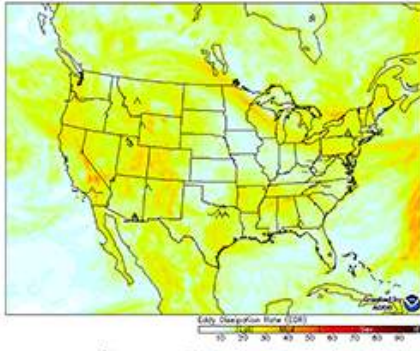
< AWRP 계획 및 연구영역 >

- ◆ 계획
 - 이해관계자 및 NAS 사용자의 특정 기상정보 요구 충족
 - 운영 환경에 대한 가시선으로 기상과 관련된 안전 및 효율성 문제 완화
 - 최신 요구사항을 충족하기 위한 레거시 기능(종종 NWS와 협력하여)에 필요한 날씨 정보 진화
- ◆ 연구영역
 - Turbulence
 - Inflight Icing
 - Convective Weather
 - Ceiling and Visibility (C&V)
 - Advanced Weather Radar Techniques
 - Weather Prediction Model Development & Enhancement

- FAA는 NOAA NWS AWS 웹 포털을 통해 NWS와 협력하여 AWRP가 후원하는 예측정보를 포함한 첨단 기상정보 및 비행계획 도구에 접근 가능
- NOAA NWS AWS 웹 포털에서 조종사, 운항관리자, 비행 서비스 스테이션 브리핑자를 포함한 광범위한 사용자 커뮤니티가 매일 1,000만 명 이상의 조회 수를 차지함.
- Common Support Services – Weather (CSS-Wx)
 - SWIM을 통한 표준 기반 기상자료 배포 기능을 사용하여 NAS로 기상 데이터, 정보 및 이미지를 제공함
 - NOAA와 FAA NWP 기상정보를 항공교통 의사결정 지원 도구에 통합하여 교통관리 의사결정 품질 개선에 이용
 - 국제적으로 공인된 데이터 액세스 및 데이터 형식 표준을 사용하여 기상용 공통 웹 서비스를 통해 제공됨

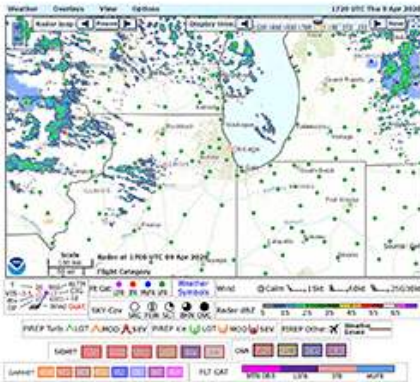
< NOAA/AWS 웹 포탈 서비스 예시 >

Graphical Turbulence Guidance



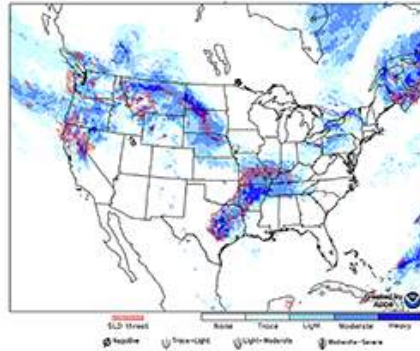
Graphical Turbulence Guidance produces an automated forecast of turbulence location and intensity for use in flight planning.

Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) Tool



Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) Tool: The operational HEMS page includes a C&V analysis, hourly forecasts of C&V out to 6 hours, an updated time-slider, and an updated 'Options' menu.

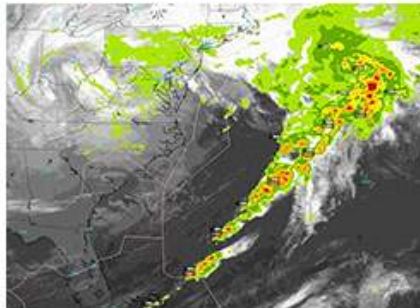
Forecast Icing Product



Forecast Icing Product produces an automated forecast of icing intensity and probability for use in flight planning.

Offshore Precipitation Capability

The FAA's Non-Radar Weather Radar



Ice accumulation on NRC Convair-580 after project flight sampling (Photo Credit: NCAR).

※ 국외현황 및 전망-미국-NOAA/AWC 내용 참고

<Improvements with CSS-Wx>

- ◆ 일관된 기상정보 제공
 - 광범위한 지리적 표준화된 형식으로 날씨 데이터셋 게시
 - 글로벌, 국내 및 기관 간 데이터 교환 단순화
- ◆ NAS 기상자료 접속 향상
 - 공통기상정보 이용 가능성 증대
 - 소비자 디스플레이에 이미지 맵 렌더링 제공
- ◆ 인터페이스 개발 비용 절감
 - 사용자 지정 지점 간 인터페이스 제거
 - 제품을 NAS 레거시 형식으로 변환
 - 항공 날씨 데이터 세트 저장 및 보관
- ◆ 인프라/대역폭 비용 절감
 - 날씨 정보를 필터링하여 사용자별 하위 세트 제공
 - SWIGH와의 파트너로 전사적 대역폭 효율성 달성
 - 호스트 알고리즘 기능을 제공하여 맞춤형 제품 생성 및 디스플레이 지원

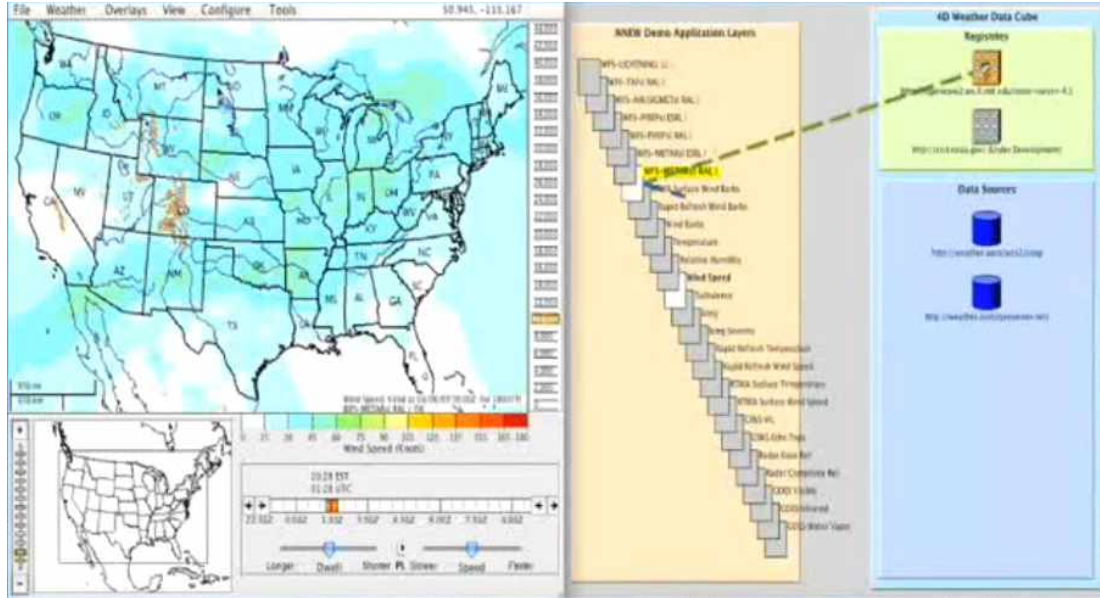


- CSS-Wx Product Categories/Web Services
 - CSS-Wx는 공통 지원 서비스와 국제표준기구(ISO) 및 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 광범위하게 채택된 데이터 액세스 및 표준 포맷을 통해 기상 데이터에 액세스할 수 있도록 하며, 이 서비스는 시간에 따른 지리적 참조 씨 정보를 전달하기 위한 기반을 제공

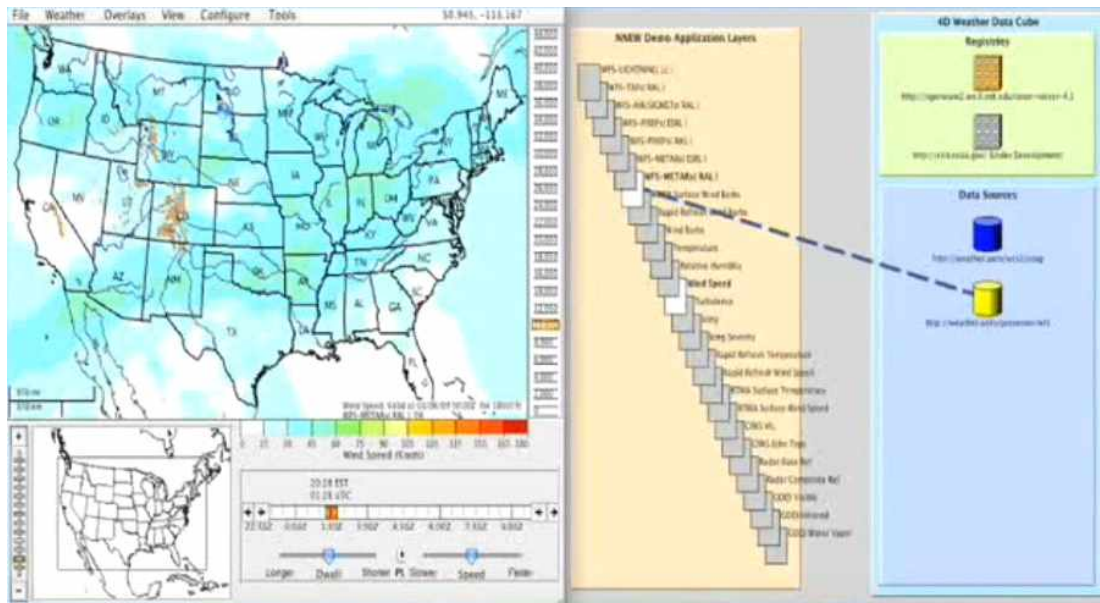
<Weather Product Categories>

- ◆ NOAA Weather Product Categories
 - Numerical Forecast Models : Rapid Refresh Model (RAP), High-Resolution Rapid Refresh Model (HRRR), Short-Range Ensemble Forecast Model (SREF), North American Mesoscale Model (NAM), etc.
 - Aviation Forecasts : Turbulence, Icing, etc.
 - Alphanumeric Products : Meteorological Aviation Report (METARs), Fronts, Terminal Aerodrome Forecast (TAFs), Pilot Reports, etc.
 - Imagery : Guam Satellite, etc
- ◆ NWP Weather Product Categories
 - Mosaic Products : Precipitation, Echo Tops, Satellite, etc.
 - Analysis Products : Tornadoes, Terminal Winds, Growth & Decay Trends, etc.

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

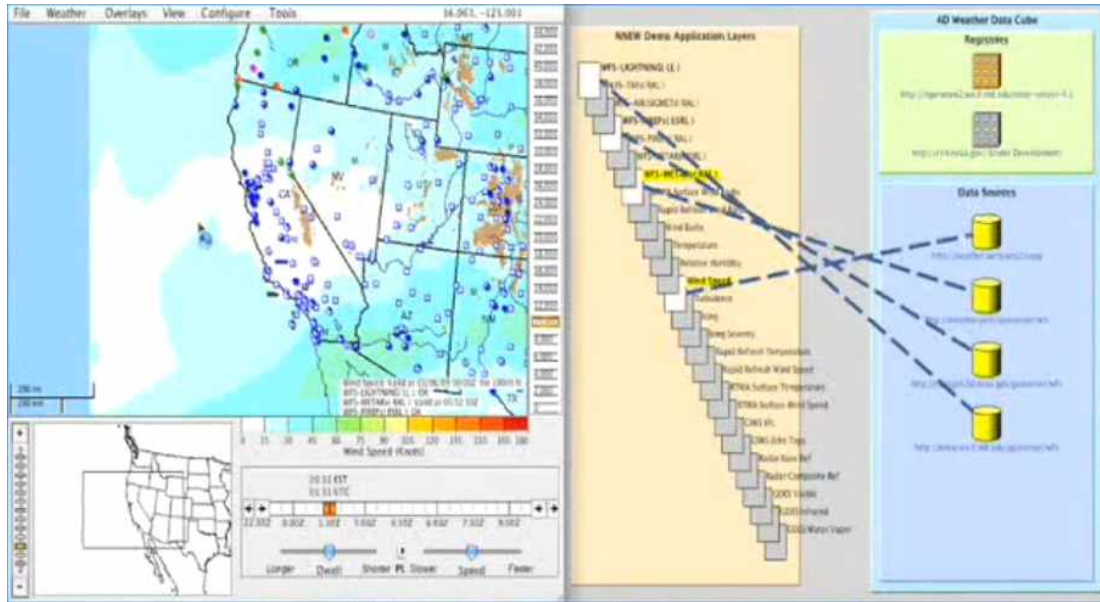


시스템이 레지스터리를 쿼리할 때의 데이터 흐름을 보여줌

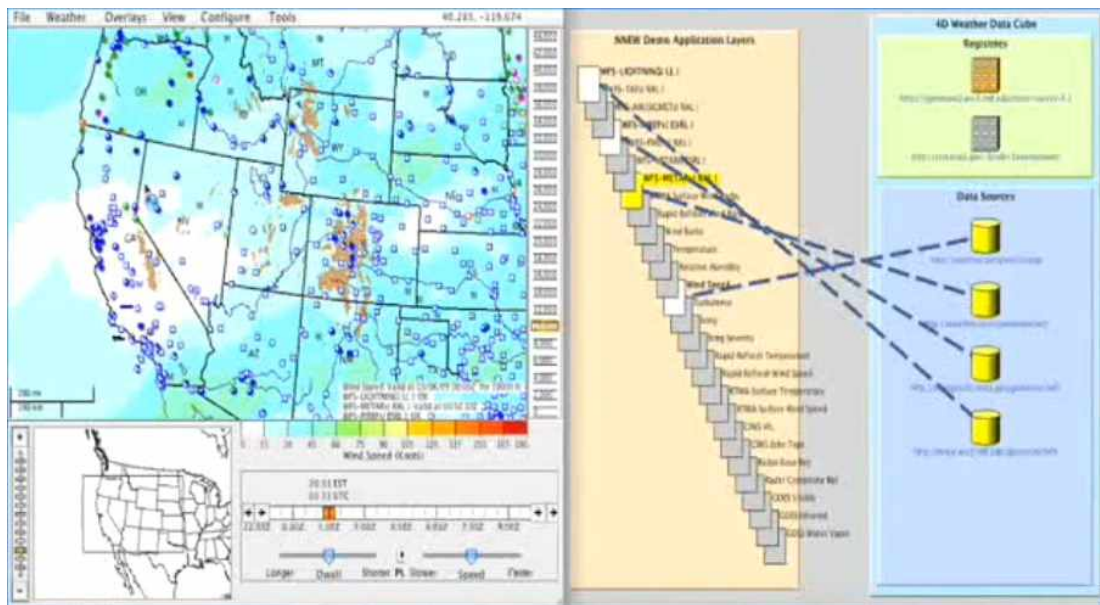


레지스터리는 시스템이 검색해서 표출해야 할 데이터셋 위치를 리턴하고 시스템은 해당 되는 저장소를 지시

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



시스템은 해당되는 필요한 만큼의 저장소를 지시



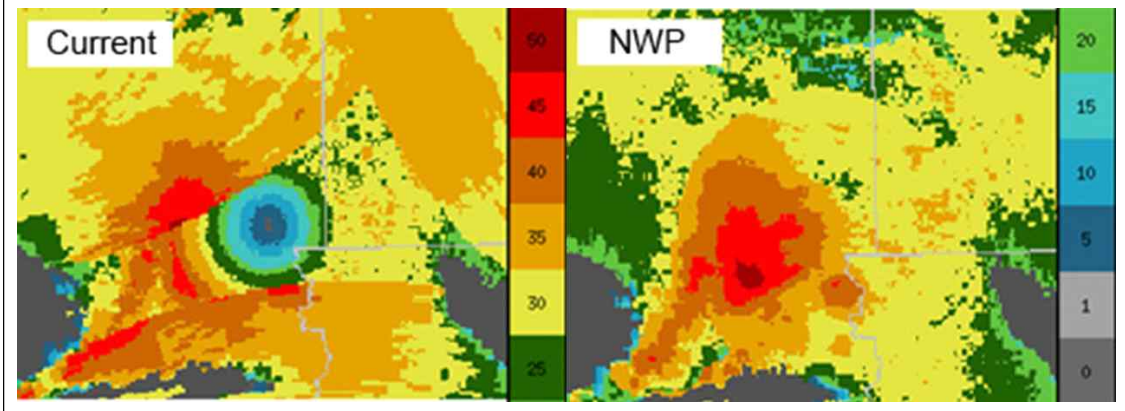
지도의 크기가 변하거나 이동시 새로운 요청에 따른 자료의 업데이트를 위하여 시스템이 다시 저장소에 연결하여 검색

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- NextGen Weather Processor (NWP)
 - 완전 자동화된 NWP는 항공안전 위험을 식별하고, 최대 8시간 전에 경로 체증과 공역 용량 제약을 예측하는 데 필요한 가공된 기상정보를 제공함.
 - NWP는 기상레이더, 위성, 번개, 기상 관측(표면 관측소와 항공기) 및 NOAA 수치 예측 모델 출력 정보를 결합하여 모든 FAA 사용자와 NAS 이해관계자를 위한 개선된 제품을 생산

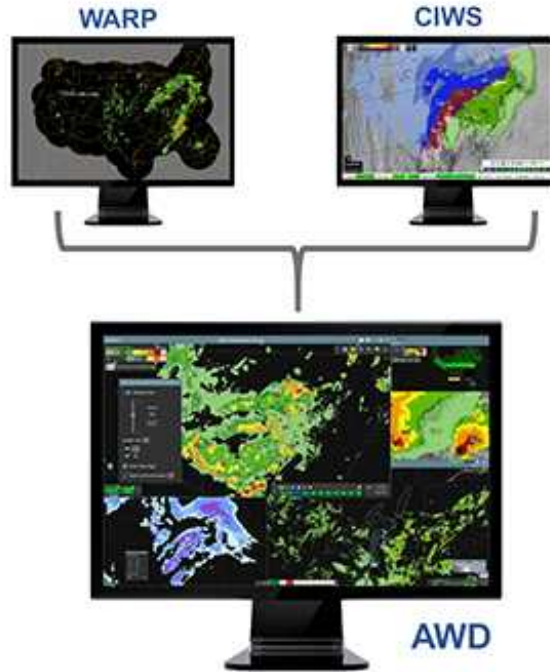
<Improvements with NWP>

- ◆ 특정 항공 요건에 맞춘 단기 예측 요소를 통해 일관된 기상 그림 제공
- ◆ 기상 그림을 항공교통 의사 결정으로 통합하기 위한 신뢰할 수 있는 공역 제약으로 변환
- ◆ 모든 종류의 기상과 계절에 걸쳐 안전하고 효율적인 국가공역시스템(NAS) 운영 가능.
- ◆ 기능이 중복되는 여러 FAA 기상 프로그램을 단일 NextGen 기상 시스템으로 통합



- NWP의 새로운 2차 산출물은 항공교통 관리자들이 영공의 보다 효율적인 사용을 할 수 있게 도와주며, 기상과 관련된 항공교통 지연을 현저하게 줄일 수 있도록 해줌
- 또한, NWP는 AWD(Aviation Weather Display)를 포함하고 있어, 향로 및 터미널 사용자에게 일관된 날씨 정보를 제공함.

<Aviation Weather Display(AWD)>



< AWD 개선 (여러 화면의 하나의 화면에 통합 사례) >



< Demonstration of the Aviation Weather Display at the ATCA Conference in 2019 (Photo: Raytheon) >

<NWP Products>

◆ NWP (NextGen Weather Processor) product는 다음 네 가지 주요 범주로 나뉨

1. Mosaic Products : 여러 데이터 소스의 유사한 제품을 결합




| | |
|--|--|
| <p>NEXRAD, TDWR, and Canadian Radars</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipitation • Composite Reflectivity (Flexible 1000 ft layers) • Base Reflectivity • Echo Tops (Levels 1-6) | <p>GOES Satellite</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combined East/West Visible and Infrared |
|--|--|

2. Analysis Products : 과거 및 현재 데이터를 사용하여 알고리즘을 구현하여 현재 기상 조건을 나타내는 제품을 생성



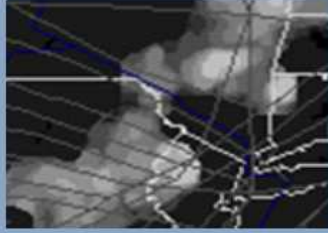
| | |
|---|---|
| <p>Storm Information</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motion Vectors • Storm Extrapolated Position • Growth & Decay Trends • Echo Top Tags, Hail • Lightning, Mesocyclone | <p>Wind Shear Safety</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tornado Detections <p>Terminal Winds</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wind Profiles and 3-D Grids |
|---|---|

3. Predictive Products : 과거 및 현재 제품과 NOAA 수치 일기 예보를 사용하여 알고리즘을 구현하여 미래의 비행 충돌 조건을 예측하는 제품을 생성



| | |
|--|---|
| <p>0-8 Hour</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipitation • Precipitation Phase (snow-mix-rain) • Echo Tops • Confidence | <p>0-2 Hour</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accuracy Scores • Fronts (time-aligned) |
|--|---|

4. Translation Products : 날씨 정보를 날씨 회피 제품으로 변환



| | |
|---|--|
| <p>0-8 Hour</p> <ul style="list-style-type: none"> • Convective Weather Avoidance Fields (CWAF) • Convective Weather Avoidance Polygons (CWAP) | <p>0-2 Hour</p> <ul style="list-style-type: none"> • CWAF for Route Availability Planning Tool (RAPT) and Arrival Route Status and Impact (ARSI) |
|---|--|

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- Weather Technology in the Cockpit (WTIC)
 - FAA 기상 연구 프로그램으로, 조종석 기상정보 및 렌더링, 조종사 기상 훈련, 조종석 기상 기술을 표준, 지침 문서, 훈련 자료, 기술 이전 또는 통합하기 위한 최소 기상 서비스 권장 사항을 개발하는 프로그램
 - 주요 개선 연구 방향: 조종석 기상정보 표출, 조종사 기상정보 및 기술의 이해와 해석, 기상정보 훈련 등
 - 조종석에서 이용할 수 있는 기상정보의 품질(정확성, 지연시간, 공간해상도 등), 기상정보의 제시나 통합 방식, 부족하거나 누락된 정보는 무엇인지 등을 조사 (악천후 유형에는 대류, 운고 및 시정, 착빙 및 난류가 포함)
 - NextGen Weather의 항공교통 흐름관리 지원
 - FAA 기상의 통합, 현대화 및 개선의 일환
 - 2시간 예측을 8시간으로 확대
 - ※ 여름철 기상 지연이 가장 크고 뇌우 발생 예측이 불확실하기 때문에 대류기류가 예상될 때 2~8시간의 리드타임에 걸쳐 교통관리를 지원하도록 설계
 - 기상 예측을 항공교통 운항에 대한 예측 제약으로 변환
 - 운영 기상 제약 조건을 예측하기 위한 신뢰도 측정 방법 제공

< Weather Technology in the Cockpit (WTIC) >



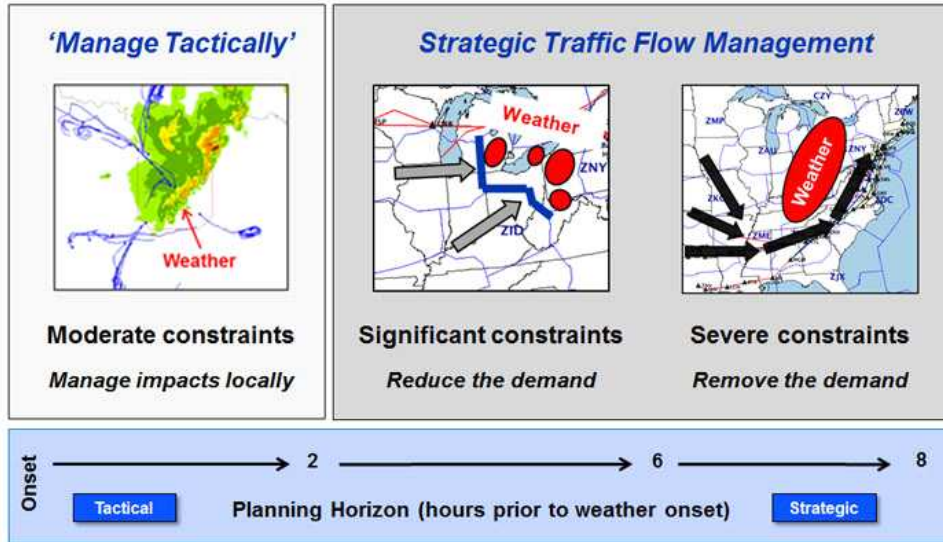
< 조종사의 기상정보 훈련용 시뮬레이터 >



< 조종석 기상정보 표출 예시 >

<대류기상에서의 교통관리 : '전술적' vs '전략적'>

- ※ 전술적 교통관리: 국지적 지역에서 비교적 짧은 시간(< 2시간)에 수행되는 업무나 절차
- ※ 전략적 교통관리: 지역적 또는 국가적 규모 범위의 계획 수립(2~8시간)



< 대류기상에서의 교통관리 >

- ◆ 기상 영향의 규모(일반적으로 뇌우)에 따라 수행될 교통 관리 계획의 범위와 리드 타임이 결정됨
 - 대류기상 시작 0-2시간 전에 터미널 또는 항로 공역의 로컬 영역에 영향을 미치는 moderate 제약 사항을 전술적으로 관리
 - 중앙의 얇은 빨간색 8각형안에 폭풍(붉은색 글자 Weather)이 강타함에 따라 푸른 선이 있는 파란색 점으로 보이는 접근 항공기들은 공항 기상이 좋을 때까지 홀딩 스택(여러 개의 파란 선으로 구성된 타원형 모양)에 배치
 - 대류기상이 시작되기 2-6시간 전에 significant 제약사항(중간 그림)을 전략적으로 관리
 - Flow Constrained Area(FCA, 두꺼운 파란색 선)라고 하는 사전 설정된 경계가 기상 영향 영역을 통해 수요를 제어하는 데 사용
 - 공역 관리 프로그램은 기상 이벤트 동안 FCA를 가로지르는 시간당 정해진 항공기 수(큰 회색 화살표로 표시됨)로 교통 흐름을 제한하도록 설정 가능(4개의 타원형 빨간색)
 - 대규모의 severe 대류 기상(오른쪽 그림)은 공역 사용 불가 할 수 있음.
 - 이런 종류의 기상(1개의 큰 붉은 타원형)이 발생할 때, 해당 영공으로

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 예정된 항공기의 전체 흐름을 차단선을 중심으로 다시 이동시켜야 함.
- 대규모 전략적 교통 흐름 관리는 많은 수의 항공기에 대한 경로를 수정하는 데 4-8시간의 리드 타임이 필요
 - 일반적으로 전략적 교통 흐름 관리를 위해서는 공역 수용량에 대한 기상 영향을 2-8시간 전에 명확하고 높은 신뢰도의 예측이 필요
 - NextGen Weather는 2-8시간 예측, 변환 및 신뢰 메트릭을 포함하여 이러한 운영 요구를 지원하는 다양한 기능을 제공

< 2-8 시간 예측 Products >

◆ 베이스라인: 대류예측

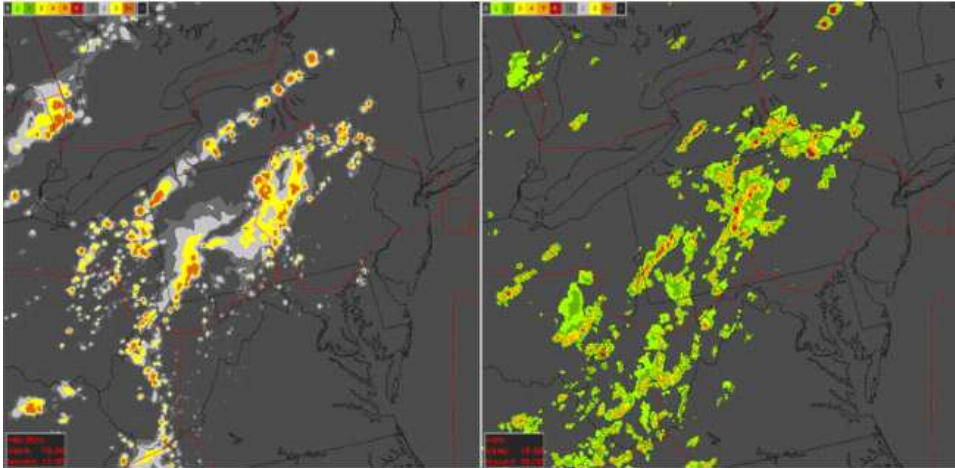
- 교통관리 이해관계자들이 사용하는 예측은 교통흐름관리 대류예측(Traffic Flow Management Convective Forecast)
- TCF(TFM Convective Forecast)는 매 2시간마다 3개의 등고선 지도로 구성되며, 향후 4, 6, 8시간에서의 높은 신뢰도의 뇌우 영역을 표출
- TCF는 희박(25~39%) 커버리지 영역의 밝은 해치 패턴과 중간 커버리지(40~74%) 커버리지 영역의 조밀한 스트라이프 패턴으로 채워진 파란색 다각형을 통해 예상 스톱 커버리지를 나타냄
- TCF 등고선은 전형적인 레이더 폭풍 묘사와 유사하지 않지만, 표시된 면적 범위와 함께 대류 기상이 예상되는 지역을 둘러싸고 있음



< NOAA TCF 표출 예시 >

◆ NextGen 기상 예측 산출물

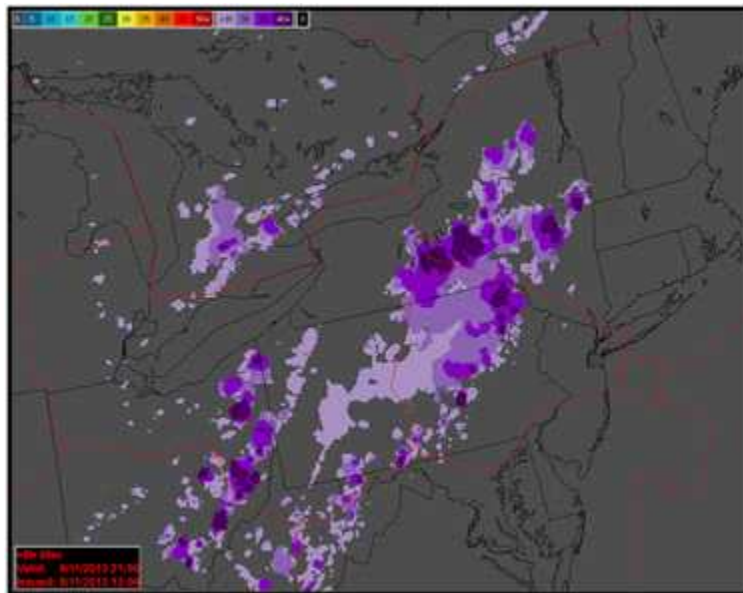
- TCF와 대조적으로, NWP는 현재 시간에서 향후 8시간까지의 폭풍에 대한 결정론적 "radar-forward" 예측을 제공



< NWP의 1-8 시간 예측 산출물 예시 >

※ "radar-forward" 는 미래의 폭풍 패턴, 폭풍 강도 및 수직 범위, 새로운 폭풍 성장 및 폭풍 붕괴가 모두 레이더 지도에 현재 날씨를 표시하는 것과 유사한 형식으로 묘사되는 것을 의미

- NWP는 또한 폭풍의 수직 범위를 나타내는 "레이더-포워드" 에코탐스 예측을 제공



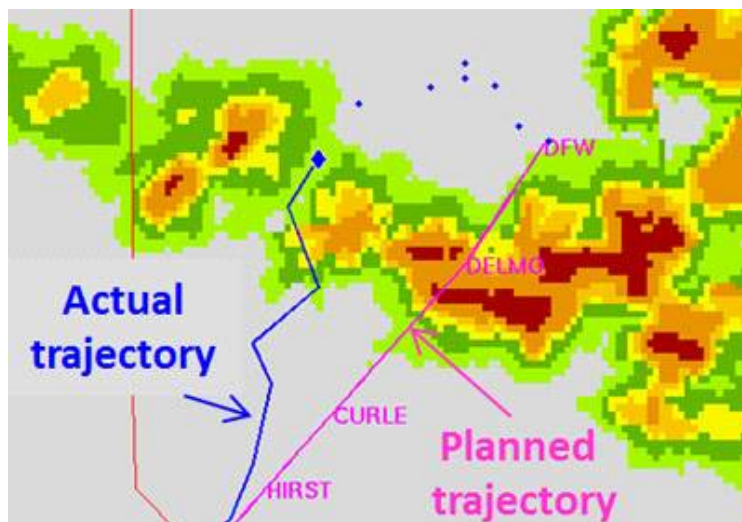
< 8시간 에코탐스 산출물 예 >

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- NWP는 예측을 2시간까지는 최대 5분, 8시간까지는 15분 간격으로 제공
- 2-8시간 전략예측 형식은 0-2시간 예측과 동일해 전략 및 전술적 영향평가에 원활한 능력을 제공
- NOAA의 운영 수치 모델은 NWP 결과에 가장 크게 기여하는 반면, 다른 NOAA 모델은 더 큰 NWP 도메인 내에서 추가적인 유틸리티를 제공하고 신뢰 지표를 예측하는 데 기여
- NWP의 예측 산출물, 관련 변환 산출물 및 신뢰 매트릭스는 협업적인 전략적 트래픽 흐름 관리를 지원하는 데 필요한 정량적이고 객관적인 용량 영향 예측을 생성할 수 있는 기반을 마련

< Translation Products >

- ◆ 대류기상을 조우할 때 효과적인 교통흐름의 전략적 관리를 위해서는 대류정보를 예상하고 회피할 수 있는 변환 시스템이 필요함
- ◆ CAWF(Convective Weather Avoidance Fields)
 - 조종사가 대류기상을 피하기 위해 경로를 변경할 확률을 추정하는 최초의 모델인 CWAM(Convective Weather Avoidance Model)을 개발
 - 상세한 기상 관측과 대류 영역을 회피하기 위해 항공기의 궤적을 상호 연관시켜 확률적 정보를 제공
 - NWP의 높은 해상도, 결정론적, 레이더-전방 예측을 입력으로 함

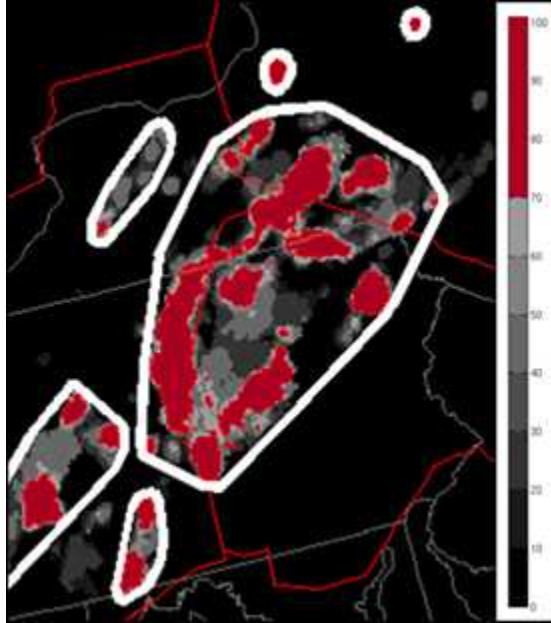


< 위험기상 조우 시 우회경로의 예시 >

- ◆ CWAP(Convective Weather Avoidance Polygons)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- CWA에 의해 플래그가 표시된 지역을 통해 가장 위험 가능성이 높은 경로를 예측하기 위해 NASA는 CWA를 추가로 개발
- CWA는 기본적으로 운항 관리에 영향을 미치는 대류 폭풍의 "fly/no fly" 경계를 식별

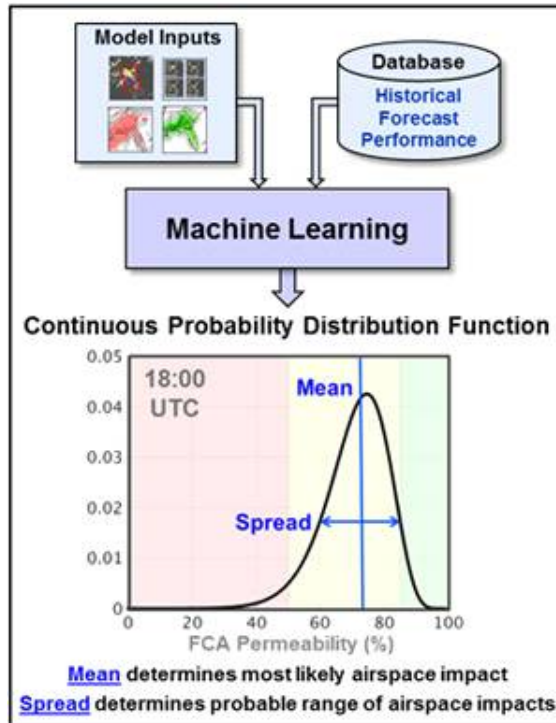


< CWA에서 값이 높은 지역을 둘러싼
CWA의 예 >

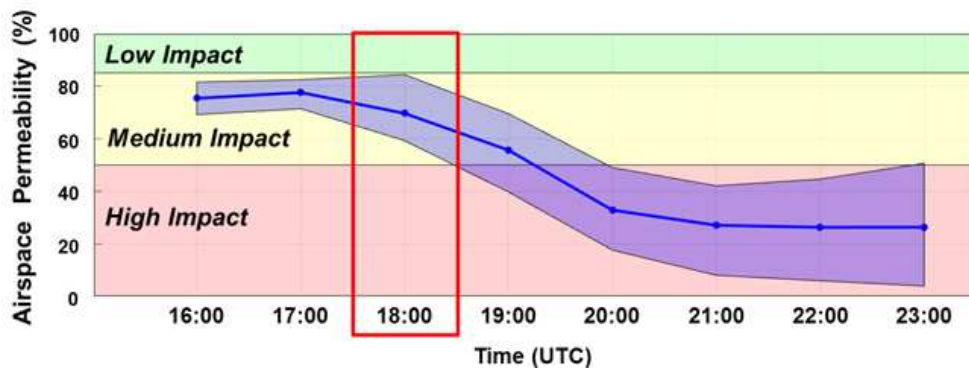
<Confidence Metrics>

- ◆ NWP Confidence metrics는 기상정보로 인한 예상된 공역제한의 불확실성을 전달하기 위해 개발되었고 기상변화에 대한 전략적인 교통흐름 관리를 위해서는 Confidence metrics가 필요함
- ◆ NWP Confidence metrics는 미래 폭풍 패턴, 폭풍 강도 및 수직 범위를 보여주는 "radar-forward" 기상 예측을 국가 공역 시스템의 예측 운영 기상제약정보로 변환
- ◆ 관리자들이 앞으로 8시간 동안 기상 제약의 심각성과 기간을 신속하게 파악할 수 있도록 지원하며, 예측된 기상 제약 정보를 모든 이해관계자가 볼 수 있으므로 공유된 상황 인식을 향상시킬 수 있음
- ◆ 모든 이해관계자는 기상정보의 가장 가능성이 높은 결과에 근거하여 정보에 입각한 의사결정을 내릴 수 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

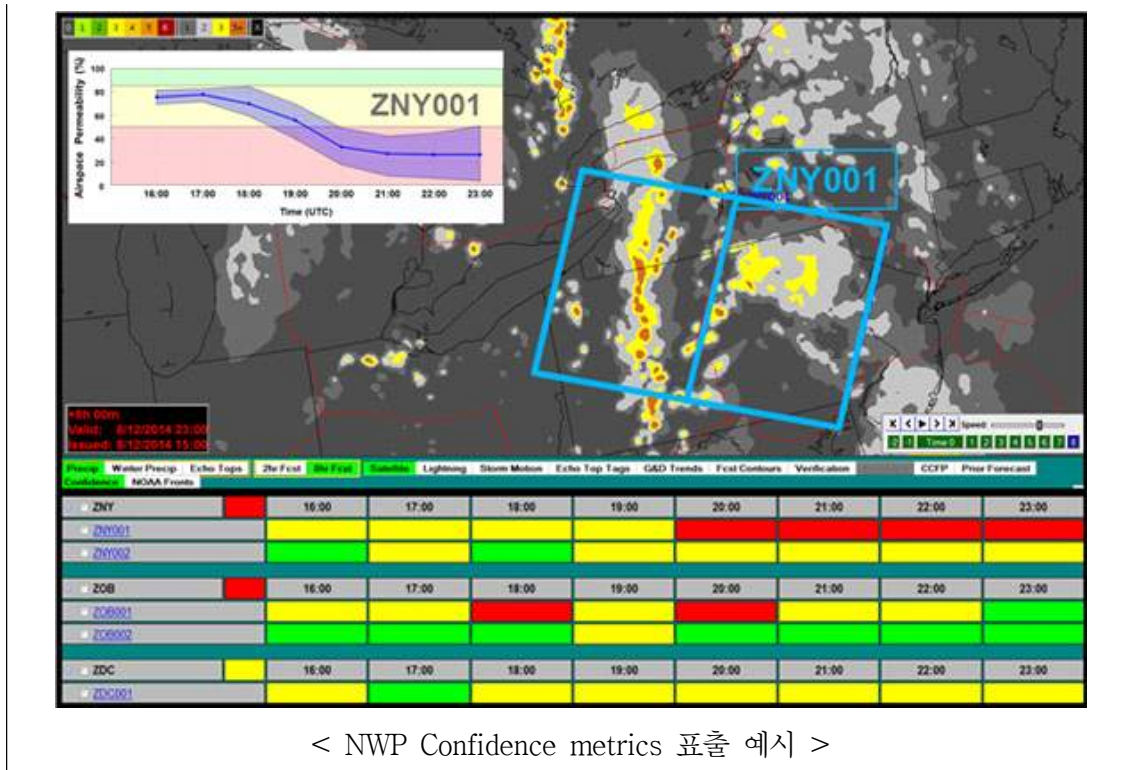


< NWP Confidence metrics 계산에 사용되는 기계 학습 >



< NWP 신뢰도 메트릭은 8시간 타임라인 형식으로 표시 >

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



○ EXELIS visual information solutions

- 기상데이터의 처리, 융합 및 해석을 처리하는 데 사용할 수 있는 COTS (Commercial-Off-The-Shelf) 도구는 거의 없음
- WxWb(Weather Workbench)는 최종 사용자가 인터넷에서 이용 가능한 예보 및 과거 기상 데이터베이스와 같은 기상 데이터에 접근을 허용
 - ※ 내장 된 Google EarthTM / Google MapsTM 디스플레이, 지리 참조지도를 가져 오기위한 웹지도 서비스 (WMS) 및 NOAA 웹 데이터베이스에서 일기예보 데이터 (Grib, netCDF)를 스트리밍하기 위한 맞춤형 URL 쿼리
- ENVI의 전체 이미지 처리 및 분석 툴 제품군을 사용하는 간단하고 사용하기 쉬운 디스플레이 인터페이스

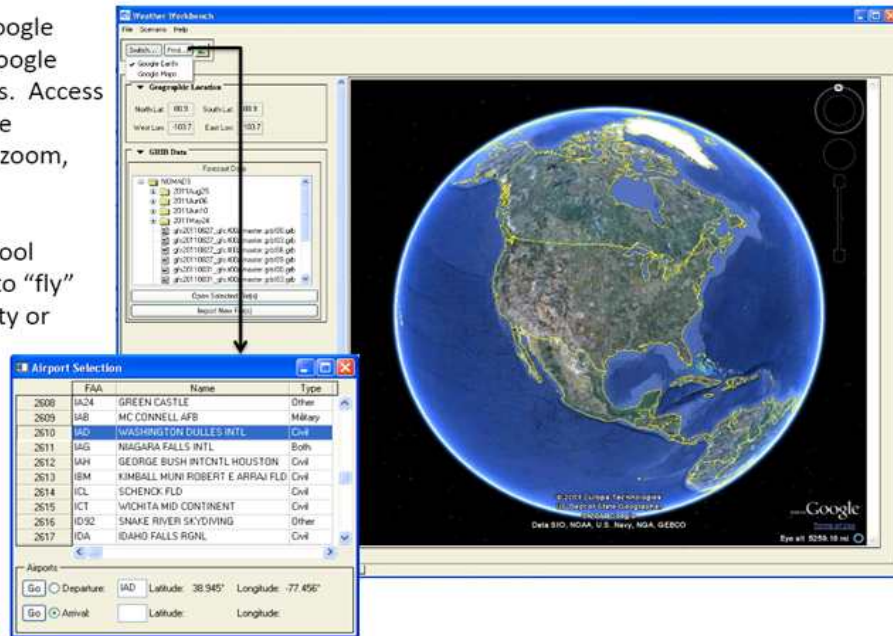
제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

< WxWB(Weather Workbench) >

Embedded Google Earth™ and Google Map™ displays. Access to most Google services (pan, zoom, rotate)

Quick search tool (button Find) to “fly” to a specific city or airport.

EXELIS

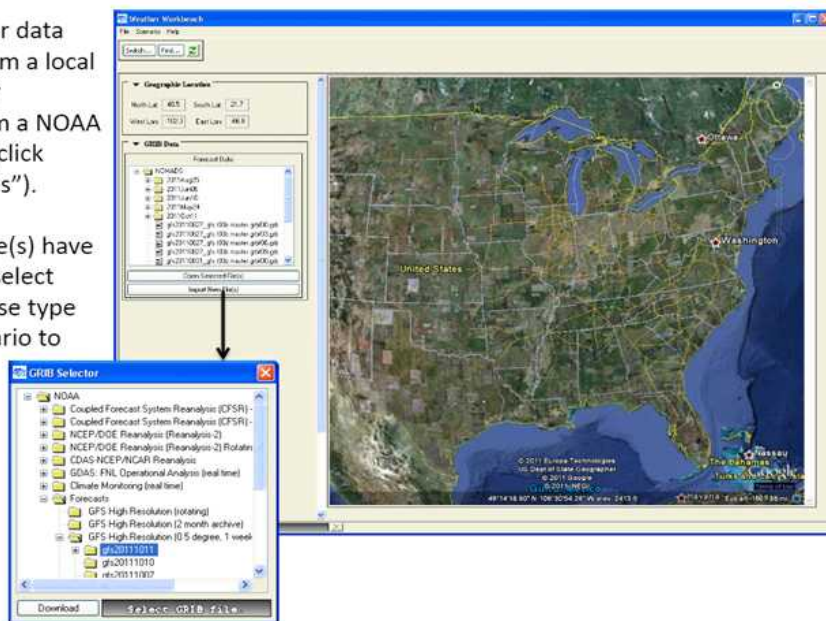


< Data Search Service >

Forecast weather data can be pulled from a local file repository, or downloaded from a NOAA website via FTP (click “Import New Files”).

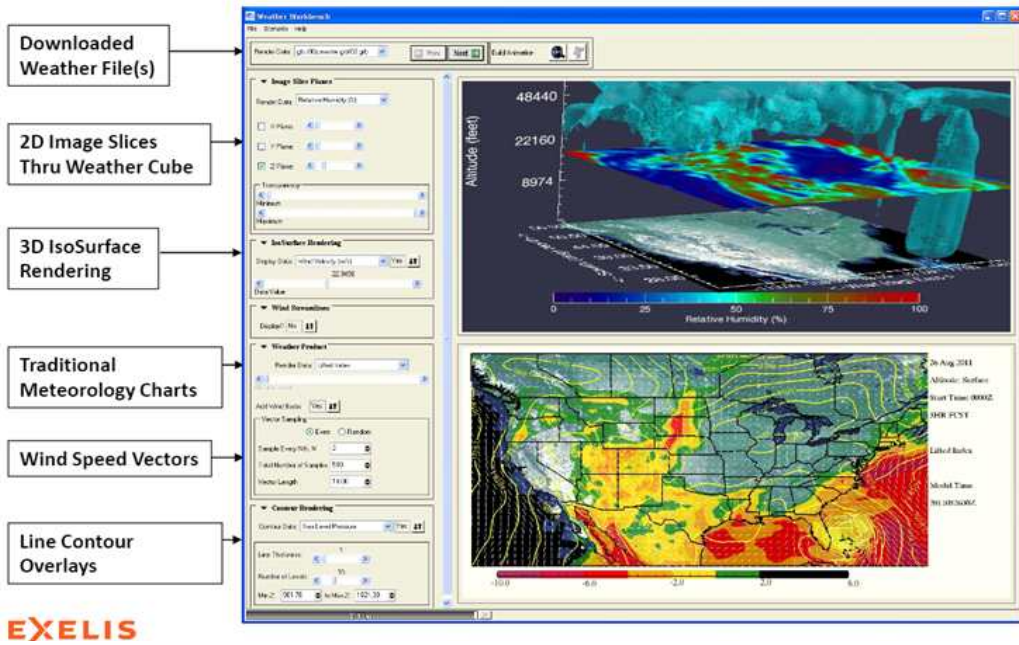
Once weather file(s) have been imported, select Scenario to choose type of weather scenario to analyze.

EXELIS



< SOA Data Streaming >

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

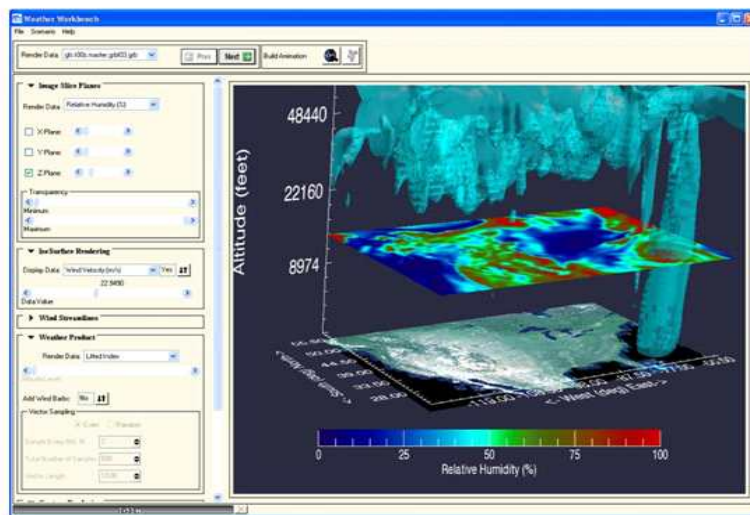


< Severe weather Analysis >

3D isosurfaces display data of a constant value across all altitude levels (relative humidity displayed in blue).

Ability to zoom and rotate to “fly through” weather cube.

Selected weather data is co-registered over regional map or hi-res MSI imagery.

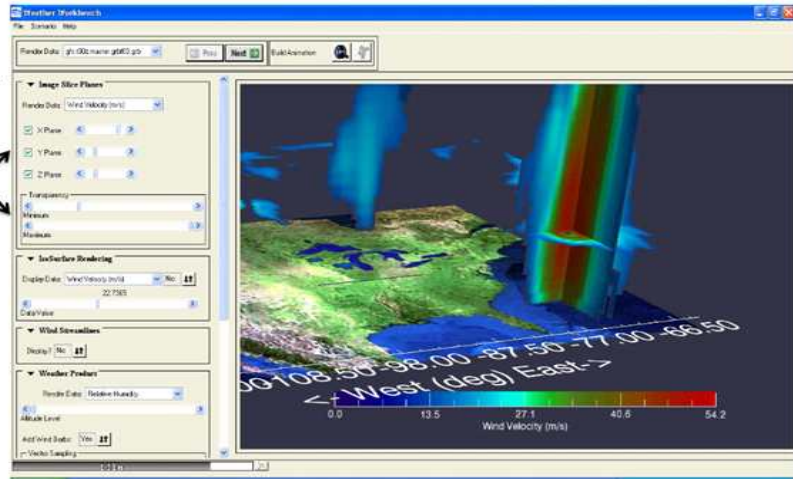


< Severe Weather Analysis: 3D IsoSurfaces >

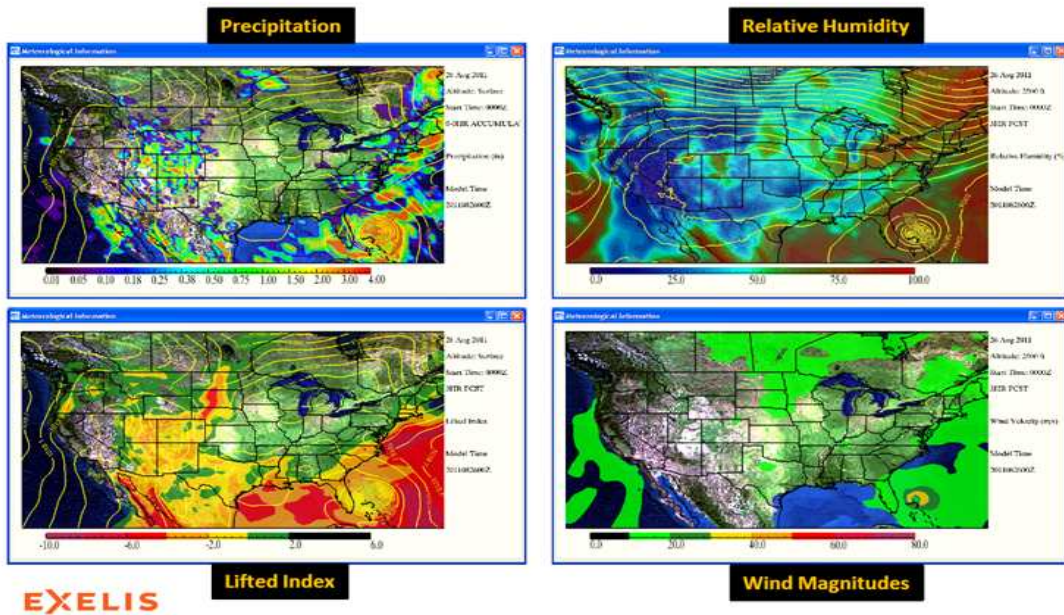
제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

Create 2D image slices through variety of weather cubes

Use sliders to filter image slices via viewing angles and/or data ranges

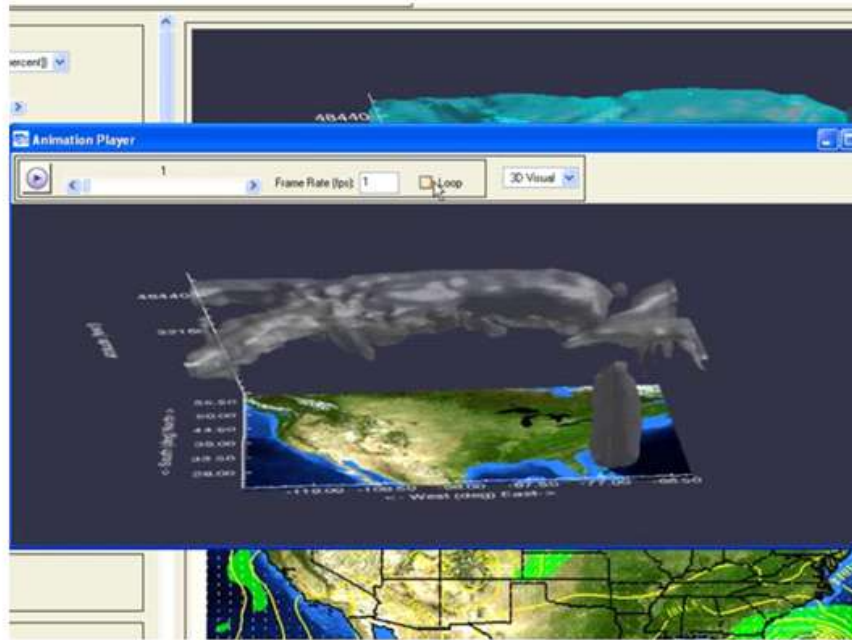


< Severe Weather Analysis: 2D Slices >

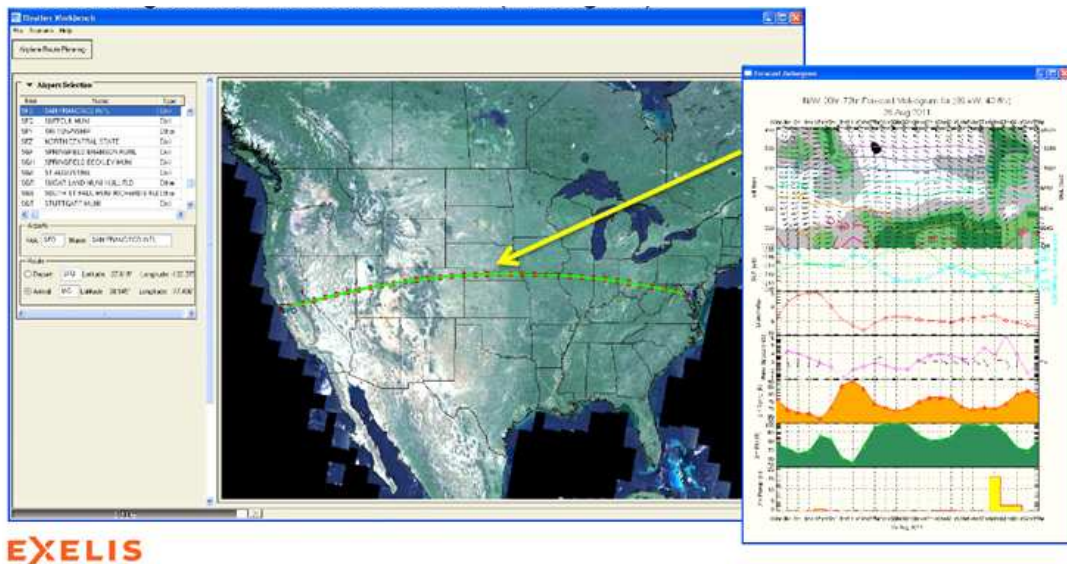


< Severe Weather Analysis: Traditional Maps >

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



< Severe Weather Analysis: Animation >



EXELIS

< Aviation Route Planning >

- ITWS(Integrated Terminal Weather System)
 - ITWS는 공항과 터미널 영역의 관측망을 통합하고 예측 솔루션을 함께 통합한 솔루션으로 4D 기상큐브가 나오면서 ITWS의 통합솔루션 부분은 NextGen CSS-Wx로 통합되고 예측 솔루션 부분은 NextGen NWP로 통합되고 있음
 - ITWS는 저층윈드시어 탐지와 관련한 각 레이더 및 Sensors로부터 획득한 관측정보를 통합·분석하여 별도의 해석 없이 저층 윈드시어 및 기상예보에 관한 정보를 바로 사용할 수 있는 통합시스템

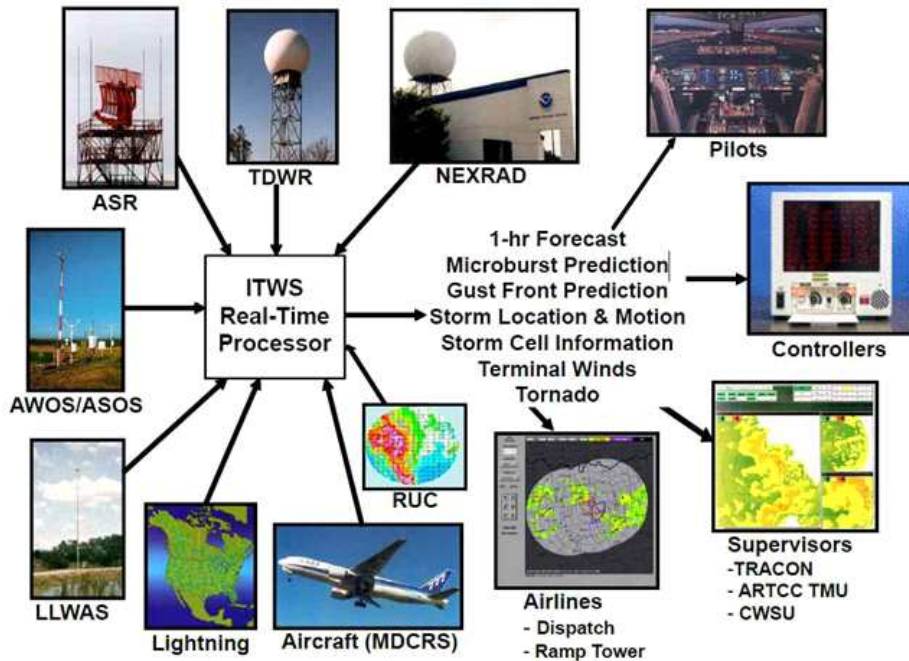


그림 69. ITWS(Integrated Terminal Weather System) 구성도

- ITWS의 구성과 알고리즘은 FAA 및 미국국립기상국(National Weather Service)의 각종 기상 탐측장비들로 부터 얻어지는 관측값을 이용한 알고리즘(MIT/Lincoln Laboratory 개발)을 통해서 터미널 지역의 마이크로버스트, 거스트프론트, 토네이도, 폭풍의 위치, 폭풍의 움직임, 우박, 바람정보 등을 이용자의 특별한 해석 없이 이용할 수 있는 통합된 기상 시스템임
- CIWS(Corridor Integrated Weather System)
 - CIWS는 공역 관측망을 통합하고 관측과 예측 솔루션을 함께 통합한 솔루션으로 4D 기상큐브가 나오면서 CIWS의 통합솔루션 부분은 NextGen CSS-Wx로 통합되고 예측 솔루션 부분은 NextGen NWP로 통합되고 있음
 - 공항통합솔루션인 ITWS에 대응되는 공역을 위한 공역통합솔루션임

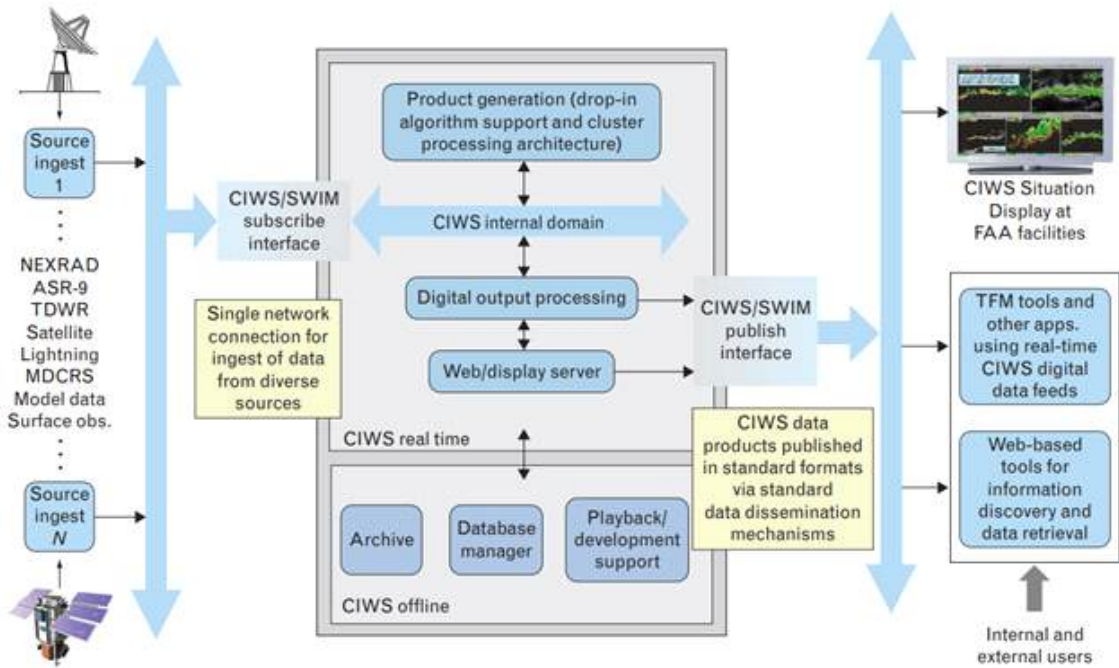


그림 70. CIWS(Corridor Integrated Weather System) 구성도

- CIWS(Corridor Integrated Weather System)은 미국 FAA에서 사용하는 혼잡한 항공로 공역에 대한 대류적 기상 영향 완화를 위한 자동화된 기상분석 및 예보 시스템으로 단기의 정확한 대류셀 기상정보 제공을 통해 공역상의 항공기 교통관리를 지원하고 있음
- 위성 자료, 레이더를 포함한 지상 관측자료 및 수치예보 모델 자료를 통합
- 폭풍우의 강도, 성장과 쇠퇴에 관한 정확한 탐측 자료, 일련의 시간적 스케줄 및 자동화된 높은 해상도의 3차원 동화 폭풍우 단기 예측자료 생산
- 조종사의 비행 여부에 결정적 정보가 되는 레이더 반사도(40 dBZ) 및 수직적 구조 정보 제공
- 위성 가지영상 위에 덮어 씌운 폭풍우의 이동 벡터 및 폭풍우 탑 높이 표시를 한 현재 강수(VIL) 모자이크 산출물 제공
- 폭풍우의 성장, 쇠퇴 지역 및 위치의 2시간 예보 등 폭풍우 추세 관련 정보 제공

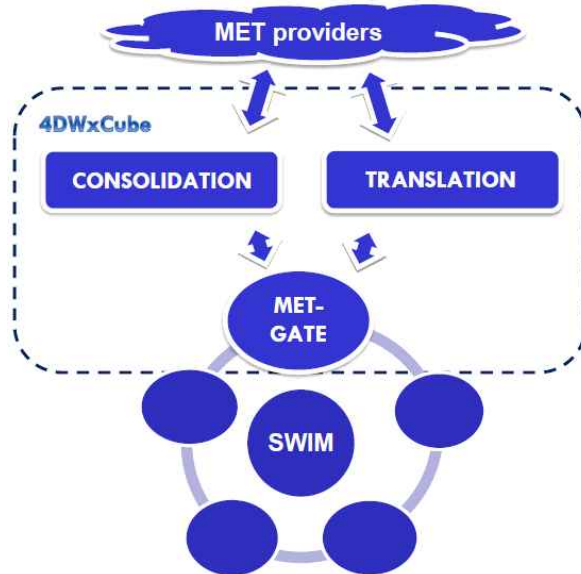
□ 유럽

○ SESAR(Single European Sky ATM Research) MET 서비스

- MET-GATE 시제품 (2015년 9월): Consolidated and harmonized view를 제공하기 위한 유럽의 single access point
 - MET-GATE 개발 요구사항: 유럽에서 single access point 및 consistent view(특정 지점에서 모든 ATM 관계자들은 동일한 상황 인식) 제공



- TAF, METAR, SIGMET, SIGWX 정보를 원함
- 이러한 자료는 이해하기가 까다로움
- 기상정보를 어디에서 얻을수 있는가?
- 어떻게 비행 시스템에 기상정보를 통합할 수 있나?



Response from the MET community :

- Consolidated(Europe scale)/harmonized view
- Translated to relevant data format
- Best MET information available
- Fit-for-purpose
- Easily integrable in ATM systems
- SWIM compliant web services
- Single access point for Europe: MET-GATE

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- SESAR MET 서비스

METAR, TAF, and SIGMET 서비스 (실황 및 예보)



Coverage:

- World Wide

Format:

- IWXXM message
- WFS service

MET Hazards 서비스 (실황 및 예보)



MET information:

- Convection
- Icing
- Turbulence

Coverage:

- Europe

Format:

- XML objects based on
AIRM
- WFS service

MET at airport 서비스 (실황 및 예보)



MET information:

- Wind, Temperature
- Dew point
- QNH,
- Relative humidity
- Ceiling, Wind gust 등

Coverage:

- French airports

Format:

- XML objects based on
AIRM
- WFS service

MET gridded 예보 서비스



MET information:

- Temperature
- Wind speed
- Wind direction
- Humidity

Coverage:

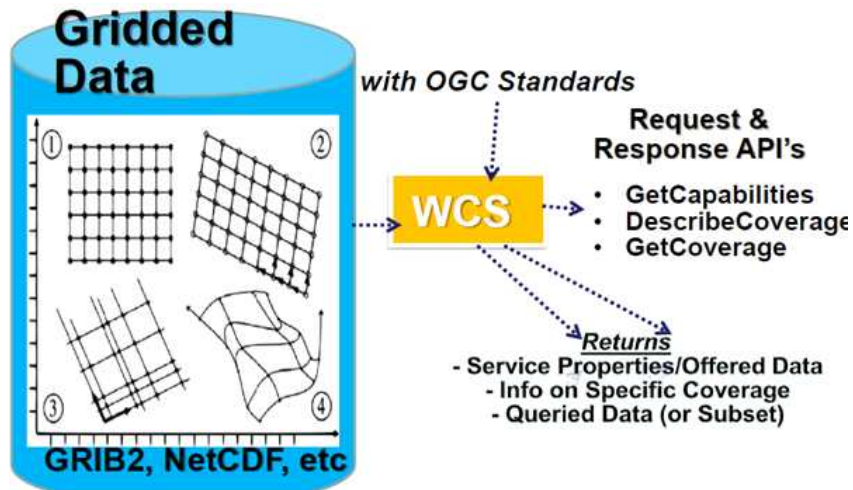
- WorldWide (with several horizontal resolution)

Format:

- Gridded data: netCDF
- WCS Met-Ocean profile

○ SESAR MET-GATE 인터페이스

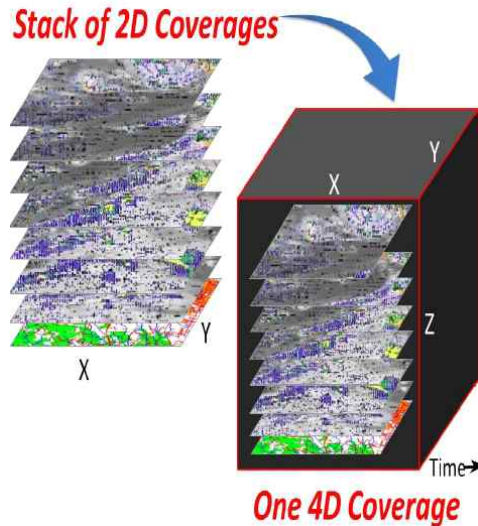
- OGC defined request/response 인터페이스



- 부족한 스토리지, 컴퓨터 리소스, 대역폭으로 데이터 크기, 볼륨 및 해상도가 큰 MetOcean 데이터셋을 웹서비스로 전달 어려움
- 필요한 데이터만 사용자에게 전달하기 위하여 WCS가 트리밍, 슬라이싱 등 일부 기능을 이용할 수 있으나 특정한 MetOcean community의 니즈를 만족시키기에는 부족함.
- 서로 다른 웹 서비스간 호환성 관련하여 MetOcean WCS 데이터가 커뮤니티 기반의 제어된 언어로의 설명이 용이하지 않을 수 있음
- MetOcean 자료는 기본적으로 4D이고 WCS는 2D이므로 크기, WCS request/responses 수가 너무 크면 다루기 어려움

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 이러한 문제점 극복을 위하여 WCS Core 기능에 MetOcean Application Profile을 추가
 - Stack 2D를 하나의 4D Coverage 구성(Coverage 및 WCS Transactions의 수가 줄어듦)
 - 다차원 데이터에 액세스하여 데이터를 추출할 수 있음.



○ SESAR TOPLINK demonstration project

- 14개 기관이 참여하는 새로운 MET 서비스 시험(폭풍, 극심한 착빙 조건과 같은 악기상 동안 성능을 최적화하기 위함)

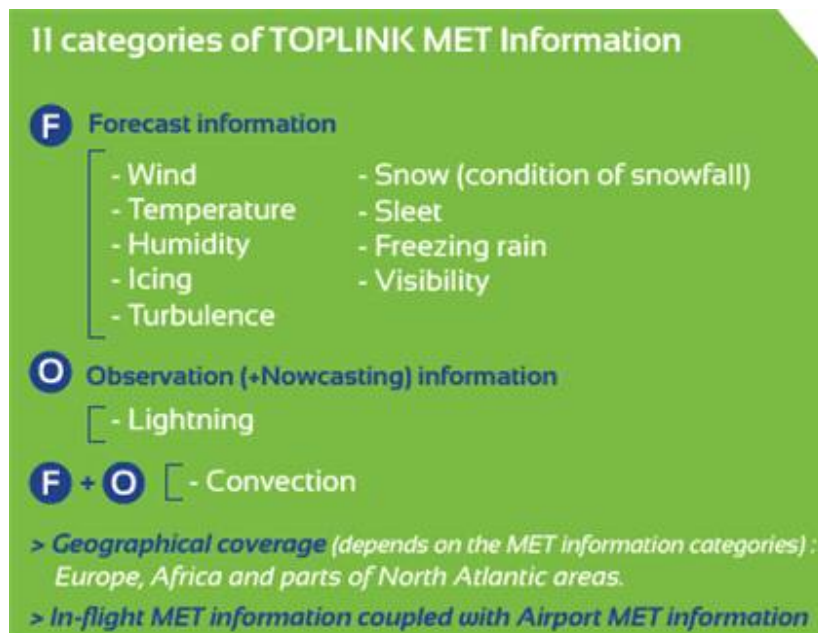


그림 71. SEAR TOPLINK 프로젝트의 MET 서비스 구성

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- Météo-France, Finnish Meteorological Institute(FMI), Deutscher Wetterdienst (DWD) 등이 ATC 및 항공사가 새로운 MET 서비스를 항공운영절차에 통합할 수 있는지를 확인
- TOPLINK는 MET-GATE와의 연동을 통해 데이터 교환

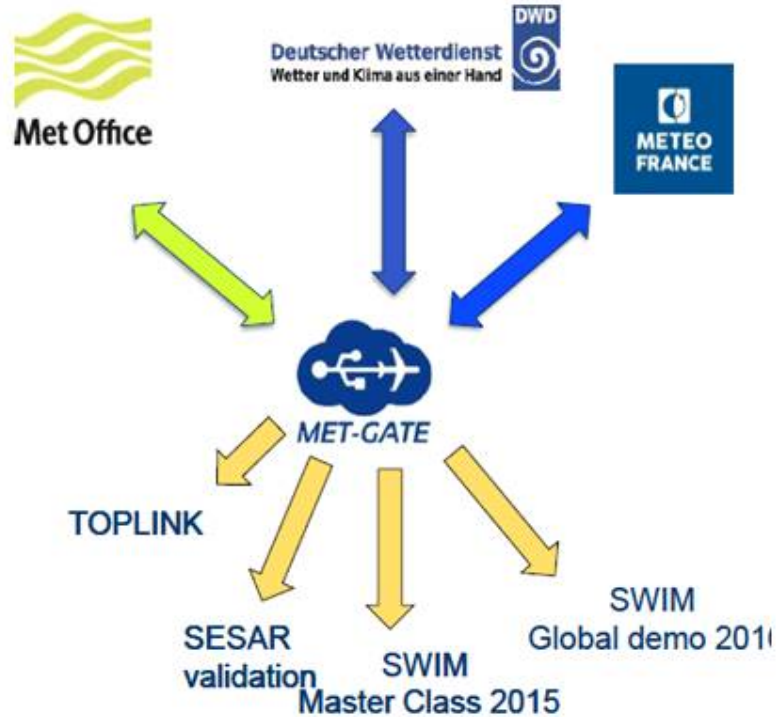


그림 72. TOPLINK 프로젝트의 데이터 교환 개념도

○ 네덜란드 저고도 관측망

- KNMI가 작성한 항공기상 데이터베이스를 홈페이지(온라인)를 통해 최신 업데이트를 하고 있음
- OPMET 플랫폼을 통해 Flight, Airport Region에 대한 다양한 데이터를 얻을 수 있음
- 기상레이더를 통해 저고도 기상에 대한 다양한 시간대별 기상 상황을 이미지로 확인할 수 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

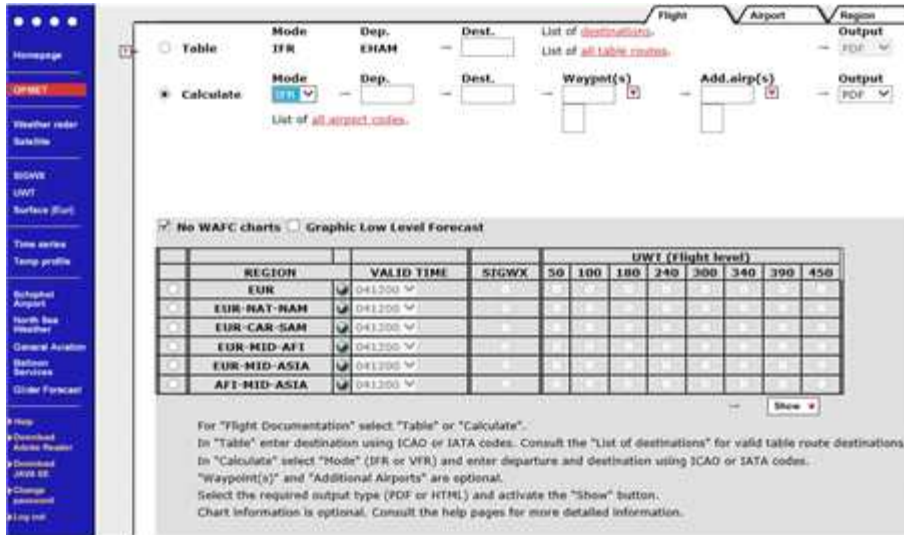


그림 73. OPMET 데이터 표출 화면



그림 74. OPMET의 'Graphic Low Level ForeCast' 표출 화면

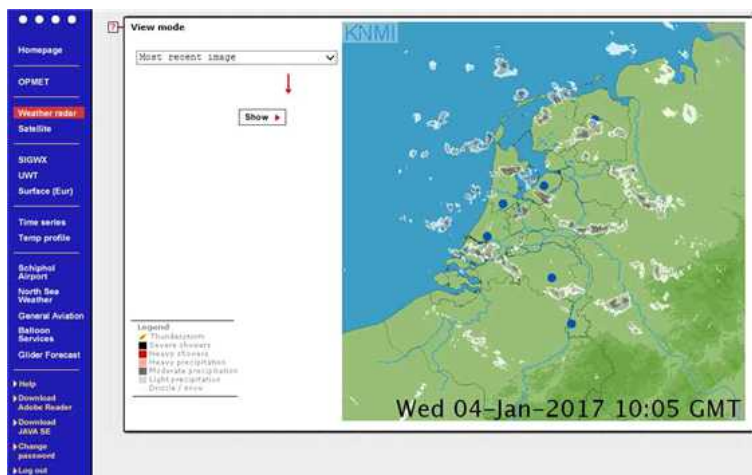


그림 75. OPMET 저고도 기상레이더 표출 화면

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ Met Office HeliBrief

- HeliBrief는 SAR/HEMS/Offshore/Police의 4가지 서비스를 제공하며 헬리콥터 조종사에게 기상정보에 대해 손쉽게 접근할 수 있는 서비스를 제공으로 태블릿과 모바일 장치 모두에서 사용할 수 있고, 헬리콥터 운영자는 맞춤형지도 및 차트, 경로 바람 추적, 트리거 된 번개, 시정 및 중요한 사고 정보를 통해 필수 기상정보를 제공 받아 안전한 경로 계획을 세울 수 있음
- 각각의 서비스 내용은 다음과 같음
 - HeliBrief® SAR는 근해 및 해양 환경에서 작동하는 수색 및 구조 헬리콥터를 위한 맞춤형 예측 서비스
 - HeliBrief® HEMS는 헬리콥터 응급 의료 서비스를 위한 맞춤형 예측 서비스
 - HeliBrief® Police는 경찰 헬리콥터 작전을 위한 맞춤형 예측 서비스.
 - HeliBrief® Offshore은 근해 및 근해 해양 환경에서 작동하는 해상 헬리콥터를 위한 맞춤형 예측 서비스



그림 76. HeliBrief® HEMS 예시

○ 통합 AviMet Weather 솔루션(바이살라)

- 다양한 관측 센서 데이터를 통합해 다양한 시스템을 구축하여 서비스를

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

제공함

- 관측 센서: 운고, 노면상태, 시정, 낙뢰, 온도 및 습도, 기상관측소, 기압, 현재 날씨, 바람
- 시스템: 활주로 수위 표시 시스템, Winter Conditions Decision Support System, 기상레이더 시스템, 자동 기상관측시스템, LLWS 경고 시스템, 공항 낙뢰정보 시스템, 활주로 기상정보 시스템



그림 77. 바이살라 AviMet

○ eWAS

- eWAS 솔루션 제품군은 운영 효율성, 신뢰성 및 안전성을 개선하는 데 필요한 모든 도구를 항공사에 제공하며, 중요한 지상 부문과 온-보드 소프트웨어에 대한 전문성을 결합해 사용자가 직접 협력하여 운영 요구사항을 충족하는 효과적인 도구를 개발함
- eWAS 실시간 기상 솔루션은 Inmarsat Aviation Certified Application Provider(CAP) 프로그램에 따른 인증에 따라 실시간 SB-S 데이터 링크 연결을 사용하여 비행 중에 최신 날씨 정보를 받을 수 있음
- 30,000명 이상의 조종사들이 eWAS 제품을 사용하고 있고, 조종석을 위한 SB-S의 전용 IP 플랫폼을 통해 eWAS 애플리케이션을 연결함으로써 비행 중에도 실시간 기상정보를 업데이트 받을 수 있음



그림 78. eWAS 실시간 기상 솔루션 예시

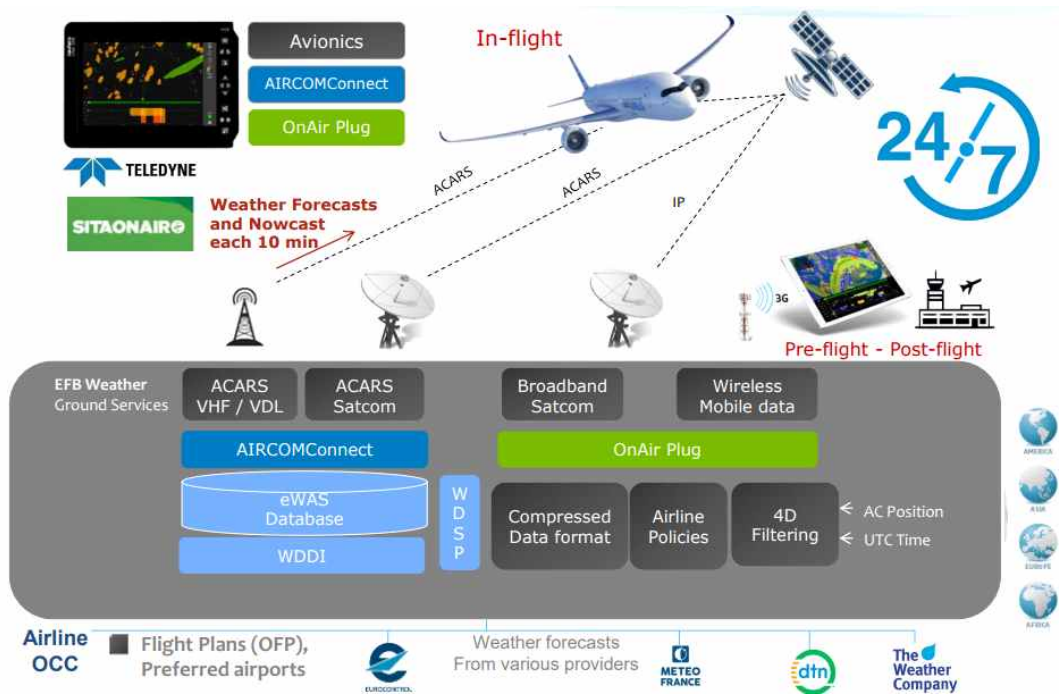


그림 79. eWAS Weather 솔루션의 구조

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

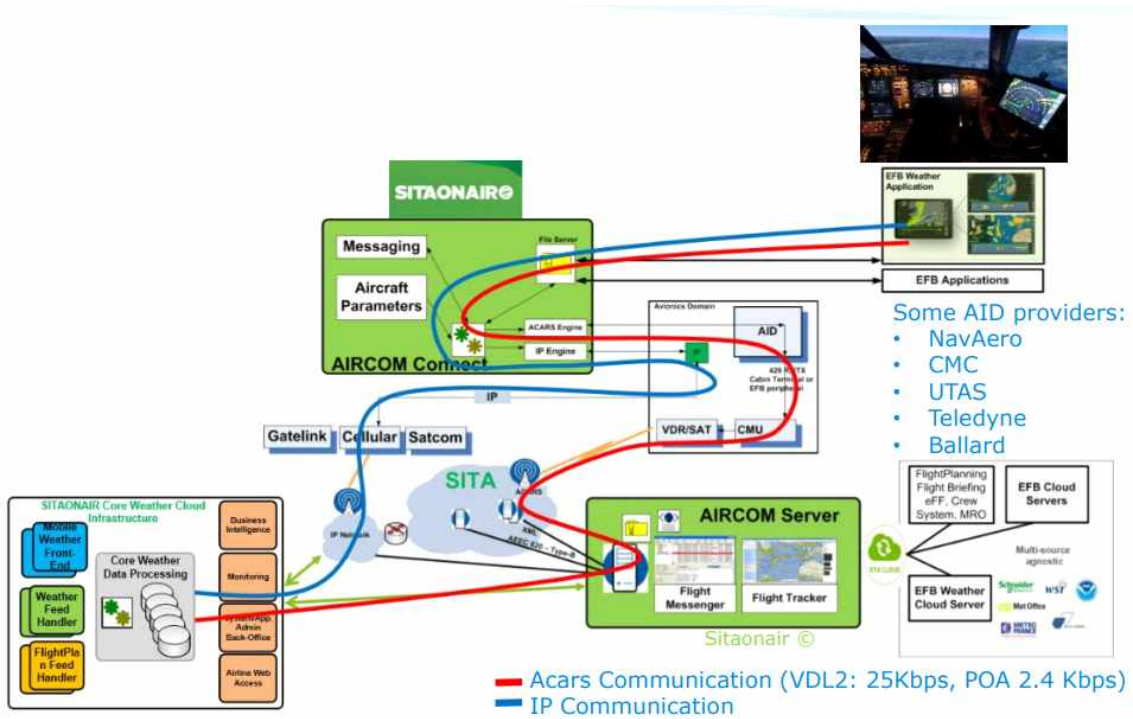


그림 80. eWAS Weather 솔루션의 On-Board 통신

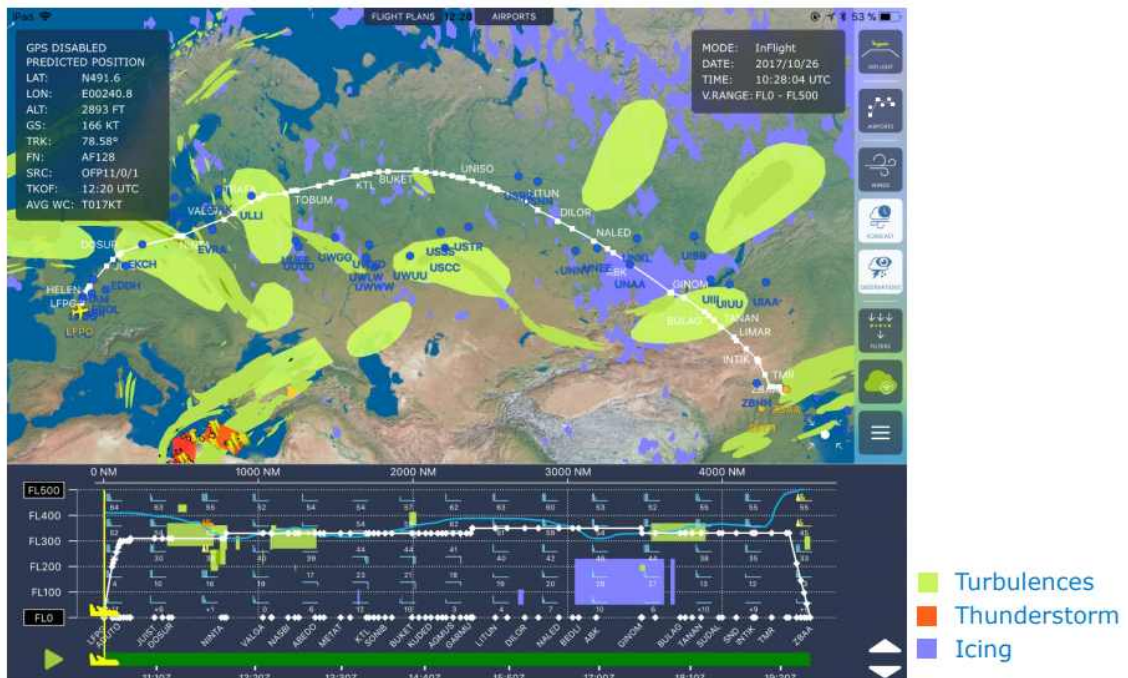


그림 81. eWAS Weather 솔루션의 난류정보 표출

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

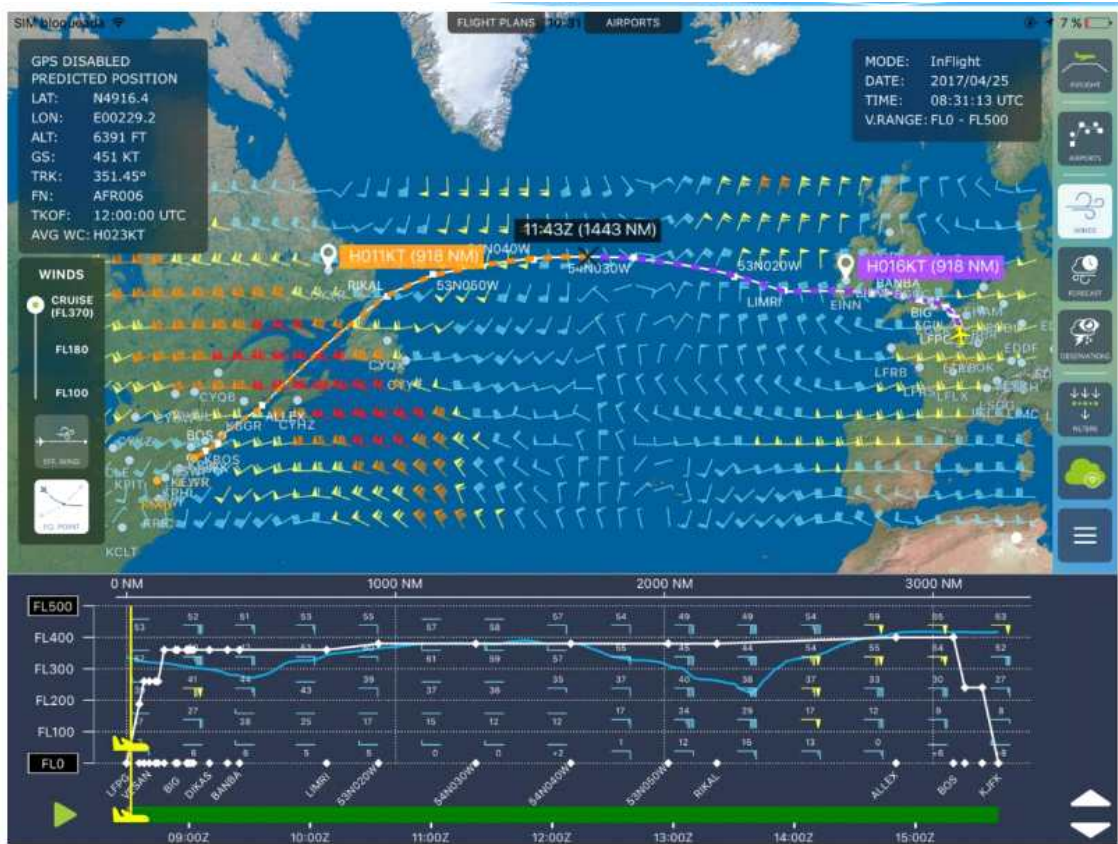


그림 82. eWAS Weather 솔루션의 바람정보 표출

□ 일본

- 2012 년부터 2015년까지 JAXA는 CARATS에서 다루는 미래 항공교통 시스템에 대한 장기적 비전 구현에 기여할 수 있는 기술을 육성하고 축적하기 위해 DREAMS(Distributed and Revolutionarily Efficient Air-traffic Management System) 프로젝트를 수행
 - DREAMS 프로젝트는 5가지 핵심 기술인 1) 기상정보 기술; 2) 소음 저감 기술; 3) 고정밀 위성 항법 기술; 4) 궤도 제어 기술; 그리고 5) 재난 구호를 위한 항공기 운영기술을 개발

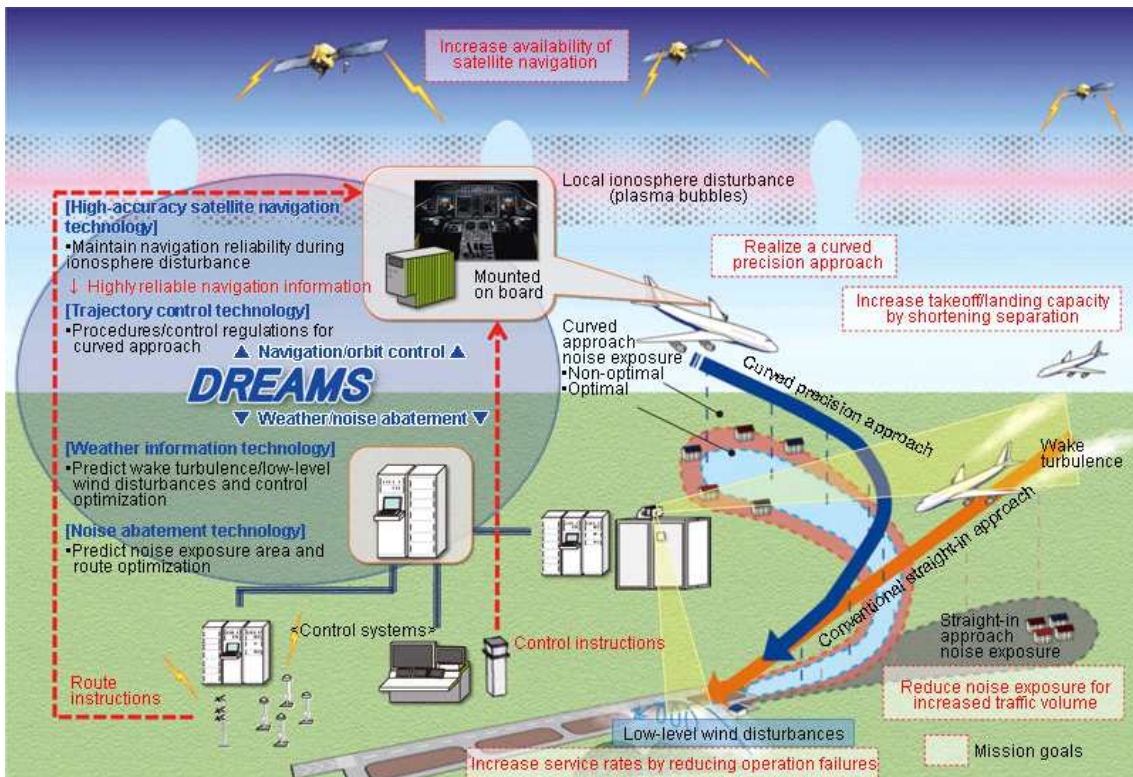
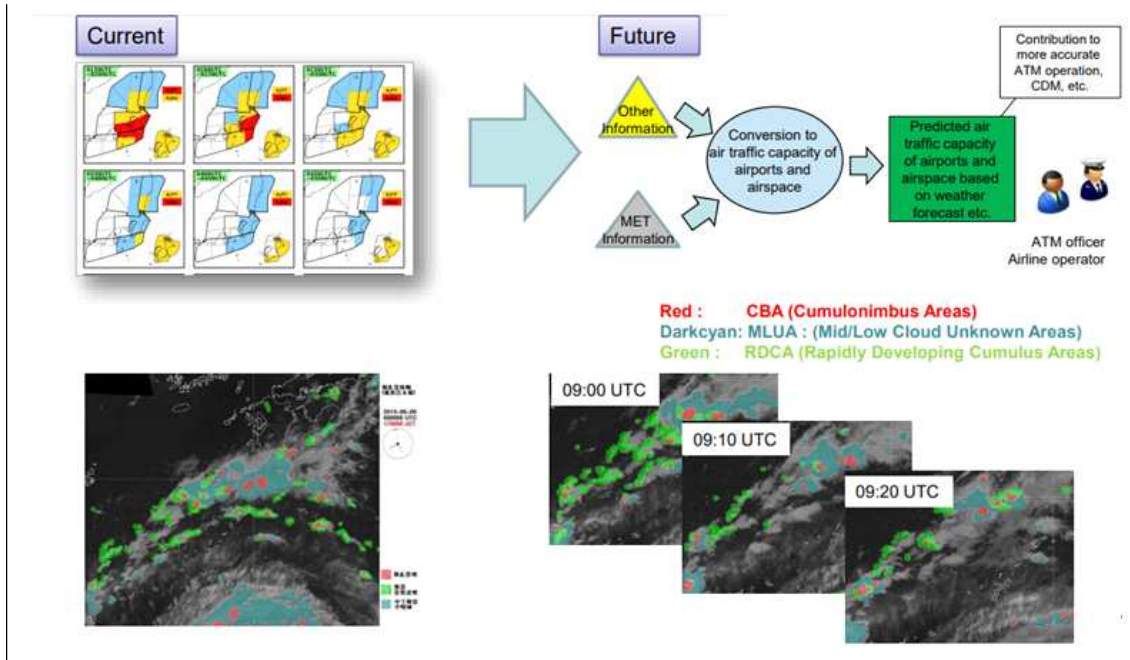


그림 83. DREAMS 날씨, 소음 저감, 내비게이션 및 궤적 제어 기술

< JAXA CARATS >

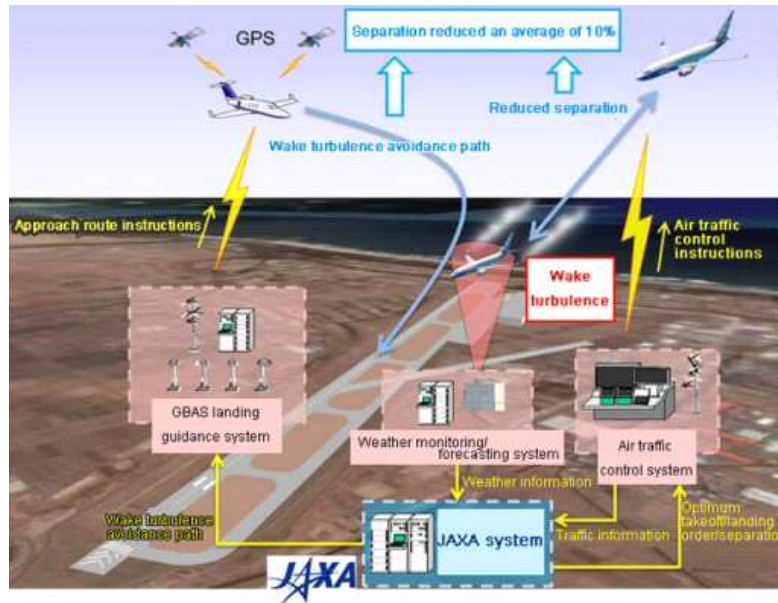
- ◆ 향상된 기상관측 기능
 - Doppler RADAR 및 LIDAR에 의해 감지되고 풍속계로 측정된 바람 정보는 그래픽 데이터와 텍스트 데이터로 변환
 - 텍스트 데이터는 ACARS 시스템을 통해 조종실의 조종사에게 전송
 - 항공사 운영 직원은 JMA의 전용 웹사이트(MetAir)에서 그래픽 및 텍스트 데이터 접근 가능

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

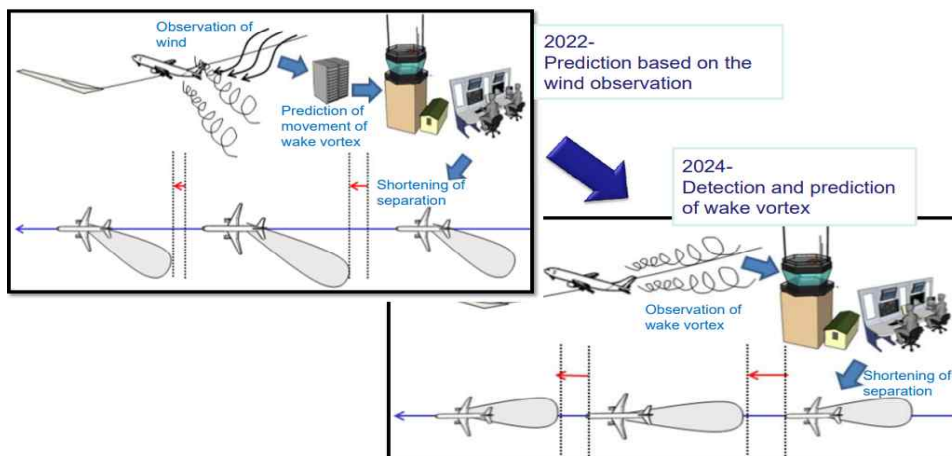


< DREAMS - 기상정보 기술 >

- ◆ 후류 와류 예측으로 인한 비행기 간의 이격을 단축하여 고밀도 항공운항 실현을 위해 연구개발
 - 바람을 관찰하여 후류 와류의 움직임을 예측하여 분리를 단축
 - 후류 와류를 감지하고 예측하여 분리를 단축



< 후류 난류 예측을 통한 항공기 분리 감소를 위한 시스템 운영 개념도 >

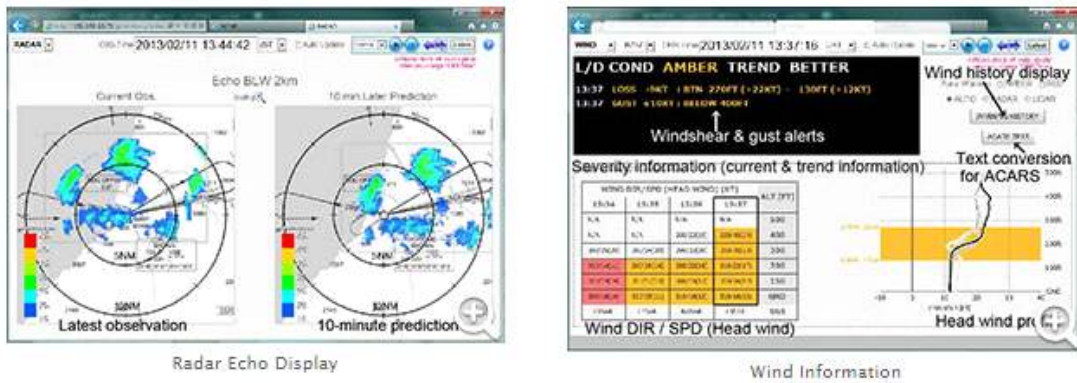


< 후류난류 예측 개발 방향 >

- ◆ LOTAS: Low-level Turbulence Advisory System

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

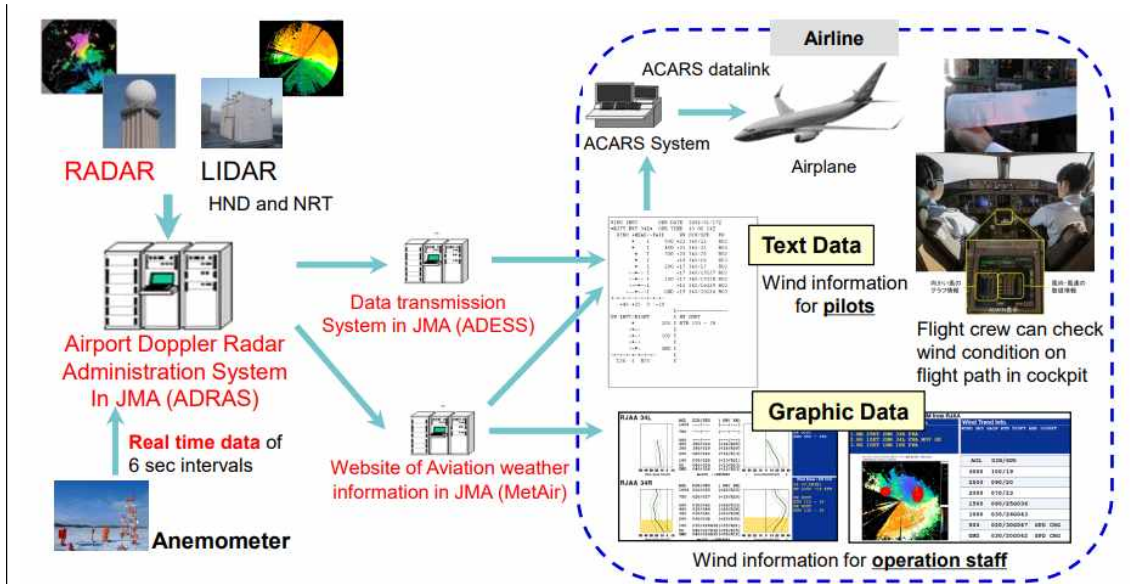
- JAXA는 기존 부품보다 저렴한 최신 기상 원격 센서를 사용하여 착륙 접근 경로에서 실시간 난류 정보를 제공하는 시스템인 LOTAS(Low-Level Turbulence Advisory System)와 예측데이터를 함께 개발



< LOTAS: Low-level Turbulence Advisory System >

- ◆ ALWIN: Airport Low-level Wind Information
 - ALWIN은 공항 주변의 낮은 수준의 바람 정보 (풍향, 풍속, 윈드시어, 난류 등)를 제공
 - 공항 기반의 Doppler Radar 및 Doppler Lidar로 측정된 데이터를 사용하여 ALWIN은 주로 지역 지형 및 건물에서 발생하는 바람 전단 및 낮은 수준의 난류를 자동으로 감지
 - 바람 정보는 그래픽 데이터로 변환된 다음 조종실의 항공사 및 조종사에게 전송되고 무선 음성 통신을 사용하는 기존 윈드시어 경보에 비해 ALWIN은 보다 상세하고 정확한 바람 프로필을 실시간으로 제공 할 수 있음
 - 이를 통해 조종사와 운전자는 안전한 착륙을 위해 최종 접근 경로에서 바람의 갑작스런 변화를 모니터링이 가능

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



< ALWIN Provision Flow >



< 조종석의 조종사가 ALWIN을 사용하여 접근 경로에서 바람 정보를 확인 예시(사진 제공 : 일본 항공) >

- ◆ SOLWIN: Sodar-based Low-level Wind Information
 - SOLWIN 시스템은 ALWIN의 기능과 SONIC CORPORATION의 음파 원격 감지 (Doppler Sodar) 기술을 결합하여 낮은 수준의 바람 주의보를 제공
 - Sodar는 모든 기상 조건에서 낮은 수준의 바람을 감지할 수 있으며 현재 SOLWIN은 주로 지역 공항을 중심으로 실제 구현을 위한 검증 데이터를

축적하기 위해 시범 운영 중



< SOLWIN 웹 화면의 예와 돛토리 공항에 설치된 SOLWIN Sodar >

○ ATM 맞춤형 MET 정보 및 서비스

- JMA는 ATM 위험기상 지수를 개발, 개선하였는데, 이는 주로 JMA의 수치예보모델(NWP) 시스템에서 도출하여 ATMet(Air Traffic Meteorology) 카테고리 예보와 ATM CIEL(Categorized Impact of weather Element prediction)을 작성하는 기상예보를 지원함
- 위험기상 지수는 각 ATC 섹터에 대해 계산되며 ATM 맞춤형 기상정보에 대한 first guess로 사용됨
- JMA에서 운영하는 NWP 및 초단기예보 (Very Short Range Forecas, VSRF) 시스템은 ATM 위험기상 지수 계산에 사용하며, NWP 및 VSRF 시스템에서 파생된 5가지 기상 요소는 ATM에 대한 날씨의 영향을 나타내는 지수로 변환됨
- ATM CIEL 하위섹터 및 좁은 영역(항공로)에도 ATFM(Air Traffic Flow Management) 영향 기상정보 제공
- 교통관리기관(TMU, Traffic Management Unit)과 협의를 통해 ATM CIEL (ATM Categorized Impact of weather ELeMent prediction) 색상코드에 사용되는 기준 결정
- 예보, 실제 항공운영 영향, 수용량(CAPA, Capacity Value) 간 비교 검증 실시
- 교통관리기관과 협의 시작 후 새로운 기준을 확정하기까지 1년 6개월 소요
- 변화 중 하나는 공항에서 적용된 날씨 최저치 중 하나를 이용하여 도쿄국제공항의 낮은 시정으로 인한 '고' 영향 기준을 조정함

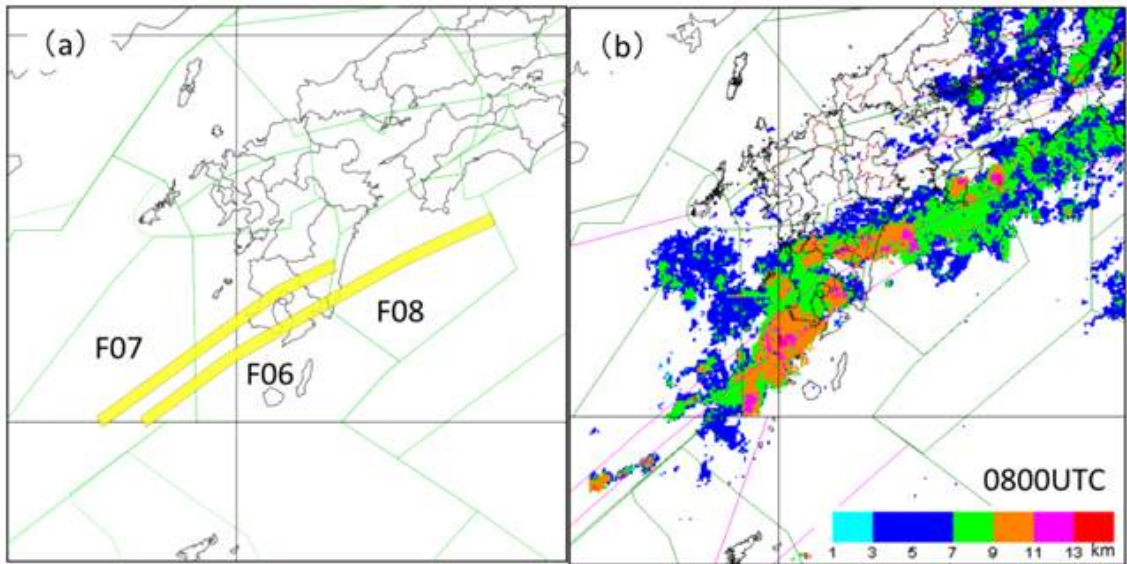


그림 85. 일본 ATM 위험기상 지수

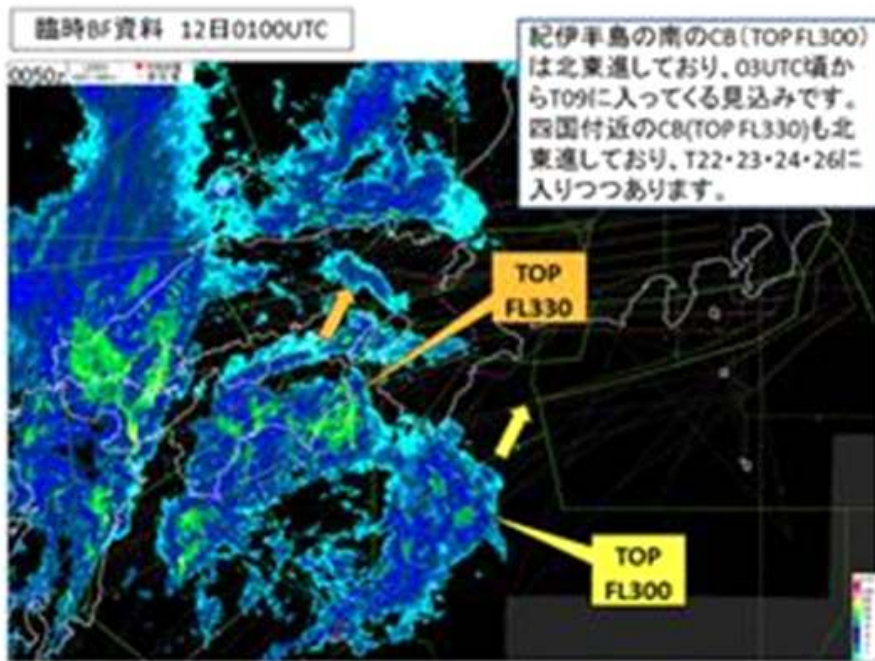


그림 86. JMA의 온라인 채팅 도구

□ 홍콩

- 홍콩천문대(Hong Kong Observatory, HKO)와 민간항공국(Civil Aviation Department, CAD) 간의 합의에 따라 HKO는 국제 항공 항법을 지원하기 위해 ATM 맞춤형 MET 정보 및 서비스를 제공

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ Tactical Decision Products

- AD의 ATMS의 교체를 계기로, 전술적 의사결정에 있어 ATC를 지원하기 위해 ATMS와 맞춤형 MET 정보를 통합하였고, 여기에는 홍콩 도플러 기상레이더 2대 중 256km 범위인 1km에서 10km 사이 CAPI(Constant Altitude Plan Position Indicator) 이미지의 10개 레이어와 3km 높이에 HKFIR의 유의 대류 평가를 위한 HKO ATNS(Aviation Thunderstorm Nowcasting System) 1시간 예측 1개 레이어가 포함됨

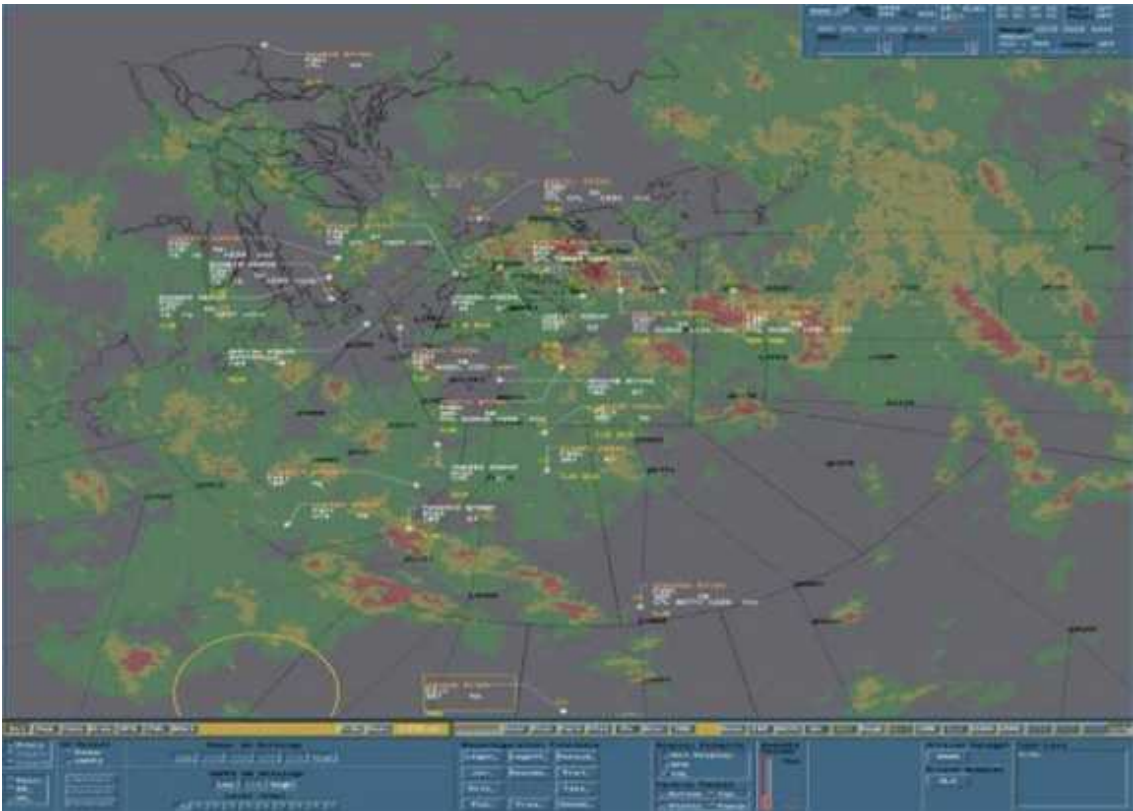


그림 87. CAPPI 영상이 중첩된 홍콩 ATC 콘솔 화면

- 새로운 ATMS의 ATC 콘솔에서는 특정 높이의 기상레이더 영상이나 ATNS 예보를 항공기 지표와 중첩할 수 있음

○ Meteorological Services for Terminal Area (MSTA) Products

- CAD의 홍콩 항공교통 흐름 관리 부서 (Air Traffic Flow Management Unit, ATFMU)는 다음 몇 시간 동안 활주로와 공역 용량에 따라 달라지는 홍콩 국제공항 (HKIA)의 용량을 정기적으로 평가하며, CAD와 협력하여 HKO는 2010년부터 ATFM 운영을 지원하기 위해 Significant Convection Monitoring

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

and Forecast라는 그룹화된 맞춤형 MSTA를 제공하고 있음

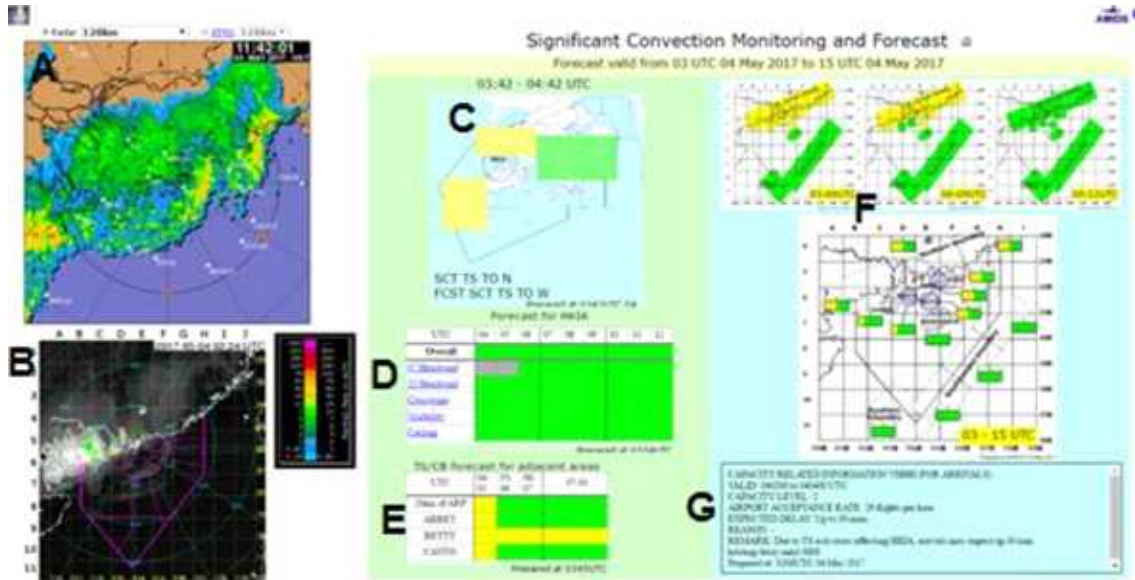


그림 88. MSTA 예측의 통합 웹 디스플레이

- 활주로 용량 추정을 지원하는 MSTA는 다음이 포함됨
 - ATNS는 비행경로 또는 영공의 중요한 지점을 차단할 수 있는 기상 셀의 미래 위치를 자동으로 예측
 - 도착/출발 회랑을 위한 1시간 대류 방송
 - 비행장(공항 기준점 20nm, ARP) 및 주요 웨이포인트에 대한 6시간 대류 예측
 - 비행장에 대한 9시간 성능 기반 일기예보.
- 공역 용량 추정을 지원하기 위해 HKO는 혼합된 NWP 및 현재 캐스팅 출력을 기반으로 HKFIR의 주요 영역에 대해 12시간 대류 예측 시계열이 제공되며 예측은 자동으로 생성되나 Aviation Forecasters가 수동으로 조정할 수 있음
 - 해당 시스템은 항공교통에 미치는 영향을 나타내기 위해 세 가지 수준의 색상 코드를 사용하여, 약하거나 전혀 영향을 미치지 않는 경우 녹색, 중간 충격의 경우 황색, 심각한 영향의 경우 빨간색으로 정의함

○ Arrival Management and other Miscellaneous tailored Products

- 충돌 방지를 위한 개별 항공기의 궤적 예측을 위해 최대 24시간 동안 매시간 간격으로 0.2도의 해상도로 중국 남부와 남중국해 북부에 대한 25층의

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

그리드 상품 및 기온 예보가 제공됩니다. 이 데이터는 항공기 도착 순서 지정을 위해 도착 관리 애플리케이션 시스템에서도 사용됨

- 맞춤형 MET 정보 및 서비스로는 지역 바람, 레이더, 위성, 번개 정보 및 공항에 대한 번개 경보, 기상 시놉시스, 가능한 대체 시나리오가 있는 비행장 예측, TAF를 포함하는 HKIA의 날씨 요약 인근 공항, HKFIR 용 SIGMET, TC 트랙, 기상분석 및 예측차트, 최신 공항 수용 능력 알람 등이 있음
- 또한, HKIA 지역 루틴 / 특별 보고서 및 MET 페이지는 최신 관측 보고서, 자동 기상 관측 시스템의 데이터, 윈드시어 경보, HKIA 및 주변 비행장의 예측, 앙상블 모델 출력에 기초한 HKIA의 확률적 바람예측 시계열 차트 등이 있음

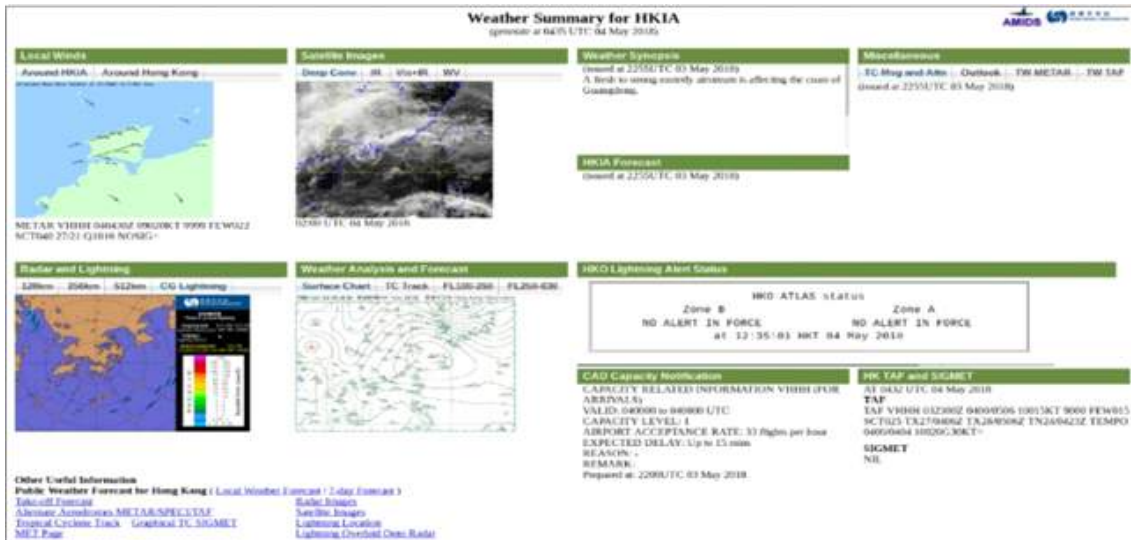


그림 89. HKO가 제공하는 HKIA 기상정보 요약

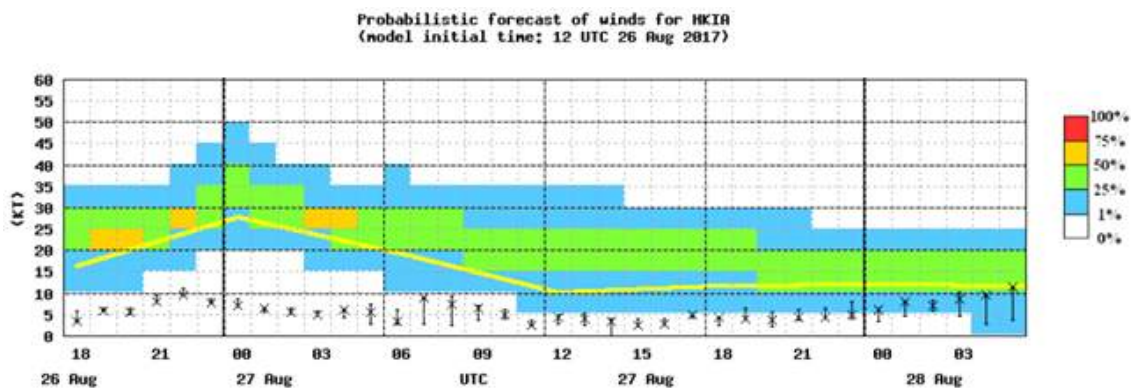


그림 90. 태풍 상황에서 HKIA의 확률적 바람 예측의 예시

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ 홍콩 저고도 관측망

- ADS-B가 장착된 헬리콥터를 포함한 저고도 항공기에 대한 감시 기능을 제공하기 위한 ADS-B 지상국 시스템(SURVEILLANCE ON LOW-FLYING AIRCRAFT USING ADS-B, Hong Kong Civil Aviation Dept & ICAO, 2014)
- ATC 및 조종사에게 감시 기능 및 기상 상황 인식을 할 수 있는 정보 제공함
- 저고도 항공기에 대한 검색 및 구조와 사고/준사고 조사 용이



그림 91. 홍콩의 8개 ADS-B 지상국

(출처: SURVEILLANCE ON LOW-FLYING AIRCRAFT USING ADS-B)

□ 싱가포르

- 싱가포르의 기상 및 항공교통 관리 (MET / ATM) 협력 싱가포르 비행 정보 지역(FIR)의 항공 내비게이션 서비스 제공은 싱가포르 민간 항공 당국(Civil Aviation Authority of Singapore, CAAS)이 담당하고 MSS(Meteorological Service Singapore)는 항공기상 서비스 제공업체가 담당함

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

Weather for ATC

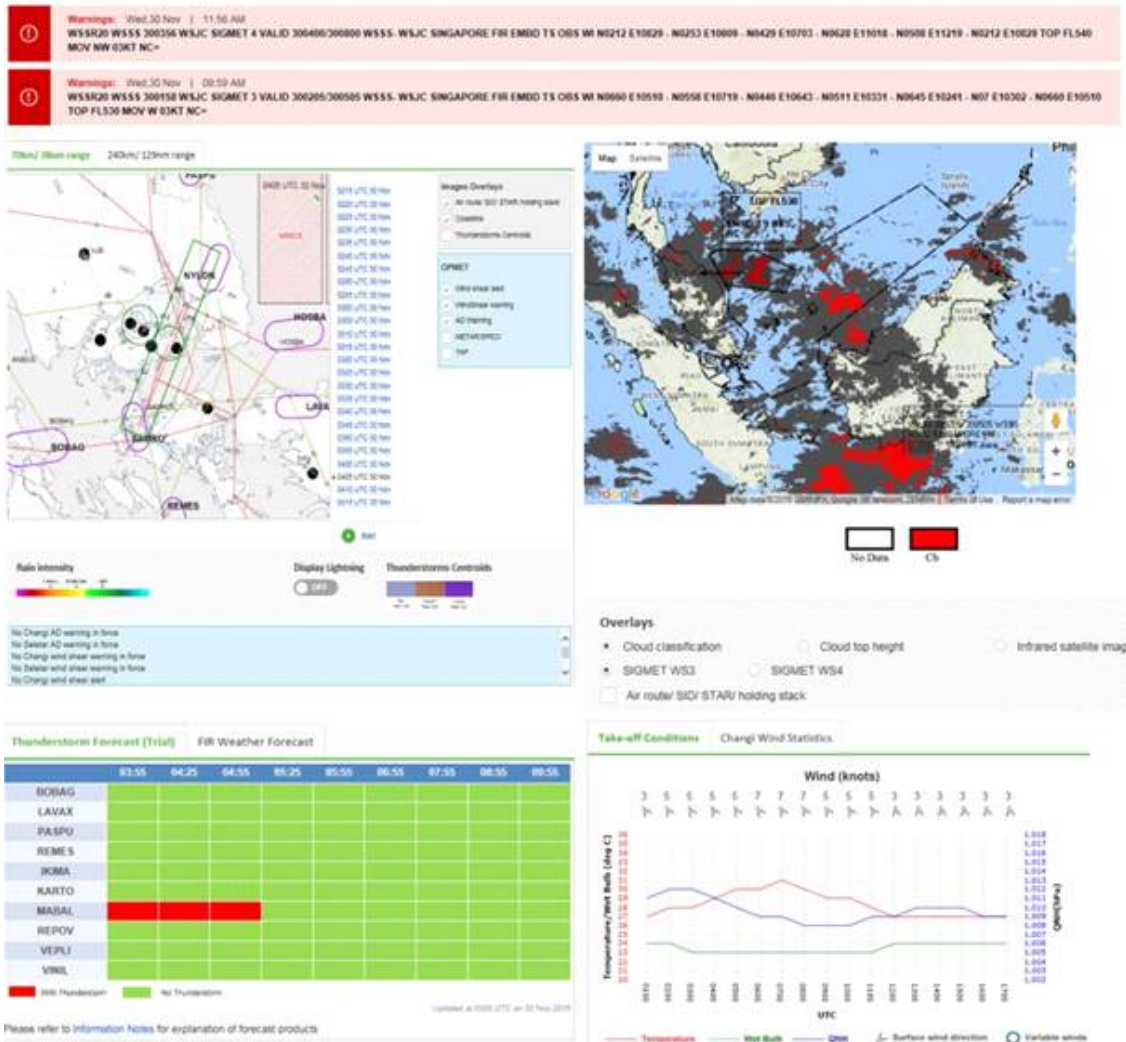


그림 92. ATC Weather Information Portal

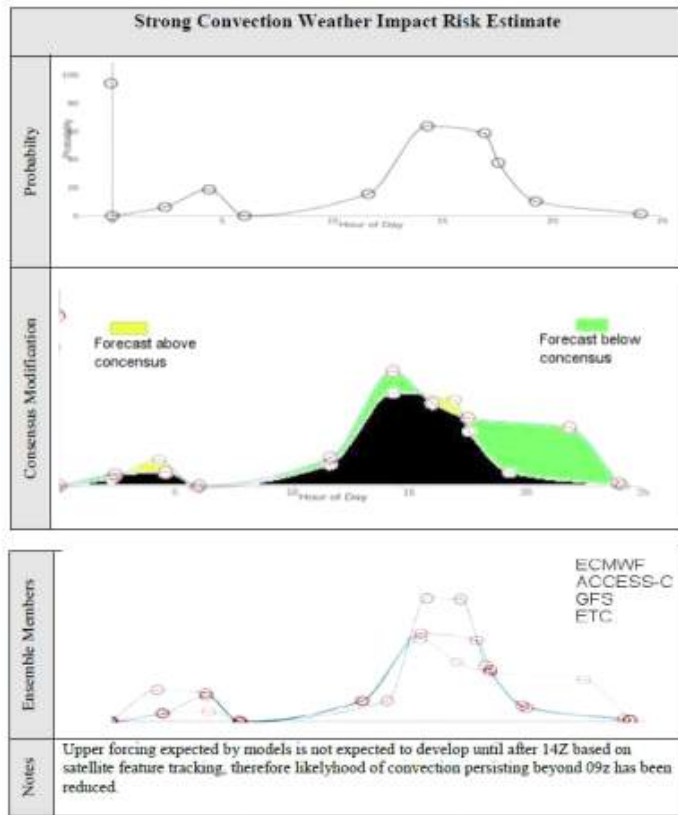
- MSS(Meteorological Service Singapore)는 항공교통 관제사에게 원격 회의를 통해 매일 MET 기상 브리핑을 제공하며, 그래픽 및 표 형식)으로 기상정보의 통합보기를 제공하는 전용 기상정보 포털의 시각 자료를 통해 싱가포르와 주변 지역에서 예상할 수 있는 기상 조건을 통해 항공교통 관제사를 지원함
- 기상 조건에 변화가 있을 경우, 운영자는 핫라인을 통해 업데이트를 제공하며, MET 정보는 그래픽 SIGMET이 포함된 레이더 이미지, 위성 이미지, 이륙 조건의 그래픽 예측 및 스택을 보관하기 위해 색상으로 구분된 뇌우 예보와 같은 ATC 기상정보 포털을 통해 제공됨

□ 중국

- AVAR(Automated Vertical Acclerometer)는 항공기가 경험하는 수직가속도 변화, 피크값(none/light/moderate/severe)을 관측 실시간 자료 수집(날짜, 시간, 위경도, 고도, 피크 가속도)을 통해 표출
- EDR(Eddy Disipation Rate)과 난류소산율을 통해 항공기 특성과 무관하게 난류 측정하기 위해 수직가속도 변환, 관측 소프트웨어 설치(현재 68대 이상 완료) 및 실시간 자료 수집(날짜, 시간, 위경도, 고도, EDR 평균값 및 피크값) 및 표출
- ACARS(Aircraft Communication Adresing and Reporting System) 난류경보서비스 추진하여 비행일정과 비행역학을 결합하여 난기류에 영향을 받는 항공기 분석하여 난류 경고 메시지를 ACARS를 통해 영향이 예상되는 항공기로 전송 추진

□ 호주

- 확률예보를 이용해 향상시킨 ATFM(Air Traffic Flow Management) 지원용 기상 가이드언스에 대한 내용으로 4개 주요 공항(시드니, 브리즈번, 멜버른, 퍼스)의 도착률(AAR, Airport arival rate) 결정을 돕기 위해 개선한 수요자 맞춤형 기상정보를 제공함.
- WIRE(Weather Impact Risk Estimate)는 24시간 동안 공항 반경 20nm 내에 발생하는 핵심 날씨 현상 4개(안개, 강한 대류, 측풍, 낮은 구름)의 확률적인 그래픽 및 수치 예측자료를 생산하여 개선된 의사소통으로 MET CDM에 정보를 제공함
- WILATE(Weather Impact Local Area Threat Estimate)는 ATFM을 위해 공역의 전술적(tactical) 관리를 지원하는 것으로 정량적인 특성을 가지고 있어 기상학적 해석의 필요성이 없고 TAF와는 달리 생산물의 형식 코드에 대한 지식도 필요하지 않음



[그림 2] WILATE 생산물 예시

공항 주변 접근관제구역(11개 섹터)에 대한 강한 대류 발생확률

예보기간: +3시간~+6시간

검은색: 95% 이상

빨간색: 75%~95% 미만

주황색: 50%~75% 미만

노란색: 25%~50% 미만

초록색: 5%~25% 미만

하얀색: 5% 미만

그림 93. 강한 대류에 대한 WIRE 산출물 예시

□ 기타

○ IATA Turbulence Aware

- 국제항공운송협회 (International Air Transportation Association, IATA)가 개발한 Turbulence Aware 플랫폼은 NCAR의 개발 알고리즘을 사용하여 항공기 시스템과 센서로부터 난류 매개변수를 수집하고, 해당 데이터를 취합하여 참여 항공사에 원시자료로 제공
- IATA는 3년 전 처음으로 시스템 작업을 시작했으며 2019년 한 해 동안 31개의 참여 항공사와 함께 운영 단계에서 이 시스템을 사용하고 있으며, 그중 15개 항공사는 현재 실시간 난류 정보를 제공
- 난류 발생지역, 시간, 고도 등을 예측해 항공기에 전달하며, 기상정보와 함께 운항 중인 항공기에서 취합된 난류 실시간 정보를 통해 빅데이터를 구축하고 그 데이터를 바탕으로 특정 시간대, 지역에 난류 발생 예측을 가능하도록 하는 프로그램
- NCAR에서 개발한 이 알고리즘은 항공기 주변 대기 조건의 난류 상태를 센서

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

데이터로 감지하고 항공기 EDR(Energy Dissipation Rate) 추정치를 계산함

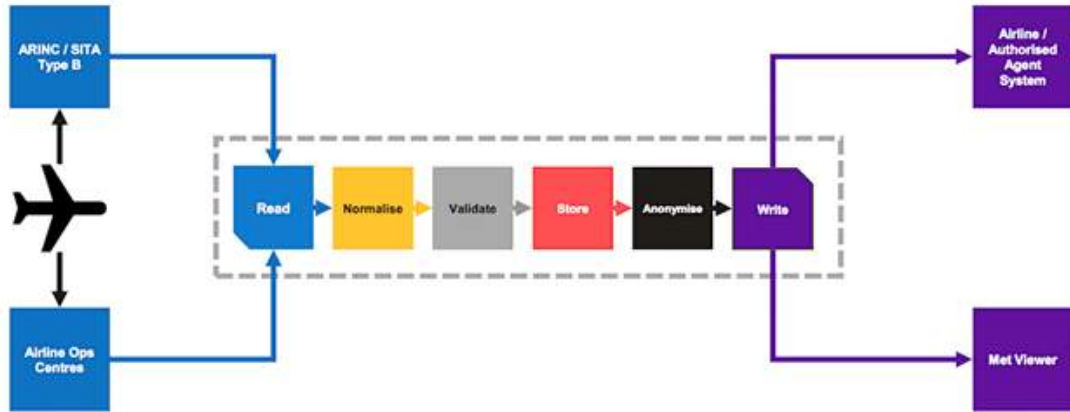


그림 94. IATA의 Turbulence Aware 플랫폼의 운영 뷰 개념
(출처: IATA)



그림 95. IATA의 Turbulence Aware 플랫폼 참여 항공사

- 난류 강도는 ICAO 측정 기준에 따르며, EDR은 6개(초당 8회 측정된 ①true airspeed ②angle of attack ③pitch ④ pitch rate ⑤roll ⑥vertical velocity)의 입력자료를 활용하여 계산되고, 최고 EDR 값을 포함한 각 데이터 포인트에 대한 상세 보고서는 IATA가 관리하는 중앙 데이터베이스에 의해 수집됨.
- 각 보고서는 참여 항공사의 개인정보를 보호하기 위해 클라우드에서 익명으로 작성되며, 원시 데이터는 프로그램에 참여하는 항공사가 자체 기상 및 예측에 활용할 수 있는 오픈소스 소프트웨어로 데이터는 항공기의 기내 연결 네트워크 또는 ACARS(Aircraft Communications Addressing and Reporting System)을 사용하여 지상으로 스트리밍될 수 있음.

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 또한, IATA는 웹 기반의 Turbulence Aware 뷰어를 개발하여 조종사가 난기류 영역을 보고서를 통해 시각화할 수 있고, 항공사가 더 부드러운 에어 포켓(난기류 관계로 공기가 얇아져, 비행 중인 항공기의 고도가 급격히 떨어지게 되는 곳)이 어디에 있는지 알 수 있음.
- 알고리즘을 사용하는 항공기가 난기류를 경험하지 않는 경우, 해당 구역 내에 난기류가 없음을 나타내는 보고서가 15분마다 발송됨

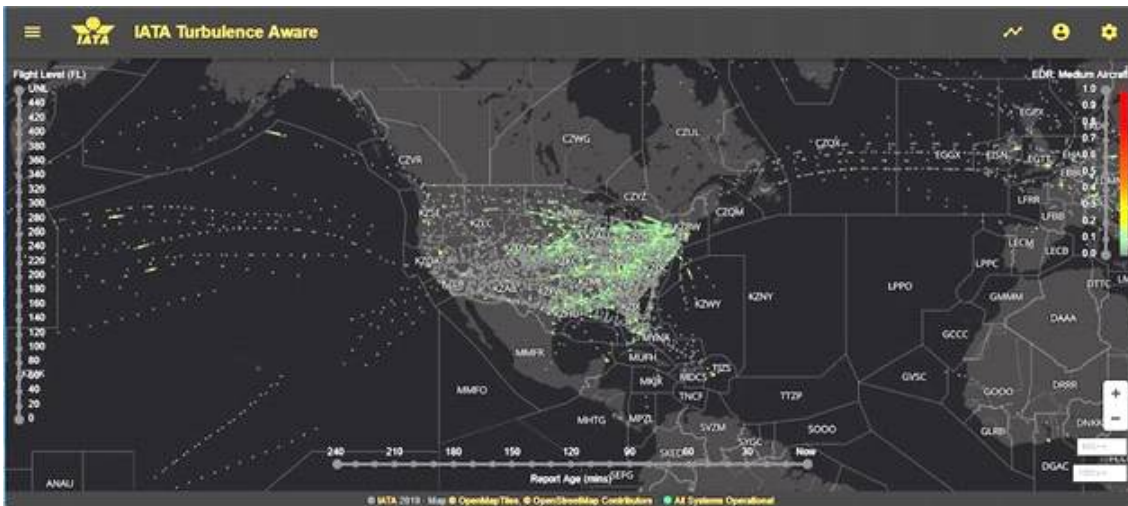


그림 96. Turbulence Aware viewer 화면

- WTIC(Weather Technology In the Cockpit)

| | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| | | |
| Text-based view (2006년) | Graphical view (2012년) | Electric Flight Bag(EFB), 데모용 (2017년) |

그림 97. WTIC(Weather Technology In the Cockpit)

○ IFALPA²¹⁾ Tailored Weather Information for Pilots(AereMetSci 2017)

21) IFALPA : The international Federation of Air Line Pilots' Associations

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 조종사에게 기존 제공 데이터는 차트 형식으로 최근 제공되는 직관적이고 유용한 정보 제공은 부족함.
- 최신 맞춤형 기상정보 제공, EFB 기상정보 개발, 최신 기상 기술의 조종사 교육 지원, 컴퓨팅 및 관측기술 발전에 따른 기상정보 개선 요구

| | |
|--|--|
| | |
| <p>화산재 표출 예 Source: M.Pavlonis, CIMSS / NOAA</p> | <p>강수/폭풍(storm) 표출 예 Source: http://www.meteoearth.com/</p> |
| | |
| <p>EFB 기상 표출 예, Source: IFALPA Vision for the Future of Air Navigation and Weather Information</p> | <p>EFB 기상 표출 예(개발중) Source: Hong Kong Observatory</p> |
| | |
| <p>EFB 기상 표출 예 Source: BCI / NCAR / DLH / VC</p> | <p>공항기상 표출 예, Source: UK Met</p> |

제 2 절 국내외 항공기상서비스 주요 정책 동향

1. 주요 국제 기구 정책 현황

1.1. ICAO의 새로운 항공교통관리 패러다임 전환

□ 세계 항공교통관리 가이드라인

- 국제민간항공기구(ICAO²²)는 급증하는 미래 항공교통량 수용, 항공 안전 및 항공교통 서비스의 효율성 증진을 위해 전 세계적으로 상호운용 가능한 차세대 통합 항공교통 관리체계 구축계획(GANP²³) 및 세계 항공 안전 계획(GASP²⁴)을 수립하여 미래 항공시스템 전환계획(ASBU)에 따라 국가별 이행을 촉구

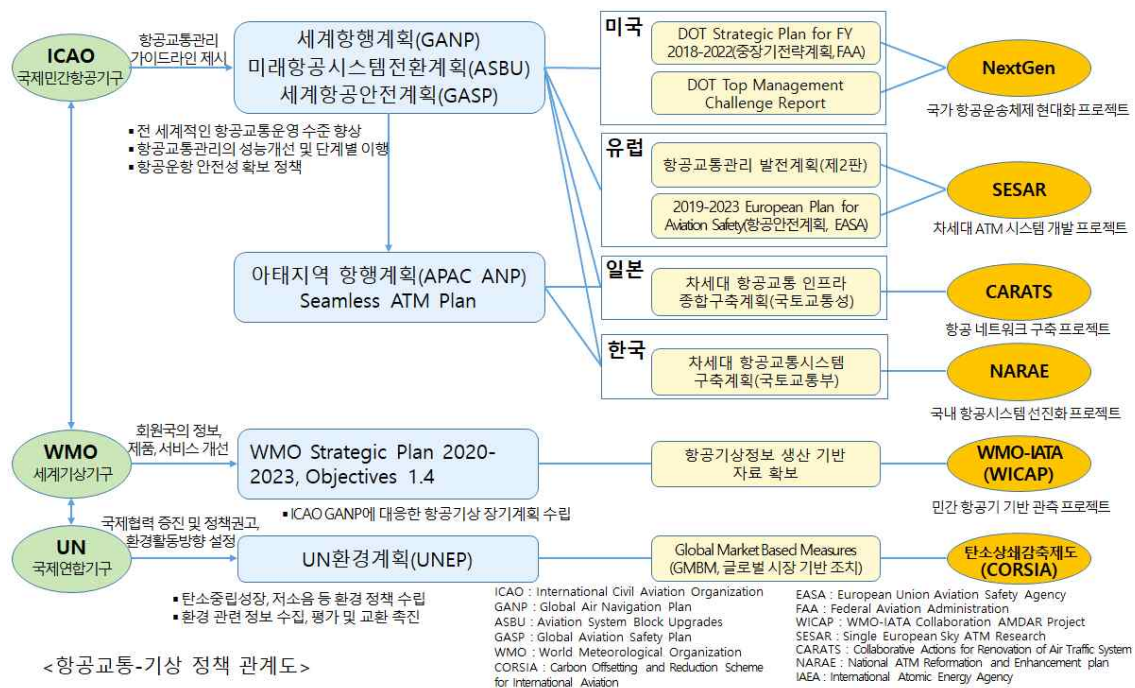


그림 99. 항공교통/기상정책 체계도

- 글로벌 항행시스템의 목표(안전성, 효율성, 보안성, 경제발전, 환경보전) 달성 전략에 따라 항공교통관리와 항공기상정보의 국가별 활성화 및 이행계획에 대한 지침 제시
- 미래 항공교통의 양적 팽창에 따라 ICAO를 중심으로 국제적인 협력하에 미래 항공교통관리(ATM) 발전 방향을 논의하며 진화 중
 - Trajectory Based Operations (TBO, 궤적기반 운영 관리)

22) ICAO: International Civil Aviation Organization 국제민간항공기구

23) GANP: Global Air Navigation Plan 전세계항행계획

24) GASP: Global Aviation Safety Plan 세계항공안전계획

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- Flexible Routing (유연한 항로 관리)
 - Dense Spacing (복잡(조밀)한 항로 간격 관리)
 - Performance Based Navigation (PBN, (비용) 성능 기반 항행 관리)
 - Time-based Management ((조건기반) 최단거리 항행 관리)
 - Collaborative Decision Making (CDM, (국제) 협력적 항행 의사결정)
 - Greener Skies (환경친화적 항행)
- 세계항행계획(GANP)은 항공교통운영 효율성을 증진하기 위한 국제계획으로 매년 세계항행회의를 통해 의결되어 각국에 배포
- GANP(Global Air Navigation Plan)는 항공교통관리(Air Traffic Management, ATM) 패러다임 전환을 위해 전 세계적인 항공교통 운영 수준을 상향 조정하고, 거시정책과 기술적 프레임워크를 바탕으로 지역 및 국가에 적합한 세부 계획을 단계별로 수립하여 이행하도록 함
- ※ GANP는 '24년까지 항공관제, 공항운영, 항공기상 등 제1단계 항공 기술 발전 방향 제시
- GANP 전략목표를 충족하기 위해 항공교통관리 시스템은 전 세계를 통합하는 '네트워크 관리' 접근방식으로 전환함으로써 공역과 공항이 네트워크의 노드가 됨. 지역/글로벌 차원에서 다른 모든 노드와 연동하여 항공기상정보를 전 세계적으로 상호운용 가능한 항공교통관리 시스템에 완전히 통합하는 방식으로 운영
 - 항공기상 서비스 운영 주체는 국가의 역할과 책임을 통제된 방식으로 다른 나라나 조직에 위임하는 것을 수용함으로써 국가(FIR)에서 지역/글로벌로 변화
 - GANP의 이행체계는 Level 1(높은 수준의 항행시스템 발전을 위한 전략적 방향 제시), Level 2(항행 서비스 구현 및 운영개선 사항의 기술 지원), Level 3(EUR ANP, APAC ANP 등 지역 요구 해결), Level 4(지역 및 글로벌 계획에 따른 항공운항 계획 개발) 4단계로 구성됨

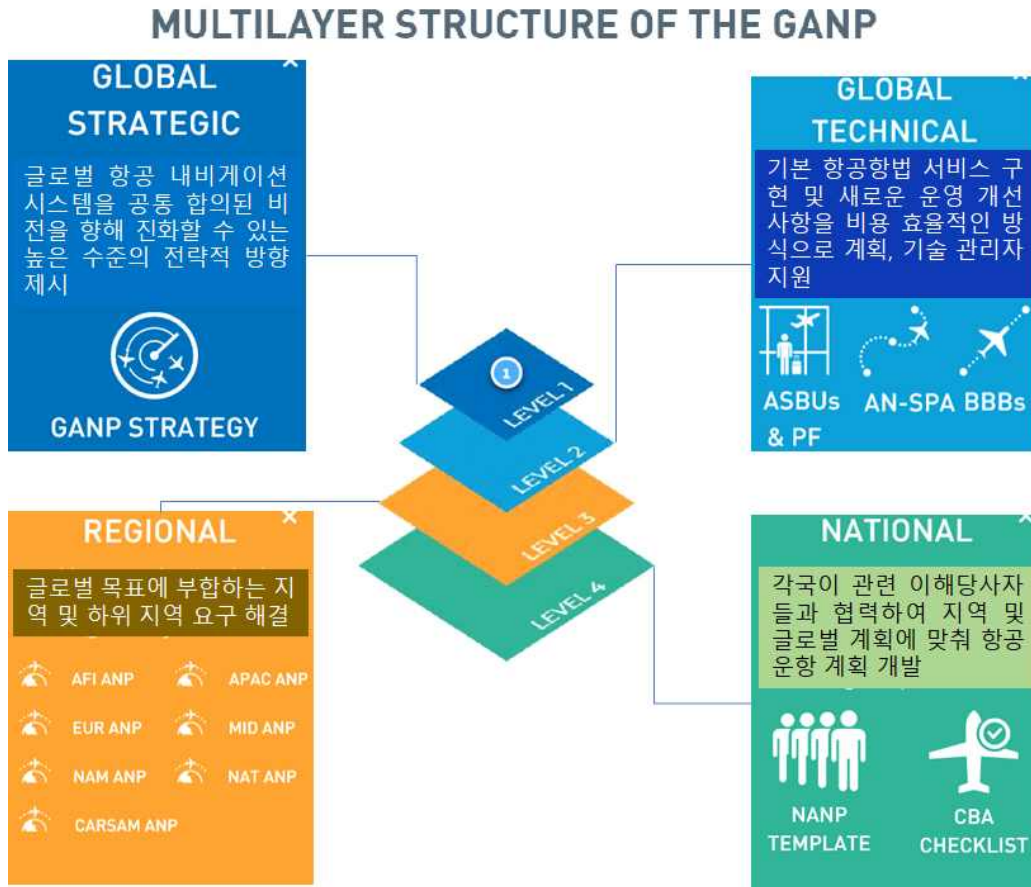


그림 100. Global Air Navigation Plan의 4단계 레벨

- 아태지역에 속한 우리나라의 지역계획은 Asia/Pacific Seamless ATM Plan(Level 3)이며 NARAE(National ATM Reformation and Enhancement) Level 4에 해당
- 세계 항공 안전 계획(GASP)은 항공운항 안전성 증진을 위한 거시정책으로 매년 세계 항공 안전회의에서 의결되어 각국에 배포
 - 최근 '데이터 기반 의사결정' 체계* 도입을 세계 각국에 권고하였으며, 안전 위해 요인의 사전발굴을 통한 조직·운영 관점에서의 안전관리 추진
 - * Safety Management Manual 4th edition('18, ICAO)
- 미래 항공시스템 전환 계획(ASBU)은 항공교통관리를 위해 4개의 성능개선영역(Performance Improvement Area; PIA)을 설정하고 개선영역별로 세부개선영역(Thread), 세부개선영역별 모듈(Module)로 구분하여 국가별 준비상태에 따라 추진단계 및 기술·절차를 관리하는 항공시스템 전환 계획임
 - * PIA 1: 공항운영 개선, PIA 2: 시스템 및 데이터의 상호운용성 증대,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

PIA 3: 공역 수용량 및 비행유연성 증대, PIA 4: 효율적인 비행경로 운영

- ASBU(Level 2)는 전 세계적인 항공교통운영 수준의 상향평준화를 위해 기술적 프레임워크를 수립하여 제시한 것이며 각국은 ASBU 프레임워크와 지역·국가 계획에 적합한 주도국 중심의 항공교통체계발전 전략을 수립하여 ASBU 이행 추진
- 기상 분야는 '시스템과 데이터 상호운용성' 영역에서 Block 0~3(연차별 기술 및 관련 법률)에 걸쳐 기상정보 선진화(AMET) 이행 요구

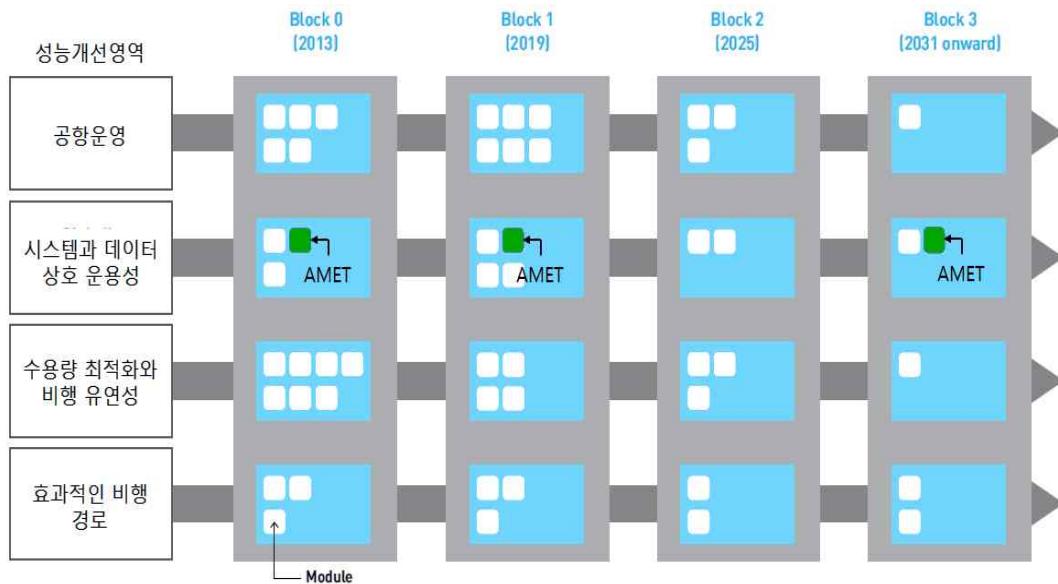


그림 101. 항공시스템 전환 계획(ASBU) 개념 모델의 기상과제

<ASBU 이행단계(Block) 주기>

- '16년 ICAO 총회에서는 ASBU 이행단계(Block) 주기 변동, ATM 논리적 구조 변경 등을 반영한 'ASBU 5th edition'을 승인
 - (기존) Block0: '13~'17, Block1: '18~'22, Block2: '23~'27, Block3: '28~
 - (변경) Block0: '13~'18, Block1: '19~'24, Block2: '25~'30, Block3: '31~
 - '16년 개정된 ASBU 5th edition을 기준으로 기획범위를 설정
 - ※ Block 0: 세계지역 예보시스템(WAFS), 위험기상정보(SIGMET) 등 기상정보를 이용하여 공역사용, 의사결정 및 항공로 계획에 이용
 - ※ Block 1: 항공기 운영계획단계부터 단기 서비스 단계까지 ATM 의사결정에 기상정보를 활용하여 기상의 영향을 최소화하는 계획을 설정

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

하고 운영

- ※ Block 2: 단기 서비스 단계까지 ATM 의사결정에 기상정보를 활용하여 기상의 영향을 최소화하는 계획을 설정하고 운영 목표
- ※ Block 3: 단기 서비스 단계부터 운영시점 20분 전 이내(즉시 서비스 단계)에 ATM 의사결정에 기상정보를 활용하여 기상 영향을 최소화하는 계획을 설정하고 운영 목표
- ‘Block1’ 이행을 위해 현재 시점에서 추가적인 기술개발이 필요한 항목을 도출하고, 기술개발 추진을 위한 사업/과제계획을 범위로 함
- 각 Block 요소 중 대내외 환경분석과 ASBU 기술로드맵(TRM)을 분석하여 전체적인 사업(Program)을 기획하고, R&D 요소를 도출
- R&D요소간 유사/연계를 고려하여 세부과제(project)를 도출하고, 이를 추진하기 위한 구체적인 실천방안을 마련

○ 국제민간항공기구(ICAO) 주도로 미래 항공교통시스템 전환 프로그램 이행을 통한 미래 항공기상 서비스 제공 계획 추진

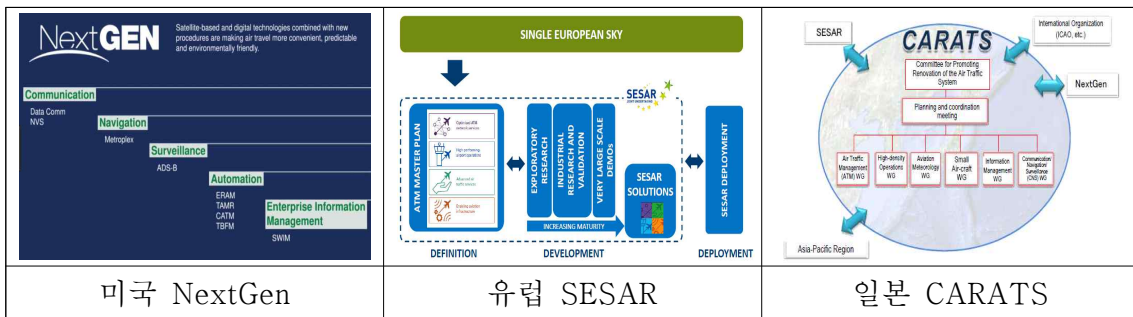


그림 102. 주요 국가 항공교통시스템 프로젝트

□ ICAO GANP ASBU 제5판('16) 구성

- ICAO의 단계별 항공시스템 개선 계획을 의미하며 모듈, 스레드, 블록 및 성능 개선 영역으로 이뤄짐
 - 모듈(Module) : 효율적으로 사용가능한 패키지 또는 성능
 - 스레드(Thread) : 서로 관련이 있는 모듈의 집합
 - 블록(Block) : 모듈로 구성된 블록은 주요 개선사항 및 이점에 대한 접근 제공
 - 성능개선영역(Performance Improvement Area, PIA) : 각 블록 내 모듈 및 스레드의 집합들로서 운영 및 성능상의 개선사항을 각 영역별로 나눔

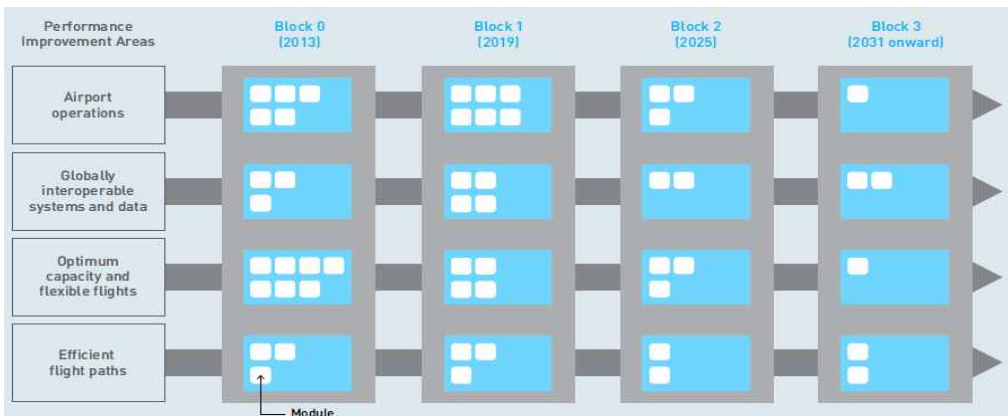


그림 103. ASBU 구성 (ICAO GANP 5판)

- 4개의 PIA (공항운영 개선, 시스템 및 데이터의 상호운영성 증대, 공역수용량 및 비행유연성 증대, 효율적인 비행경로 운영)별 21개의 세부 영역으로 나눔

표 21. 성능개선 영역별 세부 개선영역

| 성능개선영역 | 세부개선영역 |
|-----------------|--|
| PIA 1 공항운영개선 | APTA: 공항 접근성 WAKE: 후류요란 분리기준 RSEQ: 활주로 출발도착 순서 SURF: 공항지상운영 ACDM: 공항-협력적 의사결정 RATS: 원격 관제 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | |
|---------------------------------|--|
| PIA 2 시스템 및 데이터의 상호운영성 증대 | FICE: 항공교통흐름정보 공유 DATM: 디지털 ATM 정보관리 SWIM: 항공정보종합관리체계 AMET: 기상정보 선진화 |
| PIA 3 공역수용량 및 비행유연성 증대 | FRTO: 유연 비행로 운영 NOPS: 항공교통흐름 네트워크 운영 ASUR: 지상감시 대체수단 확보 ASEP: 비행중 자가 분리 OPFL: 최적 비행고도 이용 ACAS: 공중충돌 경고장치 SNET: 비행안전망 |
| PIA 4 효율적인 비행경로 운영 | CDO: 연속강하 운영 TBO: 궤적기반운영 CCO: 연속상승 운영 RPAS: 원격조종항공기 운영 |

○ 항공기상과 연계된 AMET은 PIA2에 해당되며 Block 0, Block 1, Block 3 단계에 기술을 요구 하고 있으며, 각 단계별 세부 내용은 다음과 같음

- (B0 단계)
 - ANSP, 공항운영자, 항공사에게 제공되는 기상정보를 일반 문장형식으로 또는 도표 형식으로 디스플레이가 되도록 기능 구현. 항공기와 항공사 간 데이터 링크 연결을 사용하여 기상정보를 전송할 수 있음
- (B1 단계)
 - 전 세계적, 지역적, sub-지역적 기상정보시스템 간의 연계를 포함하여, 글로벌 기상정보(관측 및 예측)의 일관되고 통합된 4D 데이터베이스 구축 및 이행 포함
 - 통일된 기상정보교환모델(예. IWXXM) 이행에 따른 기상정보의 송신/수신과 관련된 국제표준의 강화 및 글로벌 운영을 지원하기 위한 시스템 간의 정보 교환을 위한 국제표준 개발 필요
- (B3 단계)
 - 기상 정보를 항공기에 전달하기 위하여 시스템간(지상-항공기)의 정보교환을 위한 국제표준 개발 필요
 - 조종사가 위험한 기상조건을 피할 수 있도록 ADS-B/CDTI(항공기비행 정보 디스플레이) 및 다른 조종석 기능을 사용하려면 ANSP의 역할을 포

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

합한 절차개발 필요

- 디지털 기상정보 교환을 포함하여 지상-항공기 기반 자동화 기능 통합 필요

□ ICAO GANP ASBU 제6판('19) 구성

- 3개의 Threads (정보, 운영, CNS 기술 및 서비스)별 22개의 Elements로 나뉨
- ICAO GANP 6판에서의 AMET은 정보 Thread에 해당되며 Block 0에서 Block 4까지 전 단계에서 기술을 요구 하고 있으며, 각 단계별 세부 내용은 다음과 같음
- 이번 사업에서 고려되어야 할 항공기상 Block 1단계는 산출물 중심에서 자료 중심으로 전환, 확률정보 제공 및 IWXXM을 통한 기상정보 제공 등임

표 22. Thread별 Element 구성

| Thread | Element |
|--|--------------------------------|
| 정보 (Information) | AMET - 기상정보 |
| | DAIM - 디지털 항공정보관리 |
| | FICE - 항공교통흐름정보 공유 |
| | SWIM - 항공정보종합관리체계 |
| 운영 (Operational) | ACAS - 공중충돌경고시스템 |
| | ACDM - 공항 협력적 의사결정 |
| | APTA - 출도착운영 |
| | CSEP - 협력적 분리 |
| | FRTO - 유연 비행로 경로 |
| | GADS - 국제항공조잔 및 안전시스템 |
| | NOPS - 네트워크 운영 |
| | OPFL - 대양 및 원격공역에서의 최적 비행고도 개선 |
| | RATS - 원격관제 |
| | RSEQ - 활주로 출도착 순서 |
| | SNET - Ground-based 항공안전망 |
| | SURF - 공항지상운영 |
| | TBO - 궤적기반운영 |
| WAKE - 후류요란 분리기준 | |
| CNS 기술 및 서비스 (CNS Technology and service) | ASUR - 감시 시스템 |
| | COMI - 통신 인프라 |
| | COMS - ATS 통신 서비스 |
| | NAVS - 항행시스템 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 23. ICAO ASBU Block 단계별/Element 별 세부내용

| 구성 | Block 0 (2013~2018) | Block 1 (2019~2024) | Block 2 (2025~2030) | Block3 (2031~2036) |
|------------------------------------|---|--|---|--|
| AMET-01 (기상관측) | <ul style="list-style-type: none"> - 기상요소 관측 정보 추가 제공 - 관측 자동화 - 번개, 레이더 및 위성 정보의 시공간 해상도 향상 | <ul style="list-style-type: none"> - 산출물 중심 → 자료 중심 위험 기상 서비스 강화 - 유인 및 무인 항공기 기반의 새로운 관측정보 도입(예, lidar 관측) | <ul style="list-style-type: none"> - 터미널 지역 서비스 추가 - 데이터 중심 정보체계 구현 - 시공간 정보 향상 - IWXXM 형식의 기상정보를 사용자 중심의 정보로 제공 | <ul style="list-style-type: none"> - 우주기상 정보와 터미널 지역 관측 추가 개발 - 기상관측의 시공간 해상도 향상 |
| AMET-02 (기상예보 및 경보) | <ul style="list-style-type: none"> - 기상예보 산출물 시각화 향상 - WAFS 정보 (바람·기온·착빙·난류·적란운)의 시공간 해상도 향상 | <ul style="list-style-type: none"> - 산출물 중심 → 자료 중심 - 위험기상 서비스 강화 - 앙상블 예측 기반 확률정보 제공 시작 | <ul style="list-style-type: none"> - 터미널 지역 예보 및 경보 서비스 개발 추가 - FIR에 제약받지 않는 현상기반 기상정보 - 데이터 중심 정보 체계 구현 - IWXXM 형식의 기상정보를 사용자 중심의 정보로 제공 - 앙상블 시스템 기반의 확률예측 정보 개발 | <ul style="list-style-type: none"> - 우주기상 정보와 터미널 지역 관측 추가 개발 - 확률예측정보 추가 개발 - Gate-to-gate 운영을 가능하게 하는 모든 비행 단계와 항공교통관리 운영에 부합하는 완전 통합된 기상서비스 추가 개발 |
| AMET-03 (기후와 기상 통계) | <ul style="list-style-type: none"> - 기반시설 설계와 계획, 비행경로 및 공역관리 지원 - 기상관측, 예보, 주의보 및 경보 통계 | <ul style="list-style-type: none"> - 향상된 비행경로 및 공역관리 지원 - 향상된 기상관측, 예보, 주의보 및 경보 통계 | <ul style="list-style-type: none"> - 더 많은 지역과 빠른 주기로 갱신되는 기후자료(위성기반과 항공기 탑재 장비 기후자료)와 기후변화 정보 | <ul style="list-style-type: none"> - 더 많은 지역과 빠른 주기로 갱신되는 기후자료(위성기반과 항공기 탑재 장비 기후자료)와 기후변화 정보 |
| AMET-04 (기상정보 배포 / SWIM 내 기상정보) | <ul style="list-style-type: none"> - ICAO IWXXM을 통한 기상 정보 교환. - IWXXM 기법을 이용한 문숫자 형식을 XML/GML로 전환 | <ul style="list-style-type: none"> - 문숫자 산출물을 IWXXM 형태로 전환 시작 - 사람이 읽을 수 있는 산출물을 IWXXM 정보에서 추출 - 웹서비스의 도입으로 고정회선 보급 시스템의 점진 교체 가능 | <ul style="list-style-type: none"> - SWIM 환경의 기상정보서비스 - IWXXM 형식의 기상정보를 사용자 중심의 정보로 제공 - 보안 웹서비스 사용 확대 - ATM 시스템에 MET 정보의 기업 간 서비스 시작 - 상층 기상관측 실시간 전송 | <ul style="list-style-type: none"> - SWIM 환경의 기상정보서비스 - 기상정보 교환을 위한 다양한 기법과 IWXXM 향상 - IWXXM 형식의 기상정보를 사용자 중심의 정보로 제공 - ATM 시스템에 MET 정보의 기업 간 서비스 시작 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

□ ICAO GANP ASBU 5판과 6판 비교 분석

- ICAO GANP가 5판에서 6판으로 개정되면서 AMET 분야는 5판에서는 B0, B1, B3 단계만 해당되었으나 6판에서는 B0~B4 전 단계에 해당함
- 또한, 5판에서는 주로 과제 중심으로 block이 구성되었으나, 6판에서는 Block 1단계 요소들(관측, 예보 및 경보, 기후학 및 역사학적 기상정보, 전파)이 계속해서 개선되는 형태로 바뀜

표 24. ICAO ASBU AMET Block 1 Element별 요구사항 (5판 vs 6판)

| | 5판 | 6판 |
|------|--|--|
| B1-1 | 기상 정보 (Meteorological information) | 기상 관측 정보 (Meteorological observations information) |
| | 운영자 및 항공서비스제공자와 공항 의사 결정자가 이용할 수 있는 모든 필수 항공 기상 관측 및 예보의 집합이며, ATM 의사 결정자가 솔루션을 구축하는 데 기반을 둔 신뢰할 수 있는 기상 정보로 설계된 데이터가 포함됨 | 기존의 영숫자 코드(TAC) 형식에서 데이터 중심 정보로 전환되기 시작하여 다양한 운영 제약, 기능 및 요구 사항에 대하여 지원. SWIM-compliant 관측 매개 변수 및 현상이 사용자에게 제공되기 시작. 제품 중심에서 데이터 중심 정보로의 변화 함 |
| B1-2 | 기상 정보 전환 (Meteorological information translation) | 기상 예보 및 경보 (Meteorological forecast and warning information) |
| | 항공 기상 정보를 수집하여, 이를 특성화 된 기상 제약과 영공 또는 비행장 임계값(aerodrome threshold events) 이벤트로 변환하는 자동화 된 프로세스를 말함. 기상 정보 번역 프로세스의 결과물은 영공의 투과성(permeability) 또는 비행장 수용량의 잠재적인 변화를 나타내는 비-기상 학적 값임. 미래 자동화 시스템이 ATM 영향 변환 구성 요소를 포함하지 않고 기상 정보 번역 방법론을 통합할 가능성은 낮으므로, 중간 종료 상태 라기보다는 다음 요소와 전체 프로세스의 인에이블러(enabler)가 될 가능성이 높음 | 기존의 영숫자 코드(TAC) 형식에서 데이터 중심 정보로 전환되기 시작하여 다양한 운영 제약, 기능 및 요구 사항에 대하여 지원. SWIM-compliant 예보 매개 변수 및 현상이 사용자에게 제공되기 시작. 제품 중심에서 데이터 중심 정보로의 변화. |
| B1-3 | ATM 영향 변환 (ATM impact conversion) | 기후학 및 역사학적 기상정보 (Climatological and historical meteorological information) |
| | ATM 영향 변환 요소는 공역 또는 비행장의 예상되는 기상학적 제약 수용량을 결정하고, 이를 예상 수요와 비교 | 기상 변수(바람, 강수, 온도 등) 및 현상의 범위와 관련된 특성(metadata)에 대해 보다 향상된 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|------|--|---|
| | <p>함. 둘 사이에 불균형이 존재하는 경우, 이 정보는 불균형을 처리하기 위한 완화 전략의 개발을 알리기 위해 시스템 사용자 또는 ATM 의사 결정 지원 요소에 제공됨</p> | <p>기후 정보를 제공. 기상 관측 및 예보와 관련된 특성(metadata)을 포함한 과거 정보를 제공. 기반시설, 비행 경로, 공역 관리 등의 설계와 계획을 지원하기 위한 기후 정보 서비스 요구 -매일/매월/매년 평균자료</p> |
| B1-4 | <p>기상 정보 통합 의사결정 지원 (Meteorological information integrated decision support)</p> | <p>기상 정보의 전파 (Dissemination of meteorological information)</p> |
| | <p>ATM 의사 결정자가 고려하고 실행하기 위해 순위가 매겨진 완화 전략(mitigation strategies)을 만드는 자동화 된 시스템 및 프로세스로 구성된 기상 정보 통합 의사 결정 지원임. 솔루션은 ATM 커뮤니티에서 설정한 요구 사항과 규칙을 기반으로하며, 기술적 회피를 지원하기 위해 서비스 제공자 및 운영자에게 기상 정보의 통신 및 표시를 강화함</p> | <p>ICAO 기상정보 교환모델(IWXXM)의 형식은 기존의 영숫자 코드 (TAC) 제품을 대체하기 시작, 사람이 읽을 수 있는 제품으로 파생됨. 전파의 의미는 항공고정통신 서비스 (예. AMHS) 및 보안 인터넷 서비스(WIFS/SADIS)들도 포함함을 의미함. 사용자가 요구하는 정확한 기상정보(지리적 범위, 해상도 등)에 접근할 수 있는 SWIM 호환 웹 서비스 제공 시작</p> |

□ ICAO ASBU 기술로드맵

- ICAO는 GANP와 ASBU 및 전체 계획 프로세스와의 관계를 이해하기 위해 '17년에 기술로드맵(Technology Roadmap)을 제시함
- ICAO 기술로드맵은 주로 인에이블러(Enabler)와 연관되어 CNS²⁵⁾나 항공전자(avionic)와 관련된 기술(예. ADS-B In/Out²⁶⁾, VDL²⁷⁾, TCAS²⁸⁾ 등)들에 대해 Block별 적용 로드맵을 제시하고 있음
- 각 기술로드맵은 Enabler(Link Media)와 Service로 구분되어 제시됨
 - 기술이 필요한 모듈은 검은색으로 표시되며, 기술이 지원되는 모듈은 회색으로 표시됨

25) CNS(Communication Navigation Surveillance) - 통신, 항행, 감시의 줄임말

26) ADS-In/Out(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) - 자동종속감시시설 송수신기

27) VDL(VHF Digital Link) - 초단파디지털이동통신시설

28) TCAS(Traffic Collision Avoidance System) - 공중충돌경보장치

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

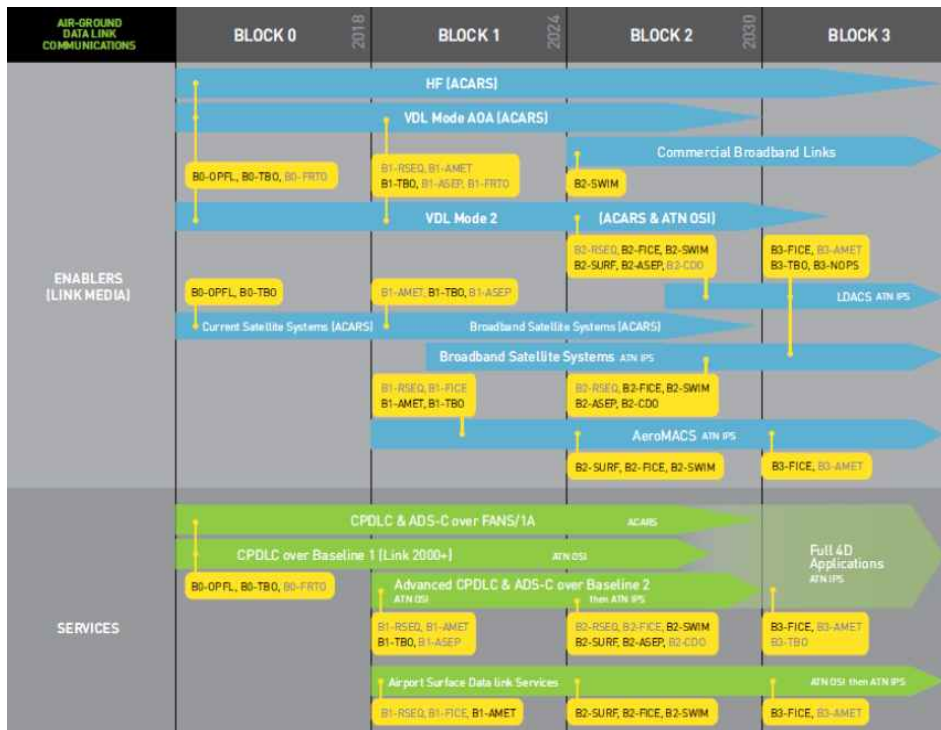


그림 104. 기술로드맵 (예)

- 총 10개의 기술 로드맵 중에서 항공기상은 로드맵 7(Information Management) 영역에 해당되며 SWIM, AIS/AIM 및 Meteorology 등의 구성요소도 포함되어 있음
- 다음의 표는 로드맵별 도메인과 컴포넌트를 나타내고 있음

표 25. 기술 로드맵

| 영역 | 구성요소 | 로드맵 |
|-----------------------|--|-----|
| 통신 (Communication) | 공중-지상 데이터 링크 통신 (Air-ground data link communications) | 1 |
| | 지상-지상 통신 (Ground-ground communications) | 2 |
| | 공중-지상 음성 통신 (Air-ground voice communications) | |
| 항행 (Navigation) | 전용 기술 (Dedicated technology) | 3 |
| | 성능기반 항행 (Performance-based navigation) | 4 |
| 감시 | 지상 기반 감시 | 5 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| (Surveillance) | (Ground-based surveillance) | 6 |
| | 지상 감시 (Surface surveillance) | |
| | 공중-공중 감시 (Air-air surveillance) | |
| 정보관리 (Information management) | 항공데이터종합관리망 SWIM (System Wide information Management) | 7 |
| | 비행 및 흐름 (Flight & Flow) | |
| | 항공정보업무/전자항공정보관리체계 (AIS/AIM) | |
| | 기상 (Meteorology) | |
| | 시간 (Time) | |
| 항공전자기기 (Avionics) | 통신 (Communication) | 8 |
| | 감시 (Surveillance) | |
| | 항행 (Navigation) | 9 |
| | 공중 안전망 (Airborne safety nets) | 10 |
| | 기내 시스템 (On-board systems) | |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- (로드맵 7, 정보관리) 보안 환경에서의 정보 공유가 목표이며, 정보 범위로는 경로, 감시데이터, 항공정보, 기상 데이터 등을 포함하여 ATM과 관련 있는 모든 정보로 확장됨
 - B0 기간 내
 - 서비스 지향 아키텍처(service oriented architecture, SOA)의 선구자적 이행을 통해 운항 서비스 지원
 - 기상 데이터도 IP를 통해 배포됨
 - 디지털 NOTAM으로의 이전이 시작되며 IP를 통해 배포됨
 - B1-2 기간 내
 - (Block 1 기간 내의 SWIM) 지대지 통신을 지원하는 초기 SWIM 기능을 배치함, 정보 관리를 위해 강력한 사이버 보안 도입
 - (Block 2 기간 내의 SWIM) 항공기가 SWIM 네트워크의 노트가 되어 항공기 시스템에 완전히 통합됨, 안전에 필수적 ATM 정보 변경 위험을 완화하기 위해 정보 보안, 무결성, 기밀성 및 가용성이 관리됨
 - 디지털 NOTAM과 MET 정보 배포(AIXM 및 IWXXM 정보 교환 형식 사용)는 SWIM 네트워크를 통해 광범위하게 구현됨
 - 기존보다 많은 point-to-point AIDC²⁹⁾ (ATS Inter-facility Data Communication) 메시지 교환이 일정 기간 동안 SWIM과 계속 병행하여 사용됨
 - 비행정보교환모델(Flight Information Exchange Model, FIXM)이 현재 사용되고 있는 비행 계획을 대체하고 비행 정보 교환을 위한 글로벌 표준을 제안함
 - B3 기간 내
 - 완전한 SWIM 배치를 통해 항공기를 포함한 모든 구성요소가 광범위한 정보와 운항서비스(Full 4D 경로공유 포함)에 접근할 수 있을 것으로 예상됨
 - 비행객체의 완전 이행은 FF-ICE(Flight and flow information for the collaborative environment, 교통흐름 정보공유) 개념의 이행으로 실현될 것임

29) AIDC - 항공교통시설(항로관제소, 접근관제소 등) 간에 데이터 통신망을 이용하여 각종 관제정보를 교환하는 기능

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

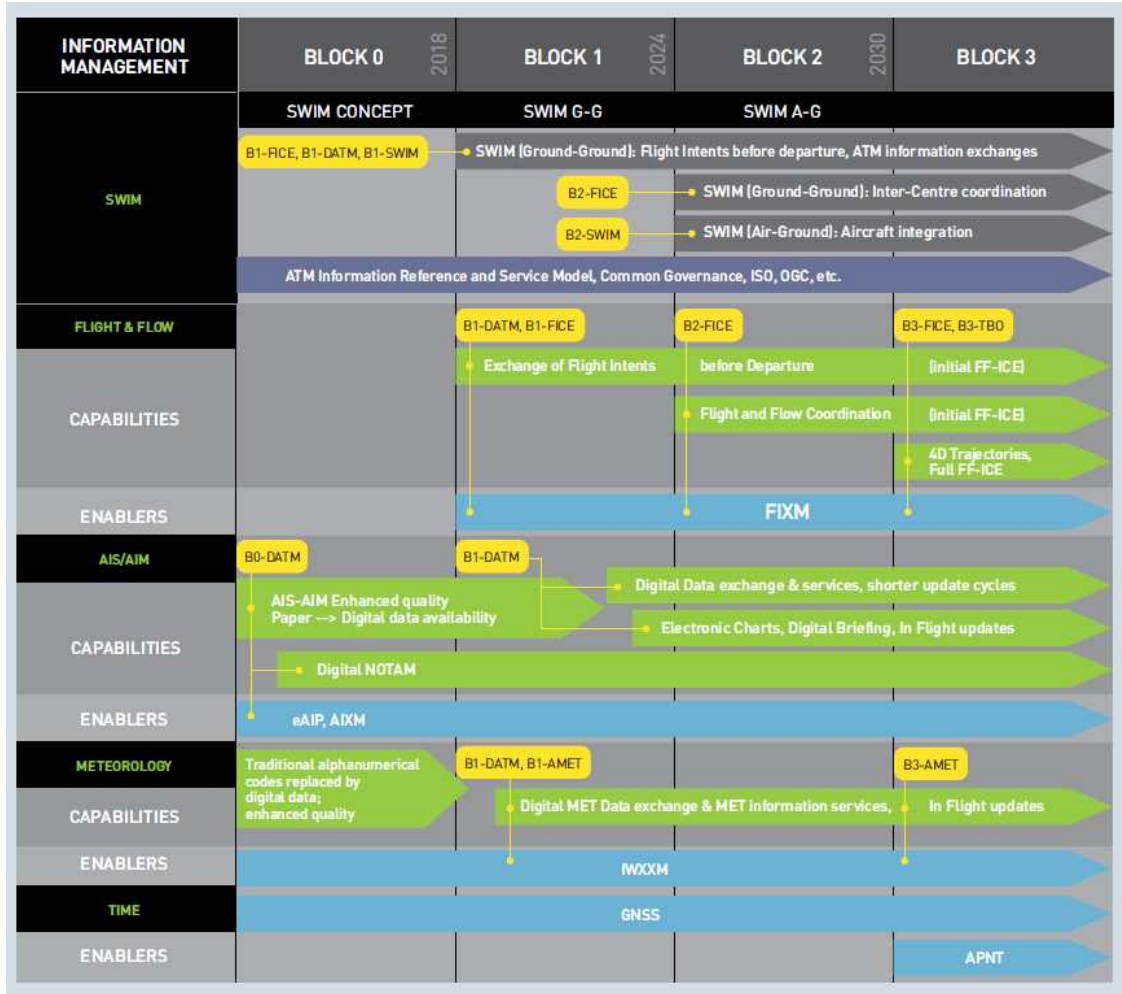


그림 105. 기술로드맵 7

□ 아태지역 항공교통관리 계획(APAC Seamless ATM Plan)

○ 아시아-태평양 지역 항공교통관리계획³⁰⁾은 지역 현안 및 항공 운송 현안을 고려한 APAC Seamless ATM 계획을 수립하여 ICAO의 ASBU에 대응

※ APAC Seamless ATM Plan은 아태지역 항행 이행 그룹회의(APANPIRG³¹⁾)에서 제정('13.06), 3개년 개정을 원칙으로 제27차 APANPIRG에서 제2관 제정('16.09)

- 아태지역 항공교통관리계획은 ASBU 추진과제와 지역 현안 등을 고려하여 항공기 감시 능력 향상, 공역 수용 능력 증대, 민·군 협력 등 45개 과제를 선정하여 추진
- 제27차 회의에서는 기존 현안 과제를 22개에서 26개로 확대하였으며 ASBU Block 이행 관련 과제는 기존 23개에서 25개로 확대
- 아태지역 사무소는 아태지역 항행계획을 기반으로 한 비전을 수립하고 ATFM(Air Traffic Flow Management; 항공교통흐름관리) 프레임워크, 지역적 ATM 계획, 아태지역 수색 및 구조 계획, AMS/ NAV/SUR 전략 등을 포함한 APAC Seamless ATM 계획을 채택

※ 아태지역 항행계획 관련 지침문서, 템플릿을 수립하는 동시에 이행실태 보고서를 작성하여 지역계획에 반영하고 GANP 및 GASP에도 반영될 수 있도록 ICAO Regional Dashboard 게재

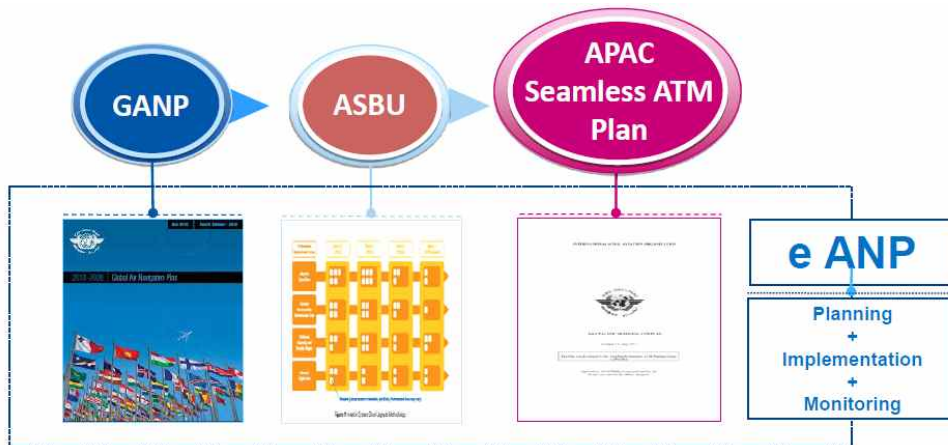


그림 106. ICAO GANP/ASBU-APAC Seamless ATM Plan 간 관계도
(출처: ICAO Bangkok (2016), Seamless ATM plan and SWIM)

30) ASIA/PACIFIC SEAMLESS ATM PLAN (Version 2.0, 2016.9)

31) APANPIRG : Asia/Pacific Air Navigation Planning and Implementation Regional Work Group

□ ASIA/PACIFIC Seamless ANS Plan (2019.11, Version 3.0)

- 아태지역사무소는 ICAO ASBU의 아시아-태평양지역 이행 지원을 위해 APAC Seamless ATM 계획을 수립
- 추진 과제는 총 25개 항목으로, 기존 ICAO ASBU 세부추진과제 일부와 아태지역 항공운송 현안(민·군 협력, 수색 및 구조, 인적 자원 관리)을 포함하여 이행계획을 작성함
- APSAPG(Asia/Pacific Seamless ATM Planning Group)은 원활한 ATM 운영을 위해 다음과 같은 성능 목표를 개발함
 - 우선시되는 비행장/공역 및 항로 세부사항(Preferred Aerodrome/ Airspace and Route specification, PARS)
 - 우선시되는 ATM 서비스 수준(Preferred ATM Service Levels, PASL)
 - PARS/PASL은 일반적인 성과 지향적 요구사항과 같은 시스템 기대치를 통합하는 두 개의 성능 목표를 소개하고 있음. 각 성능 목표는 항공 시스템의 다양한 측면에 대한 기대치 목적으로 구성됨
 - PARS/PASL 단계 이전에 필요한 계획을 고려할 때, 계획 과정의 모든 사람들이 필요한 기반과 역량 구축이 우선시되어야 함
 - 이행 전에 각 국가는 안전 분석, 현재 및 예측된 교통수요, 효율성, 예측 가능성, 비용 효율성 및 환경을 충족시켜 이해 관계자의 기대를 충족시키는 ATM 용량 요구 사항을 통해 PARS 및 PASL의 적용 가능성을 검증해야 하며, PARS/PASL은 다음중 하나임
 - 적용할 수 없음 (not applicable)
 - 이미 구현되었음 (already implemented)
 - 이행 되지 않음 (not implemented)
 - PARS와 PASL은 4개의 단계로 수행될 예정임
 - 1단계 - 2015년 11월 12일 까지
 - 2단계 - 2019년 11월 07일 까지
 - 3단계 - 2022년 11월 03일 까지
 - 4단계 - 2025년 11월 27일 까지
 - PARS는 원활한 ATM 운용을 용이하게 하는 항공기 장비를 포함하여 공역 및 ATS 항로에 대한 기대치를 포함하고, 주로 국가의 규제자 및 공역기관을 위한 것이며 공역 기획자, 비행절차 설계자 및 항공사에 중요함
 - PASL은 항행서비스제공자(ANSP)에 대한 기대치를 포함하고, 국가 규제자 또는 ATS 당국이 해당됨

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- PARS와 PASL은 함께 원활한 ATM 개발의 토대를 형성하며 모든 이해 관계자가 조화로운 노력을 기울일 수 있도록 해당 국가 규정, 규칙 및 정책에 의해 가능해져야 함
- Asia/Pacific ASBU 이행
 - B0와 B1 요소(element)의 요약 및 아태 지역에서의 이행을 위한 예상 우선순위를 제공하고 아래와 같이 구분하고 있음
 - Priority 1 - 주요 업그레이드 (2022년 11월까지 이행되어야 함)
 - Priority 2 - 권장 업그레이드 (일반적으로 2022년부터 이행될 예정이지만 국가에 유익한 경우 조기에 이행 장려)
 - Priority 3 - 보편적으로 이행되지 않을 수 있음
 - AMET B0와 B1의 이행은 각각 우선순위 1과 2로 지정되어 이행을 장려하고 있음

표 26. Asia/Pacific ASBU Block 0 및 Block 1 우선순위

| 구분 | 구성요소 | 우선 순위 |
|---------------------|---|-------|
| 정보 (Information) | AMET-B0/1 - 4: 기상관측, 예보, 경보, 기후, 기록물 및 보급 (Meteorological observations, forecast, warning, climatological and historical products, and dissemination) | 1 |
| | AMET-B1/1 - 4: IWXXM을 사용하는 자동화된 의사결정 시스템 또는 보조장치가 지원하는 기상 제품 (Meteorological products supported by automated decision systems or aids using IWXXM) | 2 |
| | DAIM-B1/1 - 7: (AIP, 지형 및 장애물, 비행장 및 계기 비행절차 데이터 세트, NOTAM 개선을 포함하여 품질이 보장된 디지털 항공 데이터 및 정보 제공) Provision of quality-assured digital aeronautical data and information, including AIP, terrain and obstacle, aerodrome and instrument flight procedure data sets, and NOTAM improvements | 1 |
| | FICE-B0/1: 자동화된 기본 AIDC(Automated basic AIDC) | 1 |
| 운영 (Operational) | ACDM-B0/1: ACIS | 1 |
| | ACDM-B1/1 - 3: ATM 네트워크, AOP(Airport Operation Plan) 및 APOC(Airport Operation center)와 A-CDM 통합 (Airport CDM Integration with ATM Network, AOP and APOC) | 2 |
| | APTA-B0/1 - 3 and 6: 기본 PBN SID 및 STAR 절차, PBN 비정밀 및 SBAS/GBAS CAT-I 정밀 접근절차, PBN 헬리콥터 PinS | 1 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | |
|--|---|
| 작업 (Basic PBN SID and STAR procedures, PBN non-precision and SBAS/GBAS CAT I precision approach procedures, and PBN Helicopter PinS Operations) | |
| APTA-B0/4 - 5, 7 - 8: CDO(Basic) 및 CCO(Basic), advanced/basic 항공기 성능기반 비행장 운영 최소치 (CDO (Basic) and CCO (Basic), and performance-based aerodrome operating minima for advanced/basic aircraft) | 2 |
| APTA-B1/1 - 5: SVGS,CDO 및 CCO(Advanced)를 사용하는 advanced 항공기에 대한 advanced 기능 PBN 접근 방식, PBN SID 및 STAR 절차 및 성능기반 비행장 운영 최소값 (advanced capability PBN approaches, PBN SID and STAR procedures and performance-based aerodrome operating minima for advanced aircraft with SVGS, CDO and CCO (Advanced)) | 3 |
| CSEP-B1/1 - 2: Basic 공중상황인지 AIRB 및 VSA (basic airborne situational awareness AIRB and VSA) | 2 |
| FRTO-B0/1 - 4: 직접 항로, 공역계획 및 유연한경로, 기본충돌 감지 및 적합성 모니터링 (Direct routing, Airspace Planning and FUA, Flexible Routings, and basic conflict detection and conformance monitoring) | 1 |
| FRTO-B1/1 - 8: 자유항로공역, RNP 항로, 향상된 FUA 및 공역관리(ASM), 동적섹터결정, 향상된 충돌 감지 도구 및 적합성 모니터링, 다중센터기획기능, 성능기반 분리 최소 (Free Route Airspace, RNP routes, Advanced FUA and Airspace Management (ASM), Dynamic Sectorisation, Enhanced Conflict Detection Tools and Conformance Monitoring, Multi-Sector Planner Function, Performance Based Longitudinal and Lateral Separation Minima) | 2 |
| NOPS-B0/1 - 5: ASM과 ATFM의 기초 통합, 협력적 네트워크 비행 업데이트, basic 네트워크 운영 계획 및 기초 공항/ATFM slot, A-CDM 네트워크 인터페이스 및 동적 slot 할당 (Initial integration of ASM with ATFM, Collaborative Network Flight Updates, Basic Network Operation Planning and Initial Airport/ATFM slots, A-CDM Network Interface and Dynamic Slot Allocation) | 1 |
| NOPS-B1/1 - 9: 단기 ATFM 측정, 향상된 NOPS 계획, 공항 운영 및 NOPS 계획의 향상된 통합, 향상된 교통복잡성 관리, ATFM과 | 2 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|----------|---|---|
| | ASM의 완전한 통합, 기초 동적공역 구성, 향상된 ATFM slot 스와핑, 확장된 도착관리 및 ATFM 목표 시간 (Short Term ATFM measures, Enhanced NOPS Planning, Enhanced integration of airport operations and NOPS planning, Enhanced Traffic Complexity Management, Full integration of ASM with ATFM, Initial Dynamic Airspace configurations, Enhanced ATFM slot swapping, Extended Arrival Management and ATFM Target Times) | |
| | OPFL-B0/1: ITP | 3 |
| | OPFL-B1/1: CDP | 3 |
| | RATS-B1/1 - 원격으로 운영되는 비행장의 항공교통서비스(Remotely Operated Aerodrome Air Traffic Services) | 3 |
| | RSEQ-B0/1 - 2:출도착관리(Arrival and Departure Management) | 1 |
| | RSEQ-B0/3 - 포인트 머지(Point merge) | 3 |
| | RSEQ-B1/1 - 확장된 도착 미터링(Extended arrival metering) | 2 |
| | SNET-B0/1 - 4: STCA, MSAW, APW, APM | 1 |
| | SNET-B1/1 - 2: 항공기 매개변수 및 복잡한 TMA에서 향상된 STCA(Short Term Conflict Alert, 단기충돌경고) (Enhanced STCA with aircraft parameters and in complex TMAs) | 2 |
| | SURF-B0/1 - 3: Basic ATC 지상운영도구, 종합상황인지, 상황인지, 경고 서비스 (Basic ATC surface operations tools, comprehensive situational awareness, situational awareness, alerting service) | 2 |
| | SURF-B1/1 - 5: 향성된 지상교통관리시각보조시설, 조종사 종합인지 및 활주로 경고, 향상된 ATC 경고, 지상 활주 ATC 및 EVS 지원 라우팅 서비스 (Advanced surface traffic management visual aids, pilot comprehensive awareness and runway alerting, enhanced ATC alerting, routing service to support ATC and EVS for taxiing) | 2 |
| | TBO-B0/1: 흐름중심 접근 방식 내 시간기반관리 도입(Introduction of time-based management within a flow centric approach) | 2 |
| | TBO-B1/1 - 시간기반의사결정과정의 기초통합(Initial Integration of time-based decision making processes) | 2 |
| CSN 기술 및 | ASUR-B0/1 - 3: ADS-B, MLAT, SSR-DAPS, NSS | 1 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | |
|---|--|---|
| 서비스 (CNS Technology and Service) | ASUR-B1/1 - 우주에서 항공기 ADS-B 신호 수신(SB ADS-B) (Reception of aircraft ADS-B signals from space (SB ADS-B)) | 2 |
| | COMI-B0/1 - 2, 4 - 6: ACARS, ATN/OSI, VDL Mode 2 Basic, SATCOM Class C Data, HFDL | 2 |
| | COMI-B0/3, 7: VDL Mode O/A, AMHS | 1 |
| | COMI-B1/1 - 4: VDL 모드2 다중 주파수, SATCOM 클래스 B(SB-S) 음성 및 데이터, ATN/IPS 및 AeroMACS 지상-지상 (VDL Mode 2 Multi-Frequency, SATCOM Class B (SB-S) Voice and Data, ATN/IPS and AeroMACS Ground-Ground) | 2 |
| | COMS-B0/1 - 2: 국내 및 절차 공역에 대한 CPDLC(FANS 1/A & ATN B1) 및 절차 공역에 대한 ADS-C (FANS 1/A) (CPDLC (FANS 1/A & ATN B1) for domestic and procedural airspace and ADS-C (FANS 1/A) for procedural airspace) | 2 |
| | COMS-B1/1 - 3: PBCS 승인 CPDLC(FANS 1/A+), ADS-C와 국내 및 절차 공역을 위한 SATVOICE (PBCS approved CPDLC (FANS 1/A+), ADS-C and SATVOICE for domestic and procedural airspace) | 2 |
| | NAVS-B0/1 - 4: SBAS, GBAS, ABAS, MON | 2 |
| | NAVS-B1/1: Extended GBAS | 3 |

1.2. WMO Strategic Plan 2020-2023

- 세계기상기구(WMO)는 ICAO GANP에 대응한 ‘항공기상 장기계획’을 수립하고, '20~'23년과 '30년까지 세계기상기구(WMO)의 활동 방향과 우선순위를 설정해 모든 회원국이 정보, 제품, 서비스를 개선
 - WMO는 회원국들이 미래 항공교통 분야의 사회적 요구에 부응하고, 사용자 지향적이며 접근성이 우수하고 목적에 맞는 정보서비스를 제공하기 위한 과학적 연구와 기술개발 노력을 요구
- ※ WMO Strategic Plan 2020-2023, Objectives 1.4에서 의사결정 지원 기상정보 및 서비스 제공의 가치 향상 및 혁신 강조

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 특히, 항공교통 분야에서 적시에 정확한 기상정보를 제공함으로써 새로운 수준의 의사결정을 지원하고 실질적인 생산성 향상과 긍정적인 환경적 영향에 기여
- 미국, 유럽 등 선진국 및 관련 기관과 단체에서는 WMO 중심으로 국경 없는 서비스 제공을 위해 현상 기반 항공기상 서비스를 개발하고 있음
 - 지리적 기반 접근법에서 통합된 글로벌 시스템(공통적(common)이고 조화롭고(harmonized) 일관된(consistent) 정보 제공)으로 발전
 - 항공기상정보의 현상 기반 서비스 제공 고려사항³²⁾
 - 기상 현상의 4차원(고도+위경도+시간) 정보
 - 정보에 대한 요구되는 서비스 품질(QoS, 더욱 정확하고 상세한 MET)
 - 정보 제공을 위한 과학의 상태를 포함한 필수 항공기상 기능
 - 거버넌스(책임과 역할)와 비용회복을 위한 방안 마련
 - 항공교통관리에 항공기상정보 단계별 통합 개념

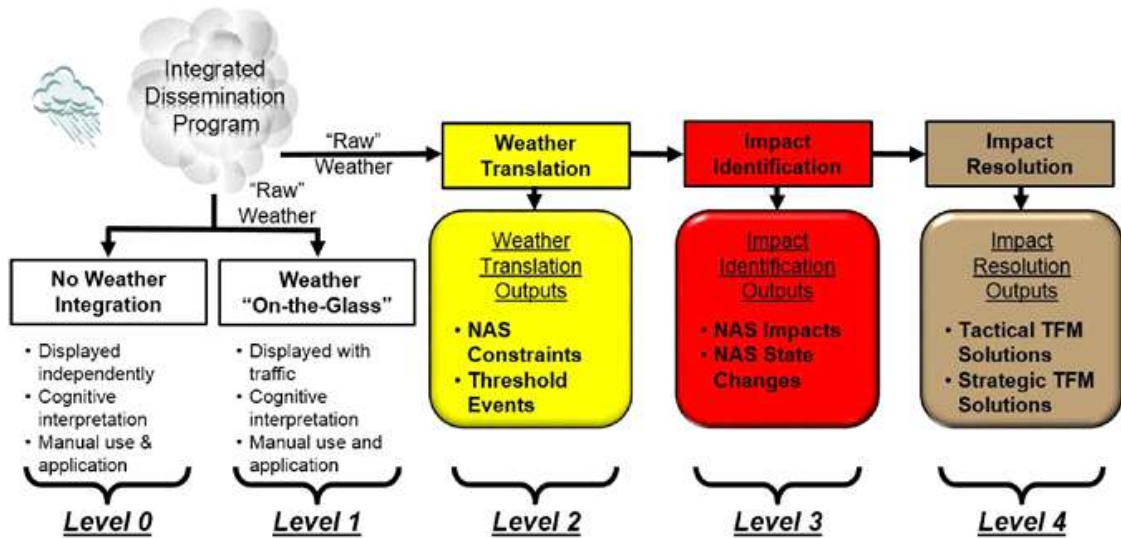


그림 107. Weather Integration & Impact Translation

(출처 : Future Aeronautical Meteorology Research & Development, NCAR(National Center for Atmospheric Research), WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 6-10 November 2017 in Toulouse, France)

- WMO는 성공적인 민관협력을 위한 원칙과 지침을 수립하고, 참여자와 이해관계자 간의 지속적인 협력과 상호보완을 통해 국제표준, 품질관리 메커니즘 및 권장 사항 도입 및 개선

32) MET/14 권고안 2/9의 후속 조치로서 ICAO 항공 항행 위원회(ANC)가 승인, 2014년 말 이사회가 승인

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- WMO는 최적화된 통합 지구 시스템 관측 네트워크와 데이터 관리 및 처리 메커니즘을 기반으로 지속적인 글로벌 데이터를 교환함으로써 효과적인 글로벌 커버리지를 보장함
- ※ WMO의 모든 현장 및 공간 기반 관측 프로그램은 2020년에 운용될 단일 통합시스템인 WIGOS(WMO Integrated Global Observing System)로 통합
- ※ WIGOS는 프레임워크의 구성 요소 간 상호 호환성 유지와 지역 및 국가 차원에서 적용될 수 있도록 WIGOS/WIS의 이행



그림 108. 세계기상기수(WMO) 통합지구관측시스템

- WMO는 날씨, 기후, 수문 및 관련 환경 서비스에 필요한 필수 정보 및 서비스의 가용성을 보장하기 위해 회원국의 서비스 제공 역량을 강화
- ※ GFCS(Global Framework for Climate Services)는 정책 및 의사결정 지원 기후정보 및 서비스 제공 확대를 위한 고유 플랫폼 제공
- WMO 정보시스템은 현재 및 과거의 지구 시스템 관측 데이터 및 파생 제품의 액세스, 교환 및 관리 기능을 개선함으로써 모든 WMO 데이터 관리 시스템을 효율화하고 조정



그림 109. 세계기상기구(WMO) 정보시스템

- WMO는 글로벌 데이터 처리 및 예측 시스템에서 모든 시간 및 공간 측면에서 수치 분석 및 지구 시스템 예측 제품의 접근 및 사용을 허용함
- WMO의 레거시 기반 운영개념을 위한 기상정보 통합은 MET 정보 통합 고려사항을 더 잘 반영할 수 있는 지침을 제공하며, TBO에 필요한 MET 지원의 유형과 수준을 식별하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 필요한 조항을 개발하기 위한 기준선을 형성함. 또한, 이 기준은 ATM 커뮤니티의 구성원이 MET 정보서비스의 유형과 품질 및 특정 요구에 비례하는 통합 수준을 고려할 수 있도록 가이드를 제시함
- WMO는 항공기상정보 생산 기반자료 확보를 위해 국제 항공운송 연합(IATA)과 함께 민간 항공사의 항공기 기반 관측을 확대하는 WICAP(WMO-IATA Collaboration AMDAR Project) 프로젝트를 추진 중

1.3. UNEP(UN 환경계획)의 이산화탄소 배출 정책

- UNEP(United Nations Environment Programme)는 탄소중립성장 방안, 저소음 정책 등 환경 분야에서의 국제협력 증진 및 정책 권고, 환경 관련 유엔 활동의 방향 설정과 조정, 세계 환경 상태의 지속적 검토 및 평가, 환경 관련 정보의

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

수집, 평가 및 교환 촉진 등의 기능을 수행

- 선진국들에게 온실가스 감축 목표를 준 교토 의정서에 따라 세계 기후에 대한 국제적 책임을 강화함으로써 모든 국가가 기후변화에 대처하기 위해 협력

※ UN은 최근 2030년까지 온실가스 배출의 성장이 실질적으로 둔화할 것으로 전망

○ 국제민간항공기구(ICAO)의 이산화탄소 배출 기준 이행

- 제39차 ICAO 총회('16.9)에서 탄소중립성장 정책 (CNG2020)* 목표를 달성하기 위한 글로벌 시장기반 조치(GMBM, Global Market Based Measures) 시행 결의문(A39-3)을 채택

※ CNG2020 strategy: Carbon Neutral Growth from 2020 strategy

※ GMBM은 탄소 상쇄 및 감축 제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)에 따라 국제 항공산업의 배출가스 저감 시행

- CORSIA는 '19~'20년 평균 배출량으로 전 세계 항공 부문 온실가스 배출량을 동결(목표)하고 할당량 대비 회원국별 초과 배출량은 항공사 간 배출권 구매 협의로 상쇄하는 제도

※ 이행주기(Compliance Cycle): '21년~'35년까지 운영(총 15년), 시범 운영 단계('21년~'23년), 1단계('24년~'26년): 자발적 참여방식, 2단계('27년~'35년): 의무참여 방식

○ WMO는 회원국들이 국가 온실가스 배출 재고에 대한 품질과 신뢰도를 높일 수 있도록 글로벌 온실가스 통합 정보 시스템을 구축

2. 주요 국가 정책 동향

2.1. 미국

□ DOT Strategic Plan for FY 2018-2022 정책

- 미국 교통부는 중장기전략계획('18~'22)에서 안전, 인프라, 혁신, 책임 등 4대 정책목표와 9개 전략목표*에 따라 항공교통 관리계획 추진
 - ※ 항공교통 분야와 연관된 15개의 구체적인 프로그램을 운영하는 것이 특징
 - ※ 시스템적 안전 접근, 프로젝트 이행·계획·환경·재무, 순환 주기 및 예방 정비, 시스템 운영과 성과, 경제 경쟁력과 고용, 혁신개발, 혁신배치, 규제 혁신, 임무 효율성과 지원
 - (안전) '시스템적 안전 접근'의 전략목표를 지원하기 위해 위험 요소별로 위험 감지 혹은 방지시스템을 구축하는 총 4개 프로그램 추진
 - ※ 활주로 침입 방지(Runway Incursion Mitigation, RIM), 위험완화(Hazard Mitigation), 안전관리시스템(Safety Management System, SMS) 규칙, 항공기 인증변환(Aircraft Certification Transformation)
 - (인프라) 항공산업을 지원하기 위해 총 4개의 전략목표(프로젝트 이행·계획·환경·재무, 순환 주기 및 예방 정비, 시스템 운영과 성과, 경제 경쟁력과 고용 등)를 설정하고, 공항 인프라 관리, 조종사 훈련 등 항공사의 경쟁력을 확대
 - ※ 공항 환경 개선, 공항 향상, 공항 민영화 파일럿, 공동 FAA 산업 성과 측정, 미국 항공사를 위한 시장 기회와 경쟁력 확대, 조종사 훈련 프로그램
 - (혁신) 항공교통 시스템 개발을 위해 '혁신개발'과 '혁신배치'를 설정하였고, 새로운 환경과 도전에 필요한 프로그램 소개
 - ※ 드론자문위원회, 안전프로그램 파트너십, 항공 데이터 교환, 안전 보증시스템, 차세대 항공교통 시스템 등
 - ※ 주제는 드론, 무인기, 민간 파트너십, 항공 데이터 및 통계, 차세대 항공교통 시스템 등
 - (책임) 항공교통의 우수성을 확보하기 위해 전문성, 투명성과 함께 책임성을 강조한 가치를 추구
- 미국은 연방정부 차원의 항공 보안, 공항통합 운영 등 안전·효율·예측 가능성 및 항공 수용량 증대를 목표로 정책계획에 집중하고 있음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- ※ 하나의 기술, 결과물 혹은 목적이 아닌 전 세계적인 항공 기준을 마련하고 FAA의 글로벌리더십을 확립하기 위한 혁신적인 신기술과 공역 절차의 계획과 구현 등 포함

□ DOT Top Management Challenges Report(2019)

- 미국 교통부는 최고 경영과제 보고서에서 매년 중요 과제 영역을 선정하고 있으며, 종합적인 관점에서 항공 분야 주요 이슈와 대응 계획을 제시
- ※ 항공 운송 감독, 항공 안전 및 보안, 철도 안전, 고속도로 안전, 표면 인프라 안전 및 투자, 국가 영공 시스템 현대화, 사이버 보안, 인수 및 보조금 감독 등 최고 경영과제 영역 제시

□ NextGen 프로젝트

- 미국 연방항공청(FAA)은 National Airspace System(NAS) 개선을 목표로 항행기술 및 항공교통 관리의 상호연결 시스템 개발 및 구축하는 국가 항공 운송 체제의 현대화 프로젝트 NextGen을 추진



자료 : FAA: ASBU Implementation Status (August 2017)

그림 110. NextGen 프로젝트 개발 목표

- NextGen은 글로벌 항공교통 분야 6대 목표(리더십 유지, 수용량 증대, 안전 보장, 환경 보호, 국가안보 보장, 국가 보안)를 발표하고 접근 방법 및 전략 제시
- ※ NextGen의 목표 중 국방력 보장, 국가 보안에 해당하는 사항들은 ICAO에서 언급되지 않은 부분으로, 이는 미국 자국의 국가적 특성과 여건에 맞추

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 어 자체적으로 수립한 목표로 볼 수 있음
- 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성된 NextGen 추진 계획 발표하고 진행 중

표 27. NextGen Implementation Plan 2016 프로그램/포트폴리오

| 구분 | 내용 |
|----------------|---|
| 프로그램 (6개) | 자동종속감시-방송(ADS-B) |
| | 데이터 통신(Data Communications) |
| | 항로 자동화(ERAM) |
| | 터미널 자동화(TAMR) |
| | 국제 공역 VOICE 시스템(NAS Voice System) |
| | 항공정보종합관리시스템(SWIM) |
| 포트폴리오 (11개) | 지상운영능력 개선(Improved Surface Operation) |
| | 접근 및 저시정 운영능력 개선 (Improved Approach and Low-visibility Operations) |
| | 다중 이륙 운용 개선(Improved Multiple Runway Operations) |
| | 항법 기반 성능 개선(Performance Based Navigation(PBN)) |
| | 시간 기반 흐름 관리(Time Based Flow Management(TBFM)) |
| | 협력적 항공교통 관리 (Collaborative Air Traffic Management(CATM)) |
| | 항공기 구분/구별 관리(Separation Management) |
| | 주문형 NAS 정보 제공(On-demand NAS information) |
| | 환경보호 및 에너지절감(Environment and Energy) |
| | 시스템 안전관리(System Safety Management) |
| | NAS R&D (NAS Infrastructure) |

(출처: Nextgen Implementation Plan 2016, FAA (June, 2016))

- 미국 연방항공청(FAA)은 항공 산업계와 협력을 통해 차세대 항공교통 인프라와 핵심기술을 통합함으로써 더 많은 정보를 제공할 계획
 - ※ 데이터 통신, 항공정보종합관리시스템(SWIM) 네트워크, 위성항법 시스템, ADS-B/MLA, 차세대 감시시스템 및 4차원 항적 기반 항공교통관리(ATM) 등 차세대 항공교통 인프라 R&D 및 구축
- NextGen 웨더는 FAA, NOAA, NASA의 협력을 통해 NAS 내에 맞춤형 항공기상 상품을 제공할 수 있어 관제사와 운영자가 신뢰할 수 있는 비행계획을 개발하고, 더 나은 의사결정 및 성능을 향상
 - NextGen 웨더는 방대한 컴퓨팅 파워, 수치 기상 예측의 괄목할만한 발전,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

기상정보를 항공기상정보로 변환, 현대화된 정보관리 서비스를 활용

- NextGen 기상 프로그램은 날씨가 항공에 미치는 영향을 감소시켜 더 안전하고, 더 효율적이며, 예측 가능한 일상적인 국가공역시스템(NAS) 운영을 가능하게 함
- NextGen 기상 시스템은 국가공역시스템(NAS)에서 구현하도록 설계된 공통 지원 서비스 - 날씨(CSS-Wx)와 NWP(NextGen Weather Processor)로 구성되며 CSS-Wx와 NWP는 함께 데이터를 한 번 수집하고 다양한 가입자에게 대용량 데이터의 맞춤형 서브셋을 제공

※ NWP는 항공기상 처리와 번역된 제품 생성, CSS-Wx는 사용자를 지원하기 위한 날씨 정보관리

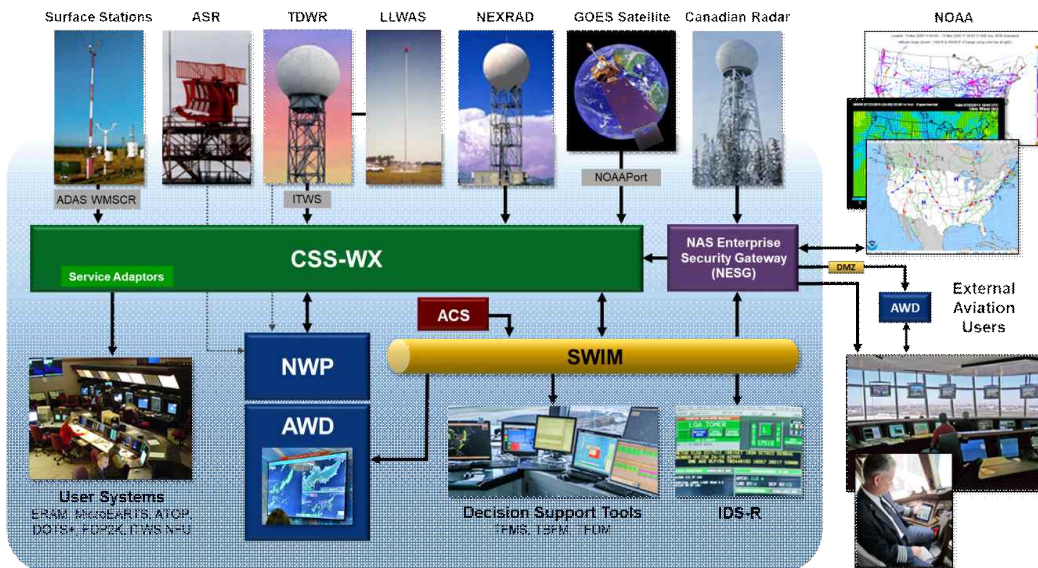


그림 111. NextGen Weather 아키텍처

- 미국연방항공청(FAA) 항공기상연구프로그램(AWRP)은 안전성과 효율성을 높이고 날씨가 미국항공시스템(NAS)에 미치는 영향을 최소화하기 위해 응용기상 분야를 연구함

※ 연구 목표: FAA가 요구하는 서비스의 제공 수준을 개선하고 항공 안전과 효율성을 높이기 위해 미국기상청(NWS)이 새롭게 개선된 기상 기능과 항공교통 관리 의사결정 지원 도구를 통합하는 방식으로 전환

□ 미국 FAA Implementation Plan 2018-2019

- FAA에서 추진하고 있는 NAS Infrastructure Portfolio에서의 항공 기상과 관련된 이행개선(OI, Operational Improvement)임. 문건에서는 OI와 함께 이행되는 기간과 완료 후의 benefit 항목을 제공하고 있음
- NAS 자동화 및 의사결정에 기상정보 기초통합 (Initial Integration of Weather Information into NAS Automation and Decision Making (2012-2022))
 - ‘항공기상 정보 및 전파의 향상’은 영역 간 ATM 의사결정을 향상시키고 모든 사용자의 기상 상황인지를 동기화함.
 - 터미널, 지역관제소(ARTCC) 및 비행경로에서 관심 시간대에 맞는 항공 기상정보를 요청하고 수신하여 재 계획 조치가 필요함을 나타내는 비행 결정 기준에 대한 평가를 지원하고 이를 간소화 할 수 있음

표 28. NAS 자동화 및 의사결정에 기상정보 기초통합 (2012 - 2022)

| 세부과제 | 시작 | 종료 | 주 기대효과 | 추가 기대효과 |
|--|------|------|--------|---------|
| 의사 결정을 위한 교통정보 예측에 대한 0-2시간 대류 날씨의 향상된 NAS-Wide 접근 | 2020 | 2022 | 효율 | 안전 |
| 비행중의 향상된 결빙진단 및 예측 | 2014 | 2022 | 안전 | 효율 |
| 항공교통관제의 의사결정을 위한 향상된 기상 레이더 정보 | 2020 | 2022 | 안전 | 효율 |
| NextGen 의사 결정을 위한 교통정보 예측에 대한 확장된 대류 날씨 | 2020 | 2022 | 효율 | 안전 |
| 도착/출발 운영을 위한 대류기상회피모델(CWAM) | 2018 | 2022 | 효율 | 예측 |
| 항공 기상 정보의 4-D 맞춤형 궤적 검색 | 2018 | 2022 | 효율 | 안전 |
| 향상된 난류 예측 및 그래픽 안내 | 2018 | 2022 | 안전 | 효율 |
| 구름과 시정정보의 향상된 분석 | 2012 | 2022 | 효율 | |
| 인근 영공에서 위성기반 관측을 사용한 향상된 대류 기상 | 2017 | 2022 | 효율 | 안전, 예측 |

- NAS 자동화 및 의사결정에 기상정보 완전 통합 (Full Integration of Weather Information Into NAS Automation and Decision Making (2021 - 2027))
 - 의사결정지원도구에 통합된 일관되고 특정된 기상 데이터는 용량, 효율성

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

및 안전 목표를 충족하기 위해 항행서비스제공자(ANSP)와 항공사가 보다 효과적이고 시기적절한 의사 결정을 내리기 위함.

- 기상 정보를 항공교통관리(ATM) 자동화 및 의사결정 지원 도구에 통합하면 교통 관리 전략 계획, 비행계획, 도착 및 출발, 순항 등의 전 단계를 포함하는 서비스가 됨. 기상을 ATM 플랫폼에 통합하여 시스템 효율성에 기여하고 의사결정 지원 도구로 활용

표 29. NAS 자동화 및 의사결정에 기상정보 완전통합 (2021 - 2027)

| 세부과제 | 시작 | 종료 | 주 기대효과 | 추가 기대효과 |
|--|------|------|-----------|------------|
| 악천후 기상 공지 | 2021 | 2026 | 효율 | |
| NextGen 기상 정보 소스에 대한 네트 활성화 접근(Net-Enabled access) | 2021 | 2026 | 효율 | |
| 향상된 결빙 정보 | 2021 | 2027 | 효율 | 수용량 |
| 확장된 난류 정보 | 2021 | 2026 | 효율 | |
| 향상된 NextGen 기상 정보의 생성 | 2021 | 2026 | 효율 | |
| 확장된 구름과 시정 정보 | 2021 | 2026 | 효율 | |
| 개선된 위성 관측 데이터를 통한 향상된 기상 제품(Weather product) | 2021 | 2026 | 효율 | |
| 향상되고 자동화된 겨울 기상 정보 | 2017 | 2026 | 효율 | 안전 |
| 우주(Space) 기상 정보 | 2023 | 2026 | 효율 | 안전 |

□ 미국 FAA 항공기상 예산 투자 현황

- 미국 FAA는 자국의 항공안전·효율·환경·고용량을 목표로 NextGen 프로젝트 (370억달러, '2030년 완료)를 추진 중에 있음
- NextGen 프로젝트의 협력적 항공교통관리 지원을 위한 기상분야의 'NextGen-Weather'를 통해 수치모델 기반 통계모델과 실황기반 위험기상 예측용 항공 특화모델을 운영하고 있음
- NextGen의 최근 5년 예산(2017~2021)의 예산 변화와 2021년 투자 내용은 다음과 같음
 - NextGen 예산은 2020년에 2019년 대비 50% 가까이 상승하였으나, 2021년에는 다시 2019년 수준으로 회귀함
 - 항공기상은 NextGen 예산의 연평균 700억 원을 차지함

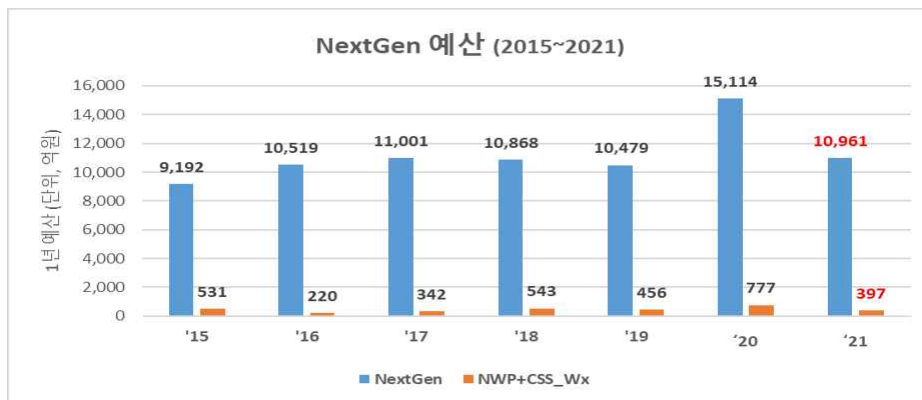


그림 112. NextGen 예산 (2015~2021)

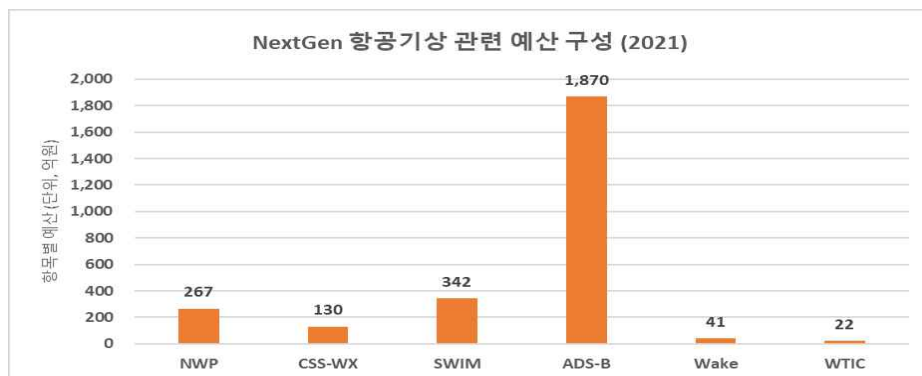


그림 113. 2021년도 NextGen 항공기상 관련 예산 구성

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 30. 미국 FAA NextGen 최근 5년 예산 (2017~2021) (항공기상 관련-Bold 테두리)

| 구 분 | '17 | '18 | '19 | '20 | '21 | 비고 (개요 및 21년도 투자 내용) |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| NextGen | 11,001 | 10,868 | 10,479 | 15,114 | 10,961 | |
| 차세대 기상프로세서 Next Generation Weather Processor (NWP) | 306 | 389 | 272 | 344 | 267 | 기존 FAA 기상 처리기 시스템을 기능적으로 대체하고 새로운 기능을 호스팅 할 공통 기상 처리 플랫폼 구축 <ul style="list-style-type: none"> • NWP 솔루션 개발 및 구현 활동 지속 (예 : 주요 사이트에서 사이트 승인 테스트) • 정부 및 지원 조직의 프로젝트 관리 감독 실행 • NWP 운영 테스트 (OT) 수행 |
| CSS-Wx | 36 | 154 | 184 | 433 | 130 | SWIM을 통해 사용자에게 전파하기 위해 날씨 정보에 대한 보편적 액세스 및 표준화를 가능하게 하며, 위치 및 시간별로 날씨 정보를 필터링 함 <ul style="list-style-type: none"> • CSS-Wx 솔루션 개발 및 구현 활동 계속 • 정부 및 지원 조직의 프로젝트 관리 감독 실행 • 운영 테스트 (OT) 수행 |
| 항공데이터 종합관리망 System-Wide Information Management (SWIM) | 317 | 550 | 647 | 1,111 | 342 | SWIM 프로그램은 차세대 항공 운송 시스템 (NextGen)을 위한 정보 관리 및 데이터 공유 시스템임 <ul style="list-style-type: none"> • SWIM segment 2B - NAS를 통해 정보의 효율적인 흐름을 관리하는 FAA의 능력을 지속적으로 향상. NAS 정보 시스템의 전반적인 보안을 강화하기 위한 추가 기능이 포함 • SWIM segment 2C - NAS를 통한 효율적인 정보 흐름을 관리하는 FAA의 능력을 지속적으로 개선. 전체 NAS 정보 시스템 보안 태세를 강화하기 위한 추가 인프라 및 기능과 하드웨어 측면의 성능 기능을 개선하여 전체 시스템 성능을 향상시키기 위한 기존 하드웨어의 기술 업데이트가 포함 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | | | | | |
|---|-----|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • SWIM segment 클라우드 - SWIM 데이터를 클라우드 서비스를 통해 사용하기 가능하기 위함 • TOM (운영 및 유지 보수로 전환) |
| ADS-B NAS Wide Implementation (ADS-B) | 342 | 1,530 | 1,361 | 1,918 | 1,870 | <p>기존 레이더의 위치 정보 대신 항공기의 방송 위치를 사용하여 지연을 줄이고 안전성을 향상시키기 위함</p> <ul style="list-style-type: none"> • ADS-B Sustain Leased Services <ul style="list-style-type: none"> - ADS-B 분리 서비스 - 교통 정보 서비스-방송 (TIS-B), 비행 정보 서비스-방송 (FIS-B) 및 ADS-R (Automated Dependent Surveillance Rebroadcast) 조종사 조언 서비스 <ul style="list-style-type: none"> - 날씨 및 NAS 상황 인식 • WAM(Wide Area Multilateration) 감시 서비스 기능의 지속적인 운영 • ADS-B 기능 향상 <ul style="list-style-type: none"> -추가 ADS-B 파라미터를 활용하여 고도를 모니터링하여 NAS의 안전과 효율성을 향상 -선택한 지역에서 ADS-B 서비스 범위 확대 -대형 공항에서 보다 포괄적인 차량 ADS-B 장비. -NIST (National Institute of Standards and Technology) 준수를 위한 보안 강화. |
| 후류 (Wake Turbulence) | 95 | 75 | 39 | 41 | 41 | <p>이 연구 프로그램은 항공기가 직면하는 대기 조건에 적응하는 후류분리 표준을 개발하고 선행 항공기와 후속 항공기의 비행 성능을 평가하여 추가 처리량 증가를 창출하는 것을 목표로 함</p> |
| 조종석에서의 기상기술 (Weather Technology in the Cockpit) | 44 | 40 | 17 | 22 | 22 | <p>Weather Technology in the Cockpit (WTIC)는 조종사의 의사결정지원도구(예, 비행관리시스템)를 지원하는데 필요한 최소 기상서비스에 대한 요구사항 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 안전 및 효율성 격차를 해결하기 위한 MRMS(Multi Radar Multi Sensor) 레이더 모자이크 정보를 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-----|-----|----|----|----|---|
| | | | | | | <p>사용하여 조종석에서 선택한 악천후 조건(icing, convection 등)에서의 최소기상서비스 요구사항 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 자동화된 VNR(VFR Not Recommended) 발급을 위한 객관적 기준 • 헬리콥터 운영시의 조정석 기상 관련 격차 해소 • 인프라, ASOS (자동표면관측시스템) 및 기상 레이더가 없는 원격 지역에서 의미 있는 가시성, 운고, 기상레이더 및 바람 정보 생성 |
| 기상 프로그램 Weather Program (R&D) | 198 | 147 | 72 | 70 | 69 | <p>항공기상이 NAS에 미치는 영향을 완화하기 위한 응용연구를 수행함</p> <ul style="list-style-type: none"> • 응용연구는 NextGen 의사결정지원 기상프로세스로 개발/배포되고 있는 기능으로 현재 NAS 사용자의 기상정보 요구를 충족시키는 기존의 기상 기능의 진화를 지원함 • NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration, 미국해양대기청)와 협력하여 개발된 기상프로그램 레이더 기술개발 노력으로 비행중 결빙, 난기류 및 대류기상예보 기능을 향상시킴 |

2.2. 유럽

□ An Aviation Strategy for Europe(제2판)

- 유럽은 ASBU와의 연계를 고려한 항공교통관리 발전계획(제2판)을 수립하고 보안·안전, 비용 효율성, 항공교통 수용량, 환경 안전성, 운영 효율성 증대 등을 주요 성과목표로 제시
 - 성능·성과목표 달성을 위해 자동화(데이터 통신) 지원, 상호운용성이 보장되는 통합시스템, RPAS³³⁾를 포함한 공중 비행체 통합관리, 데이터 서비스를 통한 디지털 방식 정보교환, 항공교통 흐름 중심의 궤도 운용, 가상화를 통한 역동적인 자원 배분 등을 중점 수단으로 제시
- 유럽은 단일 유럽 공역 실현 및 항공교통 안전과 효율성을 보장하는 차세대 ATM 시스템 개발을 목표로 SESAR³⁴⁾ 프로젝트(227억 유로 투자)를 이행 중
 - ※ 최상의 보안 수준 보장, 운항 1회당 항행 서비스 제공 비용 40% 감축, 출발 지연 30% 감축, 혼잡공항의 10% 추가 착륙 수용, 100% 시스템에 의한 처리, CO2 배출 10% 감축 및 항공소음/공기질에 긍정적 영향, 운항 시간 6% 감소, 연료 소모 10% 감소, 안전도 4배 향상 등 획기적 개선이 목표

□ 2019-2023 European Plan for Aviation Safety(EPAS)

- EU의 항공안전계획(EPAS 2019-2023)은 연간안전검토(ASR), 표준화 연례보고서(SAR) 및 Global Air Navigation Plan(GANP)을 구현하는 유럽 계획인 ATM MP와 같은 다양한 출처의 안전 정보를 통합
 - EU EPAS 2019-2023의 목표는 안전조치를 위한 우선순위 도출 및 유럽 차원의 통합 항공 안전 로드맵 수립
 - EU EPAS 2019-2023은 '18년 9월 11일 발효된 새로운 기본 규정(NBR) 이행에 합의된 새로운 우선순위를 반영
 - ※ '19-'21년의 장기·단기 우선순위는 '18년 6월 EASA³⁵⁾ 경영진 회의에서 기존 수립한 로드맵을 기반으로 합의
 - EASA(유럽항공안전기구)는 안전 규정에 대한 이해도 제고 및 실현을 위해 NBR 로드맵의 표준화 관련 내용을 보완하고 MS의 목표 수립 지원
 - 유럽은 미래 항공의 성장 지원 및 회원국의 안전관리 기능 육성을 지원하는 GASP(Global Aviation Safety Plan)의 높고 균일한 안전수준을 선제적으로

33) RPAS(Remotely Piloted Aircraft Systems) : 원격 조종 항공기 시스템

34) SESAR(Single European Sky ATM Research) : Euro Control(유럽 항공관제기구) 주도

35) EASA: European Union Aviation Safety Agency 유럽항공안전기구

확보

- ※ ATM Master Plan Level 3을 바탕으로 SESAR 구현을 위한 프레임워크를 제시하였고, 미국 Nextgen과 유사한 EU SESAR 프로그램을 지속적으로 추진 중
- 유럽항공안전계획(EPAS)을 달성하기 위해 '전략적 우선순위(Strategic Priorities)'와 '전략적 실행방안(Strategic Enablers)'으로 제시
 - ※ 전략적 우선순위: 안전 시스템, 안전 운영, 새로운 기술과 개념의 안전한 통합, 환경 등
 - ※ 전략적 실행방안: 안전 증진, 국제협력, 디지털화, 기술 훈련, 감독 방안 등
- 유럽은 '20년부터 탄소중립성장 방안 마련, EU 항공의 혁신, 디지털 기술, 투자의 진전을 추구

□ SESAR(Single European Sky ATM Research)

- 유럽은 단일 유럽 공역 실현을 위해 미국 NextGen 계획과 유사한 첨단 시스템 R&D 및 구축프로젝트 SESAR*(227억유로, '20년 완료)를 시행 중
 - ※ SESAR : EUROCONTROL이 컨트롤타워 역할
 - ※ 안전도·ATC 용량 3배 증가, 수요자 비용 50% 감소, CO2 배출량 10% 감축 등 획기적 개선이 목표
 - 원활한 기술개발 및 이행을 위해 European Commission, Eurocontrol, 항공산업계 등으로 구성된 SESAR 공동추진위원회(SJU³⁶)*를 통해 프로그램에 필요한 자금의 확보, 필요한 R&D 기술의 집중, SESAR 작업 프로그램 정의 및 업데이트, 개발 결과 보고 및 구현에 대한 관련 업무를 추진
- 공역 사용자가 최적화된 궤적으로 비행하여 고성능 ATM을 실현하기 위해 핵심 성능영역 분야별 성능개선 목표를 제시
 - ※ 최상의 보안 수준 보장, 운항 1회당 항행서비스 제공 비용 40% 감축, 출발 지연 30% 감축, 혼잡공항의 10% 추가 착륙 수용, 100% 시스템에 의한 처리, CO2 배출 10%, 감축 및 항공소음/공기질에 긍정적 영향, 운항시간 6% 감소, 연료소모 10% 감소, 안전도 4배 향상

36) SJU: SESAR Joint Understating SESAR 공동추진위원회

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



그림 114. SESAR 항공 분야별 개선 내용

- SESAR의 운영개념은 ICAO의 11개 KPA(Key Performance Area) 성능 목표에 부합하도록 구성하고, 측정 및 검토를 통해 최종목표를 설정하여 운영



그림 115. Key performance areas in SESAR

- ※ 운영개념: 모든 파트너의 동일한 Trajectory 및 ATM 정보 공유, 항공정보 종합관리시스템(SWIM), 공동의사 결정(CDM, Collaborative Decision Making), 네트워크 관리, 통합 파트너로서의 공항, 공역 수용력 등

- ※ 성능개선을 위한 주요 영역(KPA): 용량, 비용 효과, 효율성, 유연성, 예

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

측 가능성, 안전, 보안, 환경 지속 가능성, 접근 및 형평성(equity), 참여, 상호운용성

- SESAR의 성공을 위해 항공기상 분야에서 4D Cube 등 단일 유럽 스카이 ATM 연구(SESAR WP11.2) 프로그램의 일부로. EIG EUMETNET의 회원인 국가 MET 서비스는 항공을 위한 새로운 기상관측 및 예측 시스템을 개발 진행 중

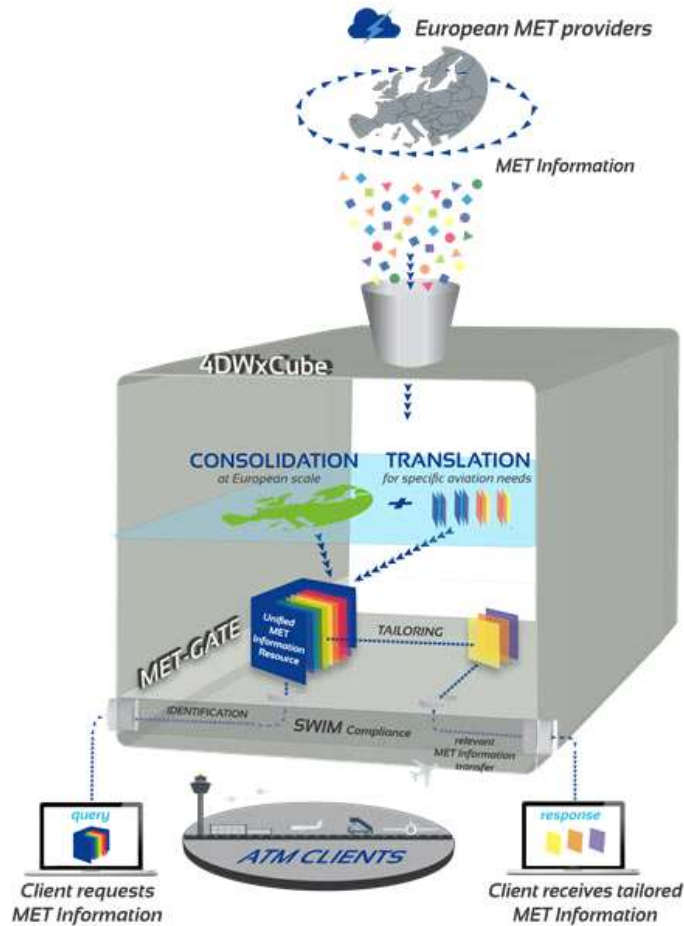


그림 116. 4DWeatherCube MET-GATE Schema
(출처: <https://www.sesarju.eu/>)

- 4DWCube는 SESAR의 MET 과제에 대한 기술적 대응 방안으로 여러 MET 서비스 제공업체가 생산하고 SWIM 규격인 MET-GATE를 통해 ATM 이해관계자들이 이용할 수 있는 일관된 항공 기상정보의 가상 저장소임
- ※ MET-GATE 시스템은 MET "Consolidation&Translation"을 수행하는 기능 블록으로 구성

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- MET-GATE는 MET 정보 제공을 위해 통합·변환된 MET 정보에 접속하고, 관련 자료를 수집하고, MET-ATM SWIM 서비스를 통해 ATM 이해관계자에게 적합한 MET 정보를 선택·제공함
- ※ MET-GATE는 기존의 MET 메시지(METAR, TAF, SIGMET)와 대류, 착빙 등과 같은 항공 관련 nowcast 및 forecast 자료, 바람 관측 및 예보, 공항MET 관측 및 예측, 강수·번개 정보 등을 제공, 유럽지역의 MET 정보에 대한 일관성, 신뢰성, 높은 수준의 성능, 다양한 스마트 기능 등을 제공
- SESAR는 4DWxCube 및 MET-GATE 시스템을 통해 유럽 전역 사용자들이 SWIM 포맷으로 위치, 시간 및 사용자 어플리케이션에서 통합 데이터 등 MET 정보에 접근할 수 있게 함으로써 ATM 예측성 향상 및 종합 정보를 기반으로 의사결정이 가능하게 함

| 솔루션 | 주요 특징 |
|---|---|
| STAYING AHEAD OF THE WEATHER: Meteorological information exchange | <ul style="list-style-type: none"> • SWIM을 통해 다른 파트너와의 기상 데이터의 교환을 원활하게 함 • 유럽 기상청에서 생성된 기상 데이터를 항공 정보 서비스 제공에 원활하게 통합할 수 있는 4차원(4D) 기상 큐브 메커니즘을 개발 |
| IMPROVED ACCESS TO WEATHER INFORMATION FOR AIRSPACE USERS: Automatic METAR at (manned or unmanned) airports | <ul style="list-style-type: none"> • 공역 사용자의 날씨 정보에 대한 접근성 향상: 공항의 자동 METAR • 유인 공항과 무인 공항 모두에 적용할 수 있는 일관된 자동 기상 관측 (Autometar) 정보를 제공 |
| SHARING WEATHER DATA TO IMPROVE FLIGHT PLANNING: Improved MET Information | <ul style="list-style-type: none"> • 항공 운항 계획 개선을 위한 날씨 데이터 공유: 향상된 MET 정보 • 향상된 기상정보를 시스템 전체에 배포하여 영공 사용자들이 날씨 변화에 대해 더 많은 시간을 계획할 수 있도록 함 |
| ACCURATE AERONAUTICAL DATA LEADS TO MORE EFFICIENT FLIGHTS: Improved use of MET and AIM in cockpit | <ul style="list-style-type: none"> • 정확한 항공 데이터로 효율적인 비행 가능: 조종석에서의 MET 및 AIM 사용 개선 • 유럽 항공 데이터 품질(ADQ) 표준을 준수하기 위해 사이버 위협 및 데이터 품질 등 기술 개발 지원 |
| MASTERING METEOROLOGICAL UNCERTAINTY IN AVIATION: Meteorological uncertainty management for trajectory based-operations - TBO-Met | <ul style="list-style-type: none"> • 항공 기상의 불확실성에 관한 운용 관리: 궤도 기반 운용을 위한 기상학적 불확실성 관리 • 기상 예측 불확실성을 고려한 궤도 계획, 폭풍 회피, 섹터 수요 분석 등 3가지 연구 주제에 초점 |
| WEATHERING THE WEATHER AT AIRPORTS: Probabilistic Nowcasting of Winter Weather for Airports - PNOWWA | <ul style="list-style-type: none"> • 공항의 날씨 영향: 공항의 겨울 날씨 예측 • 겨울날씨 상황에 따른 지상 운용 지연과 관련된 불확실성의 정량화를 가능하게 함 |

그림 117. SESAR Weather Solution

(출처 : SESAR SOLUTIONS CATALOGUE 2019(Third edition))

□ 유럽 European ATM Master Plan

- 유럽은 EU 국가들간 항공교통 안전 및 유동성 확보를 위해 ATM Structure를 개선하는 계획인 Single European Sky(SES)를 수립('04)하였고, SES 기술 발전 프로젝트인 SESAR(Single European Sky ATM Research)를 수립('06)함
- SESAR의 효율적인 이행을 위해 European ATM Master Plan을 수립('08)하여 이행('09)하고 있음
 - SESAR 이행계획은 2~3년마다 업데이트되고 있으며, 제2판('12), 제3판('15)을 거쳐, 현재 2020 edition 2.0('19)을 적용 중
 - SESAR는 안전, 운영 효율성, 환경, 수용능력, 경제성, 보안 등 6가지 개선 목표를 설정하고, 네트워크, 항공교통관제, 공항운영, 인프라 등 4가지 영역의 필수 과제들을 통한 모든 비행 영역의 개선을 추진하고 있음
- SESAR 이행계획 중에서 항공기상과 항공기 기상 센서로 구분되어 기술되어 있었음
 - (항공기상) B1과 B2에 대해 적용
 - iSWIM (Initial SWIM)과 관련해서 AMET-B1/2, AMET-B1/4과 연계
 - 자동화 및 디지털화를 통한 항공정보 및 항공기상 개선과 관련해서 AMET-B2/1, AMET-B2/2와 연계
 - (항공기 기상 센서) B2에 적용
 - AMET-B2/4와 연계되며, SESAR 2020 Wave 1 ('19, 솔루션 코드 Pj.18-04b)에서 솔루션을 제시하고 있음

□ 유럽의 SESAR에서는 터미널 영역(TMA)과 항공로(En-route)를 구분하여 MET 정보 이행계획을 다음과 같이 제시하고 있음

- SWIM 서비스를 통한 공항 및 터미널 영역 관련 기상정보 제공(Provision of MET data as SWIM services relevant for Aerodrome and TMA)
 - 기상정보를 수집, 생성하여 SWIM 네트워크에 제공하며, 시스템 기능은 주로 3분에서 7일 사이 정도의 'time to decision(결정시간)'을 목표로 함
 - 3D 스캐닝 도플러 X 밴드 레이더와 장거리 도플러 라이더의 통합 시스템으로 공항 주변의 바람 상황을 모니터링
 - VIS 카메라 이미지로 구름, 우시정 및 공항에서 중요한 현상을 관측
 - 열 화상 카메라로 야간의 운량 및 공항의 운고 높이 관측
 - IR 스펙트럼으로 야간에도 운고 정보 제공

- SWIM 서비스를 통한 항공로 및 항공교통흐름관리 관련 기상정보 제공 (Provision of MET data as SWIM services relevant for En-route and Network operations)
 - 저고도 비행정보구역(Low-level IFR)을 포함하여 터미널 영역(TMA) 및 항공로(En-Route) 관련 단기 기상(short notice MET) 정보(3분에서 7일 사이)를 생성하고 제공
 - ATM-MET 시스템의 산출물은 다음과 같음
 - 위험한 기상 조건의 전술적 회피를 위한 MET 정보
 - MET 정보 표시를 포함한 항공교통관제(ATM) 상황 인식 도구를 지원하는 MET 정보
 - 터미널(TMA) 및 항공로 운영에 악영향을 미칠 수 있는 기상 조건에 대한 간결한 정보 제공

□ 기상정보(MET information) 이행을 위한 Sub enabler와 내용은 다음과 같음

- (METEO-03c) SWIM 준수 방식으로 실시간 MET 센서 정보를 제공하거나 기본 센서 데이터 피드를 직접 제공함으로써 ATM-MET 시스템 또는 ATM 시스템을 직접 가능하게 함
- (METEO-04c) ATM-MET 시스템은 SWIM 준수 방식으로 기상정보를 수집, 생성, SWIM 네트워크에 제공하며, 시스템 기능은 주로 3분에서 7일 사이정도의 '결정까지 걸리는 시간'을 목표로 함
- (METEO-05c) ATM-MET 시스템은 SWIM 준수 방식으로 기상정보를 수집, 생성, SWIM 네트워크에 제공하며 ATM-MET 시스템 출력은 다음과 같음
 - 위험한 기상 조건의 전술적 회피를 위한 MET 정보
 - MET 정보 표시를 포함한 ATM 상황 인식 도구를 지원하는 MET 정보
 - TMA 및 항로 관련 작업에 악영향을 미칠 수 있는 기상 조건에 대한 간결한 정보를 제공
- (METEO-06c) 전용 ATM-MET 시스템 기능은 기상 예측 기능을 도입. 인에이블러(METEO-337), CTE-S7b38), A/C-4739))가 지원해주는 관련 지상, 항공기 및 우주 기반 MET 관측 정보를 수집, 조립 및 제공하는 기능이 포함되며, ATM-MET 시스템 출력은 다음과 같음

37) 실시간 공항 기상정보 제공 및 모니터링. 시간 기반 분리 및 곡선 접근과 같은 바람에 민감한 운영을 위해 ATM-MET 지상 기반 하위 시스템은 후류 난기류 응용 프로그램 및 기타 작업을 포함하여 공항/TMA 운영 환경과 관련된 실시간 센서(현장 및 원격 감지)에서 기상 정보를 수집, 결합, 제공 및 모니터링함

38) 감시성능모니터링 도구로 Coop 센서 SPM 도구(지상)임

39) ATM 및 ATM MET 시스템의 공유 및 통합을 위한 온보드 센서의 기상 데이터 온보드 관리

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 위험한 기상 조건의 전술적 회피를 위한 MET 정보
- MET 정보 표시를 포함, ATM 상황 인식 도구를 지원하는 MET 정보
- 네트워크 관련 운영에 악영향을 미칠 수 있는 기상 조건에 대한 간결한 정보를 제공하는 MET 경고
- (METEO-07c) IR 및 VIS 카메라의 통합된 시스템은 공항 주변의 시정을 모니터링
- (METEO-08c) 3D 스캐닝 도플러 X-밴드 레이더와 장거리 도플러 라이더의 통합 시스템은 비가 오거나 건조한 날씨에 공항 주변의 바람 상황을 모니터링
- (METEO-10a) VIS 카메라 이미지는 특히 구름, 우시정 및 공항에서 중요한 현상을 관측 할 때 MET 관측자를 지원하고 이러한 MET 매개 변수에 대한 자동 관측 수단을 향상시킴. 카메라의 비디오 시퀀스는 공항에서 중요한 현상(강수 유형)을 식별 할 때 MET 관측자를 지원
- (METEO-10b) 열화상 카메라 이미지는 특히 야간 공항의 운량 및 운고 관측을 지원하고 이러한 MET 매개 변수에 대한 자동 관측 수단을 향상시킴. IR 스펙트럼의 단일 전체 하늘 이미지는 구름의 관측이 거의 불가능한 밤에도 구름 범위에 대한 정보를 제공. IR 이미지를 기반으로 한 밝기 온도는 낮과 밤 모두 구름 바닥 높이를 추정하는 데 도움이 되며 현재 운영 방법에서 누락 된 구름 바닥 평가에 대한 객관적인 기준을 제공
- (METEO-11a/11b) ATM 전용 목적으로 공항에 설치된 지상 기반 도플러 기상 레이더는 습한 조건/건조한 조건에서 바람 모니터링에 사용되며, 센서 자체가 아니라 새로 파생 된 제품인 활공 경로 바람, 3D 바람 필드, 윈드 시어 등이 포함됨
- (METEO-12a) TAM 요구사항을 준수하기 위해 4DWxCube의 모든 기능을 추가로 향상시키며, 운영 요구 사항 또는 구독 프로세스의 필터링 요구 사항에 따라 MET For TAM 서비스가 조정되고 고객에게 전송
- (METEO-12b) 항공기후류분리(WTS, Wake Turbulence Separation)의 도착 및 출발 개념에 대한 요구 사항을 준수하기 위해 원시 데이터 소스 선택을 포함하여 4DWxCube의 모든 기능이 추가로 향상됨. 수신된 MET 데이터 및 생산품을 가져와서 METforWTS 서비스 페이로드를 준비함. 운영 요구 사항 또는 구독 프로세스의 필터링 요구 사항에 따라 METForWTS 서비스가 조정되고 SWIM을 통해 고객에게 전송
- (SVC-037) "공항 ATM-MET"과 "공항"간의 교환을 위한 METForTAM 서비스
- (SVC-040) 바람 정보는 활공경로를 따라 정풍 및 측풍으로 구성하며, 현재 및 예보 바람 정보를 포함하는 활공로 바람 프로필을 서비스로 제공

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 31. MET information의 enabler 목록

| enabler code | Enabler Title |
|--------------|---|
| METEO-03c | 시간기반 분리 및 Curved 접근을 위한 실시간 공항 기상정보 제공 및 모니터링 (Provision and monitoring of real-time airport weather information for time-based separation and curved approaches) |
| METEO-04c | 회전익 및 RPAS를 포함하여 공항 및 접근 관련 운영과 MET 정보를 짧은 통지 (3분에서 7일 사이의 설정시간)로 생성 및 제공함 (Generate and provide MET information relevant for Airport and approach related operations at short notice ('time to decision' between 3 minutes and 7days) including rotorcraft and RPAS) |
| METEO-05c | 저고도 IFR 운용을 포함하여 TMA 및 항로 관련 운영과 MET 정보를 짧은 통지 (3분에서 7일 사이의 결정시간)로 생성 및 제공함(Generate and provide MET information relevant for TMA and En-route related operations at short notice ('time to decision' between 3 minutes and 7days), including for low-level IFR operations) |
| METEO-06c | 관련 기상정보를 신속하게 생성 및 제공 (결정시간 3분에서 7일) Generate and provide Meteorological information relevant at short notice ('time to decision' between 3 minutes and 7days) |
| METEO-07c | LVC의 자동 감지를 가능하게 하는 적외선 및 실화상 카메라 시스템 통합 (Integrated system of infrared and visual cameras to enable automatic detection of LVC) |
| METEO-08c | 전천후 바람 모니터링을 위한 3D 스캐닝 도플러 X 밴드 레이더와 장거리 도플러 라이더의 시스템 통합 (Integrated system of 3D scanning Doppler X-Band radar and long range Doppler lidar for all-weather wind monitoring) |
| METEO-10a | 가시성 측정 및 운고 모니터링을 위한 VIS 카메라 (VIS Camera for visibility measurement and cloud monitoring) |
| METEO-10b | 운고 모니터링을 위한 IR 카메라 (IR Camera for cloud monitoring) |
| METEO-11a | 도플러 기상 레이더 데이터를 사용하여 wet 조건에서 바람 모니터링 (Wind monitoring in wet conditions using data from Doppler Weather Radar) |
| METEO-11b | 스캐닝 도플러 라이더 데이터를 이용한 Dry 조건에서의 바람 모니터링 (Wind monitoring in dry conditions using data from Scanning Doppler Lidar) |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | |
|-----------|--|
| METEO-12a | METforTAM 서비스용 데이터 컴파일 (Compile data for METForTAM service) |
| METEO-12b | METforWTS 서비스용 데이터 컴파일 (Compile data for METForWTS service) |
| SVC-037 | METForTAM 서비스 (METForTAM Service) |
| SVC-040 | METForWTS 서비스 METForWTS Service |

□ 유럽 항공기상 관련 기술개발 예산

- 고품질의 항공기상정보, 항공기상의 확률적 평가 제공 및 위험 모니터링 조기경고 시스템 등의 연구개발을 추진하고 있음
- 유럽연합 공동체연구개발정보서비스(CORDIS, Community Research and Development Information Service)를 통해서 확인한 항공기상 관련 과제는 다음과 같음

표 32. 유럽 항공기상 관련 과제 예산 목록 (<https://cordis.europa.eu/project>)

| 과제 이름 | 과제 내용 | 과제기간 | 과제 금액 |
|-----------------------------|---|----------------------------|---|
| 4D 궤적 관리 | 고품질의 항공 및 기상 정보의 가용성, 일관성, 품질 및 교환을 개선하는 새로운 도구를 개발하여 항공운영관리 개선 | 2016.11.01. ~2020.11.30 | Total € 49,248,700.47 (EU € 22,193,941.11) |
| 겨울철 공항에서의 확률적 단기예측 (POOWWA) | 기상 레이더 에코의 이동 추정을 통하여 단기(0-3시간, nowcast) 확률적 겨울 날씨 예측을 시연하고 적설 강도 변화의 예측 가능성을 개선 | 2016.04.18. ~2018.04.17 | Total € 597,500 (EU € 597,500) |
| 환경과 기후의 이점을 활용한 항공교통관리 | 항공기 운영의 기후 영향을 줄이기 위하여 승인된 기후 평가 방법 및 항공기 궤적 최적화를 확장 개선. 앙상블 확률적 예측으로 특징지어질 수 있는 대기 과학의 불확실성에도 불구하고 강력한 기후 영향 감소로 이어지는 기상상황과 항공기 궤적 식별. | 2020.06.01. ~2022.11.30 | Total € 999,765 (EU € 999,765) |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | | |
|--------------------------------|---|------------------------------------|---|
| <p>흐름관리 포지션에 대한 기상 불확실성 관리</p> | <p>기상예측 불확실성 정보를 FMP(Flow Management Position)의 의사결정 프로세스에 통합. PMP-MET은 최대 8시간 전에 대류성 날씨가 운영에 항공기 운항에 미치는 영향에 대하여 직관적이고 해석 가능한 확률적 평가를 제공하기 위한 목표를 가짐</p> | <p>2020.05.01. ~2022.10.31</p> | <p>Total € 849,000 (EU € 849,000)</p> |
| <p>다중 위해요인 모니터링 및 조기 경고시스템</p> | <p>프로토타입의 글로벌 다중 위험 모니터링 및 조기 경고 시스템(EWS)을 개발. (위험기상 내용이 포함됨)</p> | <p>2020.11.01. ~2022.12.31</p> | <p>Total € 991,268.75 (EU € 991,268.75)</p> |

2.3. 영국

- 영국 민간항공국(UK CAA)*은 더 빠르고, 조용하고, 친환경적인 항공 여행을 위해 '40년까지 영국의 공역 활용 및 현대화 전략 AMS⁴⁰⁾을 발표('18. 12.)
 - 공역 현대화의 필요성과 목적, 새로운 거버넌스 체계에서 이해관계자들의 역할과 책임, 공역 현대화를 위한 주요 이행계획 등 포함

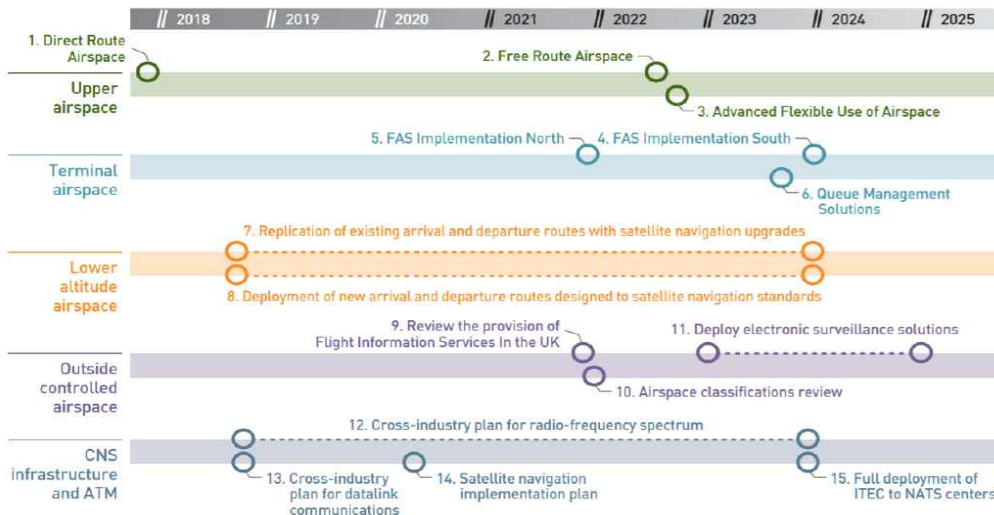


그림 118. 영국 공역 관련 개발 타임라인('18~'25)
(출처 : Airspace Modernisation Strategy, CAA 2018)

- 영국의 새로운 공역 현대화 전략은 안전 표준 개선 및 친환경적 항공 발전, 최신 기술 적용, 공역 혼잡으로 인한 부정적 영향 감소, 공역 접근성 강화 및 교통 연결성 향상 등 이행계획 추진

※ 영국 공역 내 비행 횟수 : '15년 약 225만 회 -> '30년 약 325만 회(약 44% 증가 전망)

- 공역 현대화 이행계획은 '24년까지 공역의 설계, 기술, 운영을 현대화할 총 15가지 추진전략을 수립

※ 관제공역(2만 5,000피트 이상), 터미널 공역(7,000~25,000피트 사이 공항 주변 공역), 저고도 공역(7,000피트 미만), 비관제 공역, 영국의 위성항행 및 항공교통관리(CNS/ATM⁴¹⁾) 인프라 등 5개 영역에서 중점 추진

- 영국은 소비자 보상정책 개선 및 권리 보장, 엄정한 규정 집행 등과 함께 항공기 운항으로 인한 소음과 온실가스 배출, 공역 혼잡 문제 완화 방안 등 지속 성장 가능한 중장기 항공전략 계획⁴²⁾을 제시

40) UK Civil Aviation Authority, CAA / Airspace Modernisation Strategy, AMS

41) CNS/ATM(Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management)

42) Beyond the horizon - The future of UK aviation : next steps towards an aviation

- 소비자를 위한 항공업계의 활동 지원
- 안전하고 안심할 수 있는 여행 보장
- 항공교통 연결성 구축
- 시장 경쟁 장려
- 환경적 영향을 완화하는 동시에 성장 지원
- 혁신, 테크놀로지, 기술개발 등

2.4. 독일

- 독일은 교통 시스템의 효율성, 안전성, 환경 청정성, 경쟁력 등의 높은 기준에 부합하는 항공교통 시스템 구축
 - Vision 2020과 Flightpath 2050에 근거한 항공전략(Aviation Strategy)을 추진 중
 - 독일 연방정부는 항공전략을 이행하기 위해 실행 가능한 5개 전략 분야를 설정하고, 분야별로 목표 그룹별 활동 및 방법론을 제시함
 - 항공교통 시스템의 효율성, 안전성, 청정성에서 글로벌 선도적 역할
 - 항공산업의 전반적인 시스템 능력 향상
 - 핵심 경쟁력 강화
 - 부품산업의 국제적인 공급 능력과 경쟁력 강화
 - 국제적 항공산업의 공정한 경쟁 여건 개선

표 33. 독일의 항공전략 목표 그룹 및 설계 목표

| 목표 그룹 | 목표 |
|----------------|---|
| 정책 및 행정적 의사결정자 | 항공 정책의 추진 원칙, 목표 및 분야를 간결하게 제시함으로써 개별 안전을 전략적으로 일관성을 유지하기 위한 기준을 제공 |
| 항공 섹터의 이해당사자그룹 | 대형 및 중소형 항공기 업체, 노동조합 및 노동계 대표, 연구기관, 고등교육기관, 항공교통 기업들이 장기투자 기간이 필요한 경우를 고려하여 항공전략을 장기적이고 신뢰할 수 있는 기틀을 구축 |
| 대중 | 항공산업의 역할과 책임에 대한 대중의 의식을 고취하고 미래 항공 발전에 대한 광범위한 대중적 논의를 전개 |

출처: Aviation Strategy of the Federal German Government, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy 2016

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 독일은 기후·환경 친화적인 조용하고 안전한 운송을 위해 항공과 선박 분야의 배출량 조절을 포함한 온실가스 배출을 감축하는 ‘에너지 환경 보호 프로그램(IKEP)’ 정책추진
- 독일 항공우주센터(DLR)은 유럽 항공산업 지원을 위한 연구개발 아젠다에 따라 5개 항공 기술 연구개발 프로그램 수행 중
 - ※ 항공기, 헬기, 항공교통 및 환경, 항공교통관리, 항공분야와 기타 DLR간 공동연구 분야 등

2.5. 일본

□ 차세대 항공교통 인프라 종합구축계획

- 일본은 항공교통 시스템 혁신을 위한 차세대 항공교통 인프라 종합구축 계획인 CARATS⁴³⁾를 통해 연구개발 및 구축(‘25년 완료)
 - ICAO의 가이드라인에 따라 국제적 공조와 협력을 도모하고 아시아 지역에서의 미래 항공교통 분야를 선도할 대표 시스템을 구축하기 위해 추진
 - 국제적 항공교통 분야에서 입지향상을 위해 안전 향상, 항공 수요 증가 대응, 사용자 편의성 향상, 운영 효율성 증대, 항공교통 처리량 증대, 환경 문제 대응 등 6개 목표를 수립

□ CARATS(Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic System)

- 일본 민간항공국은 차세대 항공교통인프라 종합구축 계획인 CARATS를 통해 25년까지 위성기반 보강 항법시스템 적용 및 4차원 항적기반 ATM 구축 등 연구개발 및 구축(안전도 5배, ATC 용량 2배 향상 목표)
- CARATS는 국제 기준과 연계한 차세대 항공교통 시스템 구축 및 수용 능력 강화를 위해 일본 '항공 네트워크 구축'의 한 분야로 항공교통 시스템 혁신계획을 수립하여 추진 중
 - ※ 안전도 5배 향상, 관제 처리 능력 2배 증대, 연료소비량 및 CO2 배출 10% 감소(항공기 1편당), 사용자 편의성(비행시간 감소 및 정시성) 10% 향상, ATM 서비스 생산성 50% 향상

43) CARATS : Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic System 일본 민간항공국

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- CARATS은 33개 OI(operational improvements)가 39개의 measure, 15개의 EN(enablers)가 25개의 measure로 총 64개의 measure로 구성됨

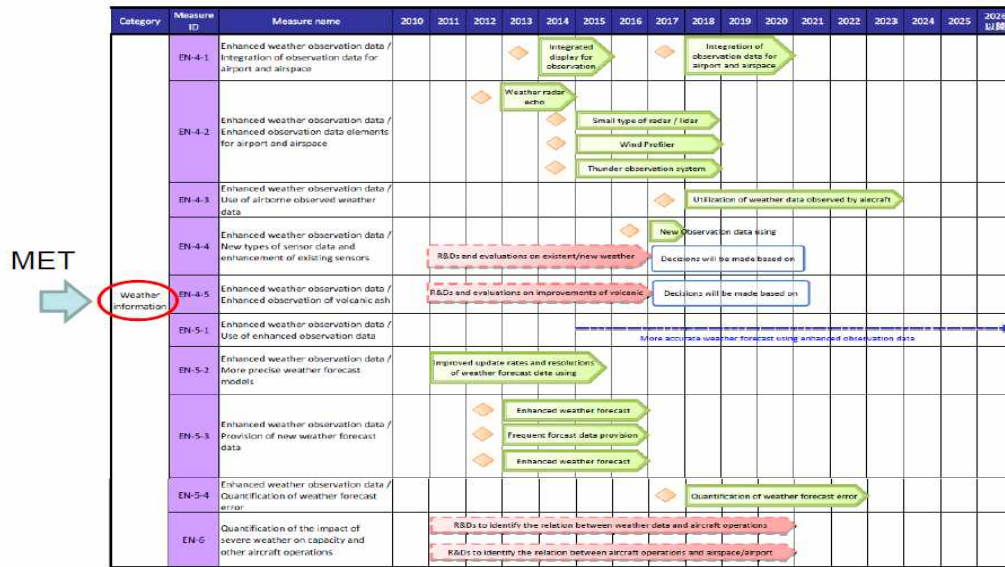


그림 119. 일본 차세대항공교통시스템 중장기 로드맵 CARATS MET 관련

- 15개의 EN중에서 EN4~EN6까지가 MET에 해당되며 최신의 CARATS 로드맵 MET 부분의 내용은 다음과 같음

- (EN-4, 기상관측의 고도화) 5개의 measure로 구성 됨
 - EN 4-1 - 공항 및 공역 관측 데이터 통합
 - EN 4-2 -공항 및 공역에 대한 향상된 관측데이터 요소
 - EN 4-3 -공중관측기상데이터 사용
 - EN 4-4 -신형 센서 데이터 및 기존 센서 강화
 - EN 4-5 -화산재 관측의 향상
- EN-4의 현황, 최종성과물 및 추진과제는 다음과 같음

표 34. 일본 CARATS 로드맵 EN-4의 현황과 최종 성과물

| 현황 | 최종 성과물 |
|---|--|
| 실시간 관측데이터(6초 마다 경신)의 제공은 현지 항공 이용자에 한함(현지의 관제기관이나 항공회사) | 실시간 관측데이터 등을 장소에 상관없이 제공할 수 있도록 WEB환경을 구축 (2016년도말 운용개시) |
| TBO에 필요한 관측·예측정보를 제공하는 통합 기상정보 기반 (4D기상데이터베이스)의 구축이 요구됨 | TBO에 필요한 관측·예측정보의 기반이 되는 4D 기상 데이터베이스(정보기반)과 통합 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | |
|---|--|
| <p>기상레이더에 동계, 저고도의 적란운(소나기구름)의 정확한 포착이 곤란하여, 레이더에코 정보의 개선이 필요함</p> | <p>저고도의 적란운(소나기구름)을 포착할 수 있는 레이더에코 정보를 제공할 수 있도록 레이더 에코 처리기술을 개발</p> |
| | |
| <p>저층 윈드시어 정보기준미만의 도입경로상의 바람의 상황파악이 곤란함</p> | <p>항공저층풍정보(ALWIN)을 제공할 수 있도록 진입경로상의 바람의 관측, 처리기술을 개발함(2017년 3월 운용개시)</p> |
| <p>현재의 관측센서로는 난기류 등, 가시화가 곤란한 현상이 있음</p> | <p>기상현상을 명확하게 가시화한 관측정보를 제공할 수 있도록 관측능력을 향상시킨 [히마와리8호, 9호]의 데이터를 활용</p> |
| <p>활주로의 설빙현상의 상시파악, 적설예측이 곤란함</p> | <p>활주로상황의 상시파악, 적설예측등이 가능하도록 설빙센터, 적설예측모델 등(설빙활주로기술)을 개발함</p> |
| <p>화산재 확산 예측에서는 예측정도 향상에 도움이 되는 레이더에 의한 정량적인 관측데이터가 없음</p> | <p>정확한 확산 예측정보를 제공할 수 있도록 레이더에 의한 적량적인 분연관측 및 동 데이터를 활용한 확산예측을 실시</p> |
| <p>- [해결 과제]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 에코 처리 기술의 개발(단기) (기상청) - 진입경로상의 관측, 처리기술(연구기관, 기상청) - 히마와리 8호, 9호 데이터의 활용에 관한 개발(단기) (기상청) - 설빙활주로기술의 연구, 개발(단~중장기) (연구기관) - 레이더에 의한 정량적인 분연관측, 동 데이터를 활용한 화산재 확산 예측 기술의 개발(단기) (연구기관) | |

■ EN-4의 공정표는 다음과 같음

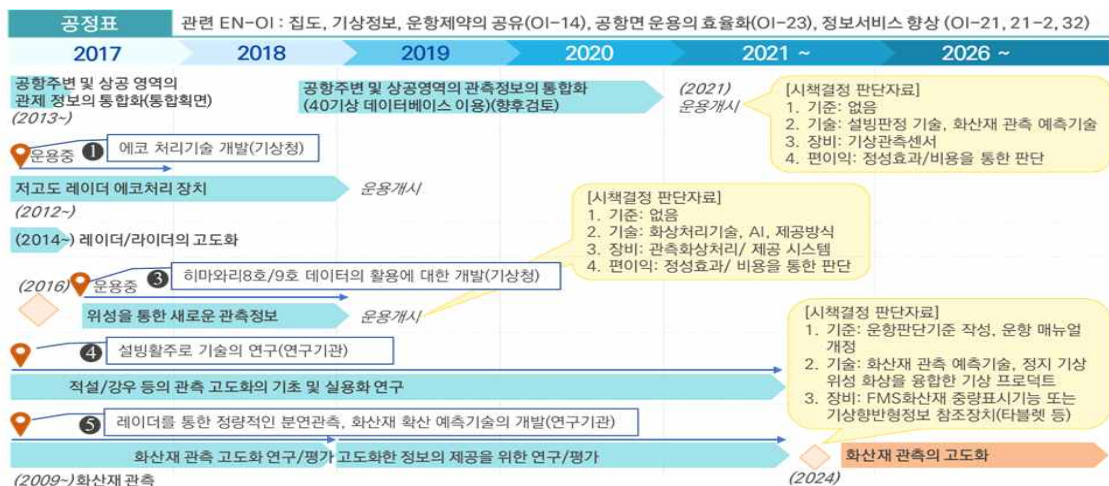


그림 120. 일본 CARATS 로드맵 EN4의 공정표

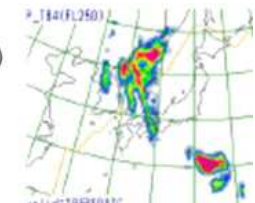
제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- (EN-5, 기상예측정보의 고도화) 4개의 measure로 구성됨
 - EN 5-1 -향상된 관측데이터 활용
 - EN 5-2 - 보다 정확한 기상예측모델
 - EN 5-3 - 새로운 기상예보 모델 제공
 - EN 5-4 - 기상예측오차의 정량화
- EN-5의 현황, 최종 성과물 및 추진과제는 다음과 같음

표 35. 일본 CARATS 로드맵 EN-5의 현황과 최종 성과물

| 현황 | 최종 성과물 |
|---|--|
| 대기의 상태를 시뮬레이션 한 수치예측 모델은 5km, 20km격자모델을 사용하고 있으며, 예측정도개선에 도움이 되는 상세한 격자의 수치예측모델을 이용할 수 없음 | 정확도를 향상한 예측정보를 제공할 수 있도록, 상세한 지형데이터를 취합한 2km격자의 수치예보모델을 개발, 운영함(2012년도 운용개시) <div style="text-align: center;"> 수치예보 모델의 정교화 </div> <div style="text-align: center;"> </div> |
| 수치예보모델의 계산에는 다양한 방법으로 얻을 수 있는 관측데이터를 활용하고 있으나, 예보정도향상에는 보다 많은 관측데이터가 필요하며, 충분하지 않음. 또한, 계산기 자원이 충분하지 않고, 많은 관측데이터를 사용한 모델 계산을 적절한 타이밍에 실행하는 것을 할 수 없음 | 정확도를 향상한 예측정보를 제공할 수 있도록, 고성능 슈퍼컴퓨터에 의한 수치예보모델의 계산에, 항공기로부터 얻은 동태정보(DAPs)에서 산출한 기상의 풍향풍속데이터를 활용함 |
| 시계열예보의 제공기한이 제한적, 또한 운항에 영향을 주는 천둥에 관한 예보가 제공되고 있지 않음 | 시계열예보의 발표대상공항확대, 동정보에 천둥에 관한 예보의 추가를 실시함(천둥예측가능성을 추가(2013년도), 대상공항의 확대(2013~2016년도)) |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | |
|---|--|
| <p>현재 제공하는 항공기상정보는 일부 정보에 국한된 정보를 제외하고는, 예보의 신뢰도가 부가되어 있지 않음. 또한 분석 자원이 충분하지 않고, 모델 계산의 결과를 활용한 신뢰도의 계산을 적절한 타이밍에 실행할 수 없음</p> | <p>예보의 신뢰성지표(확률정보)를 추가한 예측정보를 제공할 수 있도록 고성능 슈퍼컴퓨터에 의한 해상도가 높은 수치예보 모델의 결과를 활용한 신뢰성 지표를 개발함</p> <div style="text-align: center;"> <p>확률정보 이미지(난기류)</p>  </div> |
| <p>- [해결 과제]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2km 격자의 수치예보모델의 개발 (기상청) - DAPs를 활용한 항공기관측데이터의 수치예보에의 이용을 위한 평가, 개발(단기, 중기) (기상청, 연구기관) - 고성능인 분석자원의 확보(중기, 장기) (기상청) - 예보의 신뢰성지표(확률정보)의 개발(단기, 중기) (기상청) | |

- EN-5의 공정표는 다음과 같음



그림 121. 일본 CARATS 로드맵 EN5의 공정표

- (EN-6, 기상정보에 따른 운항정보 및 수용량 변환) 1개의 measure로 구성 됨
 - EN 6 - 수용량 및 기타 항공기 운영에 대한 악천후 영향 정량화
- EN-6의 현황, 최종성과물 및 추진과제는 다음과 같음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 36. 일본 CARATS 로드맵 EN-6의 현황과 최종 성과물

| 현황 | 최종 성과물 |
|--|--|
| <p>기상청은 공항이나 관제분야의 단위의 교통 흐름에 영향을 주는 기상현상의 발생가능성의 정보를 제공하고 있음. 한편, <u>기상예측에서 운항상의 정량적인 제약조건(구역, 공항수용량 등)에의 변환은 실현되고 있지 않음</u></p> <div style="text-align: center;"> <p>기상으로 인한 항공 교통류로의 영향이 발생하는 가능성</p> <p>공항이나 관제분야 단위의 교통 흐름에 영향을 주는 기상현상 발생가능성에 관한 정보 (항공교통기상센터로부터 항공교통관리센터에 제공중)</p> </div> | <p>최적구역(공항 지역), 공항수용량에서의 운항을 실현할 수 있도록, 운항에 막대한 영향을 미치는 기상현상(천둥, 바람, 설빙 등)의 예측으로부터 <u>운항 상의 정량적인 제약조건에의 변환을 실시함</u></p> <div style="text-align: center;"> </div> |
| <p>[해결 과제]</p> <p>기상정보로부터 운항상의 정량적인 제약조건에의 변환을 위해 관계기관에서 실시해야 할 사항을 검토하고, 연구 등을 진행해야 함(단기) (항공국, 기상청, 연구기관 등)</p> <p>향후의 조사, 연구 등을 통해서 과제의 추출이나 정리를 진행해야 함(단기, 중장기) (항공국, 기상청, 연구기관 등)</p> | |

▪ EN6의 공정표는 다음과 같음

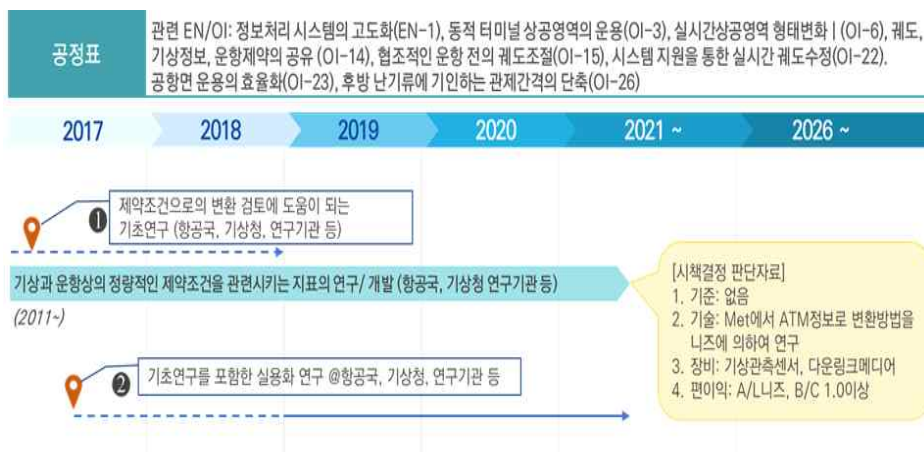


그림 122. 일본 CARATS 로드맵 EN6의 공정표

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

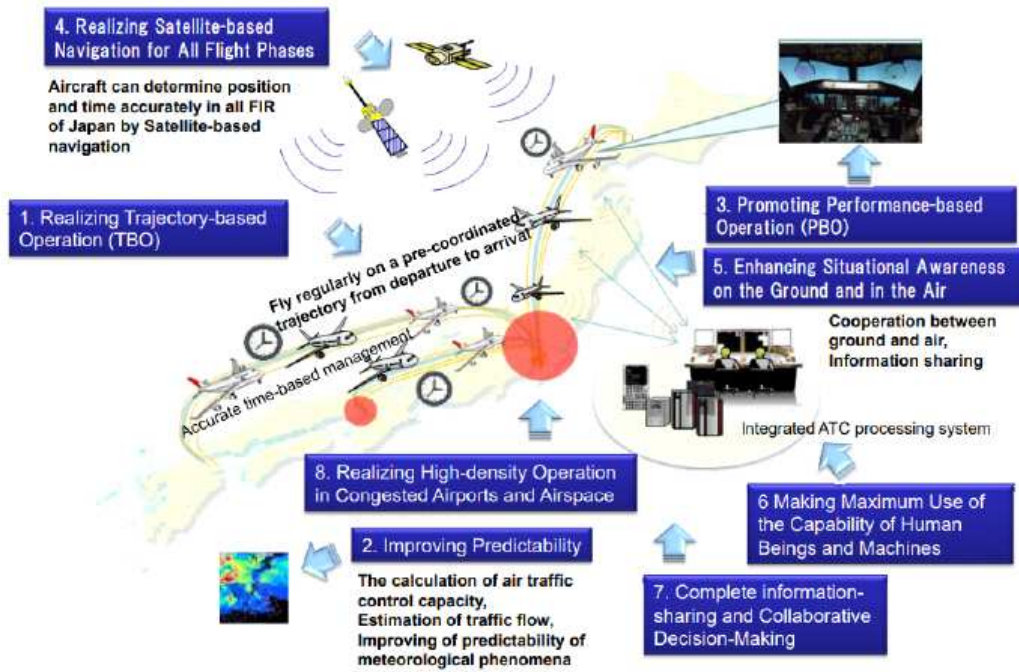


그림 123. CARATS의 항공교통시스템 계획

(출처 : 일본 국토교통성 홈페이지, Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems(CARATS))

- 일본 국토교통성(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, MLIT)을 주축으로 위성 기반 첨단 항법 시스템을 적용한 4차원 궤적기반 항공교통관리시스템 구축을 목표로 개발 중
 - 연구개발 수행 결과는 ICAO 운영개념과의 연계 및 NextGen, SESAR 계획과의 조화에 기반을 두고 있으며, 추진 로드맵에 기반하여 관련 기술을 도입 중
- CARATS의 성공적인 실현을 위해 항공기상 분야 연구개발을 통해 향상된 기상관측 기능, 일기예보 기능 등을 제공하고, Met 통합(ATM 의사결정 지원) 및 히마와리 위성 산출물을 활용함
 - 기상관측 기능 예:
 - Doppler RADAR 및 LIDAR에 의해 감지되고 풍속계로 측정된 바람 정보는 그래픽 데이터와 텍스트 데이터로 변환
 - 텍스트 데이터는 ACARS 시스템을 통해 조종실의 조종사에게 전송
 - 항공사 운영 직원은 JMA의 전용 웹사이트(MetAir)에서 그래픽 및 텍스트 데이터 접근 가능

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 37. 일본 CARATS의 항공교통 시스템 혁신 방향

| 구분 | 내용 |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 주요 내용 | • 미래 운영개념 현실화를 위한 정책/법규 개선 |
| | • 효율 대비 계량적 목표 제시 및 단계별 결과 모니터링 |
| | • 추진과제의 단계별 이행을 위한 64개의 로드맵 구축 |
| 세부 내용 | • TBO 구현 (핵심 추진과제) |
| | • 예측 능력 증대 - 항공교통제어 능력, 교통량 예측, 기상 예측 |
| | • 성능 기반 운영 (PBO) 증대 |
| | • 모든 비행 단계에서의 위성 기반 항법 이행 |
| | • 지상과 공역에서의 상황 인식 능력 증대 |
| | • 인간-기계 능력 사용의 최대화 |
| | • 정보 공유 및 협력적 의사결정 |
| • 혼잡한 공역과 공항에서의 고밀도 운영 실현 | |

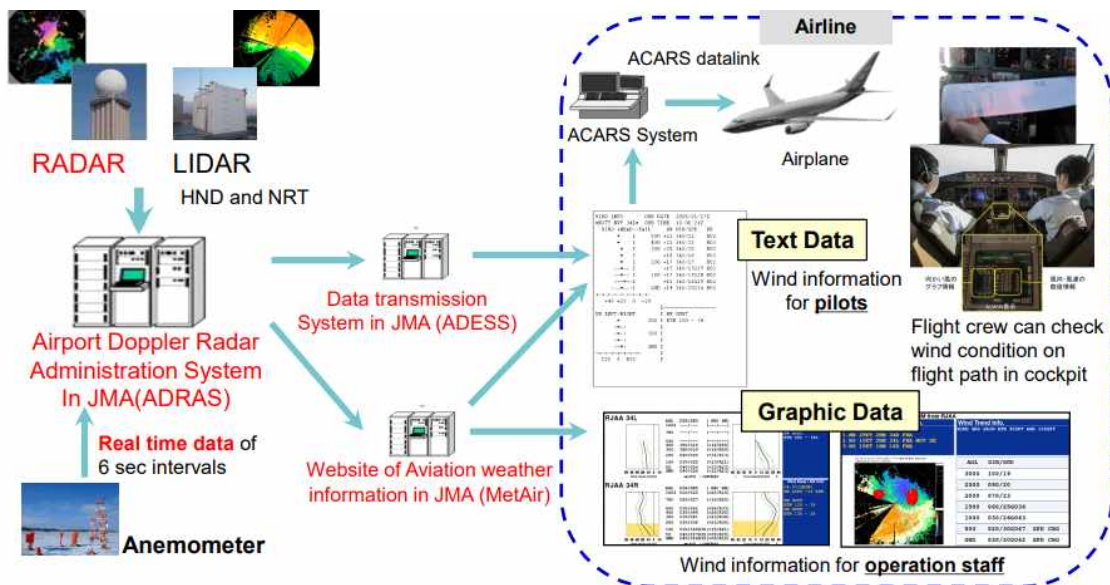


그림 124. CARATS 기상 관측 기능 예시

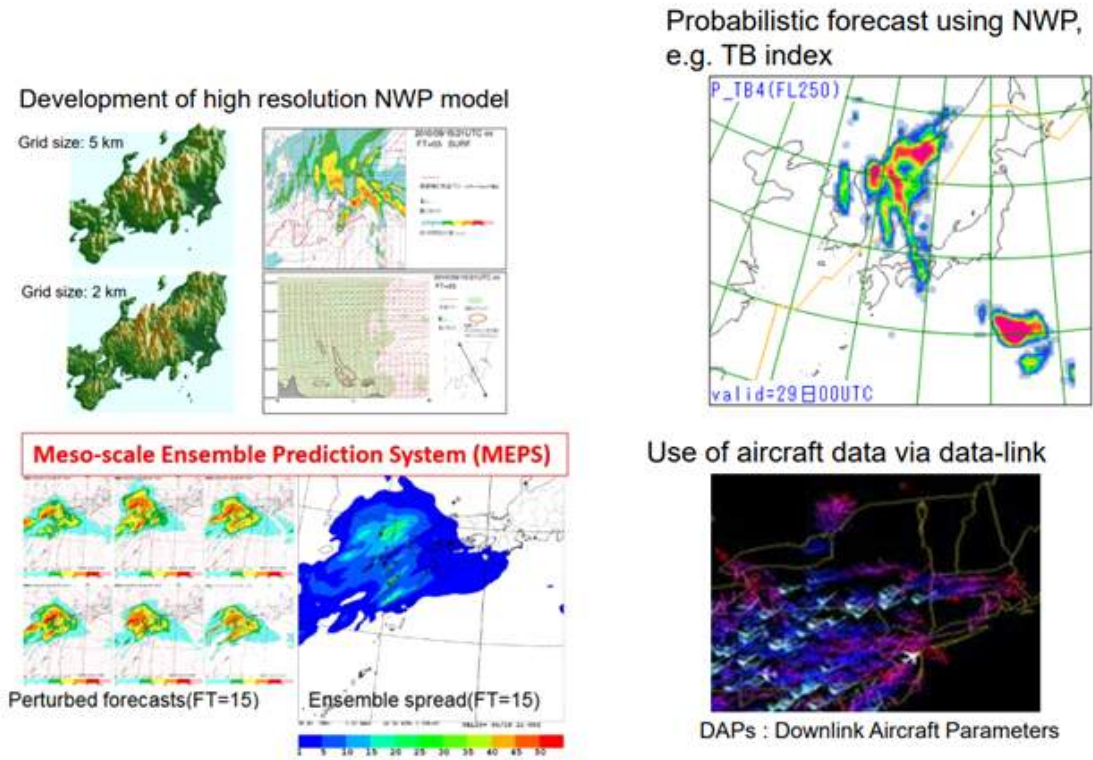


그림 125. CARATS 일기예보 기능 예시

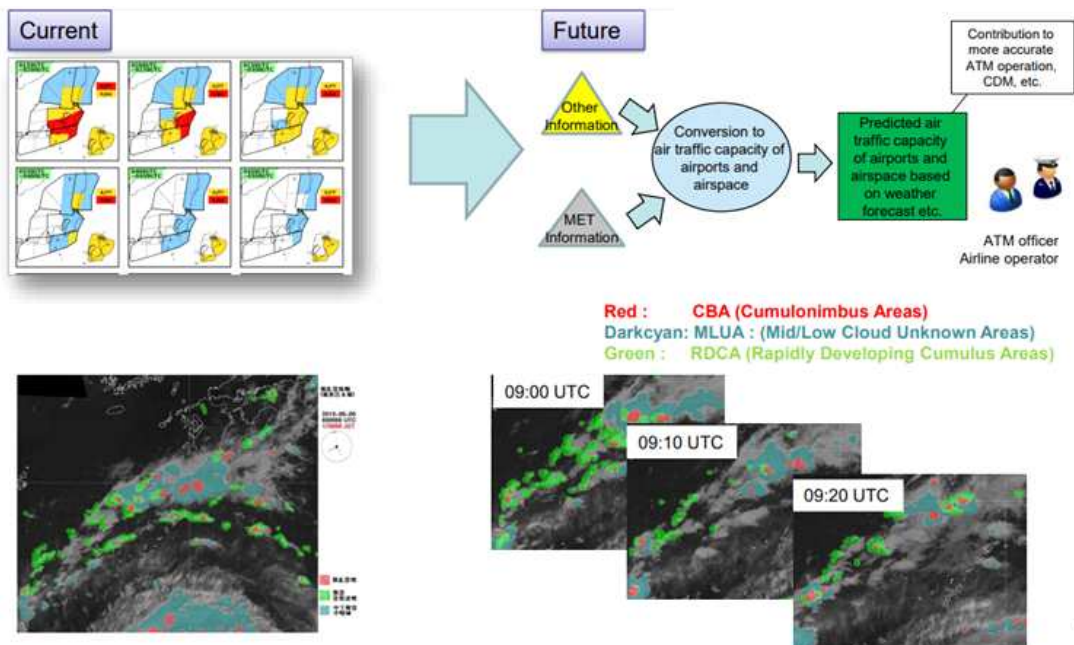


그림 126. CARATS의 Met 통합 및 히마와리 위성 산출물 활용

2.6. 중국

- 중국은 항공교통 관리 현대화를 위해 신규 항공교통 관리시스템 개발 및 전환을 최우선 해결과제로 하는 CAAMS⁴⁴⁾를 추진
 - 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 '30년까지 4단계의 프레임워크 별로 이행이 가속화될 전망
 - 1단계 : 전략, 포지셔닝, 미션과 비전을 포함하는 목표 수준 제시
 - 2단계 : 정책, 법규, 운영기준 및 전략적 운영을 위한 기준 수립
 - 3단계 : 총체적 목표, 운영개념, 서비스 역량 및 인프라 구성
 - 4단계 : 상위 단계를 지원 및 보장
- 중국은 민용항공 13차 5개년 계획('16~'20)에서 5대 기본 원칙으로 안전 제일, 개혁과 혁신, 전면적 조화, 친환경 발전, 개방과 공유를 제시하고 국제 허브공항 체계를 구축하여 양적성장을 추구



그림 127. 중국 항공교통 관리 현대화 6대 단기계획(2016-2020)

(출처 : Air Traffic Management Bureau of CAAC, IEEE Xplore, April, 2016)

- CAAC⁴⁵⁾는 민간 항공 분야의 경쟁력 강화와 서비스 능력, 혁신 능력, 국제적 영향력을 강화하는 민항강국 건설 목표와 더불어 8대 주요 과제와 전략 프로세스를 제시

44) CAAMS: Civil Aviation ATM Modernization Strategy 민간 항공 ATM 현대화 전략

45) CAAC: Civil Aviation Administration of China 중국 민간항공국

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 38. 일본 CAAMS 구축계획(3단계 예)

| 구분 | 내용 |
|--------|---|
| 총체적 목표 | <ul style="list-style-type: none"> • (안전) '15년 수준 대비 항공교통제로 인한 항공기 사고방지, 항공기 1만대 당 사고율 10% 감소, 항공기 1만당 관제 오류 20% 감소 • (수용량) 관제로 인한 지연시간 5분 이내로 제한, • (효율성) 종합적·효율적으로 예측 가능한 항공 운송 서비스 제공, 톤/킬로미터 당 CO2 배출을 10% 감축 • (서비스) 일반항공에 대한 서비스 개선 |
| 운영개념 | <ul style="list-style-type: none"> • 공역관리, 교통흐름협력관리, 혼잡공항운영, 4D계획기반운항, 다중분리관리, 민군합동운영, 성능기반서비스 |
| 서비스 역량 | <ul style="list-style-type: none"> • 공역구축, 공역관리, 교통흐름시스템, 혼잡공항에서의 협력적 의사결정, 항공교통관제통합, 4D 계획기반운항 관리, 협력적 항공교통관제 서비스, 교통혼잡관리, 민군 교통관제융합, 일반항공 서비스, 협력적 정보 환경, 성능 기반 커뮤니케이션, 항행 및 감시, 항공기상 서비스, 항공 정보 관리, 안전관리 시스템 및 긴급재난복구 시스템 |
| 인프라 | <ul style="list-style-type: none"> • 항공교통센터(ACC) 설립, 교통흐름관리센터 설립, 운항관제 전자시스템 구축, 정보관리 시스템 구축, 자동화 시스템 구축, 통신 시설 구축, 항행 시설 구축 및 감시시설 구축, 기상장비 도입, 항공정보관리 시설 도입, 교육·훈련시설 및 보안시설 구축 |

2.7. 싱가포르

- 싱가포르는 아태지역의 주요 항공 허브로, CAAS⁴⁶⁾는 Air Traffic Management(ATM) 개선을 위한 종합계획을 수립하고, 공역수용량 증대 및 항공교통 효율성, 안전성 향상 등 ASBU 이행에 대응
 - CAAS는 지속 가능한 ATM 연구개발, 테스트베드 구축 및 검증 등의 기술 및 솔루션 제공과 싱가포르를 포함한 아태지역 요건에 부합하는 ATM 개선이 목표

46) CAAS: Civil Aviation Authority of Singapore 싱가포르 민간항공청



그림 128. 싱가포르의 advancing ATM 모식도
(출처 : Bridging Skies issue 21, CASS)

- 싱가포르는 더 나은 일자리 창출, 생산성 향상, 창이공항 경쟁력 제고 등의 주요 목표를 정량적 수치로 제시
 - ※ '15년에서 '20년 사이 부가가치 16% 성장, 생산성 연간 3~4% 성장을 달성하고 '25년까지 8,000개의 새로운 일자리를 창출할 계획
- 산업혁신 생태계 구축 및 혁신 R&D 추진을 위한 전략 과제로 새로운 기술 활용 촉진, 연구기관 간 협력과 아이디어 공유, 업무 프로세스 재설계 및 신규 도입 등 생산성 혁신을 추구
 - 자국의 혁신 역량 배양에 집중하여 항공산업을 국가 산업으로 육성

3. 국내 정책 동향

□ 차세대 항공교통시스템 구축 계획(NARAE)

- 한국은 ICAO에서 '16년 개정된 GANP 및 ASBU에 부합하고, 국내 항공시스템 선진화에 적합한 차세대 항공교통 시스템 구축 기본계획 (NARAE⁴⁷⁾)을 통해 포괄적 발전 방향과 추진전략을 이행 중



그림 129. 항공교통관리 체계의 현재와 미래
(출처 : 국토교통부)

- ※ 공항운영 개선, 시스템 및 데이터의 상호운용성 증대, 공역 수용량 및 비행 효율성 증대, 효율적 비행경로 구축 및 안전 확보 등 4대 전략 제시
- ※ 아태지역에 속한 한국의 지역계획은 Asia/Pacific Seamless ATM Plan(Level 3), 자국의 계획은 NARAE(National ATM Reformation and Enhancement, Level 4) 해당
- 미래 교통환경에 대비한 ATM 구축 기본계획은 차세대 항공교통 관리체계 구현 방향, ASBU 및 아태지역 ATM 계획과의 연계, 분야별 운영개념, 추진계획, 성과지표, ASBU 이행 수준 측정지표 등으로 구성

47) NARAE: National ATM Reformation and Enhancement plan) 차세대 항공교통시스템 구축 마스터플랜

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 39. 차세대 항공교통시스템(NARAE) 4대 추진전략 및 주요 내용

| 추진전략 | 내용 |
|---------------------|---|
| 공항 운영 개선 | <ul style="list-style-type: none"> • 위성항법 시설 기반 운항체계 확대 및 항공기의 공항 접근성 향상 • 최저 착륙 기상치를 적용하여 항공 안전과 효율성 제고 ※ '25년까지 항공 안전도 5배 이상 향상 |
| 시스템 및 데이터의 상호운용성 증대 | <ul style="list-style-type: none"> • 항공정보를 디지털 기반의 종합 관리체계로 전환하여 이용자에게 적시에 정확한 정보 제공 |
| 공역 수용량 및 비행 효율성 증대 | <ul style="list-style-type: none"> • 첨단 항공기 항행 능력 및 인프라를 통해 탄력적 공역 사용 추진 ※ '25년까지 지상 및 공중 교통에 대해 공역 수용력 3배 이상 증가, 제한된 항공교통 자원의 유연성, 효율성 부여 |
| 효율적인 비행경로 운영 | <ul style="list-style-type: none"> • 교신방식 개선을 통해 의사소통 오류로 인한 교통 장애 및 사고 감소 • 항공기 이·착륙 시 수평비행 없이 연속적으로 상승·강하할 수 있도록 하여 온실가스 배출량 감축 ※ '25년까지 환경에 대한 영향 10% 감소, ATM 서비스 비용 10% 감소, 항공기 온실가스 배출량 20% 감축('13년 대비) |

○ 항공교통 시스템 구축을 위해 단기계획('17~'24년)과 중·장기계획('25~'31년 이후)에 따라 국내 공항, 관제 시설, 항공사 등에 순차적으로 적용

※ 단기: ASBU의 단계별 이행주기 Block 0~1('13~'24)에 해당, 중·장기: ASBU의 Block 2~3('25~'31)에 해당

표 40. 차세대 항공교통시스템(NARAE) 계획 이행단계

| 구분 | 추진 일정 | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| ASBU 단계별 이행주기 (Block) | Block 0 ('13~'18년) | Block 1 ('19~'24년) | Block 2 ('25~'30년) | Block 3 ('31년 이후) |
| 차세대 | 단기 | | 중·장기 | |
| 항공교통시스템 구축 기본계획 (NARAE) | 1단계 ('17~'18년) | 2단계 ('19~'24년) | ('25~'31년 이후) | |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

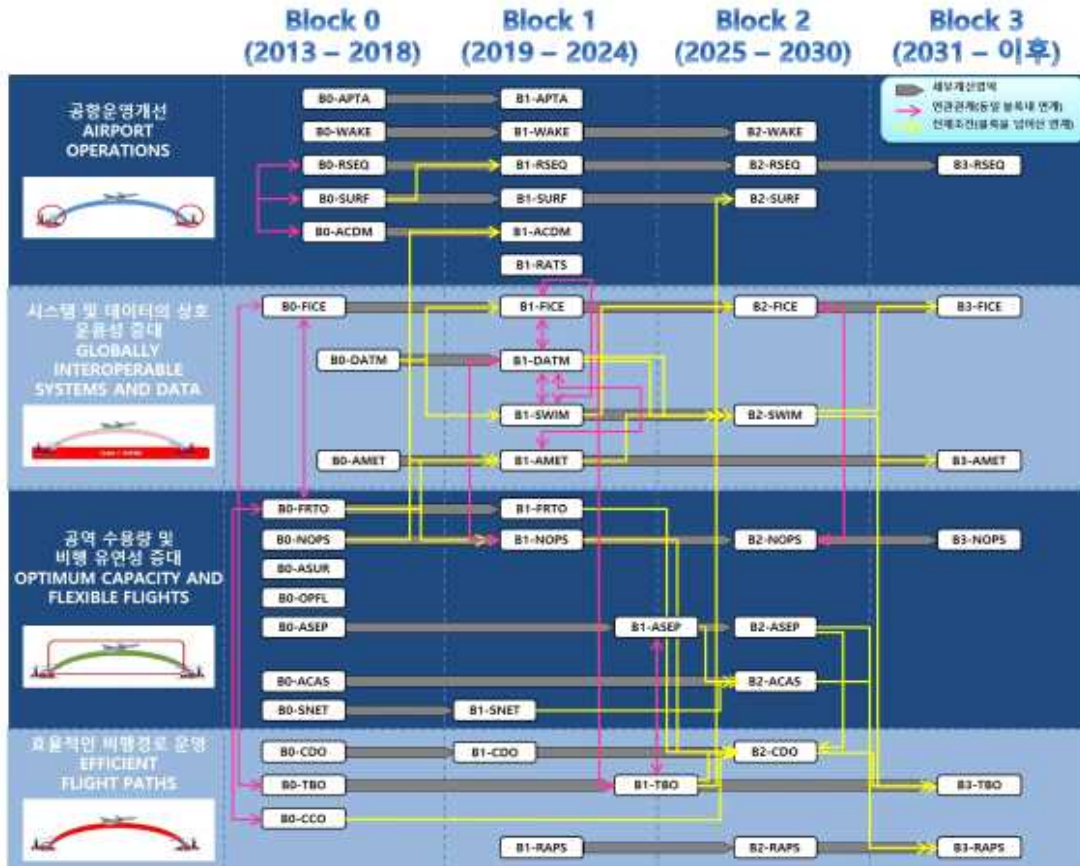


그림 130. NARAE 추진전략 분야별 이행단계
(출처 : 한국항공협회-CNS/ATM)

- 항공 부문 온실가스 감축을 위한 CORSIA 이행 관련하여 배출량 검증기관 등록, 항공기 대체 연료 개발·도입, 항공 운항 효율화 환경 조성, 환경 교통관리 체제 개선 등 중장기적인 항공산업 경쟁력 강화

※ 국제항공활동량 87.7%를 대표하는 총 73개국이 자발적 참여를 공식 선언 (출처: ICAO 홈페이지, '18년 5월 기준)하였으며, 우리나라도 포함('16.9.23 선언, '21년부터 참여)

□ 제3차 기상업무발전 기본계획('17~'21)

- 제3차 기상업무 발전 기본계획은 신뢰받는 정보 제공으로 국민이 만족하는 기상서비스를 비전으로 예보정확도 향상 및 신속 정확한 정보 제공, 기상·기후 정보 활용 확산 및 가치 창출, 첨단 기상 기술 및 우수 전문인력 확보를 목표로 설정
- 기상업무 5대 추진전략은 기상예보 기술과 관측 인프라 고도화, 국민 안전

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

중심의 맞춤형 서비스 확대, 기상·기후 정보의 가치 제고 및 신성장 동력화, 기후변화 대응을 위한 국내외 역할 강화, 미래를 준비하는 기상업무 성장기반 조성을 중점 추진함

○ 기상업무 환경변화

- 위험 기상, 기후변화, 지진에 대한 국가 차원의 대응 역량 강화 및 인프라 개선 필요성 부각
- 인구 고령화, 여가 활동 확대, 건강 분야 관심 증대로 다양한 기상서비스 수요 증가
- IT 기반의 기술이 확산하고, 과학기술 융·복합 경향이 가속화되어 첨단 기술을 활용한 기상업무 고도화 시급

○ 제3차 계획은 ‘신뢰받는 제공으로 국민이 만족하는 기상서비스 실현’이라는 비전 아래 3개의 발전목표, 5개의 전략 및 10개의 중점과제로 다음과 같이 구성됨

표 41. 제3차 기본계획 발전목표 및 5대 전략과 10개 중점과제
(항공기상 연관:Bold)

| | |
|--------------|--|
| 발전목표 (3개) | <ul style="list-style-type: none"> • 예보정확도 향상 및 신속한 정보 제공 • 기상기후정보 활용 확산 및 가치 창출 • 첨단 기상기술 및 우수 전문이력 확보 |
| 전략1 | 기상예보 기술과 관측 인프라 고도화 |
| | 1-1. 예보기술력 향상 및 예보시스템 개선 1-2. 핵심 기상관측망 구축 및 기상장비 관리 강화 |
| 전략2 | 국민 안전 중심의 맞춤형 서비스 확대 |
| | 2-1. 지진·진진해일·화산 감시 및 대응 강화 2-2. 의사결정 지원 공공기상서비스 확대 |
| 전략3 | 기상기후정보의가치 제고 및 신성장 동력화 |
| | 3-1. 기상기후자료 활용 증진 및 융합서비스 확산 3-2. 민간 기상서비스 활성화를 통한 기상산업 육성 |
| 전략4 | 기후변화 대응 국내외 역할 강화 |
| | 4-1. 기후변화 대응 정책 지원 및 협력 확대 4-2. 선진 장기예보 서비스 체계 구축 |
| 전략5 | 미래를 준비하는 기상업무 성장기반 조성 |
| | 5-1. 신기술 및 융합 R&D를 통한 기상업무 선진화 5-2. 기상인력 전문성 및 국제협력 네트워크 강화 |

○ 10개의 중점 과제에서 4개의 중점과제의 내용 일부가 항공기상과 관련이 있으

며 세부 내용으로 다음과 같이 연계됨

- (1-1 예보기술력 향상 및 예보시스템 개선)
 - 현업 수치예보시스템 개선을 통한 위험기상 예측 능력 제고
 - 중기예측을 중심으로 초단기부터 계절·기후예측까지 이음새 없이 활용 가능한 수치예측시스템의 개발
- (2-2 의사결정 지원 공공기상서비스 확대)
 - 기상현상의 사회·경제적 영향을 고려한 영향예보서비스 실시
 - 국민 안전을 위한 분야별 수요자 맞춤형 서비스 확대 - 항공기 안전운항을 위해 항공기상정보 서비스 개선·제공
 - 국민의 삶의 질과 생활편익 향상을 위한 기상서비스 강화 - 초단기 예보의 단계적 연장
- (3-1 신기술 및 융합 R&D를 통한 기상업무 선진화)
 - 대내외 보유 데이터의 원활한 수집 관리·보존·서비스를 위한 국가기후데이터센터 역할 강화* 및 ‘차세대 국가기후자료시스템’ 구축
 - * 기상기후 빅데이터의 체계적인 관리 및 활용성 제고를 위해 데이터 관리 업무의 거버넌스 정립

□ 제3차 항공정책기본계획('20~'24)

- 제3차 항공 정책 기본계획은 항공 분야 정책을 종합하고 체계화하는 기본계획으로 국토, 교통, 우주, 관광 등 관련 계획과의 유기적 연계 및 조화를 통해 추진하기 위한 법정 기본계획
 - ※ 국토기본법 제9조에 따른 「국토종합계획」, 국가통합교통체계효율화법 제4조에 따른 「국가기간교통망계획」, 「관광진흥법」 제49조에 따른 「관광개발기본계획」 등
- 주요 정책목표는 “환태평양을 주도하는 항공강국 실현”을 비전으로 설정하고 항공 운송의 경쟁력 강화, 효율적 공항 체계 구현 및 운용, 예방적 안전관리 항공 보안 선진화, 항공산업 다양화 전문인력 육성 및 국제 위상 강화를 위해 세부 방향을 추진
- 항공 정책 기본계획의 주요 내용
 - 우리나라 항공 부문의 현황과 문제점
 - 항공 부문의 여건 변화와 전망
 - 국가 항공 정책의 목표 및 추진 방향
 - 항공 분야 전반에 대한 부문별 추진 방향
 - 항공 정책 기본계획에 대한 투자계획 및 재원확보 방안

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 항공 정책 기본계획의 집행 및 관리

□ 제4차 과학기술기본계획('18~'22)

- 항공산업을 집중적으로 다루는 전략/중점 추진과제는 없으나, 유·무인 자율 비행체 기술 및 통합 관제시스템 기술을 중점 과학기술로 선정하여 관련 정책을 지원
- '18년 새롭게 수립된 제4차 과학기술기본계획은 '40년의 미래모습을 달성하기 위한 향후 5년간('18~'22)의 과학기술 혁신정책을 제시하며, 4대 전략/19대 추진과제로 구성
 - (4대전략) 미래 도전을 위한 과학기술 역량 확충, 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현
 - 과학기술기본계획 실현을 위한 중점기술 13종을 추가하여 총 133개 중점 과학기술을 선정하였으며, 항공 분야는 자율 비행체 관련 기술 및 시스템을 포함

□ 2021년도 기상청 주요업무 계획

- ‘기후탄력사회를 위한 기상기후서비스 도약’이라는 목표 아래 3개의 주요정책과 8개의 세부과제로 구성됨

표 42. 2021년 기상청 주요 정책 및 세부 과제 (항공기상 연관:Bold)

| 주요 정책 | 세부 과제 |
|----------------------------|--|
| 기상기후·지진정보 개선으로 국민 안전 지원 | <ul style="list-style-type: none"> - 위험기상 조기 탐지 및 예측정보 고도화 - 위험기상 대응을 위한 정보 제공 강화 - 지진·화산정보 서비스체계 전환 |
| 국민이 공감하는 기상기후서비스 확대 | <ul style="list-style-type: none"> - 기후위기 대응을 위한 정보 제공 확대 - 국민이 체감하는 기상기후데이터 가치 확장 - 고품질 날씨정보에 대한 소통 다각화 |
| 미래 기상수요 대응기반 마련 | <ul style="list-style-type: none"> - 기상기후 현안해결에 기여하는 미래기술확보 노력 - 미래수요 대응을 위한 기상산업 경쟁력 제고 |

- 8개의 세부 과제에서 2개의 세부과제 내용이 항공기상과 관련이 있으며 다음과 같이 세부 내용이 구성됨

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- (위험기상 조기 탐지 및 예측정보 고도화)
 - 예보관이 참여하여 수치예보자료에 대한 예보관점의 모델예측결과 상세 진단·분석 및 주기적 환류*
 - * 실제 예보과정에서 파악된 모델예측자료의 특성 또는 결함 등을 제시하면 이를 진단, 심층분석하여 모델 개선으로 환류
 - 상세 기상현상의 조기 예측을 위한 시공간 통합형 수치예보모델 개발 추진 - 기상현상의 규모, 예측기간에 따라 전지구모델, 지역모델, 국지모델 등 시·공간 해상도가 다른 수치예보모델 등 하나의 모델로 구현하고, 예측 기간 확장
- (국민이 체감하는 기상기후데이터 가치확장)
 - 기상자료 서비스 체계 개선 및 비정형 자료와 기상자료와의 융합을 통해 기상기후데이터 활용도 제고
 - 데이터 통합관리체계 구축 : 기상관측, 수치예보, 위성, 레이더 등의 기상청 데이터와 공공기관에서 관측한 자료를 수집한 기록을 보존하고 대국민에 서비스하는 시스템 구축
- 기상청 주요업무 실적 및 계획 분석 및 항공기상 R&D와의 연계 및 구체화
 - 기상청 ‘제3차 기상업무발전 기본계획’, ’21년도 기상청 주요 업무 계획’ 세부 과제들과 연계되어, 본 R&D 과제결과물을 활용 가능할 것으로 보임
 - 기상청 제4차 기본계획은 정부 수립 주기와의 연계성 강화를 위해 2022년 수립하여 5년(’23년~’27년)간 계획 수립 예정이며, 2022년 공백에 대해서는 제3차 기본계획을 연장 적용하여 단년도 시행계획을 수립 예정
 - 이에 따라, 향후 2022년 단년도 시행계획 및 제4차 기상업무발전 기본계획 (2023~2027)과 항공기상 R&D 연계 방안 마련도 필요

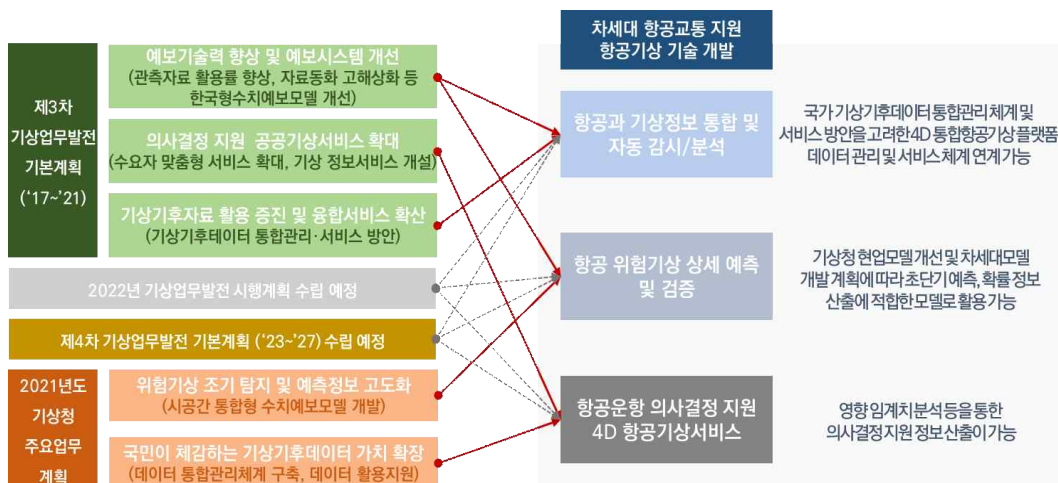


그림 131. 항공기상청 이행계획과 항공기상 R&D 연계 검토

제 3 절 국내외 항공산업 수요 분석

1. 항공산업 개요

- 항공산업은 크게 항공운송, 항공기 제조, 항공기 정비 산업 분야로 나뉘고, 그 중 항공운송(여객/화물) 산업 분야가 항공기상과 밀접한 관련이 있음
- 항공운송 산업이 경제에 미치는 영향도는 직접, 간접, 유도 및 관광 관련 부분을 모두 더해 2016년 글로벌 GDP의 약 3.6 %인 2.7조 달러에 달한 것으로 분석됨(Aviation: Benefits Beyond Borders, 2018, ATAG)
 - 항공사, 항공 내비게이션 서비스업 및 공항 종사자 약 350만 명, 민간 우주항공 산업부문(항공기, 시스템 및 엔진 제조) 120만 명, 560만 명의 공항 관련 추가 직무, 5530만 개의 간접 및 유도된 일자리 등, 전 세계적으로 총 6,550만 개의 일자리 지원에 기여
 - 항공산업 근로자의 1인당 연간 생산성은 약 미화 69,000달러로서, 세계 경제 전체 평균의 약 3.5 배로 대부분의 다른 경제 부문을 능가하는 고부가가치 산업에 해당

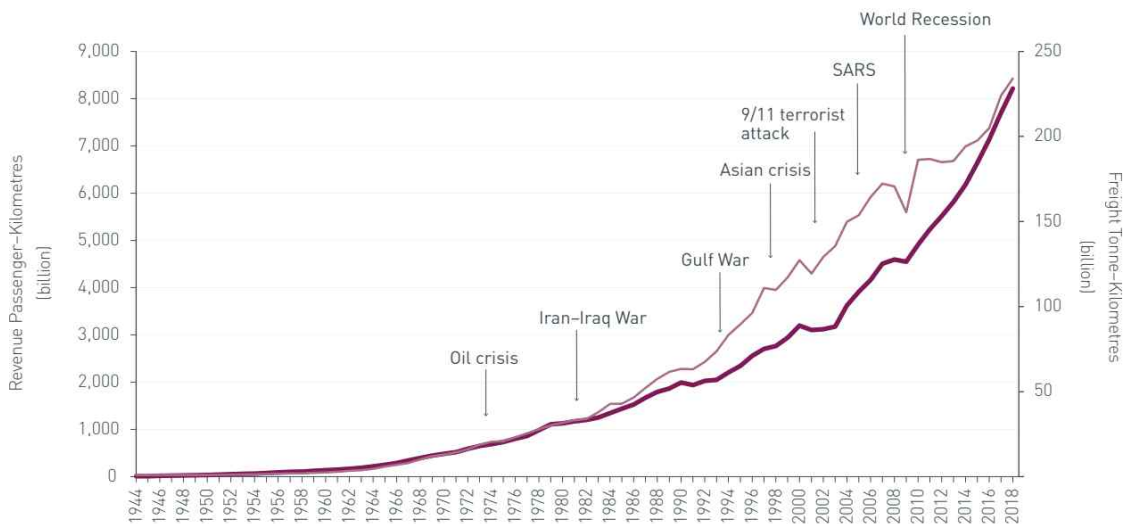


그림 132. 세계 항공 여객/화물 수요 변화
(출처 : ICAO Long-Term Traffic Forecasts, 2019)

- 세계 항공운송 시장은 항공 자유화 정책 확대, 항공사 및 공항 운영의 민간 참여, 권역별 항공 시장 단일화 및 항공사 간 제휴(합병) 등으로 인해 경쟁이 심화되고 있으며 항공사들은 규모의 경제를 달성하기 위해 많은 노력을 기울이고 있음
- 항공운송 산업은 경기 변동, 환율 및 유가, 질병 및 테러 등 사회·경제적 환경

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

변화에 따라 수요가 민감하게 반응하는 특성을 가지며, 영업 원가에서 연료 유류비가 차지하는 비중이 높은 항공사의 경우 유가 변동이 손익에 미치는 영향이 큼

2. 항공산업 전망

□ ICAO의 항공산업 전망

- 2018년 세계 항공사들의 연간 여객 수송량은 43억 명(8.3조 RPK(Revenue Passenger Kilometers)), 화물 수송량은 5,800만 톤(2,310억 FTK(Freight Tone Kilometers))에 달함
 - 매일 100,000여 이상의 항공편이 거의 1,200만 명의 승객과 180억 달러 상당의 상품을 운송
 - 연간 여객 수송량의 31%(13억 명)는 LCC에 의한 것이며, 이는 2017년 대비 8.7% 증가한 것임(ICAO Economic Development)

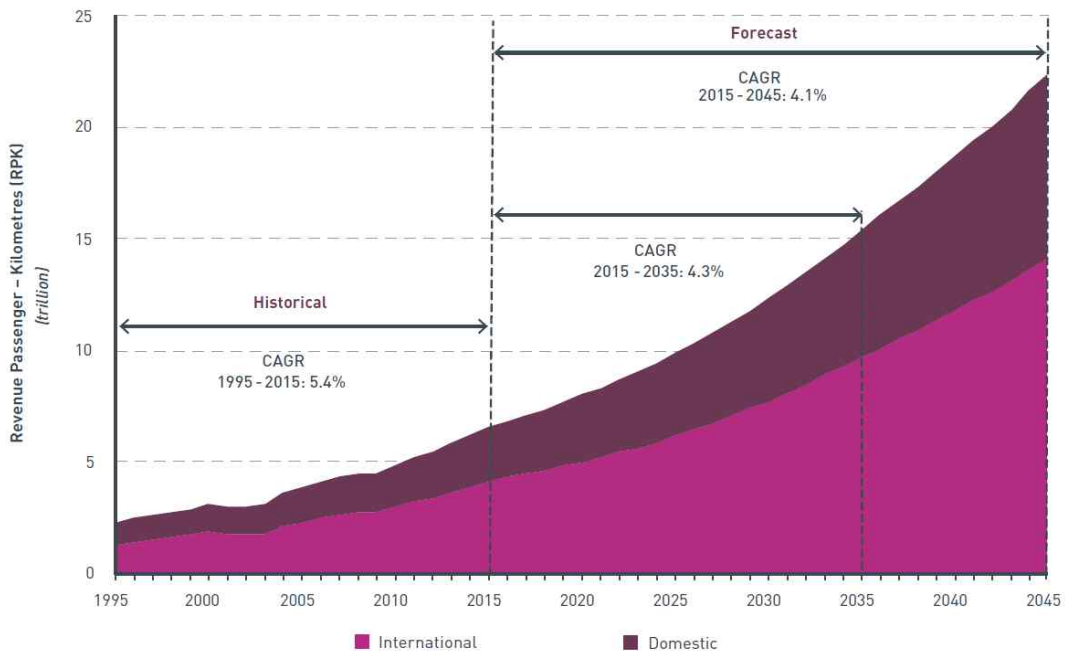


그림 133. 세계 항공 여객 수요 예측
(출처 : ICAO Long-Term Traffic Forecasts, 2019)

- 전 세계적으로 3,759 개의 공항들이 운영되고 있고 170 개의 기업들이 항공 항법 서비스를 제공하고 있으며, 이를 기반으로 1,303 개 이상의 정기 항공사들의 31,717개 이상의 항공기들이 운항되었음(ABBB, 2018, ATAG)
- 2045년까지 항공 여객 수송량은 연간 4.1% 성장하여 22조 RPK 이상에 달하고,

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

화물은 같은 기간 동안 연간 3.6% 증가하여 5,730억 FTK로 늘어날 것으로 전망

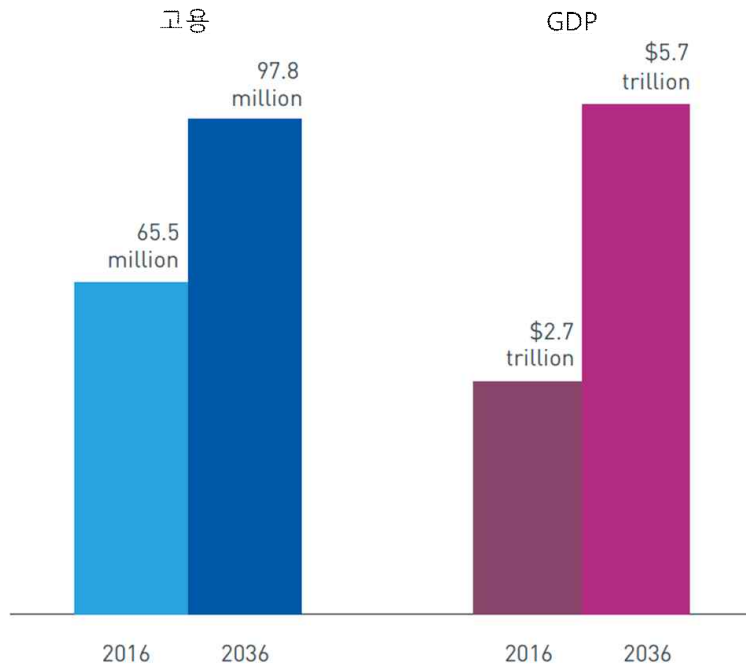


그림 134. 세계 항공산업 고용 및 GDP 기여도 전망
(출처 : ICAO Long-Term Traffic Forecasts, 2019)

- 2036년 항공산업은 9,800만 개의 일자리를 제공하고 GDP 기여도는 5.7조 달러로 2016년 대비 110% 증가할 것으로 전망(Aviation: Benefits Beyond Borders, 2018, ATAG)

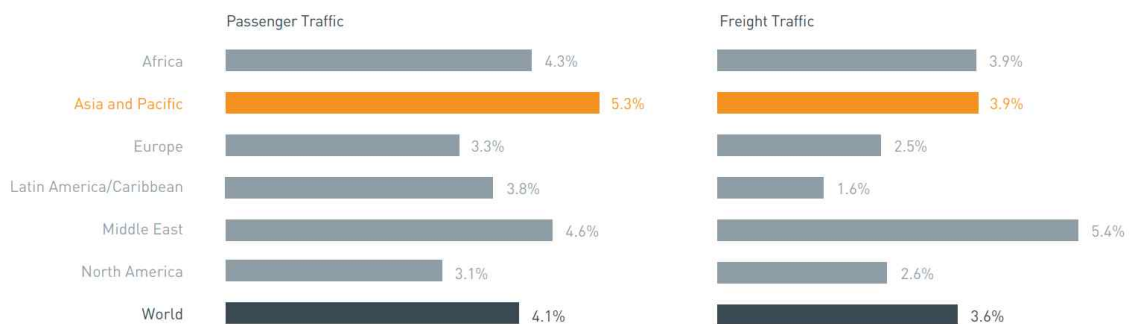


그림 135. 세계 지역별 항공운송 수요 예측 비교
(출처: ICAO Long-Term Traffic Forecasts, 2019)

- 2045년까지 아시아/태평양 지역의 항공운송 수요 연간 성장률은 여객 5.3%, 화물 3.9%로 세계 평균을 상회할 것으로 전망

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 항공운송 수요 증가와 그에 따른 항공교통 복잡도 증대, 환경 관련 국제적 규제 조치들에 대한 효율적 대응을 위해, 항공교통 및 운항 관리 체계의 고도화와 발전된 항공 네비게이션 기술의 적용이 이루어지고 있음
 - 유럽은 분할된 유럽 공역을 단일 구역으로 통합하려는 비전의 일부인 SESAR(Single European Sky ATM Research) 프로젝트를 진행 중이며, 비행 시간 8~14분, 연료 300~500kg, CO2 배출량 948~1,576kg 감소가 기대되고, 이를 위해 2024년까지 총 37억 유로의 투자가 요구됨 (<http://www.sesarju.eu/>)
 - 미국은 위성 기반 차세대 항공 운송 시스템(NextGen)으로의 전환과 이를 기반으로 한 아시아/태평양 지역 항공 네비게이션 서비스 업그레이드를 통해, 자국 항공산업의 GDP 기여도가 2010년 4,700억 달러 수준에서 2030년 2조 3,576억 달러 수준으로 증가할 것으로 예상(<http://www.faa.gov/nextgen/>)
 - ICAO는 GANP(Global Air Navigation Plan)의 업데이트를 통해 SESAR, NextGen 등 항공 항법 현대화 프로그램의 글로벌 상호 운용성과 조화를 지원함

□ IATA의 항공산업 현황 분석

- 2020년 세계 GDP의 1%가 항공 운송에 지출되어 총 9,900억 달러에 이를 것으로 전망하였고, 여객 수요의 성장은 2019년 평균에 가까운 안정세를 유지하고, 세계 무역의 반등에 따른 화물 수요의 소폭 증가를 예상하였음(IATA Economic Performance, 2019)
 - 항공운송 평균 운임(할증료 및 세금 제외)은 293달러로 예상되며, 이는 1998년보다 64% 낮은 수준임

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 43. 국제 항공산업 규모 현황 및 전망

| Worldwide airline industry | 2018 | 2019E | 2020F |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
| Spend on air transport*, \$billion | 845 | 873 | 908 |
| % change over year | 7.5% | 3.3% | 4.0% |
| % global GDP | 1.0% | 1.0% | 1.0% |
| Return fare, \$/pax. (2018\$) | 327 | 307 | 293 |
| Compared to 1998 | -60% | -62% | -64% |
| Freight rate, \$/kg (2018\$) | 1.92 | 1.77 | 1.66 |
| Compared to 1998 | -61% | -64% | -66% |
| Passenger departures, million | 4,378 | 4,540 | 4,723 |
| % change over year | 6.9% | 3.7% | 4.0% |
| RPKs, billion | 8330 | 8680 | 9038 |
| % change over year | 7.4% | 4.2% | 4.1% |
| FTKs, million | 262 | 254 | 259 |
| % change over year | 3.4% | -3.3% | 2.0% |
| World GDP growth, % | 3.1% | 2.5% | 2.7% |
| World trade growth, % | 3.7% | 0.9% | 3.3% |

(출처 : IATA Economic Performance, 2019)

- 2018년 전 세계 항공 화물운송에 대한 수요는 전년 대비 3.4% 증가하였고, 수용 용량은 5.4% 증가하였음

표 44. 세계 지역별 항공운송 화물 시장 비교

| Region | Market share | Demand | Capacity |
|---------------|--------------|--------|----------|
| Total Market | 100% | ↑ 3.4% | ↑ 5.4% |
| Africa | 1.7% | ↓ 1.3% | ↑ 1.0% |
| Asia-Pacific | 35.4% | ↑ 1.7% | ↑ 5.0% |
| Europe | 23.3% | ↑ 3.2% | ↑ 4.3% |
| Latin America | 2.6% | ↑ 5.8% | ↑ 3.4% |
| Middle East | 13.3% | ↑ 3.9% | ↑ 6.2% |
| North America | 23.7% | ↑ 6.8% | ↑ 6.8% |

(출처 : IATA Annual Review, 2019)

- 항공산업의 고용은 계속 늘어나고 일자리 수는 300만 개에 이를 것이며, 직원 한

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

명당 총부가가치(GVA)는 102,900달러 이상일 것으로 전망(IATA Economic Performance of the Airline Industry Report, 2019)

- 세계 여러 정부는 2020년 1,360억 달러 세수입을 항공산업에서 거두고, 7,200만 개 이상의 일자리가 공급될 것으로 전망(IATA Economic Performance of the Airline Industry Report, 2019)
- 2020년 국내 항공사와 공항 운영사, 공항 내 업체(식당, 소매점), 항공기 제조사, 항공교통관제 유관업체(ANSP) 등의 국내 고용 직원 수는 158,000명에 달하고, 항공운송 부문의 국내 재화 및 서비스 구매 관련 파생 일자리, 항공편을 통한 관광객 유치 등을 통한 지역경제 활성화 등 총 838,000개 직/간접 일자리 효과 예상됨(IATA Value of Aviation, 2019)

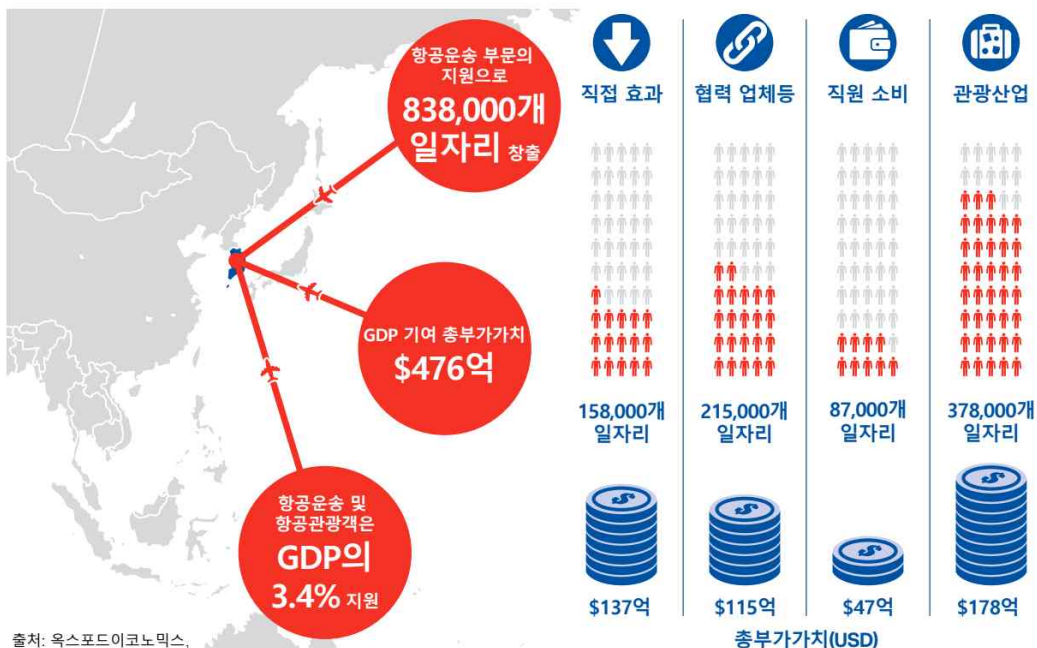


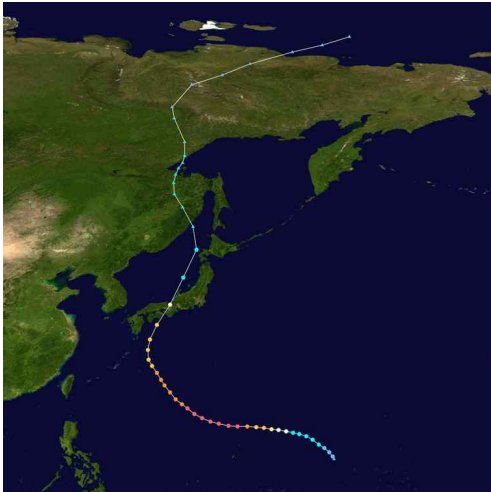
그림 136. 항공산업 국내경제 효과,
(출처 : IATA Value of Aviation, 2019)

- 전 세계 200개 이상의 공항에서 슬롯 용량이 항공 수요를 충족하지 못하고 있으며, 향후 수십 년 동안 지속적으로 증가할 것으로 전망
 - ACI(Airports Council International), WWACG(Worldwide Airport Coordinators Association) 등 항공 관련 국제기구들과 함께 WSG(Worldwide Slots Guidelines)에 대한 포괄적인 전략적 검토를 진행하고 있으며, 슬롯 반환 기한의 조정과 그에 따른 이점에 대한 평가를 위한 시험이 시작되었음
 - WSG에 대한 추가 개선은 2019년에 이루어질 예정이며, 슬롯 성능 모니터링

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

및 공항 용량 선언에 대한 섹션이 포함될 것임

- 향후 20년 동안 두 배로 증가하는 항공 여객 수요와 제한된 공항 인프라의 효율적 활용을 위해, 항공권 예약에서부터 비행, 수하물 반환에 이르기까지의 여행 경험 개선을 위한 항공사의 개인화 서비스 향상과 공항 프로세스 자동화 등이 이루어지고 있음
- 2020년 보잉 737 MAX의 서비스 복귀를 포함하여 2,206 대의 신규 항공기가 인도될 예정임(IATA Economic Performance, 2019)
- 태풍, 허리케인 등 기상과 관련된 손실은 지속적으로 발생하고 있음
 - 2018년 Category 5급 태풍 제비와 망콧으로 인해 전 세계 항공 여객 수요의 0.5% 감소와 6천~1억 달러의 손실이 발생한 것으로 분석(IATA Annual Review, 2019)



<2018년 제21호 태풍 제비의 이동 경로>



<2018년 제22호 태풍 망콧의 이동 경로>

그림 137. 2018년 태풍 제21호와 제22호의 이동 경로

□ 글로벌 항공기 도입 전망

- 2038년까지 약 44,000대의 신규 항공기가 도입될 것으로 예상되며, 향후 20년 동안 19,210대의 항공기는 기존의 항공기를 대체, 24,830대의 항공기는 순증가, 6,620대의 항공기는 유지될 전망(Commercial Market Outlook 2019-2038, 보잉)
 - 향후 20년 동안 상업항공시장의 수요는 두 배 이상 증가할 전망으로, 이러한 수요에 부응하기 위해서는 2038년까지 항공기 44,000대(약 6조 달러) 이상이 새로 인도되어야 함
 - 저비용항공사(LCC)의 성장에 힘입어 전체 항공기 수요 중 협폭동체(Single-aisle) 항공기가 70%(32,400 대)를 차지하고, 광폭동체

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

(Wide-body) 항공기는 9,000 대 이상이 인도될 전망

- 지역별로는 아시아 지역 항공사들이 항공기 신규 수요 중 약 40%를, 북미와 유럽 항공사들이 약 40%를, 그 외 중동, 라틴아메리카, CIS, 아프리카 지역 항공사들이 나머지 20%를 차지할 전망

□ 국내 항공시장 동향

- 항공분야 주요 지표에 따르면 2018년 기준 세계에서 우리나라 항공운송 산업은 국내/국제선 합계 기준으로 여객 13위, 화물 5위, 종합 6위, 국제선 기준으로 여객 18위(대한항공), 화물 5위(대한항공)의 산업 규모를 지님(항공통계, 2020, 항공협회)
- 2019년 우리나라 항공여객 수요는 일본, 홍콩 노선 등의 부진에도 불구하고, 중국과 아시아 항공노선의 다변화와 내·외국인의 항공여행 수요 등의 영향으로 역대 최고치(1억2천3백만 명)를 경신함(항공시장동향, 2019)
 - 국토부는 전략적 항공회담 등을 통한 글로벌 네트워크 확대 및 새로운 시장 개척, 외국인 관광객(인바운드) 신규 수요 유치 등을 통해 항공산업의 지속성장을 적극 지원할 예정

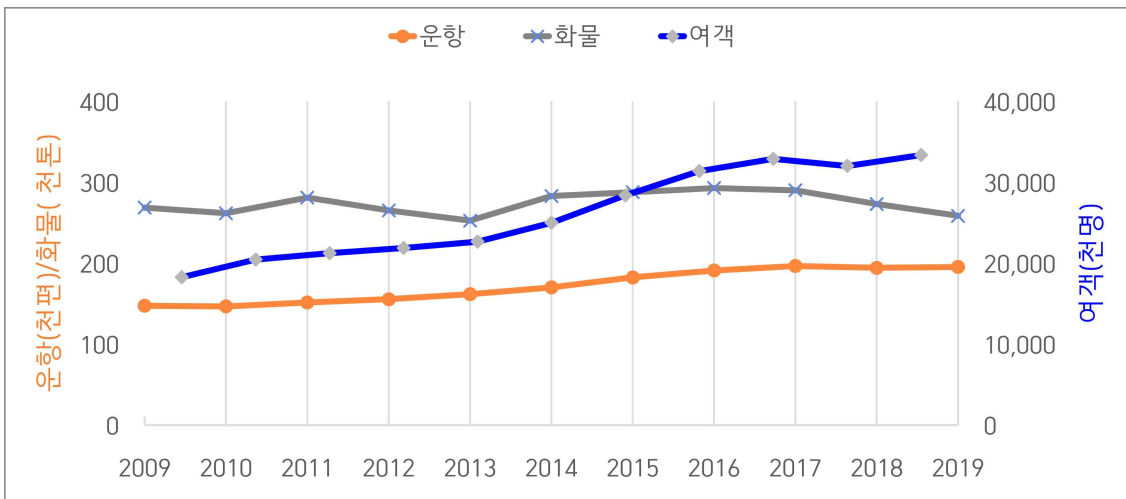


그림 138. 국내선 항공 운송 수요 현황
(출처 : 항공통계, 항공협회)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

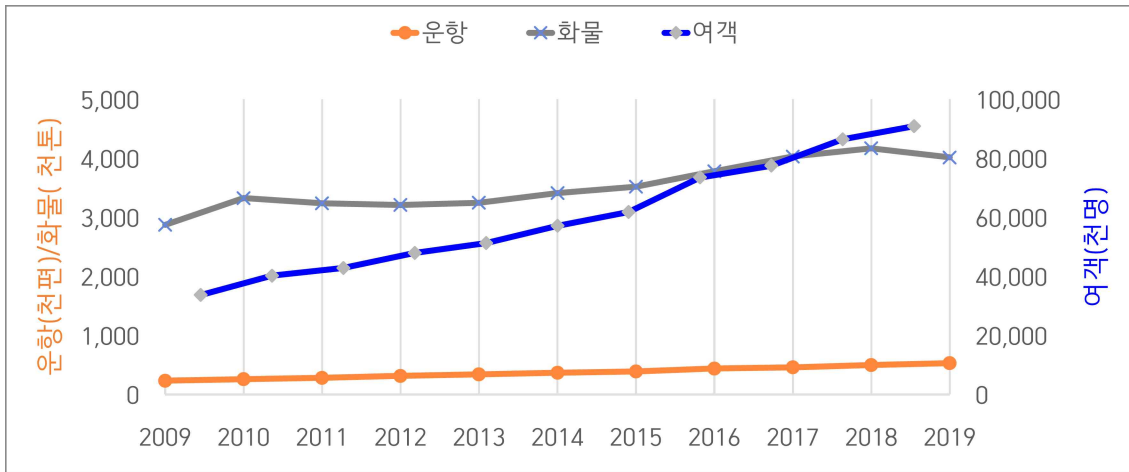


그림 139. 국제선 항공 운송 수요 현황
(출처 : 항공통계, 항공협회)

- 2019년 우리나라 항공여객은 전년 대비 5% 증가하였고, 화물 수요는 미중 무역 분쟁 및 일본 수출 제한 조치 등으로 인해 전년 대비 3.8% 감소하였음(항공시장동향, 2019)
- 중국 및 아시아 노선 여객 증가에 따라 인천, 제주, 무안, 청주 공항이 성장세를 보였음

표 45. 국내 공항별 여객 실적(2017~2019)

(단위: 명, %)

| 구분 | 인천 | 김해 | 김포 | 제주 | 대구 | 무안 | 청주 | 양양 | 울산 |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|--------|-----|
| 2017년 | 61,096,753 | 8,733,095 | 4,011,833 | 1,268,195 | 1,488,563 | 156,379 | 184,916 | 15,757 | - |
| 2018년 | 67,267,791 | 9,790,009 | 4,270,350 | 1,885,129 | 2,033,825 | 324,528 | 316,174 | 37,482 | - |
| 2019년 | 70,188,904 | 9,524,342 | 4,253,200 | 2,652,151 | 2,559,040 | 682,243 | 492,954 | 32,242 | 564 |
| '19/'18대비 | 4.3 | -2.7 | -0.4 | 40.7 | 25.8 | 110.2 | 55.9 | -14 | 순증 |

(출처 : 항공시장동향, 2019)

- 대형 항공사의 국제여객 증가율이 0.2%인 반면, 저비용 항공사의 여객 운송량은 여객편 공급 확대와 해외 노선 다변화에 따른 수요 증가로 전년 대비 6.3% 증가하였음

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 46. 국제선 항공사별 여객 실적 변화(2018-2019)

(단위: 명, %)

| 구분 | 공급석 | | | 국제선 여객 | | | 탑승률 | | | |
|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------|------|--------|------|
| | '18년 | '19년 | 증감률 | '18년 | '19년 | 증감률 | '18년 | '19년 | 증감(%p) | |
| 대형 국적사 | 대한항공 | 25,236,748 | 24,911,433 | -1.3 | 20,052,121 | 20,053,621 | 0.01 | 79.5 | 80.5 | 1.0 |
| | 아시아나항공 | 16,199,364 | 16,613,656 | 2.6 | 13,726,644 | 13,797,620 | 0.5 | 84.7 | 83 | -1.7 |
| | 소계 | 41,436,112 | 41,525,089 | 0.2 | 33,778,765 | 33,851,241 | 0.2 | 81.5 | 81.5 | 0.0 |
| 저비용 항공사 | 에어부산 | 4,294,295 | 4,399,246 | 2.4 | 3,610,156 | 3,454,673 | -4.3 | 84.1 | 78.5 | -5.6 |
| | 에어서울 | 2,025,990 | 2,094,402 | 3.4 | 1,717,022 | 1,812,418 | 5.6 | 84.7 | 86.5 | 1.8 |
| | 이스타항공 | 3,469,569 | 3,857,115 | 11.2 | 2,870,742 | 3,015,609 | 5 | 82.7 | 78.2 | -4.5 |
| | 제주항공 | 8,260,632 | 9,978,444 | 20.8 | 7,284,521 | 8,365,020 | 14.8 | 88.2 | 83.8 | -4.4 |
| | 진에어 | 6,392,958 | 6,133,956 | -4.1 | 5,415,238 | 5,084,178 | -6.1 | 84.7 | 82.9 | -1.8 |
| | 티웨이항공 | 4,934,511 | 6,087,999 | 23.4 | 4,170,812 | 4,907,189 | 17.7 | 84.5 | 80.6 | -3.9 |
| | 플라이강원 | - | 2,232 | 순증 | - | 1,279 | 순증 | - | 57.3 | 57.3 |
| | 소계 | 29,377,955 | 32,553,394 | 10.8 | 25,068,491 | 26,640,366 | 6.3 | 85.3 | 81.8 | -3.5 |
| 국적사 계 | 70,814,067 | 74,078,483 | 4.6 | 58,847,256 | 60,491,607 | 2.8 | 83.1 | 81.7 | -1.4 | |
| 외항사 계 | 33,353,714 | 37,076,549 | 11.2 | 27,078,032 | 29,894,033 | 10.4 | 81.2 | 80.6 | -0.6 | |
| 총 계 | 104,167,781 | 111,155,032 | 6.7 | 85,925,288 | 90,385,640 | 5.2 | 82.5 | 81.3 | -1.2 | |

(출처 : 항공시장동향, 2019)

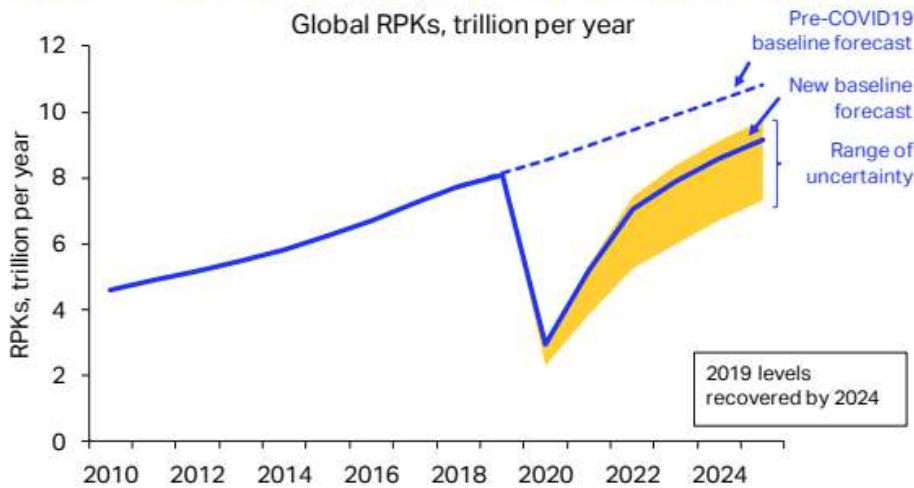
- 국내선 여객은 No-재팬 영향과 내·외국인의 국내 여행 수요 증가에 힘입어 전년 대비 4.4%(내륙 6.2%, 제주 4.1%) 증가하였음
- 2019년 우리나라 항공기 등록 현황은 853기(국내/국제 운송용 412, 소형 15, 소방/산림 81 포함)로서, 2009년(477기) 대비 2배 가까이 증가하였음(항공통계, 항공협회)

3. 항공산업 주요 이슈

□ COVID-19

- 2020년 전 세계 민간항공업계 매출은 전년(8,390억 달러)의 절반 수준인 4,190억 달러로, 약 843억 달러(약 100조원)의 손실이 예상되고, 2021년에는 5,980억 달러 매출에 160억 달러의 손실로 2014년 수준으로 되돌아갈 것으로 전망(IATA Economics, 2020)
- RPK는 2019년에 비해 2020년에 60% 이상 감소할 것으로 예상하며, 2024년까지 코로나19 이전 수준으로 복귀하기 어려울 것으로 예상
- 올해 항공 수요가 RPK 기준 작년 8조 RPK의 약 50% 수준에 그치며, 2021년은 약 75%, 2022년쯤 약 90% 수준으로 회복될 것으로 전망(코로나19 이전 예측(2019.12) 올해 RPK 성장률 +4.1%)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점



Source: IATA/ Tourism Economics Air Passenger Forecasts

그림 140. 코로나19 영향에 따른 세계 항공여객 수요 전망 변화
(출처 : IATA Economics, 2020)

- 항공 여행 시장의 약 40%를 차지하는 미국과 신흥경제국 등의 국경폐쇄와 출장 감소 등이 장기화되면서 항공산업 회복에 대한 전망이 점점 더 부정적으로 변화
- 코로나19로 인한 각국의 여행 제한 조치가 완화되면서 최저치에서 회복되어가는 양상이고, 화물의 경우 개인 보호 장비 및 기타 중요 선적에 대한 수요에 따라 여객 수요의 것보다는 감소 폭이 낮은 것을 볼 수 있음
- 국내/국제 여객 수요가 큰 폭으로 감소하였으며, 2020년 상반기 수송 여객 수 감소분이 2019년 동안의 대한항공 여객 수송량(2,735만 명) 보다 큼

표 47. 코로나19 관련 우리나라 항공운송 시장 변화

(단위: 명, 톤, %)

| 구분 | 2020년 6월 | | 2020년 1~6월(누적) | | |
|----|----------|-----------|----------------|------------|-------|
| | 실적 | 증감률 | 실적 | 증감률 | |
| 여객 | 국 내 | 2,161,147 | -23.2 | 10,615,660 | -33.6 |
| | 국 제 | 182,053 | -97.6 | 12,968,784 | -71.5 |
| | 계 | 2,343,200 | -77.8 | 23,584,444 | -61.7 |
| 화물 | 국 내 | 12,998 | -34.5 | 83,509 | -34.3 |
| | 국 제 | 219,341 | -33.5 | 1,526,886 | -22.2 |
| | 계 | 232,339 | -33.6 | 1,610,396 | -23.0 |

(출처 : 항공통계, 2020. 6월)

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

표 48. 코로나19 관련 항공사별 국내선 여객 실적 변화

(단위: 석, 명, %)

| 구 분 | | 공급석 | | | 국내여객 | | | 탑승률 | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|---------|----------|
| | | '19. 6월 | '20. 6월 | 증감률 | '19. 6월 | '20. 6월 | 증감률 | '19. 6월 | '20. 6월 | 증감률 (%p) |
| 대형 항공사 | 대한항공 | 800,934 | 437,180 | -45.4 | 679,355 | 313,518 | -53.9 | 84.8 | 71.7 | -13.1 |
| | 아시아나항공 | 615,231 | 520,139 | -15.5 | 545,286 | 381,268 | -30.1 | 88.6 | 73.3 | -15.3 |
| | 소계 | 1,416,165 | 957,319 | -32.4 | 1,224,641 | 694,786 | -43.3 | 86.5 | 72.6 | -13.9 |
| 저비용 항공사 | 에어부산 | 427,540 | 442,445 | 3.5 | 363,864 | 344,477 | -5.3 | 85.1 | 77.9 | -7.2 |
| | 에어서울 | - | 81,700 | 순증 | - | 75,068 | 순증 | 0.0 | 91.9 | 91.9 |
| | 이스타항공 | 282,024 | - | -100.0 | 259,038 | - | -100.0 | 91.8 | 0.0 | -91.8 |
| | 제주항공 | 442,638 | 457,380 | 3.3 | 412,753 | 388,775 | -5.8 | 93.2 | 85.0 | -8.2 |
| | 진에어 | 333,243 | 363,567 | 9.1 | 303,174 | 287,244 | -5.3 | 91.0 | 79.0 | -12.0 |
| | 티웨이항공 | 268,758 | 444,150 | 65.3 | 251,053 | 354,042 | 41.0 | 93.4 | 79.7 | -13.7 |
| | 플라이강원 | - | 26,784 | 순증 | - | 16,755 | 순증 | 0.0 | 62.6 | 62.6 |
| | 소계 | 1,754,203 | 1,816,026 | 3.5 | 1,589,882 | 1,466,361 | -7.8 | 90.6 | 80.7 | -9.9 |
| 총 계 | 3,170,368 | 2,773,345 | -12.5 | 2,814,523 | 2,161,147 | -23.2 | 88.8 | 77.9 | -10.9 | |

(출처 : 항공통계, 2020. 6월)

○ 전 세계적으로 코로나19 이전 규모의 해외 여행 개시에 대한 신중한 움직임에 따라 각 국가별로 내수 수요가 빠르게 반등할 것으로 전망(“POST-PANDEMIC GROWTH OPPORTUNITY ANALYSIS OF THE GLOBAL AIRPORT & AIRLINE INDUSTRY”, Frost&Sullivan, 2020)

- 코로나19로 인해 세계 각국의 공항 확장 계획이 지연됨에 따라, 향후 증가하게 될 운송 수요에 대응하기 위해 궤적기반 항행과 같은 효율적인 항공교통 관리와 항공기 운항 기술의 적용이 핵심이 될 것임

□ 국제항공 온실가스 감축·관리체계(CORSIA) 적용

○ CORSIA 등 환경 관련 규제의 적용 등 항공산업의 추가적인 비용 발생 요인에 대한 대응방안이 요구됨

- 우리나라도 2021년부터 CORSIA 계획에 참여하게 될 예정이며, 국제항공운송에 대한 탄소 배출권 구매 비용이 발생할 수 있음

○ 코로나19 발생으로 인한 항공산업의 피해가 심각하며 회복의 시점도 예측되지 못하고 있는 상황에서, CORSIA 시행으로 인해 항공사들의 어려움이 가중될 수 있으므로, 항공산업의 경쟁력 저하를 방지하기 위한 지원 방안이 요구됨

- 악천후에 대응한 긴급한 비행 전환 및 장시간 착륙 대기 상황을 줄여 연료 소비와 탄소 배출량 감소 방안 필요
 - ※ 비행 경로의 조정이 조기에 이루어지지 않는다면 상당한 시간 동안의 선회 또는 회항으로 인해 항공 교통에 심각한 영향이 초래될 수 있으며, 연료 소비와 이산화탄소 배출이 증가하여 결과적으로 항공사 비용이 증가하게 됨
 - ※ 기존 공항 예보의 범위에 포함되지 않는 더 넓은 영역 (일반적으로 최대 수백 킬로미터)에 대한 예보가 필요함

4. 항공분야 R&D 사업 현황

□ 국토교통부 R&D 사업 개요

- 국토교통부는 건설기술분야 22개 사업, 교통기술분야 23개 사업 및 기반구축분야 8개 사업 등 추진 중이며 부처의 연구개발 예산은 2020년 5,247억원으로 전체 정부연구개발 예산의 약 2.17% 수준(상위 9위)
 - ※ 2020년도 정부연구개발 예산 총 242,195억 원
(출처 : ‘2020년도 정부연구개발예산 현황분석’, KISTEP)
- 교통기술 분야 23개 사업 중 ‘항공안전 기술개발’ 등 총 7개 사업에 대하여 항공 관련 연구개발 사업으로 현황 분석하고자 함

□ 항공 관련 연구개발 사업 개요

- 항공안전 기술개발
 - 공항안전 : 여객 및 공항의 안전 향상을 위해 고정형/이동형 활주로 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발(2015~2021)
 - 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) : 항공분야 GPS 정밀도 가용성/신뢰도 향상 및 안전성 제고를 위한 위성기반 위치보정시스템 개발(2014~2022)
- 빅데이터 기반 항공안전관리 보안인증 기술개발
 - 항공보안인증 : 항공 보안검색장비의 국내 독자 시험인증을 위한 인증 기술개발 및 시설/장비기반 구축(2019~2023)
 - 항공안전관리 : 민/관에 산재된 항공안전데이터의 통합 활용 및 분석을 통해 정량적이고 예측적인 “예방형 안전관리” 핵심기술 및 데이터 활용 플랫폼 개발(2020~2023)
- 무인비행체 안전지원 기술개발

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 무인항공기 안전운항기술 : 국내외 무인기 수요증가 대응 및 민간 무인기이용 물류 운송 등의 신사업 활성화를 위한 무인항공기 안전운항 인프라 구축 및 시범운용(2015~2021)
- 저고도 무인비행장치 교통관리체계 : 저고도 무인비행장치의 안전성 증대 및 교통관리 체계 마련을 위한 비행경로/교통관리기술개발(2017~2022)

○ 자율비행 개인항공기 인증 및 운용기술개발

- 자율비행 개인항공기 : 미래형 자율비행 개인항공기의 인증체계 개발 및 시범인증, 운항체계 개발, 시험운용 등 운용을 위해 필수적인 운항 및 인증체계 구축(2019~2023)

○ 소형무인비행기 인증기술개발

- 무인화 유인기 : 국내에서 개발되어 인증을 획득한 유인 고정익 항공기의 무인화를 위한 인증체계 개발 및 항공기와 지상통제장비의 인증절차 수행을 통하여 무인기 안전성 인증체계 구축(2019~2023)

○ 민수 헬기 인증기술개발

- 민수헬기제작 인증 : 소형민수헬기의 안전성 확보를 위한 국가적 인증체계구축, 유럽과 우리나라 간 항공안전협정 체결을 위한 헬기 구성품 시범인증 수행(2017~2021)

○ 공공혁신 조달연계 무인이동체 및 SW플랫폼 기술개발(2019~2023)

- (스마트드론 하천관리) 하천관리에 특화된 드론시스템을 활용한 하천지형 모니터링, 하상/하안/수위 변동 분석 및 하천 물리량 실시간 분석/예측 기술개발
- (스마트드론 철도시설관리) 철도시설물 상태진단에 특화된 무인이동체 및 탑재체 개발, 점검결과 분석SW개발 및 상태진단시스템 성능검증

□ 항공 관련 사업 예산 연도별 현황(2010년부터 현재까지)

- 항공안전 분야 사업으로 ‘항공안전 기술개발’과 ‘빅데이터 기반 항공안전관리 보안·인증 기술개발’ 등 총2개 사업이고, 이외 5개 사업이 소형 무인 비행체 사업 분야로 2017년부터 예산이 투입되고 있음
- 항공안전 기술개발

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부 R&D 총연구비 | 비율 |
|------|-----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩11,404,590,000 | ₩657,354,070,000 | 1.73% |
| 2019 | ₩29,972,670,000 | ₩590,227,150,000 | 5.08% |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | | | |
|------|-----------------|------------------|--------|
| 2018 | ₩37,134,040,000 | ₩607,540,990,000 | 6.11% |
| 2017 | ₩31,262,780,000 | ₩566,325,480,000 | 5.52% |
| 2016 | ₩51,606,490,000 | ₩545,180,640,000 | 9.47% |
| 2015 | ₩41,257,030,000 | ₩554,969,720,000 | 7.43% |
| 2014 | ₩41,983,630,000 | ₩535,078,540,000 | 7.85% |
| 2013 | ₩52,254,840,000 | ₩519,438,090,000 | 10.06% |
| 2012 | ₩54,481,240,000 | ₩530,924,690,000 | 10.26% |
| 2011 | ₩55,033,340,000 | ₩610,639,950,000 | 9.01% |
| 2010 | ₩47,904,080,000 | ₩554,475,390,000 | 8.64% |

○ 빅데이터 기반 항공안전관리 보안·인증 기술개발

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부R&D 연구비 | 비율 |
|------|----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩7,780,360,000 | ₩657,354,070,000 | 1.18% |
| 2019 | ₩960,000,000 | ₩590,227,150,000 | 0.16% |

○ 무인비행체 안전지원 기술개발

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부R&D 연구비 | 비율 |
|------|-----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩583,033,000 | ₩657,354,070,000 | 0.09% |
| 2019 | ₩8,589,000,000 | ₩590,227,150,000 | 1.46% |
| 2018 | ₩11,530,000,000 | ₩607,540,990,000 | 1.90% |
| 2017 | ₩5,495,000,000 | ₩566,325,480,000 | 0.97% |

○ 자율비행 개인항공기 인증 및 운용기술개발

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부R&D 연구비 | 비율 |
|------|----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩6,531,450,000 | ₩657,354,070,000 | 0.99% |
| 2019 | ₩2,195,100,000 | ₩590,227,150,000 | 0.37% |

○ 소형무인비행기 인증기술개발

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부R&D 연구비 | 비율 |
|------|-----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩11,550,240,000 | ₩657,354,070,000 | 1.76% |
| 2019 | ₩2,474,950,000 | ₩590,227,150,000 | 0.42% |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

○ 민수 헬기 인증기술개발

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부R&D 연구비 | 비율 |
|------|----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩4,381,000,000 | ₩657,354,070,000 | 0.67% |
| 2019 | ₩3,793,000,000 | ₩590,227,150,000 | 0.64% |
| 2018 | ₩3,826,000,000 | ₩607,540,990,000 | 0.63% |
| 2017 | ₩947,000,000 | ₩566,325,480,000 | 0.17% |

○ 공공혁신조달연계 무인이동체 및 SW플랫폼 기술개발(2019~2023)

| 연도 | 사업비(정부+민간) | 국토부R&D 연구비 | 비율 |
|------|-----------------|------------------|-------|
| 2020 | ₩15,454,060,000 | ₩657,354,070,000 | 2.35% |
| 2019 | ₩6,736,980,000 | ₩590,227,150,000 | 1.14% |

□ 항공 관련 사업별 예산 현황(2020년)

○ 항공 관련 7개 T&D 사업의 2020년 예산은 약 577억 원 규모(전체 국토교통부 R&D 예산 규모에서 약 8.8% 차지)

※ 국토교통부의 2020년 R&D 총예산은 건설기술 분야 22개 사업, 교통기술 분야 23개 사업 및 기반구축 분야 8개 사업에서 약 6,574억 원 규모

표 49. 항공 관련 사업별 2020년 예산 비교

| 사업명 | 예산(2020년) | 비율 |
|--------------------------|-----------------|-------|
| 항공안전기술개발 | ₩11,404,590,000 | 19.8% |
| 빅데이터 기반 항공안전관리 보안인증 기술개발 | ₩7,780,360,000 | 13.5% |
| 무인비행체안전지원기술개발 | ₩583,033,000 | 1.0% |
| 자율비행개인항공기인증및운용기술개발 | ₩6,531,450,000 | 11.3% |
| 소형무인비행기인증기술개발 | ₩11,550,240,000 | 20.0% |
| 민수헬기인증기술개발 | ₩4,381,000,000 | 7.6% |
| 공공혁신조달연계무인이동체 및SW플랫폼기술개발 | ₩15,454,060,000 | 26.8% |
| 계 | ₩57,684,733,000 | 100% |

(출처 : 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통 R&D 정보
(<https://www.kaia.re.kr/portal/contents.do?menuNo=200119>))

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 항공 관련 사업 예산 현황(2020년 기준)을 볼 때 항공안전 분야 33.3% 소형무인비행체 분야 66.7%로 최근 소형무인비행체 사업 분야에 예산 확대 추세
- 2020년에는 항공 안전과 효율 달성을 위해 항공 및 연관 데이터(기상자료 등 포함)를 활용 분석하고 플랫폼을 통해 검증하는 연구개발 사업인 ‘빅데이터 기반 항공안전관리 보안·인증 기술개발’ 추진

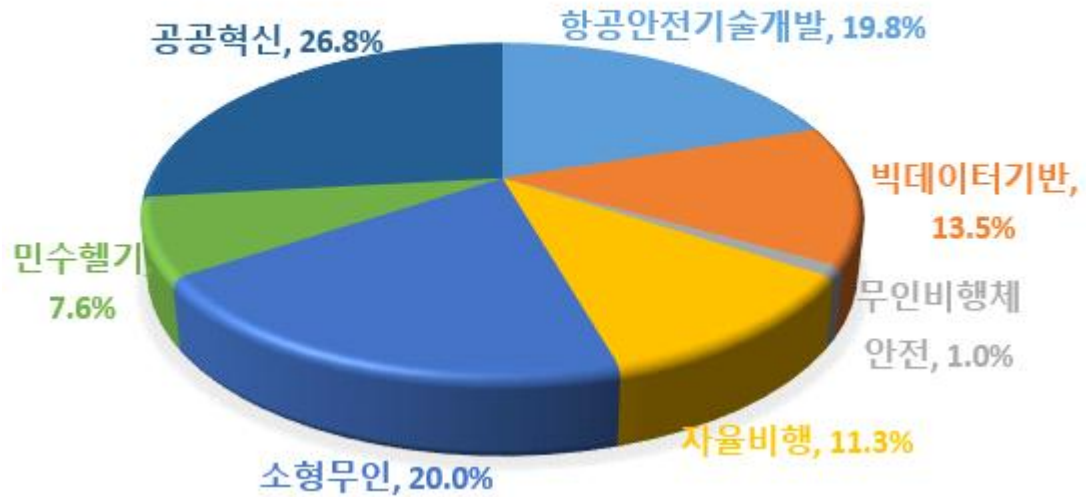


그림 141. 항공관련 사업별 예산 비중(2020년)

< 참고: 빅데이터 기반 항공안전관리 보안 인증 기술개발 주요 내용 >

- ◆ 빅데이터 기반 항공안전관리 기술 정의
 - 안전관리 및 사고예방에 있어 사고와 직접적으로 연관된 데이터와 더불어 항공시스템 전반에서 생성되는 다양한 데이터를 안전의 관점에서 분석하여 직접적 사고요인과 잠재적 위해요인을 발굴 관리함으로써 항공안전을 증진하는 기술임
- ◆ 기존 과제(시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발(2014~2020))와의 차이점
 - 기존 과제는 ICAO부속서에 규정된 항공업무의 승인/인허가 및 안전감독과 직접 관련이 있는 분야의 시스템 기반 항공안전감독 지원 기술개발임
 - 데이터 활용 범위에서 기존 과제는 정형화된 국가안전데이터와 안전감독 중 생산되는 민간안전데이터 일부를 활용하는 반면 본 과제는 국가 및 민간 안전관련 데이터 및 기상, 지형/지물/항공 교통 관련 데이터 등 직접적 안전데이터와 연관 데이터를 포함하여 확대
 - 또한 분석 기법에 있어서도 기존 기초통계를 포함하여 머신러닝기법을 활용한 분석 기법을 적용

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

◆ 과제 내용

- 연구목표: 정량적이고 예측적인 예방형 항공안전관리를 위한 항공안전 빅데이터 분석기술 및 플랫폼 개발
 - 세부과제 : ① 항공안전 빅데이터 분석기술 연구개발, ② 빅데이터 분석 플랫폼 구축 및 정책 수립
- ※ 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 기획 최종보고서(2018), 국토교통부 국토교통과학기술진흥원

< 참고: 항공분야 빅데이터의 정책적활용방안 연구(2014년), 한국교통연구원 >

◆ 연구 목적

- 항공분야 빅데이터의 잠재적 활용가능성을 타진하고, 빅데이터의 정책적 활용방안 제안

◆ 주요 내용

- 거시적인 관점에서 항공분야 빅데이터의 범위, 구분, 특성 및 가치 등 정의
- 항공분야와 타 분야의 빅데이터 활용사례 조사
- 빅데이터 활용의 제약 요건과 그 가능성 검토
- 항공분야 빅데이터의 인식도 및 제약요건 설문조사
- 항공분야에서 기 존재하고 향후 활용 가능한 빅데이터의 분석 가능성 타진
- 실제 항공분야 빅데이터분석 사례를 통한 분석방법론과 시각화 방안 제시

※ 항공기상 데이터 예시

| 구분 | 내용 |
|--------------|--|
| 데이터 수집 목적 | 항공안전에 기여하는 고품질의 항공기상정보 제공 |
| 연도 | 2005. 1 ~ 현재 |
| 데이터 수집 및 관리자 | 항공기상청 |
| 데이터 종류 | 정형/비정형 데이터 포함 |
| 데이터 구성 | 항공특보, 항공예보, 항공실황, 도시별 날씨, 일기도 영상, 공항기후통계, 행정, 민원, 항공항행, 민원, 항공항행 기상정보, 공항관제 기상정보 등 |
| 데이터 수집 경로 | 공항 내 관측장비를 통한 데이터 수집·축적 |

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

□ 항공기상 R&D와 관련된 국토교통부 항공교통시스템 구축 기본계획(NARAE)

- 우리나라는 ICAO GANP/ASBU를 반영하고, 글로벌 항공교통 환경변화 대응 및 국내 실정에 적합한 미래 항공교통시스템 구축 기본계획을 수립('16)하였고, 2~3년마다 업데이트를 추진 중
 - 항공교통시스템 구축 기본계획을 ‘날개’를 뜻하는 순 우리말 ‘나래(NARAE, National ANS Reformation And Enhancement)로 명명함
- NARAE 2.0은 공항운영 효율성, 수용능력 증대, 안전확보 등을 위해 6개의 전략과 39개의 세부과제로 구성됨
- 국토교통부 NARAE 관련 사업 중 항공기상 정보를 요구하는 과제는 ‘데이터 기반 항공교통관리’, ‘빅데이터 기반 항공안전관리 보안 인증’ 및 ‘활주로 항공난류 관리기술개발’ 등이 있음

표 50. 항공기상 정보를 요구하는 국토교통부 NARAE 사업

| 프로젝트 | 내용 | 주관기관 | 기간 | 예산 |
|-------------------------------------|---|----------------|----------------------|---------|
| 데이터 기반 항공교통관리 기술개발 | 국제민간항공기구 권고사항 이행 및 국내 항공교통 환경에 맞는 운영관리시스템 고도화를 위하여 데이터 기반의 성능평가, 수용량 예측, 흐름관리 핵심기술 개발 | 인천국제 공항공사 | 2021.04 ~2025.12 | 160.4억원 |
| 활주로 항공 난류 관리기술 개발 (기획연구) | 항공기 사고 예방과 활주로 이용 효율 향상을 위한 항공 난류 관리 및 항공기 분류 기준 최적화 기술 개발 사업 기획 | 한국산업 기술시험원 | 2021.04. ~2022.01 | 1억원 |
| 빅데이터 기반 항공안전기술 개발 및 플랫폼 구축 | (1세부) 빅데이터 분석 플랫폼 개발 및 운영방안 연구 (2세부) 항공안전 빅데이터 분석기술 개발 | (사)인천산학 융합원 | 2020.04 ~2023.12 | 163.1억원 |

- 데이터기반 항공교통관리 기술개발, (2021.04~2025.12)
 - 4D 레저기반 ATM 체계로 전환을 위해 항공교통 수용량 예측기술 개발 필요
 - 각 관제기관별 관제여건, 항공기 성능, 공항시설, 법적 제한요소, 기상 및 항공기 스케줄 등 동적요인을 고려한 항공기 운항 전체 경로에 대한 수용량 예측기술은 항공교통흐름관리 및 항공사의 비행 계획 수립을 위한 필수 요소기술로 국내 기술개발이 시급히 요구됨

- 기상정보의 고도화 필요
 - 항공교통흐름과 관제용량 예측에 가장 큰 영향요인이 기상이므로 기상예측 정보의 작성 및 항공기가 운항 중 파악한 기상데이터의 활용 등 기상정보의 고도화 필요
 - 기상에 대한 예측능력을 향상시킴으로써 운항 효율의 향상과 난기류 등에 대한 안전성 향상 가능
 - 이를 위해 운항중인 항공기로부터 상층의 위험기상 정보를 항공기에 장착된 ACARS 시스템 등을 통해 지상으로 전송하고 지상에서는 이를 다시 해당 경로 인근을 비행하는 항공기에 전달하여 해당 지역을 피해 비행할 수 있도록 정보공유 체계 구축
- 항공기상과 연관된 핵심기술 개발 제안
 - (수용량 예측 핵심기술 연구) 항공교통흐름관리 전술단계에서 적용 가능한 관제기관별 운용 수용량(Operational Capacity) 예측기술 개발
 - 기상변화, 공역사용 계획, 관제근무 인력 등 항공기 운항의 단기적 영향 변수 고려
 - (4D 궤적기반 ATFM 핵심기술 연구) 항공기 운항정보, 성능, 기상 등의 정보를 기반으로 한, 4D 항공기 궤적 및 항공 교통량 예측 기술 개발
- 항공기 정시성 분석 사례 중 지연 분석
 - 미국은 5가지 지연 원인(항공사, 도착, NAS, 보안, 기상) 중 기상으로 인한 지연을 다음과 같이 소개
 - ✓ 출발지, 항로 또는 도착지에서 예상되거나 나타나는 Extreme 또는 Sever 기상으로 인한 지연
- 항공교통 데이터 수집 및 공유 등을 위한 이해관계자간 협의체 운영 필요성 제시
 - 항공교통관리와 관련된 이해관계자는 항공당국(국토부 항공정책실), 항공교통관리기관(항공교통본부, 지방항공청, 공군), 항공기상청, 공항운영자, 항공사 등으로 이들 기관들은 각각 항공교통관련 데이터를 생산·관리
 - 이 기관들로부터 관련 데이터를 수집·공유하기 위해서는 다양한 이해관계를 해소하고 요구에 응하기 위한 협의, 조정 등의 기능 필요하고, 데이터 활용 범위의 확대를 통한 ATM 지원 강화를 위해서도 이해관계자 간 협의체 구성·운영 필요
- 비 R&D 중 실시간 공유 포털사이트 구축 제안
 - 비행계획, 항공교통흐름정보, 항공기 시간별 이동정보, 비행로 위험기상정보, 국외 항공교통정보 등의 실시간 공유 웹사이트 구축
 - 공유정보를 활용하여 항공사의 비행계획 수립·변경 및 운항관리에 적용하

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- 고, 정확한 항공기 출/도착 정보 제공하여 소비자 편의 제고
- 활주로 항공 난류 관리기술 개발기획 (2021.04~2022.01)
 - R&D 연구 배경
 - ICAO ASBU 이행과제 중 하나인 “Wake Turbulence Separation”에 대응하기 위한 실시간 활주로 항공난류 탐지시스템과 분석 기술을 개발
 - 이를 통해 활주로의 이착륙 항공기 처리량을 증대시키기 위한 시간 기반 분리 기술 및 항공관리시스템과의 연계를 위한 기술 로드맵 및 주요 연구 개발 과제 도출
 - 주요 연구 범위
 - (기획연구) 국내외의 정책·시장·기술 동향 분석, 연구개발과제 구성 및 추진전략 수립, 연구개발의 사전타당성 검토, 소요예산 산정, RFP 작성
 - (기술개발) ① 활주로 항공 난류 실시간 탐지 시스템 개발, ② 활주로 항공 난류 실시간 분석 기술 개발, ③ 항공관리시스템 통합 및 연계 시스템 개발, ④ 활주로 항공난류 분류 기준 제안, ⑤ 활주로 항공난류에 따른 시간기반 분리 기술 개발, ⑥ 항공종합관리체계 연계 방안 제시
 - 항공기상청에서 추진하는 이번 R&D 과제와는 크게 2가지 기술개발이 연관되어질 수 있음
 - 활주로 항공 난류 실시간 탐지 시스템 개발
 - 활주로 항공 난류 실시간 분석 기술 개발
 - 기대 효과
 - (항공 안전) 공항 비행기 및 이동체 감시체계 구축으로 항공사고로 인한 인명피해, 경제적 손실 감소 등 항공안전 개선
 - (경제성) 항공교통운영 개선을 위한 기반 마련으로 효율성 제고
 - ✓ 비행 지연율 감소 및 혼잡비용 감소
 - ✓ 소음과 배출 등 환경오염을 최소화시켜 비행당 연료 절감효과
 - 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축 (2020.04~2023.12)
 - R&D 연구 배경
 - 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축은 2개의 세부과제로 나누어짐
 - ① 1세부 : 빅데이터 분석 플랫폼 개발 및 운영방안 연구
 - ✓ 항공 데이터 관련 이해관계자(기관포함) 및 법/제도 내 요구사항 분석
 - ✓ 빅데이터 분석 플랫폼 운영체계 및 분석결과 공유/활용방안 마련
 - ✓ 빅데이터 분석 플랫폼 개발 및 구축
 - ② 2세부 : 항공안전 빅데이터 분석기술 개발

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

- ✓ 항공안전 데이터 처리 기술 개발
- ✓ 데이터 기반 실시간 예측적 위험 산정 알고리즘 개발
- 2021년 연구 주요 내용
 - 국내 항공보안장비 성능인증제의 정착을 위한 시험평가기술 개발 및 인프라 확보, 운영체계 개선 등 성능인증체계 구축 지속 지원
 - 국가 항공안전증진을 위한 데이터 기반 위험 산정 알고리즘 개발, 위해요인 분석 등 예방형 항공안전관리 체계 구축 지속 지원
- 항공기상청에서 추진하는 이번 R&D 과제 중 항공기상 데이터 플랫폼 개발과 연관됨
 - (항공안전관리) 민, 관에 산재된 항공안전데이터의 통합 활용 및 분석을 통해, 정량적이고 예측적인 '예방형 안전관리' 핵심기술 및 데이터 활용 플랫폼 개발
- R&D 연구 과제의 최종 목표
 - 정량적이고 예측적인 예방형 항공안전관리를 위한 항공안전 빅데이터 분석 기술 및 플랫폼 개발
 - ✓ 1단계 : 접근 및 활용 가능한 데이터 수집을 통한 대표적 국가 항공안전장애 시범분석
 - ✓ 2단계 : 항공사, 공항공사 등 복합 데이터 수집 및 활용을 통한 우리나라 항공시스템의 예측적 안전관리 연구성과 도출
 - 항공분야 가용 데이터 목록 및 구조, 호환성 등의 도출하여 데이터 전처리 기술 개발
 - ✓ 항공사고/준사고/안전장애 데이터와 공항운영/항적/기상 등의 운항관련 데이터를 융합하고 기계학습 및 AI 기법을 적용한 항공안전 위해요인 및 위험 분석
 - 데이터 처리/저장/관리와 빅데이터 분석 알고리즘을 적용한 실시간 위험 예측 및 감지하여 필요 데이터를 별도 저장/관리 및 분석하는 통합 플랫폼 개발
 - 항공안전 관련 데이터 공유/활용을 위한 기초자료, 매뉴얼 제시 및 이해관계자 의견을 수렴한 플랫폼 운영 지침 수립
 - 활용 가능 데이터 종류 및 범위 확대 고려 예측적 위험분석 기술 개발 및 플랫폼 확장 연구

□ 항공기상 R&D와 국토부 NARAE 과제 연계 검토

- ICAO ASBU 내 기상은 다른 분야 이행을 위한 중요 Enabler*로 국토교통부의 국가 ‘중장기 항공교통시스템 기본계획(NARAE)’의 성공적 이행을 위해 항공기상 R&D와 관련 분야와 연계는 필수적으로 고려되어야 함

* Enabler: 항공항행시스템의 성능 향상을 위해 설계된 변화를 위해 필요한 요소 (표준, 절차, 훈련, 기술 등)

- 항공안전데이터분석센터는 민간과 공공 빅데이터 기반으로 항공교통의 잠재적 위해요인 식별과 예측적 안전관리를 위한 체계로 '25년 정식운영을 목표로 준비 중이며, '24년 기상정보 수집 예정

표 51. 항공기상 R&D 산출물과 항공안전 빅데이터 플랫폼과의 연계

| 연도 | '20~'23 | '23년 | '24년 | '25년 |
|--------|--|--------------------|------------------------------------|----------|
| 내용 | 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축(R&D) | R&D 성과를 국토부로 이관 | 항공안전 빅데이터 플랫폼 구축 및 데이터 이관 | 플랫폼 정식운영 |
| (일반사업) | 통합항공안전데이터 수집·분석시스템 구축·운영('21~'25) | | | |

- 항공교통데이터센터는 항공교통 운영기관이 공동으로 데이터 저장·활용할 수 있는 플랫폼과 운영시스템 구축할 예정이며, 플랫폼, 공유 포털 및 시스템은 정보화 사업, 수용량 및 교통량 예측, 시뮬레이션 알고리즘 개발은 R&D로 추진 예정
- 항공기상 R&D의 산출물이 항공안전 및 교통데이터센터에 제공하기 위한 기상 정보의 형식, 내용 및 제공 시점 등에 대해서는 연구기관과 협의하여 구체적인 연계방안 마련이 필요
- NARAE 계획 내 항공기상 R&D 사업과 국토교통부 R&D 사업 간의 기술개발 연계와 기대효과는 다음과 같음
 - (항공교통관리 R&D) 공항·공역 수용량 예측 기술개발 시, 기상변화를 우선으로 고려해야 하므로 공항·공역에 대한 위험기상 확률예측정보 및 의사결정 지원정보 제공이 필요하며, 4D 궤적기반 항공교통관리를 위해 자동화된 4D 항공기상데이터 제공이 필요함
 - (항공안전관리 R&D) 신뢰성이 확보된 위험기상 및 기상 예보·예측 자료를 통해, 기상으로 인한 항공기 사고 발생률을 낮추고, 난류·윈드시어·적란운 등 항공기 운항에 위험을 가져오는 기상현상을 항공기 운항 계획에 사전에 반영하여 안전성 증대 가능

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

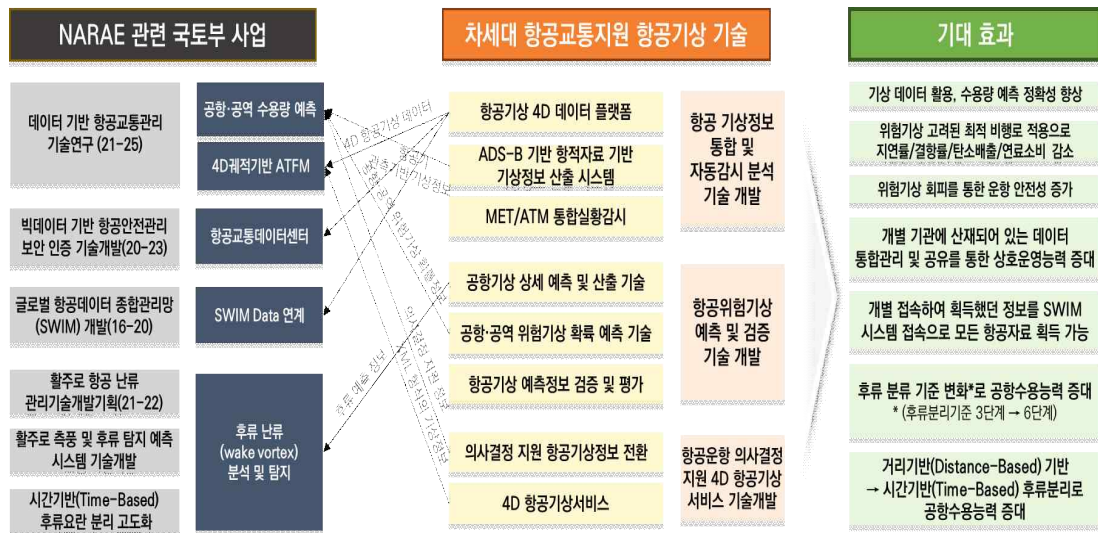


그림 142. 항공기상 R&D와 국토교통부 NARAE 관련 사업과의 연계성 및 기대효과

제 4 절 미래 항공기상서비스 대응을 위한 주요 시사점 도출/분석

- 미래 항공기상서비스 대응을 위한 시사점 도출 및 분석은 다음과 같은 절차로 수행함
 - ① 항공기상 관련 기술, 정책, 수요 측면의 주요 동향 및 경향을 종합분석하여 주요 시사점을 도출하고,
 - ② 주요 시사점에 대한 분석을 통해 향후 추진해야 하는 기술개발 분야와 정책 분야 후보를 도출하고 도출된 후보들 간의 연관 관계와 중요도를 분석함

1. 국내외 주요 기술·정책·수요 동향 기반 주요 시사점 도출

- 조사된 국내외 주요 기술·정책·수요 동향 기반으로 4개의 기술 분야와 정책 및 수요 분야에 대한 시사점은 다음과 같이 분석됨

| | 주요 동향 | 시사점 |
|----------|---|---|
| 관측 기술 분야 | 공간간적 고해상도 공항기상 예보를 위한 관측 공백 최소화, 위험 기상 관측 강화 등 공항중심 기상 관측망 확충 요구 | 1) 다양한 공항관측센서 데이터의 표준화 및 품질 관리 필요 2) CCTV를 이용한 시정 관측 자동화 등 관측 효율성 증대 필요 3) 윈드시어 탐지 장비 추가 설치, ITWS 도입 등 공항/공역 위험기상탐지 능력 고도화 필요 |
| | 캐나다에서는 항공기상 NOWCASTING 및 NWP 모델 검증과 기상 관측 장비의 성능평가 등에 지속적으로 활용하기 위해 수퍼사이트를 구축하여 활용 중 | 4) 국내 항공기상 관측능력 향상, 관측 장비 성능 평가, 초단기 항공기상 예보 정확도 개선 등을 위해 수퍼사이트 구축 추진 필요 |
| | 국제적으로 ADS-C, MODE-S, MODE-S MRAR 등 다양한 방식의 신규 항공기 기반 관측과 활용 방안에 대한 연구가 진행되고 있으나, 국내 확보 기술 수준은 AMDAR 활용 및 ADS-B 자료 수집 단계임 | 5) 다양한 방식의 항공기 기반 관측 기술의 도입 및 활용에 대한 검토 필요 6) 수집된 ADS-B 데이터 활용 방안에 대한 연구 필요 |
| | 전세계적으로 항공기 기반 관측 자료의 활용(수치 모델 입력 등)이 증가하는 추세이나, 국내의 경우 관련 연구 개발이 미비 ※ 국내의 경우, AMDAR 자료만 수치모델 입력 데이터로 활용, ADS-B는 수집 및 검증 단계에 머물러 있음 ※ 코로나로 항공기 기반 관측이 줄어들어 일기 예보에 미치는 영향이 유럽은 15% 이상인데 반해 우리나라는 5% 수준임 | 7) 항공기 기반 관측자료의 활용성 및 데이터 품질 제고 방안 모색 필요 |

그림 143. 관측 기술 분야 주요 동향 및 시사점

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | 주요 동향 | 시사점 |
|----------|---|--|
| 수치 모델 분야 | <p>미래 항공교통의 안전하고 효율적인 운항 관리를 위해 공항지역 예-특보 서비스의 시공간적 해상도 및 정확도 향상이 필수적</p> <p>※ 예: 미국 RAP/HRRR/LAMP, 프랑스 AROME Airport, 홍콩 AVM</p> | <p>8) 공항 특화 수치모델 시공간 고해상화 개발 추진 필요</p> <p>※ 예: 공간 해상도 < 0.5 km, 시간 해상도 < 5분</p> <p>9) 공항과 공항 인근 영역별 단계적 시공간 고해상화 개발 및 운용 추진 필요</p> <p>※ 예: 공간 해상도 600m (350km×350km), 200m (50km×50km)</p> |

그림 144. 수치 모델 분야 주요 동향 및 시사점

| | 주요 동향 | 시사점 |
|----------|---|--|
| 예측 기술 분야 | <p>양상불 기반 자료동화 및 수치모델 후처리 과정을 통해 항공기상 요소(난류, 저층 윈드시어, 고고도 착빙, 활주로 착빙, 운저 고도, 안개 발생, 소멸, 뇌우 발생 예측 등) 확률론적 예측 기술이 선진국을 중심으로 개발 진행</p> <p>※ 국내 LENS 3Km 해상도, 1일 2회로 제공 중</p> | <p>10) 양상불 기반 확률론적 예측 기술에 대한 국내 관련 기술개발 역량 향상이 필요</p> |
| | <p>수요자 중심의 최신 항공기상 정보 제공을 위해 인공지능을 적용한 예측 성능 향상 기술이 Google, IBM 등 선진 기관을 중심으로 개발 추진 중</p> | <p>11) 국내 항공기상 산업 생태계 조성 및 보호를 위해 신기술 기반의 시급한 항공기상 기술 개발 추진 필요</p> |

그림 145. 예측 기술 분야 주요 동향 및 시사점

| | 주요 동향 | 시사점 |
|-----------|--|--|
| 서비스 기술 분야 | <p>미국과 유럽은 NextGen, SESAR 등의 프로젝트에서 GANP 이행을 위한 4D Weather Data 플랫폼 및 서비스 기술 개발 진행</p> | <p>12) 국가별 GANP 이행(국토부 NARAE 실현) 등 공공 목적 활용을 위해 보다 정확한 항공기상 정보의 적시적 제공 기술 필요</p> <p>13) 4D 항공기상 정보의 통합 관리 및 미래 항공기상 서비스를 위해 4DWeatherCube like한 '한국형 4D 데이터베이스' 필요</p> |
| | <p>일본 CARATS에서 항공교통분야 동남아 지역 주도권 확보를 위한 서비스 기술 개발 진행</p> | <p>14) FIR 넘어 글로벌 한(공통적이고 조화롭고 일관된) 항공기상정보 제공 기술 필요</p> |
| | <p>선진국의 비행 전단계 항행 안전과 효율을 위한 수요자 친화형 서비스 개발 진행</p> | <p>15) 사용자 친화형 인터페이스 및 단말을 통한 4D 궤적 기반 항공기상정보 제공 서비스 기술 필요</p> |
| | <p>항공기상정보가 항공교통에 미치는 영향 기반 서비스로 확대되고 있으며, 이착륙 및 항로 의사결정 지원 확대 추세</p> <p>※ 예시: 미국 NextGen, 2-8 hours Predictive Products (수요자 시점 기준 5~15분 간격으로 8시간 예측정보 제공)</p> <p>※ 예시: 미국 NextGen, Translation Products (위험기상 발생 시 항공 경로 우회정보 제공)</p> | <p>16) 항공교통관리 기준에 맞는 항공기상 정보 산출 및 제공 기술 개발 필요</p> <p>17) 이착륙 및 항로 선택을 위한 의사결정 지원 기술 개발 필요</p> |
| | <p>저고도 항공기 특화용 틀을 통한 항공기상 요소별 고도별(1,000ft 간격으로 5,000ft까지) 정보 제공</p> <p>※ 예시: 미국 HEMS(Helicopter Emergency Medical Services)</p> | <p>18) 저고도 항공기의 운영 고도를 고려한 보다 상세하고 정확한 저고도 특화용 항공기상정보 제공 기술 필요</p> |
| | <p>현재 항공교통 이용자를 위하여 국내 출도착 정보에 따른 항공기상정보 제공</p> | <p>19) 해외 여행자 확대 추세를 고려하여 국내 및 국제 출·도착 정보에 따른 항공기상정보 제공 기술 필요</p> |

그림 146. 서비스 기술 분야 주요 동향 및 시사점

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

| | 주요 동향 | 시사점 |
|-------|--|--|
| 정책 분야 | ICAO, WMO를 중심으로 미래 항공 교통량의 증가에 따라 안전성 및 효율성 증대를 위해 비행 전단계 고해상도의 항공기상 정보 제공이 요구되고 있음 | 20) 고해상도 항공기상정보의 고속 생산 및 적시적 제공을 위한 항공기상 서비스 기술 역량 강화 정책이 필요 |
| | 미국 NextGen, 유럽 SESAR 프로젝트의 성공을 위해 항공교통과 항공기상을 융합하여 이착륙 및 항로결정 의사결정 지원 등의 항공기상 R&D(예: NextGen Weather, SESAR 4D Cube 등)가 활발히 진행되고 있으나, 국내 NARAE 계획에는 구체적인 항공기상 R&D 정책이 부재 | 21) 우리나라 NARAE 계획 성공을 위한 구체적인 항공기상지원 R&D 실천 계획(정책) 수립 시급 ※ 항공기상과 ATM의 통합으로 항공교통 의사결정 지원을 위한 국토부와 협조 체계를 구축하고, 상호 긴밀히 협력하여 R&D를 수행할 수 있는 정책 기반 마련 필요 |
| | 일본 CARATS는 아시아에서의 항공교통 주도권 확보를 위해 항공기상 R&D를 다방면에 걸쳐 수행하고 있음 | 22) 국가(FIR)에서 지역/글로벌로 변화하는 항공기상 서비스 운영주체 변화 환경에 대비한 글로벌 네트워크 확대 정책 수립 및 추진 필요 |

그림 147. 정책 분야 주요 동향 및 시사점

| | 주요 동향 | 시사점 |
|------------|---|--|
| 항공교통 수요 분야 | 미래 항공 교통량 증가에 따라 공항/공역 용량(슬롯, 항로 등) 확대가 수반되어야 하며, 이를 위해 항공기상정보의 중요성이 더욱 커질 것으로 예상 | 23) 미래 항공교통 발전 방향을 고려한 항공기상 정보 생성 및 제공 기술 필요 |
| | COVID-19로 항공산업 시장은 잠시 침체 국면에 있으나, 양적/질적으로도 지속 성장 전망 | 24) 5년 후, COVID-19 이전 규모로 회복되고 이후 급속한 성장 전망에 따른 대응 필요 ※ COVID-19로 재산성이 악화된 항공산업 시장과 항공교통 인프라 신설 계획 등을 고려하면, 항공기상정보의 중요성이 더욱 강조되는 추세 |
| | 국내 항공 관련 부처(국토교통부)의 사업은 주로 항공교통 자체에 포진되어 있고, 항공기상 지원 관련 내용은 부족 | 25) NARAE 주무부처인 국토교통부와의 협력을 통해 ATM 항공기상 지원 기술 개발 및 기상청 주관의 항공기상 서비스 기술 R&D 확대 필요 |

그림 148. 항공교통 수요 분야 주요 동향 및 시사점

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

2. 주요 시사점 분석

□ 기술 분야 주요 시사점 기반 기술개발 추진 후보 분야 도출

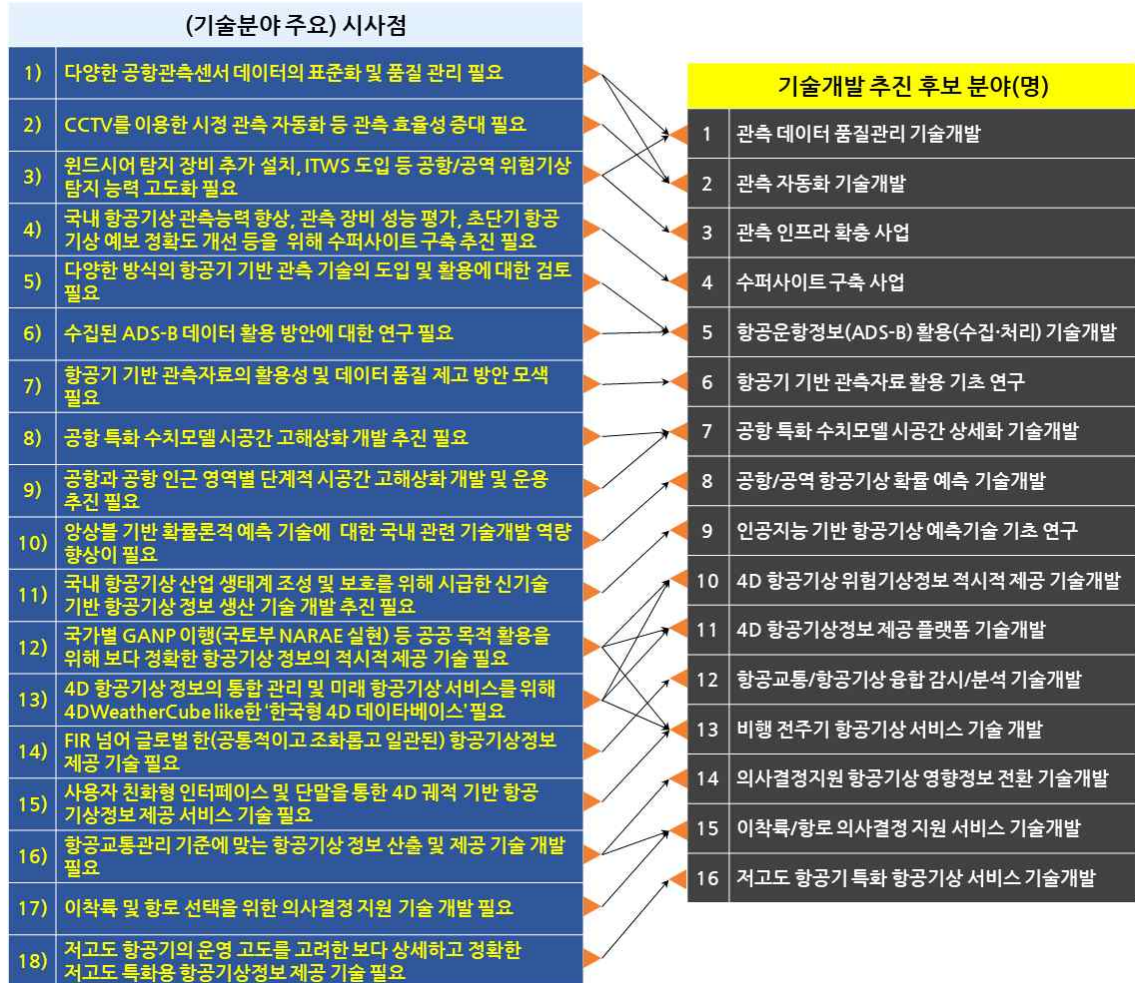


그림 149. 기술 분야 주요 시사점 기반 기술개발 추진 후보 분야 도출

제 2 장. 국내외 항공기상서비스 기술개발 현황 및 시사점

□ 정책 및 수요 분야 주요 시사점 기반 정책 추진 방향 도출

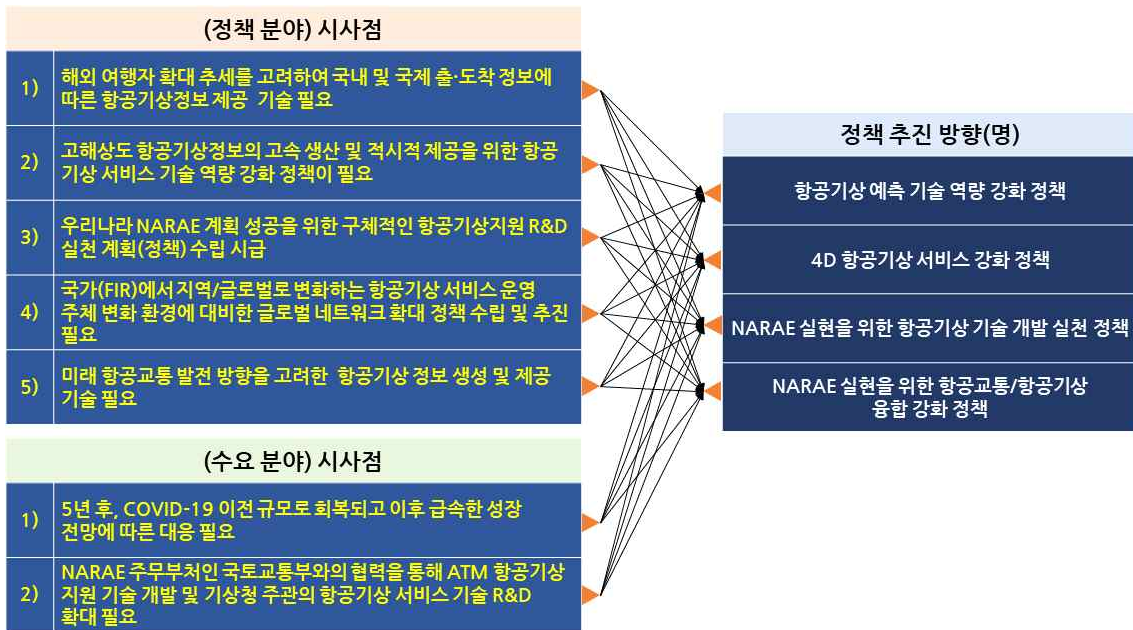


그림 150. 정책 및 수요 분야 주요 시사점 기반 정책 추진 방향 도출

□ 정책 추진 방향과 기술개발 추진 후보 분야 간 관계 분석

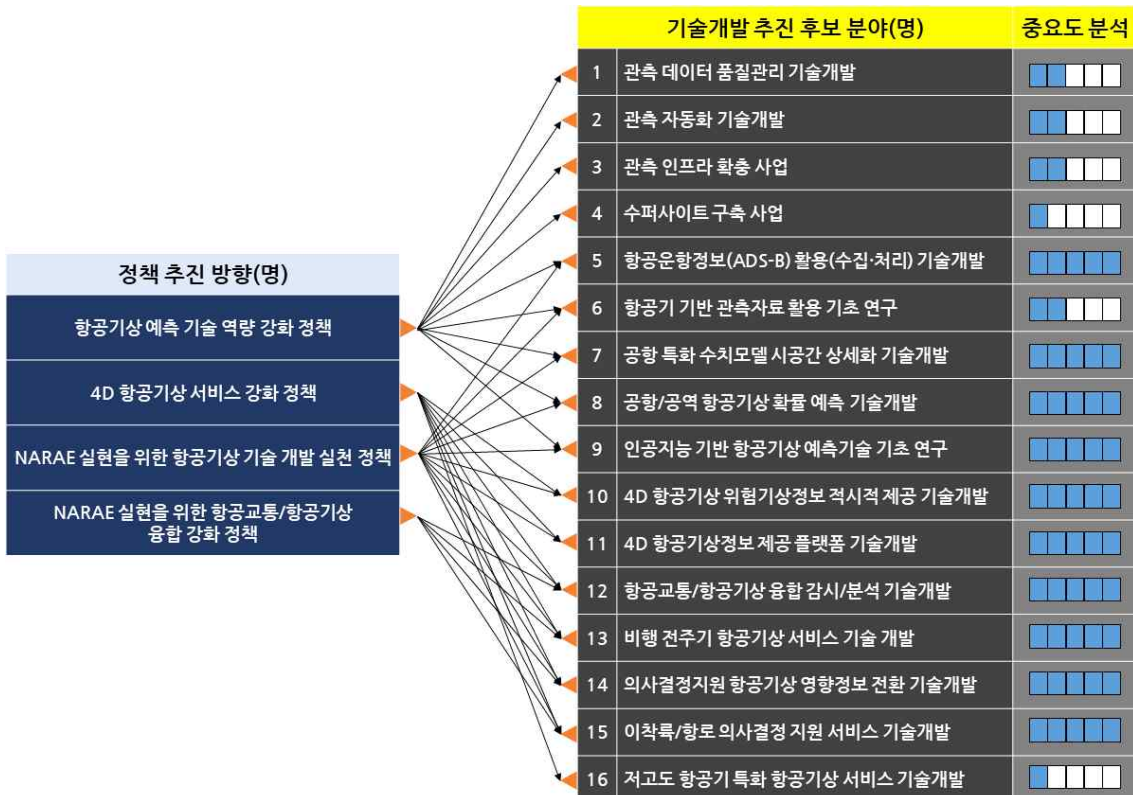


그림 151. 정책 추진 방향과 기술개발 추진 후보 분야 간 관계 분석

- (기술개발 추진 후보 중요도 분석) 도출된 정책 추진 방향과 관련성이 상대적으로 떨어지는 기술개발 추진 후보와 도출된 기술개발 추진 후보 중 이미 항공기상청의 계획이 수립되어 진행중인 사항은 기술개발 추진 후보 중요도를 낮게 평가하며, 도출된 정책 추진 방향과 관련성이 높고 국내외 항공기상 기술개발 관련 동향 측면에서 시급히 처리해야 하는 기술개발 추진 후보들은 중요도를 높게 평가함
- 관측 데이터 품질관리 기술과 관측 자동화 기술개발 분야는 2021년 항공기상청 추진사업으로 확정하여 진행중인 것으로 파악됨
 - 관측 인프라 확충 사업은 항공기상청의 계획하여 추진중인 사항임
 - 수퍼사이트 구축사업은 설치 지역, 투입 자원, 운영 관리 측면 등을 고려하여 시급성이 떨어지는 것으로 평가
 - 항공운항정보 활용 기술개발 분야는 항공기상청에서 2019년까지 ADS-B 자료 수집 시스템을 마련하였고, 수집된 원시자료에 대한 활용 부분은 현재 미진한 상태이며, 항공기상정보 생산 및 항공교통 현황 활용도 측면에서 매우 중요하여 높게 평가함
 - 항공기 기반 관측자료 기초연구는 이미 항공기상청에서 실행중인 것으로 파악됨
 - 수치모델 시공간 상세화 기술개발과 항공기상 확률 예측 기술개발 분야는 미래 항공기상 서비스를 위해 반드시 필요한 분야로 높게 평가함
 - 인공지능 기반 항공기상 예측기술 기초 연구 분야는 항공기상 선진국에서 이미 서비스 형태로 개발이 되어 있으며, 정확도 측면에서 성능 향상을 위해서는 장기적인 투자 형태로 집중해야 하는 분야로 파악되어 높게 평가함
 - 4D 항공기상 정보 제공 기술개발 분야, 항공교통/항공기상 융합 감시/분석 기술개발 분야, 비행 전주기 항공기상 서비스 기술 개발 분야, 의사결정지원 항공기상 영향정보 전화 기술개발 분야, 이착륙/항로 의사결정 지원 서비스 기술개발 분야는 미래 항공기상서비스의 근간으로 판단되는 기술분야로 높게 평가함
 - 저고도 항공기 특화 항공기상 서비스 기술개발 분야는 정책 추진 방향과 관련성이 상대적으로 떨어지고 항공기상청 별도 사업추진 예정으로 파악됨

제 3 장 국내 항공기상청 주요성과 및 수준 분석

- 본 장에서는 항공기상서비스 관련 책임 운영기관으로써 국내 항공기상청의 2019년까지의 주요성과, 국내외 항공교통 시장 동향과 항공기상청의 항공기상 서비스 기술 및 역할 측면에서의 수준을 분석함
- 이러한 분석을 통해 항공기상청이 추진할 향후 사업들에 대한 '추진 전략 방향 기준'을 도출함
- 본 절에 기술한 내용은 항공기상청에서 제공한 자료를 바탕으로 분석하여 기술됨

제 1 절 2019년 항공기상청 주요성과

- 2019년까지 항공기상청의 주요성과는 관측 및 관리 인프라 분야, 고품질 예보 서비스를 위한 예측 기술 분야, 수요자 중심 서비스 제공 분야에 대해서 다음과 같은 활동을 진행하였으며 앞으로도 지속해서 개선해가려는 것으로 조사됨
- 항공기상정보 품질 향상을 위한 인프라 확충 및 관리 체계화 분야
 - (성능 향상) 노후 장비 교체 및 성능 보장을 통한 위험기상 탐지 능력 강화
 - 김포공항 공항기상 관측장비(AMOS) 교체 및 적설관측 기능 강화(2.14.)
 - ※ ('18) 적설관을 이용한 목측 관측 → ('19) 레이저 적설계를 이용한 자동관측
 - 돌발 위험기상 탐지 강화를 위한 인천국제공항 윈드시어 경보장비 교체(12월)
 - ※ Master Station(H/W, S/W), Remote Station(센서부 등), 부대시설 교체 및 보강 등
 - 공항 운영범위 확장에 따른 신규 기상장비 설치(12월)
 - ※ 인천국제공항 제4활주로 건설에 따른 공항기상 관측장비(AMOS) 신규 구축
 - 위험기상 감시 CCTV 통합모니터링 시스템 구축을 통한 감시 강화(4.16.)
 - ※ ('18)인천·양양·여수공항 → ('19) 김포·제주·무안·울산공항 추가
 - 항공기상정보 서비스 안정적 무중단 제공을 위한 전산 인프라 교체(11월)
 - ※ 노후DB 서버 교체 및 웹서버 보강으로 서버 이중화 및 자료처리 속도 향상
 - ※ 메모리(16→512GB), 처리속도(1→16GB), 서비스 전환시간(:30→5분), 웹서버 메모리(24→64GB)
 - 관측장비 운영 전산실 및 공항기상관측장비(AMOS) 환경개선(12월)
 - ※ 노후케이블 및 통신환경 개선(울산, 여수), 구조물 도색(무안, 양양) 등
 - (관리개선) 효율적 관측망 운영, 관리체계 개선을 통한 제공 자료의 신뢰성 확보

제 3 장. 국내 항공기상청 주요성과 및 수준 분석

- 장비운영 체계화를 위한 항공기상 관측장비 지침 전면 개정(10월)
 - ※ 관측장비의 구축·운영 세부기준, 검정주기, 장비 장애 대응절차 등 추가
- 공항기상 관측장비(AMOS) 자료처리 프로그램 표준화('19.8.~'20.3.)
 - ※ 개념설계('18) → 표준 S/W 개발 및 시험운영('20) → S/W 고도화('21년)
- 항공기상서비스 품질 유지를 위한 국제 품질경영시스템(ISO 9001) 인증 갱신(9.27)

□ 항공 예보체계 개선을 통한 예측기술 실용화 분야

- (영향예보) 기상요인에 의한 항공안전 위험성 예측을 위한 영향예보 기법 적용
 - 공항별 지형 및 기상특성(기온, 측풍, 윈드시어)을 반영한 위험수준 진단표(risk matrix) 산출 및 시험 서비스(8월)
 - 전지구 모델 기반 항공난류 예측자료 산출 및 현업 적용(3월)
- (예보 콘텐츠) 항공예보 요소별 활용 콘텐츠 세분화 및 업무효율성 도모
 - 전지구 모델을 활용한 착빙 예측가이드 개발(11월)
 - 중·저고도 중요기상예보(SIGWX) 생산 시스템 개발(11월)
 - 위험기상 모니터링 및 예보분석 콘텐츠 개발(11월)
 - ※ 일기도 비교분석(모델별 등), 위험기상요소별(바람, 낙뢰 등) 통합 모니터링, 초단기 강수예측 자료를 활용 항공로 위험기상감시 콘텐츠 적용
 - 주요공항 고해상도(300m) 바람 예측자료 개발 및 시험운영(12월)
- (체계 정비) 항공예·특보 업무효율성 증진을 위한 기반 강화
 - 지진·지진해일·화산 항공방재업무지침 제정(8.7)
 - 항공기상관측지침, 방재기상업무지침 개정(11월)
 - ※ 용어 통일, 해석상 오류 방지를 위한 문구 수정, 방재비상근무 단계별 기준 개선 등
 - 유관기관과 협력을 위한 항공기상업무지원 관련 합의서 개정(11월)
 - ※ 서항청, 항공교통본부와의 항공기상업무지원에 관한 합의서 2종
 - 항공기상분석관(국토부 과견) 업무체계 정착 및 전문 역량 배양
 - ※ 기상브리핑 가이드 마련(6월), 업무편람(8월), 위험기상 사례분석집 발간(11월) 등
 - 수요자 체감 예보품질 만족도 향상을 위한 예·특보 평가체계 개선(11월)
 - ※ 항공기 안전운항을 위한 공항예보 및 특보개선 정책연구(서울대)

□ 수요자 중심 서비스 제공으로 이용 편의성·활용성 증대 분야

- (콘텐츠 강화) 수요자 요구의견 반영 기상 콘텐츠 다변화, 실용성 강화

제 3 장. 국내 항공기상청 주요성과 및 수준 분석

- 항공기상정보 제공 홈페이지 개편 및 정규 서비스(3.4)
 - ※ (기존) 중고고도·저고도 관제 지원 → (통합) 항공운항 기상지원 서비스, 이용 편의성 개선
 - ※ 전년 대비 회원가입(1,893명→2,264명) 및 접속자 수(63만명→79만명) 증가
- 항공사 활용자 위주의 주요 콘텐츠 추가 및 업무 활용성 제고(3.4)
 - ※ 난류, 착빙, 세계공역예보, 지리정보시스템, 운항기상서비스, 모바일 앱 등
- 저고도 운항 지원을 위한 기상 콘텐츠 개방(3.4) 및 온라인 소통 창구 운영(9.26)
 - ※ 개방 콘텐츠 : 저고도 기상정보(시정, CCTV 등), 공항예보 게시판 등
- 수요기관(항공사) 요청 공항별 윈드시어 예측모델 산출 및 시범서비스(11월)

제 2 절 2020년 항공기상청 비전 및 목표, 추진전략

□ 비전 및 목표

| | |
|--------------------|---------------------------------------|
| 비전 2024 | 국민의 안전한 하늘길을 여는 세계일류 항공기상 전문기관 |
|--------------------|---------------------------------------|

| 비전목표 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 항공예보 정확도(점) (공항, 이륙, 착륙예보 평균) | 90.7 | 91.2 | 91.7 | 92.2 | 92.7 | 93 |
| 관측정보 국제신뢰도(점) | 91 | 93.7 | 95.3 | 96.9 | 98.5 | 100 |
| 고객만족도(점) | 85.3 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 |

□ 4대 전략목표 및 8대 전략 과제

| 4대 전략목표 | 8대 전략과제 |
|---|-----------------------------------|
| I. 예·특보 역량 향상을 통한 신속한 위험 기상 대응 | ① 항공 예·특보 정확도 향상 및 객관적 예측기술 확보 |
| | ② 예·특보 체계개선 및 신속한 위험기상 대응 |
| II. 종합적 위험기상 감시로 항공안전 강화 | ① 입체적 항공기상관측 강화 및 위험기상 조기탐지 |
| | ② 관측품질 향상을 통한 국제 신뢰도 확보 |

| | |
|------------------------------------|--|
| III. 수요자 중심 서비스 체계 구축으로 항행 의사결정 지원 | ① 실용적 항공기상서비스 구현을 위한 협업 및 소통 강화 ② 항행 의사결정 지원과 미래 글로벌 서비스 기술개발 |
| IV. 효율적 책임행정체 계 구현으로 지속성장 기반 마련 | ① 성과 향상을 위한 조직운영 및 전문성 강화 ② 혁신성장 지원 및 활기찬 직장문화 조성 |

제 3 절 항공기상청 수준 분석

- 국내외 항공교통 시장 동향과 항공기상서비스 기술 및 역할 측면에서의 국내 항공기상청의 수준 분석은 항공기상(정보) 관측기술 분야, 예보기술 분야, 서비스 분야에 대해 다음과 같이 조사됨
- 항공기상 관측기술 분야
 - (관측망) 공항의 기상관측을 위한 기본 관측망은 완비하였으나, 각 공항별 기상특성에 맞는 위험기상(윈드시어, 안개 등) 감시 관측망 구축은 미흡
 - 기상으로 인한 항공기 지연·결항 주요원인: 태풍, 저시정(안개), 대설, 강풍(윈드시어)
 - (유지관리) 공항기상 관측장비 납품 업체별 장비운영 소프트웨어가 상이하여 운영 및 유지보수 효율성 저하
 - 자료처리 등 초기 데이터 관리 알고리즘 표준화 필요
 - (관측공백 해소) 항공교통량 증가에 따라 공역기상 서비스 요구가 증대되고 있으나, 공역 기상관측자료 확보의 어려움 존재
 - 항공기 기반 관측자료(ADS-B) 수집 및 활용기술 등 개발

관측기술 분야에 대한 항공기상청 개선 방향 종합

- ◆ 원격관측 및 항공기 기반 기상관측(공항, 항공로상) 강화로 관측공백 해소
- ◆ 관측장비별 자료수집 및 처리 표준화로 유지관리 체계화
- ◆ AI 등 신기술을 적용한 공항관측 자동화로 기상감시 강화

□ 항공기상 예보기술 분야

- (예측 정확도) 우리나라 공항예보 정확도는 국제기구 권고 정확도 수준을 넘어섰으나, 위험기상 경보체계는 수준 향상이 필요
 - 국제민간항공기구(ICAO)에서 권고하는 공항예보 정확도: 80% 이상
 - 항공기상청 예경보 정확도('19년): 예보 91.3%, 경보 71.5%
- (수치예측) 국지적이고 세분화된 예·경보업무 수행을 위해 공항 특성이 반영된 항공기상용 수치예보 기술개발 및 현업화 시급
 - 종관 수치예측모델(LDAPS 1.5km, GDAPS 10km) 및 일부 요소(난류, 강풍 등)에 대한 항공수치모델 개발 중
- (중요기상) 항공기 안전운항에 영향을 주는 강풍, 안개, 윈드시어 등 위험기상 분석 및 예측기술 향상 요구
 - 바람(강풍, 측배풍) 48.1% > 시정 20.5% > 난류 윈드시어 10.4% > 뇌전 1.9%

예보기술 분야에 대한 항공기상청 개선 방향 종합

- ◆ 항공 예·특보 신뢰도 향상을 위한 예·특보 업무체계 개선 및 예보역량 강화
- ◆ 시공간적 상세예보 제공을 위한 항공전용 수치모델 개발
- ◆ 위험기상 분석 강화를 위한 항공기상기술 R&D 활성화

□ 항공기상정보 수요자 서비스 분야

- (서비스 만족도) 종합 고객만족도는 지속적 소폭 상승하고 있으나, 수요자는 예측정확도 높은 서비스를 기대
 - 고객서비스 종합 만족도: 82.8점('17) → 83.2점('18) → 85.3점('19)
- (요구 다양화) 항공교통 수요증가, 다양한 산업과 항공레저에 기상정보 활용이 확대됨에 따라 수요자별 특화된 항공기상정보 제공 필요
 - 수요자 분류: 관제사, 항공사, 공항운영자, 소형항공기, 항공여행객 등
- (미래 수요대비) 전세계 항공기상 정보공유 및 항공정보 통합 서비스를 위한 글로벌 항공항행 계획 이행 촉구
 - 국제민간항공기구(ICAO)의 '글로벌 항공항행 계획(GANP)' 실현을 위한 미래 항공시스템 구축 단계별 이행 요구

수요자 서비스 분야에 대한 항공기상청 개선 방향 종합

- ◆ 정보 이용자별 요구수요에 적합한 실용적 기상서비스 구현
- ◆ 미래 글로벌 항공기상서비스 이행을 위한 서비스 기반 구축

□ 항공기상청 수준 분석 종합

- 항공기상청은 국내외 항공교통 시장 변화에 대응하기 위하여 항공기상(정보) 관측기술 분야, 예보기술 분야, 서비스 분야에서 책임운영기관으로써의 역할을 위한 계획을 수립하여 실행하고 있으나, 세밀한 관측을 위한 관측 장비의 도입이 지속적으로 필요하며, 예보모델 등 학문·과학적인 기술 연구의 자체적인 시도는 미흡하고, 미래 글로벌 항공기상서비스 대응을 위한 기술개발은 미흡한 것으로 분석됨
- 특히, ICAO GANP와 WMO의 미래 항공교통관리 및 항공기상정보 제공 체계의 국가별 이행 요구에 따라, 미국 NextGen 프로젝트의 NextGen Weather 프로그램과 유럽 SESAR 프로젝트의 SESAR Weather 프로그램 같은 미래 세계 항공교통 분야에서의 자주권과 경제권에 직접적인 영향을 미치는 필수적인 기반 기술 분야로써의 대한민국 국토교통부의 NARAE 계획에 부합하는 구체적인 실천 방안이 미흡한 것으로 분석됨
- 이러한 미흡한 부분에 대한 고려와 항공기상청의 분야별 개선 방향(의지)를 종합하여 항공기상청이 향후 진행해야 할 사업들의 큰 전략 방향 기준을 설정할 필요가 있으며, 이러한 전략 방향 기준은 크게 ‘기반 체계 기술 확보’, ‘항공기상 예·특보 성능 향상’, ‘국내외 미래 항공기상서비스 트렌드 변화 대응’으로 종합되는 것으로 분석됨

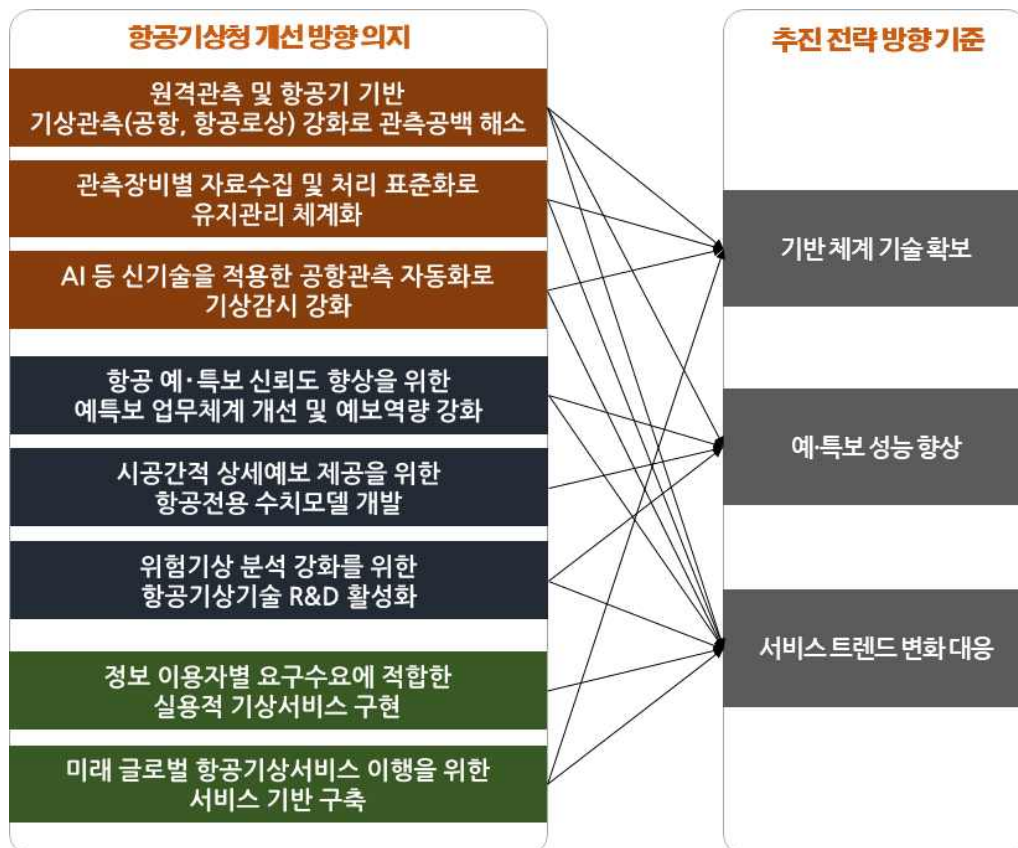


그림 152. 항공기상청 개선 방향 의지 분석에 따른 사업추진 전략 방향 기준

□ 제2장에서 도출된 주요 시사점과 조사분석된 항공기상청 개선 방향 계획과의 관계 분석 결과는 다음과 같음

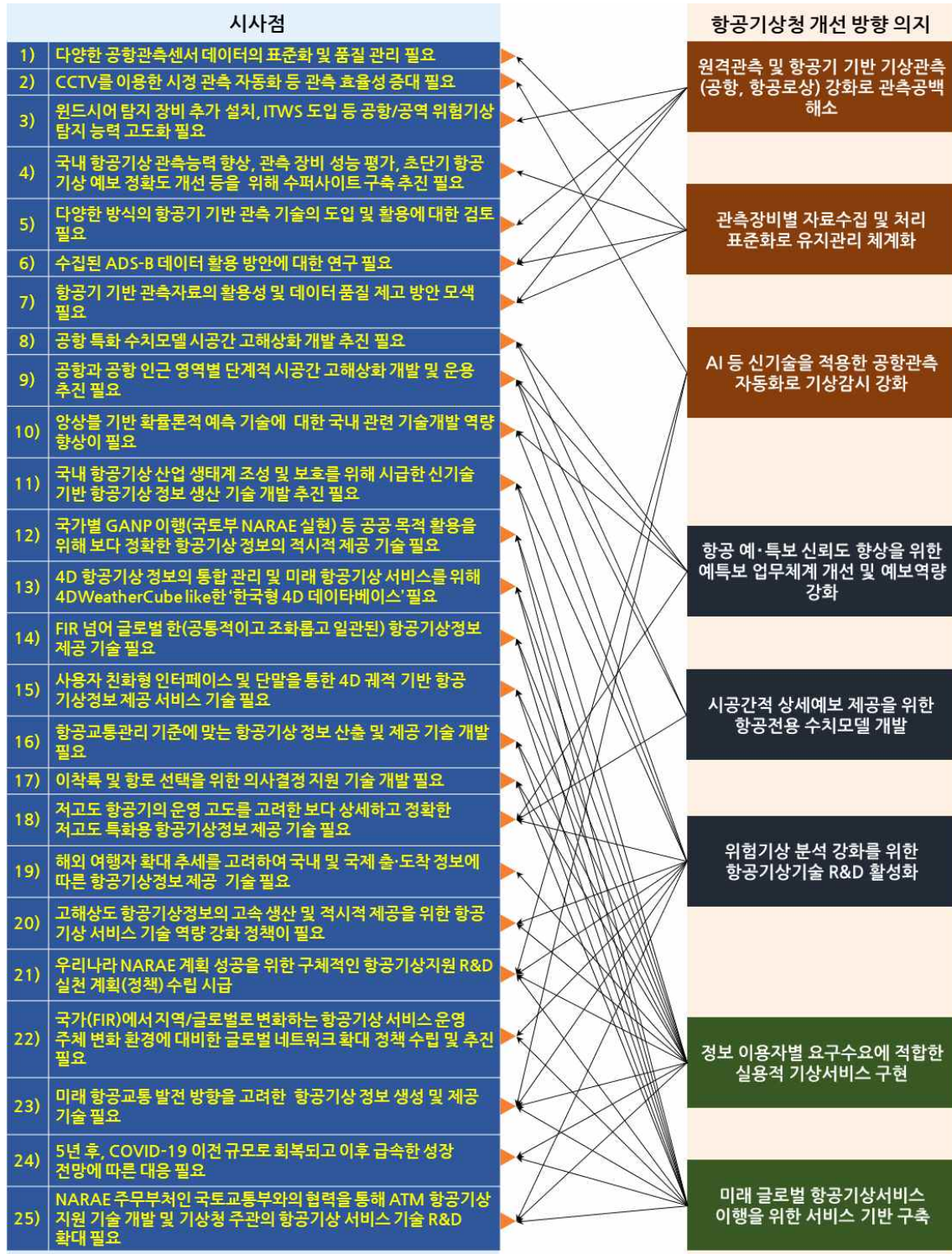


그림 153. 주요 시사점과 항공기상청 개선 방향 계획과의 관계 분석

제 4 장 사업추진 전략 방향 수립

제 1 절 시사점 및 전략 방향 기준 기반 사업추진 전략 방향 수립

- 제2장에서 도출된 주요 시사점 기반 분석 결과와 제3장에서 도출된 항공기상청의 전략 방향 기준을 토대로 사업추진 전략 방향을 다음과 같이 수립함

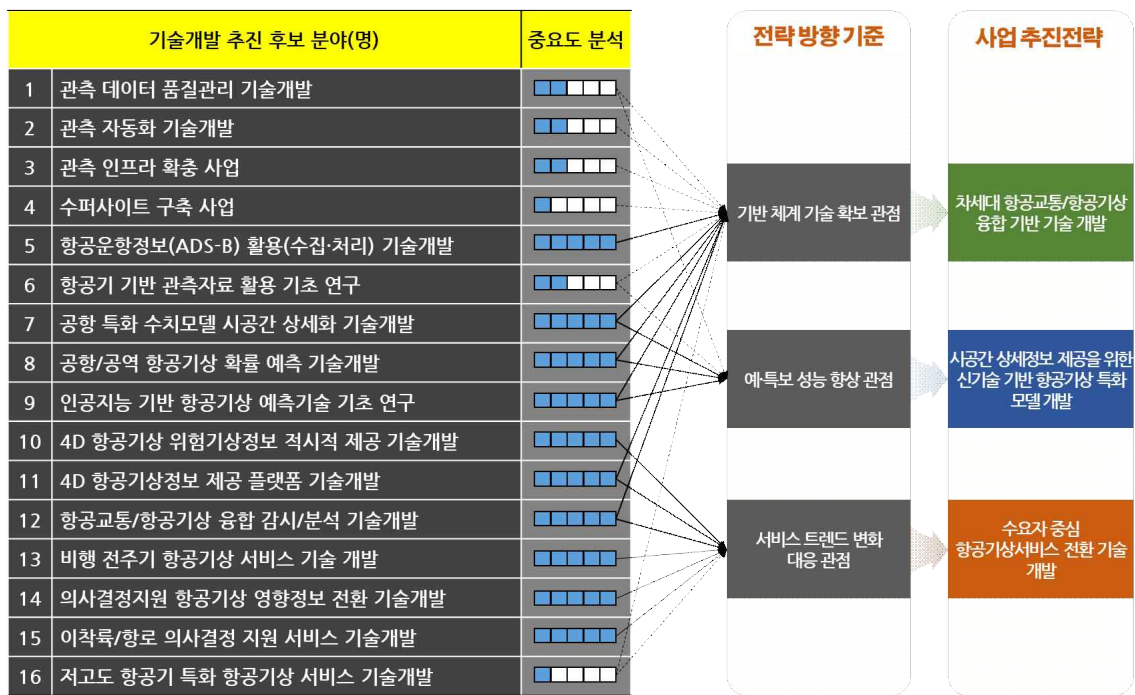


그림 154. 사업추진 전략 방향 수립

- 사업 추진전략은 항공기상청의 전략 방향 기준을 구체화하기 위한 전략으로 ‘차세대 항공교통/항공기상 융합 기반 기술 개발’, ‘시공간 상세정보 제공을 위한 신기술 기반 항공기상 특화 모델 개발’, ‘수요자 중심 항공기상서비스 전환 기술 개발’로 수립함
- 항공기상청 전략 방향 기준을 구체화한 분야별 사업 추진전략에 고려해야 하는 기술개발 추진 후보 분야는 사전 분석된 중요도 3등급 이상을 우선 고려하기로 함

제 2 절 비전 및 목표 수립

□ 사업추진 전략 설정에 따른 **비전 설정**은 국토교통부 NARAE 비전 ‘디지털 기반의 친환경적이고 안전하고 효율적인 항공교통체계 구현’, 2020년 항공기상청 R&D 비전 ‘항공기상서비스의 경제적 가치 제고와 항공기 안전운항 기여’를 고려하여, **‘NARAE 지원을 위한 항행 안전과 효율성 향상에 기여하는 혁신적 항공기상서비스 실현’**으로 설정하였으며, 그에 따른 **목표**로 **‘4D** 레저기반 항공기상서비스를 위한 NARAE-Weather 기술 개발’로 설정하였고, 도출된 각 추진 전략 달성을 위해 3개의 내역사업을 도출함

| | | | |
|---------------------------|---|--|---------------------------------|
| 비전 | 차세대 항공교통시스템 구축 계획(NARAE) 지원을 위한 항행 안전과 효율성 향상에 기여하는 혁신적 항공기상서비스 실현 | | |
| 목표 | 4D 레저기반 항공기상서비스 제공을 위한 차세대 항공기상서비스(NARAE-Weather) 기술 개발 | | |
| 추진전략 | Collaborative | Innovative | Customer focused |
| | 차세대 항공교통/항공기상 융합 기반 기술 개발 | 시공간 상세정보 제공을 위한 신기술 기반 항공기상 특화 모델 개발 | 수요자 중심 항공기상서비스 전환 기술 개발 |
| 내역사업 | 항공-기상정보 통합 및 자동 감시-분석 기술개발 | 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 | 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 |
| 세부기술 분야 | 항공-기상정보데이터 통합 및 입체화 기술개발 | 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술 |
| | 항적정보 실시간 처리 및 기상 요소 산출 기술개발 | 공항-공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 4D 항공기상서비스 기술개발 |
| | 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | 항공기상서비스 검증 및 평가 기술 |
| 실현모습 (최종성과물 예) | | | |

그림 155. 비전 체계도

제 3 절 (전체)사업 개요 설정

- 사업명 : 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발
- 사업주체 : 기상청
- 시사점 및 추진 전략에 따라 3대 내역사업, 9대 세부기술 분야로 구성
 - (내역사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발
 - (내역사업 2) 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발
 - (내역사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발

□ 사업 시급성

- (국제정책 및 동향) ICAO GANP와 WMO의 미래 항공교통관리 및 항공기상정보 제공 체계의 국가별 이행 요구에 따라, 이미 실행중인 미국 NextGen 프로젝트의 NextGen Weather 프로그램과 유럽 SESAR 프로젝트의 SESAR Weather 프로그램은 미래 세계 항공교통 분야에서의 자주권과 경제권에 직접적인 영향을 미치는 필수적인 기반 기술 분야로써, 대한민국 국토교통부의 NARAE 계획에 부합하는 NARAE-Weather 실현을 위한 사업의 빠른 착수가 필요

- 우리나라 항공교통체계 NARAE 전환을 위해 NARAE-Weather에 대한 개념 도입이 필요하나, NARAE-Weather에 대한 인식이 부족하여, 정상적 NARAE 이행을 위해서는 기상청 주도의 NARAE-Weather 실현을 위한 사업 착수 시급

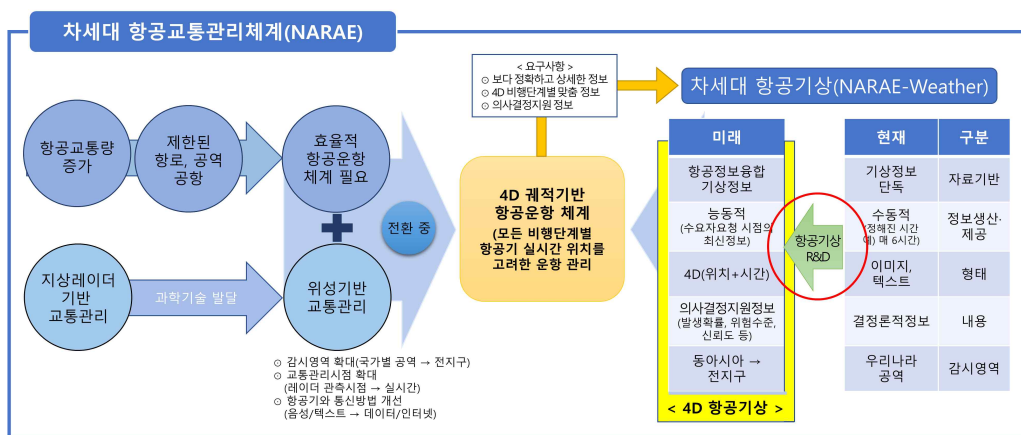


그림 156. NARAE-Weather 개념도

- ICAO는 전세계 항공교통량이 지속 증가하여, 효율과 안전을 위해 2013년 ICAO 총회에서 ASBU를 수립, 자국의 항공교통 현황과 기술, 경제, 환경 등을 고려하여 ASBU 이행에 필요한 국가 차원의 중장기 계획 수립 등 ASBU 이행을

권고

- ASBU는 형식상 권고이나, 이행하지 않을 경우, 위성기반의 항공운항체계로 전환 등 전 세계 항공환경변화에 뒤처질 수 있으며, ASBU 이행에 대한 항공안전평가(USOAP)에 반영될 경우, 우리나라가 불이익을 받을 수 있음.
- 여기서 USAOP은 ICAO 회원국 대상으로 안전기준 이행실태 평가로 낮은 점수를 받으면 항공안전 우려국으로 지정되어 항공운항 증명 발급 제한 등의 불이익 발생
 - * 2001년 우리나라는 항공안전 2등급 평가를 받아, 항공기 취항, 증편 제한 등 경제적 손실과 국제 신인도 저하를 초래함
- 국토교통부의 NARAE 계획이 따르는 ICAO GANP의 ASBU Block 1 이행을 위해 긴급 착수가 필요
 - ASBU Block 1단계 : 항공기 운영계획단계부터 단기 서비스 단계까지 ATM 의사결정에 기상정보를 활용하여 기상의 영향을 최소화하는 계획을 설정하고 운영하는 것을 목표로 함

표 52. 차세대 항공교통 시스템(NARAE) 추진 일정

| 구분 | 추진 일정 | | | |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| ASBU 단계별 이행주기(Block) | Block 0 ('13~'18년) | Block 1 ('19~'24년) | Block 2 ('25~'30년) | Block 3 ('31년 이후) |
| 차세대 항공교통시스템 구축 기본계획(NARAE) | 단기 | | 중장기 | |
| | 1단계 ('17~'18년) | 2단계 ('19~'24년) | ('25~'31년 이후) | |

(출처: 항공교통시스템 구축 기본계획(2019~2023), 2018, 한국교통연구원, 2018)

□ 사업 (정부지원)필요성 및 타당성

- 미국 2019년 국가항공연구계획(NARP FY 2020-2025) 중 연구개발 예산인 \$191,100,100에서 항공기상연구(Weather Program) 예산은 총 24개 분야에서 4번째로 많은 \$15,476,000이며 조종석 기상개발(Weather Technology in the Cockpit) \$3,644,000을 포함하면 3번째로 많은 예산임
- 국토부 NARAE 계획에 따른 R&D 예산(안)은 약 3,900억 원이며, 항공 기상은 2013~ 2019년까지 R&D 예산은 37억 원(과학원과 See-at) 사업으로 항공교통 연구개발 예산대비 1% 수준이므로 미국과 비교시 기상분야에 대한 보다 적극적인 예산 투입 필요(부록 8 참고)
- NARAE-Weather 실현을 위한 사업의 규모 및 관련 소요 기술 범위 측면, 항공기상정보 생산·제공 관련 체계 및 생태계 측면, 항공기상 관련 국내 민간

산업체의 기술력 수준 및 재정 건전성 상태, 국제적인 관련 정책·시장·기술 흐름 추세 측면 등을 고려할 경우, 정부 주도의 기술개발 및 관련 시장 활성화 정책추진이 절대적으로 필요하며, 미래 항공교통 및 관련 산업 분야의 주도권과 경쟁력을 확보하기 위해서는 정부 지원이 타당함

- 국토교통부와 2번에 걸친 NARAE 이행을 위한 관련 협의⁴⁸⁾에서, 국토교통부는 ‘NARAE 계획 이행 관련 국토교통부 연구개발 계획에 기상의 발전이 없으면 실현이 제한적이고, 기상 분야는 기상청 주도로 연구개발이 필요하다’라는 의견 제시
- 우리나라의 항공기상서비스는 관련 법에 따라 안전한 항공운항 지원을 위해 중앙정부(기상청)가 제공하여야 함
 - ※ (기상법) 제14조(선박 또는 항공기에 대한 예보 및 특보) ①항 기상청장은 선박 또는 항공기의 안전운항에 필요한 예보 및 특보를 하여야 한다.
- (국정과제) 現 정부는 100대 국정과제에서 각종 재난과 안전사고로부터 국민생명 보호 강화 추진 정책의 일환으로 ‘항공기 안전 강화’ 및 ‘스마트 기상정보’ 제공 역량 강화 의지 발표

【내 삶을 책임지는 국가】

◆ (국정과제 55) 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축

- 교통사고, 승강기 사고, 지진, 화재 등 각종 재난과 안전사고로부터 국민생명 보호 강화 추진

- (국정과제) 現 정부는 100대 국정과제에서 소프트웨어 강국 및 4차 산업 혁명 선도 기반 구축 정책의 일환으로 데이터 개방 및 유통 활성화 등의 ICT융합 서비스 발굴과 확산을 위한 의지 발표

【더불어 잘사는 경제】

◆ (국정과제 33) 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축

- 4차 산업혁명의 인프라 구축, 규제 개선 및 핵심 기술력 확보
- 소프트웨어 기업 육성·양성 및 ICT 역기능에 선제적으로 대응

- (정부투자 방향) ‘2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)⁴⁹⁾’에서 ‘과학기술로 성장동력 기반 확충’ 분야 일환으로 신산업 혁신성장 가속화를 위한 데이터 수집·유통·활용과 소산업 AI 융합을 강조(‘20.3)

48) 2020.11.05.(목) 14:00~16:00/항공교통본부 항공교통조정과, 2020.11.19.(목) 10:00~11:30/항공교통과

49) 2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안): R&D 부처의 예산 요구 가이드라인이자 R&D 예산 배분·조정 기준으로 활용하기 위해 과학기술정보통신부에서 2020.03.13.에 발표하였으며, 3대 분야 10대 중점 투자방향을 설정함

- 세부적으로 함께 발표된 기술분야별 투자·효율화 방향으로 환경·기상 기술분야에서 ‘신속·정확한 기상예보와 자연재난 피해 최소화를 위해 현업 활용가능성 높은 관측·예보 기술에 전략 투자’를 설정
- (기상청 기본계획) 기상청은 ‘제3차 기상업무발전 기본계획⁵⁰⁾’을 수립하고 ‘신뢰받는 정보 제공으로 국민이 만족하는 기상서비스 실현’이라는 비전 아래 5개의 추진전략 계획을 세워 ’21년까지 추진 중
- ‘[5개 추진전략-10개 중점과제-56개 주요 세부과제]’로 구성하여 추진 중

□ 사업 기대효과

- (수용량) NARAE 지원을 통한 지상에서의 대기열 최소화 및 공중 지연 최소화를 통해 공항 및 터미널 공역 수용량을 증대
- (비용 효과성) NARAE 지원을 통한 출/도착 지연 개선으로 연료소모량 감소 및 운영비용 감소율
- (안전성, 효율성) NARAE 지원을 통한 정시 출/도착 비율 및 공중대기의 감소로 운항의 안전성 및 효율성 향상
- (환경) 연료 소모 감소와 출발 대기열 및 지연 최소화를 통한 온실가스 감소 효과

□ 활용방안

- 항공기상청의 미래 항공기상 서비스 플랫폼 구축을 통한 4D 항공기상 관련 데이터 수집과 통합관리, 고해상도/고신뢰도 항공기상 요소 산출 및 수요자 중심 4D 궤적기반 서비스 기술개발을 위한 입력 데이터 제공에 활용사용하는 NARAE 지원을 위한 NARAE-Weather 실현에 활용
- 항공기상청의 미래 항공기상 고해상도/고신뢰도 정보를 통해 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행에 활용하고 항공운항 의사결정에 필요한 고해상도 항공기상 예측정보 제공 체계를 마련하여 NARAE 지원을 통한 국제적 경쟁력 확보에 활용
- 항공 궤적을 고려한 항공기상 감시와 위험기상 자동 분석을 통한 위험기상 사전 탐지 및 신속한 대응으로 항공운항의 안전과 효율성 향상에 활용

50) 기상법 제5조 제1항-기상청장은 기상업무의 건전한 발전 등을 체계적·효율적으로 달성하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 5년마다 기상업무에 관한 기본계획을 수립·시행하여야 한다-에 의거, '16.12에 발표됨

□ 내역사업별 세부기술 분야와 지원 필요성 및 최종 목표성과는 다음과 같음

표 53. (내역사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 지원 필요성 및 최종 목표성과

| 세부기술 분야 | 지원 필요성 및 최종 목표성과 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 ▪ 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 ▪ 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | <p>(시급성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ICAO GANP의 국가별 이행을 위한 국토교통부 NARAE 계획의 성공적인 실현을 위해서 필수적으로 요구되는 기반 기술로서, 2024년까지 ASBU Block 1 이행을 위해 긴급 착수가 필요 - 미래항공교통시스템 지원을 위한 항공운영정보와 항공기상정보가 융합된 통합 운영감시 및 관리 체계 부재 - 위험 기상에 대한 최적 대응, 경제적이고 안전한 항행계획 수립 등 4D 궤적 관리에 효과적으로 활용하기 위한 항공기상 데이터 구성 형태 부재 <p>(정부지원 필요성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 항공기상 관련 국내 민간 업체의 기술력 및 재정 건전성, 국내 항공기상 시장 규모 등을 고려할 때 시장 요구에 따른 자체적인 기술개발이 사실상 어려움 - ICAO 규정에 따른 항공교통의 효율적 관리를 위한 항공기상 정보 제공은 국민 안전과 직결된 국가 의무로서 정부 지원이 타당함 <p>(미 추진시 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 각 기관별로 보유한 이종의 다양하고 방대한 항공기상 관련 데이터의 신속한 접근과 활용이 어려워 수요자 중심 4D 궤적기반 항공기상 서비스 제공 및 NARAE 계획 실현(MET-ATM 융합)이 사실상 불가능 <p>(최종 목표성과)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 항공기상 4D 데이터 플랫폼 2. ADS-B 항적자료 기반 기상정보 산출 시스템 3. 실시간성 항적자료 기반 MET/ATM 통합실황감시 및 분석 시스템 |

표 54. (내역사업 2) 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 지원 필요성 및 최종 목표성과

| 세부기술 분야 | 지원 필요성 및 최종 목표성과 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 ▪ 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 ▪ 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | <p>(시급성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전 세계적인 항공교통량 증가와 미래 항공기반 산업의 증가 예상에 따라, 항공 선진국 관련 기관에서는 <u>전술적·전략적 항공운항 정책운영을 위한 고신뢰도의 적시적인 항공기상정보 제공을 요구하고 있으며, 이에 대한 긴급 대응 필요</u> - 미국 FAA, 유럽 등에서는 비행 중인 항공기의 <u>전술적 의사결정(2시간이내), 계획된 항공기의 전략적 의사결정(2~8시간)</u>을 위해 기상 실태 변화를 적시에 반영하기 위한 <u>빠르게 갱신되는 초단기 항공기상정보 제공</u> 계획을 수립·실행 중 - 또한, 비행계획(12~48시간) 수립에 필요한 보다 정확한 항공기상정보 제공을 위한 신기술 기반의 통계기반 항공기상산출 특화모델 개발도 실행 중 - 고신뢰도의 적시적인 항공기상정보 제공을 위한 다양한 <u>모델 개발은 장기간의 연구가 필요한 분야로 시급한 연구 개발 착수가 필요</u> <p>(정부지원 필요성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 항공기상정보 생산 모델 개발 분야는 학문·과학적인 연구 성격이 매우 강한 분야로써, 국내 산업체에서의 자체적인 기술개발이 어려워, 그동안 정부 주도로 학계 및 기관을 중심으로 발전되어왔음 - 항행안전을 위한 항공기상 정보 제공은 국민 안전과 직결된 국가 의무로서 정부 지원이 타당함 <p>(미 추진시 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고신뢰도의 적시적인 항공기상정보 제공 불가능으로 국제 사회에서의 미래 항공교통분야 경쟁력 상실 및 관련 미래 산업 위축 <p>(최종 목표성과)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 항행 전주기 초단기 항공기상정보 산출 모델 2. 미래 항공기상 특화 항공기상정보 산출 통계 모델 3. 고신뢰도 항공기상정보 검증 기술 |

표 55. (내역사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 지원 필요성 및 최종 목표성과

| 세부기술 분야 | 지원 필요성 및 최종 목표성과 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발 ▪ 4D 항공기상서비스 기술개발 ▪ 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | <p>(시급성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 제공자 중심의 항공기상정보 소비 형태에서 수요자 중심의 항공기상정보 소비 형태로의 전 세계적인 전환 추세에 따라, <u>일방적인 항공기상정보 제공이 아닌, ATM 수요자 중심의 영향예보 및 의사결정지원 정보 제공 서비스에 대한 긴급 대응 필요</u> - 이와 함께, ICAO GANP의 국가별 이행을 위한 국토부 NARAE 계획에 따라, <u>ATM에 필수적인 4D 궤적기반 대용량 고속 항공기상정보 제공 서비스 기술 확보가 시급</u> - 미국, 유럽 등 기상 선진국 및 관련 기관에서는 이미 유사한 서비스를 제공하고 있고, 국내 항공사도 이러한 서비스를 이미 사용하고 있으나, 국내에서 개발된 서비스는 부재 <p>(정부지원 필요성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 항행 안전을 위해 필수적인 항공기상정보를 활용한 항공교통 분야의 영향예보 및 의사결정지원 등과 같은 수요자 맞춤형 서비스가 미흡하고, 국내 항공기상정보 제공 시장의 미성숙 상황 등으로 민간 기업을 통한 기술개발이 사실상 어려움 - 정부 주도의 서비스 기술개발 및 관련 시장 활성화 정책을 통해, 향후 관련된 항공교통 시장 및 산업 분야의 민간 참여 기반 마련을 위해서는 정부 지원이 타당함 <p>(미 추진시 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전 세계적인 트렌드인 수요자 맞춤형 항공기상정보 제공 서비스 불가능으로 국가의 기간산업 성격을 가지는 미래 항공교통분야에 대한 경쟁력 상실 및 관련 미래 산업 위축 <p>(최종 목표성과)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 이착륙 및 항로 선택 의사결정 지원 서비스 2. 4D 궤적기반 항공기상정보 제공 서비스 3. 지속 가능한 미래 항공기상정보 서비스 관리체계 |

제 5 장 내역 사업별 추진 계획

제 1 절 (내역 사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발

| 현재(As-Is) | 미래(To-Be) |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 데이터 수집/처리/분배 체계와 관측 요소 및 기상 현상별 데이터 관리 ○ 항공기 항적자료의 수집/처리 및 활용이 초기단계 ○ 지리정보 기반 기상정보와 운항정보 분리 표출 제공 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 통합 데이터 수집/처리/분배 체계에 따른 4D 궤적기반 항공기상 데이터 관리 ▶ 항적자료 기반 대규모 고품질 기상정보 산출 및 활용 ▶ 항공교통정보와 위험기상 정보의 통합실황 제공을 통한 항공운항 신속 대응 지원 체계구축 |

| | |
|--------------|--|
| 추진 방향 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ State-of-Art 기술과 수요자 중심 항공기상서비스 특성을 고려한 미래 지향적 4D 데이터 플랫폼 기술개발 추진 ◇ 국토교통부 NARAE 프로젝트에서 요구되는 항공기상 정보와 추진 일정에 부합하는 연구개발 계획 수립 및 추진 ◇ 공항/공역 관측범위 확대 및 위험기상 조기감지를 위해 항적자료 기반 기상정보 산출 및 품질관리 기술개발 추진 ◇ 공항/공역 위험기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술개발 |
|--------------|--|

통합 4D 데이터 플랫폼

항공운항정보 실시간 수집·처리

항공융합정보 통합표출, 위험기상 자동 분석

1. (세부 사업 1_1) 항공·기상정보 데이터 통합 및 (4D) 입체화 기술개발

| | |
|-----------|--|
| 개요 | ◇ 수요자 중심 미래 항공기상 서비스 제공을 위한 통합 4D 궤적기반 항공기상 데이터 플랫폼 기술개발 |
| 목표 | ◇ 분산 이중 데이터 통합 수집/처리 기술개발 ◇ 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발 ◇ 4D 궤적기반 데이터 제공 인터페이스 기술개발 |

□ 개요

- (목적) 수요자 중심의 MET-ATM 융합 서비스 제공 기반구축을 위한 통합 4D 궤적기반 항공기상 데이터 플랫폼 기술개발
- (범위) 분산 이중 데이터 통합 수집/처리, 4D 항공기상 데이터 모델링, MET-ATM 융합 인터페이스 기술개발 및 4D 플랫폼 구축/시연
- (기간 및 예산) 5년, 66억 원
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 위험기상에 대처하고 안전하고 경제적인 운항 지원을 위한 항로상의 상세하고 다양한 기상정보에 대한 요구가 증대되고 있으며, 이를 위해 시간/공간 정보를 포함하는 4차원 형태의 항공기상 데이터에 대한 요구가 급격히 증가하고 있음
- 기상관측 데이터, 고해상도(공간 및 시간) 분석 및 예측 정보 등 고품질 항공기상정보의 4D 궤적모델에 따른 효과적인 사용을 위해 항공기상정보의 4차원 구성이 필요할 것으로 예상됨
- 국토교통부의 차세대 항공교통시스템(NARAE)을 효과적으로 지원하기 위해 기존의 항공교통정보(항공정보, 비행계획정보, 운항정보 등)와 항공기상정보의 연계 구성 및 이에 대한 관리체계가 필요할 것으로 예상됨
- 항공기상청은 항공기상정보를 항행 영향정보로서의 활용을 도모하고 있으며, 이에 따라 항공교통 의사결정 시스템에 대한 정확하고 종합적인 항공기상정보의 제공 및 다양한 사용자 수요에 대응 가능한 항공기상 데이터 통합 관리 플랫폼이 필요할 것으로 예상됨

□ 현황 및 시사점

○ (미국) NextGen 프로젝트의 일환(NextGen Weather)으로, 4-D Wx Data Cube(기상 관점에서 관측, 예보, 교통 영향 정보 등이 통합된 가상 저장소) 개발을 추진 중이며, 4D 레저기반 ATM-Weather 통합에 활용 예정

- 4-D Wx Data Cube : 관측 데이터, 예/경보 데이터, 항공교통 정보, 의사 결정 데이터 등을 가상의 격자공간에서 표준 인터페이스로 원하는 해상도와 업데이트 주기로 저장하며 공유

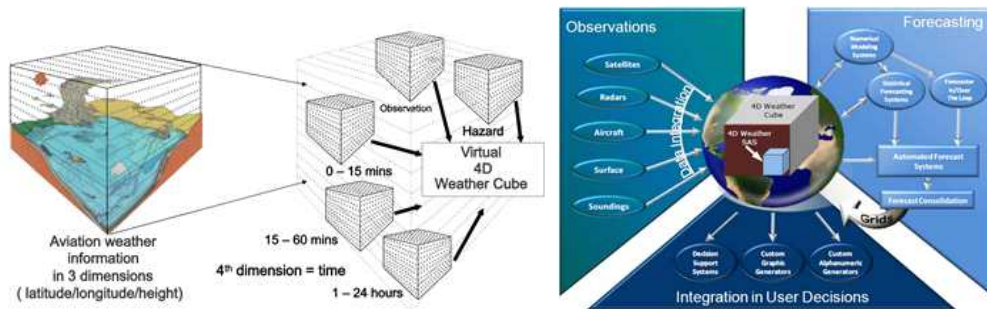


그림 157. 4-D Wx Data Cube

- ATM-Weather 통합 개념도

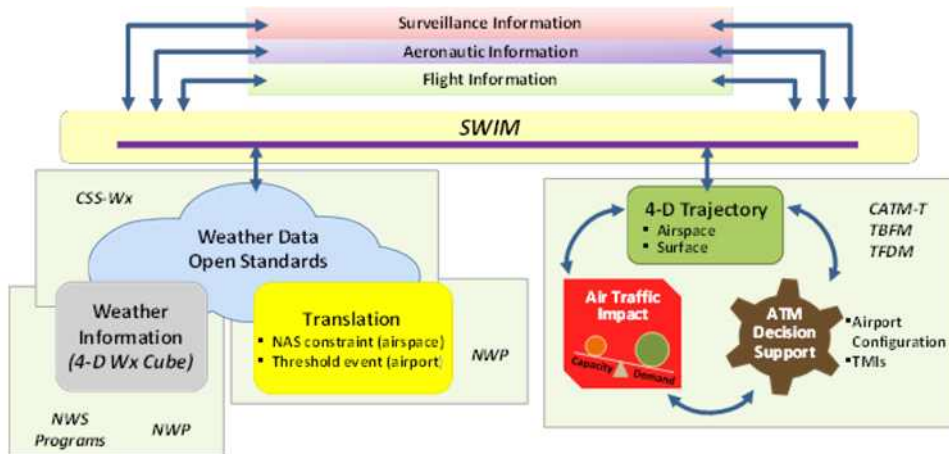


그림 158. ATM-Weather 통합 개념

○ (유럽) SESAR 프로젝트의 일환으로 항공을 위한 새로운 세대의 기상 관측 및 예측 시스템으로 활용하기 위해 4DWeatherCube MET-GATE 개발 추진

- 4DWeatherCube: 항공 기상정보의 가상 저장소(virtual repository)로 MET-GATE(SWIM 규격)를 통해 ATM 이해관계자들이 이용
- Consolidation: 각 지역의 수집된 정보를 기반으로 유럽 전체 기상 요소를 통합하는 것(예: 독일 지역의 대류 정보와 프랑스 지역의 대류 정보 통합)

- Translation: 기존 기상요소 Raw 정보 대신 ATM에서 사용하는 정보로 변환하여 제공하는 것 (예: 물리적인 단위가 아닌 몇 가지의 레벨로 변환)
- MET-GATE: ATM 이해관계자들이 MET-ATM SWIM 서비스를 통해, 다양한 통합·변환된 기상정보를 사용할 수 있도록 하는 원스톱 솔루션
- . 기존의 MET 메시지(METAR, TAF, SIGMET)와 대류, 착빙 등과 같은 항공 관련 nowcast 및 forecast 자료, 바람 관측 및 예보, 공항 MET 관측 및 예측, 강수·번개 정보 등이 제공
- . 유럽지역의 MET 정보에 대한 일관성, 신뢰성, 높은 수준의 성능, 다양한 스마트 기능 등을 제공

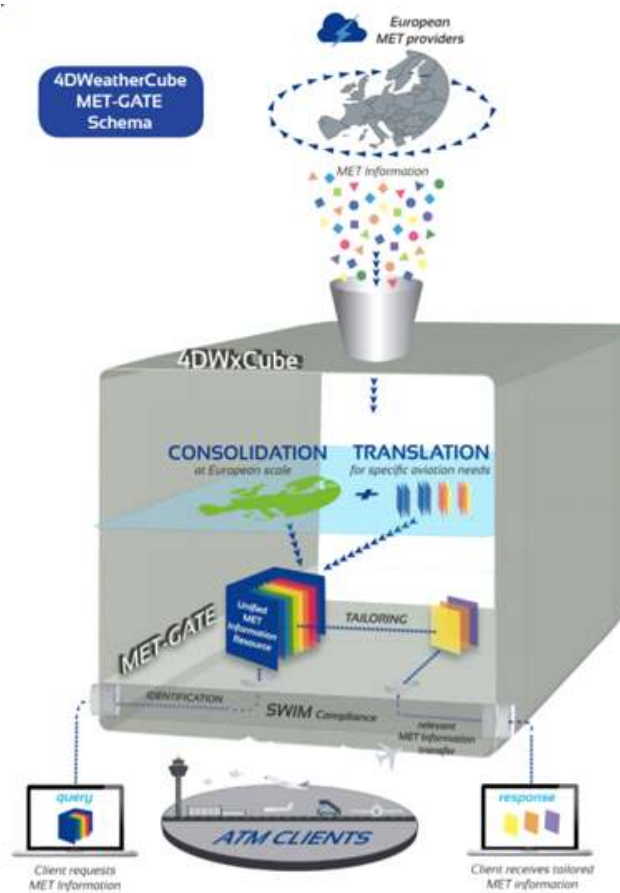


그림 159. SESAR 프로젝트의 4DWeatherCube

- (일본) CARATS 프로젝트를 통해 아시아 지역에서의 미래 항공교통 분야를 선도하기 위해 MET-ATM 통합(의사결정 지원) 서비스 제공을 추진
- (국내) NARAE 계획 지원을 위해 항공기상청에서는 항공교통업무 지원 강화를 위한 항공기상 정보시스템 구축의 일환으로 궤적기반 항공기 운항을 위한 기상자료 4D 데이터베이스 개발 계획 수립

- (시사점) 4D 궤적기반 항공기상 서비스 제공을 위해서는 “(가칭)항공기상 4D 데이터 플랫폼”개발 및 운용이 필수적임

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) ICAO GANP의 국가별 이행을 위한 국토부 NARAE 계획의 성공적인 실현을 위해서 필수적으로 요구되는 기반 기술로서, 2024년까지 ASBU Block 1 이행을 위해 긴급 착수가 필요

| 구분 | 추진 일정 | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Block 0 (‘13~’18년) | Block 1 (‘19~’24년) | Block 2 (‘25~’30년) | Block 3 (‘31년 이후) |
| 차세대 항공교통시스템 구축 기본계획(NARAE) | 단기 | | 중장기 | |
| | 1단계 (‘17~’18년) | 2단계 (‘19~’24년) | ('25~’31년 이후) | |

※ 출처: 항공교통시스템 구축 기본계획(2019~2023) (NARAE 2.0) Ver 1.8 (한국교통연구원, 2018)

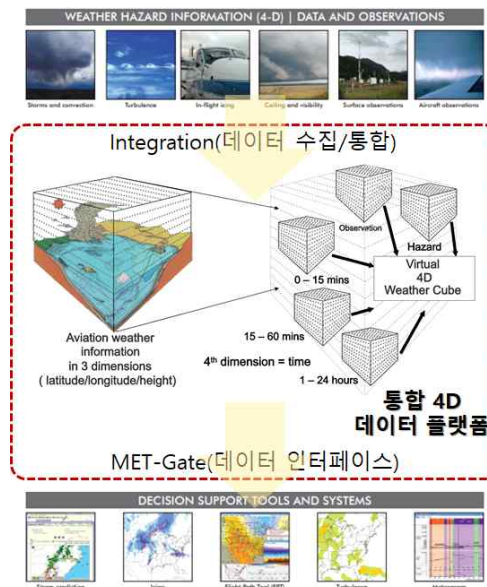
- 미래항공교통시스템 지원을 위한 항공운영정보와 항공기상정보의 통합 운영 및 관리 체계 부재
 - ⇒ 항공기상정보를 시간, 공간지리 정보를 포함하는 4차원 형태로 구성하고 항공정보, 비행계획정보와 상호 연계
- 위험 기상에 대한 최적 대응, 경제적이고 안전한 운항 계획 수립 등 4D 궤적 관리에 효과적으로 활용하기 위한 항공기상 데이터 구성 형태 부재
 - ⇒ 기상 임계값 기반의 기상정보 해석을 통해 기상정보를 잠재적인 항공 영향정보로 활용
 - ⇒ 4차원 항공기상정보와 4D 궤적 정보 (위치정보(경로) + 시간정보 + 속도)와의 연계를 통해 ATM 전주기에서 항공기 운항을 지원
- (정부지원 필요성) 항공기상 관련 국내 민간 업체의 기술력 및 재정 건전성, 국내 항공기상 시장 규모 등을 고려할 때 시장 요구에 따른 자체적인 기술개발이 사실상 어렵고, ICAO 규정에 따른 항공교통의 효율적 관리를 위한 항공기상 정보 제공은 국민 안전과 직결된 국가 의무로서 정부 지원이 타당함
- (기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성) 기존 및 유사 사업 없음
- (미 추진시 문제점) 각 기관별로 보유한 이중의 다양하고 방대한 항공기상 관련 데이터의 신속한 접근과 활용이 어려워 수요자 중심 4D 궤적기반 항공기상 서비스 제공 및 NARAE 계획 실현(MET-ATM 융합)이 사실상 불가능

□ 추진 전략

- 분산 이종 항공 데이터에 대한 접근을 위해 다양한 보안, 인증, 접속 방식 등에 적용이 가능한 공통 접속 인터페이스 정의와 추후 확장성을 고려한 통합 수집/처리 엔진을 개발 추진
- 항공기상 관측, 예측 및 서비스 데이터를 심층 분석하여 다양한 유형의 방대한 정보들의 안정적 효율적인 공유, 활용을 위한 항공기상에 특화된 4D 자료 구조 도출 및 관리/접근 체계 마련
- 항공교통 전문가와의 협력을 통해 SWIM 접속 등 실효성 있는 MET-ATM 융합 항공기상 데이터 인터페이스 체계 마련
- 미국 NextGen, 유럽 SESAR 프로젝트에서 개발하고 있는 4D Weather Cube를 벤치마킹하여 연구개발 추진
- 국토교통부 NARAE 프로젝트에서 요구되는 항공기상 정보와 추진 일정에 부합하는 연구개발 계획 수립 및 추진
- 항공기상 4D 데이터 플랫폼 구축 및 시연을 통해 개발 기술 검증 추진

□ 연구목표

- 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발
 - 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술개발
 - 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발
 - 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술개발
 - 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 구축 및 시연



□ 연차별 연구목표

○ (1차년도)

- 다기관 분산 항공운항 및 항공기상 데이터 접근·수집·처리 기술 규격 정의
- 대용량 항공운항 및 항공기상 데이터 분류, 관리 체계 연구
- MET-ATM 융합 항공기상 데이터 분석·제공 인터페이스 요구사항 정의

○ (2차년도)

- 대용량 항공운항 및 항공기상 데이터 접근·수집·처리 프레임워크 설계
- 통합 항공기상 4차원 데이터 모델링 기술개발
- MET-ATM 융합 항공기상 데이터 분석·제공 인터페이스 설계

○ (3차년도)

- 대용량 항공운항 및 항공기상 데이터 접근·수집·처리 프레임워크 개발
- 4D 항공기상 데이터 플랫폼 아키텍처 설계
- MET-ATM 융합 항공기상 데이터 분석·제공 인터페이스 기술개발

○ (4차년도)

- 4D 항공기상 데이터 플랫폼 아키텍처 기술개발
- 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 설계 및 구축

○ (5차년도) 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 시범운영 및 개선

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|----------------------------------|------------------------------|----------|---------|---------|-------|-----|
| 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 | | | | | | |
| | - 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술개발 | 규격정의 | 설계 | 구현(I) | | |
| | - 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발 | 분류/관리 체계 | 데이터 모델링 | 아키텍처 설계 | 구현(I) | |
| | - 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술개발 | 요구사항 | 설계 | 구현(I) | | |
| | - 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 구축 | | | | 구축 | 시연 |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 항공기상청의 미래 항공기상 서비스 플랫폼 구축에 직접 적용하여 4D 항공기상 관련 데이터 수집과 통합 관리, 고해상도/고신뢰도 항공기상 요소 산출 및 수요자 중심 4D 궤적기반 서비스 기술개발을 위한 입력 데이터 제공에 활용
- (정책적) 다양한 항공기상 데이터의 협업 활용 증진 및 이를 통한 NARAE 계획 실현에 기여
- (기술적) 글로벌 항공망(SWIM) 접속 기능뿐만 아니라, 기존 시스템 접속 및 연동을 통해 기술적 안정성 제공
- (경제적) 항공 관련 데이터의 중복 저장 및 관리 업무 최소화를 통해 시스템의 경제적 운영 가능
- (사회적) 항공 관련 데이터에 대한 접근성 개선으로 민간의 항공기상정보 활용 확대 및 만족도 증진 도모

2. (세부 사업 1_2) 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발

| | |
|----|---|
| 개요 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 항공기상 관측범위 확대와 위험기상의 조기탐지 강화 및 공역기상 서비스 신뢰도 향상을 위한 항공기 항적자료 기반 기상정보 산출기술 및 품질관리 기술개발 |
| 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 ◇ 항적자료 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발 ◇ 항적자료 기반 기상정보 산출 및 품질관리 기술 시범운영 |

□ 개요

- (목적) 공항 및 항공로 상의 관측범위 확대와 위험기상의 조기탐지 강화 및 공역기상 서비스 신뢰도 향상을 위한 항공기 관측기반 기상정보 산출 기술 및 품질관리 기술개발
- (범위) 항공기 항적자료(ADS-B) 기반의 기상정보 산출 기술개발, 항공기 항적자료(ADS-B) 기반 산출 기상정보의 품질개선 기술개발, 항공기 항적자료 기반 기상정보 산출 및 품질관리 기술 시범운영 및 보완
- (기간 및 예산) 4년, 16억
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 안전하고 효율적인 항공운항을 위해 필요한 기상요소의 감시 및 nowcasting을 위해 관측 범위 확대와 관측 정확도 향상이 요구되고 있음
 - 관측범위 확대 필요 지역: 공항 터미널, 접근 구역, 공역 항로, 비행장
- 바람, 온도, 습도 등 다양한 기상변수의 고층 현장관측 플랫폼으로서 항공기의 역할이 점점 더 중요해지고 있음
 - 항공기 관측 기능(AMDAR)의 향상은 수치예보모델의 예측성능 향상에 직접적으로 기여
 - WMO는 국제항공운송협회(IATA), 항공사 등 파트너들과 협력하여 항공기 기반 관측의 범위와 수집율을 높이고 있음
- 항공기상 관측 다양화를 통해 공항실황 파악 및 초단기 공항예보용 고해상도 nowcasting 수치모델 자료동화예의 활용 지원이 요구되고 있음
 - 3차원 바람, 마이크로파 복사, 시정, 운고, 낙뢰, 연직 프로파일, 착빙,

강우강도 등 관측 기능의 지속적 개선 필요

- 일부 기상요소는 항공기상에 요구되는 시공간 규모에서 수치예보모델의 예측정확도가 낮아 정밀 관측이 더욱 중요해지고 있음

□ 현황 및 시사점

○ (국외 현황)

- (미국) 레이더 활용기술, 항공기 관측자료, 민간회사 관측자료 등을 활용하여 위험기상에 대한 관측을 수행하고 있음
- 알라바마 대학에서는 이중편파레이더를 활용하여 강수현상 및 대류형 바람 감시기법을 개발하였고, 콜로라도 대학에서는 AMDAR 관측을 이용한 운고와 착빙예보를 검증함
 - ※ AMDAR(항공기 기상 관측 및 송신): 운항중 상층 기상자료(기압, 기온, 풍향, 풍속)를 측정하여 위성을 이용하여 전송
 - ※ 우리나라의 경우 매우 제한적으로 활용(21대 항공기, 접근로 상에서만 관측)
- (네덜란드) Mode-S 항적자료(비행방향, 대기속도, 비행고도 등)로부터 온도 및 바람 정보를 산출하여 수치모델(HIRLAM⁵¹⁾), AMDAR, 라디오존데와의 비교 검증을 수행하고 ADS-B/Mode-S 항공기 관측자료로부터 산출된 기상정보를 수치모델 자료동화, 온도와 바람 수직 프로파일 구성 등의 활용방안에 대한 연구를 통해 NWP 자료동화에 사용 가능한 수준임을 보임
- 또한, 항공기 관측 자료를 이용해 산출되는 기상정보의 수집과 처리 및 확산을 위해 영국기상청과 EMADDC⁵²⁾ 프로젝트를 설립하여 운영 중이며, EMADDC를 통해 네덜란드의 Mode-S/ADS-B 데이터를 영국의 Met-Office에 제공하고 있음

51) HIRLAM: High Resolution Limited Area NWP Model (네덜란드 KNMI)

52) EMADDC European Meteorological Aircraft Derived Data Center

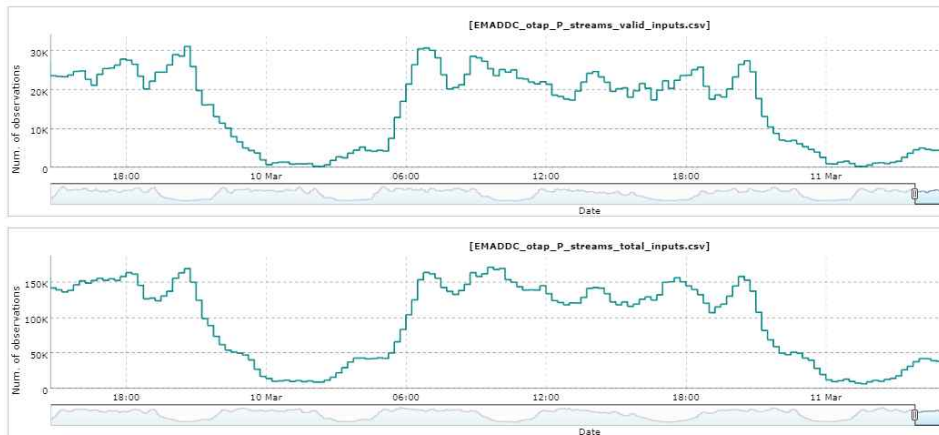


그림 160. EMADDC의 자료 Mode-S 자료 수집 모니터링 웹 서비스
(<http://mode-s.knmi.nl/status/monitoring/>)

- (영국) 2011년부터 저비용 관측을 위한 새로운 방법을 모색한 결과, 항공기 기반 기상관측의 새로운 방법으로서 항공기와 지상의 ATC 레이더 간에 주고받는 Mode-S EHS 메시지를 지상에 별도로 설치한 레이더를 통해 수신하여 원시 Mode-S 데이터로부터 유도하여 얻어진 풍속, 풍향 및 기온 데이터가 기존의 AMDAR 관측 데이터와 유사한 품질을 나타내는 결과를 얻음
- 또한, Mode-S 및 ADS-B 수신 범위를 확장하기 위해 2016년에는 ESA (European Space Agency)와 GomSpace에 의해 개발된 cubesat (GomX-3) 위성을 경유한 ADS-B 데이터 수신 시험을 13일 동안 성공적으로 수행하였으며, 이를 통해 많은 수의 지상의 수신 시스템이 없이도 Mode-S 수신 범위가 전 지구적으로 확장될 수 있음을 확인
- (슬로베니아) 슬로베니아 국토 특성에 맞춘 중규모 예측 모델(ALADIN⁵³)에 필요한 고층 기상 관측 데이터를 위해 Mode-S MRAR⁵⁴ 메시지를 수집하여 이로부터 유도한 풍향, 풍속 및 온도 정보가 자료 동화 입력 데이터로서 유효함을 보임
- Mode-S에는 MRAR (Meteorological Routine Air Report)라고 명명된 메시지가 있으며 이는 항공기에 탑재된 기상 센서가 관측한 온도와 바람 데이터를 직접 포함하고 있음
 - ※ Mode-S MRAR의 기상정보는 AMDAR 시스템에게 관측 데이터를 제공하는 동일한 기상 센서로부터 관측 데이터를 가져오므로 AMDAR와 유사한 품질을 보임

53) ALADIN: Aire Limitée Adaption Dynamique et développement InterNational

54) Mode-S MRAR: Mode Selective Meteorological Routine Air Report

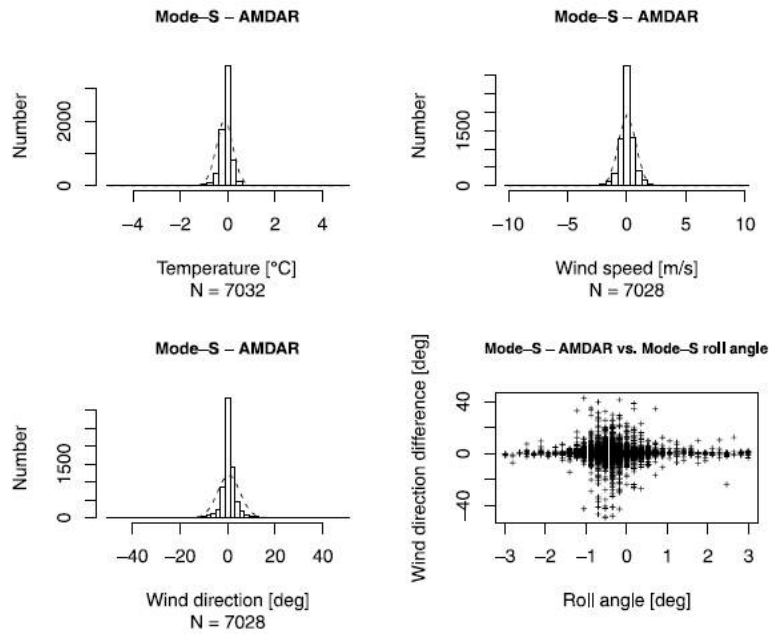


그림 161. Mode-S MRAR와 AMDAR와의 비교

- (호주) 지상에 별도로 설치한 ADS-B/Mode-S 수신기로 수집한 항적 자료로부터 온도와 바람(풍향, 풍속) 정보를 산출하여 AMDAR, Sonde와 비교함으로써 Mode-S에서 유도된 온도값은 낮은 품질을 보이며 풍향/풍속값은 AMDAR와 유사하고 Sonde에 거의 근접한 품질을 가짐을 확인

| Comparison to Sonde | | AMDAR | Mode-S |
|--|------------------------|----------------|----------------|
| Number of Comparison Points | | 1120972 | 1121 |
| Temperature (°C) | Bias | -0.27 | 0.22 |
| | SD | 1.55 | 2.6 |
| | Goal | 93.7% | 65.0% |
| | Breakthrough Threshold | 97.4% 99.1% | 81.8% 93.8% |
| Wind Speed (knots) | Bias | -0.85 | -0.3 |
| | SD | 6.1 | 4.5 |
| | Goal | 63.6% | 78.5% |
| | Breakthrough Threshold | 80.3% 94.0% | 90.7% 96.3% |
| Wind Direction (°) | Bias | -1.6 | 1.4 |
| | SD | 16.7 | 18.9 |
| Wind Direction (°) (Wind Speed > 10knots) | Bias | -1.5 | 2.6 |
| | SD | 14.0 | 13.0 |

그림 162. AMDAR와 Mode-S 데이터 비교

○ (국내 현황)

- 우리나라에서 현재 수행 중인 항공기 기반 기상 관측은 AMDAR, AIREP을 수행 중이며 ADS-B는 인천공항을 대상으로 시험 운영 중임

표 56. 항공기 기반 관측 기술 현황

| | AMDAR | AIREP | ADS-B | ADS-C |
|----------|-------|--|----------------|-----------------|
| 현재 수행 여부 | ○ | △ | 인천공항 (시험운영) | X |
| 자료 수신 방법 | 자동 | 정기보고: 자동 특별보고: 자동 또는 음성 통신 | 자동 | 자동 (ATC 요청시) |

- AMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay 항공기 관측 기상자료 중계)
 - 세계기상기구(WMO)는 AMDAR 구현을 정부와 민간기업간 협력사업으로 권고하고 있으며, 2019년 8월 기준 전세계 12여개 국가와 지역의 43개 항공사가 참여 중
 - 우리나라는 2006년에 AMDAR를 도입하였고, 2014년에 한국공항공사가 AMDAR 연동시스템을 자체 개발하여 시험운영을 거쳐 2014년 11월 정상 운영을 시작하여 이 중 온도, 풍속 및 풍향을 기상정보로써 현재 사용하고 있음
 - 한국형 수치모델 개발사업단은 관측 증분 오차 분석 기법을 통해 AMDAR 항공기 온도 관측자료 편향 특성을 분석하고 존재 자료와 비교하는 연구를 수행하였음
 - AMDAR는 항공기와 지상 항공관제 시스템 및 항공사 시스템이 상호 데이터 송수신을 위한 전용시스템과 통신링크가 필요하여 통신비가 소요되는 단점이 있음
 - ※ 기상청은 WMO 사무국에 2002년부터 US\$4,000을 자발적 납부 중
 - ※ 자료량에 따라 항공사에 통신비 납부중: (2019년) 80,809,810원 / (월평균) 6,734,150원
 - 미국의 경우 AMDAR 자료를 이용한 운고와 착빙예보 검증을 수행하고 있는데 비해 우리나라는 접근로 상에서만 관측하고 있어 매우 제한적으로 활용되고 있음

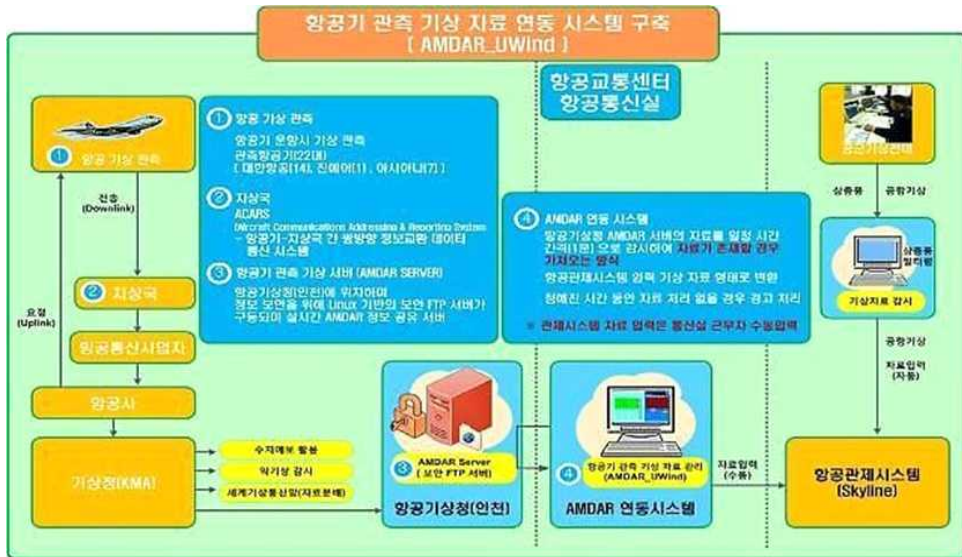


그림 163. 항공기 관측기상자료 연동시스템 구축(AMDAR) 2014.11
(출처: 한국공항공사, AMDAR 연동시스템 자체 개발)

- ADS-B (방송형 자동 종속 감시시스템)
 - ICAO에서는 2015년까지 비레이더 공역에 대해 ADS-B 감시 의무화를 권고하고 있으며 2020년까지 ADS-B 장비 장착 의무화를 추진하고 있음
 - 국토부는 ICAO가 표준으로 지정한 ADS-B 시스템이 성능과 경제성에서 미래의 감시시스템으로 충분한 경쟁력을 갖추고 있다고 판단, 내수는 물론 수출 기반으로의 성장 가능성을 예측하고 민간 부문과 공동으로 ADS-B 시스템을 상용화하였으며, 2020년부터 한반도 공역에서의 ADS-B 장착을 의무화할 방침임

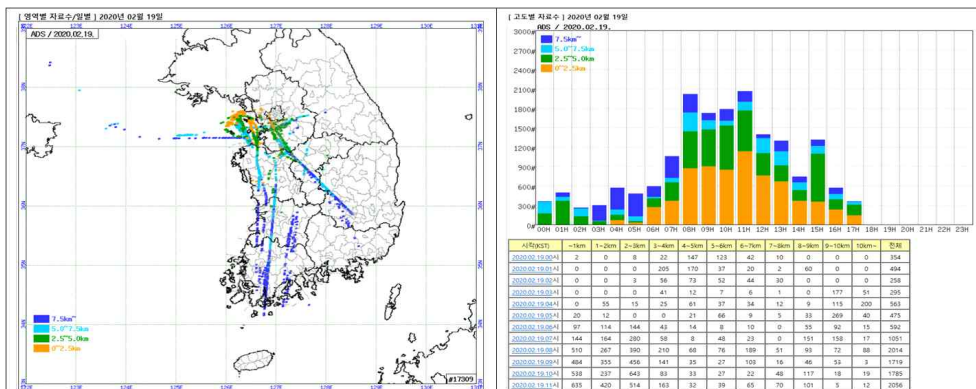


그림 164. ADS-B 자료 조회 및 수집량, 항공기 위치·분포 등을 표출
(http://rdr.kma.go.kr/air/ads_txt.php)

- 항공기상청은 항공교통 흐름 지원 및 관측자료가 부족한 고층의

기상관측자료 확보를 위해 2017년에 항공기 자동관측 시험운영을 추진하였으며, 2018년에는 Mode-S 자료를 활용한 항공기 자동관측 시험운영을 통해 항적 정보의 수집과 기상정보(풍향, 풍속, 기온)의 산출을 시험하였고 항공기 자동관측 자료 수집체계 구축사업을 통해 2019년 5월부터 ADS-B, Mode-S 항공기의 자동관측 자료를 수집하여 기상정보를 산출하고 이를 관련 사이트를 통해 표출하여 제공하고 있음

표 57. 국적 항공사별 ADS-B를 장착한 항공기 현황

| 항공사 | 항공기 운영 | 비고 |
|--------|-----------------|-----------|
| | 항공기 보유/ADS-B 장착 | |
| 대한항공 | 181대/181대 | |
| 아시아나항공 | 83대/83대 | |
| 제주항공 | 40대/38대 | 임대 2대 미장착 |
| 진에어 | 27대/27대 | |
| 에어부산 | 25대/25대 | |
| 티웨이항공 | 25대/25대 | |
| 이스타항공 | 21대/21대 | |
| 계 | 400대/402대 | |

(출처: 항공기상청)

- 2019년 10월에 항공기 자동관측자료(ADS-B)의 수치자료 활용을 위한 사전 품질분석 결과 AMDAR 대비 약 2배 자료량으로 시·공간 해상도는 높으나 30%만 자료동화에 사용 가능한 것으로 나타나 품질관리 기법의 개선 필요가 대두됨
- 항공기 기반 관측자료 수집체계 강화를 위해 2020년 1월에 ADS-B 자료 수신지점을 8개소로 확대하고 시험적 항적정보 수집·처리 소프트웨어 구축 및 난류 산출을 위한 연직가속도 수집, 연속성 체크 등 품질관리 기능을 추가하여 운영 중
- ※ ADS-B 자료수신지점 8개소: 김포, 제주, 무안, 울산, 양양·여수 공항, 청주기상지청, 표준기상관측소(보성)

- ADS-C

- ADS-C는 지상국 ATC의 요청에 따라 항적정보와 기상정보(항공기에 탑재된 기상관측 센서로 직접 측정)를 지상으로 자동 송신하는 체계로서 현재 ADS-C 장비의 설치가 의무화되어 있지 않아 이를 통한 기상정보의 수집에 어려움이 있음
- ADS-B에서는 풍향, 풍속, 기온정보만 수집 가능하나 ADS-C는 일부 추가적인 기상정보(난류, 습도, 착빙)의 수집 가능하고 개별 수신기로도

수집이 가능한 ADS-B에 비해 ADS-C는 항공교통기관을 통해서만 제공받아야 하므로 정보 통신량 따라 비용이 발생하는 단점이 있음

표 58. ADS-B, ADS-C 특징 비교

| | | ADS-B | ADS-C |
|------------|----|-------------------------------------|--|
| 통신 | | UHF 1대 안테나 설치 비용: 약 100~200만원 | ACARS 정보 통신량에 따라 비용 발생 |
| 기상 관측 | 요소 | 풍향, 풍속, 기온 등 | (기본) 풍향, 풍속, 기온, 기압 (일부) 난류, 습도, 착빙 |
| | 방법 | 항적정보를 활용하여 기상정보 산출 (간접산출) | 항공기가 직접 관측한 기상자료를 송신 (직접관측산출) |
| 자료수집 체계 | | ⇒ 항공교통기관(ATS) ⇒ 개별 수신기 | 항공기 ⇒ 항공교통기관(ATS) |
| 수집 간격 | | 1초 | 항공교통기관 요청시 자료 수집 (비실시간/요청후 1시간 이내) |

○ 시사점

- 국제적으로 ADS-C, MODE-S, MODE-S MRAR 등 다양한 방식의 신규 관측과 활용 방안에 대한 연구가 진행되고 있으나, 국내 확보 기술 수준은 AMDAR 활용 및 ADS-B 자료 수집 단계임
 - ⇒ 다양한 방식의 항공기 기반 관측 기술의 도입 및 활용에 대한 검토 필요
 - ⇒ 수집된 ADS-B 데이터 품질개선 기술에 대한 연구 필요

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (정부지원 필요성) 항공교통량 증가에 따라 시공간적 고해상도 공항기상 예보 필요성의 증대 및 세밀한 공역기상 서비스 요구가 증대되고 있으나, 공항공역 기상관측자료 확보의 어려움 존재
 - ⇒ 항공기 기반 관측자료(ADS-B) 수집 확대 및 활용기술 등 개발 필요
- (정부지원 필요성) 안전하고 효율적인 항공운항을 위해 필요한 바람, 온도, 습도 등 다양한 기상변수의 고층 현장관측 플랫폼으로서 항공기 역할의 중요성 증대
 - ⇒ 항공기 관측 기능의 향상은 수치예보모델의 예측성능 향상에 직접적으로 기여함
- (시급성) 국제적으로 ADS-C, MODE-S, MODE-S MRAR 등 다양한 방식의 신규 관측과 활용 방안에 대한 연구가 진행되고 있으나, 국내 확보 기술 수준은 AMDAR 활용 및 ADS-B 자료 수집 단계
 - ⇒ 다양한 방식의 항공기 기반 관측 기술의 도입 및 활용에 대한 검토 추진 시급

⇒ 수집된 ADS-B 데이터 활용 방안에 대한 연구 추진 시급

- (미 추진시 문제점) 현재 국내에서는 ADS-B 데이터 수집 및 기상정보 산출이 시험적인 단계로서, 대규모 ADS-B 데이터 수신 및 품질개선 처리를 수행할 자동화된 시스템 기술 없이는 고해상도 수치모델의 입력 데이터로서 활용 가능성은 낮음

□ 추진 전략

- 공항 및 항공로상의 관측범위 확대와 위험기상 조기탐지 강화를 위해 항공기 기반 관측 자료의 기상정보 산출 기술개발 추진
- 공항공역 및 고층기상 관측자료의 신뢰도 향상 및 활용 확대를 위해 항공기 기반 관측자료 산출 기상정보의 품질개선 기술개발 추진
- 항공기 기반 관측자료 산출 기술 및 품질관리 기술의 시범운영 추진 및 이를 통한 기술 보완 추진

□ 연구목표

- 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발
 - 항적자료(ADS-B) 관리 체계 분석 및 정의
 - 항적자료(ADS-B) 기반 기상정보 산출 기술개발 및 시범운영
 - 항적자료(ADS-B) 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발 및 시범운영

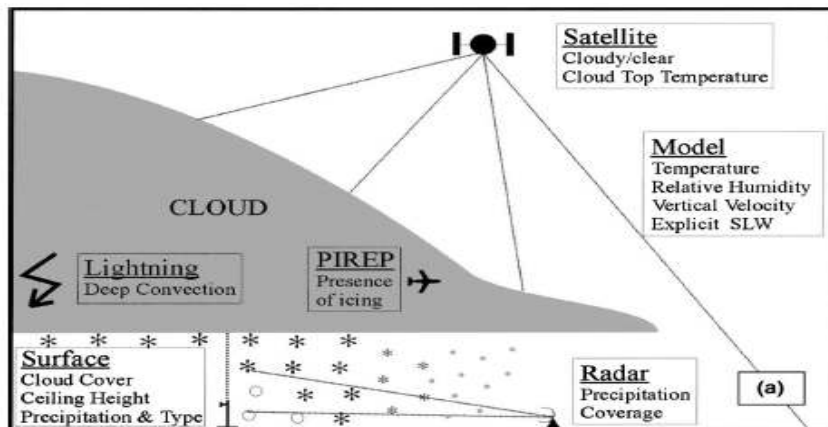


그림 165. 공항 및 접근 영역의 종합 기상 관측망 구성

□ 연차별 연구목표

○ (1차년도)

- 항적자료(ADS-B) 관리 체계 분석 및 정의
- 항적자료(ADS-B) 기반 기상정보 산출 기술 요구사항 정의 및 설계
- 항적자료(ADS-B) 기반 산출 기상정보 품질관리 기술 요구사항 정의 및 설계

○ (2차년도)

- 항적자료(ADS-B) 기반 기상정보 산출 기술개발
- 항적자료(ADS-B) 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발

○ (3차년도)

- 항적자료(ADS-B) 기반 기상정보 산출 기술검증 및 시제품 개발
- 항적자료(ADS-B) 기반 산출 기상정보 품질관리 기술검증 및 시제품 개발

○ (4차년도)

- 항적자료(ADS-B) 기반 기상정보 산출 기술 및 품질관리 기술 시범운영
- 항적자료(ADS-B) 기반 기상정보 산출 기술 및 품질관리 기술 보완

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|--|---------------|------|-----------|------|-----|-----|
| 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - 항적자료 관리체계 분석 및 정의 - 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 - 항적자료 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발 | 분석정의 | | | | | |
| | 요구사항정의/ 설계 | 기술개발 | 시제품 구현 | 시범운영 | | |
| | 요구사항정의/ 설계 | 기술개발 | 시제품 구현 | 시범운영 | | |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 다양한 항공기 기반 관측 기술(Mode-S, ADS-B, ADS-C, Mode-S MRAR 등)에서 유도된 기상정보를 기반으로 센서데이터 교차검증을 통한 관측 데이터 품질 개선 및 항공로/공역 상의 위험기상 조기 감지 기반 구축에 활용 가능
- (정책적) 국제 표준에 부합하는 관측 장비 및 시스템 규격 정의로 글로벌 항행 표준 체계 변화에 대응 가능
- (기술적) 개발 기술을 기반으로 공항 공역 특화 관측 기술의 검증과 활용을 통해 항공기상 관측 기술의 고도화 가능
- (경제적) 공항 공역의 위험 기상에 대한 조기 탐지를 통해 항행안전 및 효율성 제고
- (사회적) 공항 공역의 상세 기상정보 활용을 통한 융합 서비스 활성화 토대 마련

3. (세부 사업 1_3) 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발

| | |
|----|--|
| 개요 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 위험기상 사전 탐지 및 실시간 대응을 위한 항공융합정보 기반의 통합실황감시 표출 및 분석 기술개발 |
| 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 공항 기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술개발 ◇ 공역 기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술개발 |

□ 개요

- (목적) 항공기상정보는 항공운항에 직접적인 영향을 주는 요소이나, 항공정보와 항공기상정보가 개별 시스템을 통해 사용자에게 제공되고 있음. 이와 함께, 항공관계기관간 정보 공유 확대와 통합정보의 필요성이 증대됨에 따라 항공기상정보와 항공운항정보를 융합하여 위험기상 사전 탐지 및 실시간 대응을 위한 통합실황감시 표출 및 분석을 가능하게 하는 기술을 개발함
- (범위) 공항과 공역에 대한 항공기상 및 항공교통자료 통합실황감시 및 분석 서비스 기술개발
- (기간 및 예산) 5년, 16억 원
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- (감시영역 변화 추세) ICAO의 ‘미래 항공기상정보 서비스’ 비전(’18년)에 따른 항공교통 선진국들의 항공교통기반 항공기상 실황 서비스 영역 확대(관계기관의 ‘공역’ → ‘동아시아’ 확대 요구) 추세 예상
 - ICAO는 세계교통량이 ’30년까지 3천만대에서 6천만대로 2배가량 증가될 것으로 예측(출처: Global Air Transport Outlook 2030)
 - 항공수요 증가 전망에 따라 효율적인 항공교통 관리를 위한 항공교통관리 시스템은 전 세계를 통합하는 '네트워크 관리' 접근방식으로 전환하고 있으며, 이를 위한 고품질의 교통+기상 실황정보 요구
 - ※ 국가 및 비행정보구역(FIR) 경계를 넘어 현상 중심으로 광역적 접근 방식 채택
- (실황자료의 다양화·고급화 추세) 영역확대에 따른, 다양한 기상자료 확대 제공 및 증가 추세인 항공교통 자료와의 융합을 사용자 친화적인 고급스러운

인터페이스(예: 3D 등)로 제공하는 추세

- 항공기상 자료의 양적·질적 확대 측면: 레이더, 위성, 항공기 관측 자료(ADS-B), 신형 AMOS 등
 - ※ 국내의 경우 '19년 말부터 원시자료 수집 중이며, 이를 활용한 기상정보 추출 필요
- 증가 전망인 다양한 항공교통 자료의 양적 확대 및 실시간성 자료 제공 확대
 - 측면: 실시간성 항적정보(항로: ADS-B 등, 공항: 이착륙 정보 등)

○ (실황정보 자료처리 자동화 이슈) 확대된 감시영역에 대한 증가 전망인 실황정보(교통+기상) 제공을 위한 다중·대량의 원시자료 및 가공자료의 처리·관리·융합·분석을 위한 효율적 방안 확보 이슈

- 실시간성 빅데이터 성향의 항공교통자료와 항공기상자료가 융합된 실황정보 제공을 위한 지속 가능한 관리체계 확보 추진 추세
- 미국교통부는 전략계획('18~'22)에서 항공데이터 교환프로그램 및 실행전략을 수립하여, FAA의 NextGen 프로그램을 통해 향상된 데이터 공유 백본 및 기상처리·배포 핵심기술을 확보 추진* 중
- 영국은 '17년 항공전략(수평선 넘어로-영국 항공의 미래 항공)에서 '혁신, 테크놀로지, 기술개발 전략' 목표 분야를 설정하여 여러 기관과의 데이터 공유 및 자동화 조치를 제안하여 추진* 중

* 출처: 2018 한국교통연구원, '미국, 유럽의 중장기 항공정책 분석과 시사점'

□ 현황 및 시사점

○ (국외 현황) eWAS(Weather Awareness Service for your Electronic Flight Bag)는 조종사에게 항공기상정보와 실황예보를 통합 형태로 제공하여 위험기상 회피 항로 운영 등을 지원하고 있음

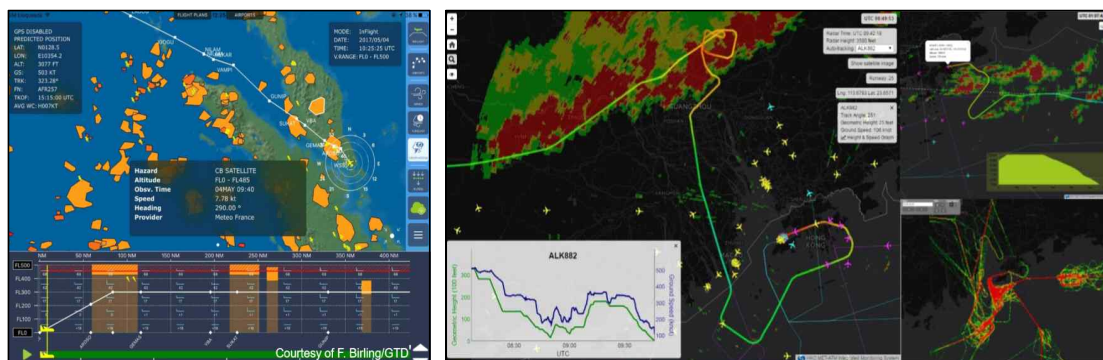


그림 166. 항공교통정보와 항공기상정보를 융합한 통합실황표출 예시

○ (홍콩) 홍콩천문대(Hong Kong Observatory, HKO)와 민간항공국(Civil

Aviation Department, CAD) 간의 합의에 따라 HKO는 국제 항공 항법을 지원하기 위해 ATM 맞춤형 MET 정보 및 서비스를 제공하고, 이러한 정보와 빅데이터 성격의 항공교통 정보를 융합하여 모니터링 및 분석하는 기술개발

- Tactical Decision Products : AD의 ATMS의 교체를 계기로, 전술적 의사결정에 있어 ATC를 지원하기 위해 ATMS와 맞춤형 MET 정보를 통합



그림 167. 홍콩 - CAPPI 영상이 중첩된 ATC 콘솔 화면

- (국내 현황) 항공기상과 항공교통정보가 융합되어 제공하는 관련 국내 연구는 크게 진행된 바 없음
- (시사점) 항공수요 증가 전망과 영역확대에 따른, 다양한 기상자료 확대 제공 및 증가 추세인 항공교통 자료와의 융합을 사용자 친화적인 고급스러운 인터페이스로 제공하는 추세로 발전되고 있음
 - 대한민국의 항공교통 및 항공기상 실황 서비스 운영 영역도 국가에서 지역/글로벌로 확대하고, 이에 따른 고품질 통합실황정보 제공 필요
 - 확대된 영역에 대한 항로와 공항을 구분한 실시간성 항공교통 실황 정보와 풍부한 항공기상 실황 정보를 융합한 항공교통·기상 실황 정보의 사용자 친화적인 고급 인터페이스로 제공 필요
 - 항공교통자료와 항공기상자료가 융합된 공항·공역 실황정보의 적시적인 제공을 위한 자동화 기반 체계 확보 필요

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) 항공수요 증가 전망과 영역확대에 따라, 인천공항 등 국제적인 허브

공항의 역할 수행과 국제 경쟁력을 유지하기 위해서는 항공기상과 항공교통이 융합된 통합실황감시 서비스를 시급 추진 필요

- (정부지원 필요성) 항공교통의 안전 및 항행 효율성을 확보하기 위해 ICAO GANP의 국가별 이행계획과 NARAE 계획에 부합하는 항공기상 정보와 빅데이터 성격의 항공교통 정보의 융합 및 서비스 제공은 대규모의 재원이 소요되는 일로 민간이 주도할 수 없음
- (기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성) 다른 유사 사업은 없음
- (미 추진시 문제점) 미래 다양한 형태의 소형 비행체 기반 산업 및 메시업 서비스 분야의 기술 경쟁력 미비로 미래산업 선진국 대열 합류 및 유지 불가능

□ 추진 전략

- 인천공항 및 제주공항 같은 거점 공항에 대한 다양한 항공기상/항공교통 실황 정보 수집과 처리를 기반으로 하는 공항 중심의 실황 현황 제공 부분과 '19년에 설치된 ADS-B 수신 시스템 정보를 이용한 동아시아 지역의 항로에 대한 융합 실황 현황 제공 부분으로 나누어 사업 추진

□ 연구목표

- 공항 기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술개발
 - 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술
 - 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술
 - 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시 및 분석 기술
- 공역 기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술개발
 - 공역 항공교통자료 연계처리 기술
 - 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술
 - 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 기술

□ 연차별 연구목표

- (1차년도)
 - 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계
 - 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계
 - 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계
 - 공역 항공교통자료 연계처리 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계

- 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 정요구사항 분석 및 기능 정의/설계
- 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계

○ (2차년도)

- 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 구현
- 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현
- 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현
- 공역 항공교통자료 연계처리 기술 구현
- 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현
- 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현

○ (3차년도)

- 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축
- 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현 및 시스템 구축
- 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 및 시스템 구축
- 공역 항공교통자료 수집 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축
- 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현 및 시스템 구축
- 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 및 시스템 구축

○ (4차년도) 항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석 시스템 통합 시범운영 및 개선

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|------------------------------------|--|-----|--------------------|-----|-------|-----------|
| 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | | | | | | |
| - 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 | | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 | | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시 및 분석 기술 | | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공역 항공교통자료 연계처리 기술 | | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 | | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 기술 | | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 시스템 통합 및 시범운영 | | | | | | 시범운영 및 개선 |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 항공 궤적을 고려한 항공기상 감시와 위험기상 자동분석을 통한 위험기상 사전 탐지 및 신속한 대응으로 항공운항의 안전과 효율성 향상에 기여
- (정책적) 동아시아 항공교통 정책 경쟁력 확보 및 글로벌 항공교통 변화에 대응 가능
- (기술적) 항공교통과 항공기상이 융합된 통합감시 분석 체계 서비스 기술 확대 가능
- (경제적) 향후 미래 항공기상 서비스 적용을 통한 항행안전 및 효율성 제고와 기반산업인 항공교통산업 지원 가능
- (사회적) 교통과 융합된 항공기상 서비스 제공을 통한 안전한 항공교통 활성화 토대 마련 가능

제 2 절 (내역 사업 2) 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발

| 현재(As-Is) | 미래(To-Be) |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 기상청 전구(10km) / 국지모델(1.5km) 예보모델 활용 ○ 공항/공역 항공기상 요소별 실황에 근거한 예/경보 ○ 위험기상 발생확률과 위험 수준 등의 상세한 예측정보를 요구 ○ 공항/공역 항공기상 요소별 예/경보 검증 체계 미비 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ ○ 공항역 초고해상도 수치예보 모델 제공 ▶ ○ 공항/공역 항공기상 요소별 선행시간을 가지는 예/경보 ▶ ○ 항공 위험기상에 대한 확률예측정보 생산 ▶ ○ 공항/공역 항공기상 요소별 예/경보 검증 체계 |
| <p>추진 방향</p> | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 항공교통의 패러다임에 대응할 수 있는 고해상도 수치 모델 개발 ◇ 위험기상에 선제적으로 대응하기 위한 항공기상 확률 예측 기술개발 ◇ 지속적인 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발 |

GLOBAL (EG)

- Resolution: N788L70 (UM)
- [-17km / top = 80km]
- Target Length: 288hrs (00/12UTC), 87hrs (06/18UTC)
- Initialization: Hybrid Ensemble 4DVAR

E-ASIA (ND)

- UM 12kmL70 (top=80km)
- Target Length: 87hrs/72hrs (6 hourly)
- Initialization: 4DVAR

LOCAL (VDPS) (EG)

- 1.5kmL70 (UM) / 3DVAR (744-828 / top=39km)
- Target Length: 12hrs (1 hourly cycle)

LOCAL Ensemble (EG)

- Resolution: 3kmL70 (UM)
- Target Length: 72hrs
- # of members: 13

Global EPS (EG)

- Resolution: N400L70 (UM)
- [-32km / top = 80km]
- Target Length: 288hrs
- IC: GDAPS
- # of Members: 49
- Perturbation: ETKF, RP, SKEB2

LOCAL (LDPS) (EG)

- Resolution: 1.5kmL70 (UM)
- (744-828 / top = 39km)
- Target Length: 36hrs (3 hourly cycle)
- Initialization: 3DVAR

Aviation Weather System: 지상관측, 항공관측, 수지모형, 위성관측

1. (세부 사업 2_1) 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발

| | |
|-----------|---|
| 개요 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 항공기 안전운항에 기여하고 위험기상에 선제적으로 대응하기 위한 항공기상 특화 수치모델 개발 |
| 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 감시영역별 항공기상 nowcasting 수치예보모델 개발 (역학/통계 모델) ◇ 항공기상 특화 수치모델 시범운영 |

□ 개요

- (목적) 항공기 안전운항에 기여하고 위험기상에 선제적으로 대응하기 위한 항공기상 특화 수치모델 개발
- (범위) 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 역학모델 및 공항예보 가이던스를 제공하는 항공기상 특화 통계모델
- (기간 및 예산) 5년, 78억
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 현재 기상청 국지예보모델 및 기타 예보모델 활용은 항공교통 분야의 고해상, 고정밀의 항공기상정보 제공에 미흡
- 기존 수치모델(LDAPS: 1.5km, GDAPS: 10km)을 항공기상 예·특보에 활용하고 있으나, 항공기상 수요자의 요구 수준에 부응하지 못함
- 국내 및 국제공항에 대하여 6시간마다 공항예보(유효시간 30H), 매시간 이·착륙예보(유효시간 3H/2H)를 발표하고 있으나, 항공사 등 수요자 요구사항은 더 높음
- 전 세계적인 폭발적 항공교통량 증가와 미래 항공기반 산업의 증가 예상에 따라 안전한 항공운항을 위한 보다 상세하고 정확한 항행 전주기에 대한 항공기상 예·특보 정보와 활용정보 요구 증대
- 안전하고 효율적인 항공교통의 항공기상정보 제공을 위한 한국형 수치예보모델의 초해상화와 영역 확대 개발 필요

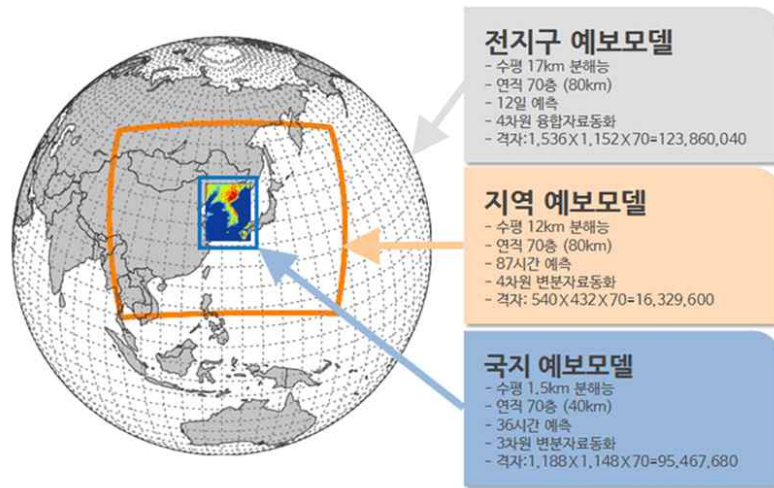


그림 168. 기상청 수치예보모델 종류 예

□ 현황 및 시사점

○ (국내 현황) 기상청 수치모델

- 기상청은 슈퍼컴퓨터를 이용하여 단기 및 주간 예보를 위해 20 여종의 수치예보모델을 하루 약 100회 이상 현업 운영 이외에도 장기예측, 기후변화 관련 모델들과 연구개발을 위한 다양한 수치예보모델들이 운영
- 단기 및 주간 예보를 위한 수치예보모델은 전지구예보모델, 국지모델, 응용 및 통계모델 등으로 구분되며, 전지구예보모델은 이중 가장 기본이 되는 모델로서 특정한 경계가 없이 지구 전체를 대상으로 예측을 수행
- 특정한 지역을 대상으로 하는 모델은 전지구모델로부터 지역 경계 조건을 받아서 수행되며, 한반도 영역의 위험기상을 예측하는 국지예보모델이 있음

○ (국내 현황) 공항국지기상 예측시스템(Airport Weather Prediction System, AWPS)은 공항 예보 현업 지원을 위해 기상청 현업 통합 모델기반의 300m 해상도를 가지는 AWPS는 기상청 현업 GDAPS의 분석장을 초기장으로 사용하여 총 4개의 제한지역모델(Limited Area Model, LAM)은 4.4km, 1.5km, 500m, 300m 해상도로 구성되어 1 ~ 15시간 예측자료를 생산

○ (국내 현황) 국지분석시스템과 중규모 모델을 결합한 초단기 기상분석 및 예측시스템(KLAPS, Korea Local Analysis and Prediction System)인 초단기 예측(KLFS, KLAPS Forecast System)은 한반도 영역을 대상으로 40개 층으로 구성되어 3차원 예측자료를 생산하며, 주로 한반도 영역의 3차원 분석·예측에 이용되며, 빠른 갱신주기로 초단기 강수예측시스템을 운영하며, 5km 공간분해능과 10분 간격, 12시간 예측을 수행하고 위성·레이더·나뉘·운고계·항공기상관측 등 자료동화를 통해 운영 중이나 공항 저시정·난류 등 국지 현상 모의에는 모델 해상도 한계가 여전히 존재

- (국내 현황) 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보 시스템은 영국기상청에서 생산한 규모상세화 패키지 (United Kingdom Post Processing, UKPP)를 활용하여 기상청 현업모델(LDAPS) 기반의 규모상세화 체계(Korea Meteorological Administration Post Processing, KMAPP)를 구축

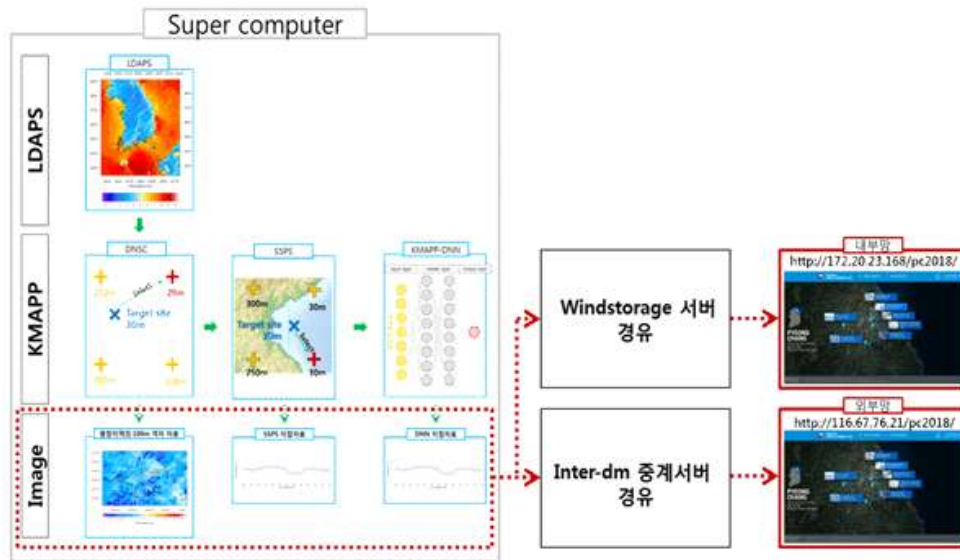


그림 169. 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보시스템의 흐름도
(출처: 2018 평창 동계 올림픽 고해상도 기상예측정보 시스템 운영 기술 보고서, 2018, 국립기상과학원)

- (미국) 2014년에 출시된 최신 모델인 HRRR(High Resolution Rapid Refresh)은 NOAA NCEP에서 2014년부터 운영되는 중규모 고해상도 시간 단위 업데이트 예보모델로 미대륙 전체에 대해 51개의 수직 레벨로 수평으로 3km의 더 정밀한 해상도를 제공
- (유럽) AROME Airport의 목적은 해당 위치에서 신속하게 업데이트되는 고해상도 일기 예보를 제공하는 것으로 AROME NWC를 기반하며, SESAR 프로젝트의 일환으로 수행되었고, AROME Airport의 기본은 2.5km의 해상도로 하루에 4번 실행되는 운영모델이며 두 가지 모델로 구성(첫 번째는 운영모델과 동일한 해상도를 가진 모델로, 600km × 600km의 프랑스 북부 대부분을 커버하는 AROME-airport 2.5km 도메인이며, AROME-airport 500m 도메인은 공항 주위로 500m 해상도와 약 100km x 100km 면적을 포함)
 - AROME-airport 2.5km 도메인은 운영모델과 동일한 수직 해상도 및 시간 단계, 60개의 수직 레벨 및 60초 시간 단계를 갖는 반면 고해상도 모델인 AROME-airport 2.5km 도메인은 113개의 수직 레벨 및 20초의 시간 단계로 실행

○ (홍콩) AVM(Aviation Model)

- AVM은 홍콩국제공항(Hong Kong International Airport, HKIA)의 미세한 단기 기상 예측을 위해 홍콩천문대(Hong Kong Observatory, HKO)에 의해 WRF(Weather Research and Forecasting) 모델을 서브 킬로미터 해상도로 구현한 모델
- AVM은 두 개의 단일 중첩 도메인으로 600m 수평 해상도에서 AVM-PRD 도메인 및 200m 수평 해상도에서 AVM-HKA 도메인으로 구성

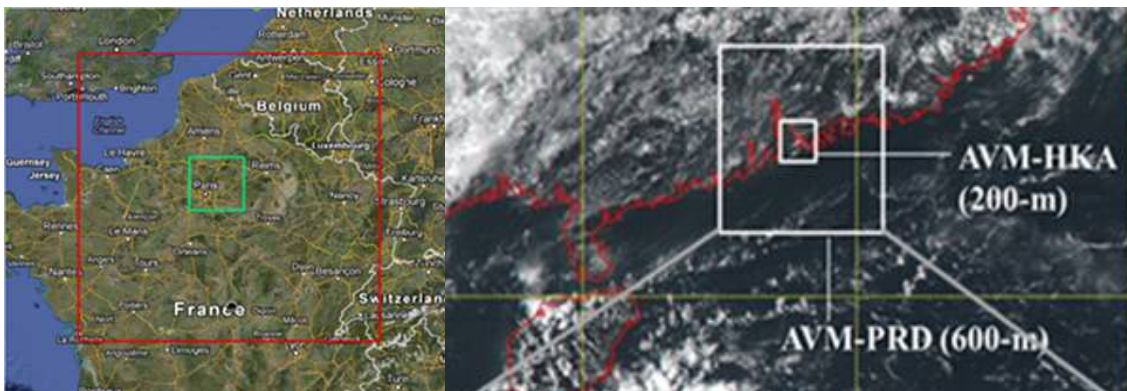


그림 170. AROME 모델 적용 영역
(공항 2.5km 도메인:빨간색, AROME- 공항 500m 도메인: 녹색),
AVM-PRD vs AVM-HKA 범위/해상도)

- (시사점) 항공기상 특화 수치모델 고해상도화 개발(공간 해상도 < 0.5 km, 시간 해상도 < 5분)을 위해 감시영역별 수치모델 단계적 고해상도화 개발 추진 필요(AVM 수평 해상도 예, 600m (350km×350km), 200m (50km×50km))

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) 항공기 안전운항에 영향을 주는 바람, 저시정, 저층 윈드시어 등 위험기상 예측수준의 향상이 요구
- 국지적이고 세분화된 예·경보 업무수행을 위해 공항의 특성이 반영된 초고해상도 수치모델 필요
- 비행 중인 항공기의 전술적 의사결정(2시간 이내), 계획된 항공기의 전략적 의사결정(2~8시간)을 위해 실황 변화를 반영하여 빠르게 갱신되는 초단기 항공기상정보 제공 필요
- 또한, 비행계획(12~48시간) 수립에 필요한 보다 정확한 항공기상정보 제공을 위한 통계기반의 항공기상 특화모델 필요
- (정부지원 필요성) 전 세계적인 항공교통량 증가와 미래 항공기반 산업의 증가

예상에 따라 안전한 항공운항을 위한 보다 상세하고 정확한 항행 전주기에 대한 항공기상 예·특보 정보와 활용정보 요구되고, ICAO 규정에 따른 항공교통의 효율적 관리를 위한 항공기상 정보 제공은 국민 안전과 직결된 국가 의무로서 정부 지원이 타당함

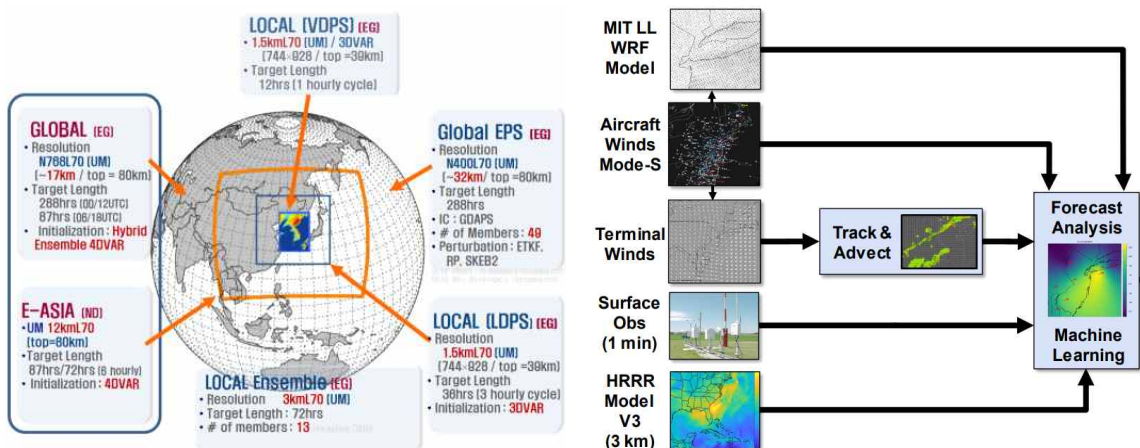
- (기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성) 평창동계올림픽에서 사용한 통계모델이 존재하나 항공기상에 필요한 적시에 제공 가능한 정보생산에는 실효성이 떨어짐
- (미 추진시 문제점) 국내외 정책에 기반한 기술개발을 통한 미래 항공기상분야 변화에 대응 불가능

□ 추진 전략

- 시공간 상세 항공기상 예측기술개발
 - 현 모델의 시/공간 해상도의 한계로 항공교통의 패러다임에 대응할 수 없기에 감시영역별 고해상도 수치모델 개발 추진
 - 평창동계올림픽에서 사용했던 규모 상세화(KMAPP) 통계모델 고도화 또는 타 상세화 방법론을 통한 기존 수치예보 모델의 상세화 개발 추진

□ 연구목표

- 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발
 - 감시영역별 항공기상 nowcasting 수치예보모델 개발 (역학/통계 모델)
 - 항공기상 특화 수치모델 시범 운영



□ 연차별 연구목표

- (1차년도) 항공기상 특화 역학모델 및 통계모델 요구사항 분석 및 설계
 - 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 역학모델 요구사항 분석 및 기술 정의
 - 공항예보(TAF) 정확도 향상을 위한 항공기상 특화 통계모델 요구사항 분석 및 기술 정의
- (2차년도) 항공기상 특화 역학모델 및 통계모델 기술개발
 - 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 역학모델 기술개발
 - 공항예보(TAF) 정확도 향상을 위한 항공기상 특화 통계모델 기술개발
- (3차년도) 항공기상 특화 역학모델 및 통계모델 현업 기술개발
 - 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 역학모델 현업 운영체계 구축
 - 공항예보(TAF) 정확도 향상을 위한 항공기상 특화 통계모델 현업 운영체계 구축
- (4차년도) 항공기상 특화 역학모델 및 통계모델 현업 개선/구축
 - 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 역학모델 개선/구축
 - 공항예보(TAF) 정확도 향상을 위한 항공기상 특화 통계모델 개선/구축
- (5차년도) 항공기상 특화 역학모델 및 통계모델 현업 시범 운영
 - 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 역학모델 시범 운영 및 개선
 - 공항예보(TAF) 정확도 향상을 위한 항공기상 특화 통계모델 시범 운영 및 개선

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|-----------------------------|----------------------|------------|------|------|---------|-----------|
| 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | | | | | | |
| | - 초단기 항공기상 역학모델 기술개발 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시범운영 및 개선 |
| | - 항공기상 특화 통계모델 기술개발 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시범운영 및 개선 |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 항공기상청의 미래 항공기상 고해상도/고신뢰도 정보를 통해 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행에 활용 및 항공운항 의사결정에 필요한 고해상도 항공기상 예측정보 제공체계 마련
- (정책적) 국내외 정책에 기반을 둔 기술개발을 통한 미래 항공기상 분야 변화에 대응 가능
- (기술적) 항공기상 특화 수치모델 기술개발을 통한 기술 선진화 가능
- (경제적) 수요자 맞춤형 항공기상정보 정확도 향상을 통한 경제적 피해 최소화 및 연관 산업의 생산성 향상
- (사회적) 미래 항공기상정보 개발을 통한 항공기상정보 활용 확대 및 만족도 증진 도모

2. (세부 사업 2_2) 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발

| | |
|----|--|
| 개요 | ◇ 안전운항에 기여하고 위험기상에 선제적으로 대응하기 위한 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반의 공항·공역 위험기상 확률정보 산출 기술개발 |
| 목표 | ◇ 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 공항 특화 항공기상요소 확률예측 기술개발 ◇ 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 공역 특화 항공기상요소 확률예측 기술개발 |

□ 개요

- (목적) 항공사 및 관제기관 등 항공기상정보 수요자는 기상정보의 불확실성을 고려한 항공운항 의사결정을 위해 위험기상 발생확률과 위험수준 등의 상세한 예측정보를 요구함에 따라 안전운항에 기여하고 위험기상에 선제적으로 대응하기 위한 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반의 공항·공역 위험기상 확률정보 산출 기술개발
- (범위) 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반의 공항·공역 위험기상 확률정보 산출기술
- (기간 및 예산) 5년, 35억 원
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 세계주요 항공산업을 이끄는 선진국들은 지속적으로 증가하는 항공수요에 대비하여 항공기상 서비스의 고도화에 많은 노력과 재원을 투자하고 있음
- 미국의 NextGen(Next Generation Air Transportation System)과 유럽의 SESAR(Single European Sky ATM Research)는 안전과 효율을 증진 시키는 미래 항행시스템 구축을 단계적으로 이행 중
- 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization)는 2013~2028 국제항공항행계획(GANP, Global Air Navigation Plan)을 수립하여 회원국 자국의 상황에 맞는 ASBU(Aviation System Block Upgrades) 추진을 권고하고 있으며 이에 발맞춰 항공교통산업이 발달한 회원국들은 ICAO 표준과 권고 사항에 따라 자국의 실정에 맞는 미래 항공시스템 전환계획을 추진 중
- 우리나라도 국토교통부가 ASBU에 따른 차세대 항공교통시스템 구축계획(NARAE,

National ATM Reformation And Enhancement)을 추진 중

- 이러한 항공 교통 부분의 변화를 지원하기 위해서 세계기상기구(WMO, World Meteorological Organization)에서는 2016~2019년 전략계획을 수립하였음

표 59. 항공기상 예특보 현황

| 현황 | 항공기상 예·특보 종류 | 내용 | |
|----|---------------------|--|---|
| 예보 | 공항예보(TAF) | <ul style="list-style-type: none"> •풍향/풍속/시정/상수/운량/운고/기온 •일기현상: 어는강수/어는 안개/보통 또는 강한비(소낙성 포함)/낮게 날린먼지(모래, 눈)/높게 날린먼지(모래, 눈)/먼지폭풍/모래폭풍/뇌전/스콜/갈매기 구름(토네이도, 용오름) | |
| | 착륙예보 | <ul style="list-style-type: none"> •지상풍/시정(수직시정 포함)/운량/운고 •일기현상: 어는강수/어는 안개/낮게 날린먼지(모래, 눈)/높게 날린먼지(모래, 눈)/뇌전(강수유무 무관)/스콜/갈매기 구름(토네이도, 용오름) | |
| | 이륙예보 | 풍향/풍속/기온/기압 | |
| | 위험기상예보(SIGWX) | 중고고도 위험기상예보 | - |
| | | 저고도 위험기상예보 | - |
| | 저고도 구역예보 | - | |
| 특보 | 중고고도 위험기상정보(SIGMET) | 뇌전/태풍/심한 난류/심한 착빙/심한 산악파/강한 먼지폭풍/강한 모래폭풍/화산재/방사능구름 | |
| | 저고도 위험기상정보(SIGMET) | 지상풍속/지상시정/뇌전/산악 차폐/구름(적란운 또는 탑상적운)/보통 착빙/보통 난류/보통 산악파 | |
| | 공항경보 | 태풍/황사/실링(운고)/저시정/강풍/호우/대설/뇌전/어는강수/서리/지진해일/화산재 침전물/유독화합물질 | |
| | 윈드시어 | - | |

- 이에 기상청은 WMO의 전략계획에 발맞추어 항공기상의 영향예보 강화를 기본 전략으로 채택하고 중점적으로 추진하고 있음
- 이러한 상황에서 미래 항행 시스템의 주요 골격인 안전과 효율의 측면에서 항공기의 결항, 지연, 회항에 영향을 미치는 위험기상을 조기에 탐지하고 예측하는 항공기상 예보 분야 고도화가 필요
- 항공운항의 단계와 위험기상의 영향에 따른 항공운항과 위험기상은 비행 이륙 전, 이륙, 출발 구역, 도착 랜딩, 비행 후의 단계로 나누어 연관을 가짐

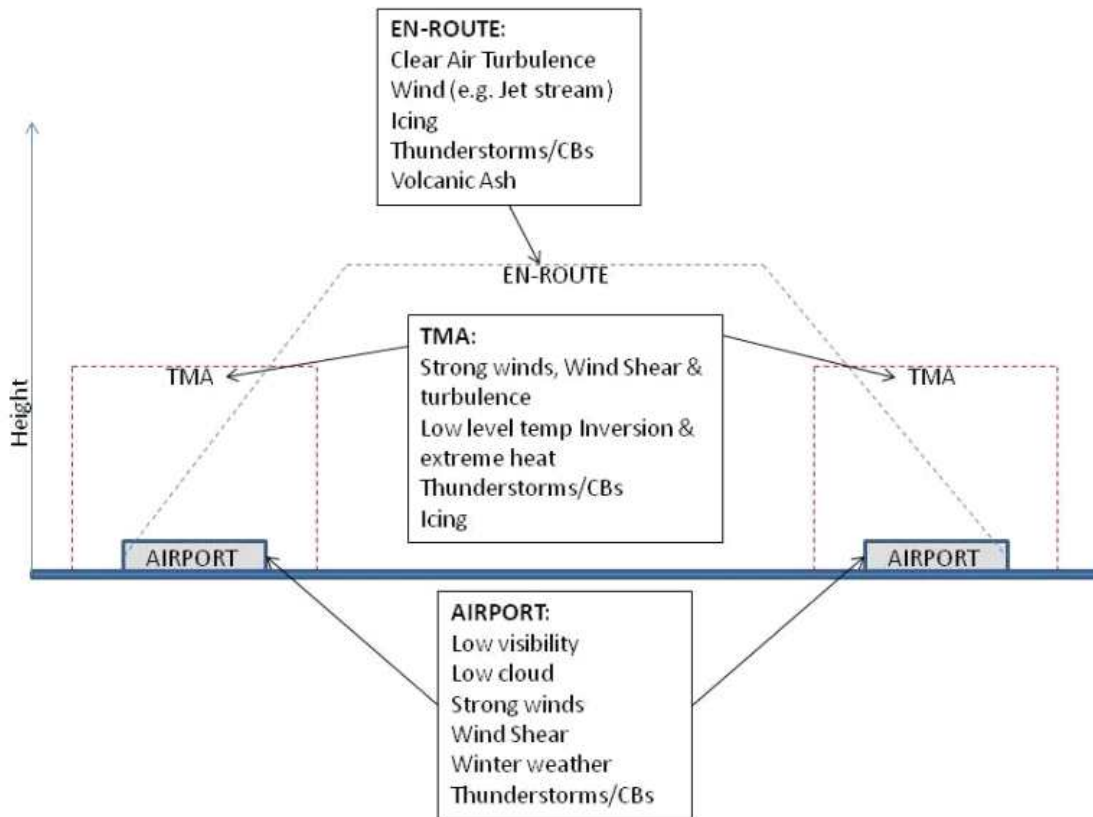


그림 171. 운항단계별 기상정보

(출처: Meteorological Information Integration for Trajectory Based Operations Concept and Road map, WMO)

- 운항단계별 기상정보는 크게 공항, 이/착륙, 항공로(순항고도) 상의 예보로 3단계로 나뉨
 - 공항예보의 경우: 저시정, 하층운, 강풍, 윈드시어, 겨울 기후, 낙뢰 등과 같은 기상 현상
 - 이/착륙예보와 관련한 TMA(Terminal Area)의 경우: 강풍, 윈드시어, 저고도 난류, 저고도 온도 역전/폭염, 낙뢰, 착빙 등과 같은 기상 현상
 - 순항고도인 항공로 상의 예보의 경우: 청천난류, 바람, 착빙, 성층권 침투 대류운, 낙뢰, 화산재와 같은 기상 현상
- 특히, 일반 민항기의 경우 10,000m 이상 비행하여 날씨의 영향은 최소화되나 공항예보의 이륙 및 착륙하는 동안 항공기는 약간의 기상 현상에도 민감하게 반응함으로 실제 순항고도보다 더 많은 기상현상에 노출되어 있음.
- 항공기 사고는 대부분 굉장히 치명적인 결과를 초래하고, 이로 인한 인명피해를

동반한 재난사고를 동반하는 경우가 큼.

- 보잉(Boeing)사에서 제시한 전 세계 비행국면별 사고 및 재난사고 통계자료를 보면 비행기 전체 운항 중 이/착륙 시간이 가장 적은 시간(6%)을 차지하나 전체 사고율에서는 63%를 차지하는 높은 위험률을 보임.
- 또한, 항공기 사고의 19%는 기상요소에 의해 발생하며, 이중 바람과 관련된 사고가 42%이고 지연과 결항에 관한 비중도 각각 22%, 57%로 차지함
- 이처럼 공항예보의 중요성은 전체 항공로 상에 가장 큰 비중을 차지하는 만큼 공항예보의 정확한 진단과 고도화는 필요한 부분이며 항공기 운항 과정에서 각각의 국면에 지대한 영향을 미치는 기상 현상, 특히 항공기 운항에 위험을 초래할 수 있는 뇌우, 윈드시어 등이 발생할 때 항공 교통관제사의 업무 과중과 심각한 항공로 교통 체증을 일으킴

Fatal Accidents and Onboard Fatalities by Phase of Flight

Fatal Accidents | Worldwide Commercial Jet Fleet | 2008 through 2017

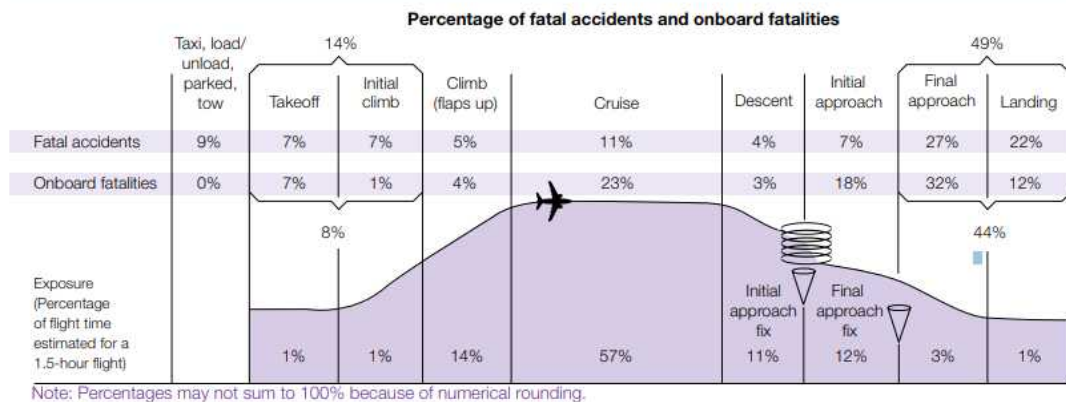


그림 172. 2008-2017 비행국면별 사고 및 재난사고
(출처: Boeing Commercial Airplanes)

- 또한, 중요 항로상의 항공기에 미칠 수 있는 기상현상에 대한 위험기상예보를 통해 비행계획 단계에서 위험기상 예상 지역을 회피할 수 있는 항로 선정 가능하다는 점에서 항로상의 위험기상정보는 중요한 요소임
- 4차 산업혁명 시대의 등장으로 항공분야뿐만 아니라 사회 전반이 급변하고 있으며, 미래기상 업무혁신을 위한 선제적인 체계 구축이 필요하며 글로벌 IT 기업은 기상예보 및 서비스 분야에 인공지능 기술을 도입하고 있으며, 주목할 만한 성과를 달성함
- 인공지능기술 도입을 통해 해외의 기상예보 능력이 국내 실정보다 높아질 경우, 기상서비스에 대한 신뢰도가 하락하고 국내 기상산업의 경쟁력이 약화가

우려되므로 인공지능 등 제4차 산업혁명 관련 최신기술 도입으로 기상예보와 관련한 사회이슈에 대한 적절한 기술적 대응을 위한 융합기술 연구개발 지원이 필요함

- 기상 현상은 대기 자체의 불확실성과 수치모델의 예측 한계 등으로 불확실성이 존재하며, 이러한 불확실성을 가지는 기상예보의 결정론적 예보는 근본적인 한계가 존재함
- 국내의 예보정확도가 단기 강수 유무 예보의 경우 정확도 92.2%임에도 불구하고, 기상서비스에 대한 체감도는 여전히 미흡한 상황이며, 기상에 의한 사회적, 경제적 영향정보를 반영하지 않는 현상 중심의 예보 서비스의 한계로 의사결정 지원이 불충분함.
- 국제적인 기업들은 기상 예측 및 서비스 분야에 대해 인공지능 기술의 도입을 시도하고 있으며, 주목할 만한 성과를 달성하고 있지만, 현재 국내에서는 기상 분야에 이렇다 할 기상-인공지능 융합기술개발사업이 부족하여 기술격차 심화가 우려되는 상황이기에 기상 분야 인공지능기술에 대한 선제적 투자로 연구개발을 위한 기반 구축 필요
- 현재 항공기상청에서 제공하는 예보/특보 기상 데이터는 UM 자료를 기반으로 예측하며 UM 자료는 비선형적 기상 예측에 있어서 초단기보다 장기예측에 한계를 보임 또한 기존 수치예보모델의 격자점보다 작은 아격자 규모의 예측이 어려워 세부지점 예보에 한계점이 존재함
- AI 기술은 기상정보 예측에 있어서 초단기보다 장기예측 측면에서 UM보다 10% 이상 정확도가 개선됨이 보고되고 있고, AI 기술 도입으로 UM 자료를 보조할 수 있는 활용 산출물로서 기상예보 지원을 위한 부가적인 의사결정 정보를 효과적으로 전달할 수 있음
- AI와 UM을 기반을 두는 Hybrid 모델개발 및 알고리즘 연구는 예보정확도 개선에 많은 성과를 얻을 것으로 예상
- 미래 항공교통 분야에 적용 가능한 다양화되고 정확도가 향상된 미래 항공기상정보 발굴 및 적용을 위한 R&D 필요

□ 현황 및 시사점

- (국내 현황) 기상청 현업 국지규모 확률예측시스템(LENS)은 영국 기상청에서 개발된 통합모델을 기반으로 하는 시스템으로 규모축소 재구성을 통하여 전 지구 확률(양상불) 예측시스템으로부터 초기 섭동장과 경계 자료를 제공받아 1일 2회 (0000과 1200 UTC) 운영
 - 예측자료는 한반도 주변에 대해 3km 해상도로 동서 460개, 남북 482개의

격자로 구성되어 있으며, 기준멤버(0)와 12개의 섭동멤버 등 총 13개의 앙상블 멤버들에 대해 72시간 확률예측을 수행

- (국내 현황) 기상청에서 날씨 예보에 현업으로 이용 중인 전지구 일기예보모형을 이용하여 예측성 좋은 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(Global Korean aviation Turbulence Guidance system, G-KTG)을 개발하고자 하는 연구로 2018년도부터 현재까지 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)의 검증 및 확률예보시스템(P-G-KTG) 개발을 수행
- (국내 현황) 국내 천리안 기상위성-2A AMI에서 산출되는 level 1 자료와 구름상 정보를 모델의 입력자료로 사용하여, 랜덤포레스트 (Random Forest) 기반의 알고리즘을 통하여 착빙 발생 마스크를 산출하며 마스크 지역의 구름분석 자료를 사용하여 착빙발생 강도, 수치모델을 통해 고도를 산출
- (국내 현황) 기상 & 인공지능 융합기술 동향
 - 한국과학기술정보연구원은 단기재난예측 연구과제로 강우량과 태풍진로 예측 딥러닝 모델을 개발하고 있으며, 현재 개발된 기술은 기존에 비해 약 20% 정도 예측 정확도가 개선되었음이 보고되었음
 - KISTI에서는 레이더 데이터로부터 1시간에서 2시간 사이에 내릴 강우량을 예측하기 위해 LSTM 기법을 활용하여 비의 양을 예측하는 연구를 수행하였으며 기존 Linear Regression 대비 최대 23%의 오차율을 줄이는 성능을 보임
 - 해양수산부 국립해양조사원은 인공지능을 활용해 해무 발생확률을 예측하는 기술을 개발하여 해무 정보 제공서비스를 제공하고 있음
 - 안양대학교와 서울대학교에서는 인공지능을 활용한 미세먼지 단기예측 도구 개발사업을 통해서 인공지능 기술이 가능함을 검증하였고 학습변수 예시/공간적 특징을 반영하면 성능이 향상됨을 확인

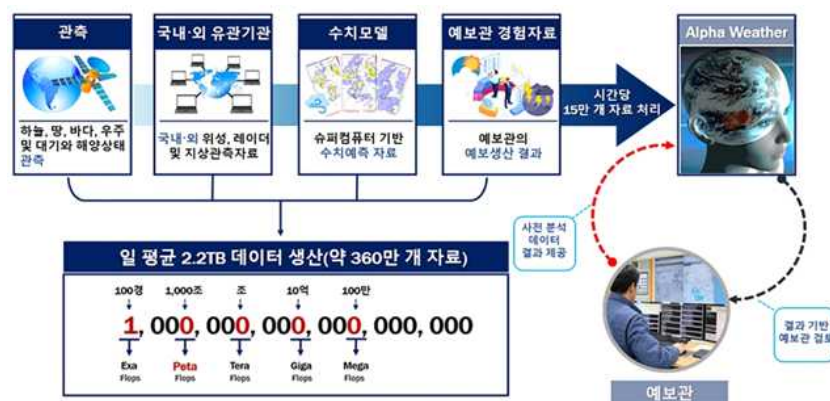


그림 173. 알파웨더 개념도
(출처: 기상청)

- 기상청은 2019년 7월 기상 빅데이터와 차세대 인공지능 기술을 융합한 인공지능(AI) 기상예보 보좌관 ‘알파웨더’를 개발을 시작
- 알파웨더(Alpha weather)는 차세대 인공지능 기술을 적용하여 예보관의 예보생산과정을 학습한 후 시간당 100GB(약 15만 개)의 데이터를 활용·분석하여 예보관이 신속하고 정확한 예보정보를 생산할 수 있도록 지원하는 인공지능 프로그램으로 2019년부터 2027년까지 3단계의 과정을 거쳐 개발 예정임
- (미국) 미국 기상청(National Weather Service, NWS)은 항공기상예보의 특성을 감안하여 LAMP(Localized Aviation MOS Program)라는 개념을 도출하였고, 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공예보 통계시스템으로 관측자료, MOS(Model Output Statistics) 및 단순 모델의 조합
- (미국) HRRRE(WRF-based High-Resolution Rapid Refresh Ensemble)는 NCEP 모델링 제품군의 통일과 간소화를 지원하는 동시에, 고해상도 자료동화기법과 앙상블 예측 방법을 개발하는 것을 목표로 하며, HRRRE는 실험적인 대류성 앙상블(convection-allowing ensemble) 분석 및 예측시스템으로 (1) 앙상블 기반의 다중 스케일 데이터 동화를 통해 0-12시간 고해상도 예측 개선, (2) 초기 섭동과 경계 섭동 및 확률 물리학을 통한 0-36h 앙상블 예측에서 불확실성(spread)에 초점을 맞추고 개발
- (미국) NBM(National Blend of Models)은 NWS(National Weather Service)와 그 외 수치기상예측모델 및 후 처리된 모델을 블렌딩한 산출물로 국가적으로 일관되고 숙련된 예측가이드를 제공하기 위해 개발되었다. 2016년 V1개발을 기점으로 현재 V4.0이 개발되었음
- (미국) MDL(Meteorological Development Laboratory)은 LAMP (Localized Aviation MOS Program) 및 HRRR (High Resolution Rapid Refresh) 모델 예측을 기반으로 격자형 확률 ceiling 및 visibility 예측 가이드를 구현으로 통계적 예측 조합을 LAMP / HRRR Meld라고 하며 REEP (Regression Estimation of Event Probabilities) 기술로 개발
- (미국) GTGN (Graphical Turbulence Guidance Nowcast) 시스템은 대류 소스의 효과를 포함하는 더 나은 난류 예측에 대한 요구를 충족시키기 위해 개발되었고, 빠르게 업데이트된 단기 aviation turbulence-nowcasting으로, 전략적 난기류 회피 목적을 위해 NAS에서 3D 난류 위치와 강도를 가장 잘 표현하기 위한 것으로 GTGN은 모든 난기류 소스(예: low-level, clear-air, mountain-wave, in/near-cloud turbulence)가 설명

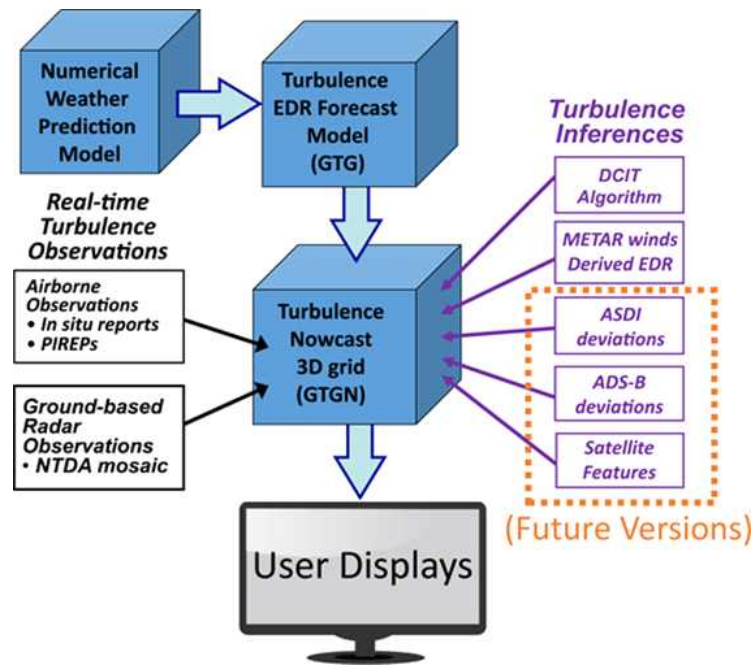


그림 174. GTGN 시스템의 흐름도

출처: Prediction of Energy Dissipation Rates for Aviation Turbulence. Part II: Nowcasting Convective and Nonconvective Turbulence, 2017

- (유럽) Croatia Control에서는 CLIPER는 통계학적 모델로 확률론적 단기 예측을 위한 도구로 시정 예측 과정에서 기후, 지속성 또는 임의 예보가 일반적으로 참조 예측으로 사용되며, 이러한 방법을 기후(CLI)와 지속성(PER)의 조합으로 시정 예측을 평가할 수 있음
- (유럽) SESAR(Single European Sky ATM Research) 2020 Exploratory Research(ER) 프로젝트인 PNOWWA(Probabilistic Nowcasting of Winter Weather for Airports)는 핀란드의 기상학 연구소, 독일의 DLR 및 오스트리아의 Austro Control이 공동으로 추진하였고, 공항운영에 공동 계획의 일부로 사용할 수 있게 모든 공항 운영자에게 겨울 날씨로 인해 어려움을 겪는 항공 교통 관리를 지원하는 방법을 개발하였음
- (유럽) 독일 본 대학교 & 뮌헨국제공항은 1차원 난류모형인 PAFOG(PARAmeterized FOG) 개발하여 독일의 중규모 수치모형인 COSMO(CONSORTIUM for Small Scale MODelling)와 PAFOG 모형과의 접합을 통한 현업화 시도
- (시사점) 앙상블 기반 자료동화 및 수치모델 후처리 과정을 통해 항공기상 요소(난류, 저층 윈드시어, 고고도 착빙, 활주로 착빙, 운저고도, 안개 발생·소멸, 뇌우 발생 예측 등) 확률론적 예측 기술이 선진국을 중심으로 개발 진행 중이므로 국내 관련 기술개발 역량 향상이 필수적이며, 수요자가 원하는 시점에 최신 항공기상 정보 제공을 위해 인공지능을 적용한 예측 성능향상 기술이 Google, IBM 등 선진 기관을

중심으로 개발 추진 중이고 이에 발맞춰 국내 항공기상 기술개발 추진 필요

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) 항공기 안전운항에 영향을 주는 바람, 저시정, 저층 윈드시어 등 위험기상 예측수준의 향상이 요구되며 선진 기관 중심으로 인공지능을 활용한 예측개선을 추진 중이기에 국내 항공기상 산업 생태계 조성 및 보호를 위해 시급성을 요함
- 항공사 및 관제기관 등 항공기상정보 수요자는 기상정보의 불확실성을 고려한 항공운항 의사결정을 위해 위험기상 발생확률과 위험수준 등의 상세한 예측정보를 요구함에 따라 항공 위험기상에 대한 확률예측정보 생산이 필요함

표 60. 공항 항공기상 요소별 수준 진단

| 산출물 | | 1등급 | 2등급 | 3등급 | 4등급 |
|--------------|------|---|---|--|---------|
| 관측 | 저시정 | <ul style="list-style-type: none"> •관측 통합 활용 •공항 내 공간 변동성 감시 | <ul style="list-style-type: none"> •지상 기반 원격탐사 관측 •관측방법별 구름 속성 통찰 | <ul style="list-style-type: none"> •전 활주로 시정계 •기상위성 활용 | - |
| | 낙뢰뇌우 | | | <ul style="list-style-type: none"> •레이더 활용 •기상위성 활용 | |
| | 윈드시어 | | <ul style="list-style-type: none"> •지상 기반 원격탐사 관측 •알고리즘 최적화 | <ul style="list-style-type: none"> •레이더 활용 •3차원 바람 관측 | |
| 가이던스 (SW 기반) | 저시정 | <ul style="list-style-type: none"> •항행 영향 예측 •검증 환류 개선 •만족도 관리 | <ul style="list-style-type: none"> •항행 영향 분석 •공항 수치모델 •예측결과 검증 •메타정보 관리 | <ul style="list-style-type: none"> •2종 이상 가이던스 이용 •메타정보 보유 | - |
| | 낙뢰뇌우 | | | - | |
| | 윈드시어 | | | | |
| 경보 체계 (알람) | 저시정 | <ul style="list-style-type: none"> •통합적 알람 판단 •원인 대응책 환류 | <ul style="list-style-type: none"> •객관적 판단 - 계기 관측을 통한 임계값 설정 •원인 이해 | <ul style="list-style-type: none"> •주관적 판단 - 경험 판단 가이던스 | - |
| | 윈드시어 | | | - | |
| | 낙뢰뇌우 | | | | |
| 예보 (선행 시간) | 저시정 | •24시간 | •12시간 | •6시간 | •6시간 미만 |
| | 윈드시어 | | | | |
| | 낙뢰뇌우 | | | | |
| 특보 (선행 시간) | 저시정 | •2시간 | •1시간 | •30분 | •30분 미만 |
| | 윈드시어 | | | | |
| | 낙뢰뇌우 | | | | |

(출처: 항공기상청)

표 61. 항로 항공기상 요소별 수준 진단

| 산출물 | | 1등급 | 2등급 | 3등급 | 4등급 | | | | |
|---------------|-----|---|--|---|--|--|--|--|---|
| 관측 | 착빙 | <ul style="list-style-type: none"> •관측 통합 활용 •공항 내 공간 변동성 감시 | <ul style="list-style-type: none"> •관측방법별 구름 속성 통찰 | <ul style="list-style-type: none"> •기상위성 활용 | <ul style="list-style-type: none"> •항공기 보고 체계 | | | | |
| | 난류 | | <ul style="list-style-type: none"> •지상 기반 원격탐사 관측 •알고리즘 최적화 | <ul style="list-style-type: none"> •레이더 3차원 비람 관측 •기상위성 활용 | <ul style="list-style-type: none"> •항공기 보고 체계 | | | | |
| | 화산재 | | <ul style="list-style-type: none"> •지상 기반 원격탐사 관측 •관측방법별 구름 속성 통찰 | <ul style="list-style-type: none"> •관측장비(LIDAR, PM10 등) 활용 •기상위성 활용 •유지관리 안정 | <ul style="list-style-type: none"> •목측 관측 - 교육을 통해 일관성 유지 | | | | |
| 가이던스 (S/W 기반) | 착빙 | <ul style="list-style-type: none"> •항행 영향 예측 •검증 환류 개선 •만족도 관리 | <ul style="list-style-type: none"> •항행 영향 분석 •수치모델 •예측결과 검증 •메타정보 관리 | <ul style="list-style-type: none"> •2종 이상 가이던스 이용 •메타정보 보유 | <ul style="list-style-type: none"> •가이던스 이용 •메타정보 없음 | | | | |
| | 난류 | | <ul style="list-style-type: none"> •객관적 판단 - 계기 관측을 통한 임계값 설정 •원인 이해 | <ul style="list-style-type: none"> •주관적 판단 - 경험 판단 가이던스 | <ul style="list-style-type: none"> •알람 시스템 미비 | | | | |
| | 화산재 | | | | | <ul style="list-style-type: none"> •통합적 알람 판단 •원인 대응책 환류 | | | |
| 경보 체계 (알람) | 착빙 | <ul style="list-style-type: none"> •24시간 | <ul style="list-style-type: none"> •12시간 | <ul style="list-style-type: none"> •6시간 | <ul style="list-style-type: none"> •6시간 미만 | | | | |
| | 난류 | | | | | <ul style="list-style-type: none"> •2시간 | <ul style="list-style-type: none"> •1시간 | <ul style="list-style-type: none"> •30분 | <ul style="list-style-type: none"> •30분 미만 |
| | 화산재 | | | | | | | | |
| 예보 (선행 시간) | 착빙 | <ul style="list-style-type: none"> •2시간 | <ul style="list-style-type: none"> •1시간 | <ul style="list-style-type: none"> •30분 | <ul style="list-style-type: none"> •30분 미만 | | | | |
| | 난류 | | | | | | | | |
| | 화산재 | | | | | | | | |
| 특보 (선행 시간) | 착빙 | <ul style="list-style-type: none"> •2시간 | <ul style="list-style-type: none"> •1시간 | <ul style="list-style-type: none"> •30분 | <ul style="list-style-type: none"> •30분 미만 | | | | |
| | 난류 | | | | | | | | |
| | 화산재 | | | | | | | | |

(출처: 항공기상청)

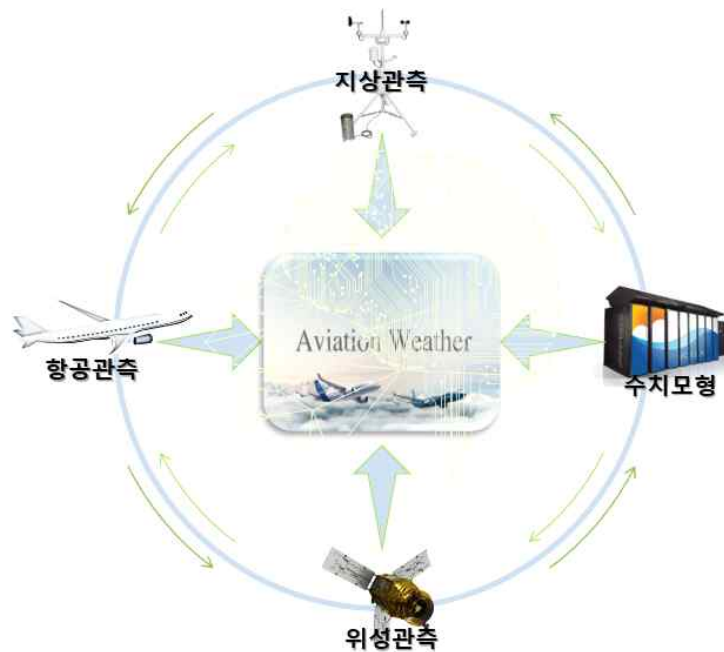
- (정부지원 필요성) 전 세계적인 항공교통량 증가와 미래 항공기반 산업의 증가 예상에 따라 안전한 항공운항을 위한 보다 상세하고 정확한 항행 전주기에 대한 항공기상 예·특보 정보와 활용정보 요구되고, ICAO 규정에 따른 항공교통의 효율적 관리를 위한 항공기상 정보 제공은 국민 안전과 직결된 국가 의무로서 정부 지원이 타당함
- (기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성) 기존 연구과제들에서 항공기상요소들에 관한 연구를 진행하고 있지만, 항공기상 현업용 핵심기술개발·운영과 관련 기초·응용기술 연구·개발 생태계를 순환 구조로 연결하여 추진하는 R2O/O2R 개념의 동반전략 수립 및 추진은 이뤄지고 있지 않음
- (미 추진시 문제점) 국내외 정책에 기반한 기술개발을 통한 미래 항공기상분야 변화에 대응 불가능

□ 추진 전략

- 항공기상요소별 확률예측 기술개발
 - 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 확률예측 기술개발 추진
 - 감시영역별(공항/항로) 항공기상요소 확률예측 기술개발 추진

□ 연구목표

- 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발
 - 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 공항 특화 항공기상요소 확률예측 기술개발
 - 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 공역 특화 항공기상요소 확률예측 기술개발



□ 연차별 연구목표

- (1차년도) 공항·공역 위험기상 확률예측 요구사항 분석 및 설계
 - 공항 위험기상(저시정, 천둥번개, 급변풍 등) 확률예측 요구사항 분석 및 설계
 - 공역 위험기상(대류영역, 난류, 착빙 등) 확률예측 요구사항 분석 및 설계

- (2차년도) 공항·공역 위험기상 확률예측 원형개발
 - 기상청 현업 앙상블 모델기반의 공항 위험기상 확률예측 원형개발
 - 기상청 현업 앙상블 모델기반의 공역 위험기상 확률예측 원형개발
- (3차년도) 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발
 - 기상청 현업 앙상블 모델기반의 공항 위험기상 확률예측 기술개발
 - 기상청 현업 앙상블 모델기반의 공역 위험기상 확률예측 기술개발
- (4차년도) 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개선 및 구축
 - 기상청 현업 앙상블 모델기반의 공항 위험기상 확률예측 기술개선 및 구축
 - 기상청 현업 앙상블 모델기반의 공역 위험기상 확률예측 기술개선 및 구축
- (5차년도) 공항·공역 위험기상 확률예측 기술 성능시험 및 시범 운영
 - 공항 위험기상 확률예측 기술 성능시험(검증) 및 시범 운영
 - 공역 위험기상 확률예측 기술 성능시험(검증) 및 시범 운영

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|-----------------------------|---------------------|------|------|------|---------|-----------|
| 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 | | | | | | |
| | - 공항 위험기상 확률예측 기술개발 | 요구사항 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험 및 시범운영 |
| | - 공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 요구사항 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험 및 시범운영 |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 항공기상청의 미래 항공기상 고해상도/고신뢰도 정보를 통해 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행에 활용
- (정책적) 국내외 정책에 기반한 기술개발을 통한 미래 항공기상분야 변화에 대응 가능
- (기술적) 모델링 및 확률적 분석 분야 고도화를 위한 성능향상 기술개발을 통한 기술 선진화 가능
- (경제적) 수요자맞춤형 항공기상정보 정확도 향상을 통한 경제적 피해 최소화 및 연관 산업의 생산성 향상
- (사회적) 미래 항공기상정보 개발을 통한 항공기상정보 활용 확대 및 만족도 증진 도모

3. (세부 사업 2_3) 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발

| | |
|-----------|--|
| 개요 | ◇ 지속적인 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공기상 예측정보 검증 및 보정 기술개발 |
| 목표 | ◇ 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 ◇ 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 |

□ 개요

- (목적) 지속적인 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발
- (범위) 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정체계 및 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정체계
- (기간 및 예산) 3년, 9억 원
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 세계주요 항공산업을 이끄는 선진국(미국의 NextGen과 유럽의 SESAR)들은 지속적으로 증가하는 항공수요에 대비하여 항공기상 서비스의 고도화에 많은 노력과 재원을 투자하고 있음
- ICAO는 2013~2028 GANP를 수립하여 회원국 자국의 상황에 맞는 ASBU 추진을 권고하고 있으며 이에 항공교통산업이 발달한 회원국들은 ICAO 표준과 권고 사항에 따라 자국의 실정에 맞는 미래 항공시스템 전환계획을 추진 중
- 우리나라도 국토교통부가 ASBU에 따른 차세대 항공교통시스템 구축계획(NARAE)을 추진 중
- 이러한 세계적인 항공교통량 증가와 미래 항공기반 산업의 증가 예상에 따른 안전한 항공운항을 위한 항공기상정보 정확도의 지속가능한 환류체계를 마련하고, 항공기상정보에 대한 종합 분석을 바탕으로 지속적인 예측 알고리즘 개선을 통한 항공기상정보의 품질 및 신뢰도 향상이 필수적임

□ 현황 및 시사점

- (국내) 기상청에서 현업으로 운영 중인 앙상블 기후예측시스템의 개선된 내용을

진단하기 위하여, 장기예보에 활용되는 기본변수를 위주로 비교하였고, 이는 개선된 시스템의 장기예측 신뢰도를 파악하여 추후 성능개선을 하기 위한 방향을 제시

- (국내) KIAPS-LETKF 자료동화 시스템의 성능 검증을 위해 기존에 수행된 모의 관측실험(Observing System Simulation Experiments) 결과를 이용해 앙상블 자료 동화 시스템 검증에 널리 사용되고 있는 검증 방법을 시도해 보고, 자료동화 시스템의 성능을 확인
- (국내) GK-2A 위성 산출물들의 검증 체계 구현을 통해 산출물들의 일관된 품질을 보장하고 지속적인 모니터링과 환류를 통한 산출물의 성능개선 연구개발로 이어지는 시너지 효과를 보임

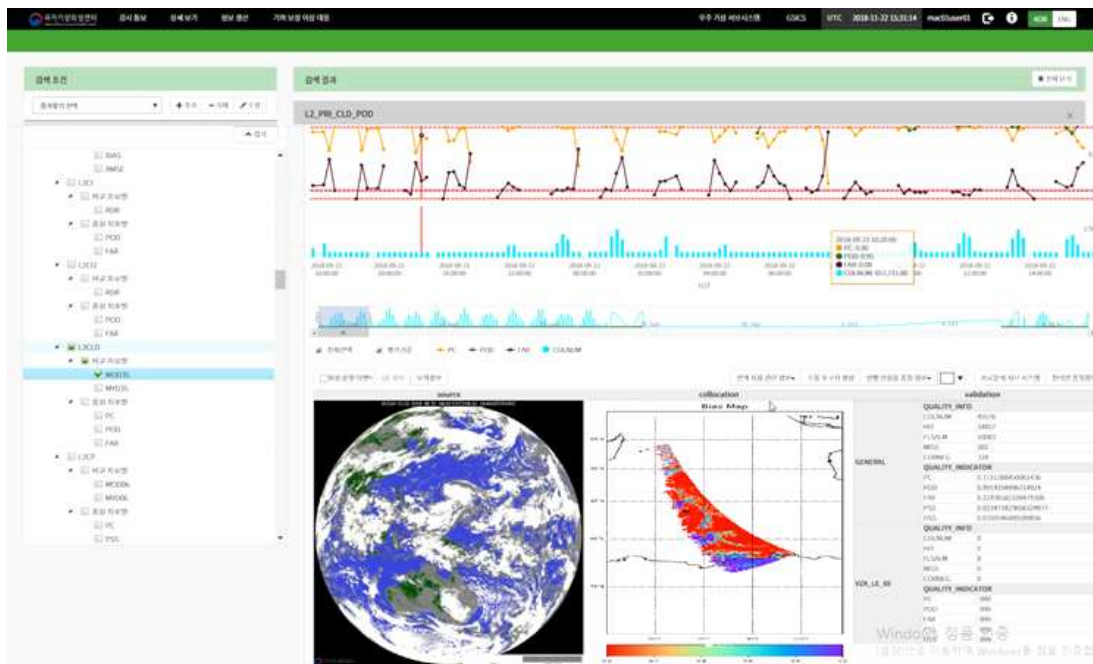


그림 175. 품질관리 서비스시스템 예시

- (영국) 영국기상청은 후처리 기술과 검증 단계와의 관계를 검토하여 후처리시스템은 검증 단계와 더욱 밀접하게 통합됨으로써 국지 현상들의 예보와 소규모 데이터의 해석을 향상시키며, 후처리의 또 다른 장점은 전체를 뒷받침하는 모델들의 개발을 적용과정과 분리시키는 작업을 추진
- (미국) 영향 알고리즘 연구를 통한 기상현상의 환경영향 예측모델을 구축하고, 모델을 검증하는데 집중
- (미국) HWT(위험기상 테스트베드)는 위험기상의 예측 정확성을 향상시키고,

예측 모델의 새로운 기술과 개념을 실험하고 검증하는 일련의 과정을 단기간에 집중적으로 시행

- (시사점) 항공기상분야의 독자적인 검증 체계를 구축함으로써 평가·검증을 통해 지속적인 연구개발이 이뤄질 수 있는 기반기술 마련이 필요

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) 항공기상분야의 위험기상요소 (+ 예·경보 요소) 산출물들의 독자적인 검증 체계를 구축함으로써 관측자료를 통한 평가·검증을 통해 지속적인 연구개발이 이뤄질 수 있는 기반기술 마련이 필요
- 수치모델 기반으로 산출될 항공기상 예측정보는 수치모델 개선 또는 경향성에 따라 예측성능이 변경될 수 있으므로 지속적인 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공기상 예측정보 검증이 필요
- 예측정보의 정확도와 알고리즘의 문제점을 분석하고 확인된 문제점 해결을 위한 알고리즘 개선의 선순환의 환류체계를 위한 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발이 필수적임
- (정부지원 필요성) 기상 모델 예보는 제공되기 시작한 이래 항상 검증되어 왔고, 이는 예보 시스템을 개선하기 위해 매우 중요하며, 신뢰도가 높은 항공기상 정보 제공은 국민 안전과 직결된 국가 의무로서 정부 지원이 타당함
- (기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성) 기존 및 유사 사업 없음
- (미 추진시 문제점) 국내외 정책에 기반한 기술개발을 통한 미래 항공기상분야 변화에 대응 불가능

□ 추진 전략

- 지속적인 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발 추진
 - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 추진
 - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 추진

□ 연구목표

- 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발
 - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발
 - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발

□ 연차별 연구목표

- (1차년도) 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 수요분석 및 설계
 - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 수요분석 및 기능 정의
 - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 수요분석 및 기능 정의
- (2차년도) 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발 및 구축
 - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검·보정기술개발 및 구축
 - 공항·공역 확률예측시스템의 검·보정기술개발 및 구축
- (3차년도) 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 시범운영 및 고도화
 - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검·보정체계 시범운영 및 개선
 - 공항·공역 확률예측시스템의 검·보정체계 시범운영 및 개선

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | | | | | | |
| | - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 | | | 설계 | 개발 | 시범운영 |
| | - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 | | | 설계 | 개발 | 시범운영 |

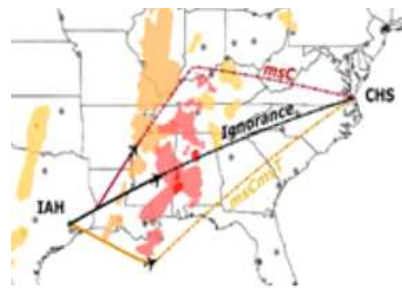
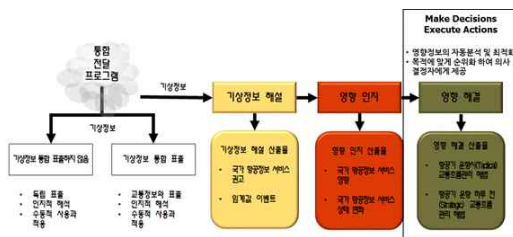
□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 항공기상요소의 일관적인 자료 신뢰도 확보와 피드백을 통한 고품질의 자료 생산으로 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행
- (정책적) 국내외 정책에 기반한 기술개발을 통한 미래 항공기상분야 변화에 정책적 대응 가능
- (기술적) 항공기상정보에 대한 종합분석을 바탕으로 항공기상정보의 품질 및 신뢰도 향상 도모
- (경제적) 항공기상정보 정확도 향상을 통한 경제적 피해 최소화 및 연관 산업의 생산성 향상
- (사회적) 미래 항공기상정보 개발을 통한 항공기상정보 활용 확대 및 국가적 항공기상 적응 능력의 개선

제 3 절 (내역 사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발

| 현재(As-Is) | 미래(To-Be) |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 생산자 중심 항공기상정보 제공 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 수요자 중심의 4D 항행 궤적기반 항공기상정보 제공 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 지리정보 기반, 기상정보와 운항정보 통합 표출 제공 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 항공 운항정보와 기상정보 통합 운영체계로 항공기 지연·결항 의사결정 지원체계 구축 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 단순 공항기상 관측, 예보, 특보 제공 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 항공기 위험기상 회피 경로 제공, 항공기 이륙부터 착륙까지 모든 경로상의 기상정보 제공 |

| | |
|-------|---|
| 추진 방향 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 항공기상정보 기반의 항공기 이착륙 및 공역 항행 의사결정지원 서비스 기술개발 및 시연 추진 ◇ 대용량의 항공기상정보를 태블릿, 스마트폰 등 다양한 매체에 적시 제공 추진 |
|-------|---|



<ATM-MET 융합 의사결정지원>

<공역 항로 선택 의사결정지원>



<비행 전주기 항공기상정보 제공>

1. (세부 사업 3_1) 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발

| | |
|-----------|---|
| 개요 | ◇ 항공기상정보를 항공운항 단계별 수요자의 의사결정에 쉽게 활용할 수 있는 형태의 전환기술 및 산출 기술개발 |
| 목표 | ◇ 이착륙 의사결정 지원을 위한 항공기상정보 전환 기술개발 ◇ 항로 최적 선택 의사결정 지원을 위한 항공기상정보 전환 기술개발 |

□ 개요

- (목적) 항공기상정보를 활용하여 효율적인 항공기 운항 운영과 항공교통 관리를 위한 공항 이착륙 및 최적 항로선택에 대한 의사결정 지원기술개발
- (범위) 공항/공역에서의 항공기상 및 항공교통관리 영향 분석과 의사결정지원 기술개발 및 시제품 구축을 통한 시험 운영
- (기간 및 예산) 5년, 32억
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 기상 예보는 일반적 예보, 고정된 기상 임계값 기반 특보, 사용자·실무자와 합의된 임계값을 이용한 기상특보, 시·공간적으로 변화하는 임계값을 이용한 기상특보 등을 거쳐 복합재해 영향기반 예·특보 서비스로 발전하고 있음
- 이러한 경향을 반영하여 WMO에서는 미래 항공기상서비스를 위하여 항공기상정보 제공 뿐만 아니라 그것을 이용한 항공교통관리 분야의 의사결정지원 제공을 권고
- 이에 따라 항공기상은 지금까지의 결정론적 수치예보를 활용한 산출물 기반 서비스에서 확률론적 수치예보 기반의 의사결정지원 서비스로의 혁신적 변화가 필요
- 같은 기상현상이라도 공항이라는 위치적 특성과 공역에 따라 항공기 운항중 기상현상의 영향을 고려한 예보 서비스를 통해 항공기상 서비스의 가치를 향상시킬 수 있으며, 영향정보를 기반으로 한 이음새 없는 체계를 구축하여 의사결정지원 지원 서비스를 제공하는 항공 기상예보 패러다임의 변화가 필요

□ 현황 및 시사점

○ (국외 현황)

- (미국) Global ATS의 발전의 결과로 MET 정보가 제공/교환/통합 및 사용되는 방법에 따라 5단계에 걸친 단계적 통합을 제시하고 있음
 - FAA는 ITWS(Integrated Terminal Weather System)를 통해 터미널 지역 항공 운영의 안전성, 효율성 및 용량을 개선하기 위해 완전히 자동화 된 통합 터미널 기상정보 시스템을 개발하여 운항 의사결정시스템과 융합하여 공항기상정보 제공
 - FAA NextGen Weather는 FAA의 기상 기능의 통합, 현대화, 개선하는 역할을 하며, 새로운 기능 중 하나로 전략적 교통 흐름 관리를 위한 지원을 함. 최대 8시간 전까지 예보를 제공하고, 단기간의 항공교통관리를 넘어서 장기간의 항공교통 통제를 통해서 미리 교통의 흐름을 통제할 수 있는 전략을 세우고, 의사결정을 위해 예상 시뮬레이션을 통해서 신뢰성을 확보하고자 함
 - CoSPA는 MIT 링컨연구소에서 통합공역기상시스템(CIWS) 기술을 기반으로 더 긴 선행시간을 요하는 항공교통관리 의사결정을 지원하는 예측 정보 생산함
 - RAPT(Route Availability Planning Tool) : 너무 시 공항의 비행 출발 관리를 개선하는 의사결정 지원 기술로 너무가 특정 지역으로 이동하기 전에 너무 활동에 의해 영향을 받게 되는 특정 경로와 시간을 결정함
 - Weather Ready Nation 로드맵에서 영향기반 의사결정 지원 서비스(Impact-based Decision Support Service)로 패러다임 전환을 선언하고, 산출물 중심의 서비스에서 해석과 상담 서비스로 전환을 추진하고 있으며, National Weather Service 에서는 영향정보 서비스를 위해 Impact-based Decision Support Service (IDSS) 개념을 도입
- (유럽) EUROCONTROL은 항공교통 의사결정을 지원하기 위한 다양한 위험기상 예측 모델을 제공하고 있음
- (일본) 항공교통 흐름관리 의사결정에 필요한 공항 및 공역의 카테고리 예보 제공

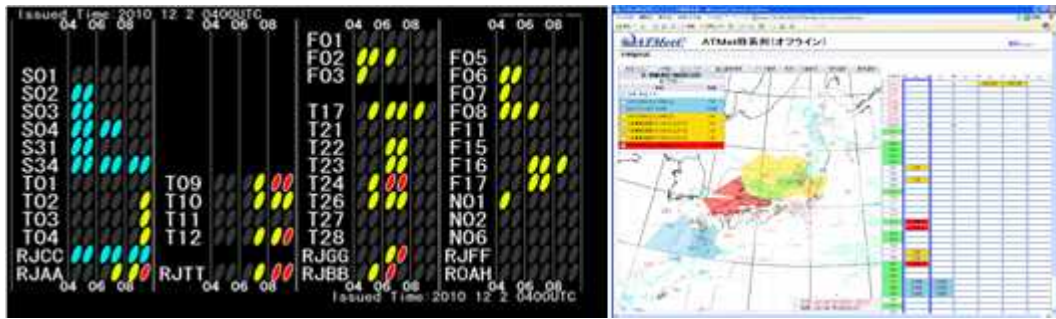


그림 176. 공항 및 공역의 항행 의사결정을 위한 산출물

- GTD 및 SIRAONAIR에서 공동 개발된 항공 eWAS⁵⁵⁾ 서비스를 통해 다양한 기상 관측 및 예보 정보를 항로를 따라 타임 라인, 4D 뷰 형태로 항공업계 종사자들(조종사, 항공기 배치 관리자, 보안 관리자, 유지 관리팀 등)에게 자동 또는 수동(요청)으로 제공



그림 177. eWAS 항공기상 앱

55) eWAS: Weather Awareness Service for electronic flight bag

○ (국내 현황)

- 기상청은 관제사를 위한 TAF⁵⁶⁾ 예보, 전통적인 영숫자 코드, 일기도 정보를 제공
- 현재 IWXXM⁵⁷⁾ 또는 다른 형식으로 데이터를 제공할 수 있으나, 아직 조종사를 위한 기상정보 제공 표준이 마련되지 않음.
- A-CDM(Airport Collaborative Decision Making)을 통해 출발, 이륙 자동 관리하고 있으나 기상정보는 시스템적으로 통합되지 않은 상황임.
- 제공된 항공기상 정보를 항공업계 종사자들이 직접 해석하여 비행경로를 분석하고 결정함
- 항공기상분석관(국토부 과건)을 통한 기상 상황브리핑 실시 및 위험기상 정보를 제공하고 SNS를 활용한 위험기상에 대한 의사결정을 지원하는 수준임.

○ (시사점)

- 미국, 일본 등 선진기관에서는 경로 이용 계획 통과 구역 항행 의사결정 산출물을 제공하며 항공교통 영향 정보의 신뢰 수준에 대한 산출물도 제공
- 항로상 항행에 미치는 모든 요소(비용, 시간 등)에 대한 영향정보를 융합한 수요자 중심의 최적 항로 추천 서비스 및 의사 결정 지원 필요
- 항공기상은 결정론적 수치예보를 활용한 산출물 기반 서비스에서 확률론적 수치예보 기반의 의사결정지원 서비스로의 진화 필요
- 같은 기상현상이라도 공항이라는 위치적 특성에 따라 항공기 이착륙/구역 항행과 기상현상의 영향을 고려한 예보 서비스를 통해 항공기상 서비스의 가치를 향상시킬 수 있으며, 영향정보를 기반으로 한 이음새 없는 체계를 구축하여 다가오는 위험기상에 대해 영향정보를 바탕으로 의사결정지원 지원 서비스를 제공하는 항공 기상예보 패러다임의 변화가 필요

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) ICAO GANP의 국가별 이행을 위한 국토부 NARAE 계획에 따라 WMO에서 권고하고 기상요인에 의한 항공교통관리 영향예보 및 의사결정지원 기술개발이 시급
- (정부지원 필요성) 국내의 경우 항행 안전을 위해 필수적인 항공기상정보를 활용한 영향예보 및 의사결정지원 등 수요자 맞춤형 서비스가 미흡하고

56) TAF: Terminal Aerodrome Forecast

57) IWXXM: ICAO Meteorological Information Exchange Model

항공기상정보 제공 시장이 미성숙 상황으로 민간 기업의 적극적 참여가 사실상 어려움. 정부주도의 서비스 기술개발 및 서비스 시장 활성화 정책을 통해 민간 참여의 기반을 마련하는 것이 필요함.

- (기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성) 기존 및 유사 사업 없음
- (미 추진시 문제점) 미래 항공기상서비스 운영체계 전환에 따른 '미래항공교통관리 체계(국토부)'와 연계하여 시의적절하게 4차원 항공 궤적 기반항공기상정보와 항공교통정보 융합 콘텐츠의 의사결정지원 활용 기술 확보로 미래 항공기상정보 서비스 제공 기반 마련 필요
- 항공운항시, 항공 의사결정자들이 요구하는 시기적절하고 정확한 항공기상정보를 제공하는 것은 차세대 항행시스템의 필수 요소이며, 항공기상정보를 항공·항행을 위한 의사결정에 통합하여 항공 안전과 효율성 향상을 도모할 필요가 있음
- 동일 기상현상이라도 항공운항 단계, 항공기 성능 등에 따라 항공기에 미치는 영향이 달라질 수 있음
- 지금까지 항공기상은 결정론적 단일 정보를 제공하였으나, 운항 중인 항공기에 대한 신속한 항공운항 의사결정과정에서는 확률론적 정보 필요로 함
- 이에, 수치모델 기반의 예측정보를 항공운항에 대한 의사결정과정에서 사용자가 쉽게 활용할 수 있는 형태로 항공기상정보를 자동 전환하는 체계가 필요함

□ 추진 전략

- 국토교통부와의 협업을 통해 수요자 맞춤형 이착륙 의사결정지원 요구사항 마련
- 항공기 운항시 요구되는 기상정보 뿐만 아니라 발생 가능한 위험기상에 대해 대응할 수 있도록 공항의 특성을 반영 추진
- 위험기상으로 인한 구체적인 기상영향 정보를 바탕으로 항공 담당자의 운항전(계획) 단계와 운항중 단계에서의 항공교통 수용량 등과 관련된 의사결정과 대응 전략 수립 등 효율적인 항공교통관리를 위한 의사결정지원 기술개발 추진

□ 연구목표

- 의사결정 지원 항공기상정보 전환 체계 및 산출 기술개발
 - 의사결정 지원 항공기상 정보 전환 체계 기술개발
 - 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발
 - 항로 최적 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발
 - 시제품 구축 및 시연

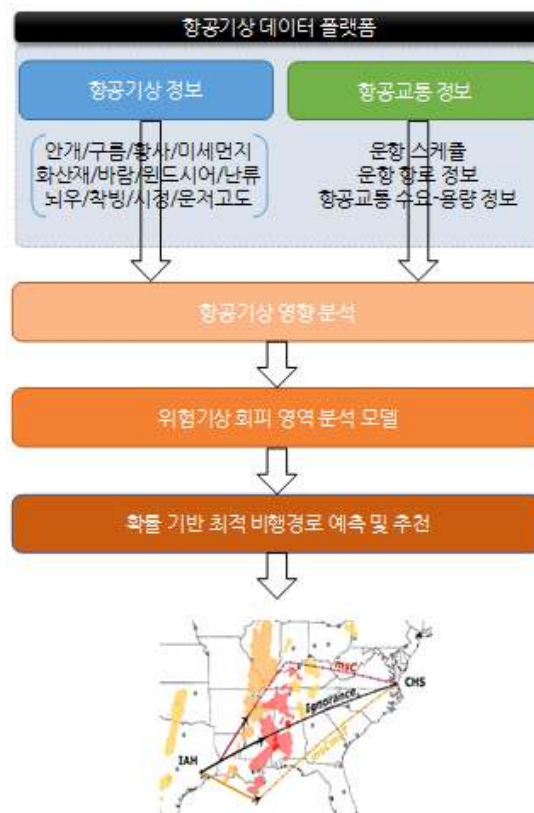


그림 1. 의사결정 지원 개념

□ 연차별 연구목표

- (1차년도) 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술 분석 및 설계
 - 공항 이착륙/공역 항공기상 영향 분석
 - 공역 항공기상 영향 분석의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술 분석 및 기능 정의 및 전환 체계 설계
 - 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 설계
 - 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 설계

- (2차년도) 의사결정 지원 항공기상정보 전환 알고리즘 개발(I)
 - 공역 항공기상 영향 분석의사결정 지원 항공기상정보 전환 체계 개발(I)
 - 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 개발(I)
 - 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 개발(I)
- (3차년도) 의사결정 지원 항공기상정보 전환 알고리즘 개발(II)
 - 공역 항공기상 영향 분석의사결정 지원 항공기상정보 전환 체계 개발(II)
 - 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 개발(II)
 - 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 개발(II)
 - 알고리즘 검증
- (4차년도) 의사결정 지원 항공기상정보 전환체계 구축
 - 공역 항공기상 영향 분석의사결정 지원 항공기상정보 전환 체계 구축
 - 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 구축
 - 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 구축
 - 전환체계 및 알고리즘 시제품 시험
- (5차년도) 의사결정 지원 항공기상정보 전환체계 시범 운영
 - 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 전환체계 시연
 - 항로 최적 경로 예측 및 추천 항공기상정보 전환체계 시연
 - 전환체계 및 알고리즘 통합 시제품 구축 및 시연

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|--------|-----|-------|
| 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술개발 | | | | | | |
| | - 의사결정 지원 항공기상 정보 전환 체계 기술개발 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| | - 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| | - 항로 최적 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| | - 시제품 구축 및 시연 | | | | | 구축/시연 |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용방안) 항공사 및 항공교통관리를 위한 국토교통부 등 수요자 맞춤형의 의사결정지원 기술 제공
- (정책적) 항공기상 영향정보를 활용한 신속 정확한 항공기 안전 운항을 위한 정보 제공으로 위험기상 회피 등 항공기 안전운항에 기여함으로써 인명피해 감소 등 항공기상 선진국 대열에 합류
- (기술적) 모델링 및 확률적 분석 분야 고도화를 위한 고속처리 및 위험기상 예측모델을 통한 기술 선진화 가능
- (경제적) 안전한 항공기 이착륙 및 공역 운항 서비스를 제공함으로써, 항공기 지연·결항 감소를 통한 비용 절감 등 항공기상 서비스의 경제적 가치 제고
- (사회적) 공공·민간 저고도 항공기(예: 닥터 헬기) 등 항공기상 정보의 과급력이 높은 분야로 확산하여 사회, 경제적 효과 창출 기대

2. (세부 사업 3_2) (항공기 유형별) 4D 항공기상서비스 기술개발

| | |
|-----------|---|
| 개요 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 항공운항 단계별 수요자 맞춤형 대용량 항공기상정보의 적시 제공 서비스 기술개발 |
| 목표 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 ◇ 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 ◇ 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 |

□ 개요

- (목적) 항행 안전과 효율적 항공교통관리를 위한 고해상도 대용량의 항공기상정보를 적시에 수요자 맞춤형으로 제공하기 위한 서비스 기술개발
- (범위) 항공운항 전 단계의 항공기상 정보 제공 및 수요자 맞춤형 대용량 항공기상정보 적시 제공 GUI 기술개발
- (기간 및 예산) 4년, 24억
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 국제민간항공기구(ICAO)는 항공교통 수요 증가에 따른 글로벌항행계획(GANP⁵⁸⁾)을 수립하고 미래 항공시스템 전환계획 추진
- 국토부는 ‘15년 차세대 항공교통시스템 구축계획(NARAE) 수립하여 항공정보관리(AIM)와 글로벌 항공데이터 종합관리망(SWIM)을 제3차(2020~2024년) 항공정책기본계획(안)에 반영 추진
- 기상청은 항공기상정보를 항행관리에 접목, 기상 영향 정보의 활용을 지능화 등 수요 중심의 항공기상서비스 구현 추진
- 4차원 항공궤적 기반의 더 높은 해상도 및 정확도를 갖는 항공기상정보를 테블릿, 스마트 폰 등 사용자 편의성을 확대하는 방향으로 제공
- 미래 항공교통 분야에 적용 가능한 다양화되고 정확도가 향상된 미래 항공기상정보 서비스 발굴 및 적용을 위한 R&D 필요

58) GANP: Global Air Navigation Plan

□ 현황 및 시사점

○ (국의 현황)

- 국제민간항공기구(ICAO) 주도의 미래 항공교통시스템 전환 프로그램 이행 관련하여 미국 NextGen, 유럽 SESAR 및 일본 CARATS 프로젝트 추진을 통한 미래 항공기상 서비스 제공 계획 (4D 항공 궤적 기반의 시공간 이음새 없는 기상실황과 예보·분석 정보를 텍스트·디지털·그래픽 등 다양한 형식으로 제공)
- 미국 FAA는 NextGen Weather-ATM 통합 등 NAS(National Airspace System)를 위하여 기상 부문의 NextGen-Weather Architecture 구축
 - 항공기상정보가 공통 지원 서비스 Weather(CSS-Wx)를 통하여 OGC(Open Geospatial Consortium) 표준으로 대용량 맞춤형으로 제공
- SESAR MET-GATE의 OGC defined request/response 인터페이스의 최적화를 위해 WCS(Web Coverage Service) 기능 개선 추진
 - 항공기상자료는 4D이고 WCS는 2D이므로 WCS Core 기능에 MetOcean Application Profile을 추가함으로써 Stack 2D를 하나의 4D Coverage 구성(Coverage 및 WCS Transactions의 수가 줄어듦)하고 다차원 데이터에 액세스하여 데이터 추출
- eWAS (Weather Awareness Service for your Electronic Flight Bag)같이 항공안전과 편의성 및 효율성을 높이기 위해 조종사의 '종이서류'를 태블릿으로 대체해서 기내에서 기상정보, 영상 등을 활용할 수 있는 기상정보 서비스 제공

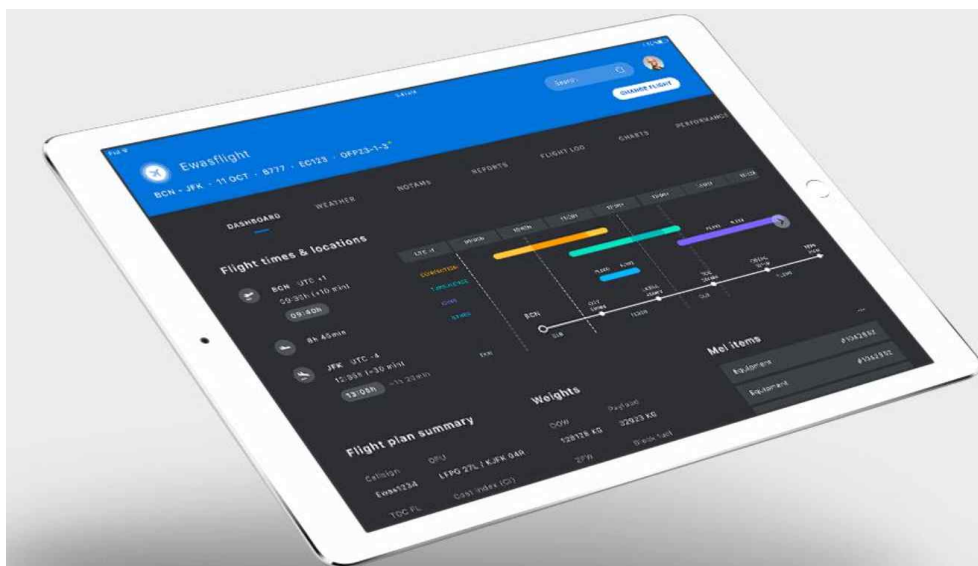


그림 178. eWAS 태블릿 화면 예시

○ (국내 현황)

- 국내의 국제민간항공기구(ICAO) 주도의 미래 항공교통시스템 전환 프로그램 이행 관련 : 국토부의 경우, 4D 궤적기반 운항체계 구축을 위해 비행경로 관리 등 궤적기반의 운항 예측 알고리즘 개발 연구 추진 중(~'23)이며 기상청은 이러한 수요에 대응하기 위한 항공기상서비스 추진 계획
 - SWIM(글로벌 항공정보 종합관리망)을 통한 포인트-to-포인트에서 Net Centric으로 개선
 - 기상정보교환모델(IWXXM, ICAO Weather Information eXchange Model)은 항공기상정보를 XML 형식으로 제공
- (항공기상청) 항공관련 기관 연계 및 웹/앱을 위한 항공기상서비스 개선 지속적 추진중 (예: 국제선·국내선 항공로별 위험기상정보 서비스('20년), 위성영상·레이더 강우강도·낙뢰 중첩 서비스, 지리정보시스템(GIS) 기반 항공기상정보 서비스 고도화('18년), 항공운항에 필요한 항공정보 융합 서비스, 대국민 홈페이지 서비스 개선(그래픽 표출, 이음새 없는 예보 서비스 등), 위험기상의 신속한 알람을 위한 모바일 앱 PUSH 알람 제공('20년))

○ (시사점)

- 생산자 및 산출물 중심의 서비스 제공 중이나 수요자 중심으로의 항공기상서비스 패러다임 변화를 수용하지 못함
- 항공편 증가로 궤도 기반 운영 및 유연한 경로 선택을 통한 보다 밀도 높은 항로 운영이 가능하도록 하는 고품질 기상정보 수요 증가
- 항행 안전과 효율성 증대를 위해 이전 보다 더 상세하고 정확한 4D 궤적기반의 대용량 항공기상정보를 고속으로 수요자에게 전달할 수 있는 기술개발이 필요
- 미래 항공기상서비스는 항공기 운항의 모든 단계(Gate-to-Gate)의 항공교통관리에 4D 궤적을 적용함에 따라 4D 항공궤적기반의 기상관측, 수치예보, 항공예보 등에 대한 서비스 콘텐츠의 다양화와 4D 궤적모델에 맞는 기상자료 제공이 필요
- 항공기상정보 접근을 위해 다양한 매체(예: 스마트폰, 태블릿 등)를 통한 사용자 편의성 및 효율성을 제고할 필요

□ 지원 필요성(기존/유사 사업 차별성 포함)

- (시급성) ICAO GANP의 국가별 이행을 위한 국토부 NARAE 계획에 따라

ATM에 필수적인 4D 궤적 기반 대용량 고속 항공기상정보 제공 서비스 기술 확보가 시급

- **(정부지원 필요성)** 항행 안전을 직접 관리하는 국토교통부의 항공교통관리에 적합한 항공기상정보 제공 기술개발로 부처 간 협업이 매우 중요하고 직접적인 수혜자가 국토교통부이므로 정부 지원이 타당함. 또한, 국내의 경우 항행 안전을 위해 필수적인 항공기상정보의 수요자 맞춤형 서비스가 미흡하고 항공기상정보 제공 시장이 미성숙 단계로 민간 기업의 적극적 참여가 사실상 어려운 상황을 반영하여 정부주도의 서비스 기술개발 및 서비스 시장 활성화 정책을 통해 민간 참여의 기반을 마련하는 것이 필요함.
- **(기존 관련 또는 유사 사업과의 차별성)** 기존 및 유사 사업 없음
- **(미 추진시 문제점)** 미래 항공기상서비스 운영체계 전환에 따라 ‘미래항공교통관리 체계(국토부)’와 연계하여 기상정보 표준 교환 모델이 구현되었으나 4차원 항공 궤적 기반에 따른 항공기상정보 콘텐츠 제약으로 항행 안전과 관련된 신속 정확한 항공기상정보 서비스가 불가할 수 있음
- 과학기술의 급격한 발전으로 지상과 항공기간 통신체계가 음성 기반에서 데이터 기반으로 전환 중
- 지금까지 조종사는 조종석에서 문숫자 형태의 항공기상정보만 사용하였으나, 통신체계 발전으로 이미지 또는 4D 형태의 입체적 기상정보 수신 가능
- 미래 항공기상서비스는 항공기 운항의 모든 단계(Gate-to-Gate)의 항공교통관리에 4D 궤적을 적용함에 따라 4D 항공궤적기반의 기상관측, 수치예보, 항공예보 등에 대한 서비스 콘텐츠의 다양화와 4D 항공 궤적모델에 맞는 기상자료 제공이 필요
- 이에, 항공운항 중인 조종사가 필요한 정보를 제한된 통신환경에서 빠르고 쉽게 확인할 수 있도록 4D 항공기상정보를 조종석에 최적화된 정보생산과 전달체계가 필요함
- 태블릿, 스마트폰 등과 같은 사용자 환경에서의 4차원 항공궤적 기반 항공기상 서비스 개발을 통한 다양한 수요자에게 항공기상정보 접근성 및 활용 편의성 확대 필요

□ 추진 전략

- 국제민간항공기구(ICAO)의 글로벌항행계획(GANP)와 국토교통부의 항공교통시스템 구축 계획의 최신 현황을 분석하고 글로벌 종합관리망(SWIM)에 적합한 구조 및 대용량 항공기상정보 특성에 맞는 서비스 도출 추진
- 4D 플랫폼 연동 기반 항공기상정보를 적용하여 다양한 수요자의 서비스

환경(스마트폰, 태블릿 등)에서 4차원 항공궤적 기반 항공기상정보 제공 및 위험기상 서비스를 가능하게 하는 서비스 기술개발

- 공항 및 항로 전 구간에서의 4차원 항공궤적 기반 항공기상 및 위험기상 정보 서비스 개발, 다양한 서비스 매체(예: 태블릿, 스마트폰 등)를 고려, 개발된 서비스의 시범 운영 추진

□ 연구목표

- 4D 항공기상서비스 기술개발
 - 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발
 - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발
 - 수요자 맞춤형 GUI 기술개발
 - 시제품 구축 및 시연

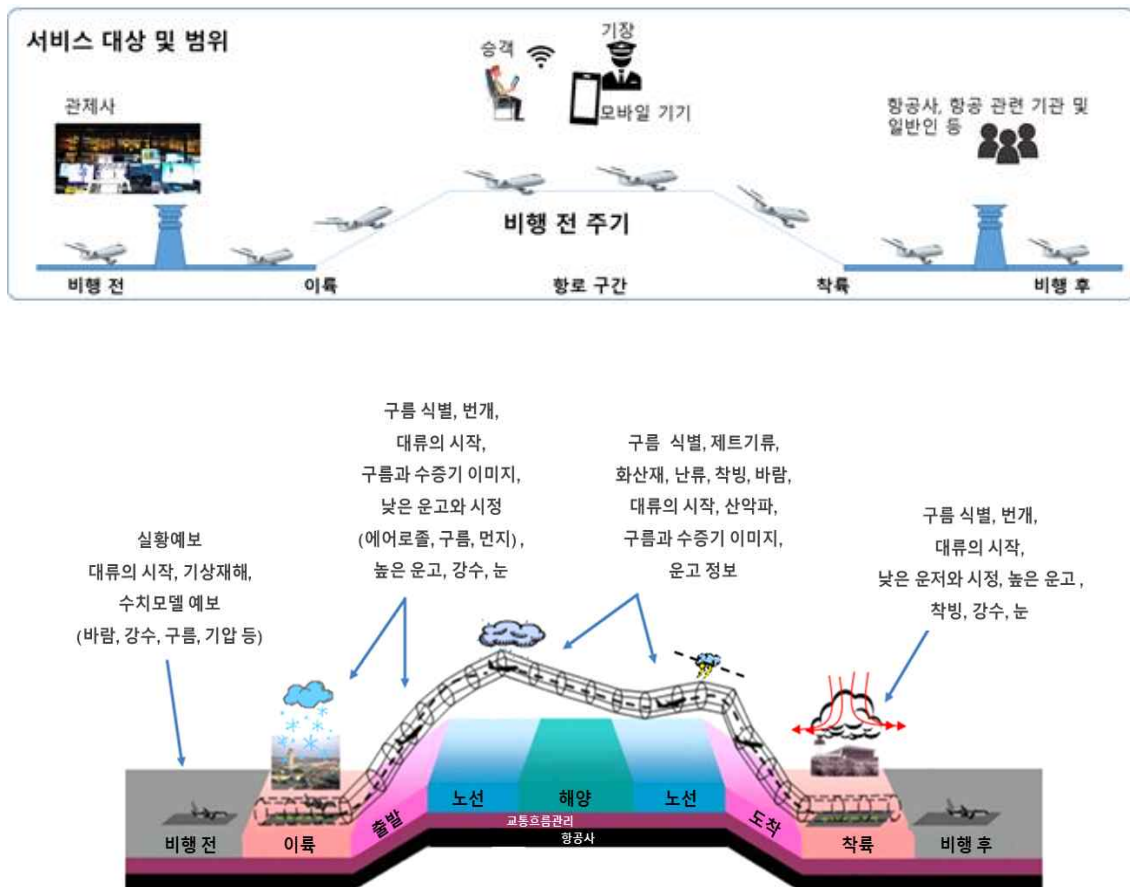


그림 179. 4D 궤적상 항공기상 요소

□ 연차별 연구목표

- (1차년도) 4D 항공기상서비스 제공 기술 수요 분석 및 설계
 - 비행 전 구간을 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 요구사항 분석
 - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 요구사항 분석
 - 서비스 및 기능 요구사항 정의(GUI 포함)
- (2차년도) 4D 항공기상서비스 제공 기술개발
 - 비행 전 구간에서 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발
 - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발
 - 수요자 맞춤형 GUI 개발
- (3차년도) 4D 항공기상서비스 제공 기술개발 및 운영체제 구축
 - 비행 전 구간에서 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 및 구축
 - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술 및 구축
 - 수요자 맞춤형 GUI 개발 및 구축
 - 시제품 구축
- (4차년도) 4D 항공기상서비스 제공 기술개발 시험 운영
 - 시제품 통합 구축 및 시연

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|------------------------|---|-----|-------|-----|-------|-------|
| 4D 항공기상서비스 기술개발 | | | | | | |
| | - 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | |
| | - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | |
| | - 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | |
| | - 시제품 구축 및 시연 | | | | | 구축/시연 |

□ 활용 방안 및 기대 효과

- (활용 방안) 항공사 및 조종사, 일반 사용자를 위한 수요자 맞춤형 항공기상정보 서비스 적시 제공과 사용자 단말 GUI 환경 제공에 활용
- (정책적) ICAO GANP 및 국토교통부 NARAE 정책에 기반한 서비스 개발을 통한 글로벌 항행 표준 체계 변화에 대응 가능
- (기술적) 항공교통관리에 적합한 항공기상정보 제공 기술 확보 및 사용자 편의성 확대로 항행 안전 및 효율성 개선 지원
- (경제적) 향후 미래 항공기상 서비스 적용을 통한 항행안전 및 효율성 제고 가능
- (사회적) 미래 항공기상 서비스 개발을 통한 융합 서비스 활성화 토대 마련 가능

3. (세부 사업 3_3) 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발

| | |
|-----------|--|
| 개요 | ◇ 수요자 맞춤형 항공기상 정보서비스의 정확도 및 편의성 향상을 위한 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 |
| 목표 | ◇ 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 및 기술개발 설계 ◇ 4D 항공기상서비스 검증 및 평가기술개발 ◇ 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축 |

□ 개요

- (목적) 항공 관련 기관, 항공종사자 등 수요자 맞춤형 항공기상 정보서비스의 정확도 및 편의성 향상을 위한 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발
- (범위) 항공기상서비스 개선을 위해 항행 단계별 수요자의 의사결정에 필요한 사용자 요구사항 정책 반영 및 정확도 및 편의성 향상을 위한 양방향 항공기상 서비스 검증 및 평가체계 구축
- (기간 및 예산) 3년, 7억 원
- (추진 방식) R&D 사업(정부출연금 100%)

□ 배경

- 항공기상정보 활용 측면에서의 종합 고객만족도는 지속 상승, 항공기상정보 품질 향상 노력에도 실질적인 고객만족도 향상률이 미흡한 것으로 나타남. 유관 사용자 간담회 등에서 제시된 공항 및 공역에 대한 수요자의 다양한 정보 서비스 개선요구 반영에 민·관의 협업체계가 요구됨
 - 고객서비스 종합 만족도 : 82.2('15년), 82.4('16년), 82.8('17년)
- 항공교통 수단의 발달로 인해 다양한 산업과 항공레저 분야에 기상정보 사용이 확대됨에 따라 수요자별 특화된 항공기상정보 제공 필요성이 증가하였으나 이해관계자를 위한 정보 교류가 단편적인 수준임
- 전 세계적 항공교통량 증가로 인해 항공운항의 안전성과 효율성 향상을 위한 상세하고 정확한 항공기상정보 제공이 필수 요인임
 - 국제항공운송협회(IATA)는 2015~2035년 사이 국제 항공 여객은 연평균 약 3.7% 증가할 것으로 예측함. 국내 항공 교통량 또한 같은 기간 동안 운항 횟수가 국내선은 연평균 2.9%, 국제선은 연평균 4.1% 성장할 것으로 전망

□ 현황 및 시사점

- (미국) 항공기상센터는 항공 디지털 자료서비스(ADDS, Aviation Digital Data Service)를 통해 주요 공항 및 항로에 대한 위험기상 실황 및 예측자료를 제공하며, 사용자는 NNEW(NextGen Networked Enabled Weather)를 통해 실시간으로 기상정보를 받음
 - 글로벌 표준 형식의 고품질 항공기상정보 생산·검증·서비스 체계구축을 위해 미국, 유럽 등 연구기관과 교류 및 협력 확대
 - 미국 항공기상센터(AWC)와 항공 디지털 데이터 서비스(ADDS) 및 항공기상 그래픽 예보체계 기술 협력 추진('21~)
- (미국) 항공기상 관측에 책임이 있는 NWS는 FAA가 후원하는 관측 장소에 대한 품질관리를 가이드라인에 따라 제공하고 있음
- (미국) NOAA MADIS에서는 NOAA의 관측자료뿐 아니라 민간으로부터 크라우드 소싱한 관측망에 대한 품질관리를 시행하고 있으며, 단계별 품질관리 절차를 정해 관측 요소별로 해당 자료의 품질을 관리함
- (미국) AWC는 지구시스템연구소(ESRL), 국립환경예측센터(NCEP)와 협력하여 항공기상 관측, 분석, 모델링, 서비스를 운영 및 개선함
- (유럽) 기상기후 선진국인 북유럽의 덴마크, 핀란드, 아이슬란드, 노르웨이, 스웨덴 5개국의 기상청이 연합하여 NORDKLIM이라는 연합을 구성하여 관련 연구 활동 및 정책 등에 대한 권고사항을 결정하고 있으며, QC0, QC1, QC2, HQC의 네 단계 품질관리 절차를 따르고 있음
- (국내) 항공기상 관측자료에 대한 품질관리는 인천국제공항 및 각 공항기상대/기상실로부터 수집되는 항공기상 관측장비(AMOS, LLWAS, TDWR, WSP)의 자료, 공군 및 미 공군으로부터 수집되는 AMOS 자료, 전 세계 항공기상정보 등의 원시자료들을 수집하여 항공기상 자료별 품질관리 알고리즘을 확대, 적용하고 있음

□ 지원 필요성 (기존 사업 차별성 포함)

- 항공·기상 분야의 변화를 효과적으로 연계한 항공기상정보 서비스를 통합적으로 관리하고, 적시에 활용하기 위해 상황인지, 통찰, 계획, 리드 타임 등 새로운 기술의 적용이 필요함
 - (항공) 항공기 설계기술 발전, 항공기 간 정보교환으로 기상 의존도는 낮아지는 한편, 항공편 증가로 고품질의 기상정보 수요가 증가함
 - (기상) 위성·레이더·수치모델 등 기상과학 발전, 시공간 고해상 기상정보로 항행 의사결정을 지원하는 새로운 수요 대응이 가능함

- 기존 정보제공자 중심, 산출물 중심의 분산된 기상서비스로는 변화하는 국제 항공기상정책 및 미래 항공 시스템 환경의 수요자 기대에 즉각적으로 대응하는데 한계가 있음
 - 군공항 윈드시어경보 제공, 항공 예·특보 정확성 제고, 위험기상 탐지장비 확충, 항공기상 콘텐츠 다양화 등 새로운 기술을 이용한 항공 위험기상 분석·예측 능력 향상과 항공기 운항 단계별 의사결정 지원을 위한 실용적 항공기상서비스 체계 구현 등이 수요자로부터 요구되고 있음
- 항공기상정보서비스가 체계화된 영향기반 예보체계로 발전하기 위해 수요자 중심 정확도, 신뢰도 향상 등 사용자 의사결정 지원 관련 부가정보 산출, 데이터 검증 및 평가체계가 필요함

□ 추진 전략

- 고객 요구를 충족하는 항공기상서비스의 정확한 항공기상 예보를 위한 선제 대응력 강화
 - 지속적 고객 소통을 통한 서비스 개선 체계 수립
 - 수요자가 원하는 형태로 항공기상정보를 이용할 수 있도록 응용 가능한 API 기반의 자료제공 서비스 확대
- 항공사·공항 등과 기상서비스 개선을 위한 사용자 요구사항 정책 반영 및 양방향 항공기상서비스 평가 및 체계 수립
 - 수요자의 요구를 반영한 맞춤형 콘텐츠 개발에 우선순위를 두어 추진
 - 공항 TAF, 바람 정보, 항로별 기상정보, 공역·공항 위험 기상감시 등 항공기상정보를 항공교통 관리상의 영향으로 해석해서 활용하고, 결과를 항공교통 의사결정을 위한 기상정보 요구사항으로 환류
 - 서비스 개선 및 조치 사례에 대한 정보를 공유하여 전반의 서비스 향상 도모
 - 의견 수렴(간담회), 전문가 자문 등을 통해 항공기상서비스 평가 및 제도개선에 반영

□ 연구목표

- 항공기상서비스 검증 및 평가기술개발

□ 연차별 연구목표

- (1차년도) 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의, 설계

- 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 분석, 기능 정의 및 설계
- (2차년도) 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발
 - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발
- (3차년도) 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축/시험
 - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축/시험 및 시범운영

□ 추진 일정

| 추진 과제명 | | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
|-----------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|
| 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | | | | | | |
| | - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의, 설계 | | | 설계 | | |
| | - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발 | | | | 구현 | |
| | - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축/시험 | | | | | 구축 및 시험 |

□ 활용방안 및 기대효과

- (활용방안) 수요자 중심의 항공기상 데이터 검증 및 평가 체계를 통해 체계화된 영향기반 예보체계로 발전하기 위한 항공기상 서비스 개선에 활용
- (정책적) 사용자 요구사항 수집 및 분석 결과를 정책에 반영하고, 양방향 환류 체계를 구축함으로써 항공 안전을 위한 필수 항공기상 업무서비스 신뢰도 및 정확도 향상
- (기술적) 확률예측기반으로 사용자 의사결정을 지원하는 4D 항공기상서비스의 정확도 및 신뢰수준 정보생산과 제공
- (경제적) 항공기상정보 서비스 개선사항에 대한 체계적인 환류를 통해 항공기상 서비스 품질의 향상 및 경제적 가치 증가
- (사회적) 항공교통관리에 영향을 주는 항공기상정보서비스 평가 및 검증 체계구축을 통해 항공교통 안전을 위한 서비스 개선 효과

제 4 절 세부과제 요소기술 및 주요액션 간 연차별 연계 분석

□ 세부과제 요소기술 및 주요액션 간 연차별 연계 구조 분석을 다음과 같이 도출

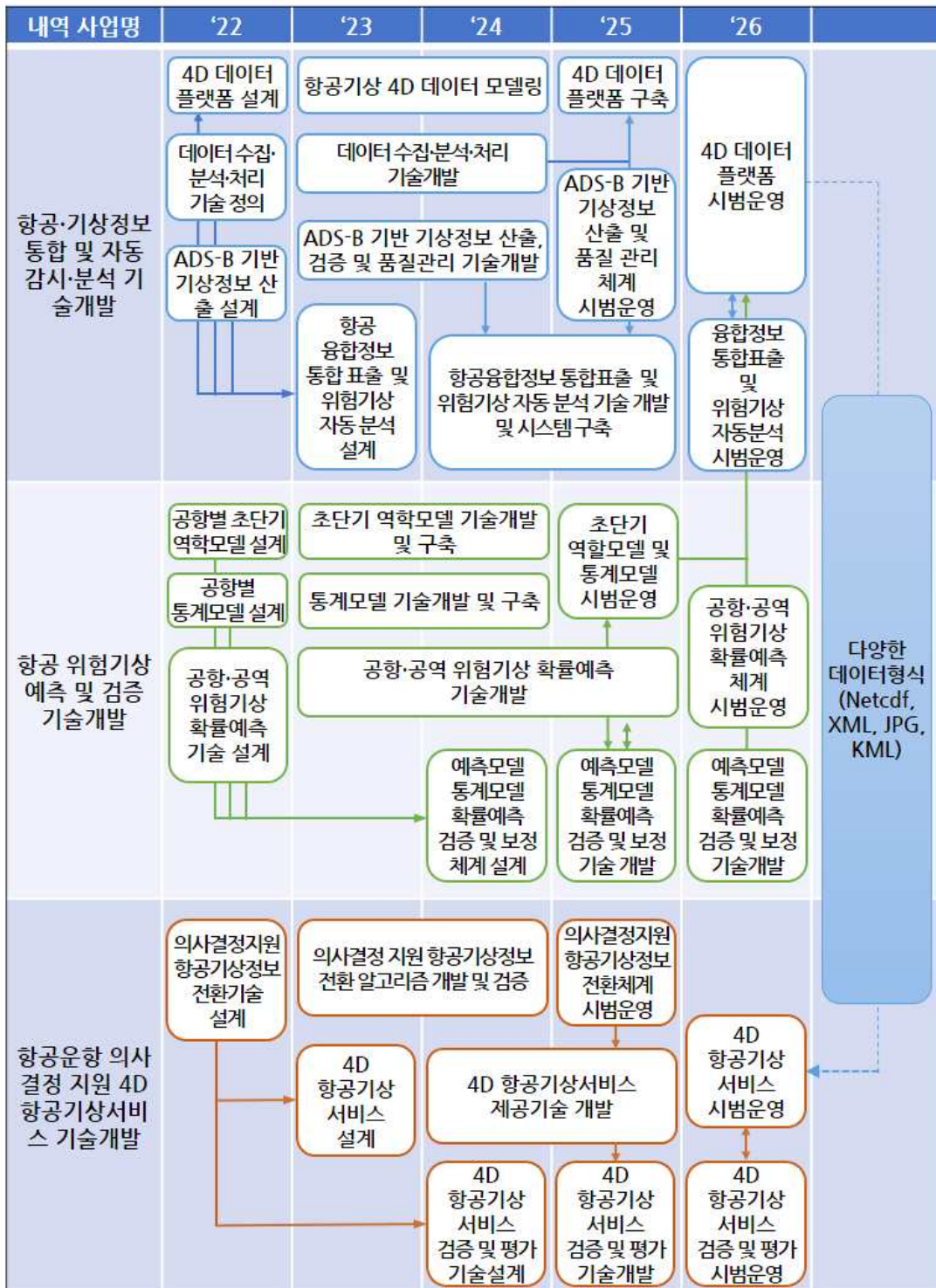


그림 180. 세부과제 요소기술 및 주요액션 간 연차별 연계 구조 분석도

제 6 장 사업 이행계획

□ NARAE-Weather 실현을 위한 사업 이행계획 수립은 다음과 같은 절차를 따라 수행함

- NARAE-Weather 실현을 위한 사업 추진체계 및 로드맵 수립
- NARAE-Weather 실현을 위한 사업 예산(안) 수립 및 투입인력 계획(추정)
- NARAE-Weather 실현을 위한 기상청 기존 추진 업무 및 기술과의 관계 분석
- NARAE-Weather 실현을 위한 사업 대상 세부과제 전문가 검토 및 분석

제 1 절 사업 추진체계 및 로드맵

1. 사업 추진체계

□ R&D 추진체계 분석

- 기상분야 R&D에서는 기술위원회나 협의체 구성 등의 사업추진체계 사례가 많지 않아 항공분야 R&D을 우선 검토함
- 기 추진한 항공분야 R&D 프로젝트의 추진체계를 분석한 결과, 다음과 같이 연구 수행기관 외에도 추가적으로 기술위원회, 실무 및 이해관계자 협의체를 구성하고 있었음
- 기존의 자문회의와 전문가 인터뷰는 내부 수행기관 또는 발주기관의 제안하는 전문가를 구성하여 진행하였으나, 기술위원회는 공고를 통한 외부의 전문가를 영입하여 별도의 위원회를 설립하여 운영하기도 함

**“초정밀 GPS 보정 시스템” 개발·구축 사업단
「기술검토위원회」 위원 모집 공고**

한국항공우주연구원은 국토교통부 지원 연구개발 사업인 “초정밀 GPS보정시스템 (SBAS : Satellite Based Augmentation System)” 개발·구축 사업 주관 연구기관으로서 국외공동개발을 통하여 KASS (Korea Augmentation Satellite System)를 개발·구축을 수행하고 있습니다.

SBAS사업단은 본 연구개발과 관련한 중요 기술적 현안과 주요 개발 산출물에 관한 검토를 위하여 국내외 관련 전문가로 구성된 기술검토위원회 위원을 다음과 같이 공개모집하오니 역량 있는 전문가 분들의 많은 참여를 바랍니다.

1. 공모 분야

| 구분 | 주요 활동 분야 | 업무 |
|---------------------------|---|---|
| SBAS 사업단 기술검토위원회 위원 | · 설계 분야 · 장비 성능(performance) 분야 · 장비 또는 시설 운영(operation) 분야 · 서비스 제공(service provision) 분야 · 기타 분야 (체계공학, 품질보증, 인증 등) | · 주요활동분야와 연관된 기술적 현안 검토 · 주요 개발물 검토 |

- 선정된 위원은 정부의 위임을 받아 보안기술문서 (무결성, 연속성 등 관련 자료) 검토 가능
- 주요 활동 분야에 대한 회의 참여 시 소정의 수당 지급

2. 응모 자격

(위 주요 활동 분야와 관련하여)

- 해당 분야 산업체 실무경력 15년 또는 연구개발 경력 10년 이상의 전문가
- 해당 분야 대학의 부교수 또는 정부 출연 연구원의 책임연구원 이상의 전문가

그림 181. 기술검토위원회 모집공고(안)

- 연구 과제 규모에 따라 협의체 규모는 다양하게 나타났으며, K-UAM 로드맵의 경우는 관련 중앙부처/지자체/공공기관을 포함하는 거대 협의체가 상위레벨과 하위레벨로 구성하여 운영되었음
 - 의사결정의 본 위원회(연 1~2회)와 과장급 주재의 실무위원회를 상시 개최함 (최소 분기별 2회)

표 62. R&D 과제의 추진체계 분석

| 프로젝트 과제명 | 비고 |
|----------------------------------|-------------------------|
| 정지궤도 기상위성 지상국 개발 | 지상국 개발위원회 |
| 초정밀 GPS 보정시스템[SBAS] 개발 및 구축 | 기술검토 위원회(TRT), 국외 기술 자문 |
| 항공기 사용자를 위한 SBAS성능 평가 및 예측 기술 개발 | 국내외 연구관련 기관 자문 회의 및 교류 |
| 차세대 항공통신인프라 기술개발 | - |
| 다변량측정 감시시스템 기술개발 | 관련기관 자문회의 |

| | |
|----------------------------|---------------|
| 무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용 | 관련기관 인터뷰 수행 |
| 무인항공기 안전관리제도 구축 연구 | 무인항공기 협의체 구성 |
| 항공교통 관제절차예측모형개발 | - |
| K-드론시스템 실증지원사업 | - |
| 항공관제용통합정보처리 시스템 개발 | - |
| 인천공항 구역개선 및 제4활주로 비행절차수립용역 | 자문그룹, 실무 협력 팀 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | - |

□ 기술 위원회 또는 이해관계자 협의체 관련 프로젝트

- 정지궤도 기상위성 지상국 개발
 - 외부위원과 내부위원으로 구성된 ‘지상국 개발위원회’라는 의사결정 체계를 구성함
 - 목적 : 사업추진 정책/계획 심의·의결·평가 및 기술 자문
 - 구성 : 각각 외부위원 5명, 내부위원 4명 이상
 - * 각 분야별(시스템, 기상/우주기상 요소산출, 활용) 소위원회 운영 가능

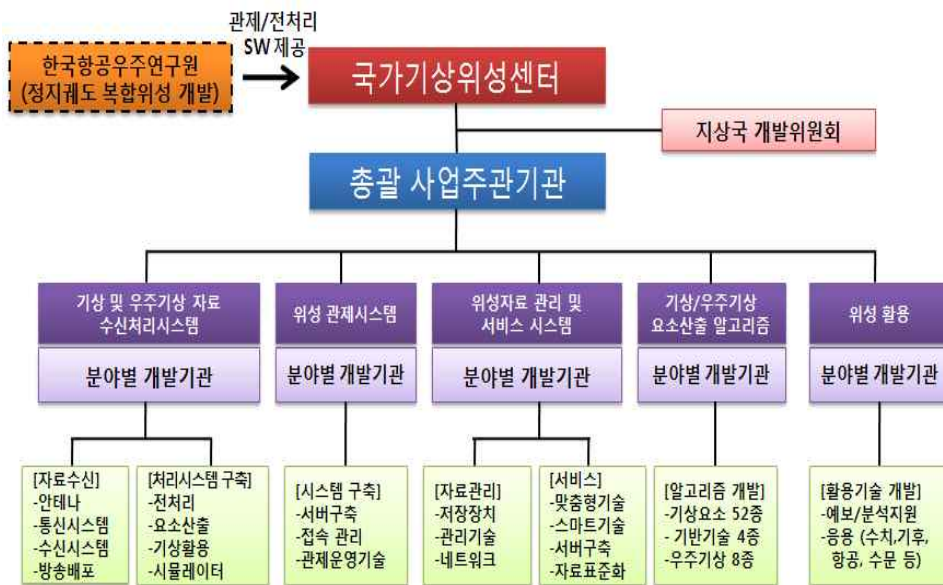


그림 182. 정지궤도 기상위성 지상국 개발 사업 추진체계

- 무인항공기 안전관리제도 구축연구
 - 무인항공기 제작 기관/업체 및 운용기관을 대상으로 협의체를 구성하여 운영하여 연구를 추진함
 - 운용기관: 국방부, 육/해/공군 등
 - 제작 기관/업체: 항공우주연구원, 국방과학연구소, 한국항공우주산업, 대한항공, 유콘시스템, 서원무인기술 등
- 초정밀 GPS 보정시스템[SBAS] 개발 및 구축(2014~2022)
 - 연구단 내에서 기술검토위원회(TRT)와 국외기술자문을 운영하고 있음
 - 추진되고 있는 과제에 대한 주요 기술적 현안과 주요 개발 산출물에 대한 기술 적정성을 검증하고 민/관의 요구 수준을 만족하기 위하여 기술검토위원회를 설립 및 운영



그림 183. SBAS 개발 및 구축 추진체계

- 인천공항 공역개선 및 제 4활주로 비행절차 수립용역
 - 이해당사자인 자문그룹과 실무협력팀을 운영하였음

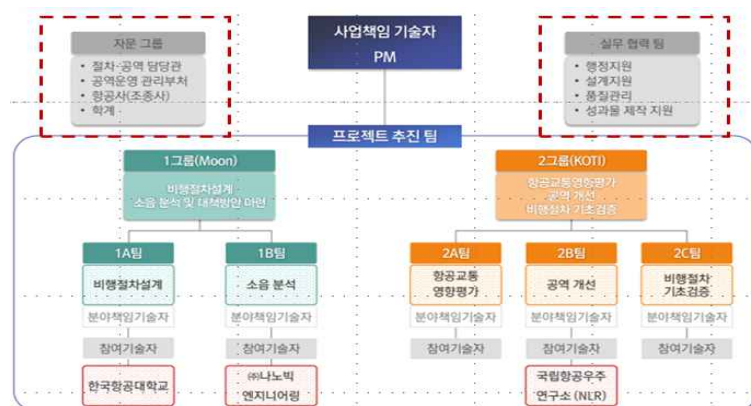


그림 184. 인천공항 공역개선 및 4활주로 비행절차 수립용역 사업추진체계

□ 사업추진체계 개선(안)

- 기술 적정성 검증을 위한 기술위원회 운영
 - (현황분석) 현재 이행되고 있는 R&D 과제들은 4차 산업혁명 이행 등 우리시대에 놓인 기술적이고 도전적인 과제들이며, 추진되고 있는 과제에 대한 기술 적정성 검증이 필요함
 - (대안) R&D 추진체계 내에 해당 분야의 전문가로 구성된 국외 기술자문 그룹 또는 국내기술검토위원회를 구성하여 운영
 - (기대효과) 주요 기술적 현안과 주요 개발 산출물에 대하여 검토를 수행하며, 민·관 요구 수준을 만족할 수 있음
- 수요에 기민하기 위한 대응방식으로 유관기관협의체 구성
 - (현황분석) 기술 및 수요가 급격하게 변화하는 상황 속에서 수요에 기민하는 대응방식이 필요함
 - (대안) 관계기관협의체*를 통해 연차/단계별로 도출되는 연구내용 및 성과물 확인과 사업수행 중 검토의견을 반영하여 수요자 중심의 연구개발 추진 (*국토교통부, 항공사, 공항공사, 조종사협회 등)
 - (기대효과) 정부가 수립하는 R&D 정책이 기업의 실제 수요에 부합이 가능해짐

□ 국토부, 항공사 등 관련기관의 협력 및 기술위원회가 포함된 사업추진체계(안)

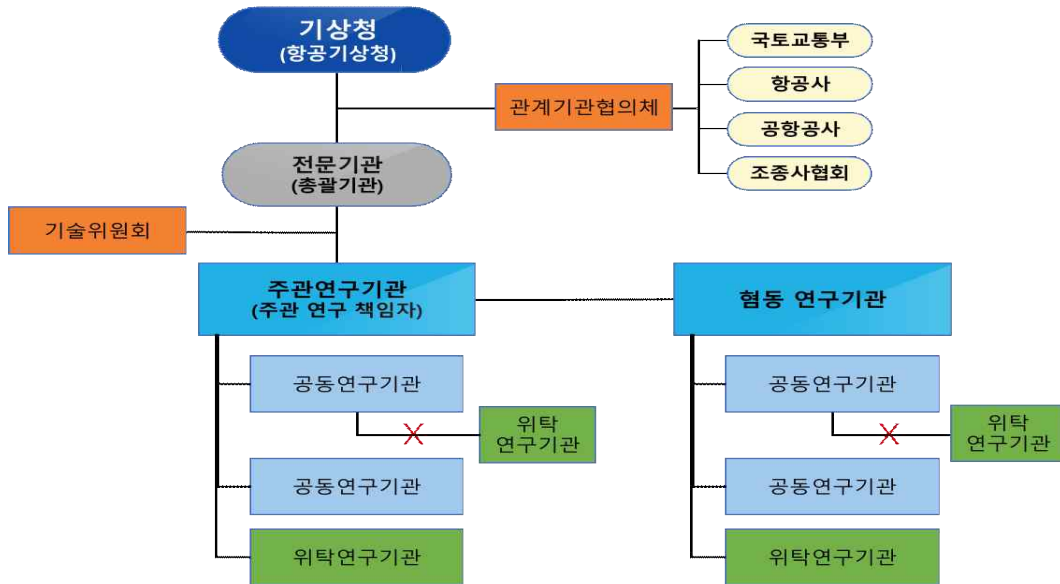


그림 185. 항공기상 R&D 사업추진 체계(안)

표 63. 사업추진체계 주체별 역할

| 구 분 | 역 할 |
|-----------------|--------------------------------------|
| 기상청(항공기상청) | 사업담당, 사업 방향 및 정책 총괄 |
| 관계기관협의체 | 사용자 요구사항 반영, 산출물 활용방안 검토 및 시험운영 참여 등 |
| 전문기관(한국기상산업기술원) | 연구기관 선정/평가/협약 등 사업관리 |
| 기술위원회 | 사업의 기술적 현안 자문과 주요 개발 산출물 검토 등 |
| 주관연구기관 | 연구개발 사업 주관하여 수행 |
| 협동연구기관 | 주관연구기관과 협동하여 연구개발 과제 수행 |
| 공동연구기관 | 주관연구기관 또는 협동연구기관과 세부과제를 공동으로 추진 |
| 위탁연구기관 | 일부 업무를 위탁받아 수행 |

2. 사업 추진 로드맵

□ 기술성숙도 설정

- 기술성숙도 TRL 정의 및 구분
 - TRL(Technology Readiness Level, 기술성숙도)은 특정기술(재료, 부품, 시스템 등)의 성숙도 평가, 이중 기술간의 성숙도 비교를 위한 체계적인 미터법임
 - 미국 국방부 및 에너지부 등의 주요 기관들에서 국가 R&D 사업을 체계적으로 관리하고 성과물의 확산을 촉진하기 위한 방안으로 사용하고 있음
 - TRL은 항공·우주 및 국방 분야의 R&D 프로그램에 적용하기 위해 정의 되었으므로 국내 민간 R&D 프로그램에 맞게 재정의 필요
 - TRL 단계별 정의 및 요구사항은 다음과 같음



그림 186. TRL 단계별 정의 및 요구사항

표 64. TRL 단계별 정의 및 세부설명 (참고: ETRI 기술이전 홈페이지)

| 구분 | 단계 | 정의 | 세부 설명 |
|----------|-----|------------------------------|--|
| 기초 연구 단계 | 1단계 | 기초 이론/실험 | 기초이론 정립 단계 |
| | 2단계 | 실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념정립 | 기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계 |
| 실험단계 | 3단계 | 실험실 규모의 기본성능 검증 | <ul style="list-style-type: none"> • 실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 • 개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계 |
| | 4단계 | 실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 시험샘플을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 • 3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 • 컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계 |
| 시작품 단계 | 5단계 | 확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 • 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 • 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계 |
| | 6단계 | 파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 파일럿 규모(복수 개~양산규모의 1/10정도)의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 • 파일럿 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량, 불량률 등 제시 • 파일럿 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 • 생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 • 성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보 |
| 실용화 단계 | 7단계 | 신뢰성평가 및 수요기업 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 • 부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일럿 시작품을 현장 평가(성능 및 신뢰성 평가) • 가능하면 인증기관의 신뢰성 평가 결과 제출 |
| | 8단계 | 시제품 인증 및 표준화 | <ul style="list-style-type: none"> • 표준화 및 인허가 취득 단계 |
| 사업화 | 9단계 | 사업화 | <ul style="list-style-type: none"> • 본격적인 양산 및 사업화 단계 • 6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계 |

- 항공기상 R&D 과제 연차별/세부과제별 기술성숙도(TRL)
 - R&D 과제에 대하여 표준과 연계를 강화하고 있으며, 기술성숙도는 R&D 목표와 정량 평가 기준을 설정하기 위해 활용되는 지표임
 - 항공기상 R&D는 기술성숙도 2(기초연구단계-개념정립)로 시작하여 R&D가 종료 이후에는 기술성숙도 7(실용화단계-시제품 구축 및 시범운영)를 달성할 수 있을 것으로 보임
 - 세부 사업별/연차별 예상되는 기술 성숙도는 다음과 같음

표 65. 세부 과제별/연차별 기술성숙도(TRL)

| 내역 사업 | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---------|-----|------|------|------|------|------|
| 내역 사업 1 | 1-1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| | 1-2 | 2 | 4 | 6 | 7 | |
| | 1-3 | | 2 | 4 | 6 | 7 |
| 내역 사업 2 | 2-1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| | 2-2 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| | 2-3 | | | 5 | 6 | 7 |
| 내역 사업 3 | 3-1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 3-2 | | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 3-3 | | | 4 | 6 | 7 |

- 연차별 예상되는 평균 기술 수준은 다음과 같이 도출될 것으로 예상됨



그림 187. 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발 기술성숙도

표 66. NARAE-Weather 실현을 위한 사업 추진 로드맵

| (내역 사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 | | | | | |
|---|-----------|--------------------|---------|-------|-----------|
| 세부과제명 | '22년 | '23년 | '24년 | '25년 | '26년 |
| 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| - 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술개발 | 규격정의 | 설계 | 구현(I) | | |
| - 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발 | 분류/관리 체계 | 데이터 모델링 | 아키텍처 설계 | 구현(I) | |
| - 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술개발 | 요구사항 | 설계 | 구현(I) | | |
| - 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 구축 | | | | 구축 | 시연 |
| 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | 2 | 4 | 6 | 7 | |
| - 항적자료 관리체계 분석 및 정의 | 분석정의 | | | | |
| - 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 | 요구사항정의/설계 | 기술개발 | 시제품 구현 | 시범운영 | |
| - 항적자료 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발 | 요구사항정의/설계 | 기술개발 | 시제품 구현 | 시범운영 | |
| 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | | 2 | 4 | 6 | 7 |
| - 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시 및 분석 기술 | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공역 항공교통자료 연계처리 기술 | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 기술 | | 요구사항 분석 및 기능 정의/설계 | 구현 | 구현/구축 | |
| - 시스템 통합 및 시범운영 | | | | | 시범운영 및 개선 |

| (내역 사업 2) | | | | | |
|-------------------------------------|------------|-------|--------|---------|-----------|
| 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 | | | | | |
| 세부과제명 | '22년 | '23년 | '24년 | '25년 | '26년 |
| 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| - 초단기 항공기상 역학모델 기술개발 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시범운영 및 개선 |
| - 항공기상 특화 통계모델 기술개발 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시범운영 및 개선 |
| 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| - 공항 위험기상 확률예측 기술개발 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험 및 시범운영 |
| - 공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험 및 시범운영 |
| 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | | | 5 | 6 | 7 |
| - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 | | | 설계 | 개발 | 시범운영 |
| - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 | | | 설계 | 개발 | 시범운영 |
| (내역 사업 3) | | | | | |
| 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 | | | | | |
| 세부과제명 | '22년 | '23년 | '24년 | '25년 | '26년 |
| 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발 | | | | | |
| 기술성숙도 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| - 의사결정 지원 항공기상 정보 전환 체계 기술개발 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| - 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| - 항로 최적 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| - 시제품 구축 및 시연 | | | | | 구축/시연 |

| 4D 항공기상서비스 기술개발 | | | | | | |
|--|--|-------|----|-------|---|------------|
| 기술성숙도 | | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| - 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | | |
| - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | | |
| - 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | | |
| - 시제품 구축 및 시연 | | | | | | 구축/시연 |
| 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | | | | | | |
| 기술성숙도 | | 4 | 6 | 7 | | |
| - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의, 설계 | | 분석/설계 | | | | |
| - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발 | | | 구현 | | | |
| - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축/시험 | | | | | | 구축 및 시험 |

제 2 절 사업 예산(안)

- 사업범위 및 소요시간을 반영한 내역사업별 예산 및 총 세부과제 예산(안) 산출
 - 총 사업 예산(안) : 5년간 29,200 백만원(기획평가관리비(3%) 900백만원 포함)
 - 수행방식 : 출연금 100%
 - 내역사업별 예산 구성(안)
 - (내역사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 : 9,800백만원
 - (내역사업 2) 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 : 12,200백만원
 - (내역사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 : 6,300백만원

표 67. 내역사업별 예산(안)

단위: 백만원

| (내역 사업 1) 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 | | | | | | | |
|---|------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 세부과제명 | | 합계 | '22년 | '23년 | '24년 | '25년 | '26년 |
| 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 | | 6,600 | 700 | 1,500 | 2,000 | 2,000 | 400 |
| | - 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술개발 | 1,300 | 200 | 500 | 600 | - | - |
| | - 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발 | 2,000 | 200 | 500 | 900 | 400 | - |
| | - 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술개발 | 1,300 | 300 | 500 | 500 | - | - |
| | - 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 구축 | 2,000 | - | - | - | 1,600 | 400 |
| 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 | | 1,600 | 300 | 500 | 500 | 300 | - |
| | - 항적자료 관리체계 분석 및 정의 | 100 | 100 | - | - | - | - |
| | - 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 | 750 | 100 | 250 | 250 | 150 | - |
| | - 항적자료 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발 | 750 | 100 | 250 | 250 | 150 | - |

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------|---|-----|-----|-----|-----|
| 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | 1,600 | - | 300 | 500 | 500 | 300 |
| - 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 | 200 | - | 50 | 75 | 75 | - |
| - 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 | 200 | - | 50 | 75 | 75 | - |
| - 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시 및 분석 기술 | 250 | - | 50 | 100 | 100 | - |
| - 공역 항공교통자료 연계처리 기술 | 200 | - | 50 | 75 | 75 | - |
| - 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 | 200 | - | 50 | 75 | 75 | - |
| - 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 기술 | 250 | - | 50 | 100 | 100 | - |
| - 시스템 통합 및 시범운영 | 300 | - | - | - | - | 300 |

(내역 사업 2)

항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발

| 세부과제명 | 합계 | '22년 | '23년 | '24년 | '25년 | '26년 |
|-----------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | 7,800 | 800 | 2,700 | 2,500 | 1,400 | 400 |
| - 초단기 항공기상 역학모델 기술개발 | 5,050 | 450 | 1,750 | 1,650 | 1,000 | 200 |
| - 항공기상 특화 통계모델 기술개발 | 2,750 | 350 | 950 | 850 | 400 | 200 |
| 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 3,500 | 400 | 1,200 | 1,200 | 500 | 200 |
| - 공항 위험기상 확률예측 기술개발 | 1,750 | 200 | 600 | 600 | 250 | 100 |
| - 공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 1,750 | 200 | 600 | 600 | 250 | 100 |
| 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | 900 | - | - | 200 | 500 | 200 |
| - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 | 450 | - | - | 100 | 250 | 100 |
| - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 | 450 | - | - | 100 | 250 | 100 |

| (내역 사업 3) 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 | | | | | | |
|---|-------|------|-------|------|-------|------|
| 세부과제명 | 합계 | '22년 | '23년 | '24년 | '25년 | '26년 |
| 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발 | 3,200 | 400 | 1,100 | 900 | 500 | 300 |
| - 의사결정 지원 항공기상 정보 전환 체계 기술개발 | 1,000 | 100 | 400 | 300 | 200 | - |
| - 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 950 | 150 | 350 | 300 | 150 | - |
| - 항로 최적 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 950 | 150 | 350 | 300 | 150 | - |
| - 시제품 구축 및 시연 | 300 | - | - | - | - | 300 |
| 4D 항공기상서비스 기술개발 | 2,400 | - | 500 | 700 | 1,000 | 200 |
| - 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 | 700 | - | 200 | 250 | 350 | - |
| - 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 | 600 | - | 150 | 200 | 300 | - |
| - 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 | 700 | - | 150 | 250 | 350 | - |
| - 시제품 구축 및 시연 | 200 | - | - | - | - | 200 |
| 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | 700 | - | - | 200 | 300 | 200 |
| - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의, 설계 | 200 | - | - | 200 | - | - |
| - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발 | 300 | - | - | - | 300 | - |
| - 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축/시험 | 200 | - | - | - | - | 200 |

□ 세부과제별 예산 적정성 검토

○ 세부과제와 유사한 유사 과제(NTIS 검색) 연구개발 예산과 비교를 통한 검토 수행

표 68. 세부과제별 유사 과제와의 예산 및 기간 적정성 비교 검토

| 내역사업 | 세부 과제명 | 유사 과제명 | 예산 (억원) | 기간 | 유사과제 개요 | 세부과제와의 비교 검토 |
|----------------------------|----------------------------|---|---------|---------|--|---|
| 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 | 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 | 재난안전정보 공동 활용 플랫폼 구축 방안 연구 | 34.1 | '16-'19 | 플랫폼 구축 | 세부과제에서는 항공기상정보의 규모 측면에서 해당 소요장비의 규모가 더 클 것으로 분석되어 66억원으로 예산을 추정함 |
| | | 재난안전정보 통합 플랫폼 개발 | 50 | '16-'19 | 공유 플랫폼 기술개발(수집/처리 설계, 개발, 시험) | |
| | 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 | 위험기상 감시 및 예측 향상을 위한 라디오존데 및 고층기상관측 자동화 시스템 개발 | 38 | '13~'15 | 라디오존데 지상수신 시스템 개발 고층 기상 자료관리 운영 소프트웨어 개발 | 세부과제에서는 ADS-B 자료의 수집데이터 내용 구조, 수집량, 수집주기, 처리용량 등의 규모 측면에서 해당 소요장비의 규모는 작을 것으로 분석되어 16억원으로 예산을 추정함 |
| | | 기상항공기 활용기술개발 연구 | 36 | '18~'19 | 기상항공기 활용 구름물리, 온실가스, 에어로졸 분석, 한반도대기 상층공기질 분석 항공관측자료의 관리체계 구축 | |
| | | 해양기상 변동특성 분석 및 항공기를 이용한 관측 | 134 | '12~'14 | 선박/항공기 이용 해양기상관측 실시간 해양자료표출 시스템 개발 해양기상 자료통합 모니터링 및 검증시스템 개발 | |
| | 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 | 위험기상에 대한 분석·예보의 융합기술 고도화 | 57 | '18-'20 | 응용 기상기술과 플랫폼 개발 및 서비스 구현 | 세부과제에서는 표출 요소 대상, 자동처리 기술 규모 예측 측면에서 해당 소요장비 규모는 작고 표출해야 하는 화면에 |
| | | 동아시아 기상·대기질 입체 관측망 자료 통합 체계 구축 | 29.5 | '17~'20 | 기상 감시, 예측, 영향분석 시스템 구축 | |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|---|---------|---------|-----------------------------|--|
| | 기술개발 | 위험기상 감시 및 예측 향상을 위한 라디오존데 및 고층기상관측 자동화 시스템 개발 | 50.68 | '13~'15 | 지상 자동화 시스템 구축 | 집중될 것으로 분석되어 16억 원으로 예산을 추정함 |
| 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 | 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | 항사·연무 감시 및 예보기술개발 | 42.56 | '18~'20 | 항공기상 특화 고해상도 수치모델 기술개발 | 세부과제에서는 항공용 특화 예측 모델 개발의 신규성, 목표 산출물 종류, 개발 난이도, 개발 기간, 투입인력 형태 측면에서 장비소요비는 상대적으로 작고 인건비 소요가 매우 클 것으로 판단되어 각 세부과제별 78억원, 35억원, 9억원으로 예산을 추정함 |
| | | 수치예보 및 자료응용기술개발 | 98.1 | '18~'20 | | |
| | | 항공·도시기상 지원 및 활용연구 | 13.58 | '20~'20 | | |
| | 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 수치모델 기반의 공역 위험기상(착빙, 대류 영역) 예측기술개발 | 1.63 | '20~'20 | 항공기상요소별 예측모델 고도화(고신뢰도) 기술개발 | |
| | | 딥러닝 기법과 인공위성 관측자료를 이용한 해무 초단기 예측 기술개발 | 1 | '20~'21 | | |
| | | 항공·도시기상 지원 및 활용연구 | 13.58 | '20~'20 | | |
| | | 수요자 맞춤형 초고해상도 기상정보 산출기술개발연구('20.01 ~ '20.12) | 5.25 | '20~'20 | | |
| | | 인공위성 자료를 이용한 착빙 감지 기술 활용 | 0.62 | '19~'20 | | |
| | | 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)의 검증 및 확률예보시스템(P-G-KTG) 개발 | 4.5 | '18~'20 | | |
| | 기상청 전지구예측모델을 이용한 전지구 항공난류 예측시스템 개발 | 5.7 | '15~'18 | | | |
| | 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | 호우 영향모델 적용을 위한(초단기, 단기, 중기) 예측강우 적용기술개발 | 4.85 | '18~'20 | 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발 | |
| | | 환경위성탐재체 표준 모의자료 생산 및 검보정 고도화 | 8.9 | '17~'20 | | |
| AWS 강우자료를 활용한 위성관측치의 검증과 강우의 일변화 연구 | | 5.87 | '07~'11 | | | |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|-------|---------|--|---|
| 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서 비스 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정 보 전환 기술개발 | 예보관 의사결정 지원시스템 구축 - 국립환경과학원 | 25.5 | '17-'20 | 통합의사결정지원시스템 구축 | 세부과제에서는 표출 요소 대 상, 자동처리 기술 규모 예측, 의사결정이라는 신규성 등의 측면에서 유사사업과 비슷한 수준의 것으로 분석되어 32억 원으로 예산을 추정함 |
| | | 차세대 도시농림 융합스마트 기상서비스 개발 - 국립기상연구소 | 75.4 | '12-'16 | 수요자 맞춤형 응용모델기술개발 의사결정지원을 위한 기상 기술개발 | |
| | | 기상위성자료 현업지원기술개발사업 - 기상청 | 48.75 | '19-'19 | 자료처리/활용기술개발, 서비스 지원체계 구축 | |
| | 4D 항공기상서 비스 기술개발 | 차세대 도시농림 융합스마트 기상서비스 개발 - 국립기상연구소 | 75.4 | '12-'16 | 수요자 맞춤형 응용모델기술개발 의사결정지원을 위한 기상 기술개발 | 세부과제에서는 표출 요소 대 상, 표출 방법의 복잡성, 자동 처리 기술 난이도, 표출 단말 다양성 측면에서 해당 소요장 비 규모는 작고 표출해야 하는 화면에 집중될 것으로 분석되 어 24억원으로 예산을 추정함 |
| | | 시범지역 수문기상 기술개발 연구 - 국립기상연구소 | 42.8 | '11-'12 | 기상 감시, 예측, 영향분석 기술개발 | |
| | 항공기상서 비스 검증 및 평가 기술개발 | 기상정보 활용 및 가치창출 지원 연구 - 국립기상과학원 | 2.95 | '20-'20 | 수요자 의견 환류 방안 | 세부과제에서는 최종 사용자와 제공 솔루션에 대한 복잡한 환 류체계를 구성하여 제공하는 기상정보의 정확도, 사용자 편 리성, 제공정보의 적시성 등 전체적인 4D 항공기상서비스 에 대한 이슈들이 다루어질 것 으로 예측되어 유사과제보다 많은 7억원으로 예산을 추정함 |
| | | 2019년 과학기술혁신정책 효과성 분석 및 환류체계 구축 - 한국과학기술기획평가원 | 1.0 | '19-'19 | 과학기술혁신정책의 국민 체감도 및 효과성 분석 | |
| | | IT정책 모니터링 및 환류체계 연구 - 정보통신산업진흥원 | 0.6 | '10-'10 | 프레임워크 설계 및 IT산업정책 평가분석 | |
| | | 전략적 성과관리 운영과 환류체계 마련 기획연구 - (주)퍼포먼스웨이컨설팅 | 0.5 | '09-'09 | 정책성과 평가 및 환류 | |
| | | 기상기술 전략개발연구(I) - 국립기상연구소 | 3.5 | '08-'08 | 정책수요자 만족을 위한 환류체계 강화 | |

□ 세부과제별 투입 인력 계획(추정)

○ 투입 인력 계획(추정) 가정

- 기존 과학기술정보통신부 연구개발사업의 MY(Man per Year) 고려
- 연구책임자의 참여율은 30% 이상, 참여 연구원의 참여율은 20% 이상을 기준으로 소요인력 산정
- 단계별, 기간별 특성을 고려하여 책임급, 연구원급, 연구보조원급, 보조원급 인력투입을 대략 1:3:1:1 기준으로 조정 투입
- 세부 과제별 인건비 비율은 50% 이내로 가정
- 인건비 산출 기준은 기획재정부의 2020년 학술연구용역 인건비 기준단가 준용하여 산정

| 등급 | 책임연구원 | 연구원 | 연구보조원 | 보조원 |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 월 임금 | 월 3,229,730원 | 월 2,476,514원 | 월 1,655,466원 | 월 1,241,642원 |

주) 본 인건비 기준단가는 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 100%로 산정한 것이며, 용역 참여율을 달리하는 경우에는 기준단가를 증감시킬 수 있음

표 69. 투입 인력 계획(추정)(기획평가 관리 인력 수 제외)

| 내역사업명 | 세부과제명 | 세부기술개발명 | 구분 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 항공·기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 | 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 | 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | - | - | |
| | | | 연구원 | 1 | 4 | 5 | - | - | |
| | | | 연구보조원 | 1 | 2 | 3 | - | - | |
| | | | 보조원 | 1 | 3 | 4 | - | - | |
| | | | 소 계 | 4 | 10 | 13 | - | - | |
| | | 항공기상 4D 데이터 모델링 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | |
| | | | 연구원 | 2 | 4 | 7 | 3 | - | |
| | | | 연구보조원 | 1 | 2 | 4 | 2 | - | |
| | | | 보조원 | 1 | 3 | 5 | 2 | - | |
| | | | 소 계 | 5 | 10 | 17 | 8 | - | |
| | | 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | - | - | |
| | | | 연구원 | 1 | 4 | 5 | - | - | |
| | | | 연구보조원 | 1 | 2 | 3 | - | - | |
| | | | 보조원 | 1 | 3 | 4 | - | - | |
| | | | 소 계 | 4 | 10 | 13 | - | - | |
| | | 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용 시제품) 구축 | 책임연구원 | - | - | - | 1 | 1 | |
| | 연구원 | | - | - | - | 15 | 3 | | |
| | 연구보조원 | | - | - | - | 8 | 2 | | |
| | 보조원 | | - | - | - | 10 | 2 | | |
| | 소 계 | | - | - | - | 34 | 8 | | |
| | (세부과제) 총 계(M/Y) (A) | | | | 13 | 30 | 43 | 42 | 8 |
| | 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 | 항적자료 관리체계 분석 및 정의 | 책임연구원 | 1 | - | - | - | - | |
| | | | 연구원 | 0 | - | - | - | - | |
| | | | 연구보조원 | 0 | - | - | - | - | |
| 보조원 | | | 1 | - | - | - | - | | |
| 소 계 | | | 2 | - | - | - | - | | |
| 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 | | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | | |
| | | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 0 | - | | |
| | | 연구보조원 | 0 | 2 | 2 | 1 | - | | |
| | | 보조원 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | | |
| | | 소 계 | 1 | 4 | 4 | 2 | - | | |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | 항적자료 기반 산출 기상정보 품질관리 기술개발 | 보조원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | | 소 계 | 2 | 5 | 5 | 3 | - |
| | | | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | | 연구원 | 0 | 1 | 1 | 0 | - |
| | | | 연구보조원 | 0 | 2 | 2 | 1 | - |
| | | | 보조원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | 소 계 | 2 | 5 | 5 | 3 | - | | |
| | (세부과제) 총 계(MY) (B) | | | 6 | 10 | 10 | 6 | - |
| | 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 | 공항 기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술 | 책임연구원 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| | | | 연구원 | - | 1 | 2 | 2 | - |
| | | | 연구보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | | 보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | | 소 계 | - | 2 | 5 | 5 | - |
| | | 공역 기상 및 항공교통자료 통합실황 모니터링 및 융합분석 기술 | 책임연구원 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| | | | 연구원 | - | 1 | 2 | 2 | - |
| | | | 연구보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | | 보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | | 소 계 | - | 2 | 5 | 5 | - |
| | | 시스템 통합 및 시범운영 | 책임연구원 | - | - | - | - | 1 |
| | | | 연구원 | - | - | - | - | 2 |
| 연구보조원 | | | - | - | - | - | 1 | |
| 보조원 | | | - | - | - | - | 1 | |
| 소 계 | | | - | - | - | - | 5 | |
| (세부과제) 총 계(MY) (C) | | | - | 4 | 10 | 10 | 5 | |
| (내역 사업) 총 계(MY) (D = A+B+C) | | | 18 | 44 | 63 | 57 | 13 | |
| 항공 위험기상 예측 및 검증 기술개발 | 공항기상 상세 예측 및 산출 기술개발 | 초단기 항공기상 역학모델 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 연구원 | 4 | 17 | 16 | 9 | 1 |
| | | | 연구보조원 | 2 | 8 | 8 | 5 | 1 |
| | | | 보조원 | 2 | 11 | 11 | 6 | 1 |
| | | | 소 계 | 9 | 37 | 36 | 21 | 4 |
| | 항공기상 특화 통계모델 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | 연구원 | 3 | 9 | 8 | 3 | 1 | |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| | | | 연구보조원 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| | | | 보조원 | 2 | 6 | 5 | 2 | 1 |
| | | | 소 계 | 7 | 20 | 18 | 8 | 4 |
| | | | (세부과제) 총 계(MY) (E) | 16 | 57 | 54 | 29 | 8 |
| | 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 공항 위험기상 확률예측 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 연구원 | 1 | 1 | 5 | 2 | 0 |
| | | | 연구보조원 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| | | | 보조원 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 |
| | | 소 계 | 4 | 4 | 13 | 5 | 1 | |
| | | 공역 위험기상 확률예측 기술 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 연구원 | 1 | 1 | 5 | 2 | 0 |
| | | | 연구보조원 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| | | | 보조원 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 |
| | | 소 계 | 4 | 4 | 13 | 5 | 1 | |
| | | (세부과제) 총 계(MY) (F) | 8 | 8 | 26 | 10 | 2 | |
| | | 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 | 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술 | 책임연구원 | - | - | 0.5 | 1.5 |
| | 연구원 | | | - | - | 2 | 4.5 | 2 |
| | 연구보조원 | | | - | - | 1 | 3 | 1 |
| | 보조원 | | | - | - | 0 | 0 | 0 |
| | 소 계 | | - | - | 3.5 | 9 | 3.5 | |
| | 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술 | | 책임연구원 | - | - | 0.5 | 1.5 | 0.5 |
| | | | 연구원 | - | - | 2 | 4.5 | 2 |
| | | | 연구보조원 | - | - | 1 | 3 | 1 |
| | | | 보조원 | - | - | - | - | - |
| 소 계 | - | | - | 3.5 | 9 | 3.5 | | |
| (세부과제) 총 계(MY) (G) | - | | - | 7 | 18 | 7 | | |
| (내역 사업) 총 계(MY) (H = E+F+G) | | | 24 | 65 | 87 | 57 | 17 | |
| 항공운항 의사결정 지원 4D | 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상 정보 전환 체계 기술개발 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | | 연구원 | 0 | 3 | 2 | 1 | - |
| | | | 연구보조원 | 0 | 2 | 1 | 1 | - |
| | | | 보조원 | 0 | 2 | 1 | 1 | - |
| | | | 소 계 | 1 | 8 | 5 | 4 | - |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 항공기상서비스 기술개발 | 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | 연구원 | 1 | 3 | 2 | 1 | - |
| | | 연구보조원 | 0 | 1 | 1 | 0 | - |
| | | 보조원 | 0 | 2 | 1 | 0 | - |
| | | 소 계 | 2 | 7 | 5 | 2 | - |
| | 항로 최적 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 | 책임연구원 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | 연구원 | 1 | 3 | 2 | 1 | - |
| | | 연구보조원 | 0 | 1 | 1 | 0 | - |
| | | 보조원 | 0 | 2 | 1 | 0 | - |
| | | 소 계 | 2 | 7 | 5 | 2 | - |
| | 시제품 구축 및 시연 | 책임연구원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 연구원 | - | - | - | - | 2 |
| | | 연구보조원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 보조원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 소 계 | - | - | - | - | 5 |
| (세부과제) 총 계(MY) (I) | | 5 | 22 | 15 | 8 | 5 | |
| 4D 항공기상서비스 기술개발 | 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 | 책임연구원 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| | | 연구원 | - | 1 | 2 | 3 | - |
| | | 연구보조원 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| | | 보조원 | - | 1 | 1 | 2 | - |
| | | 소 계 | - | 4 | 5 | 7 | - |
| | 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 | 책임연구원 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| | | 연구원 | - | 1 | 1 | 2 | - |
| | | 연구보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | 보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | 소 계 | - | 2 | 4 | 5 | - |
| | 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 | 책임연구원 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| | | 연구원 | - | 1 | 2 | 3 | - |
| | | 연구보조원 | - | 0 | 1 | 1 | - |
| | | 보조원 | - | 0 | 1 | 2 | - |
| | | 소 계 | - | 2 | 5 | 7 | - |
| 시제품 구축 및 시연 | 책임연구원 | - | - | - | - | 1 | |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| | | 연구원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 연구보조원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 보조원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 소 계 | - | - | - | - | 4 |
| | (세부과제) 총 계(MY) (J) | | - | 8 | 14 | 19 | 4 |
| 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의, 설계 | 책임연구원 | - | - | 1 | - | - |
| | | 연구원 | - | - | 1 | - | - |
| | | 연구보조원 | - | - | 1 | - | - |
| | | 보조원 | - | - | 1 | - | - |
| | | 소 계 | - | - | 4 | - | - |
| | 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발 | 책임연구원 | - | - | - | 1 | - |
| | | 연구원 | - | - | - | 2 | - |
| | | 연구보조원 | - | - | - | 1 | - |
| | | 보조원 | - | - | - | 1 | - |
| | | 소 계 | - | - | - | 5 | - |
| | 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축/시험 | 책임연구원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 연구원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 연구보조원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 보조원 | - | - | - | - | 1 |
| | | 소 계 | - | - | - | - | 4 |
| (세부과제) 총 계(MY) (K) | | - | - | 4 | 5 | 4 | |
| (내역 사업) 총 계(MY) (L = I+J+K) | | | 5 | 30 | 33 | 32 | 13 |
| 총 계(MY) (N = D+H+L) | | | 47 | 139 | 183 | 146 | 43 |

제 3 절 국내 항공기상 관련 기존 추진과제와의 관계 분석

1. 항공기상 관련 선행 사업 조사

표 70. 항공기상 관련 선행 사업 조사 내용

| NO | 기준 년도 | 사업명 | 내역 사업 명 | 과제명(국문) | 과제명(영문) | 연구책임자명 | 시작일 | 종료일 | 연구 수행 주체 | 세부 과제 성격 | 연구목표요약 | 과제관리(전문)기관명 | 과제수행기관명 | 실용 화대 상여 부구 분 | 연구 개발 단계 | 연구 개발 성격 구분 | 연구비합계 |
|----|----------|-------------------------|---------------|--|---|--------|------------|------------|----------------|----------------|---|-------------|-------------|---------------------------|----------------|----------------------|---------------|
| 1 | 2020 | 기상·지진Se-e-At기술개발연구(R&D) | 기상예보기술 | 수치모델기반의 공역위험기상(착빙, 대류영역) 예측기술개발 | - | 김정훈 | 2020-06-16 | 2023-03-31 | 대학 | 연구개발 | ○현업 수치모델 기반의 항공 위험기상(착빙, 대류영역) 예측 기술 ○양상불 수치모델 기반의 항공 위험기상(착빙, 대류영역) 확률정보 산출 기술 | 한국기상산업기술원 | 서울대학교산학협력단 | - | 기초연구 | 기타개발 | 851,000,000 |
| 2 | 2019 | 기상·지진Se-e-At기술개발연구(R&D) | 기상예보기술 | 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)의 검증 및 확률예보 시스템(P-G-KTG) 개발 | Validation of Global Korean aviation Turbulence Guidance system (G-KTG) and development of probabilistic aviation turbulence forecasting system (P-G-KTG) | 전혜영 | 2018-04-01 | 2020-12-31 | 대학 | 연구개발 | ○본 연구의 최종목표는 기상청 최신 현업 전지구 수치예보 모델 및 전지구 예측모델의 양상불 시스템을 이용하여 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG) 및 항공난류 확률예보 시스템(P-G-KTG)을 개발하는 데 있다. 이를 위해 1차년도에는 기상청의 이전과제를 통해 개발된 UM-17km 기반의 전지구 수치예보모델(GDAPS)을 기반으로... | 한국기상산업기술원 | 연세대학교 산학협력단 | - | 응용연구 | 기타개발 | 150,000,000 |
| 3 | 2019 | 기상업무지원기술개발연구(R&D) | 기상업무지원기술개발연구 | 기상항공기 활용기술개발연구 | Development and application of technology for weather airplane | 이철규 | 2018-01-01 | 2030-12-31 | 국공립연구소 | 연구개발 | ○연구용기상항공기활용한구름 물리, 온실가스, 위험기상 등 항공 관측 기반 구축 ○연구용 기상항공기를 이용한 구름-강수 활용(인공강우등) 기술력 확보 ○연직 이산화탄소와 메탄에 대한 | 기상청 | 국립기상과학원 | - | 기초연구 | 아이디어개발 | 1,669,000,000 |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------------------------|---------|---|--|-----|------------|------------|------|---|---|-----------|-------------|---|------|--------|-------------|
| | | | | | | | | | | 항공-위성-모델의 종합 비교 분석 ○연구용 항공기를 이용한 에어로졸의 특성분석 및 이를 활용한 한반도 대기상층의 공기질분석과 기후 영향특성 규명 | | | | | | | |
| 4 | 2018 | 기상·지진Se e-At기술개발 연구(R&D) | 기상예보 기술 | 서비스 요구도 연구 및 항공기 활용을 통한 기술 개발 지원 | The study of service requirement and technical support using small aircraft operation | 구성관 | 2017-07-15 | 2018-12-31 | 대학 | 연구개발 | ○소형항공기의운항특성이반영된 기상정보제공을위한시스템요구도연구 ○실제소형항공기운항을통한기술지원 | 한국기상산업기술원 | 한서대학교 산학협력단 | Y | 응용연구 | 시작품개발 | 50,000,000 |
| 5 | 2018 | 기상·지진Se e-At기술개발 연구(R&D) | 기상예보 기술 | 소형 항공기의 저고도 비행을 위한 구름정보 생산 기술 및 서비스 방안 개발 | Development of cloud information production technology and service contents for low-flying aircraft | 김기영 | 2017-07-15 | 2018-12-31 | 중소기업 | 연구개발 | ○소형항공기의 저고도 비행을 위한 구름정보 산출 ○지상/위성 관측자료 분석을 통한 저고도 소형항공기의 비행경로 및 공항(접근경로)의 구름특성 파악 ○수치모델 구름모의 결과와의 비교검증 통하여 소형항공기의 안전운항에 필요한 저고도 기상정보(구름) 예측의 기반 구축 ○초경량 비행장치, 경량항공기, 헬기 등... | 한국기상산업기술원 | (주)포디솔루션 | Y | 응용연구 | 시작품개발 | 200,000,000 |
| 6 | 2017 | 기상·지진Se e-At기술개발 연구 | 기상예보 기술 | 강수량 예보 정확도 향상을 위한 앙상블 자료동화 알고리즘 개발 및 적용 | Development and application of the ensemble data assimilation algorithm to upgrade the precipitation amount forecast | 임규호 | 2015-05-01 | 2018-04-30 | 대학 | 연구개발 | ○자료동화 기법을 개발하고 개발한 앙상블 자료동화 기법을 고해상도 수치모형에 적용하여 한반도의 약기상 발생과 이에 수반된 강수의 예측 정확도를 향상시키는 데 있다. 최근 기후변화에 의한 약기상의... 수준을 높일 수 있도록 자료동화 분야의 연구가 필요하다. 연구결과는 국민 / 국가복리 및 보호(기상재해저감)와 산업활동 증가(농수산, 제조업, 교통, 통신, 항공, 우주 등의 생산)에... | 한국기상산업기술원 | 서울대학교 산학협력단 | Y | 응용연구 | 아이디어개발 | 81,000,000 |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------------------|-------------|--|---|-----|------------|------------|------|------|---|-----------|-------------|---|------|--------|-------------|
| 7 | 2017 | 기상·지진Se-e-At기술개발연구 | 기상예보기술 | 기상청 전지구예측모델을 이용한 전지구 항공난류 예측시스템 개발 | Development of global aviation turbulence predicrion system using KMA-GDAPS | 전혜영 | 2015-05-01 | 2018-04-30 | 대학 | 연구개발 | ○본 연구는 기상청 현업통합모델(UM)을 기반으로 한 고해상도 전지구 예보모델(GDAPS) 자료와 항공난류 관측자료를 이용하여 전지구 항공난류 예측시스템(G-KTG)을 개발하고, 다양한 통계적 검증으로 시스템을 개선함으로써 궁극적으로 안전하고 경제적인 항행을 위한 항공기상 정보를 제공하는 데 그 목적이 있다. | 한국기상산업기술원 | 연세대학교 산학협력단 | Y | 개발연구 | 아이디어개발 | 200,000,000 |
| 8 | 2017 | 기상·지진Se-e-At기술개발연구 | 기상관측기술 | 황사·연무 등을 유발하는 장거리 이동성 에어로졸 특성 분석을 위한 항공기 관측자료 활용 기술 개발 | Development of aircraft measurement and analysis technique to identify long-range transported aerosols: Asian dust and haze | 염성수 | 2015-05-01 | 2018-04-30 | 대학 | 연구개발 | ○항공기를 이용하여 에어로졸과 구름을 측정하는 기술을 확보하고 관측된 자료 분석을 통하여 동북아 지역 장거리 이동성 에어로졸의 공간적 분포 특성, 물리적, 화학적 특성과 구름물리 특성을 이해함으로써 황사·연무 예보에 필요한 기초 자료를 제공할 수 있는 기반을 구축함 | 한국기상산업기술원 | 연세대학교 산학협력단 | Y | 개발연구 | 아이디어개발 | 135,000,000 |
| 9 | 2015 | 기상산업지원 및활용 기술개발 | 기상산업활용 기술개발 | 항공기상서비스 선진화를 위한 WAFS 활용기술 국산화 개발 | Domestic production development of WAFS application technology for the advancement of aviation weather services | 원완식 | 2014-06-01 | 2016-05-31 | 중소기업 | 연구개발 | ○국외S/W에 의존하는 항공기상업무 필수프로그램 국산화 전환 ○ODA(공적개발원조) 및 개도국 기상지원시 국산S/W 제공 등 국내 민간 사업체 외화수입 창출 지원 연차 목표 ○WAFS 데이터 융합 기술개발 및 수요자 서비스- 우리나라 비행정보 구역에 대한 상세 기상정보 그래픽 표출기법 개발- 활용자 편의성 및 국내외 민간사업 촉진을 위한 어플리케이션 개발 | 한국기상산업진흥원 | (주)미래기후 | Y | 개발연구 | 시작품개발 | 90,000,000 |

제 6 장. 사업 이행계획

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|-----|------------|------------|------|------|--|------------|-------------|---|------|--------|-------------|
| 10 | 2014 | 기상기술개발사업 | 기상예보 목적 기초 원천 연구 | 한국형 항공 난류 및 착빙 예측 시스템 개발 | Development of Korea Aviation Turbulence and Icing Prediction System | 전혜영 | 2012-03-08 | 2015-02-28 | 대학 | 연구개발 | <ul style="list-style-type: none"> ○구축된 계절-KTG 시스템의 최적화 및 고해상도 한반도-KTG 시스템 구축 ○1.5 km 수평해상도의 현업 지역모델을 이용한 고해상도 한반도-KTG 시스템 구축 ○2013년도에 개발된 계절-KTG 시스템의 검증 및 최적화 | (재)기상기술개발원 | 연세대학교 산학협력단 | Y | 응용연구 | 기타개발 | 90,000,000 |
| 11 | 2014 | 기상기술개발사업 | 기상예보 목적 기초 원천 연구 | 항공예보를 위한 안개 발생 지수 개발 및 구름 정보 개선 | Development of Fog Forecast Index and improvement of cloud information from UM model for the aviation weather prediction | 염성수 | 2012-03-08 | 2015-02-28 | 대학 | 연구개발 | <ul style="list-style-type: none"> ○전국 주요 공항지점에 대한 안개 안정지수 개발 및 검증 ○전국 주요 공항지점에서의 UM + PAFOG 접합모형 현업화 가능성 진단 | (재)기상기술개발원 | 연세대학교 산학협력단 | Y | 응용연구 | 기타개발 | 90,000,000 |
| 12 | 2014 | 기상기술개발사업 | 기상예보 목적 기초 원천 연구 | 항행 위험기상 감시망 및 예보생산 체계 구축 | Development of Aviation Severe Weather Surveillance system and Forecast Producing System | 이호준 | 2012-03-08 | 2015-02-28 | 중소기업 | 연구개발 | <ul style="list-style-type: none"> ○연구개발 목표는 양방향 항행기상 예보서비스 개선 및 특화 ○연구개발 주요내용은 융합형 항행기상 예보콘텐츠 개발 및 예보브리핑 서비스 개발 ○주요 연구범위는 1~2차년도 개발 내용 고도화 개선을 통한 예보 콘텐츠 및 서비스 개발 | (재)기상기술개발원 | (주)넥스다임 | Y | 응용연구 | 기타개발 | 157,500,000 |
| 13 | 2011 | 기상산업지원 및활용 기술개발 | 현업 UM을 이용한 한국형 중,상층 난류 예측 시스템 개발 | 현업 UM을 이용한 한국형 중,상층 난류 예측시스템 개발 | Development of Korean Mid- and Upper-level Turbulence Forecasting System Based on the Operational Unified Model | 전혜영 | 2011-03-01 | 2012-02-29 | 대학 | 연구개발 | <ul style="list-style-type: none"> ○최적화된 한국형 중 상층 난류예측시스템을 개발하기 위해, 미국해양대기관리국(NOAA)에서 현업으로 사용되고 있는 통합난류예측시스템(GTG)의 방법론을 기상청 현업 UM에 적용한다. 또한, 최상의 예측성을 가지도록 시스템의 구성요소들을 구축하기 위해 다양한 민감도 실험 및 통계적 검증을 병행한다. | 기후과학연구관리단 | 연세대학교 산학협력단 | Y | 응용연구 | 아이디어개발 | 80,000,000 |

2. 선행 사업과 본 사업 간 관계 분석

□ ‘수치모델 기반 공역 위험기상 예측기술개발(‘20~‘22)’ 사업 분석

- 선행 사업은 착빙과 대류영역 예측과 확률예측(양상블) 원천기술을 확보하는 것이 목표
- 본 사업은 개발된 원천기술을 바탕으로 항공정보와 융합한 예측 및 검증 마련과 의사결정 지원 서비스 기술개발 예정
- 기존 See-At 사업의 항공 난류·착빙 예측기술(‘13~‘18)은 UM 기반 알고리즘으로, 본 사업에서는 예측 알고리즘의 KIM 기반 최적화와 확률예측기술개발 예정

□ ‘전지구 한국형 항공난류 예측시스템 (G-KTG)의 검증 및 확률예보 시스템 (P-G-KTG) 개발’ 사업 분석

- 선행 사업의 최종목표는 기상청 최신 현업 전지구 수치예보 모델 및 전지구 예측모델의 양상블 시스템을 이용하여 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG) 및 항공난류 확률예보 시스템(P-G-KTG)을 개발하는 것이 목표
- 본 사업은 개발된 원천기술을 바탕으로 항공정보와 융합한 예측 및 검증 마련과 의사결정 지원 서비스 기술개발 예정

3. 기타 사업과 본 사업 간 관계 분석

□ 국립기상과학원은 고해상도 수치모델(KMAPP, 100m) 기반으로 공항 강풍 및 측풍 예측시스템을 개발하여 공항예보 가이드스 마련에 집중 중

- KMAPP은 고해상도이나 예측값 산출이 늦어 12~48시간 예측에 적합
- 본 사업에서는 공항과 공역 위험기상(저시정, 천둥번개, 난류, 착빙)을 시공간적으로 상세한 예측정보를 생산하는 기술개발 예정
- 특히, 전술적(0~2시간)·전략적(2~8시간) 항공교통관리 지원을 위해 초단기 예측과 확률정보 생산을 위한 양상블 예측에 중점
- 국립기상과학원의 연구내용은 공항예보 가이드스 분야에 활용 예정

제 4 절 전문가 자문을 통한 과제 검토 및 분석

4. 전문가 자문을 통한 세부과제 검토 및 분석

- 도출된 세부과제에 대해, 아래와 같은 평가항목 및 평가 기준을 수립하여 전문가 자문위원의 자문을 통해 검토 및 분석
- 검토는 정책 부합성, 전략 R&D 연계성, 시급성, 효율성 및 파급효과 측면으로 평가하여 결정함

표 71. 전문가 검토 평가체계 개요

| 평가항목 | 평가기준 | 배점 |
|------------|--|------------|
| 정책 부합성 | 항공기상청 정책 방향에 부합하는가? | 20 |
| 전략 R&D 연계성 | 항공기상 서비스 발전 방향 및 국토교통부 NARAE 계획에 부합하는가? | 20 |
| 시급성 | 미래의 항공기상 서비스 요구 및 국내외 시장 발전을 고려할 때, 사업 착수가 시급한가? | 30 |
| 효율성 및 파급효과 | 정책적/기술적/경제적 파급효과가 가시적/구체적/실질적인가? | 30 |
| 총점 | | 100 |

※ 아래 표에 제시된 등급기준(A~E)에 따라 평가하고, 우선 순위 선정을 위한 평가점수는 등급 기준별 계수에 배점을 곱하여 산출한다.

| 등급기준(정량화) | A (매우우수) | B (우수) | C (보통) | D (미흡) | E (매우미흡) |
|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 계수 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |

□ 전문가 자문위원 사업 및 세부과제별 검토 결과 분석 주요 내용 요약

표 72. 전문가 자문위원 주요 검토의견 요약

| 순번 | 주요 검토의견 |
|----|---|
| 1 | - 설정된 전체 내역사업 및 세부과제들은 모두 시급하고 타당한 연구개발로 판단 |
| 2 | - ADS-B 관측자료의 활용을 통한 의사결정정보 추출, 항공용 고해상도 예측모델 입력자료로의 활용 등 강조 |
| 3 | - 통합 4D 데이터 플랫폼에서 운영할 데이터 범위(예: 우리나라 공역까지인지 동아시아 영역까지인지)의 결정에 따른 단계적 접근과 초기 집중이 중요함을 강조 |
| 4 | - 항공용 예측모델의 불확실성에 대한 진단과 보정기술 연구개발 및 운영에 대한 중요성 강조 |
| 5 | - 항공용 기상산출물에 대한 범위와 우선순위 설정, 설정에 따른 집중적 연구개발 강조 |

※ 전문가 자문위원의 상세한 검토의견은 [부록 4] 참조

표 73. 전문가 자문위원 세부 사업별 우선순위 검토 결과

| 사업명 | 내역 사업명 | 세부 과제명 | 평균점수 | 순위 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------|----|
| 4D 궤적기반 항공기상 서비스 기술개발 | 1. 4D 항공기상 통합실황감시 및 분석 기술개발 | 통합 4D 데이터 플랫폼 구축 | 96 | 1 |
| | | 항공운항정보 실시간 수집·처리 기술개발 | 93 | 3 |
| | | 항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석기술개발 | 95.5 | 2 |
| | 2. 궤적기반 항공기상 예측 및 검증 기술개발 | 시공간 상세 항공기상 예측기술개발 | 100 | 1 |
| | | 항공기상 확률예측기술개발 | 94.25 | 2 |
| | | 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발 | 93.5 | 3 |
| | 3. 항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술개발 | 97.25 | 1 |
| | | 4D 항공기상정보 제공 기술개발 | 91.5 | 2 |
| | | 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | 90.5 | 3 |

※ 전문가 자문위원의 상세한 검토의견 조사 당시 사업명 기준으로 작성

제 7 장 사업 관리 방안

제 1 절 추진사업 성과목표 평가계획 방안

1. 평가 기본방향

□ 객관성·전문성·공정성을 확보한 평가체계 확립

- (객관성 확보) 기상·인공지능·항공 분야 평가위원 Pool에 등재된 인사 중 선정을 원칙으로 하고, 전문가 Pool 체계적 관리 및 검증
- (전문성 확보) 기상·인공지능·항공 분야 전문지식 및 연구 경험이 탁월한 전문가 중 평가위원 선정
- (공정성 유지) 평가위원 선정 시 평가 대상 과제와 이해관계가 없도록 구성·운영 하고 참여자에게 평가 결과 공개

□ 엄정한 평가를 통한 연구개발 관리체제의 강화

- 과제의 규모 등을 고려하여 절대평가와 상대평가를 선택적으로 적용
- 관대한 평가문화의 탈피와 성실한 실패의 인정

□ 연구자 중심의 열린 평가제도 정착

- 평가에 대한 이의신청 제도를 운용하여 구제 기회 부여
- 평가 절차 및 서식 간소화를 통한 연구자의 부담 경감

2. 사업평가 체계

- 평가는 선정평가-진도점검-연차(단계)평가-최종평가-추적평가로 구성
- 평가결과는 주관연구기관에 통보하고 주관연구기관은 평가의견에 대한 조치계획 작성
- 각 단계 평가결과에 대한 이의신청 가능

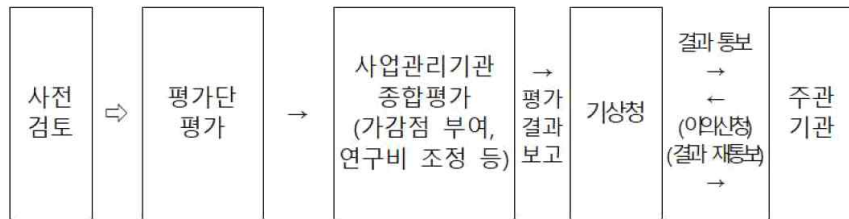


그림 188. 추진사업 성과목표에 대한 단계별 평가체계(안)

□ 국가연구개발혁신법(2020.12.29. 제정, 2021.1.1. 시행) 시행으로 연차 협약/평가는 원칙적으로 폐지되고 단계평가가 도입

○ (선정)

- 전문기관인 항공기상산업기술원을 통하여 과제를 수행할 연구기관 선정되며 과정은 다음과 같음

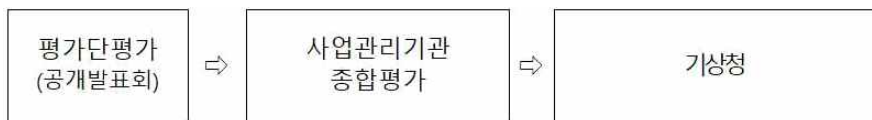


○ (수행)

- 관계기관협의체를 통해 단계·연차별로 도출되는 연구내용 및 성과물 확인과 사업수행 중 검토의견을 반영하여 수요자 중심의 연구개발 추진
 - 국토교통부 등 관계부처, 항공사, 공항공사 등 관계업계 간 유기적 협의 체계 구축으로 의견수렴과 교류 활성화
 - 사업추진 시 국적 항공사를 설계(1차년도)부터 시범운영 및 검증 단계(5차년도)까지 전 사업 단계에 필수 참여하도록 협의
- 개발된 기술의 현업화 과제에는 항공기상 기술의 솔루션 개발 및 대외 수출을 고려한 관련 기업체를 기술개발 주체로 구성
 - * 기술구현 및 시범운영 단계(4~5차년도)는 산업계 참여율을 30% 이상으로 확대

○ (평가)

- (단계평가) 해당 단계 기술개발결과에 대해 단계보고서 및 다음 단계 사업계획서에 대한 검토·심의 등을 거쳐 계속 지원여부를 결정하는 평가절차



- 전담기관의 장은 제출된 단계보고서의 내용을 검토하여 당초 계획 대비 단계목표의 달성 여부를 확인
- 단계평가의 결과는 다음과 같이 5단계로 구분함

| | |
|----------|---|
| 계속 | 단계별 계획된 기술개발목표를 양호하게 달성하여 기술개발 성공 가능성이 높은 경우 |
| 중단(성실) | 해당단계 목표를 달성하였으나 정당한 사유(정부의 정책, 상대 비교평가에 따라 하위과제로 분류, 재무상태 악화로 사업화 가능성이 낮은 경우, 표준·법·제도·기술이나 시장환경의 변화로 기술개발 필요성이 사라진 경우 |
| 중단(불성실) | 단계보고서 미제출, 과제의 해당단계 목표 달성 미흡 등 과제수행 결과가 극히 불량한 경우, 사업비의 관리 및 집행도가 불성실한 경우 또는 의무사항·시행조치 불이행의 경우 등 |
| 조기종료(우수) | 사업계획서상의 최종목표를 달성하였으며, 기술적 성취도와 사업화 가능성 측면에서 그 결과가 우수한 경우 |
| 조기종료(완료) | 사업계획서상의 최종목표를 달성하였거나, 해당연도 목표를 달성하였음에도 불구하고 계속수행의 필요성이 적은 경우 |

- (최종평가) 총 수행기간의 기술개발결과에 대해 최종보고서에 대한 검토·심의 등을 거쳐 과제의 성공여부를 결정하는 평가절차



- 전담기관의 장은 평가대상 과제수를 고려하여 기술분야를 통합하여 평가위원회를 운영할 수 있으며, 사업별 특성을 반영하여 평가 절차를 달리 정할 수 있으며, 필요시 성과제고를 위해 기술성 평가와 사업화 평가 등 평가단계를 분리하여 실시할 수 있음
- 특별한 사정이 없는 한 총괄책임자가 평가위원회에서 과제의 추진실적 및 사업화 계획을 발표하며 평가위원은 총괄책임자의 발표, 질의 응답, 현장실태 조사 검토의견 등을 종합적으로 고려하여 평가지표에 따라 평가
- 과제별 평가점수는 위원별 점수 중 최고점수와 최저점수를 제외한 점수의 산술평균점수로 하며 최종평가 결과는 다음과 같이 구분

| | |
|-------|---|
| 우수 | 최종평가 결과 85점 이상인 과제로서, 성실하게 수행하여 최종 목표를 달성하여 연구성과가 혁신적이고 사업화 가능성이 높은 경우 등 |
| 완료 | 최종평가 결과 60점 이상 85점 미만인 과제로서, 연구개발 과정이 성실하고 연구성과와 사업화 가능성이 양호한 경우 등 |
| 불성실수행 | 최종평가 결과 60점 미만인 과제로서, 연구개발과정이 불성실하거나, 연구성과가 극히 불량한 경우, 사업비 관리 및 집행이 불성실한 경우 또는 의무사항(최종보고서 미제출 등)·시행조치 불이행의 경우 등 |

3. 사업 논리모형(Logic Model) 설정

- 2020년 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) 안내서 준용
- 국가 R&D 사업유형 분류에 따라 공공기술개발 유형에 해당하는 사업논리 설정
- 자원의 투입, 연구개발사업의 수행(활동), 사업종료 시 기대되는 산출물, 사업 종료된 후의 성과(결과)의 사업 논리 설정
- 사업의 성과목표에 적합한 성과지표 설정

표 74. 추진사업 성과목표 달성을 위한 사업 논리모형

| 구분 | 투입 | 활동 | 산출 | 성과(결과) |
|----------|---|--|--|---|
| 사업 논리 | <ul style="list-style-type: none"> • 인적 자원 <ul style="list-style-type: none"> - 기상·항공·인공지능·시스템 기술 분야 산학연 전문가 - 항공기상 관계 부처 현장 전문가 • 물적 자원 <ul style="list-style-type: none"> - 예산 - 시설공간 - 인프라 - 연구 장비 • 지적 자원 <ul style="list-style-type: none"> - 지식 - 정보·자료 | <ul style="list-style-type: none"> • 추진방향 설정 <ul style="list-style-type: none"> →기획과제심의 →예산확정 →공고/접수/평가 →과제선정/협약 →중간평가 →정산 →차년도 협약 →최종평가 →정산 →사후관리 | <ul style="list-style-type: none"> • 논문투고/게재 • 특허 출원/등록 • 기타지식재산 (요구사항정의서, 규격서, 상세설계서, 시험절차서, SW/HW, 알고리즘(모델)) <ul style="list-style-type: none"> - 항공기상 4D 데이터 플랫폼 - ADS-B 항적자료 기반 기상정보 산출 시스템 - 실시간성 항적자료 기반 MET/ATM 통합실황감시 및 분석 시스템 - 항행 전주기 초단기 항공기상정보 산출 모델 - 미래 항공기상 특화 항공기상정보 산출 통계 모델 - 고신뢰도 항공기상정보 검증 기술 - 이착륙 및 항로 선택 의사결정 지원 서비스 - 4D 궤적기반 항공기상정보 | <ul style="list-style-type: none"> • SCI 게재(국내/국외): 모델기술 연구개발 분야 • PCT 삼극 특허 출원/등록: 모델기술/시스템기술 연구개발 분야 • 시작품/상용품 제작: NARAE-Weather 실현 기술 (요구사항정의서, 규격서, 상세설계서, 시험절차서, SW/HW, 알고리즘(모델)) • NARAE-Weather 실현 기술개발 역량 증대 • 항공기상 분야 동남아 지역 경쟁력 향상 • 항공기상 분야 세계최고대비 기술 수준 및 기술격차 축소 • NARAE 계획 지원을 통한 NARAE 계획의 국제적 경쟁력 강화 |

| | | | | |
|-------|--|--|--------|--|
| | | | 제공 서비스 | |
| 성과 목표 | <ul style="list-style-type: none"> • 관련 학문, 기술 분야 연구성과(논문, 특허)의 질적 제고 • 투자 분야의 원천기술 확보 • 미래 항공기반 산업의 기회와 혁신적 발전 보장을 위한 항공기상 혁신 생태계 활성화 및 핵심 신기술 (NARAE-Weather 기술: SW/HW/알고리즘) 확보 | | | |
| 성과 지표 | <ul style="list-style-type: none"> • 기술분야를 고려한 논문, 특허의 질적성과(mmlF, IF, K-PEG 등급 등) • 삼극특허, 일반 특허 출원/등록 건수 • 소프트웨어 등록 건수 • 상용 시제품 현장 활용도 • NARAE 계획 관련 정책활용도 | | | |

4. 사업 논리모형 설정에 따른 성과지표 상세 설정

- 2020년 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) 안내서 준용
- 국가 R&D 사업유형 분류에 따라 공공기술개발 유형에 해당하는 성과지표 제시

표 75. 성과지표 상세 설정

| 구분 | 성과 항목 | 공통성과지표 | 성과계획 | | | | | 합계 |
|------------------------------|--------|------------------------------------|------|-------|-------|------|------|--------|
| | | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | |
| 과학적 성과 | 논문 | SCI(E)급 논문 건수 평균 mmlF 지수(SCI급)★ | - | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 |
| | | 등재지 논문 건수 평균 IF 지수(등재지)★ | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 기술적 성과 | 특허 | 일반 특허 출원/등록 건수★ | - | 7/0 | 7/0 | 0/7 | 0/7 | 14 |
| | | 삼극 특허 출원/등록 건수★ | | 2/0 | 3/0 | 0/2 | 0/3 | 5/5 |
| | | K-PEG 지수(등급:S/A/B)★ | | 2/2/5 | 2/2/6 | - | - | 4/4/11 |
| | 소프트웨어 | 소프트웨어 등록 건수★ | - | - | - | - | 8 | 8 |
| | | 소프트웨어 활용 만족도(S/A/B/C/D)★ | - | - | - | A | S | - |
| | 상용 시제품 | 상용 시제품 제작 건수 | - | - | - | - | 8 | 8 |
| 상용 시제품 현장 활용도(S/A/B/C/D)★ | | - | - | - | - | S | - | |
| 사회적 성과 | 정책활용 | 정책활용도(S/A/B/C/D)★ | - | - | - | S | S | - |
| | | 정책지원 건수 | MAX | MAX | MAX | MAX | MAX | - |

- ※ 논문 건수 = (SCI(E)급 건수 + 등재지 건수)(1편/12억원), 모델기술 분야 적용
- ※ 특허 건수 = 일반 특허 건수(1편/20억원) + 삼극 특허(1편/50억원), 모델 및 시스템 기술 분야

□ 단계별 성과지표

- ICAO GANP에 따른 핵심성과지표(KPA, Key Performance Areas)와 ‘국가연구개발혁신법’ 시행에 따른 사업 단계별 지표를 검토하였음
- (ICAO 핵심성과지표(KPA) 검토) ICAO는 항공교통분야에 대한 성과측정을 위해 11개 분야의 핵심성과영역을 Doc 9854, Doc 9883에서 제시하고 있음
 - ICAO 11개 KPAs는 다음과 같음
 - KPA 01 : 접근성 및 공평성(Access and Equity)
 - KPA 02 : 수용량(Capacity)
 - KPA 03 : 비용 효율성(Cost Effectiveness)
 - KPA 04 : 효율성(Efficiency)
 - KPA 05 : 환경(Environment)
 - KPA 06 : 유연성(Flexibility)
 - KPA 07 : 글로벌 상호운용성(Global Interoperability)
 - KPA 08 : ATM 공동체 참여(Participation by the ATM Community)
 - KPA 09 : 예측성(Predictability)
 - KPA 10 : 안전성(Safety)
 - KPA 11 : 보안성(Security)
 - 11개 핵심성과영역(KPAs)와 관련된 핵심성과지표(KPIs, Key Performance Indicators)는 다음과 같음

표 76. ICAO Doc 9750, Doc 9883의 KPAs와 KPIs 현황

| KPAs | KPIs |
|----------------------|--|
| KPA01 (접근성 및 공평성) | - 일반적인 지표는 없음 - 일부 국가에서 충족하지 못한 수요 대 전체 수요(공역 사용 시간의 양을 측정) |
| KPA 02 (수용량) | - 다음과 같은 3가지 수용량을 측정 · (시스템 수용량) 수용 가능한 운항 횟수, 운항 시간 및 운항 거리 * 주 - 모델링 접근법이나 주관적인 전문가 판단 필요 · (공역 수용량) 공역에 진입할 수 있는 계기비행 항공기의 수 또는 이해관계자들과 합의된 공역 수용량 비율로 한 번에 섹터에서 운항할 수 있는 계기비행 항공기의 수 · (공항 수용량) 다양한 기상 조건에서 수용할 수 있는 시간당 운항 횟수(예. 저시정 시 IFR 운항 수(출·도착), 주요 공항의 일일 수용량 등) |

| | |
|--------------------------------|---|
| <p>KPA 03 (비용 효율성)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 일반적으로 비용효율성 측정은 운항편당 표준화된 ATM 비용을 측정하는 것임 - 시스템 상 연간 전체 운항된 운항편당 평균 비용 * 주 - 계기비행편당 비용은 총 운영 비용과 소요된 고정비의 합을 총 계기비행 수로 나눈 수치임 |
| <p>KPA 04 (효율성)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 효율성은 “시간 효율성(예. 지연)”과 “비행 효율성(항적 기반)” 두 가지 영역에 초점을 둠 · 정시 출발 항공편 비율(%) · 지연 항공편의 평균 출발 지연 시간(%) · 정시에 도착하는 항공편의 비율(%) · 항공편 당 예정된 게이트 도착시간을 초과한 도착 지연시간의 총합 * 주1 - 기상과 관련된 ATM 지연은 배제되며, 시스템 고장, 항공기 운영자의 내부적 원인, 보안에 의한 지연 및 우회 비행 편에 대한 지연은 배제될 수 있음 주2 - 지연 시간에 대한 기준은 합의에 따라 결정되며, 최소 5분에서 최대 15분으로 결정되는 것이 합당함 |
| <p>KPA 05 (환경)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 모든 조직이 소음과 연료 배출량에 대해 보고하지는 않으므로 일반적인 환경 지표가 항상 식별될 수는 없음 - 일부 국가에서 다음과 같은 지표를 사용함 · ATM 서비스 제공의 비효율성으로 인한 탄소가스 배출량(Co2, Nox, H2O 및 미립자) · 심각한 항공기 소음에 노출된 인구의 3년 간 이동평균 · 항공편 마일/수익 당 연료 효율의 3년 간 이동평균 |
| <p>KPA 06 (유연성)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 지표는 없음 - 일부 국가에서 다음과 같은 지표를 사용함 · 매년 처음 제출되는 비행계획의 수에 대해 변경 요청된 비행계획(비행의 모든 단계) 당 거절된 요청의 수 · 대안이 제공되고 받아들여진 후 거절된 비율 |
| <p>KPA 07 (글로벌 상호운용성)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - ICAO 표준 및 권장사항과의 차이점의 수 - ATM 운영과 ICAO CNS/ATM 계획 및 글로벌 상호 운용성 요구 사항 준수 수준 |
| <p>KPA 08 (ATM 공동체 참여)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 지표는 없음 - 일부 국가에서 다음과 같은 지표를 적용 · 지역 항공 활동 전체에 대한 계획, 이행 및 운영을 다루는 연간 회의 수 · 계획을 위한 연간 회의 수 · 이행을 위한 연간 회의 수 · 운영을 위한 연간 회의 수 |
| <p>KPA 09(예측성)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 효율성 KPA에 포함 * 주 - 효율성과 예측성 지표의 차이는 사용되는 기준 시간의 차이임 |
| <p>KPA 10(안전성)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 측정 기준은 운항횟수 또는 총 비행시간 당 사고 횟수임 - 최대이륙중량 2.25톤을 초과하는 IFR 운용 항공기를 대상으로 사 |

| | |
|------------------------|--|
| | <p>고 원인이 ATM과 관련하여 발생한 사고의 수</p> <p>* 사고의 정의</p> <p>(1) 항공기 내 또는 항공기의 모든 부분과 직접접촉으로 치명적이거나 심각한 부상을 입은 사람</p> <p>(2) 제트 분사(Jet Blast)에 직접 노출되는 경우</p> <p>(3) 항공기의 구조적 강도, 성과 또는 비행 특성에 부정적인 영향을 미치는 경우</p> <p>(4) 엔진 고장이나 손상을 제외하고, 엔진 덮개나 부속품, 도는 프로펠러, 날개 끝, 안테나 타이어, 브레이크, 페어링, 소형 파손에 대한 경우</p> <p>(5) 항공기 표면의 찌그러짐 또는 구멍 난 경우</p> <p>(6) 항공기가 실종되거나 완벽하게 접근할 수 없는 경우</p> |
| <p>KPA 11(보안성)</p> | <p>- 일반적인 지표는 없음</p> <p>- 일부 국가에서 다음과 같은 지표를 사용함</p> <ul style="list-style-type: none"> · 항공교통서비스 제공자에게 보고된 불법적인 방해 행위 수 · 항공교통서비스 제공자의 대응이 필요한 항공기에 대한 직접적인 불법적 방해를 포함하는 사건의 수(폭탄 위협, 납치 또는 모방 수) · 인적 오류, 자연재해 등 의도하지 않은 요인에 따른 사고의 수가 항공운항시스템 수용량을 감소시키는 경우 |

○ 항공기상과 관련된 ICAO KPA 영역은 수용량, 효율성, 환경, 유연성, 예측성, 안전성, 비용 효율성 등에서 지표 설정이 가능함

- ICAO GANP(제5판)에서는 B1-AMET(Enhanced operational decisions through integrated meteorological information (planning and near-term service)에 KPA와 benefit을 다음과 같이 정의하고 있음

표 77. AMET B1, KPA-Benefits. (ICAO GANP. 5th edition.)

| KPA | Benefits |
|-----|--|
| 수용량 | 공역의 예상 수용량을 보다 정확하게 예측할 수 있음 |
| 효율성 | 사용자가 선호하는 flight-profile의 편차를 감소시킴. 동일한 기상 상황에 대한 비상 연료 운송 감소와 함께 주어진 기상 상황에 대한 ATM 응답의 수와 변동성 감소 |
| 환경 | 지상 hold/delay 감소와 환경적으로 최적화된 경로로 연료 및 배출량 감소 |
| 유연성 | 사용자는 관측 및 예측 기상 조건을 고려하여 요구에 가장 적합한 경로를 선택하는데 더 큰 유연성을 가짐 |
| 예측성 | 기상 제약에 대하여 보다 일관된 평가를 통하여 사용자는 ANSP 관점에서 허용이 가능한 더 높은 경로를 계획할 수 있음. 관련된 TMIs(traffic management initiatives)의 rerouting 및 변동성이 감소할 것으로 예상됨 |
| 안전 | 조종사, AOC 및 ANSP에 의한 상황인식 개선 및 위험 기상 조건의 회피로 안전이 강화됨. 동일한 기상 조건에 대한 contingency 연료 감소 |
| 비용 | ATM 의사결정 지원 도구의 활용에 대한 현재의 경험과 이해관계자들의 ATM 의사 결정을 개선하기 위한 기본적인 기상 입력 매개 변수를 가지고 있는 것은 ANSP와 사용자 커뮤니티에서 일관된 응답을 도출하는 측면에서 긍정적이라는 것이 입증되었음 |

- 본 연구에서는 예측 가능한 기상정보 제공에 따른 지연 감소로 인한 비용 효율성(연료 감소), 환경(CO2 배출량 감소) 개선 효과를 성과지표로 검토
 - 지연감소로 인한 경제적 효과(예. 항공 기상 지연감소율 15% 개선)
 - 이산화탄소 배출량 감소율(예. 항공기상 지연 감소로 이산화탄소 배출량 15% 감소)

□ 국가연구개발혁신법 시행에 따른 사업단계별 성과지표 검토

- ‘국가연구개발혁신법’ 시행으로 연차 협약/평가는 원칙적으로 폐지되고, 단계 평가가 이루어져 기존의 연차별 성과목표를 단계별 연구 목표에 맞게 재 구성하여 자문회의를 통한 검증 수행
- ‘제4차 국가연구개발 성과평가 기본계획(’21~’25)에 따른 사업평가 제도 개편으로 사업평가를 위해 ‘전략계획서’ 신규 작성이 필요하며 다음과 같은 목표를 가지고 있음

- R&D 계획의 전략성 강화, 과정의 자율성 보장, 결과의 실효성 제고
- 연구수행주체가 스스로 평가하고 환류하는 자체평가를 기본방향으로 제시
- ‘2021년도 국가연구개발사업 전략 계획서’에 따라 전체 성과지표 60% 이상을 질적 지표로 설정 필요
 - 기획연구 성과지표를 참고하여 단계별 요구사항에 맞게 양적지표와 질적지표 제안
 - 성과목표와 연계하여 과제특성에 맞게 달성 가능한 질적지표 60% 이상의 성과지표를 단계별로 구성
 - (1단계) 기술개발 단계(‘22~’24)에서는 총 3개의 성과지표로, 양적지표 1개, 질적지표 2개로 구성

표 78. 1단계 성과지표 (* 추후 성과지표가 변경 될 수도 있음)

| 단계별 성과목표명 | 성과지표명 | 단위 | 질적 지표 | 실적 및 목표치 | | |
|--------------------------------------|------------------------|----|----------|----------|--------------|--------------|
| | | | | 2022 | 2023 | 2024 |
| 고품질의 항공기상 통합, 예측 및 서비스 기술확보 | 특허출원건수 | 건 | | 3 | 3 | 3 |
| | 계재 학술지 우수성(SCI 급) | 점 | ★ | | 40이상 (2건) | 40이상(2건) |
| | IF 0.68이상 논문건수(국내 KCI) | 건 | ★ | 2건 | 2건 | 2건 |

- (특허출원 건수) 항공기상 통합, 예측 및 서비스 제공을 위한 핵심기술의 기술적 성과 평가
 - (계재 학술지 우수성(mrnIF 평균)) 연구개발을 통해 창출되는 논문의 질적 수준 확보를 위해 과학적 우수성을 평가(국외)
 - (IF 0.68이상 논문건수(국내 KCI 등재지)) 연구개발을 통해 창출되는 논문의 질적 수준 확보를 위해 과학적 우수성을 평가(국내)
- ※ Atmosphere Korean Meteorological Society (IF 0.68) 수준을 목표로 함
- (2단계) 기술 구현 및 시험운영 단계(‘25~’26)에서는 총 4개의 성과지표로, 양적지표 1개, 질적지표 3개로 구성

표 79. 2단계 성과지표 (* 추후 성과지표가 변경 될 수도 있음)

| 단계별 성과목표명 | 성과지표명 | 단위 | 질적 지표 | 실적 및 목표치 | |
|---------------------------------------|----------------------------|----|----------|--------------|--------------|
| | | | | 2025 | 2026 |
| 수요자 중심의 항공기상정보 생산 및 제공 기반 조성 | 특허출원건수 | 건 | | 3 | 3 |
| | 게재 학술지 우수성(SCI 급) | 점 | ★ | | |
| | IF 0.68이상 논문건수 (국내 KCI) | 건 | ★ | 40이상 (2건) | 40이상 (2건) |
| | 시범운영 만족도 | 점 | ★ | 3건 | 3건 |

- 특허출원 건수) 수요자 중심 항공기상정보 생산·제공을 위한 핵심기술의 기술적 성과 평가
 - (게재 학술지 우수성(mrnIF 평균)) 연구개발을 통해 창출되는 논문의 질적 수준 확보를 위해 과학적 우수성을 평가(국외)
 - (IF 0.68이상 논문건수(국내 KCI 등재지)) 연구개발을 통해 창출되는 논문의 질적 수준 확보를 위해 과학적 우수성을 평가(국내)
- ※ Atmosphere Korean Meteorological Society (IF 0.68) 수준을 목표로 함
(시범운영 만족도) 항공기상정보 제공 수준에 대한 수요자 관점의 기술적 가치 평가

표 80. 성과지표 측정방법

| 성과지표명 | 측정방법 |
|-------------------------------|--|
| 특허출원건수 | 차년도 2월 (당해연도 NTIS 성과등록 마감 이후 시점) 특허 출원 건수 |
| 게재 학술지 우수성 (SCI 급) | 차년도 2월 (당해연도 NTIS 성과등록 마감 이후 시점) 산출 mrnIF의 평균 (2건 이상 게재) |
| IF 0.68이상 논문건수 (국내 KCI) | 차년도 2월 (당해연도 NTIS 성과등록 마감 이후 시점) 국내 KCI IF 0.68 이상의 논문 건수 |
| 시범운영 만족도 | 사업 종료되는 해에 시범운영 서비스 수요자를 대상으로 만족도 조사 실시 리커트 5점 척도의 평균값(※100점 기준으로 환산하며, 기존 시스템의 만족도를 고려하여 40점을 최저점으로 하여 15점 간격으로 구간 균등 재배분) |

- 또한, 대체 가능한 양적 및 질적 지표를 다음과 같이 추가 구성함
 - ICAO ASBU AMET KPA과 연관된 수용량, 비용효과성, 연료 및 탄소 배출 등 중 비용효과성(경제적 효과) 탄소 배출(이산화탄소 감소율) 고려한 성과 지표도 포함

표 81. 대체 가능한 성과지표 (ICAO KPA 반영 성과지표: **Bold**)

| 지표 | 단위 | 산출식 | 지표 유형 | 질적지표 |
|---------------------|----|---------------------------------------|-------|------|
| 연간 연구비 총액 | 원 | 연간 사업 총 연구비(정부 출연금 및 민간 부담금) 합계 | 투입 지표 | |
| 투입 인력수 | 명 | 연간 투입된 총 참여 연구원 수 | 투입 지표 | |
| 전문인력 (석,박사급) 수 | 명 | 연간 투입된 총 전문인력(석,박사급연구원) 수 | 투입 지표 | |
| 참여연구기관수 | | 주관.협동.공동.위탁연구로참여한 연구기관 수 | 투입 지표 | |
| 중소기업 참여비중(%) | % | [전체 참여 중소기업수/전체 참여 기업수]X100 | 투입 지표 | |
| 기술위원회 개최 건수 | 건 | 사업 추진 목표에 대한 방향성 검토할 수 있는 기술위원회 개최 건수 | 투입 지표 | |
| 수요기관 의견수렴건수 | 건수 | 연간 수요기관과연구기관 공동 회의 개최 건수 및 의견수렴 건수 | 과정 지표 | |
| 연구 성과에 대한 전문가 리뷰 건수 | 건 | 연간 연구성과 논문 및 보고서의 학술대회, 포럼 등 발표건수 | 과정 지표 | |
| 시범운영 서비스 제공 횟수 | 수 | 시범 운영 서비스 제공 횟수 | 과정 지표 | |
| 등재지 논문건수 | 건 | 등재지 논문 건수 (국내/해외) | 산출 지표 | |
| 3급 특허 수 | | 3급 특허 (건수) | 산출 지표 | ★ |
| 특허등록건수 | 건 | 특허 등록건수 | 산출 지표 | |
| K-PEG지수(S/A/B) | 등급 | K-PEG지수(S/A/B) | 결과 지표 | ★ |
| SMART 특허 지수 | 평균 | 국내 등록 특허 SMART 총점등급 9점 척도 평균 | 산출 지표 | ★ |
| TRL (기술성숙도) | 단계 | 기술성숙도 단계 | 결과 지표 | ★ |

| | | | | |
|---------------------------|-----------|------------------------------------|----------|---|
| 시제품 개발 | 건 | 시제품 개발 건수 (플랫폼 구축 및 소프트웨어 등록 등) | 결과 지표 | ★ |
| 이산화 탄소 감소율 | % | 이산화 탄소 감소율 %수 | 결과 지표 | ★ |
| 데이터 연계 기여 과제수 | 건 | 데이터 연계 기여 과제수 목표 달성 | 결과 지표 | ★ |
| 지연감소로인한 경제적 효과 | 억원 | 지연감소로인한 경제적 효과 목표 달성 | 결과 지표 | ★ |
| 기술성능향성 달성 | 유/무 | 기술성능향성(예측정보 시간 간격) 목표 달성 | 결과 지표 | ★ |
| 정책 활용도 | 건수 | 정책 활용 건수 | 결과 지표 | ★ |

- 사업 유형을 고려한 합리적인 성과목표 설정을 위해 사업의 예산 규모가 확정된 이후 항공기상청, 전문기관, 주관연구기관 등 이해관계자 참여 하에 충분한 의견 수렴을 거쳐 사업의 성과목표·지표 설정 필요
 - 항공기상청은 성과목표·지표가 합리적으로 설정될 수 있도록 연구자와 외부 전문가의 참여 등을 체계적으로 실시하고 설정된 성과목표·지표를 사업 이해관계자와 공유하여 실질적 성과관리를 추진
 - 전문기관은 연구자들이 사업에 대한 합리적인 성과목표와 적절한 성과지표를 제안할 수 있도록 관련 정보 등을 제공하고 설정된 성과목표·지표를 기반으로 체계적 사업 관리 수행
- ※ 위에서 제시한 대체 가능한 성과지표도 함께 제공
 - 연구기관은 참여하고 있는 사업의 성과목표·지표에 관한 의견 제시 등 도전적·창의적 성과목표 설정과 성과목표에 적합한 지표 설정 과정에 적극 참여

5. 성과검증 체계 및 방안

- 연구관리종합정보시스템(NTIS)을 활용하여 체계적 성과관리 및 검증
- NTIS 또는 9대 성과물* 관리기관 등록 대상인 성과를 활용한 지표의 경우 부처 자체 시스템과 연계하여 검증
- 기타 성과는 시스템을 통한 1차 성과입력자료 검증 및 2차 자체 검증 추진

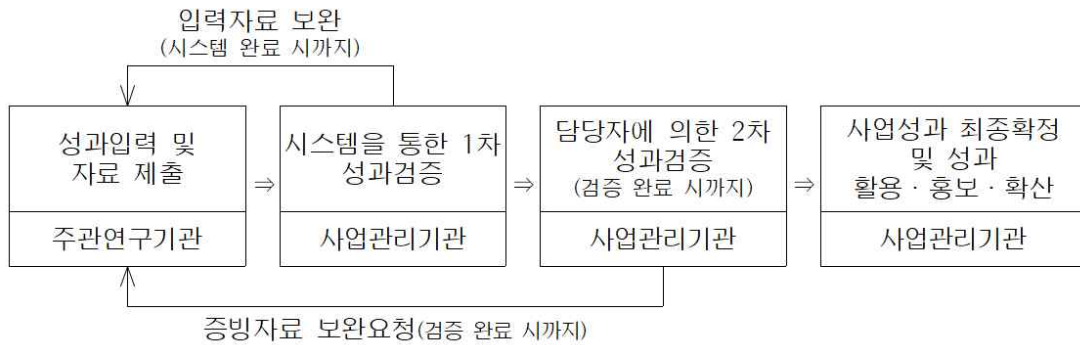


그림 189. 성과검증 체계 및 방안

제 8 장 기대효과

제 1 절 편의 분석 1 - ATM 분야 기여에 따른 직접적 경제 효과 분석

1. 이슈 분석

□ ATM 분야에서 항공기상이 기여하는 비율

- 2017년 개최된 WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference에서 발표된 자료(THE BRIDGE FROM METEOROLOGICAL RESEARCH TO IMPROVED SAFETY OF AIR TRANSPORT By J. Nuottokari)에 따르면, ATM분야에 항공기상이 기여하는 비율을 약 7.5%로 추정

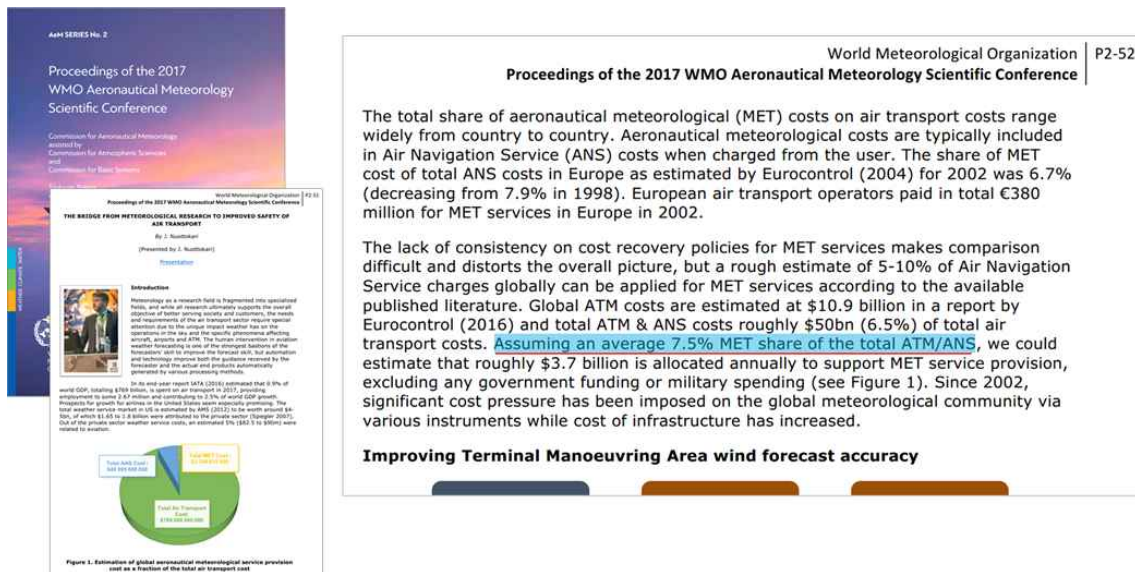


그림 190. ATM 분야에서 항공기상(MET)이 기여하는 비율 예측 관련 보고서

□ NARAE 관련 ATM 체계 분야가 전체 항공교통시장에 미치는 경제적 편익

- 2019년 국토교통연구기획사업의 일환으로 발표된 ‘데이터 기반 항공교통관리 기술 연구’ 보고서에 따르면, ‘공항/공역 수용량예측 기술’, ‘4D 궤적기반 항공교통 흐름관리 기술’ 등으로 이루어진 ATM 체계 기술 분야의 개선 사업으로 인한 직접적인 경제 효과를 2025년부터 2040년까지 15년 동안 연평균 약 5,680억 원으로 분석

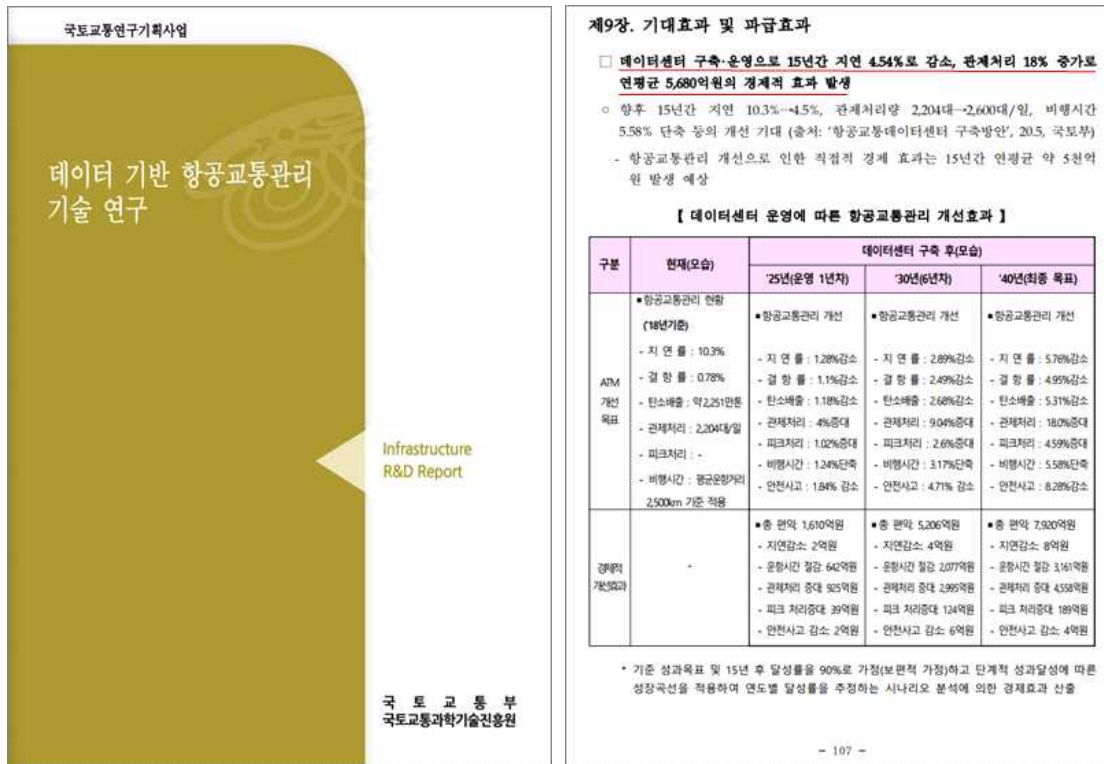


그림 191. ATM 체계 분야가 항공교통시장에 미치는 경제적 편익 분석 관련 보고서

2. 경제적 편익 분석

□ 본 사업의 기술개발을 통한 항공기상서비스 개선으로 인한 직접적 경제 효과 추정

- (A)= ATM 체계 개선 사업 경제 효과 = 15년간 연평균 약 5,680억 원 (예상)
- (B)= ATM 체계에서 항공기상(MET)이 기여하는 비율 = 평균 7.5 % (추정)
- (C)= 본 사업의 기여율 = 50% (본 계산을 위하여 보수적으로 적용)
- (D)= (본 사업의 결과로 인한 직접적)총 경제 효과 편익(D)
 - = ATM 체계 개선 사업 경제 효과(A) * MET 기여율(B) * 본 사업 기여율(C)
 - = 5,680억원 * 7.5% * 50% = 198.8억원

- 본 사업을 통한 항공기상서비스 개선으로 인한 직접적 경제 효과는 15년간 연평균 약 200억원 발생 예상 추정

제 2 절 편의 분석 2 - 기상요인에 의한 항공교통 지연 및 결항율 감소 효과 분석

1. 이슈 분석

□ 기상요인에 의한 항공교통 지연 및 결항율

○ 운항계획에 따른 지연율 및 결항률(2019년 2Q ~ 2020년 2Q)

- 국내 항공사(8개사)의 항공운행계획에 따른 지연 및 결항 분석

※ 출처 : 국토교통부 항공교통서비스보고서,

http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_37016/DTL.jsp

- 지연율의 경우, 분기별 운항계획 건 수와 패턴이 비슷하게 변화하는 경향을 보이고 있음. 비행, 공항 혼잡도 등 감소함에 따른 감소로 보이며 이 경우, 기상요인에 의한 지연율이 높아질 가능성이 있음
- 결항율의 경우, 운항계획 건수와 관계없이 1% 이하의 비슷한 수준을 보임

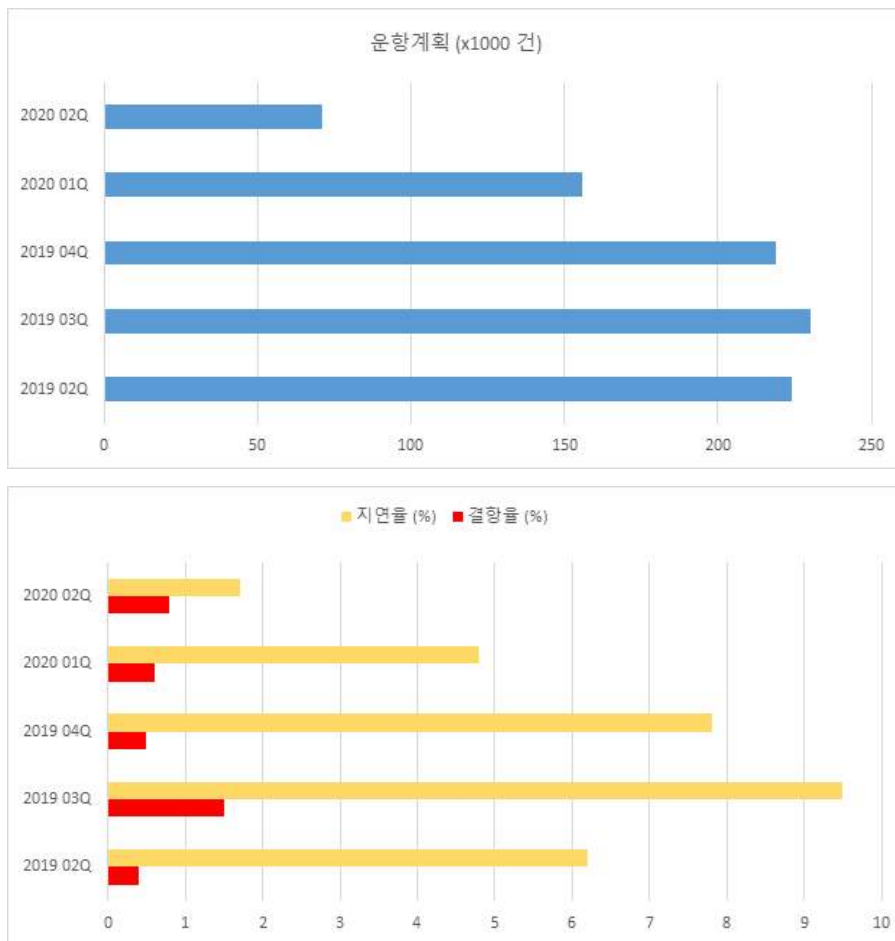


그림 192. 운항계획에 따른 항공기 지연율 및 결항율

○ 기상요인에 의한 노선별 지연 및 결항율

- 국내 항공사(8개사)의 항공운행계획에 따른 지연 및 결항 건 수 중 기상요인에 의한 비율을 분석
- 2020년 1분기 및 2분기는 2019년의 동일 기간에 비해 운행계획 건 수가 줄었음에도 기상요인에 의한 지연 및 결항율이 큰 편임을 보여줌. (비행편수 줄어들면 들수록 기상요인이 중요한 요소로 부각 추정)
- 2020년에 국내선의 결항의 경우, 기상요인에 의한 결항율이 대부분을 차지함

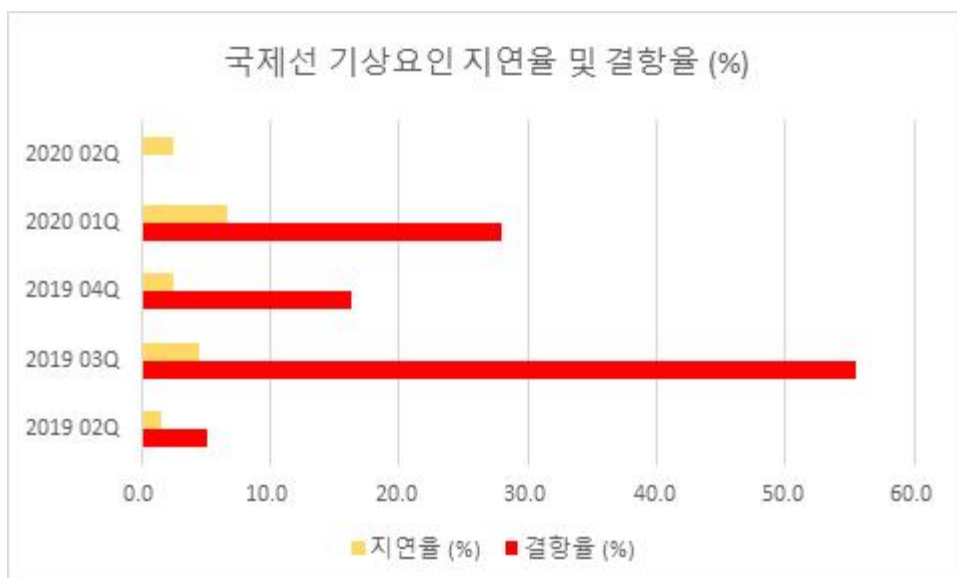
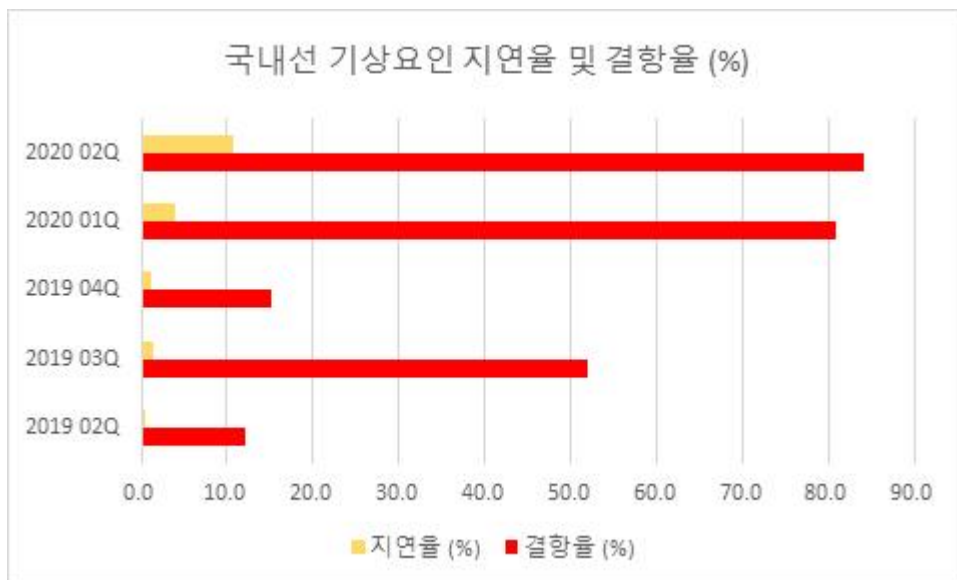


그림 193. 기상요인에 의한 지연율 및 결항율

□ 기상예보 오보로 인한 손실 추정(항공사)

○ 항공사 제출 자료

- 대한항공, 아시아나, 티웨이, 제주항공, 진에어, 이스타, 에어부산, 에어서울 등 국내 8개 국적항공사가 입은 손실액 (2017년 ~ 2019년 상반기)

※ 출처: 자유한국당 강효상 국회의원(국회 환경노동위원)이 국토교통부로부터 제출받은 자료(2019년)

- 결항 및 회항 운항 편수 : 총 1,752편

| 구분 | 운항편(건) | 승객(명) | 비고 |
|----|--------|---------|----------------------|
| 결항 | 1,388 | 203,143 | 악천 예보로 결항했으나 운항 가능편 |
| 회항 | 364 | 55,180 | 호천 예보로 운항했으나 회항한 항공편 |
| 계 | 1,752 | 258,323 | - |

- 손실 비용 (2017년 ~ 2019년 상반기) : 180억원



□ 항공교통 지연 및 결항에 의한 승객 피해액 분석

○ 기본 가정

- 항공기의 지연, 결항에 따라 항공사의 손실(기 항공사 제출자료)뿐만 아니라 승객의 비용적 손실도 존재하므로 이에 대한 피해액 분석
- 항공사가 제출한 2017년~2019년 상반기 결항 및 회항시 제시된 승객 수를 참조
- 이외 1인당 국민총소득(GNI, 2019)(3,743만원), 월 평균근로시간 (163시간), 시간 당 가치 (0.3743억원/(12개월*163시간) = 0.0001913599억원)를 가정

○ 손실 계산

- 결항으로 인한 승객 손실
 - 결항의 경우 승객의 피해를 보수적으로 항공요금으로 추정(KAL 국내선 평균요금 비성수기 주중요금 산술평균): 7.6만원
 - 결항 승객수*피해액 = 203,143명*7.6만원 = 154.3억원
- 회항으로 인한 승객 손실
 - 회항 시 평균 대기시간 : 45분(항공기 평균지연시간에서 원용)
 - 회항 승객수*피해액 = 55,180명*0.75시간*0.0001913599억원 = 7.9억원
- 총 손실액 = 154.3억원 + 7.9억원 = **162.2억원**

2. 경제적 편익 분석

□ 4D 항공기상서비스 제공으로 지연편 감소에 따른 지연 비용 감소

- 국내에는 지연항공편에 대한 경제적 피해 금액에 대한 통계는 부재하나 원인별 항공기 지연편수는 제공하고 있음
- 인천공항공사 및 한국공항공사 항공통계자료를 참고하여 2019년 국내 항공기 원인별 지연 편수는 다음과 같음
 - A/C 접속이 79.5%로 가장 많은 비중을 차지하고 있었으며, 다음으로는 기타 이유와 기상 순으로 나타남

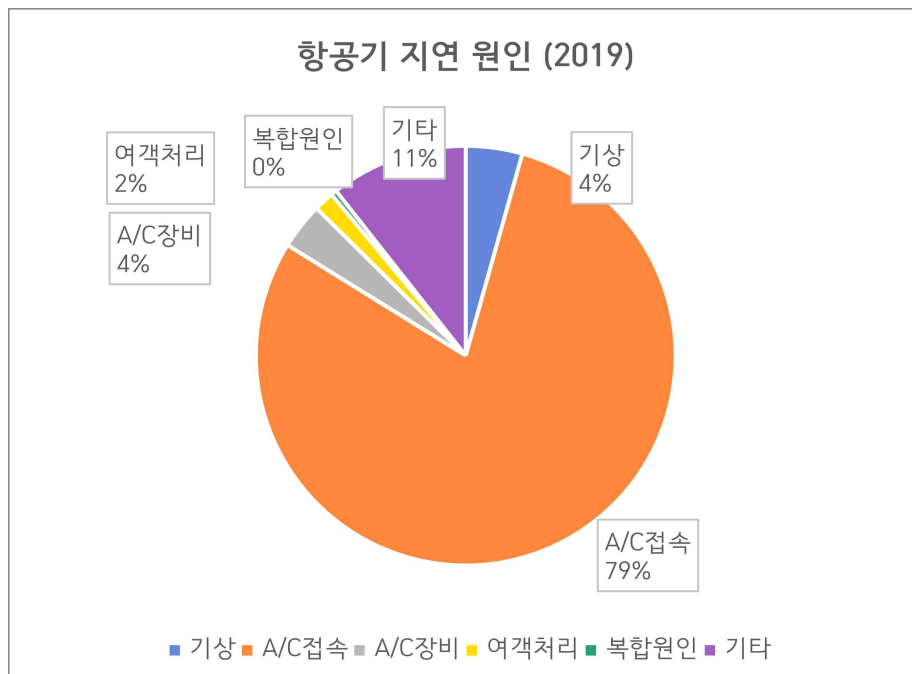


그림 194. 2019년 항공기 지연 원인별 비중

표 82. 2019년 국내 항공기 원인별 지연 편수

| 구분 | 기상 | A/C접속 | A/C장비 | 여객처리 | 복합원인 | 기타 | 계 |
|---------|-------|--------|-------|------|------|-------|--------|
| 지연편수(편) | 2,789 | 50,958 | 2,289 | 990 | 280 | 6,804 | 64,110 |
| 비중(%) | 4.4 | 79.5 | 3.6 | 1.5 | 0.4 | 10.6 | 100 |

- 국토교통부 국가항행계획에서 6개의 성능영역별(안전성, 효율성, 처리교통량, 정시성, 연료효율, 환경영향) 중장기 개선수치를 제시하였으며, 6개의 성능영역 중 항공기 지연과 관련된 정시성 개선비율은 19년 대비 24년 0.9%, 30년 6.3%, 42년 20%임
- 항공기상 R&D 사업 완료 후, 27년의 정시성 개선비율을 계산하면 19년 대비 정시성이 3.6% 개선될 것으로 예상됨
 - 2024년 0.9%에서 2030년 6.3% 정시성 개선을 달성하기 위해서는 매년 0.9%의 정시성 개선이 이루어져야하며, 2027년 정시성 개선 목표는 3.6%에 해당됨
- 따라서, 항공기상 R&D 사업을 통해 항공기상으로 인한 지연을 '27년까지 3.6% 개선하고, '42년까지 20% 개선할 경우, 기대효과는 다음과 같음
- 국내에는 지연 항공편에 경제적 피해 금액에 대한 통계가 부재하여 감소된 지연편수에 대한 비용 추정을 미국 지연비용통계를 활용하였음
 - FAA에서는 다음과 같이 연간 항공기 지연에 대한 비용을 항공사, 승객, 손실 수요, 간접비 등으로 구분하여 제공하고 있음
 - 2016년 237억 달러였던 지연비용은 2019년에 330억 달러까지 40%가 상승하였음
 - 2019년 지연비용 기준으로, 약 55%는 승객으로 절반 이상 차지하고 있었으며, 다음으로 항공사가 25.2% 간접비가 12.7% 순으로 나타남

표 83. 항공기 지연비용(단위: 10억달러), 참고: FAA 항공기 지연 추정액('20.7.)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 비중('19) |
|-------|------|------|------|------|---------|
| 항공사 | 5.6 | 6.4 | 7.7 | 8.3 | 25.2% |
| 승객 | 13.3 | 14.8 | 16.4 | 18.1 | 54.8% |
| 손실 수요 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 7.3% |
| 간접비 | 3.0 | 26.6 | 30.2 | 4.2 | 12.7% |
| 합계 | 23.7 | 26.6 | 30.2 | 33.0 | 100% |

- 미국 교통부 통계에 따르면 2019년 항공운항 지연횟수는 1,389,253편으로 나타남 (기상:510,129편, 비기상:89,124편)
- 2019년 지연 비용과 지연편수를 통한 편당 추정 비행은 약 2,850만원 임
 - 편당 지연비용 = (총 지연비용) / (총 지연 편수) = (330억 달러) / (1,389,253편) = 23,753.8 달러(약 2,850만, 환율 1\$=1,200원 적용)
- 미국과 우리나라의 경제 규모가 다르기 때문에 편당 비용을 구매력 평가(PPP, Purchasing Power Parity) 지수를 고려하여 국내 편당 지연 비용을 추정하였음
 - OECD PPP 기준으로 적용할 경우, 미국과 한국은 1:0.76의 비율로 환산할 수 있으며, 국내 1편당 지연 비용으로 2,166만원으로 추정함
 - (중기 목표) 2027년 기준, 2019년 기상 지연 항공편(2,789편)의 3.6%(100편) 개선에 따른 절감 비용은 다음 표와 같음
 - (장기 목표) 2042년 기준, 2019년 기상 지연 항공편(2,789편)의 20%(557편) 개선에 따른 절감 비용은 다음 표와 같음

표 84. 지연 항공편 감소에 따른 중·장기 목표별 절감 금액

| 구분 | 항공사 | 승객 | 손실수요 및 간접비 | 합계 |
|----------------------|--------|---------|------------|---------|
| 비중 | 25.2% | 54.8% | 20.0% | 100% |
| 피해금액 (편당) | 546 만 | 1,187 만 | 433 만 | 2,166 만 |
| (중기 목표) 절감 효과 (100편) | 5.4 억 | 11.9 억 | 4.3 억 | 21.6 억 |
| (장기 목표) 절감 효과 (557편) | 30.4 억 | 66.1 억 | 24.1 억 | 120.6 억 |

- 다만, 정시성 목표 달성을 위해서는 항공기 지연 요인을 개선해야 하며, 항공기상으로 인한 지연이 지연 요인 중 4.4%를 차지하고 있어, 기상지연 개선뿐만 아니라, 다른 지연 요인들의 개선도 목표 달성에 중요할 것으로 보임

□ 4D 항공기상서비스 제공으로 절감되는 연료 소모량

- 정부의 그린 뉴딜 정책과 관련하여 국가의 탄소배출량 감축을 고려하기 위해 기상으로 인한 지연을 감소에 따른 감축되는 연료소모량을 산출함
- 연료 소모량은 항공기 기종별 그 값이 상이하여, 국내에서 가장 많이 운용되고 있는 B737-800 기종을 기준으로 할 경우, 항공기 1편당 B737-800 기준 1분간 연료 소모량은 39.5kg임
- 중·장기 목표로 항공기상으로 인한 지연을 '27년 3.6%(100편) 개선, '42년 20%(557편) 개선으로 설정하고, 4D 항공기상서비스 제공으로 10분 지연이 감소될 경우, 연료 소모량은 연간 각각 약 39,500kg(100편 지연 감소 시), 약 220,015kg(557편 지연 감소 시)이 절감될 것으로 예상됨
 - 항공기 지연 10분 개선 시, 항공기 1편당 약 395kg의 연료 절감 효과가 있으며, '27년에는 연간 약 39,500kg의 연료 및 약 2,765만원의 비용 절감, '42년에는 연간 약 220,015kg의 연료 및 약 1억5400만원의 비용 절감(항공유 \$79.58/BBL, 1\$ = 1,200원, 1ton = 7.33 배럴) 효과를 가져옴

표 85. 항공기 편당 지연시간에 따른 절감 연료 소모량 및 금액(B737-800기준)

| 편당 지연 시간 | 1 min | | 10 min | |
|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| | 중기(100편) | 장기(557편) | 중기(100편) | 장기(557편) |
| 지연시간(min) | 100 | 557 | 1000 | 5570 |
| 절감연료(kg) | 3,950 | 22,001 | 39,500 | 220,001 |
| 절감액(원) | 2,765,000 | 15,400,000 | 27,650,000 | 154,000,000 |

□ 수치모델 기반의 항공기상서비스 기술개발 경제성분석(안)

○ 예비타당성조사⁵⁹⁾에 활용되고 있는 비용효과분석 수행

- 수치모델 기반의 항공기상서비스 기술개발사업의 경제적 타당성을 분석하기 위한 것으로, 우선 비용과 편익을 분석하고, 계산된 비용과 편익에 할인현금 수치분석법을 적용하여 순현재가(NPV)와 수익성지수(B/C), 내부수익률(IRR) 등 경제성 평가 근거를 계산하며, 계산 결과를 근거로 타당성을 판단

○ 비용추정

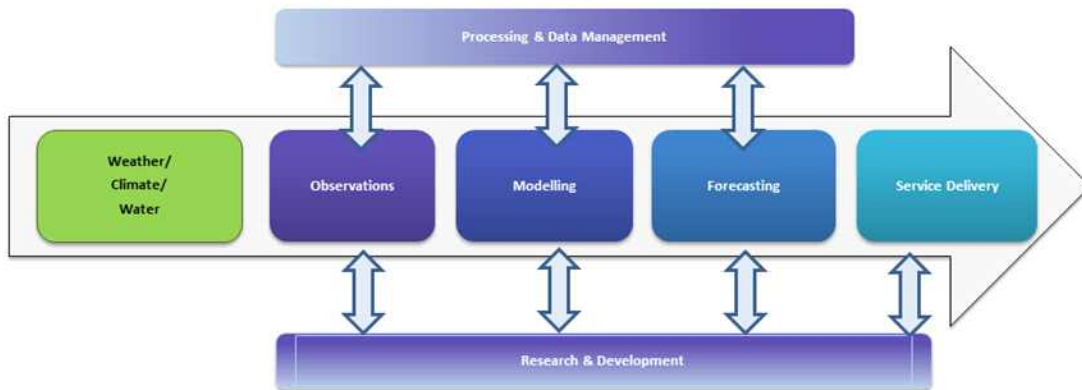
- 비용 추정은 현재의 지식수준과 가용한 자료를 바탕으로 미래의 비용을 추정하는 작업으로, 일반적으로 과거자료의 수집 및 분석, 계량 모델/tool의 적용 및 비용 예측을 위한 데이터베이스 작성을 기초로 함
- 비용 추정의 목적은 시스템 또는 기능적 요구를 충족시키는 예산 요건을 산출하는 것으로 현실적 관점에서 비용에 대한 결정을 내리기 위함임
- 비용 추정의 실익은 예산배정 과정의 지원, 미래 잠재역량의 강화, 고비용 요소와 원인을 드러냄으로 인한 위험에 대한 인식, 경쟁·대안의 평가, 그리고 비용의 제안과 그에 대한 평가가 가능하다는 점에 있으며 비용 추정의 질(quality)은 정확성, 통합성, 신뢰성, 시기의 적절성 등에 의해 결정됨
- 해당 연구개발사업의 연도별 총 예산을 비용으로 간주함

○ 편익추정

- 편익 추정의 단위는 개별 사업이고, 합리적인 편익추정을 통해 평가대상의 장단점을 분석하여 종합한 평가결과를 도출함
- 경제적 타당성 분석은 공공투자사업의 시행여부 판단에 있어서 사업을 시행할 경우에 발생하는 편익을 사업이 추진되지 않는 경우와 비교하며, 본 조사는 비용과 편익을 고려하여 보다 큰 규모의 편익을 얻을 수 있는 방안을 선택한다는 후생경제학에 이론적 기반을 두어야 함
- 즉, 순편익의 발생이란 사업으로 인한 경제적 후생 개선이 사업으로 인한 손실을 보상하고도 남을 경우를 의미함
- 사업별 경제적 편익의 형태는 다음 두 가지로 요약할 수 있음
 - 첫째, 농업 및 공업사업처럼 최종산출물의 형태가 확실하고 이것이 소비자들에게 최종소비재로서 사용될 경우 이것의 시장가치 중 부가가치가 사업편익이 됨
 - 둘째, 교통사업이나 공익사업처럼 산출물이 최종소비재의 성격보다는 중간재(intermediary goods)의 성격을 강하게 가질 경우 이 산출물에 의해 발생한 비용절감효과(cost-saving effects)가 사업의 편익이 될 수 있음
- 경제성 분석 중 편익분석은 다음 절차를 거쳐 진행될 예정임

59) 연구개발부문사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판), KISTEP, 2014

- 선형연구 등을 통한 편익 요소 추출⁶⁰⁾
 - 편익에 적합한 편익 모델 개발⁶¹⁾⁶²⁾
 - 시장자료적용법을 적용한 편익 산정⁶³⁾
 - 비용-편익 분석 등 경제성 분석
- 이를 위해 사용될 수 있는 기상정보 가치사슬은 다음과 같음



- 기상정보를 활용한 항공분야 피해감소편익 추정식(안)

항공분야 피해감소 편익 = 항공기 지연방지 편익 + 항공기 결항방지 편익

$$= [\text{국적기 지연편수}(a) \times \text{지연시 평균대기시간}(d) \times \{\text{시간당 운송원가}(e) + \text{시간당승객 손실}(f) \times \text{편당 평균승객수}(g)\} + \text{국적기 결항편수}(h) \times \text{결항 횟수당 손실비용}(i)] \times \text{재해발생방재율}(b) \times \text{본 사업의 기여율}(c)$$

○ 비용 편익 분석

- 예비타당성조사에서는 기술적 타당성, 경제적 타당성, 법률적 타당성을 종합적으로 평가하고 있으며, 이 중 경제적 타당성분석 즉, 경제성 분석(B/C 분석)은 사업의 경제적인 가치에 대한 분석으로 B/C 분석 즉, 비용과 편익의 현재가치의 비율을 도입하여 조사 수행함
 - 편익(Benefit) : 특정사업의 국민후생에 대한 공헌
 - 비용(cost) : 특정사업의 추진을 위한 총비용(운영비용 포함)
 - 경제성 분석 결과 일반적으로 $B/C \geq 1$ 이면 경제적 타당성을 확보
- 비용편익분석은 순현재가(NPV)나 내부수익률(IRR), 수익성지수(PI) 등을 도출하는 현재가치 추정법을 이용함.⁶⁴⁾ 또한, 비용편익분석은 정량적 분석이 가능한 분야에 대해서만 효과 측정이 가능한 것으로 비용편익분석의 절차는

60) 정지귀도복합위성개발사업 예비타당성조사 보고서, KISTEP, 2010
 61) J. Lazo, Socio-economic benefits of weather information, 2015
 62) Ray A. Williamson, et al, (2002) The socioeconomic benefits of earth science and applications research, Space Policy
 63) Socio-economic benefit studies, EUMETSAT, 2014
 64) 임동순 외, 2005, 규제개혁의 효과 분석 및 평가, 산업연구원

다음 그림과 같음

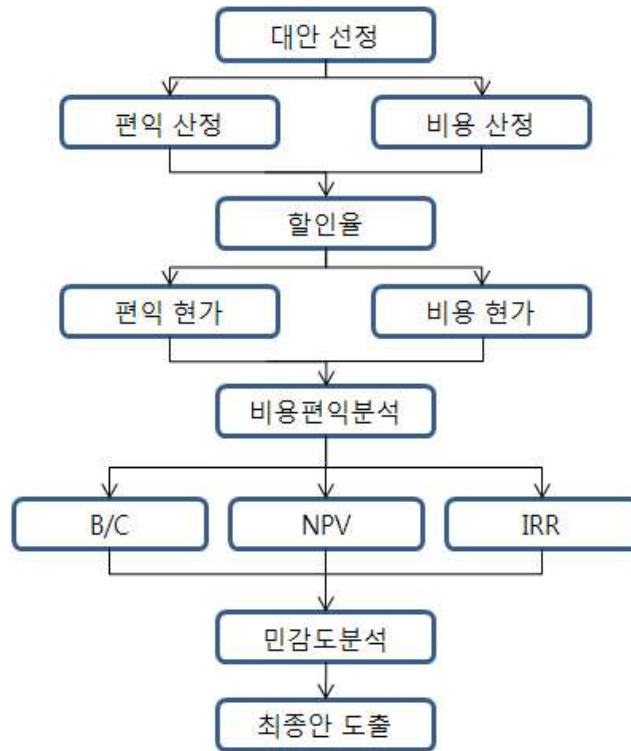


그림 195. 비용편익분석 절차

○ 분석 절차 및 결과 제시

- 비용 편익을 분석하기 위해서는 할인율과 편익 발생 시점, 생명기간, 기준년도 등 편익 분석 요소에 대한 정의가 선행되어야 함
- 할인율(Discount Rate)은 비용과 편익을 현재가치로 환산하기 위해서 적용하는 이자율을 의미하는 것으로, 공공사업은 시장이자율보다 낮은 수준의 사회적 할인율을 적용하는 것이 일반적임. 본 연구의 결과가 활용될 예비타당성조사에서는 KDI의 「예비타당성조사 일반지침(제5판)의 수정보완 : 사회적 할인율의 조정」에서는 사회적 할인율 5.0%로 제시하고 있으므로, 본 연구에서도 동일한 할인율을 적용하기로 함
- 생명기간이란 투자사업의 경제적 내용연수를 의미하는 것으로 교통부문과 같은 공공투자시설은 30년 이상의 긴 생명기간을 갖지만,
- 본 사업의 경우에는 보다 단기적인 수명을 가질 것으로 예측됨. 추후 합리적인 수명기간을 추정 필요함
- 비용편익분석의 기준년도는 현재가격을 중시하는 비용편익분석의 원리에 의거 연구가 시행되는 이루어지는 해(2020년)로 설정함

□ 본 연구개발을 통한 항공분야 피해감소 편익 추정

○ 가정

- 항공사 손실액 : 180억원
- 승객 손실액 : 162.2억원
- 재해발생 방재율(b) : 17.5%

※ 출처: 재해발생 방재율의 경우 “Ray A. Williamson, et al, (2002) The socioeconomic benefits of earth science and applications research, Space Policy”에서 15~20% 제시, 본 계산을 위하여 17.5% 평균 적용

- 본 사업의 잠정 기여율(c) : 50%

※ 편익에 적합한 편익 모델 개발을 통해 도출되어야 되는 파라미터 값으로 보수적으로 50% 적용


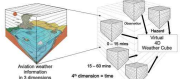
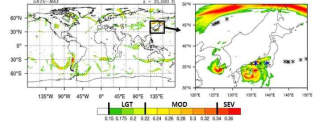

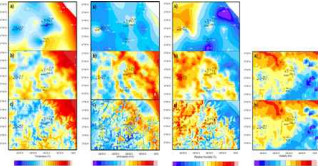
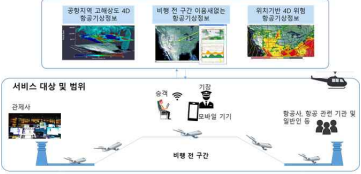
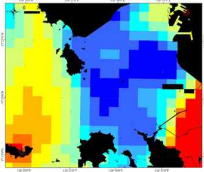
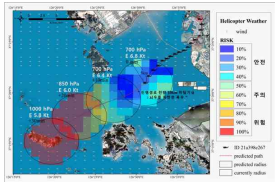
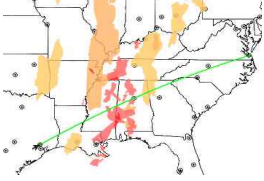
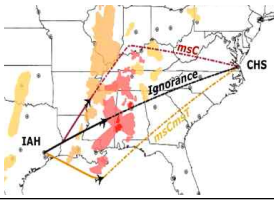
○ 피해감소 편익 추정

- 항공사 피해감소 편익 = 항공사 손실액 x 재해발생 방재율(b) x 본 사업의 기여율(c) = 180억 x 17.5% x 50% = **15.75억원**
- 승객 피해감소 편익 = 승객 손실액 x 재해발생 방재율(b) x 본 사업의 기여율(c) = 162.2억 x 17.5% x 50% = **14.19억원**

□ 경제성 분석을 위한 전문가 자문은 2회에 걸쳐 수행하였으며 본 내용은 일부 자문내용을 바탕으로 작성되었음(부록 9 참고)

제 3 절 기술적 기대효과

표 86. 사업 수행에 따른 기술적 기대효과

| | | As - Is | To - Be |
|----------------|--------------|---|---|
| 항공·기상 통합·감시 | 데이터 관리 | 항공교통, 항공기상 데이터 별도 관리  | 항공교통·항공기상 데이터 4D 통합 관리  |
| | 항적자료 활용 | ADS-B 자료 수집 초기단계 | ADS-B 자료 수집 및 활용 (기상정보 산출) |
| | 실황 감시 | 항공기상, 항적, 공항운영, 공역별 시스템을 통한 분리 감시 | 항공기상+항적+공항운영 정보 통합 감시 및 위험기상 자동 분석 |
| 예측기술 | 정보생산 시점 | 정해진 시간 또는 특정 조건에만 생산 | 수요자 요청 시점에 생산 |
| | 예보시점 (공항) | 매 6시간 기준, 30시간 예보 (1시간 간격) | 요청 시점 기준, 48시간 예보 (10분 간격) |
| | 예보정보 산출 | 기상현상 정량값 산출  | 확률기반 기상현상 정보 산출 (신호등 체제)  |
| | 공간 해상도 | 전구(10km)/국지모델(1.5km) | 공항 영역 500m 이하 |
| 서비스 | 제공형태 | 생산자 중심 항공기상정보 제공  | 수요자 중심의 4D 궤적기반 항공기상정보 제공  |
| | 정보형태 | 이미지, 텍스트 형태의 항공기상 관측, 예보, 특보 제공(3차원 정보)  | 이륙부터 착륙까지 모든 궤적 상의 기상정보 제공(4차원 정보)  |
| | 의사결정 지원 | 조종사가 직접 위험기상(붉은색 영역)을 회피하는 비행경로(녹색 실선) 분석 및 결정  | 조종사는 최신 기상정보와 함께 위험기상을 회피하는 최적의 비행경로 정보(붉은색, 노란색)를 참고하여 비행경로 결정  |

제 9 장 결 론

전 세계적인 코로나 위협으로 항공교통량은 감소하였으나, IATA 등에서 발표한 대로 2024년부터는 정상화가 예상되며, 전 세계적인 미래 항공교통시장 전망 및 관련 기술의 발전 동향에 따라 대한민국도 미래 항공교통 분야의 국제 경쟁력 및 주도권 확보를 위하여 차세대 항공교통 시스템 구축 계획(NARAE)을 수립하여 실행하고 있다.

이에, 본 연구보고서에서는 세계적인 항공교통시장 성장 전망에 따라, 국제적인 항공교통관리 패러다임 변화에 대응하고 국내 NARAE 계획 추진의 성공에 부합하는 체계적인 항공기상서비스 진화 추진을 위한 기술 확보 및 확산 전략 추진 계획을 마련하였다.

이러한 계획을 마련하기 위해, 미래 항공운항 환경변화에 따른 수치모델 기반의 항공기상 신규 R&D 사업 추진에 대한 기술적, 경제적 타당성 근거 확보를 목적으로 제1장에서 연구 배경 및 필요성을 기술하였으며, 제2장에서는 관련된 국내외 항공기상 서비스 기술개발 현황, 국내외 주요 정책 동향, 국내외 항공산업 수요 내용을 조사 분석하여 시사점을 도출하였다.

제3장에서는 항공기상서비스 관련 책임 운영기관으로써 국내 항공기상청의 2019년까지의 주요성과와 국내외 항공교통 시장 동향과 항공기상서비스 기술 및 역할 측면에서의 항공기상청의 수준 분석 내용을 기술하였다.

제4장에서는 제2장과 제3장의 조사 분석 결과를 바탕으로 전 세계적인 미래 항공교통 분야와 항공기상 분야의 큰 흐름에 대한 국가적인 경쟁력 확보를 위한 전략과 사업 방향을 수립하였으며, 수립된 사업의 추진 시급성,

정부지원 필요성 등을 기술하였다.

제5장에서는 수립된 전략 및 사업 방향을 구체화하기 위한 총 9개의 세부 전략 과제를 도출하였다.

제6장에서는 수립된 전략 방향과 구체화된 세부 전략 과제를 기반으로 성공적인 사업 전개를 위한 사업 추진체계, 추진 로드맵, 예산 방안 등의 사업 이행계획을 제안하였다.

제7장에서는 추진사업의 성과 목표 달성을 위한 평가체계, 성과검증 방안을 제시하였다.

제8장에서는 추진사업의 성과 목표 달성을 전제로 본 사업의 기술개발 기대효과에 관해 기술하였다.

항공교통 관련 시장 및 관련 산업 분야는 국가의 기간산업 성격을 가지는 점을 고려하여 전 세계적인 변화 흐름에 대응할 수 있도록 본 연구보고서에서 제시된 추진전략 항목들에 대한 집중을 통해, ‘NARAE-Weather’ 실현을 위한 계획을 확립하여 반드시 추진해야 할 필요가 있다.

제 10 장 참고 문헌

- [1] 기상청, 항공기 안전운항을 위한 공항예보 및 특보 개선 정책연구, 2019
- [2] 국립기상과학원, 평창 동계올림픽 고해상도 기상예측정보 시스템 운영 기술 보고서, 2018
- [3] 국립기상과학원, 응용기상기술 지원 및 활용 연구-항공기상 지원 기술개발, 2017
- [4] 기상청, 위험기상 발생확률 정보 지원을 위한 한반도 고해상도 앙상블예측시스템 운영, 2015
- [5] 강윤희, 정혜리, 이승우, 나득균, 기상청 국지규모 확률예측시스템 현업 운영 현황 및 개선, 한국기상학회 가을학술대회 초록집, 337-338, 2016
- [6] 김세현, 김현미, 계준경, 이승우, 기상청 고해상도 국지 앙상블 예측 시스템 구축 및 성능 검증, 한국기상학회 대기, 25, 67-83, 2015
- [7] KK Hon, Predicting Low-Level Wind Shear Using 200-m-Resolution NWP at the Hong Kong International Airport, Journal of Applied Meteorology and Climatology 59(2), 193-206, 2020
- [8] Hagelin, S., L. Auger, P. Brovelli, and O. Dupont, Nowcasting with the AROME Model: First Results from High-Resolution AROME Airport, Weather and Forecasting, 29(4), 773-787, 2014
- [9] Bob Glahn, A LAMP-HRRR MELD for Improved Aviation Guidance, Weather and Forecasting 32(2): 391-405, 2017
- [10] J. M. Pearson AND R. D. Sharman, Prediction of Energy Dissipation Rates for Aviation Turbulence. Part II: Nowcasting Convective and Nonconvective Turbulence, Journal of Applied Meteorology and Climatology 56(2): 339-351, 2017
- [11] SESAR, PNOWWA Final Project Results Report, 2018
- [12] J.Jurković AND Croatia control ltd, Applying Statistical Tool CLIPER in Forecasting Visibility at Airports, WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference, 2017
- [13] S. Agrawal, L. Barrington, C. Bromberg, J. Burge, C. Gazen, and J. Hickey, Machine Learning for Precipitation Nowcasting from Radar Images, arXiv preprint arXiv:1912.12132, 2019
- [14] ICAO, Future Aeronautical Meteorological Information Service Delivery, Appendix B to the Report on Agenda Item 7, 2018
- [15] Dennis Hart, Meteorological Information Integration for Trajectory Based Operations Concept, 2014
- [16] ICAO, Asia/Pacific Regional Guidance for Tailored Meteorological Information and Services to Support Air Traffic Management Operations, 2019.06
- [17] ICAO, Global Air Navigation Plan 2016-2030 Fifth Edition
- [18] ICAO, Aviation System Block Upgrades : THE FRAMEWORK FOR GLOBAL HARMONIZATION ISSUED, 2016.07

- [19] 국토교통과학기술진흥원, 국토교통 R&D 동향조사, 2019
- [20] 국토교통과학기술진흥원, 글로벌 항공교통체제 대응 핵심기술개발 사업 최종보고서, 2019.6
- [21] <https://www.faa.gov/nextgen/programs/weather/>
- [22] https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/concepts/Fact_sheet_on_METGATE.pdf
- [23] ATAG, Aviation: Benefits Beyond Borders, 2018
- [24] ICAO, ICAO Long-Term Traffic Forecasts, 2019
- [25] ICAO, ICAO Economic Development, 2019
- [26] IATA, IATA Economic Performance of the Airline Industry Report, 2019
- [27] IATA, IATA Annual Review, 2019
- [28] IATA, IATA Value of Aviation, 2019
- [29] Boeing, Commercial Market Outlook 2019-2038, 2019
- [30] 항공협회, 항공시장동향, 2019
- [31] 항공협회, 항공통계, 2020
- [32] IATA, IATA Economics, 2020
- [33] Frost&Sullivan, POST-PANDEMIC GROWTH OPPORTUNITY ANALYSIS OF THE GLOBAL AIRPORT & AIRLINE INDUSTRY, 2020
- [34] KISTEP, 2020년도 정부연구개발예산 현황분석, 2020
- [35] 한국교통연구원, 항공분야 빅데이터의 정책적활용방안 연구, 2014
- [36] 과학기술정보통신부, 제4차 과학기술기본계획(2018-2022), 2018.2
- [37] 기상청, 제3차 기상업무발전 기본계획((2017~2021)), 2016.12
- [38] 국토교통부, 제3차 항공정책기본계획(2020~2024), 2019.12
- [39] 기상청, 기상R&D중장기 추진전략(2018~2027), 2018.1
- [40] 항공기상청, “항공기상업무 중장기(2021~2025)발전방안 연구”, 2020년도 정책연구 제안요청서, 2020.4
- [41] 한국교통연구원, “미국, 유럽의 중장기 항공정책 분석과 시사점”, 현안분석보고서, 2018.11
- [42] WMO STRATEGIC PLAN AT A GLANCE,
https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/mg/mgcl17/documents/CCI-MG-1-2018_Item3_Strategic_Plan_2020-2023.pdf
- [43] 항공기상청, 항공기상서비스 발전계획(안)(2020-2024)
- [44] WMO, WMO STRATEGIC PLAN(2020-2023)
- [45] FAA, FAA Strategic Plan FY2019-2022,
- [46] FAA, NextGen Implementation Plan 2018-19,
- [47] FAA, The Future of the NAS, 2016.06
- [48] FAA, National Aviation Research Plan (NARP) FY 2020 - 2025, 2020.09
- [49] ICAO, Future Aeronautical Meteorological Information Service Delivery, 2018.11
- [50] WMO, Aeronautical Meteorology Scientific Conference, 2017
- [51] 국토교통연구기획사업, 데이터 기반 항공교통관리 기술 연구, 2019

부 록

- 부록 1. 2022~2026년 신규 R&D사업 발굴 지원 내용
- 부록 2. 전문가 자문 내역
- 부록 3. ICAO ACBU AMET
- 부록 4. NextGen Weather
- 부록 5. SESAR Weather Cube
- 부록 6. (White Paper) The 4-D Weather Data Cube Version 2.0 NextGen
Network Enabled Weather Program
- 부록 7. (White Paper) Future Aeronautical Meteorological Information Service
Delivery
- 부록 8. 국토부 과제 내역
- 부록 9. 경제성 분석 관련 자문 추진 경과
- 부록 10. 수요처의 항공기상서비스 개선 요구사항 조사 내용 요약
- 부록 11. 과제카드

부록 1. 2022~2026년 신규 R&D사업 발굴 지원 내용

| 일자 | 추진 내용 | 제출자료명 |
|-------------|--|--|
| 2020.08.21. | 기술협상에서 '기상청 '2022년도 신규 연구개발사업 발굴 계획'에 따른 제출자료작성 지원 및 협조' 요청 수신 및 수락 협의 | - |
| 2020.08.25. | 항공기상청 작성 초안 수신 | - |
| 2020.08.26. | 항공기상청 작성 V.2 수신 | - |
| 2020.08.27. | ETRI 작성본V.6 제출 | <ul style="list-style-type: none"> 00824_2021년 신규 연구개발사업 발굴 계획_이음새없는 항공기상서비스 기술개발_계획서_V6.hwp |
| 2020.09.04. | 항공기상청 내부 검토 의견 수신 | - |
| 2020.09.08. | 항공기상청 내부 검토 의견 반영한 ETRI 작성본 V.14.4 제출 | <ul style="list-style-type: none"> 200904_2022년 신규 연구개발사업 발굴 계획_이음새없는 항공기상서비스 기술개발_계획서_v14.4.hwp |
| 2020.09.08. | 항공기상청 내부 검토 의견 수신 | - |
| 2020.09.10. | 항공기상청 내부 검토 의견 반영한 ETRI 작성본 V.14.7 제출 | <ul style="list-style-type: none"> 200904_2022년 신규 연구개발사업 발굴 계획_이음새없는항공기상서비스 기술개발_계획서_v14.7rev.hwp |
| 2020.09.10. | 항공기상청 추가 의견 수신 | - |
| 2020.09.24. | 9/21 기상청 내부 종합워크샵(2022년 기상청 신규과제검토) 결과(사업의 최종 추진 결정은 필요성, 시급성 등을 보완하여 판단하기로 함) 의견 수신 | - |
| 2020.10.06. | 추가 대응 자료 작성 관련 검토 회의, @항공기상청, w/김진원 팀장 | - |
| 2020.10.09. | 사업 필요성, 시급성 보강자료 ETRI 작성본 자료 제출 | <ul style="list-style-type: none"> 설명자료-필요성 및 시급성-20201009-02.hwp |
| 2020.10.10. | 사업 필요성, 시급성 추가 보강자료 ETRI 작성본 자료 제출 | <ul style="list-style-type: none"> 설명자료-필요성 및 시급성-20201010-02.hwp |
| 2020.10.13. | 사업 필요성, 시급성 추가 보강자료ETRI 작성본자료 제출 | <ul style="list-style-type: none"> 지원필요성-시사점방향성결론-20201013-01-종류1-최종.hwp 지원필요성-시사점방향성결론-20201013-01-종류2-최종.hwp |
| ~2020.12.22 | 지원 서류 내용 수정 지원 | - |

부록 2. 전문가 자문 내역

○ 중간보고자료 전문가 검토의견(2020.11월)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|----------------------------------|--|
| 국내외 동향 | <ul style="list-style-type: none"> - 수정 요망: 관측 기술 분야(12페이지)에서 홍콩 공항의 ITWS 시스템은 LLWAS, TDWR, LIDAR와 함께 공항 근처 PIREP 자료를 포함해서 통합 시스템으로 구축되었음. - 추가 제안: 서비스 기술분야에서 공항지점 예측인 TAF의 각 예측 요소별(바람, 시정, 운고, 기상 현상 등) 공항 특성을 반영한 영향예보 개발 필요(미국 NOAA/AWC의 Impact TAF Board 참조). - 추가 제안: 서비스 기술분야에서 공항지점으로 접근하는 지점들에 대한 바람 예측 개발 필요 (미국 NOAA/AWC의 Gate Forecast 참조). |
| 시사점 | <ul style="list-style-type: none"> - 추가 제안: 관측 기술 분야 시사점(19페이지)에서 윈드시어 탐지 장비 추가 설치 시 주요 공항에서 TDWR을 이용한 대류운(강수동반)에 의한 윈드시어 및 LIDAR에 의한 비강수 윈드시어를 통합적으로 감지할 수 있는 시스템 구축 필요. - 추가 제안: 예측 기술 분야 시사점(46페이지)에서 항공기상 요소인 난류, 착빙, 대류영역, 운저고도 및 안개, 저고도 시어 등에 대한 nowcast, 단기 예보 뿐만 아니라 중기 및 장기 예보(Outlook)에 대한 앙상블 모델을 이용한 확률론적 예측 시스템 개발 및 기후변화에 의한 제트기류 변화에 대한 전망에 대한 연구 필요. - 추가 제안: 주요 정책 동향 분석(96페이지)에서 기후변화와 더불어 항공기 운항이 기후변화에 영향을 주는 부분에 대한 국내 연구가 시급하며 CORSIA와 함께 항공기 운항 4D trajectory 모델 예측에 최적 효율 노선 및 기후영향 최적노선 기술 개발 필요. |
| 추후 과제 발굴 관련 의견 (추진체계/방법, 후보과제 등) | <ul style="list-style-type: none"> - 추가 제안: 중점 추진과제 로드맵(121페이지)에서 수요자 중심 4D 궤적기반 항공기상 서비스 기술 개발의 중점 추진과제에 3번째로 인공지능 및 융합 알고리즘을 통한 사용자 친화형 의사결정 지원 시스템 개발. - 추가 제안: 중점 추진과제 로드맵(121페이지)에서 자동화 기반 통합 실황감시 및 분석 기술개발의 중점 추진과제에 3번째로 통합실황모니터링 기술 검토정 기술 개발. |

* 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 11월 일

자문위원 : 김정훈



 (서명)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|----------------------------------|--|
| 국내외 동향 | <ul style="list-style-type: none"> - Lidar 관측은 Doppler lidar로 국한됨. - 다양한 형태의 항공기 기반 관측이 활발하게 진행됨. - 대부분의 공항 특화 수치모델을 정부별 수치모델 현업 부서에서 고밀도 목적에 맞게 추가로 셋팅하여 운영함. - 수치모델 기반 다양한 항공기상 산출물 개발이 활발하게 이루어짐 |
| 시사점 | <ul style="list-style-type: none"> - 해외의 경우 공항 기상 관측이 공항에 적합한 관측으로 변화하고 있지만 국내는 아직도 전통적인 관측방식에 의존하고 있고 새로운 관측에 대한 투자나 중장기 계획이 미흡함. - 항공기 기반 관측 다양화 및 현실화 필요 - 국내 공항에 특화된 고분해능 모델을 기상청 주도로 특화할 필요가 있으며 이러한 모델을 기반으로 추가 자료 통합 및 개선에 대한 기상청과 학계의 공동 연구개발 필요. |
| 추후 과제 발굴 관련 의견 (추진체계/방법, 후보과제 등) | <ul style="list-style-type: none"> - 공항기상에 특화된 관측망 구축에 대한 과제 발굴 필요 - 관측, 수치모델을 종합적으로 활용하여 항공 기상 산출물을 개발하기 위한 체계적이고 종합적인 노력 필요. |
| 기타 | <ul style="list-style-type: none"> - 기상청 주도의 항공기상 서비스 개발 모델은 예산 확보 측면에서 한계가 있을 수 있어, 타부처 또는 다부처 협력을 통한 서비스 모델 개발도 고려할 필요가 있음. |

* 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 월 일

자문위원 : 이 규 원  (서명)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|----------------------------------|---|
| 국내외 동향 | 제안된 중간보고서가 비교적 잘 기술되었다고 평가됨. 다만, 몇 가지 점에서 보완이 필요해 보임. (i) 기후변화가 항공기상 및 관련기술 개발에 미칠 영향에 대한 부분이 빠져 있는데, 이 부분의 보완이 필요함. (ii) 공항예보와 관련해서는 기존 수치 모델링 결과의 downscaling 접근 뿐 아니라, CFD 기반의 보다 상세한 수치모델에 대한 국내외 현황조사가 필요할 것으로 보임. |
| 시사점 | 1. 현재 국내에는 없는 항공기상 모델검증 및 관측장비 검증을 위한 슈피사이트 구축은 필요해 보임. 2. 우리나라의 항공기 기반 관측자료 활용이 다른 나라에 비해서 떨어진다는 평가는 의미가 있다고 생각되나, "코로나로 항공기 기반 관측이 줄어들어 일기예보에 미치는 영향이 유럽은 15% 이상인데 우리나라는 5% 수준이다"라는 표현은 수치예보의 자료동화에 포함되는 항공기 자료가 전세계 자료임을 고려할 때, 다소 설득력이 떨어짐. 3. 공항 예보를 위해서는 본 보고서에서 제시된 현업 수치예보모델의 downscaling (최고 해상도 200m)뿐 아니라 CFD 기반의 보다 고해상도 수치모델링에 대한 부분도 포함할 필요가 있음. 4. 확률론적 예측 모델 개발과 관련해서는 사용자 (예보자, 정책결정자) 들의 needs 및 자료 해석에 대한 부분이 포함될 필요가 있음. |
| 추후 과제 발굴 관련 의견 (추진체계/방법, 후보과제 등) | 1. 제안 과제인 "4D 궤적기반 항공기상서비스 기술개발"은 적절한 것으로 판단됨. 2. 저고도 비행을 위한 항공기상 정보 필요성이 매우 크나, 국내뿐 아니라 국외에서도 이에 대한 연구가 많이 이루어지지 않는 상황임. 저고도 항공기상 정보도출은 매우 어려운 과제로, 조속한 시간에 기초연구부터 시작되어야 함. |
| 기타 | 없음 |

* 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 11월 일

자문위원 : 전혜영 (서명)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|----------------------------------|---|
| 국내외 동향 | 수치예보 모델과 관련하여 국내외 동향이 잘 파악되었다고 생각합니다. 추후 과제 발굴에 있어서 국내 기술력에 대해 비중있게 고려하시고자 한다면, 평창 동계올림픽을 위해서 구현되었던 300m 해상도의 수치예보 전략을 조금 더 상세히 들여다볼 수 있다면 도움이 될 것 같습니다. |
| 시사점 | 수치모델 기술 관련 국내외 동향 조사로부터 실용적인 시사점이 도출되었다고 생각합니다. 우리나라의 자체적인 수치모델 구축이 갖는 강점이나 필요성이 강조될 수 있다면 더 좋을 것 같습니다. |
| 추후 과제 발굴 관련 의견 (추진체계/방법, 후보과제 등) | 수치모델 기술 관련 시사점과 연관된 추후 과제를 진행할 경우, 200m에 이르는 초고해상도 수치모델을 셋업하고자 하면 계산소요량이 많을 거라고 생각합니다. 추후 발굴될 과제 추진 방법과 관련하여 계산자원 확보에 대한 구체적 방안이 제시되는지 여부에 대한 평가가 필요할 것 같습니다. |
| 기타 | 전반적으로 충실히 조사된 기획과제 내용이라 검토하면서도 많이 배웠습니다. 앞으로 기획과제를 기반으로 확장되어나갈 사업의 가치치기가 기대됩니다. |

* 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 11월

일

자문위원 : 송효종


 (서명)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|-----------------------------------|---|
| 국내외 동향 | 저고도에서 운영되는 헬기에게 필요한 동향파악이 있었으면 좋았을 것으로 보임 국방부가 보유한 항공기상정보를 범정부(소방, 산림, 해경 등) 기관에게 동시에 제공하는 국내 동향 파악도 필요했을 것으로 보임 |
| 시사점 | 저고도에서 비행하는 항공종사자에게 시시각각으로 변화하는 기상정보를 올바르게 제공해주기 위한 노력으로 향후 항공사고 예방에 기여할 것으로 기대됨 |
| 추후 과제 발굴 관련 의견 (추진체계/ 방법, 후보과제 등) | AGL 2,000피트 이하의 수치예보정보의 신뢰성 향상을 위한 방안 제시 소방헬기 특성 상 산악구조 임무 시 바람정보를 확인 할 수 있는 시스템 구성 헬기조종사가 기상청의 저고도 정보를 비행중 획득 할 수 있는 방안 제시 |
| 기타 | 소방청에 구축 예정인 운항관제실에 기상정보를 제공해주고 국가기관 헬기에게 정보를 효율적으로 전달하기 위한 정보체계 연계 방안 제시 필요 - 국가기관 헬기 운용기관 최초로 운항관제실 구축(119구조구급법을 개정) |

※ 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 11월 16 일

자문위원 : 김상권 

○ 최종보고자료 전문가 검토의견(2020.12월)

세부사업 우선순위 평가표

| 사업명 | 내역사업 | 세부사업 | 정책 부합성 | 전략 R&D 연계성 | 시급성 | 효율성 및 파급효과 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|-----|---------------|
| 4D 객적기반 항공기상서 비스 기술개발 | 1. 4D 항공기상 통합실황감시 및 분석 기술개발 | 통합 4D 데이터 플랫폼 구축 | A | B | A | B |
| | | 항공운항정보 실시간 수집·처리 기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 항공운항정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석기술 개발 | A | A | A | A |
| | 2. 객적기반 항공기상 예측 및 검증 기술개발 | 사공간 상세 항공기상 예측기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 항공기상 확률예측기술 개발 | A | A | B | A |
| | | 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 개발 | A | A | B | A |
| | 3. 항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 4D 항공기상정보 제공 기술개발 | A | A | A | A |
| | | 항공기상서비스 검증 및 평가 기술 개발 | A | B | B | A |

2020년 12월 9일

평가자 : 송효중 (인)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|--|---|
| 과제 발굴 관련 의견 (후보과제별 정부지원 시급성, 타당성 등 의견제시) | <p>본 기획연구를 통해 발굴된 9가지 과제는, 향후 지속적으로 발전될 항공 산업의 수요와 더 나아가 내륙 혹은 도심 규모의 항공 산업 발전이 이어질 전망에 비춰봤을 때 그 사안이 시급하다고 할 수 있다. 항공기상 예측을 위해 요구되는 관측자료는 이전보다 상세한 시공간 분해능을 요구하며 이를 위해 ADS-B 관측자료를 데이터베이스화하고 가치있는 정보로 가공하는 기술 확보는 필수적인 것으로 보인다. 해당 자료 자체로부터 의사결정정보를 추출해내는 것 뿐만 아니라, 수치예보의 초기자료로 활용함으로써 항공용 고해상도 예측을 서두르는 것이 다른 나라들 특히 일본의 도약에 뒤처지지 않을 수 있는 발전의 초석이 될 것이다. 따라서 해당 기획연구를 통해서 제안된 대부분의 과제들의 시급성과 타당성에 적극 동의하는 바이다. 다만, 통합 데이터 플랫폼 구축의 경우는 과제에서 지향하는 바 자체가 독립적인 R&D로서의 가치를 지니는 지 조금은 다른 과제들에 비해서 그 중요도가 낮아보이고 연관하여 파급효과에 대해서도 비슷한 생각이다. 항공기상 예측 시스템 개발은 필수적이거나, 그 예측의 불확실성에 대한 진단과 보정 기술의 시급성은 다른 관련 기술 개발들에 비해서 조금은 시급성이 떨어질 수 있을 것이다. 해당 기술개발들을 통해서 얻게 되는 정보들은 반드시 수혜자들의 의사결정을 돕는데 활용되어야하므로 의사결정 지원 서비스 개발은 필수적이다. 그러나 검증 및 평가의 경우는 자체적인 R&D적 속성이 조금 적어보이고 시간을 두고 지켜봐야할 분야이기에 시급성을 한 단계 낮게 두었다.</p> |
| 기타 | <p>실상 3개 내역사업의 9개 세부사업들은 모두 시급하고 타당한 연구들입니다. 상대적인 등급 차이를 두기 위해 일부 세부사업의 특정 요소들을 한 등급 낮게 주었지만, 전체 9개 세부사업이 유기적으로 연결되어야만 한다는 사실을 밝혀두고 싶습니다.</p> |

* 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 12월 9일

자문위원 : 송효중 (서명)

세부사업 우선순위 평가표

| 사업명 | 내역사업 | 세부사업 | 정책 부합성 | 전략 R&D 연계성 | 시급성 | 효율성 및 파급효과 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|-----|---------------|
| 4D 궤적기반 항공기상서 비스 기술개발 | 1. 4D 항공기상 통합실황감시 및 분석 기술개발 | 통합 4D 데이터 플랫폼 구축 | A | A | A | B |
| | | 항공운항정보 실시간 수집·처리 기술 개발 | A | B | A | B |
| | | 항공운항정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석기술 개발 | B | B | B | B |
| | 2. 궤적기반 항공기상 예측 및 검증 기술개발 | 시간상 상세 항공기상 예측기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 항공기상 확률예측기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 개발 | A | A | B | A |
| | 3. 항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 개발 | A | B | B | A |
| | | 4D 항공기상정보 제공 기술개발 | A | B | B | B |
| | | 항공기상서비스 검증 및 평가 기술 개발 | A | B | B | B |

2020년 12월 10일

평가자 : 전혜명(위)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|--|--|
| 과제 발굴 관련 의견 (후보과제별 정부지원 시급성, 타당성 등 의견제시) | <p>안전한 항공운항의 의사 결정을 위하여 항공기상 자료의 생산 및 처리, 예측, 자료 서비스 등이 매우 중요하고, 지금까지 이런 연구사업이 국책과제로 제대로 이루어지지 않은 것을 고려할 때, 본 사업 내용은 매우 타당하고 시급하다고 생각됨. 제안된 세부과제가 잘 정리되어 있음. 다만, 다음의 제안을 고려하여 일부 수정이 필요함.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) "통합 4D 데이터 플랫폼 구축"은 초기 3년의 연구가 적합한 것으로 판단됨. 과제 전 기간에 걸쳐서 플랫폼을 구축한다는 것은 논리적이지 않음. 플랫폼이 구축되어야 다른 연구들이 완성될 수 있음. 2) "항공운항정보 실시간 수집·처리 기술 개발"의 연구는 초기 3년이 적합한 것으로 판단됨. 3) "항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석기술 개발"은 초기 3년이 적합한 것으로 판단됨 4) "시공간 상세 항공기상 예측 기술 개발"에서는 역학모델과 통계모델을 나누어서 추진계획서를 작성할 필요가 있음. 또한, 추진계획서에 총 연구기간이 잘못 기재되어 있음 (4년 연구인데, 5년으로 기재됨). 5) "항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 개발"은 추진계획서에 3년 연구로 되어 있는데, 총 연구기간은 5년으로 잘못 기재됨 6) "의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 개발"의 추진계획서에는 "2차년도"가 두 번 명시됨 수정필요. 7) "항공기상서비스 검증 및 평가기술개발"은 2년 정도의 연구기간이 적정한 것으로 판단됨 |
| 기타 | <p>본 연구과제는 매우 중요하고 시급하다고 생각되며, 위에서 제시된 수정이 이루어진다면 안전한 항행을 위한 항공기상 관측자료 제공, 예보장 제공, 의사결정을 위한 전환기술 개발 등을 통해서 항공기상 분야에서 큰 도약을 이룰 수 있을 것으로 평가한다.</p> |

* 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 12 월 10 일

자문위원 : 전혜영 (서명)

세부사업 우선순위 평가표

| 사업명 | 내역사업 | 세부사업 | 정책 부합성 | 전략 R&D 연계성 | 시급성 | 효율성 및 파급효과 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|-----|---------------|
| 4D 객적기반 항공기상서 비스 기술개발 | 1. 4D 항공기상 통합실황감시 및 분석 기술개발 | 통합 4D 데이터 플랫폼 구축 | A | B | B | B |
| | | 항공운항정보 실시간 수집·처리 기술 개발 | A | B | B | B |
| | | 항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석기술 개발 | A | A | A | A |
| | 2. 객적기반 항공기상 예측 및 검증 기술개발 | 사공간 상세 항공기상 예측기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 항공기상 확률예측기술 개발 | A | B | B | A |
| | | 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 개발 | B | C | B | C |
| | 3. 항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 개발 | A | A | B | B |
| | | 4D 항공기상정보 제공 기술개발 | A | B | B | B |
| | | 항공기상서비스 검증 및 평가 기술 개발 | C | C | C | B |

2020년 12월 9일


평가자 : 이 규 원 (인)

검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|--|--|
| 과제 발굴 관련 의견 (후보과제별 정부지원 시급성, 타당성 등 의견제시) | <ul style="list-style-type: none"> - 1세부 과제에서 플랫폼구축 및 시스템 구축에 집중하고 있어 실황 감시 및 분석에 가장 중요하고 필요한 요소기술개발이 빠짐. 과제를 아래와 같이 구성하여 실황감시 및 위험기상 분석에 필요한 기술개발이 이루어 질 수 있도록 하는 것이 바람직함. <ul style="list-style-type: none"> 1) 통합 4D 실시간 자료 수집, 처리 플랫폼 구축 2) 항공기상정보 실시간 품질관리 및 통합표출기술 개발 3) 4D 실황감시를 위한 고분해능 기상정보산출 및 위험기상 분석기술 개발 - 2세부 과제에서는 결정론적, 확률적 예측을 주요 요소 기술로 하고 있음. 확률적 예측은 기상청 앙상블 모델을 기반으로 운영되기 때문에 이에 의존적이지만, 결정론적 역학모델은 공항별로 특화되어야 하고, 고분해능(시간, 공간), 정확도가 반드시 담보되어야 하며 이를 위한 구체적인 방안이 있어야 기상청 고분해능 모델과의 중복성을 피할 수 있음. 즉 4D 플랫폼을 통하여 수집된 다양한 기상 자료를 실시간으로 동화하여 정확도를 향상하고 고분해능 모델 수행에서 정확도 향상을 위한 모델 개선 방안이 명시되어야 함. - 2세부 마지막 과제는 단순한 검정, 보정이 아닌, ML(AI)를 활용한 예측정보의 정확도 향상으로 과제가 기획되어야 함. - 3세부 과제는 고분해능, 다량의 항공기상정보를 활용하여 항공운항의 다양한 요구에 부합하는 정보를 생산하고 제공하는 과제로, 다양한 정보와 복잡한 상황을 효율적으로 연결할 수 있는 AI 기술의 활용이 반드시 필요함. 특히 “의사결정 지원” 과제에서는 AI기술을 명시하고 “4D 항공기상서비스 제공 기술개발”과 “항공기상서비스 검증 및 평가기술 개발”은 통합하여도 무방할 것으로 사료됨. - 항공 산출물(뇌우, 착빙, 난류, 안개 등) 생산기술이 포함되어야 함.(3세부에서 “항공 산출물 생산”이라는 키워드로 과제를 만들 수 있음. |
| 기타 | |

※ 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 12월 9일

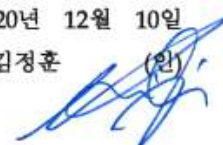
자문위원 : 이 규 원  (서명)

세부사업 우선순위 평가표

| 사업명 | 내역사업 | 세부사업 | 정책 부합성 | 전략 R&D 연계성 | 시급성 | 효율성 및 파급효과 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|-----|---------------|
| 4D 객적기반 항공기상서 비스 기술개발 | 1. 4D 항공기상 통합실황감시 및 분석 기술개발 | 통합 4D 데이터 플랫폼 구축 | A | A | A | A |
| | | 항공운항정보 실시간 수집 처리 기술 개발 | B | C | C | B |
| | | 항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석기술 개발 | A | B | B | B |
| | 2. 객적기반 항공기상 예측 및 검증 기술개발 | 시공간 상세 항공기상 예측기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 항공기상 확률예측기술 개발 | C | B | B | C |
| | | 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술 개발 | B | A | A | B |
| | 3. 항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발 | 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 개발 | A | A | A | A |
| | | 4D 항공기상정보 제공 기술개발 | B | C | C | C |
| | | 항공기상서비스 검증 및 평가 기술 개발 | A | B | B | B |

2020년 12월 10일

평가자 : 김정훈 (인)



검토 의견서

| 항목 | 내용(수정 또는 추가 필요한 사항) |
|--|--|
| 과제 발굴 관련 의견 (후보과제별 정부지원 시급성, 타당성 등 의견제시) 기타 | <p>본 연구에서는 항공기상 분야에서 현재 국토부의 차세대 항공운항과 관련된 중장기 과제인 NARAE 사업과 연계하여, 항공기상 현업에 가장 시급한 3개 영역에 대한 과제 발굴이 이루어졌으며, 아래 제안하는 목표가 명시적으로 제시되길 제안함.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 기상관측 및 항공운항 정보 융합 4D weather data cube 구축 2. 차세대 항공기상 예측기술 개발 및 검증 체계 구축 3. 사용자 중심의 의사결정 지원을 위한 기상-항공 융합 정보 개발 <p>첫 번째 과제의 핵심은 고품질의 안정된 기상관측-항공운항 정보 통합 플랫폼 개발이며, 이에 대한 세부 내역사업명 "4D 항공기상 통합실감시 및 분석 기술개발"이 가장 시급하며 중요한 내용을 다루고 있으나, 좀 더 구체적 정보 제시 요망:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 4D weather data cube가 우리나라 공역 중심인지 동아시아 영역을 종합감시하는 것인지 전 세계를 아우르는 것이지에 따라 사업 범위가 크게 달라짐. 이는 항공기상청의 서비스 범위가 항공운항 전주기 관점에서 Gate-to-Gate에 이르는 토달 솔루션이 국내선 중심인지, 중간 크기 여객기 위주(비행시간 5시간 이내)인지, 장시간 비행의 대륙간 국제선이 목표인지 국토부 NARAE 사업을 참고하여 명시할 필요 있음. 2) 이를 위해서 현재 가용 가능한 기상관측 체계(지상, 고층, 원격 탐사 등)에 기반을 둔 항공기상 전용 QC 구축, 항공기 운항 주기별 특화된 시공간적 규격 및 체계 구축 등 좀 더 구체적인 내용이 사업내역 산출근거로 제시될 필요 있음. 3) 4D weather data cube의 목표가 Nowcast를 포함하고 있는 것인지 데이터 QC 및 플랫폼 구축에 국한된 것인지 명확히 할 필요 있음. Nowcast를 포함하고 있지 않다면 목표는 Nowcast에 사용될 초기 실험자료 생산 플랫폼 구축으로 보임. <p>두 번째 과제의 핵심은 항공운항 전주기에 대한 이음새 없는 차세대 확률기반 항공기상 예측 시스템 개발 및 검증으로 보이며, 이에 대한 세부 내역사업명 "4D 궤적기반 항공기상 예측 및 검증 기술개발"에서 내용을 다루고 있음. 여기서는 앙상블 기반 확률예측정보 활용과 관련해서, 앙상블 예측시스템의 이론적 배경은 중기(48시간 이상 1주일 예보 outlook(또는 전망)에서 일기예보 불확실성에 대한 정보를 활용하는 것이며, 이는 항공기 운항관점에서 여행자 의사결정 (5일 이상 예측) 48시간 이상 중기 예보 정보로써 활용되어야 함을 명시할 필요 있음. (각 항공기상 예측정보에 대한 확률론적 트렌드에 대한 예보 또는 전망)</p> <p>세 번째 과제의 세부내역사업인 "항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발"에서 의사결정 지원 항공기상정보 전환의 노력에 앞의 중기 (또는 장기 1달 이상) 기후변화 요인과 관련된 요소 및 그로 인한 악기상 전망에 대한 항공수요 예측 부분을 포함시키길 제안함. 또한, 의사결정 지원에 있어 차세대 확률예측정보 활용 부분이 중요한 이슈이므로 이를 명시할 필요가 있음.</p> |

※ 장 수에 관계없이 자유롭게 작성 가능

2020년 12월 10일

자문위원 : 김정훈



부록 3. ICAO ASBU AMET

1. ASBU 배경

- 전 세계 항공 교통량은 비약적으로 증가해 1977년 이래로 매 15년 간격으로 2배로 성장하고 있음
- 항공기 항행시스템은 기술 발달에 힘입어 과거의 지상 기반에서 위성 기반 시스템으로 전환되고 있으며, 항공기 탑재 장비 기술의 발달로 항공기는 성능기반항행(PBN; Performance Based Navigation)의 수행이 가능하고, 이에 따라 효율적이고 경제적인 운항이 가능하게 되었음
- 항공교통 수요증가와 새로운 항공기술 발전 트렌드에 부합하는 항공교통관리 시스템에 대한 요구가 점차 커짐에 따라, 전통적인 항공 선진국인 미국과 유럽에서는 NextGen(Next Generation)과 SESAR(Single European Sky ATM Research)라는 항공 시스템 선진화 계획을 구상하고 독자적 시스템을 구축하였으나 시스템 간의 상호운용이 어렵고 전 세계를 아우르는 협조를 도모할 수 없다는 문제점이 나타남
- 이에 국제민간항공기구(ICAO)는 NextGen과 SESAR 등에서 진행 중인 항공교통시스템 개선 계획들의 차이점을 조사하는 동시에, 개선계획 불균형에서 오는 문제점을 해결하기 위해 모든 체약국 및 이해관계자와 함께 21세기 항공 항행을 정의할 수 있는 해법을 찾기 시작하였고 마침내 제12차 세계항행회의를 통해 미래 항공교통시스템 환경 구축을 위한 ASBU 이니셔티브를 발표함
- ASBU는 최신 기술을 이용하여 항공안전개선 및 수용력 확대를 실시하고, 항공기 운영자가 계획한 출발·도착시각으로, 희망하는 비행경로를 최소한의 제약으로 규정된 안전 수준을 만족하면서 운항할 수 있는 원활한 글로벌 항공교통관리(ATM)시스템을 구축하는 것임
 - 항공교통의 안전□효율화를 위하여 ‘32년까지 단계적 항행시스템 전환계획(ASBU)을 제시하여 항공교통 선진화를 통한 안전관리 및 효율화를 각국에 이행하도록 요구
 - ‘13년~‘32년까지 항공교통 관리와 관련한 주요 분야의 안전관리·효율화 등을 위해 체계적인 기술개발과 서비스 수준을 요구하는 ASBU를 제시, 회원국을 중심으로 이행하도록 권고

2. ASBU 체계

1.1. 정의 및 구성

- ASBU(Aviation System Block Upgrades)는 ICAO(International Civil Aviation

Organization, 국제민간항공기구)가 권고하는 단계별 항공시스템 최신화(개선) 계획을 의미함

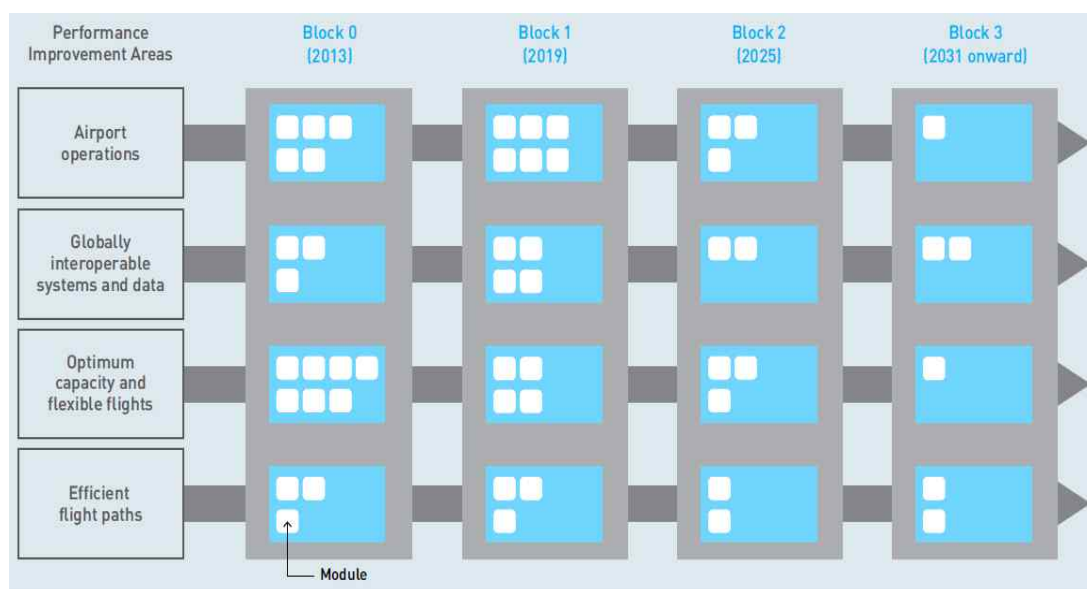


그림 196. ASBU 구성도

(출처: GANP Fifth Edition, Aviation System Block Upgrades Methodology)

- ASBU는 4개 성능개선영역(PIA), 4단계의 블록(block, 단계별 타임프레임), 21개 세부개선영역(Thread), 51개 이행 모듈(Module)로 구성
- 4개의 성능개선 영역(Performance Improvement Area, PIA)은 다음과 같음
 - 공항 운영 (Airport Operation)
 - 글로벌 상호운용 가능한 시스템 및 데이터 (Globally Interoperable System and Data)
 - 최적 용량 및 유연한 비행 (Optimum Capacity Flexible Flights)
 - 효율적인 비행경로 (Efficient Flight Path)
- '31년 이후까지 6개년 단위로 단계별 이행 대응이 필요한 항공효율성 개선 및 항공사고 예방 등을 위한 4단계로 구성된 블록 개념의 모듈을 제시. Block0('13년~'18년), Block1('19년~'24년), Block2('25년~'30년), Block3('31년~)
- B0은 주로 현행 기술수준으로 실현 가능한 과제로, 이미 개발된 기술과 기능이 포함된 모듈로 구성되어 있으며, 현재 구현이 가능
- B1 ~B3은 관련 규정 및 추가기술개발이 필요한 중장기 과제로 구성(기존 성능 영역 솔루션과 예상 성능 영역 솔루션)
- 각 모듈별로 관련 기능의 기초부터 향상된 기술까지의 일관된 개량을 권고하고, 운영 개념, 필요한 장비와 시스템, 표준 및 절차, 모범 사례와 효과들

공유하였으며, 지역적·국가적 프로그램의 핵심능력과 성과향상을 세계적 범위에서 동일한 수준의 성과와 부가적 이익을 창출하도록 함

- 아래표는 21개의 세부개선영역(Thread)과 요약을 나타내며, 이행 시간을 반영한 이행 모듈 51개를 표시하였음
- 기상 관련 개성 정보는 성능개선영역 2(PIA2)인 글로벌 상호운용 가능한 시스템 및 데이터영역에 세부개선영역 “AMET: Advanced meteorological information”로 표시되고, 기간이 반영된 이행 모듈인 B0-AMET, B1-AMET 및 B3-AMET로 표시됨

표 87. ASBU의 세부 개선영역 요약

| PIA | 세부개선 영역 Thread | 요약 |
|--|---|---|
| PIA 1: Airport Operations | APTA: Airport accessibility, 공항 접근성 | 공항에 PBN 및 GBAS를 이용한 항공기 계기접근절차를 도입하여 공항의 접근력과수용력을 향상 |
| | WAKE: Wake turbulence separation 후류요란 분리기준 | 항공기 기종에 따라 선행/후행 항공기 간 후류요란(Wake turbulence) 분리를 적용하도록 기준을 마련 및 개선하여 항공기 처리량을 증대 |
| | RSEQ: Runway sequencing 활주로 도착출발 순서 | AMAN/DMAN 구축을 통해 터미널 구역 및 활주로의 수용량을 증가시키고 교통 수요의 예측성과 운항 스케줄의 유연성을 향상 |
| | SURF: Surface operations 공항 지상 운영 | 기존에 육안감시, 신호체계, 표식 등으로 이루어진 지상 감시를 보다 정밀화된 A-SMGCS, ASD-B APT 시스템을 구축하여, 지상이동 항공기, 차량 등에 대한 감시 능력을 강화 |
| | ACDM: Airport collaborative decision-making 공항 협력적 의사결정 | 통합적인 항공기 운항정보 공유를 통해 공항 내 다양한 이해관계자의 협력적 의사결정 시스템을 구축 |
| | RATS: Remote air traffic services 원격 관제 | 현지 공항에서 관제 서비스 제공이 어렵거나 비용효율이 낮은 지역의 공항에 관제탑을 설치하지 않고 원거리에서 관제 서비스를 제공하는 것 |
| PIA2: Globally interoperable systems and data | FICE: FF/ICE: Flight and Flow Information for a Collaborative Environment교통흐름 정보 공유 | 관제기관이 비행관련 정보 전달 및 관제권이양 시 다른 관제 기관과의 유선 커뮤니케이션 방식을 데이터 통신방식으로 전환 |
| | DATM: Digital ATM information | 종이/수동으로 운영되었던 기존의 항공정보서비스에서 디지털/네트워크 기반의 항공정보서비스 제공으로 전환 이행을 목표 |
| | SWIM: System-wide information management | ATM 네트워크의 정보를 모든 이해관계자가 공유할 수 있도록 통합·연동 |

| | | |
|---|---|--|
| | AMET: Advanced meteorological information | 기상 정보 관리 및 적시 제공을 통해 항공기 운항 효율성을 높이고 안전성 확보를 목표로 함 |
| PIA3: Optimum capacity and flexible flights | FRTO: Free-route operation 자유 비행로운영 | 발전된 항공기의 항행능력과 항행인프라를 기반으로 공역계획, 탄력적 공역사용 및 효율적인 경로운항이 가능하도록 개선 |
| | NOPS: Network operations 네트워크 운영 | 출발슬롯 통제, 공역 진입 픽스의유입률관리, 웨이포인트도착시각 관리, 혼잡공역 회피를 위한 트래픽 관리 및 위기상황 시 대응을 위한 흐름관리 등의 기능을 수행 |
| | ASUR: Alternative surveillance 항공기 감시시스템 강화 | ADS-B OUT과 다변측정시스템(MLAT) 등을 이용하여 기존의 감시 서비스 지원이 어려웠던 지역에 대한 감시 지원 목적 |
| | ASEP: Airborne separation 비행 중 자가 분리 | 비행중인 항공기 간의 안전 분리 간격을 관제사가 아닌 조종사가 각종 장치와 정보를 이용하여 직접 조절하면서 비행 |
| | OPFL: Optimum flight levels 최적 비행 고도 이용 | 대양지역과 같이 관제사가 레이더로 감시할 수 없는 지역에서 비행중인 조종사가 항공기에 탑재된 ADS-B로 항공기간 간격을 확인하며 원하는 비행 고도로 변경 |
| | ACAS: Airborne collision avoidance systems 공중 충돌 경고장치 | 공중충돌경고장치(ACAS)를 ACASII(TCAS*) version 7.1)로 개량하여 항공기 운항 안전성을 향상 |
| | SNET: Safety nets 비행 안전망 | 항공기 비행 중 발생하는 위험상황을 관제사에게 경고하기 위해 단기 충돌경보(STCA), 지역근접경고(APW)), 최저안전고도경고(MSAW) 및 접근경로감시(APM) 기능을 관제장비에 설치 |
| PIA4 Efficient flight path-through trajectory-based operations | CDO: Continuous descent operations 연속강하 운영 | 항공기의 첨단항법시스템을 이용하여 기존의 계단식 접근방식을 개선 |
| | TBO: Trajectory-based operations 궤적기반 항공교통 운영체계 | 항공기의 4D 궤적(위도, 경도, 고도, 시간)을 이용하여 항공기의 미래 위치에 대한 불확실성을 감소 |
| | CCO: Continuous climb operations 항공기 연속상승 운항 | 항공기가 이륙 후 적정 순항고도에 도달할 때까지 연속적으로 상승하도록 성능기반 항행인 RNAV, RNP를 이용하여 이행 |
| | RPAS: Remotely piloted aircraft systems 원격조종항공기 시스템 | 원격조종항공기(RPAS)를 점진적으로 통합공역 내에서 일반 유인항공기와 혼합하여 운용할 수 있도록 개발 |

표 88. ASBU의 세부 이행 모듈

| PIA | 세부개선 영역 Thread | Block0 (2013) | Block1 (2019) | Block2 (2025) | Block3 (2031) |
|--|--|----------------|----------------|---------------|----------------|
| PIA 1: Airport Operations | APTA: Airport accessibility, 공항 접근성 | B0-APTP | B0-APTP | - | - |
| | WAKE: Wake turbulence separation 후류요란분리기준 | B0-WAKE | B1-WAKE | B2-WAKE | - |
| | RSEQ: Runway sequencing 활주로 도착출발 순서 | B0-RSEQ | B1-RSEQ | B2-RSEQ | B3-RSEQ |
| | SURF: Surface operations 공항지상운영 | B0-SURF | B1-SURF | B2-SURF | - |
| | ACDM: Airport collaborative decision-making 공항협력적 의사결정 | B0-ACDM | B0-ACDM | -- | - |
| | RATS: Remote air traffic services 원격 관제 | - | B1-RATS | - | - |
| PIA2: Globally interoperable systems and data | FICE: FF/ICE 관제 기관 간 비행 정보공유체계 구축 | B0-FICE | B1-FICE | B2-FICE | B3-FICE |
| | DATM: Digital ATM information | B0-DATM | B1-DATM | - | - |
| | SWIM: System-wide information management | - | B1-SWIM | B2-SWIM | - |
| | AMET: Advanced meteorological information | B0-AMET | B1-AMET | - | B3-AMET |
| PIA3: Optimum capacity and flexible flights | FRTO: Free-route operation 자유비행로운영 | B0-FRTO | B1-FRTO | - | - |
| | NOPS: Network operations 네트워크 운영 | B0-NOPS | B1-NOPS | B2-NOPS | B3-NOPS |
| | ASUR: Alternative surveillance 항공기 감시시스템 강화 | B0-ASUR | - | - | - |
| | ASEP: Airborne separation 비행중 자가 분리 | B0-ASEP | B1-ASEP | B2-ASEP | - |
| | OPFL: Optimum flight levels 최적 비행고도 이용 | B0-OPFL | - | - | - |
| | ACAS: Airborne collision avoidance systems 공중충돌 경고장치 | B0-ACAS | - | B2-ACAS | - |
| | SNET: Safety nets 비행안전망 | B0-SNET | B1-SNET | | - |
| PIA4 Efficient flight path – through trajectory-based operations | CDO: Continuous descent operations 연속하강 | B0-CDO: | B1-CDO: | B2-CDO: | - |
| | TBO: Trajectory-based operations 궤적기반 항공교통운영체계 | B0-TBO | B1-TBO | | B3-TBO |
| | CCO: Continuous climb operations 항공기 연속상승운항 | B0-CCO | - | - | - |
| | RPAS: Remotely piloted aircraft systems 원격조종항공기 시스템 | - | B1-RPAS | B2-RPAS | B3-RPAS |

3. ASBU AMET(기상정보관리개선)

- 기상정보 관련하여 성능 개선영역 2(PIA2)의 글로벌 상호운용 가능한 시스템 및 데이터에 세부 개선 항목으로 기상정보관리 개선영역(AMET)가 있음.
- AMET는 기상정보 관리 및 적시 제공을 통해 항공기 운항 효율성을 높이고 안전성 확보를 목표로 함
- 기상정보관리개선 영역(AMET)는 시간상으로 B0, B1 및 B2에 포함되어 있으며, B0-AMET, B1-AMET 및 B3-AMET로 구분함

1.2. B0-AMET: 운영 효율과 안전성 향상을 지원하는 기상정보

- B0 단계에서는 아래 기상정보를 이용하여 공역사용, 의사결정 및 항공로 계획에 이용하며, 항공기 장비 레벨에 관계없이 모든 영역과 비행 단계의 모든 항공기 운용과 교통흐름 계획에 적용됨
 - 세계 지역 예측 센터(WAFC),
 - 열대 사이클론 자문 센터(tropical cyclone advisory center, TCAC)
 - 공항경보(Aerodrome Warnings)
 - 윈드시어 경보 (Wind Shear Warnings and Alerts)
 - SIGMET과 기타기상정보 (METAR, TAF, SPECI 등)
- 이 정보를 이용함 주요 편익은 다음과 같음
 - (효율성) 조화롭게 도착/출발하는 항공 교통은 도착 및 출발 홀딩 시간을 단축하여 연료 연소율을 감소
 - (환경) 최적화된 출발 및 도착 프로파일링/스케줄링을 통해 연료 연소율 감소
 - (유연성) 사전 전술적, 전술적 도착 및 출발 시퀀싱 지원 및 동적 항공 교통 스케줄링 지원
 - (상호운용성) 이용 가능한 WAFS, IAVW 및 열대 사이클론 감시 예측 정보에 대한 공통 액세스 및 사용을 통한 게이트 대 게이트의 원활한 작동
 - (참가) 예상(예측) 기상 조건에 기초하여 운용 제약 조건, 기능 및 니즈에 대한 공통 이해
 - (예측성) 예측된 항공 교통 일정과 실제 항공 교통 일정 간의 분산 감소
 - (안전) 상황 인식의 향상과 일관되고 협력적인 의사 결정의 개선
 - (비용) 도착 및 출발 지연 감소(연료 연소율 감소)를 통한 비용 절감

1.3. B1-AMET: 기상정보를 통한 운영 의사결정 강화(계획 및 단기 서비스)

- B1 단계에서는 항공기 운영계획단계부터 운영 시점 20분 전까지(단기 서비스 단계) ATM 의사결정에 기상정보를 활용(ATM-Meteorology)하여 기상의 영향을 최소화하는 계획을 설정하고 운영하는 것을 목표로 함
- 예측 또는 관측된 기상 조건이 일반적으로 비행장, 공역 또는 운용에 영향을 미칠 때 해결책의 신뢰성 있는 식별이 가능하고, 항공기 장비 레벨에 관계없이 모든 영역과 비행 단계의 모든 항공기 운용과 교통흐름 계획에 적용됨
- B1-AME를 이용한 주요 편익은 다음과 같음
 - (용량) 주어진 공역의 기대 용량에 대한 더 정확한 추정 가능
 - (효율성) 사용자가 선호하는 비행 프로파일에서 벗어나는 횡수를 줄임. 동일한 기상 상황에 대한 보정연료 운반 감소와 함께 특정 기상 상황에 대한 ATM 응답의 변동성 및 횡수 감소
 - (환경) 연료 연소율 감소, 접지 유지/지연 작용 감소 및 환경적으로 최적화된 경로 지정으로 인한 배출량 감소
 - (유연성) 사용자는 관측 및 예측 기상 조건을 고려하여 자신의 요구에 가장 적합한 궤적을 선택하는 데 있어 더 큰 유연성을 갖는다.
 - (예측성) 기상학적 제약조건에 대한 보다 일관된 평가를 통해 사용자는 ANSP의 관점에서 수용 가능성이 더 높은 궤적을 계획할 수 있음. 경로 재지정 및 관련 교통 관리 이니셔티브(TMI)의 변동성 감소는 예상할 수 있음
 - (안전) 조종사, AOC 및 ANSP에 의한 상황 인식 향상(위험한 기상 조건의 회피를 통한 안전 강화 포함) 동일한 기상 조건에 대한 보정연료 운반량 감소

1.4. B3-AMET: 기상정보를 통한 운영 의사결정 향상(단기 및 즉시 서비스)

- B3 단계에서는 즉각적인 효과를 가져야 하는 결정의 맥락에서 위험한 기상 조건 앞에서 글로벌 ATM 의사결정을 강화하는 것임. 이 모듈은 B1-AMET에 따라 개발된 초기 정보 통합 개념 및 기능을 기반으로 함
- 이 정보는 주요 특징은 특히 1) 0-20분 시간대의 위험한 기상 조건의 전술적 회피, 2) 기상 매개변수(예: 난류, 바람 및 습도)를 탐지하기 위한 항공기 기반 기능의 활용 3) 상황인식 강화를 위한 기상정보의 표시 등, 정보의 글로벌 교환을 위한 표준 확립을 촉진함
- 이 기상정보는 항공교통흐름 계획, 노선 운영, 터미널 운영(도착/도착) 및 표면에 적용 가능함
- 이 기상정보의 주요 편익은 다음과 같음
 - (용량) 영공에서 위험한 기상 조건의 위치, 범위, 지속시간 및 심각도에 대한

더 나은 정보를 통해 해당 영공의 예상 용량을 더 정확하게 추정할 수 있음.
기상정보와 통합된 고급 의사결정 지원 도구는 기상 상황을 평가하고 가용
공역을 최대한 활용하는 완화 전략을 계획하는 이해관계자를 지원함

- (효율성) 공역에 대한 위험 기상 조건의 위치, 범위, 지속시간 및 심각도에 대한 더 나은 정보를 통해 이용 가능한 용량과 사용자 선호 프로파일의 수용을 개선할 수 있음
- (안전) 조종사와 65)ANSP에 의한 상황 인식 증가는 위험한 기상 조건을 피할 수 있게 한다.

4. 기상정보관리 개선(AMET) 국내 현황

- 항공기상통합정보시스템(AMIS⁶⁶⁾)을 구축하고 항공정보관리(AIM⁶⁷⁾) 체계와 연계하여, 항공기상청과 국토교통부 간 정보공유체계를 구축하여 B0를 일부 이행 중
 - 항공기상청은 항공기상정보를 웹사이트 및 항공고정통신망(AFTN)을 통해 항공사, 운항관계자, 관계기관에 제공하여 항공기의 효율적인 운항을 지원
 - 항공기상청은 항공기상 관측자료와 다양한 예측자료 및 세계공역예보시스템(WAFS) 수신 세계공역예보자료를 바탕으로 항공기 운항에 필요한 항공기상정보를 생산하여 제공
 - 항공관측: 정시관측보고(METAR)/특별관측보고(SPECI)
 - 항공예보: 공항예보, 이륙예보, 착륙예보, 위험기상예보
 - 항공특보: 공항경보, 윈드시어경보, 위험기상정보
 - (R&D 요소) 관제기관이 실제 이용가능한 항공기 이착륙 고도(150m 이하)에서의 기상 예측·분석 기술

65) ANSP: Air Navigation Service Providers

66) AMIS : Aviation Meteorological Integrated information System

67) AIM: Aeronautical Information Management

부록 4. NextGen Weather

1. Nextgen Weather 개요

- 미국 연방항공청(FAA)은 "미국 항공의 안전, 효율성, 용량, 예측 가능성 및 복원력을 높이는 것"을 목표로 미국의 넥스트젠 항공 교통 현대화 프로그램을 추진함
- 안전과 효율은 경쟁적인 목표가 될 수 있지만, 안전상의 이유로 인한 지연은 확실히 일정상 효율을 저해할 수 있음. 그러나 일정을 엄격하게 준수하면 어떤 상황에서는 위험을 증가시킬 수 있음. 안전이 가장 큰 관심사여야 하며, 효율성을 희생하여 주의를 기울여야 함
- 넥스트젠의 목표 중 하나는 이러한 안전과 효율의 균형을 개선하는 것임. 즉, 효율은 높아지 위험은 증가시키지 않는 것임
- 날씨의 안전과 효율성에도 중요한 요소임. FAA에 따르면 폭풍, 눈보라, 윈드시어, 결빙, 안개 등 악천후로 인해 국가 영공 체계에 잠재적으로 위험한 상황이 발생할 수 있음. 이러한 조건들은 단연코 비행 지연의 가장 큰 원인임. 평년에 악천후가 전체 지연의 70%에 육박하는 원인임. 기상 관련 지연으로 항공사와 승객들이 매년 수십억 달러의 손실을 입는다고 함
- FAA는 "NextGen Weather Program은 기상 문제를 다루기 위해 항공에 미치는 날씨 영향을 감소시켜 더 안전하고 효율적이며 예측 가능한 일일 국가공역시스템(NAS) 운영을 가능하게 하기 위한 것"이라고 함. 넥스트젠 기상 프로그램의 목표는 날씨가 문제가 될 때 안전을 향상시키되, 동시에 시간과 장소 면에서 날씨 위험을 더 잘 규정하는 것임. 이렇게 하면 날씨로 인한 지연이 줄어들어 효율성이 향상됨. 구체적으로 FAA는 "비행 중인 일반인은 출발·도착 지연을 줄이고, 항공기 결항과 주유소 수를 줄이며, 전반적인 비행 일정의 신뢰도를 높이는 등 기상 지연을 덜 경험하게 될 것"이라고 함
- 이를 위한 방법은 현재 이용할 수 있는 기술을 활용하고, 더 오래되고 덜 효율적인 시스템을 대체함으로써, 점점 더 정확한 항공기상제품은 거대한 컴퓨팅 파워를 이용하여 개발될 것이다. FAA에 따르면 이들 제품은 현재 많은 제품과 함께 "컨트롤러 및 운영자가 신뢰할 수 있는 비행 계획을 개발하고, 더 나은 결정을 내리고, 정시 성능을 향상할 수 있도록 도와준다"는 목표로 "현대화된 정보 관리 서비스"에 의해 보급될 것이라고 함

2. NextGen Weather 아키텍처

- NextGen 기상 시스템은 국가공역시스템(NAS)에서 구현하도록 설계된 공통

지원 서비스하도록 Weather(CSS-Wx)와 NWP(NextGen Weather Processor)로 구성

- NWP는 항공 기상 처리와 번역된 제품 생성에 초점을 맞추고, CSS-Wx는 사용자를 지원하기 위한 날씨 정보 관리에 초점을 맞춤
- CSS-Wx와 NWP는 함께 데이터를 한 번 수집하고 다양한 가입자에게 대용량 데이터의 맞춤형 서브셋을 제공
- 사용자(소비자들)은 OGC(Open Geospatial Consortium) 표준 형식으로 발행된 그리드 항공 및 비그리드 항공 기상 상품에 가입
- 또한, 항공 기상 제품의 디스플레이를 위한 NAS 사용자 요구사항을 충족하도록 설계된 NWP 항공 기상 디스플레이(Awd) 에서 제품을 볼 수 있음

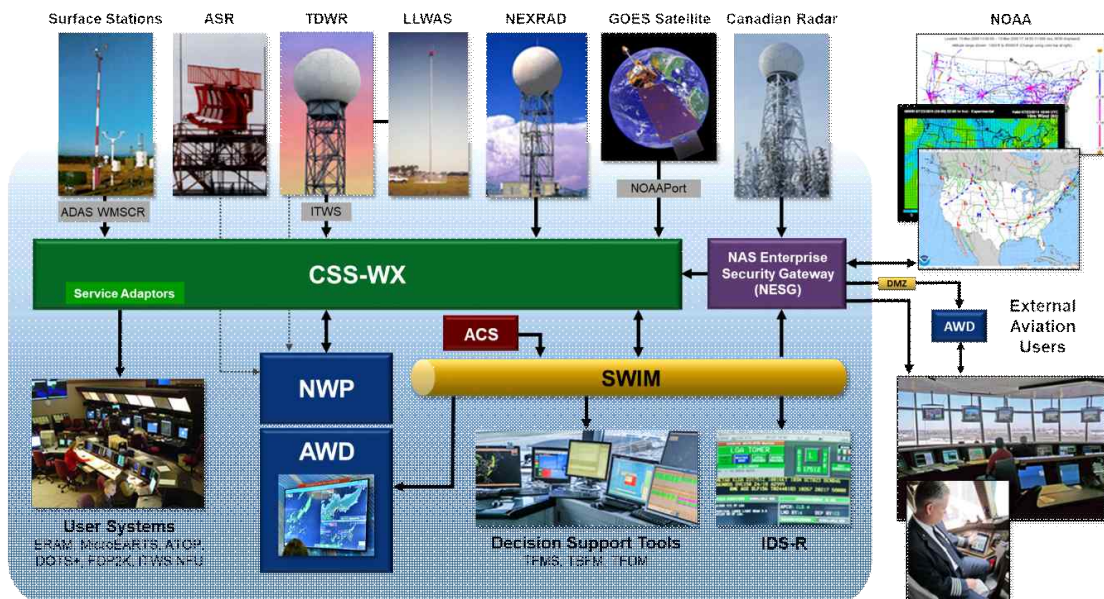


그림 197. NextGen Weather 아키텍처

3. 항공 기상 연구 프로그램

- 미국연방항공청(FAA) 항공기상연구프로그램(AWRP)은 안전성과 효율성을 높이고 날씨가 미국항공시스템(NAS)에 미치는 영향을 최소화하기 위해 응용기상연구를 실시
- 이 연구의 목표는 FAA가 요구하는 서비스의 제공을 개선하고 항공 안전과 효율성을 높이기 위해 미국기상청(NWS)이 새로운 또는 개선된 기상 기능을 진화하는 항공 교통 관리 의사결정 지원 도구 및/또는 통합으로 전환하는 것임
- AWRP 이니셔티브는 관계자 및 NAS 사용자의 특정 날씨 정보 요구 충족, 시선

중심 운영으로 날씨 관련 안전 및 효율성 문제 완화, 기상 관련 요구를 충족하기 위한 레거시 기능에 필요한 날씨 정보, 종종 NWS와 협력 등이 포함됨

○ AWRP 연구 영역은 다음과 같음

- 터블런스
- 인플라이트 아이싱
- 화려한 날씨
- 세일링 및 가시성(C&V)
- 고급 기상 레이더 기술

○ FAA는 NOAA NWS 항공 기상 센터 웹 포털을 통해 NWS와 협력하여 AWRP가 후원하는 예측 제품을 포함한 첨단 기상 제품 및 비행 계획 도구에 빠르고 신뢰할 수 있는 접근을 제공하고 있음. 이 웹 포털에서는 조종사, 운항관리자, 비행서비스역 브리핑자를 포함한 광범위한 사용자 커뮤니티가 매일 1,000만 명 이상의 조회수를 기록하고 있음

○ 미국의 겨울은 비가 얼어붙고, 이슬비가 내리고, 진눈깨비가 내리는 등 항공 산업에 가장 위험한 날씨를 만들어 낼 수 있음. 2019년 겨울 FAA는 FAA 아이싱 연구를 지원하기 위해 유해 항공기 환경에서 광범위한 데이터를 수집하는 현장 캠페인 'In-Cloud Icing and Large-drop 실험(ICILE)'을 후원하고 이끌었음. ICILE 캠페인은 캐나다 환경 및 기후 변화, 캐나다 국립 연구 위원회의 과학자와 엔지니어들과 협력하여 일리노이주와 인근 주들의 날씨를 목표로 삼음. ICILE 캠페인의 데이터는 항공 사용자가 터미널 및 경로 환경 모두에서 NAS의 안전한 작동을 위해 직면할 수 있는 아이싱 조건의 식별을 위한 아이싱 기상 도구를 개발하고 검증하는 데 도움이 될 것임



Ice accumulation on NRC Convair-580 after project flight sampling (Photo Credit: NCAR).

그림 198. NRC Convair-580에 얼음 축적

(사진 크레딧: NCAR)

4. 공통 지원 서비스-날씨 (CSS-Wx)

- CSS-Wx는 SWIM를 통한 표준기반 날씨 배포를 사용하여 National Aircination System(NAS) 내에서 날씨 데이터, 제품 및 이미지를 제공하는 단일 제공업체로, CSS-Wx는 NOAA와 FAA NWP 기상 제품을 항공 교통 의사결정 지원 도구에 통합하여 트라브의 품질을 개선함
- FFIC 관리 결정 및 혹독한 날씨 동안 컨트롤러 워크로드 감소 제품은 국제적으로 공인된 데이터 액세스 및 데이터 형식 표준을 사용하여 날씨용 공통 웹 서비스 세트를 통해 제공됨

1.1. CSS-Wx를 통한 개선사항

- 일관된 날씨 정보 제공
 - 광범위하게 채택된 지리적 표준화된 형식의 날씨 데이터셋 제공
 - 전 세계, 국가 및 기관 간 데이터 교환 간소화
- NAS 날씨 액세스 향상
 - 공통 기상정보의 가용성 향상
 - 소비자 디스플레이에 이미지 맵 렌더링 제공
- 인터페이스 개발 비용 절감
 - 맞춤형 포인트 투 포인트 인터페이스 제거
 - 제품을 NAS 레거시 형식으로 변환
 - 스토어 및 아카이브 항공 날씨 데이터 세트
- 인프라/대역폭 비용 절감
 - 날씨 정보를 필터링하여 사용자별 하위 세트 제공
 - SWIM와의 파트너로 전사적 대역폭 효율성 달성
 - 호스트 알고리즘 기능을 제공하여 맞춤형 제품 생성 및 디스플레이 지원

1.2. CSS-Wx 제품 분류

- NOAA와 FAA NextGen Weather Processor(NWP)의 제품은 다양한 FAA 시스템의 소비를 위해 CSS-Wx(Common Support Services-Weather)가 처리함.
- 아래 목록은 각 출처에서 얻은 제품의 범주를 보여주며, 각 제품의 몇 가지 예를 제공함. CSS-Wx 내외의 모든 제품은 개방형 지리공간 컨소시엄 표준에 따라 포맷. CSS-Wx는 아직 표준화된 형식을 수집할 수 없는 시스템을 위한 서비스

어댑터를 제공함.

- NOAA 날씨 제품
 - 수리적 예측 모델 - RAP(Rapid Refresh Model), 고해상도 RAPR (High-Resolution Rapid Refresh Model), 단거리 앙상블 예측 모델(SREF), 북미 메소카일 모델(NAM) 등
 - 방파예측 - 난류, 결빙 등
 - 영숫자 제품 - 기상 항공 보고서(METAR), 프론츠, 터미널 비행장 예측 (TAF), 파일럿 보고서 등
 - 이미지 - 광 위성 등
- NWP 날씨 제품
 - 모자이크 제품 - 강수량, 에코탑, 위성 등
 - 분석 제품 - 토네이도, 터미널 바람, 성장 및 붕괴 추세 등
 - 예측 제품 - 8시간 강수량, 단계, 신뢰도, 2시간 전선 등
 - 번역 제품 - 8시간 대류성 기후 회피 필드 등

1.1. 5.4.2 CSS-Wx 제품 분류

- CSS-Wx(Common Support Services-Weather)는 일련의 공통 지원 서비스와 국제표준기구(ISO) 및 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 광범위하게 채택된 데이터 액세스 및 포맷 표준을 통해 날씨 데이터를 액세스할 수 있도록 한다. 이 서비스는 시간 의존적이고 지리적 기준의 날씨 정보를 전달하기 위한 성숙한 기반을 제공
- 웹 커버리지 서비스 (WCS)
 - NetCDF4 형식의 격자형 기상 제품 분리
 - 기상 레이더 및 위성 모자이크, 상층 바람, 결빙 및 난류 예보 등과 같은 대규모 그리드 데이터 세트를 필터링하고 변환한다.
- 웹 기능 서비스 (WFS)
 - ICAO 날씨 정보 교환 모델(IWXM) 및 미국 날씨 교환(USWX) XML 형식의 비그리드 날씨 제품 분리
 - 번개, 폭풍 셀 정보, 터미널 비행장 예측 등 비그리드 데이터 세트 필터링 및 변환
- 웹지도 서비스 (WMS):기상 제품 이미지를 다양한 형식(예: JPEG, PNG, GIF)으로 구분
 - 디지털 날씨 데이터를 하나의 큰 이미지로 렌더링
 - 현대화된 디스플레이 및 모바일 애플리케이션을 통한 날씨 제품 소비 촉진

- 여러 도메인에서 정보의 지리적 오버레이 수행

5. NextGen 날씨 프로세서 (NWP)

- 완전 자동화된 NWP(NextGen Weather Processor)는 항공 안전 위험을 식별하고, 최대 8시간 전에 경로 막힘과 공역 용량 제약을 예측하는 데 필요한 번역된 날씨 정보를 제공
- NWP는 기상 레이더, 환경 위성, 번개, 기상 관측(표면 관측소와 항공기) 및 NOAA 수치 예측 모델 출력 정보를 결합하여 모든 FAA 사용자와 National Airland System(NAS) 이해관계자를 위한 개선된 제품을 생산함
- NWP의 새로운 최첨단 번역 제품은 항공 교통 관리자들이 공동으로 영공의 더 효율적인 전략 및 전술적 사용을 달성하고 날씨와 관련된 항공 교통 지연을 현저하게 줄일 수 있도록 해줌
- NWP는 또한 항공 날씨 디스플레이(Aviation Weather Display, AWD)를 포함하고 있어, 항로 및 터미널 사용자에게 일관된 날씨 정보를 제공함
- NWP를 통한 개선사항은 다음과 같음
 - 특정 항공 요건에 맞춘 시기적절한 분석 및 단기 예측 요소를 통해 일관된 날씨 사진을 제공함
 - 기상도를 신뢰할 수 있는 공역 제약으로 변환하여 항공 교통 의사결정으로 통합
 - 모든 종류의 날씨와 계절에 걸쳐 안전하고 시기적절하며 효율적인 국가공역시스템(NAS) 운영 가능
 - 중복 기능을 갖춘 여러 FAA 기상 프로그램을 단일 NextGen 기상 시스템으로 통합

1.3. AWD(Aviation Weather Display)

- 국가공역시스템(NAS)의 의사결정자는 효율적이고 안전한 항공 교통 운항을 보장하기 위해 날씨 정보를 명확하고 일관성 있게 제시할 것을 요구함
- 현재 환경에서 WARP(Weather and Radar Processor)와 CAWS(Corridor Integrated Weather System)의 날씨 디스플레이는 명목상 동일한 제품을 표시할 때도 서로 다른 정보를 나타냄
- 일부 날씨 제품은 운영 의사결정 지원 도구와 효과적으로 통합되어 있지만, 사용자는 여전히 날씨 전용 디스플레이가 필요함
- NWP(NextGen Weather Processor)의 일부인 AWD(Aviation Weather

Display)는 오늘날의 WARP와 CIWS 디스플레이를 통합하였으며, 항로 및 터미널 사용자를 위해 일관된 날씨 정보를 제공하며, NWP 및 NOAA의 날씨 제품도 포함

○ AWD로 개선된 점

- 기존 날씨 디스플레이 기능 통합
- 새로운 날씨 디스플레이 아키텍처 구축
- 지리정보시스템으로 설계되어 정보 계층화
- 내부 및 외부 웹 브라우저 액세스 포함
- 장거리 및 TRACON 그래픽 뷰 지원
- NWS Icing & Irgress 제품 및 FAA 레이더 모자이크와의 통합
- NextGen Weather의 향상된 기능을 위한 디스플레이 제공

1.4. NWP 제품

○ NWP(NextGen Weather Processor) 제품은 크게 다음 범주로 나누어짐

- 192Mosaic 제품은 여러 데이터 출처의 유사한 제품을 결합
- 분석 제품은 현재 기상 상태를 나타내는 제품을 생성하기 위해 과거 및 현재 데이터를 사용하여 알고리즘을 구현
- 예측 제품들은 NOAA 수치 기상 예측뿐만 아니라 과거 및 현재 제품을 사용하는 알고리즘을 구현하여 미래 비행 영향 조건을 예측하는 제품을 생성

○ 모자이크 제품

- 항공 교통 관제사들은 비행사가 공중에서 마주치는 날씨와 스크에서 보는 날씨가 일치한다고 확신해야 함



그림 199. NWP 제품 - 모자이크 제품

- NWP의 레이더 볼륨 제품은 빠르게 업데이트되며, 멀티레이더 모사틱은 시간 동기화되며, 처음으로 관제사의 스크프는 항상 정확한 위치에 왜곡 없이

폭풍을 보여줄 것임

- 인접한 미국(CONUS) 외에도, NWP의 확장 커버리지 도메인(CONUS+)은 캐나다와 푸에르토리코에서 레이더로 커버되는 지역을 포함한다. 알래스카, 하와이, 괌의 도메인도 포함되어 있음

○ 분석 제품

- 주로 도플러 레이더 데이터를 기반으로 하는 NWP의 항공전용 분석 제품은 조종사, 관제사, 교통 흐름 관리자에게 매우 중요함. 터미널 안전 제품은 마이크로버스트 및 돌풍 전선과 같은 위험원을 감지하고 활주로별로 구성된 윈드 전단 경보를 제공함. NWP Growth Trends 제품은 폭풍의 강도가 여전히 약할 수 있지만 빠르게 증가하는 대류를 강조한다. 지표면에서 최대 18,000피트까지 바람의 격자와 프로파일은 주요 터미널 지역에서 매 5분마다 업데이트됨



그림 200. NWP 제품 - 분석 제품

○ 예측 제품

- 항공 사용자들은 과거의 레이더 탐지 루프를 미래로 확장하는 것처럼 보이는 "레이더 포워드" 예측 제품을 요청했음. NWP는 강수량과 에코 탐에 대해 모두 8시간까지 이 "레이더-포워드" 룩을 생성함
- 정확도 점수는 리드타임 0-2시간, 신뢰도 측정기준은 리드타임 8시간까지 제공된다. 이러한 지표는 사용자가 트래픽 관리 이니셔티브를 개발하기 위한 폭풍우 가능성 및 전략을 측정하는 데 도움이 되며, . 아이싱, 난기류, 전선 등 국립기상청 패스스루 제품도 통합해 전시됨



그림 201. NWP 제품 - 예측 제품

○ 번역 제품(Translation Products)

- NWP 레이더 모자이크와 예측 제품은 고도에 의존하는 공역 영향 영역으로 번역되며, 대류성 기상 회피 영역이라 불리는 조종사 편차 우도의 정량적 확률 평가도 있음. 이 고해상도 정보는 정확히 최대 8시간 전에 경로 막힘과 공역 용량 영향을 예측하는 데 필요한 것임. 대류성 기후 회피 폴리곤은 디스플레이를 위한 플라이 노 플라이 존(fly-no fly zone)을 제공하며, 기본적으로 흐름 제한 구역에 대한 8시간의 예측을 제공함

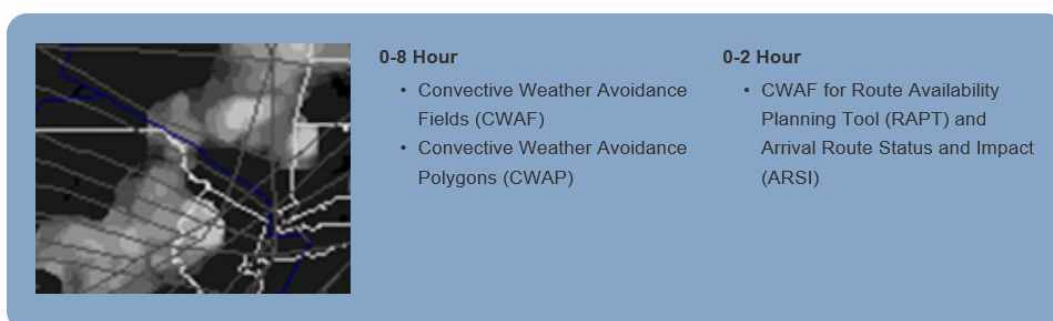


그림 202. NWP 제품 - 번역 제품

6. 5.6 조종실의 기상 기술

- 콕핏의 기상 기술(WTIC) 프로그램은 FAA 기상연구 프로그램으로, 조종석 기상 정보 및 그 렌더링, 조종사 기상 훈련, 조종석 기상 기술을 표준, 지침 문서, 훈련 자료 및 기술 이전으로 통합하기 위한 최소 기상서비스 권장 사항을 개발하는 프로그램임
- WTIC 프로그램은 다음과 같은 개선 방법을 연구
 - 기상정보 및 렌더링 기능 향상
 - Cockpit 기상정보 및 기술의 이해와 해석 능력 향상
 - 기상정보교육

- 정보 및 기술의 콕핏 날씨 관련 격차를 해소하여 효율성과 안전성을 높임



그림 203. Cockpit Simulation Center에서 Beech 350 시뮬레이터 조종

- WTIC 연구에 의해 개발된 권고안은 파트 91 및 파트 121/135 항공기에 대한 WTIC 프로그램에서 "최소 기상서비스"로 언급됨
- WTIC 프로그램은 조종석에서 이용할 수 있는 기상정보의 품질(정확성, 지연시간, 공간해상도 등), 기상정보의 제시나 통합 방식, 부족하거나 누락된 정보는 무엇인지 등을 조사함. 악천후 유형에는 대류, 낮은 천장 및 가시성, 결빙 및 난류가 포함됨
- WTIC 연구는 정보 부족을 해결하고 잠재적으로 발생할 수 있는 상황에 앞서 파일럿 기상 결정을 개선하기 위해 FAR Parts 91(일반 항공 항공기), 121(상업 항공기) 및 135(사업용 항공기)에 대한 최소 기상 서비스(MinWxSvc) 권고 세트를 개발하고 검증함

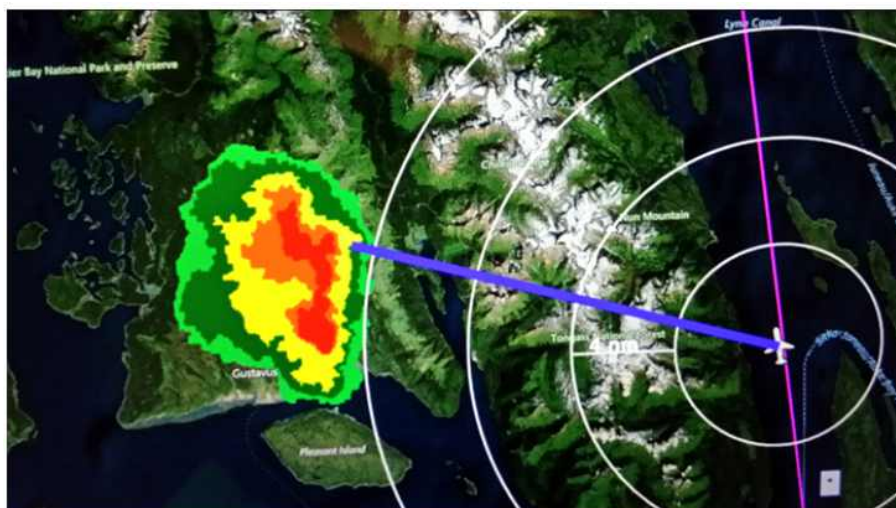
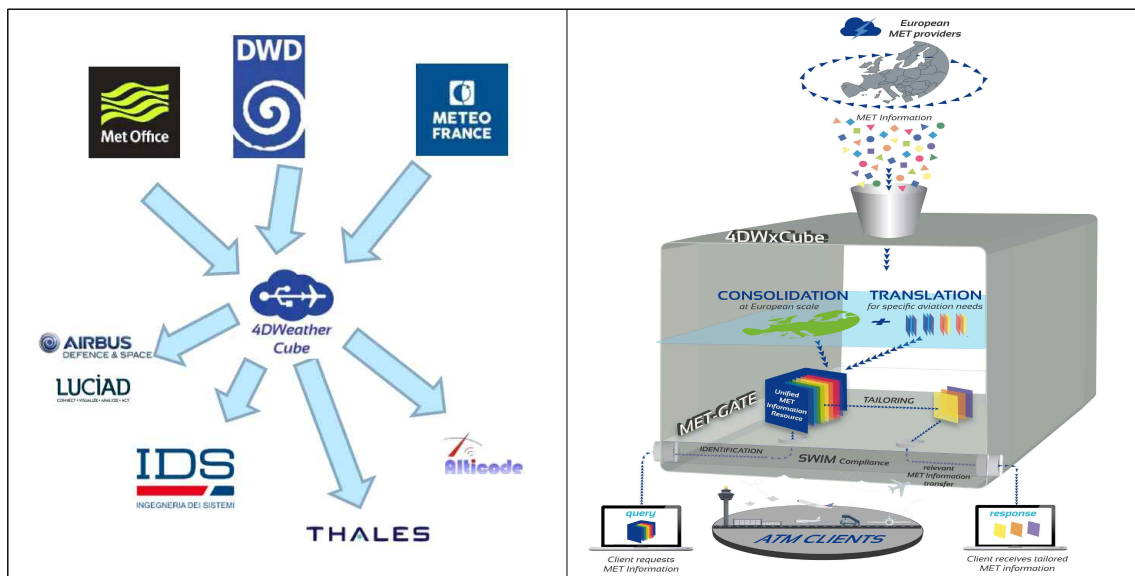


그림 204. WTIC 프로그램의 액티브 리마인더 기술로부터 디스플레이

부록 5. SESAR Weather Cube

1. 개요

- 단일 유럽 스카이ATM 연구반(SESAR WP11.2, EIG EUMETNET의 회원국)에 소개됨
- 4DWeatherCube MET-GATE는 항공을 위한 새로운 세대의 기상 관측 및 예측 시스템



1. 정의 및 주요 기능

- 4DWXCube : MET 서비스 제공업체들이 생산한 항공 기상정보의 가상 저장소 (virtual repository)로써, SWIM 규격인MET-GATE를 통해ATM 이해관계자들이 이용할 수 있도록 함

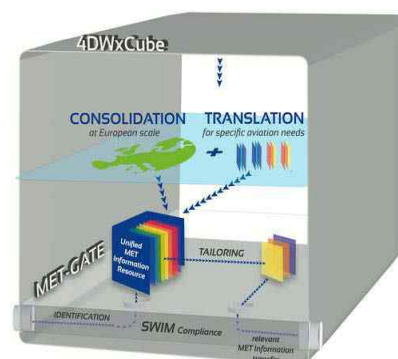


그림 205. SESAR 4DWXCube

- Consolidation : 각 지역의 수집된 정보를 기반으로 유럽 전체 기상 요소를 통합하는 것(예: 독일지역의대류 정보와 프랑스지역의 대류 정보 통합)
- Translation : 기존 기상요소 Raw 정보 대신 ATM에서 사용하는 정보로 변환하여 제공하는 것(예: 물리적인 단위가 아닌 몇 가지의 레벨로 변환)



그림 206. SESAR Consolidation & Translation

- MET-GATE : ATM 이해관계자들이 MET-ATM SWIM 서비스를 통해, 다양한 통합·변환된 기상정보를 사용할 수 있도록 하는 윈스톱 슱 시스템으로 기존의 MET 메시지(METAR, TAF, SIGMET)와 대류, 착빙 등과 같은 항공 관련 nowcast 및 forecast 자료, 바람 관측 및 예보, 공항 MET 관측 및 예측, 강수·번개정보등이 제공되고 있으며, 유럽지역의 MET 정보에 대한 일관성, 신뢰성, 높은 수준의 성능, 다양한 스마트 기능 등을 제공할 수 있음

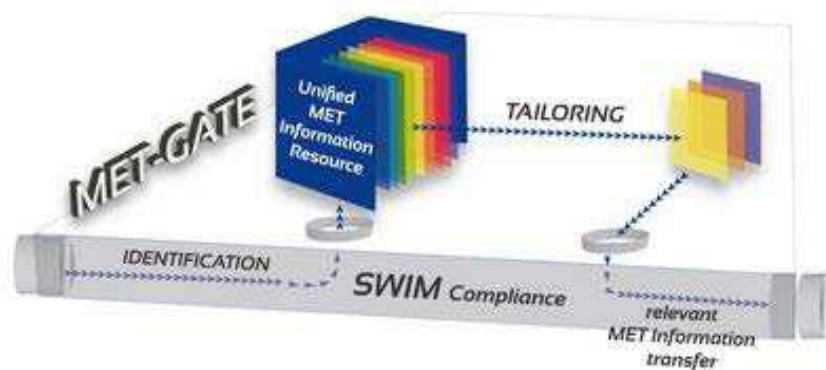


그림 207. SESAR MET-GATE

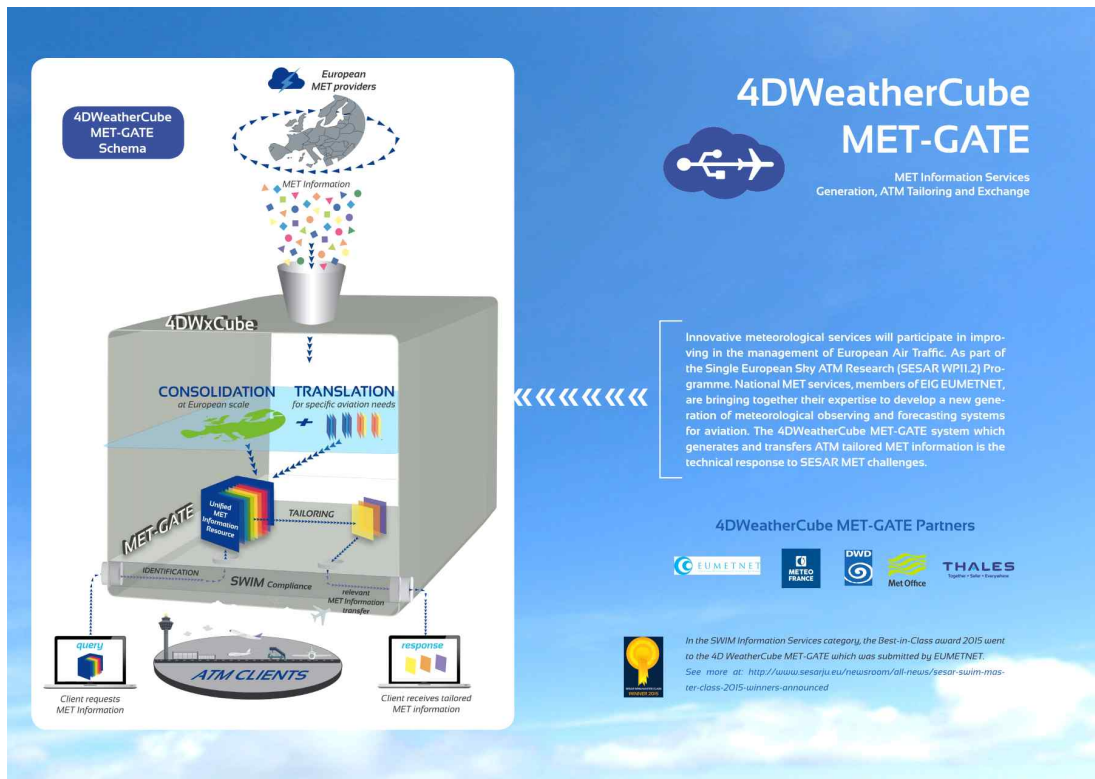


그림 208. 유럽 SESAR 4D Weather Cube MET-GATE 컨셉

4DWeatherCube MET-GATE

What is the 4DwxCube and its outline?

The 4DwxCube is the technical response to the MET challenges in SESAR. It's a virtual repository of shared consistent aeronautical meteorological information, produced by multiple MET Service Providers and made available to ATM stakeholders via its SWIM compliant MET-GATE.

The 4DwxCube is a system of systems made of:

- > Functional blocks performing MET "Consolidation & Translation"
- > The MET-GATE system

What does "Translation & Consolidation" mean?

The MET-GATE accesses information from "Consolidation & Translation" MET-ATM Information Functional Blocks. Functions of "Consolidation & Translation" ensure that MET information provided to the ATM stakeholders is:

- > Reliable
 - Coming from authorised providers (NMSs)
 - With managed uncertainty of MET forecast
 - The one with highest performance scores
- > Based on latest science
- > Common, harmonised, consistent & seamless
- > Translated for specific aviation needs

What is the MET-GATE?

The MET-GATE is the one stop shop for MET information. It accesses consolidated and translated MET information, performs the relevant data collection, selects and provides fit-for-purpose MET information for ATM stakeholders through MET-ATM SWIM services.

What are the 4 facets of the MET-GATE ?

- > Ensuring consistency among Europe by guaranteeing the same view sharing of the observed and forecasted MET situation
- > Ensuring the SWIM compliance in term of SWIM data model AIRM, SWIM service model ISRM, SWIM technical infrastructure
- > A unique access portal which guarantees the reliability of MET information supply and a high level of performance crucial for ATM Services
- > Providing Smart Functionalities such as:
 - Build a collection of MET information according to a time-related criterion, a geographical criterion (cross section, vertical profile, 4D trajectory) and/or a list of physical parameters (wind direction, temperature...)
 - Extract a contour from gridded data (isoline)
 - Provide alarm when a parameter exceeds a threshold
 - Convert data format

What are the MET-ATM SWIM services defined so far?

- > Aeronautical MET messages : METAR, TAF and SIGMET
- > Nowcast and forecast of MET Hazards such as convection, CAT, icing or winter conditions
- > Wind observation and forecast
- > Advanced airport MET observation and forecast
- > Precipitation and lightning information

MET-ATM SWIM services are defined according to a virtuous circle between the MET and ATM communities.

What are the objectives of the MET-GATE prototype ?

- > Verify the technical feasibility of the system
- > Participate to validation and demonstration exercises (e.g SESAR TOPLINK demonstration project)
 - The MET-GATE prototype can be slightly adapted to each validation exercise
 - Some functions can be built «to measure» to fulfil exercise requirements
 - During the exercise period, the MET-GATE prototype will most likely be running on a Météo-France server and will be fed by MET information coming from numerous National MET Services (NMSs)
 - For local validation exercises, the MET-GATE prototype could be installed on a local platform
 - ATM clients can receive the required MET information by requesting MET-GATE prototype services

Contacts:
 METEO FRANCE, Kamel Rebai, kamel.rebai@meteo.fr
 EUMETNET, Rosalind Lapsley, rosalind.lapsley@eumetnet.eu
 MET-GATE FAQ: <http://publicwilti.meteo.fr/confluence/x/E48r>

그림 209. 유럽 SESAR 4D Weather Cube MET-GATE 요약 설명

부록 6. (White Paper) The 4-D Weather Data Cube Version 2.0 NextGen Network Enabled Weather Program

April 3 2009

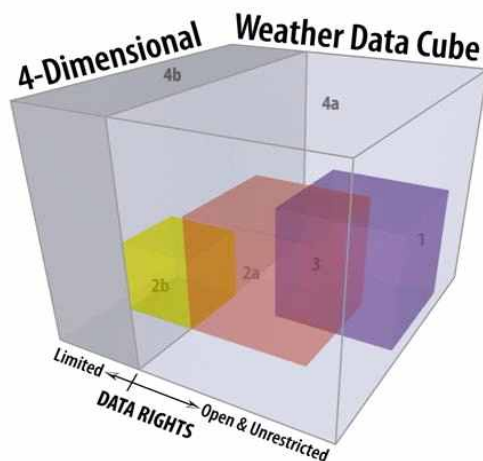
1. Virtual Data Cube Concept

NextGen 4-D Weather Data Cube (이하 Data Cube)는, JPDO (Joint Planning and Development Office)의 Weather Policy Study Team에 의해 정의된 바에 따르면, 공유 가능하고 (shared) 4개의 차원 (3개의 공간 차원 (spatial dimension)과 1개의 시간 차원 (temporal dimension))으로 구성되며, 여러 데이터 공급자 (suppliers) 및 물리적으로 분산된 위치에 있는 데이터 저장소들을 논리적으로 통합된 하나의 데이터베이스처럼 보이게 한다.

Data Cube의 중요 개념은 “4 dimensional weather Single Authoritative Source (SAS)”로서 이는 관측 데이터, 이에 대한 interpolate된 조건 및 예측 조건 등을 포함하는 지리 시간 참조형 기상 데이터 (geo- and time-referenced weather data)에 대해 네트워크 및 기계 자동 인식 (network-enabled and machine-readable) 가능하며 일관성 있고 공통된 뷰 제공을 통해 항공교통관리 (ATM ATM (Air Traffic Management) 항공 교통 관리)에서의 의사결정 지원을 목적으로 한다.

1.1 NextGen 4-D Wx Data Cube 도메인

Data Cube에서 다루는 기상 데이터는 성격에 따라 아래와 같이 몇 개의 도메인으로 구성된다.



4-D Weather Data Cube Domains

Domain 1: Weather information used by the operator of the NAS for air traffic management decisions in the civil-use airspace portion of the NAS. The data information contained in this domain has open and unrestricted data rights.

Domain 2a: Weather information approved for pilots and dispatchers to use in making operational decisions that meet regulatory requirements. The information contained in this domain has open and unrestricted data rights.

Domain 2b: Weather information approved for pilots and dispatchers to use in making operational decisions that meet regulatory requirements. The information contained in this domain has limited data rights.

Domain 3: Any weather information that meets both of the functional descriptions in 1 and 2a above.

Domain 4a: All other weather information used by any NAS participants that has open and unrestricted data rights.

Domain 4b: All other weather information used by any NAS participants that has limited data rights.

그림 210. 4-D Weather Data Cube의 도메인

도메인 1: NAS⁶⁸⁾ 오퍼레이터가 NAS 내의 민간 항공 영역 상에서의 ATM 관련

68) NAS (National Airspace System)는 미국의 영공(airspace), 항공 관제 시설 (navigation facilities) 및 공항 시설에 대해 관련된 정보(information), 서비스, 법규(rules), 규제

의사결정 시 사용하는 기상 데이터. 이 도메인에 속하는 데이터는 모든 사용자에게 개방된 제한없는 사용 권리를 제공한다. (이 도메인 내의 데이터는 SAS에 해당됨)

도메인 2a: 항공 규제에 적합하며 조종사 및 운항관리자 (flight dispatcher)을 위해 승인된 기상 데이터로서 의사 결정에 사용되는 데이터. 이 도메인에 속하는 데이터는 사용자에게 개방된 제한없는 사용 권리를 제공한다.

도메인 2b: 항공 규제에 적합하며 조종사 및 운항관리자 (flight dispatcher)을 위해 승인된 기상 데이터로서 의사 결정에 사용되는 데이터. 이 도메인에 속하는 데이터는 사용 권리가 제한된다.

도메인 3: 도메인 1과 도메인 2a에 모두 속하는 기상 데이터

도메인 4a: 무제한의 데이터 사용 권리를 가진 NAS 구성원이 사용하는 기상 데이터

도메인 4b: 제한된 데이터 사용 권리를 가진 NAS 구성원이 사용하는 기상 데이터

SAS는 도메인 1에 해당하는 것으로 Data Cube에 접근 권한을 가진 모든 사용자에게 자유롭게 활용될 수 있다. 즉, SAS는 ATM 운영에 있어 항공 관제사 (controllers), 항로 운영 관리 센터 (flight operation centers), 조종사가 협동하여 항공 운항에 대한 의사 결정을 할 수 있도록 사용된다.

따라서, SAS에 포함된 데이터는 기상 현상 (관측 및 예보)에 대한 정보의 제공에 있어 모든 사용자에게 동일한 정확도와 강도 및 동일한 시간에 대해 동일한 해석이 가능하도록 일관성을 가진다.

도메인 2b와 도메인 4b는 허가된 사용자만이 접근 사용 가능한 독점적 기상 데이터에 해당되며, 이를 제외한 모든 도메인은 접근 사용에 있어 제한이 없다.

1.2 Data Cube Access

Data Cube를 구성하는 데이터는 gridded data와 non-gridded data로 구분되며, gridded data는 METAR, TAF, PIREP, 전선 경계 (frontal boundaries) 등이며, non-gridded data는 기상 현상에 대해 2차원 또는 3차원 그리드로 표현된 데이터로서 이는 Data Cube의 대부분을 차지한다.

데이터셋에 따라 다를 수는 있지만, 그리드는 다양한 해상도가 중첩된 형태가 될 수 있음. 예를 들면, 저층 바람 (low-level winds)에 대한 dataset가 terminal area⁶⁹⁾의 바깥 쪽 보다 critical terminal area에 대해서는 높은 해상도를 가질 수 있다.

(regulations), 정책(policies), 절차(procedures), 인력(personnel) 및 장비(equipment) 등의 집합체를 총칭하는 개념

69) Terminal Area. A general term used to describe airspace in which approach control service or airport traffic control service is provided

그림 182는 예를 들어, 시카고 국제공항 (ORD: Chicago O'Hare International Airport)이라는 그리드 포인트는 다양한 기상 파라미터를 포함하고 있는데, 각 기상 파라미터들은 서로 다른 데이터 소스에 분산되어 있음을 보여 준다. 즉, 동일한 그리드 포인트에 대한 데이터가 서로 다른 데이터 소스에 저장되어 있을 수 있다.

하나의 특정 그리드 포인트 또는 다수의 그리드 포인트에 대해 데이터를 쿼리하는 경우, 각 그리드 포인트가 속해 있는 도메인으로부터 결과 데이터가 반환된다.

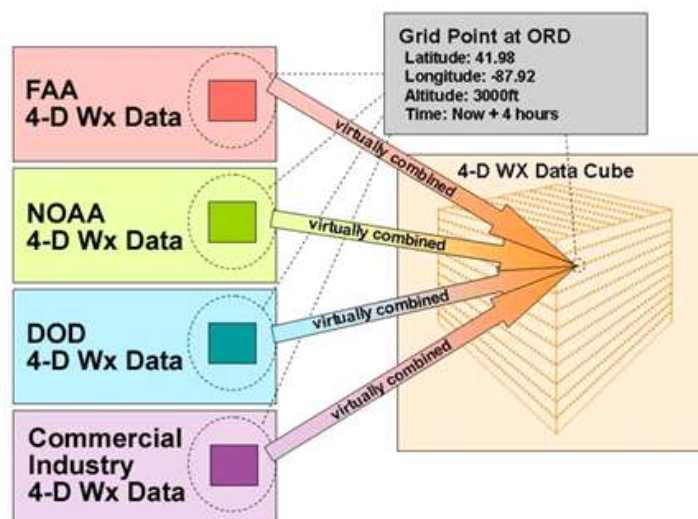


그림 211. 4-D Data Cube 상의 그리드 포인트에 대한 데이터 소스

2. 4-D Data Cube Architecture

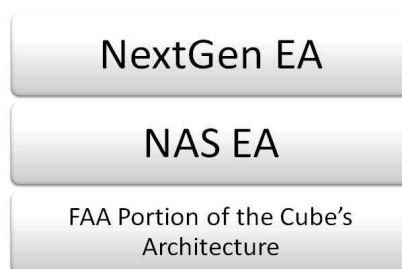


그림 212. NextGen EA, NAS EA, Cube Architecture의 계층 관계

FAA의 4-D Wx Data Cube Architecture는 NAS EA⁷⁰⁾ (Enterprise Architecture)에

70) EA (Enterprise Architecture)란, 기관에서 정보화를 체계적으로 추진 하기 위해 업무, 데이터, 응용 서비스, 정보 기술 등 정보화 구성 요소 및 이들 간의 상호 관계를 미리 정해 놓은 정보화 종합 설계도를 말함

포함되며, 이는 다시 NextGen EA에 포함되어 있는 계층 구조를 가진다.

NextGen EA는 NextGen Vision에 부합하는 상위 레벨 아키텍처의 디자인을 제시하며, NextGen의 각 기관들의 시스템 아키텍처가 디자인과 잘 통합하도록 보장하고, 이를 위해 각 기관 간의 조정이 이루어지도록 한다.

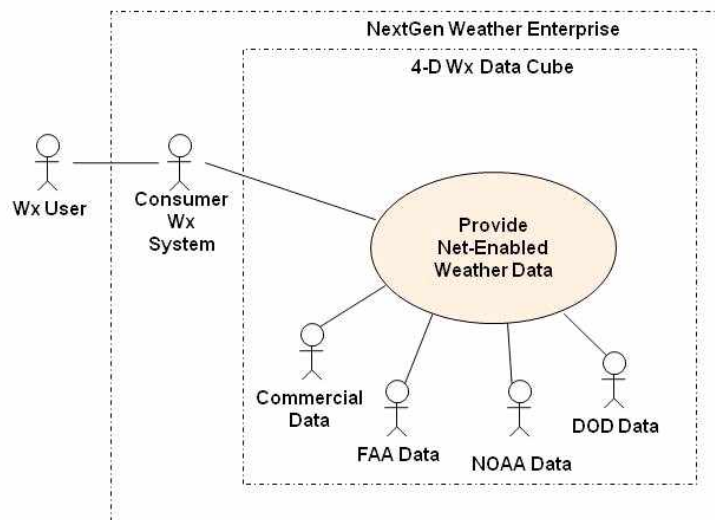


그림 213. NextGen Weather Enterprise를 단순화한 UML 다이어그램

그림 184에서 NWE (NextGen Weather Enterprise)는 NextGen 내의 기상 도메인만을 지칭한다.

그림 184는 다수의 기상 데이터 소스 (FAA, NOAA, DoD, Commercial Data)와 'Provide Net-Enabled Weather Data'를 포함하는 4-D Data Cube, 이를 모두 포함하는 NextGen과 NextGen EA 사용자 및 일반 사용자와의 관계를 보여준다.

2.1 4-D Data Cube Framework

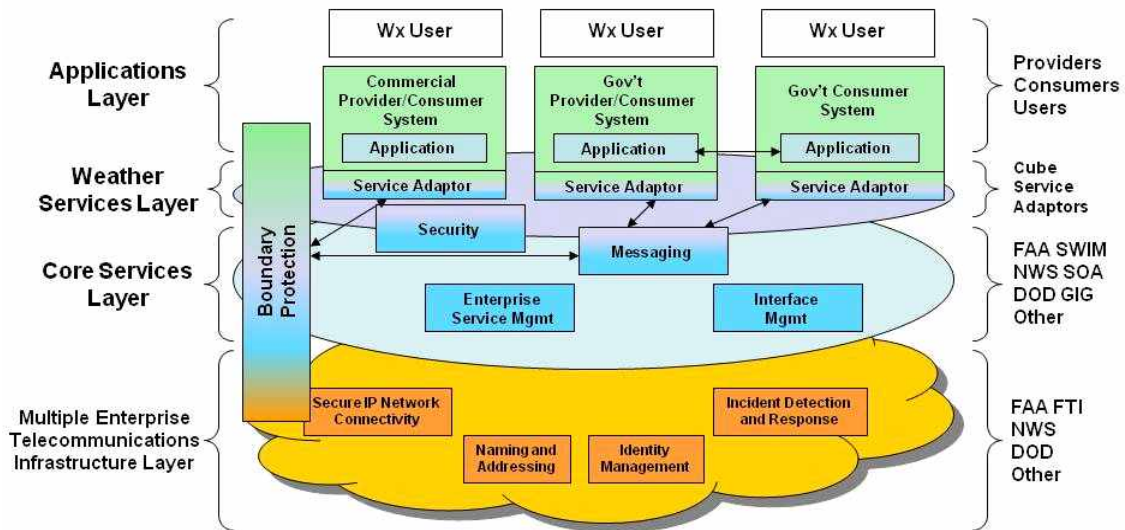


그림 214. 4-D Wx Data Cube Framework

4-D Data Cube는 여러 기관의 네트워크 (enterprise network)에 걸쳐 있으며, SOA⁷¹⁾ 패러다임을 기반으로한 multi-layered architecture 형태를 가진다.

4-D Data Cube 프레임워크는 4개의 레이어, Application Layer, Weather Services Layer, Core Services Layer, METI (Multiple Enterprise Telecommunications Infrastructure Layer)로 구성된다.

METI Layer는 물리적인 네트워킹 및 통신 기능 및 모니터링 기능을 Core Services Layer에게 제공한다.

Weather Services Layer는 Core Services Layer를 기반으로 구성되며 Application Layer 상의 데이터 공급자 및 사용자에 대한 연결 및 접속 기능을 위한 Infrastructure를 제공한다.

71) SOA, Service Oriented Architecture

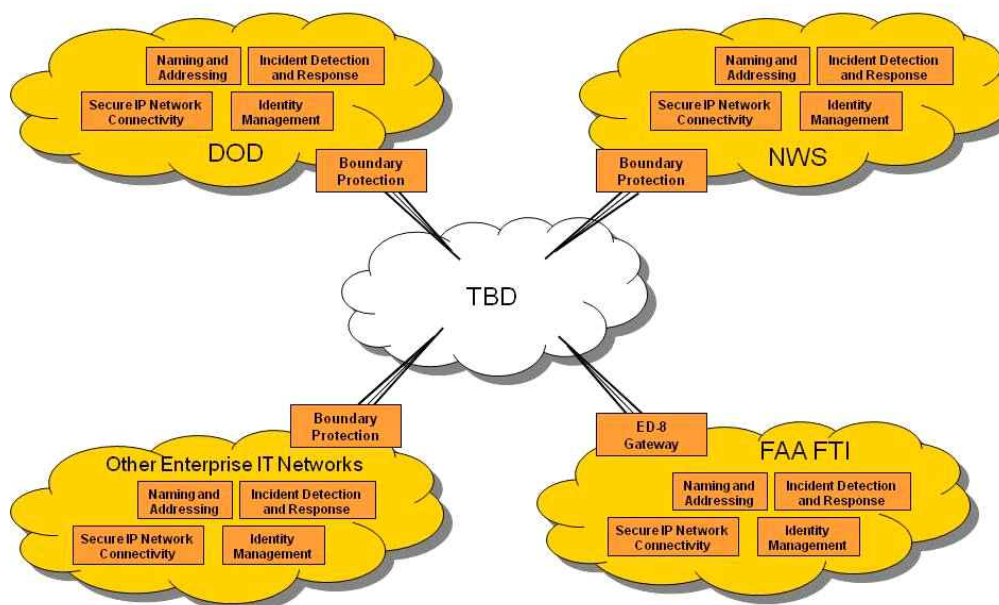


그림 215. Multiple Enterprise Networks forming the METI Layer

2.2 METI Layer

METI Layer는 물리적인 네트워킹 및 통신 기능 및 모니터링 기능을 Core Services Layer에게 제공한다.

Data Cube에 대한 기본적인 통신 서비스, IP network connectivity, naming and addressing, incident detection and response, identity management 등의 기능은 각각의 기관이 속한 각자의 전사 네트워크를 통해 제공된다.

FTI (FAA Telecommunications Infrastructure)는 FAA에 속한 기관 및 시설들을 연결하는 물리적인 통신 네트워크로서, 이를 통해 mission critical 및 operational critical 업무를 수행하는데 필요한 데이터가 NAS에게 제공된다.

FAA Data Cube는 데이터 전송을 위한 기반 백본으로 FTI의 IP network를 사용하는데, FAA의 보안 정책에 의해 non-NAS 시스템이 직접 Data Cube에 접속하는 것을 허용하지 않기 때문에 네트워크 경계 보호(boundary protection)를 위해 ED-8 게이트웨이를 사용하여 NAS와 non-NAS 시스템 간의 트래픽을 제어한다.

FAA 보안 정책에 위배되지 않으면서 NAS 외부 시스템들이 Data Cube에 직접 접속 없이도 중단없는 접근성을 제공하기 위해 Service Delivery Points, Intranet Access Points, Dedicated Telecom Services 등과 같은 경계 보호 기능을 제공한다.

FAA는 폐쇄 형태의 IP 네트워크 토폴로지로 운영되고 있는데, 이는 NAS 내의 각 시스템들은 허용된 상대 시스템하고만 트래픽이 이루어진다는 것을 의미한다.

FAA의 폐쇄 형태 IP 네트워크 토폴로지는 SOA 런타임 환경을 지원하고 이를 기반으로 하는 Data Cube를 구현하는데 있어 장애 요소가 될 수 있으며, FTI 상에 SWIM 구축 과정을 통해 (적합한 IT 기술의 적용) 극복한다.

TBD로 표시된 곳은 각 전사 네트워크를 연결(bridge)하는 역할을 하는데, dedicated telecommunication service, virtual private network, secure internet connections 등 다양한 통신 기술이 고려될 수 있다.

2.3 Core Services Layer

Core Services Layer은 SOA를 기반 IT 시스템으로 적용하여 구현되는 SWIM 시스템으로 구성된다.

SOA는 개방화된 표준 기술 (HTTP, XML, Rest, SOAP 등)을 사용하여 비즈니스 프로세스를 모듈화하고 상호운영 및 재사용이 가능한 서비스 형태로 구현하여 다른 서비스나 애플리케이션이 활용할 수 있도록 하는 소프트웨어 개발 패러다임이다.

SOA는 상호 보완적인 design time 환경과 run time 환경을 동시에 제공하는데, design time 환경에서는 서비스 제공자 (service provider) 또는 사용자가 추상화된 표준 서비스 인터페이스를 이용해 design time registry로부터 필요한 서비스에 대한 상세 정보 (빌드 서버 정보, 클라이언트측 소프트웨어 정보 등)를 검색(discovery)하여 사용할 수 있으며, run time 환경에서는 run time registry로부터 필요한 서비스 인스턴스에 대한 상세 정보를 검색하여 사용할 수 있는데, design time 환경에서 개발된 서비스는 run time registry에 등록함으로써 현업에서 사용할 수 있게 된다.

2.3.1 Core Services Layer와 SWIM Program/System

SWIM은 FAA의 IT Infrastructure program으로서, NAS 시스템 애플리케이션들이 SOA 패러다임 적용을 통해 업계 최신 기술, 네트워크 중심의 정보 관리 및 데이터 교환 기술을 활용함으로써 IT infrastructure 기능을 Core Services 및 enterprise governance를 통해 NAS enterprise에게 제공한다.

SWIM은 NAS 애플리케이션들이 자신의 산출물과 데이터를 Core Services를 통해 NAS 비즈니스 서비스 형태로 노출하기 위한 표준 기술을 정의하고 있다. SWIM의 Core Services에는 다음 사항들이 포함되어 있다.

Interface Management: 인터페이스 스펙과 인터페이스 검색 기능을 포함하며, 또한 인터페이스 데이터 요소들에 대한 데이터 포맷과 시맨틱을 정의하는 스키마의 관리를 지원한다. Core Services의 통신과 연결 기능을 제공하는 서비스 구동 (Service Invocation)을 통해 실행 환경도 지원한다.

Messaging: 애플리케이션 간의 데이터 교환을 담당한다. Data Envelope 구성

방법과 메타데이터 콘텐츠 기반의 라우팅과 폴리시 지원 방법 및 신뢰성있는 delivery 방법에 대해 담당한다.

Security: 서비스 소비자와 제공자의 인증 방법, 권한 획득 및 서비스의 구동과 사용 관련 보안 사항을 담당한다.

Enterprise Service Management: 서비스의 관리/통제 방법을 담당한다. 서비스의 개발, 배치, 운영, 중단 과정을 관리한다. 서비스의 품질은 서비스 제공자와 다수 대상 소비자들 간의 SLA (Service Level Agreement)에 기술되는 QoS를 기반으로 관리된다. 현업 시스템의 SLA 만족 여부를 모니터링하는 부분도 포함한다.

SWIM 기반 IT 서비스를 이용하는 NAS 기상 서비스 제공자를 CPs (Cube Participants)라고 한다. Core Services는 CPs에 의해 두 가지 방식으로 구현되는데, 공통의 상용 Software를 이용하여 구현된 SWIM 제공 Core Services와 SWIM-Program-Office-mandated standards를 준수하여 구현된 CP 제공 Core Services가 있으며, SWIM 제공 Core Services가 주요 부분을 차지한다.

SWIM은 pluggable Core Services가 가능하도록 Service Container 기능을 지원하며 이를 통해 비즈니스 관점과 IT 관점 (보안, 전송, 관련 정책, 실행 위치 등)을 분리하여 독립적인 구현이 가능하다. SWIM은 Service Container에 대한 가이던스와 지원만을 제공하며, CPs는 Service Container Software의 구현, 유지보수 및 관리를 수행한다.

CPs는 SWIM Service Adaptor를 이용해 Service Container에 컴포넌트 적재를 통한 조합을 수행한다. Weather Service Layer 상에서는 CPs는 CSA (Cube Service Adaptor)를 생성하여 기상 도메인 관련 기능 컴포넌트를 구현한다. Service Adapter가 생성되면 적재된 서비스의 메타데이터가 UDDI 서비스 registry/repository에 등록되며, 개발자들이 검색할 수 있게 된다.

2.4 Weather Services Layer

Weather Services Layer는 Data Cube의 대부분의 Infrastructure와 표준 기술이 NNEW 프로그램에 의해 구현되는 레이어로서 Core Services Layer의 기능을 기반으로 기상 도메인 표준, 포맷 등의 기술을 포함한다. Weather Services Layer에서는 SAS 개념에 맞춰 Data Cube 내의 데이터에 접근하기 위해 what, where, when에 대한 쿼리 수행이 가능하다.

Weather Services Layer 내의 컴포넌트들은 Core Services Layer 내의 컴포넌트들과 Application Layer의 컴포넌트들과 교차 지원 관계가 생길 수 있으며 이에 따른 추가적인 메시징과 보안 관련 사항의 해결이 필요할 수 있다.

Weather Services Layer에 대한 상세한 설명은 “”에서 기술한다.

2.5 Application Layer

Application Layer는 Data Cube 아키텍처의 가장 상위에 위치하며 항공기상 사용자와 시스템 (데이터 제공자, 데이터 소비자 포함)으로 구성되는데, 이러한 시스템/응용들은 Data Cube의 비즈니스 서비스가 된다.

Data Cube의 비즈니스 서비스는 공급자 서비스 (Provider Services)와 소비자 서비스 (Consumer Services) 두 가지 형태가 존재하며, 각각 Provider CSA와 Consumer CSA에 해당된다.

2.5.1 Providers

데이터 공급자 (Providers)는 기상 관련 애플리케이션 및 시스템으로 CSA를 구현함으로써 자신들의 데이터를 “Data Cube로서” 보이도록 한다. 다시 말하면, “Data Cube에게” 제공하는 것이 아니라 “Data Cube로서” 보이도록 한다는 것이며, 이는 provider의 데이터가 Data Cube의 일부분을 구성한다는 의미이다. 그림 187에 표시된 Data Cube의 경계를 보면 Provider Data는 Data cube 내에 포함되어 있고 Provider Infrastructure는 바깥 쪽에 위치한 것을 볼 수 있다.

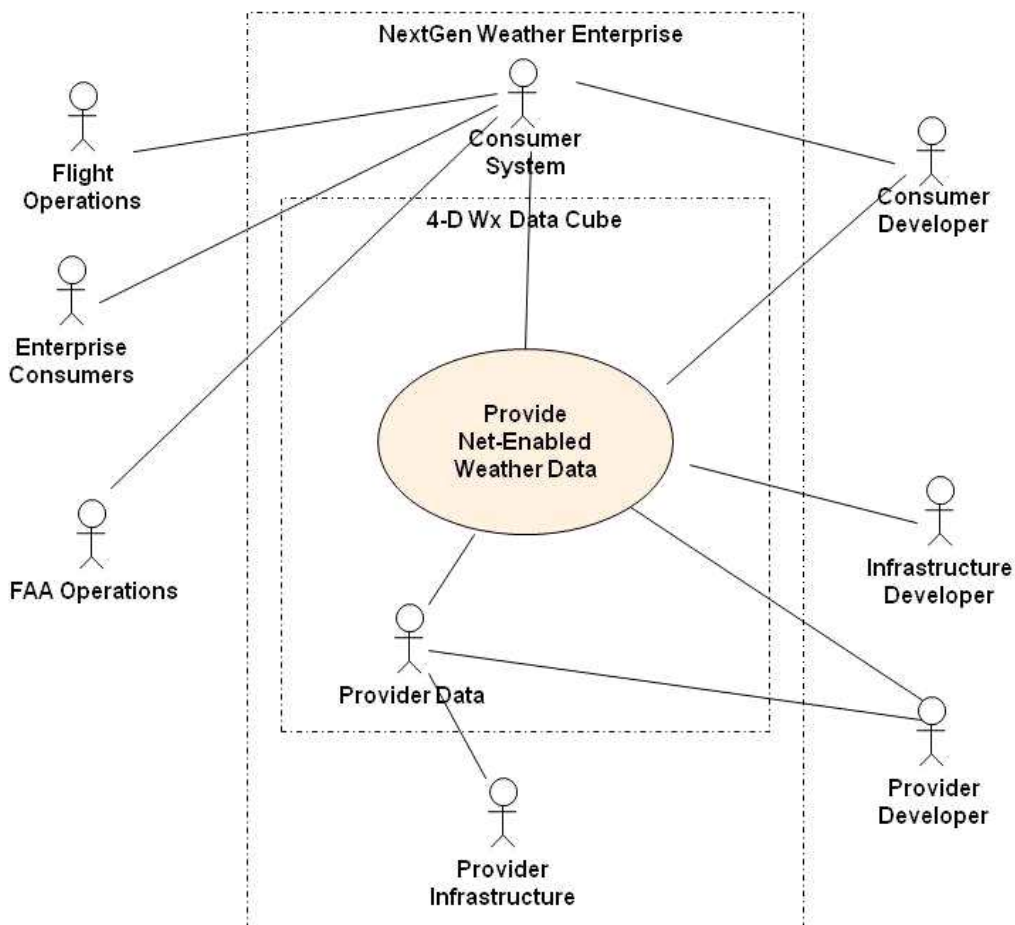


그림 216. Data Cube의 경계를 보여주는 상위 다이어그램

Provider의 데이터 중 어떤 것은 CP가 아닌 시스템에 의해 제공되는 것이 존재할 수 있다. 예를 들면, NEXRAD 데이터는 NEXRAD 시스템에 의해 제공 (published)되지 않는다. 많은 경우에, 예를 들면 ITWS⁷²⁾, Provider는 Data Cube의 데이터를 소비하며 이를 통해 새롭게 생산된 데이터를 Data Cube에 제공하게 된다.

2.5.2 Consumers

소비자 (Consumers)는 CSA를 이용해 Data Cube의 데이터에 접근하는 애플리케이션 또는 시스템이다. Consumer CSA는 데이터 접근을 위해 필요한 라이브러리로 구성되며 Provider CSA와는 많은 면에서 다르다고 할 수 있다. Consumer CSA는 알고리즘 또는 모델을 구동하기 위해 기상 데이터 또는 데이터셋을 필요로 하는 형태가 될 수 있다.

또한, 그림187에서는 Consumers가 NEW 내에만 표시되어 있지만 실제로는 내외부에 모두 존재할 수 있다.

2.5.3 Users

사용자 (Users)는 Data Cube의 데이터를 Consumer Services를 통해 간접적 (indirect)으로 접근하는 주체로서 대체적으로 사람이 된다. Consumer Services는 사용자의 적격 여부를 위해 접속 인증 (Authentication)과 권한 인증 (Authorization)을 결정할 수 있다.

어떤 사용자는 Data Cube에 직접 (direct) 접근이 가능한데, 분석가 (analysts), 개발자 (developers), 관리자 (administrators) 등이다. 접근 방식 여부에 관계없이 모든 사용자는 Data Cube 데이터 접근 시에 필요한 권한 인증 (Authorization)을 거쳐야 한다.

2.4 Low-Level Architectural Implementation Details (Data Cube의 하위 아키텍처)

Data Cube는 hardware와 software로 이루어진 infrastructure를 기반으로 Data Cube로서 동작하기 위해 필요한 비즈니스 서비스를 통해 하나의 엔티티처럼 보이게 한다.

Infrastructure를 구성하는 서버들은 ARTCCs, TRACONs, FTI gateway 등에 구축되어 registry, CSAs 및 Data Cube 특화된 애플리케이션 등을 실행하게 된다.

72) ITWS (Integrated Terminal Weather System) 통합 공항기상 시스템

2.4.1 Implementation Model 구현 모델

Data Cube는 hub-and-spoke 모델을 채용하여 사용자에게 효과적으로 데이터를 배포 (distribution)하고 전파 (disseminate) 한다. hub-and-spoke 모델을 통해 point-to-point 연결을 감소시키고 데이터 소스에 대한 접근을 집중하게 한다.

hub-and-spoke 모델과 함께 store-and-forward 데이터 분산 기법을 사용하여 먼거리에 위치한 사용자에게는 intermediary data cache를 통해 데이터를 전파한다. 이 기법을 통해 원본 데이터 제공자 시스템과 사용자 시스템 간의 응답 (response) 시간을 줄일 수 있으며, 각 시스템 간의 부하도 효과적으로 분산할 수 있다. 또한, 원본 데이터를 spoke에 위치한 서버에 복제 (replicating)함으로써 데이터 가용성 (availability)를 높일 수 있다.

이러한 기법은 content-delivery network에서 널리 사용하는 것으로 성능 (performance), 확장성 (scalability), 비용 효과 (cost-efficiency) 등에 유리하다. Data Cube의 데이터 배포 모델 (distribution model)은 content-delivery network과 동일하다.

Data Cube의 content-delivery network은 Cube Nodes를 이용해 구성한다. Cube Nodes는 높은 확장성과 환경 설정이 가능한 서버로서 원본 서버 (Origin Server)와 배포 서버 (Distribution Server)로 구분된다.

기상 데이터 제공자는 NAS 기상 시스템/애플리케이션으로 원본 서버에 데이터를 공급하는 역할을 하는데, 데이터 제공자로부터 데이터를 흡수하여 적절한 변환을 거쳐 로컬 데이터 저장소 (local data store)에 저장한다.

그림 188을 보면 기상 데이터 클라이언트가 데이터를 요청 (request) 또는 구독 요청 (subscription) 하면, 이 요청은 지역 배포 서버 (local distribution server)에 의해 처리되는데, 만약 요청한 데이터가 배포 서버의 로컬 저장소에 없으면 원본 서버에게 직접 요청되게 된다. 배포 서버가 요청 데이터를 받게 되면 미래의 동일 요청 처리를 위해 자신의 로컬 저장소에 캐쉬 저장한다. 또한, 새로운 데이터가 발생하면 자동적으로 배포 서버로 복제가 되도록 설정이 가능하다.

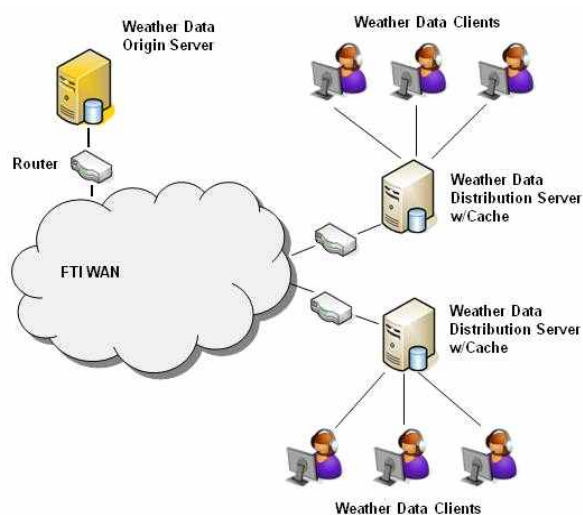


그림 217. Hub and Spoke, Store and Forward

2.4.2 Origin Server 원본 서버

원본 서버는 데이터 제공자 시스템의 물리적 위치에 되도록 가깝게 위치하도록 한다. 원본 서버는 여러 가지 컴포넌트로 구성되는데, 기본 목적은 데이터 제공자를 위한 Service Adaptor를 제공하는 것이다.

Service Adaptor는 SOA에서 정의한 용어이지만 SWIM 시스템과 NAS 애플리케이션을 연결하는 주요한 수단으로서 SWIM 시스템을 설명하는데에도 사용된다. Data Cube는 CSA 기능을 가지는 SWIM Service Adaptor이며, CSA는 기상 도메인 특화된 표준을 구현하는 소프트웨어를 구현하기 위한 변형된 SWIM Service Adaptor이다.

CSA는 System Ingest Adaptor와 SWIM Service Adaptor로 구성된다. SWIM Service Adaptor에는 SWIM Service Container와 Geospatial Data Access Service가 포함되어 있다. SWIM Service Container는 Pluggable Core Service 기능을 제공한다. Geospatial Data Access Service는 데이터 저장소와 서비스 인터페이스를 제공하는 소프트웨어로 구성되는데, WCS/WFS OGC 표준을 만족하며 설정 변경이 가능한 소프트웨어로서 여러 다른 데이터 모델과 포맷을 수용할 수 있다.

System Ingest Adaptor는 CSA 내에서 접속 (Adaptation) 기능을 제공하며, NAS 기상 애플리케이션의 데이터를 흡수 (ingest)하여 필요한 변환 (Transformation)을 통해 데이터 저장소에 삽입한다.

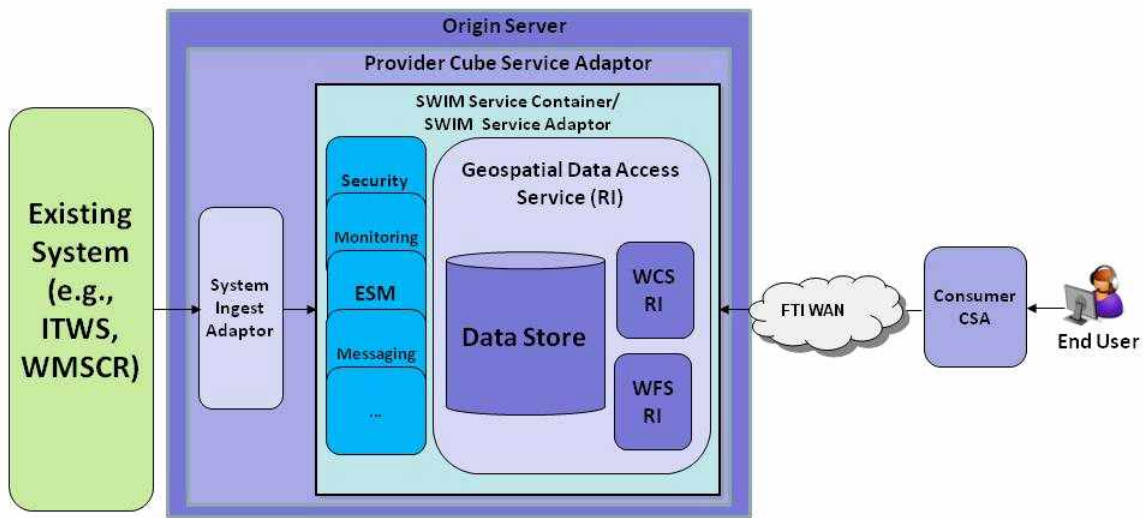


그림 218. Cube Node as an Origin Server

2.4.3 Distribution Server 배포 서버

원본 서버와 마찬가지로 배포 서버 (Distribution Server)도 Cube Node로서 동작한다. 주요한 차이점은 원본 서버의 데이터를 배포 서버에 복제하기 위한 client read access library를 가지고 있는 점이다.

모든 Cube Node들은 대체적으로 동일한 구조와 컴포넌트로 구성되며, 데이터 사용자의 요구에 따라서 Cube Node는 원본 서버 또는 배포 서버로 scale-up되거나 scale-down될 수 있다.

배포 서버는 원본 서버와 many-to-one 관계를 가지며 다수의 원본 서버가 하나의 배포 서버에 데이터를 제공할 수 있다. 원본 서버는 영구 데이터 스토어를 보유해야만 하며, 이에 따라 배포 서버는 충분한 크기의 캐쉬 저장소를 가져야 한다.

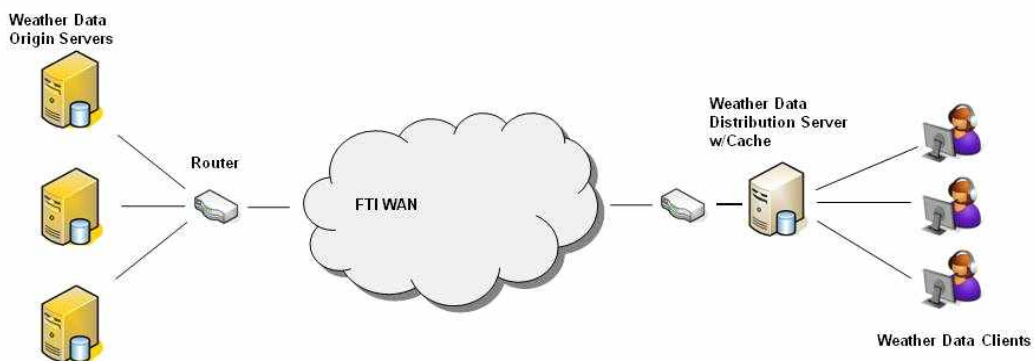


그림 219. Distribution server with many-to-one relationship

2.4.4 Registry/Repository

Data Cube의 Infrastructure에는 데이터 관리 레지스트리 (ebXML Data Management Registry/Repository)를 포함한다. Data Cube의 데이터셋에 대한 메타데이터를 가지고 있으며, 각 도메인별로 데이터셋을 구별하며, 의미적으로 강화된 (semantically enhanced)⁷³⁾ 데이터 검색 메커니즘 (data discovery mechanism)을 제공한다.

데이터 관리 레지스트리는 SWIM의 서비스 레지스트리와 비슷해 보이지만, SWIM 서비스 레지스트리는 서비스 인터페이스를 관리하기 위해 것이고, 데이터 관리 레지스트리는 의미 강화 데이터 검색 기능을 제공하기 위한 것이다.

이는 Data Cube에 온톨로지 (Ontology)를 적용함으로써 가능한데, 예를 들면, DoD 사용자가 DoD-specific 용어를 사용하여 기상 파라미터를 기술하여 검색하고 이에 대한 결과로서 DoD 데이터셋 뿐만 아니라 관련이 있는 FAA 또는 NOAA 데이터셋도 같이 반환되는 경우를 생각해 볼 수 있다.

2.4.5 Cross-Organizational Topology (기관 상호 연결 네트워크 형상)

Data Cube가 여러 기관에 걸쳐 형상화되는데, 이에 대한 상위 레벨의 형상을 그림 191에서 보여주고 있다.

그림 191을 보면, 데이터 관리 레지스트리를 포함하고 있는 NOAA와 FAA 기상 데이터 서버가 레지스트리 정보를 연합하여 데이터셋의 메타데이터, 도메인 정보 및 서비스 제공자 정보를 최신으로 유지하도록 하는데, 이러한 서버들이 데이터 제공자로부터 데이터를 인제스트 (ingest)하여 사용자에게 데이터를 제공하는 Data Cube로서 역할 한다.

아래 NOAA는 NAS 상에서 첫 번째 주요 데이터 제공자의 역할을 하며, FAA는 기상 데이터의 배포자 및 두 번째 주요 데이터 제공자 역할을 한다.

73) semantically enhanced란, 레지스트리에서 AirTemperature를 검색하는 경우, AirTemperature 및 TemperatureAir도 모두 (의미적으로 동일하기 때문에) 검색 가능하다는 것임

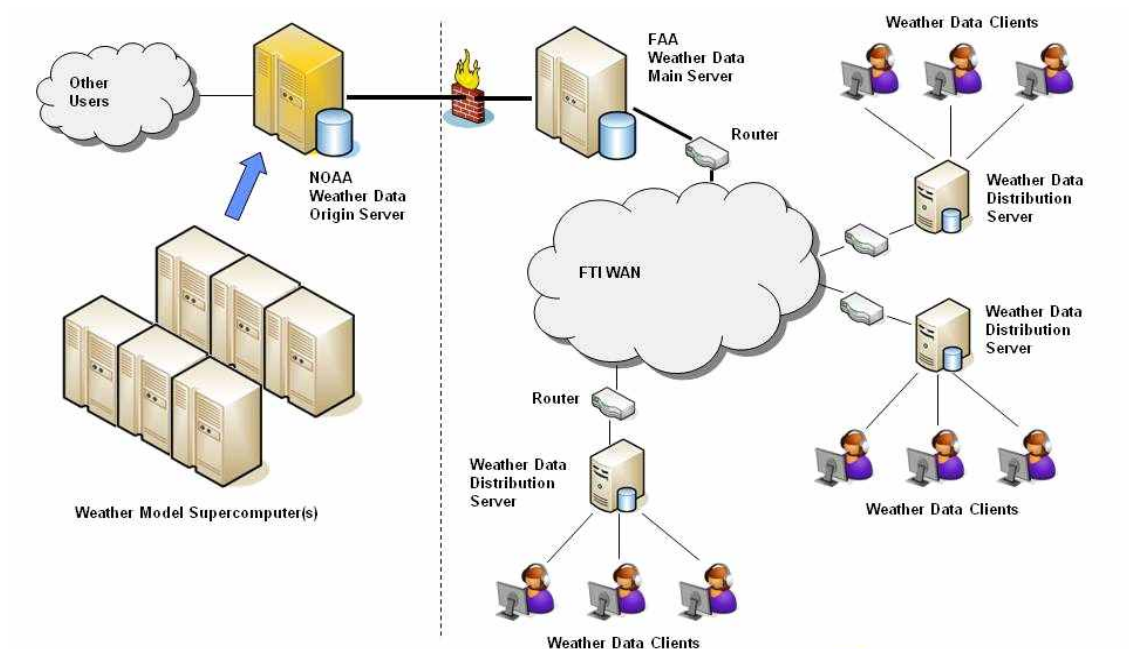
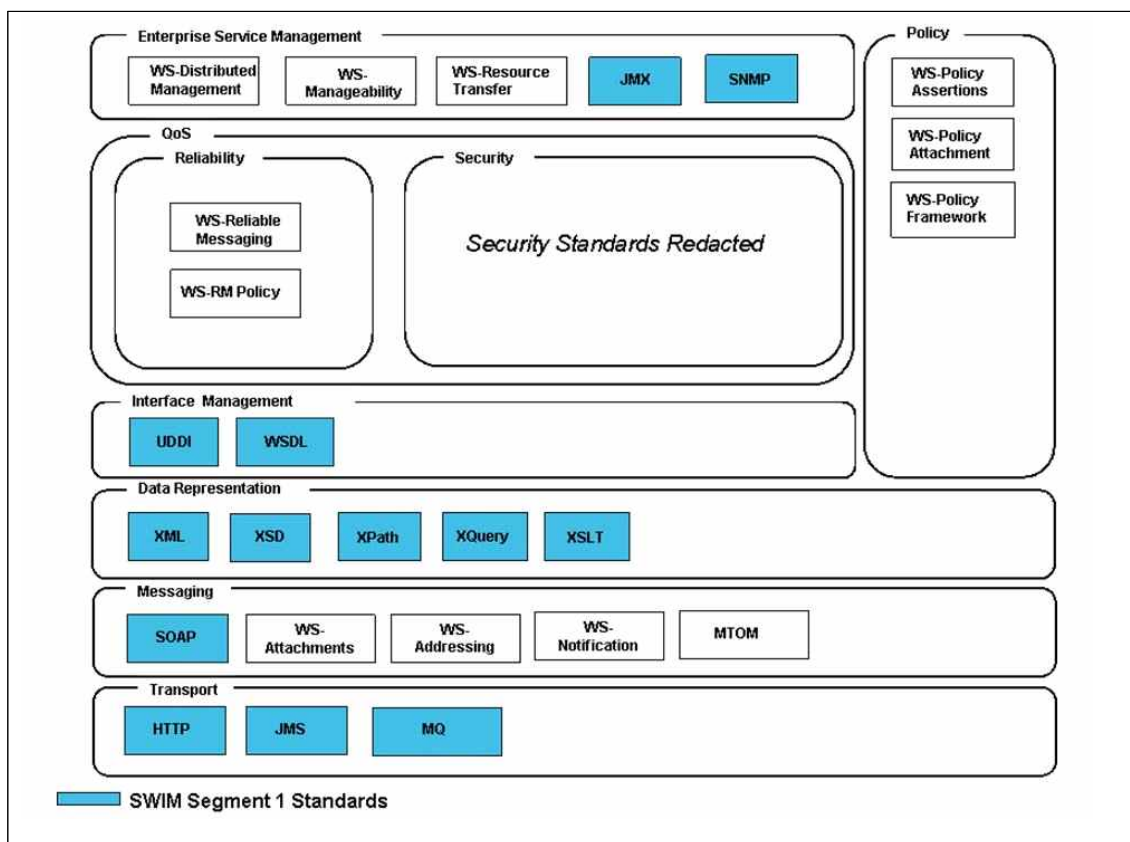


그림 220. Cross-Organizational Topology

Appendix A: SWIM Standards

The proposed SWIM Technical Architecture Framework is shown in Figure 13. The standards indicated with shading in the figure are considered ready for implementation in Segment 1. The other standards may be implemented in SWIM in Segment 1, or may be implemented in subsequent segments, depending on their maturity and commercial acceptance.⁷⁴⁾

74) SWIM Technical Overview, Version 2.1, redacted, March 28, 2008, FAA – SWIM Program



Appendix B: Weather Specific Standards

World Wide Web Consortium (W3C)

- **Extensible Markup Language (XML)**

XML is a general-purpose specification for creating custom markup languages. It is classified as an extensible language because it allows its users to define their own elements. Its primary purpose is to facilitate the sharing of structured data across different information systems, particularly via the Internet, and it is used both to encode documents and to serialize data.⁷⁵⁾

- **XML Schema**

An XML schema is a description of a type of XML document, typically expressed in terms of constraints on the structure and content of documents of that type, above and beyond the basic syntax constraints imposed by XML itself. An XML schema provides a view of the document type at a relatively high level of abstraction.⁷⁶⁾

- **Efficient XML Interchange (EXI)**

EXI is a very compact representation for the Extensible Markup Language (XML) Information Set that is intended to simultaneously optimize performance and the utilization of computational resources. The EXI format uses a hybrid approach drawn from the information and formal language theories, plus practical techniques verified by measurements, for entropy encoding XML information. Using a relatively simple

algorithm, which is amenable to fast and compact implementation, and a small set of data types, it reliably produces efficient encodings of XML event streams.⁷⁷⁾

- **SOAP**

SOAP is a protocol for exchanging XML-based messages over computer networks, normally using HTTP/HTTPS. SOAP forms the foundation layer of the web services protocol stack providing a basic messaging framework upon which abstract layers can be built.⁷⁸⁾

- **Web Ontology Language (OWL)**

The OWL Web Ontology Language is designed for use by applications that need to process the content of information instead of just presenting information to humans. OWL facilitates greater machine interpretability of Web content than that supported by XML, RDF, and RDF Schema (RDF-S) by providing additional vocabulary along with a formal semantics.⁷⁹⁾

Resource Description Framework (RDF)The Resource Description Framework (RDF) is a directed, labeled graph data format for representing information in the World Wide Web. It is particularly intended for representing metadata about Web resources, such as the title, author, and modification date of a Web page, copyright and licensing information about a Web document, or the availability schedule for some shared resource. However, by generalizing the concept of a "Web resource", RDF can also be used to represent information about things that can be identified on the Web, even when they cannot be directly retrieved on the Web. Examples include information about items available from on-line shopping facilities (e.g., information about specifications, prices, and availability), or the description of a Web user's preferences for information delivery.⁸⁰⁾

- **SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL)**

SPARQL is query language for RDF. SPARQL can be used to express queries across diverse data sources, whether the data is stored natively as RDF or viewed as RDF via middleware. SPARQL contains capabilities for querying required and optional graph patterns along with their conjunctions and disjunctions. SPARQL also supports extensible value testing and constraining queries by source RDF graph. The results of SPARQL queries can be results sets or RDF graphs.⁸¹⁾

Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)

- **ebXML Registry**

The ebXML Registry provides a set of services that enable sharing of information between interested parties for the purpose of enabling business process integration between such parties based on the ebXML specifications.

- **ebXML Registry Services (ebRS)**

The ebXML Registry Service is comprised of a robust set of interfaces designed to fundamentally manage the objects and inquiries associated with the ebXML Registry.

- **ebXML Registry Information Model (ebRIM)**

The Registry Information Model provides a blueprint or high-level schema for the

ebXML Registry. Its primary value is for implementers of ebXML Registries. It provides these implementers with information on the type of metadata that is stored in the Registry as well as the relationships among metadata Classes.

International Standards Organization (ISO)

ISO is an international standards body that is made up of public and private organizations working to develop a common set of international standards. ISO Technical Committee 211 (TC/211) is concerned with the generation and maintenance of geospatial data standards. These standards are foundational in nature - one typically uses them as building blocks for higher-level standards. The OGC, for example, refers to many of these standards in their service specifications. The names of the standards most relevant to NNEW are provided below.

- ISO 19101.2002 Geographic Information - Reference Model
- ISO 19103.2005 Geographic Information - Conceptual Schema Language
- ISO 19107.2003 Geographic Information - Spatial Schema
- ISO 19108.2002 Geographic Information - Temporal Schema
- ISO 19108.2006 Geographic Information - Temporal Schema - Corrigendum 1
- ISO 19109.2005 Geographic Information - Rules for Application Schema
- ISO 19110.2005 Geographic Information - Methodology for Feature Cataloging
- ISO 19111.2007 Geographic Information - Spatial Referencing by Coordinates
- ISO 19115.2003 Geographic Information - Metadata
- ISO 19115.2006 Geographic Information - Metadata - Corrigendum 1
- ISO 19118.2005 Geographic Information - Encoding
- ISO 19119.2005 Geographic Information - Services
- ISO 19121.2000 Geographic Information - Imagery and gridded data
- ISO 19123.2005 Geographic Information - Schema for coverage geometry and functions
- ISO 19127.2005 Geographic Information - Geodetic codes and Parameters
- ISO 19136 Geography Markup Language (GML)
- ISO 19139.2007 Geographic Information - Metadata - XML Schema Implementation
- ISO 8601.2004 Data Elements and Interchange Format – Representation of Dates and Times

Open Geospatial Consortium (OGC)

OGC Web Service Common

The OpenGIS® Web Services Common (WS-Common) Interface Standard specifies parameters and data structures that are common to all OGC Web Service (OWS) Standards. The standard normalizes the ways in which operation requests and responses handle such elements as bounding boxes, exception processing, URL requests, URN expressions, and key value encoding. Among its uses, this document serves as a normative reference for other OGC Web Service standards, including the OpenGIS Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), and Web Coverage Service (WCS) standards. Rather than continuing to repeat this material in each such standard, each standard will normatively reference parts of this document.

OpenGIS Web Coverage Service (WCS)

The WCS Implementation Specification supports electronic retrieval of digital geospatial information representing space-varying phenomena. The information returned is often referred to as gridded data.

A WCS provides access to potentially detailed and rich sets of geospatial information, in forms that are useful for client-side rendering, multi-valued coverages, and input into scientific models and other clients. The WCS may be compared to the OGC Web Map Service (WMS) and the Web Feature Service (WFS); as it allows clients to choose portions of a server's information holdings based on spatial constraints and other criteria.

▪ **OpenGIS Web Feature Service (WFS)**

The WFS Implementation Specification allows a client to retrieve and update geospatial data encoded in Geography Markup Language (GML) from multiple Web Feature Services. The specification defines interfaces for data access and manipulation operations on geographic features, using HTTP as the distributed computing platform. Via these interfaces, a Web user or service can combine, use and manage geodata -- the feature information behind a map image -- from different sources.

▪ **OpenGIS Catalogue Services Specification**

The Catalogue Services Specification specifies the interfaces, bindings, and a framework for defining application profiles required to publish and access digital catalogues of metadata for geospatial data, services, and related resource information.

▪ **OpenGIS Sensor Model Language (SensorML)**

The SensorML Implementation Specification provides the general models and XML encodings for sensors and observation processing. SensorML is useful for describing sensors such as radars, surface observation stations, satellites, and other sensors and is a leading candidate for use with the 4-D Wx Data Cube. Information from the common descriptions will be stored in a registry (or catalog), allowing searches based on sensor capabilities, location, and other attributes.

Joint METOC Broker Language (JMBL)

JMBL is a specification, developed by DoD, for a standard language (XML) that brokers the exchange of information between meteorological and oceanographic (METOC) data providers and user applications. JMBL allows for a standardized interface to access METOC data for users and their applications. The way this information is exchanged is with a Web service.

Federal Geographic Data Committee (FGDC)

The FGDC is an interagency committee that promotes the coordinated development, use, sharing, and dissemination of geospatial data on a national basis.

▪ **Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM)**

The CSDGM, Vers. 2 (FGDC-STD-001-1998) is the US Federal Metadata standard. According to Executive Order 12096 all Federal agencies are ordered to use this standard to document geospatial data created as of January, 1995. The standard is often referred to as the FGDC Metadata Standard and has been implemented beyond the federal level with State and local governments adopting the metadata standard as well. The objectives of the standard are to provide a common set of

terminology and definitions for the documentation of digital geospatial data. The standard establishes the names of data elements and compound elements (groups of data elements) to be used for these purposes, the definitions of these compound elements and data elements, and information about the values that are to be provided for the data elements.

World Meteorological Organization (WMO)

- **GRIB**

GRIB (GRIdded Binary) is a mathematically concise data format commonly used in meteorology to store historical and forecast weather data. It is standardized by the WMO's Commission for Basic Systems, known under number GRIB FM 92-IX, described in WMO Manual on Codes No.306.

- **BUFR**

The Binary Universal Form for the Representation of meteorological data (BUFR) is a binary data format maintained by the WMO. The latest version is BUFR Edition 4. BUFR Edition 3 is also considered current for operational use.

Unidata

- **NetCDF**

NetCDF (network Common Data Form) is a set of software libraries and machine-independent data formats that support the creation, access, and sharing of array-oriented scientific data.

British Atmospheric Data Centre

- **Climate Science Modeling Language (CSML)**

CSML is a standards-based data model and GML (Geography Markup Language) application schema for atmospheric and oceanographic data with associated software tools developed at the Rutherford Appleton Laboratory.

Eurocontrol/FAA

- **WXXM/WXCM**

The WXXM is part of a family of platform (technology) independent, harmonized and interoperable information exchange models designed to cover the information needs of ATM. This first release WXXM is a proof of concept for the exchange of a limited set of ICAO Annex 3 type of products. During the second half of 2007, the scope of weather information exchange was broadened and the first draft release of the overarching Weather Exchange Conceptual Model (WXCM) was build.

The WXCM is developed in close cooperation with all the stakeholders. For that purpose, a working group is set up which has a concise number of experts representing ATM users, MET providers, other ANS providers and Industry.

Arrangements are made to guarantee efficient coordination with WMO, International Civil Aviation Organization (ICAO) and the FAA on harmonizing efforts performed within the MET data exchange domain.

-
- 75) <http://en.wikipedia.org/wiki/XML> - 05/01/2008
 - 76) http://en.wikipedia.org/wiki/XML_Schema - 05/01/2008
 - 77) <http://www.w3.org/TR/2008/WD-exi-20080919/> - 03/25/2009
 - 78) <http://en.wikipedia.org/wiki/SOAP> - 05/01/2008
 - 79) <http://www.w3.org/TR/owl-features/> - 03/25/2009
 - 80) <http://www.w3.org/RDF/> - 03/25/2009
 - 81) <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> - 03/25/2009

부록 7. (White Paper) Future Aeronautical Meteorological Information Service Delivery

1. 개요

□ 국제 민간 항공 1947 협약 부속문서 3

- ICAO 체약국들의 항공 기상(MET) 정보 서비스 제공을 위한 표준과 권장 사례(SARP: standards and recommended practices)
- 국가 항공 기상 '기능'의 구성과 관련된 조항
 - ※ '기능'이란 공항 또는 영공에서 정의된 MET 정보를 제공하기 위해 특정 임무를 수행하도록 구성된 조직으로 항공기상청, 기상관측소 등이 해당됨.
- 지역 및 글로벌 기능을 제공하기 위해 회원국을 선택하는데 필요한 조항

□ ICAO GANP(Global Air Navigation Plan) (Doc 9750) 및 항공 교통 관리를 위한 기상 정보 통합 개념

- 국제 민간 항공의 진화 방향 제시
- 운항 개선과 이를 활성화하기 위하여 필요한 항공기상정보 간의 개념적 관계에 대한 지침 제공
 - ※ 항공기상 기능이 GANP 목표와 진화하는 항공 운송 시스템을 어떻게 지원할 수 있는지에 대한 논의를 뒷받침

□ 백서 '미래 항공 기상 정보 서비스 전달'

- GANP와 더불어 필요한 전략적 관점 제공하기 위해 개발
- 항공 산업과 관련 ICAO 계획에서의 트렌드에 기반하여 향후 항공기상정보가 사용자에게 어떻게 전달될 것인가에 대한 가장 가능성이 높은 개발 시나리오를 기술
- GANP 목적을 달성하는데 필요한 기능과 거버넌스를 고려하며 여기에 기술된 변경사항이 사용자의 요구와 기대를 반영
- 현재의 항공기상정보 서비스 제공 시스템에 가치를 더함
- 본 백서에서 기술한 항공 기상학의 진화는 항공교통관리 시스템이 GANP 목표에 따라 진화할 것이라는 관점에서 작성(GANP 업데이트시 함께 업데이트 고려 필요)
 - ※ 백서는 2014년 기상학 분과 회의(MET/14)의 논의와 승인 결과로서의 근거를 가지고 있지만, 미래 MET 서비스 제공이 어떻게 진행되어야 하는지에 대한 비전과 접근방식의 측면에서 새로운 GANP 목표와 진화하는 아이디어를 충족하기 위해 당시의 관점을 뛰어 넘어서.

- METP(Meteorology Panel) 백서는 이해관계자들이 계획 다음 단계(개념에서 구현까지)에서 고려할 사항과 관련이 있는 미래 MET 서비스 제공이 어떻게 진화할 것인가에 대한 이해를 제시
 - ※ 백서에 근거한 구현 측면은 METP와 관련 ICAO 기관의 검토를 위한 관련 작업반이 다루고 있음. 개정 또는 새로운 조항에 포함된 경우, PIRG는 MET 정보 서비스 전달과 관련된 이 조항의 이행에 핵심적인 역할을 하게 될 것임.
- 따라서 백서는 METP와 METP의 작업반이 개정 또는 새로운 조항을 개발할 때 적용되는 중요한 지침 원칙을 포함하고 있음
- 동시에, 제시된 높은 수준의 비전에 대한 의견을 수렴하고, 대안을 확인하는 것을 목적으로 함.
 - ※ 백서에는 구체적인 제안 조항이 포함되어 있지 않으며 상세한 이행 고려사항도 포함되어 있지 않음.

2. 국제 항공 항행의 진화

□ 항공 산업 성장

- 2011~2030년의 기간 동안 세계 경제 성장은 연평균 4.0%의 비율로 지속될 것으로 예상
- 수익 승객 킬로미터(Revenue Passenger Kilometers) 단위로 측정되는 세계 항공 여객 예약은 연간 평균 4.6% 비율로 증가할 것으로 예측
- 2030년의 국제 및 국내 교통량은 각각 2010년의 2.6배, 2.3배로 예상
 - ※ 참고자료: 2030년의 글로벌 항공 운송 전망 및 2040년의 동향(ICAO Circular 333, 2013년)
- 2030년까지 기간에는 경쟁 및 공역 포화 물류 증가를 완화하기 위해 신뢰할 만한 항공 MET 정보가 증가하면서 항공 운항이 크게 성장할 것으로 예상
 - ※ GANP 접근방식은 기본적으로 항공사 운영 및 관련 공역 문제에서 이러한 성장에 대응

□ 항공 교통 관리 진화

- GANP 목표가 완전한 4차원 궤적 기반 운영으로 전세계적으로 진화하는 것이라면, 지금부터 20년 후의 글로벌 ATM 모델은 여전히 지역, 국가 또는 지역 기반 성능 요구에 기초한 절차적 제어, 레이더 제어 및 궤적 기반 운영의 복합적 모습이 될 것임
- 20년 후 ICAO 지역 대부분에서 지역(국가) 공역과 공항은 더 이상 ATM의 단수적이고 고립된 구성요소로 간주되지 않을 것임
- 각 노드는 지역 내 또는 심지어 전 세계적으로 다른 모든 노드와 연동되는 노드 역할을 할 것임. 많은 지역에서 '네트워크 관리' 접근방식으로의 이러한 전환은 항공 운송에 대한 더 많은 수요와 지연을 줄이고 전반적으로 항공 운송의 환경

및 경제적 지속가능성을 개선하기 위해 지역 및 점점 더 글로벌화되고 있는 파트너십 환경에서 항공 교통을 관리하기 시작하는 데 필수적임

- 이러한 '무경계'운영의 기본 요소는 MET 조건이 긍정적인 영향과 부정적인 영향 모두를 충분히 고려한 완전한 지원 및 협업 프로세스를 채택함으로써 모든 ATM 이해당사자들의 위험과 비용을 관리하기 시작하는 것임

※ MET 현상은 국가 또는 비행 정보 지역(FIR) 경계를 고려하지 않음

- 비행 수요와 운항에 대한 이러한 공역의 동적 관리는 MET 조건의 영향을 완전히 이해하고 이 영향을 실행 가능하고 국경 없는 항공 MET 정보 제공으로 전환하는 방법을 이해하는 데 집중해야 함
- 여기에는 수량화된 불확실성 관리 개념을 수용하고 MET 조건의 수량화된 확실성을 최대화하는 것이 포함됨
- 따라서 필요한 항공 MET 정보는 진화하고 모든 '네트워크화된'(지역 또는 전역) 운영 사용자를 위한 공통 운영 그림을 지원하기 위해 공통적(common)이고 조화롭고(harmonized) 일관된(consistent) 정보 집합이 될 필요가 있음
- 특히 복잡하거나 혼잡하다고 여겨지는 전 세계 지역에서의 ATM 의사 결정의 복잡성 증가와 더 많은 비행을 위한 제공 또는 지연을 줄이기 위한 일반적 니즈는 복잡한 정보를 관리하기 위한 의사결정 지원 시스템의 사용을 촉진함
- 이 개발은 자동화 의존도가 매우 높고 시스템의 다양한 이해관계자가 제공하고 소비하는 서비스 포트폴리오의 증가를 가짐
- 이러한 네트워크 접근방식은 서비스 지향 아키텍처(SOA)의 원칙을 사용하여 항공 운송 시스템 개선과 함께 시스템 광역 정보 관리(SWIM)의 구현에 의해 가능하게 됨

※ SOA 관점은 인증된 당사자(예: 국가, 민간 조직 및 하이브리드를 포함한 인증된 조직)가 민간 항공 정보 소비자의 이익을 위해 정보를 제공하는 환경을 도입

- SWIM 아키텍처는 정보 서비스와 이러한 서비스들이 교환하는 정보 및 그것들을 소비하기 위한 메타데이터를 포함한 관련 세부사항들을 나열하는 상호 연결된 레지스트리들을 확립
- 조종사, 항공사 운영 직원, 항공 교통 관제사, 흐름 관리자, 공항 운영 직원과 같은 항공관련 사용자들은 운영 결정을 내리기 위해 정보를 이용할 수 있음.

※ (기존) 이용 가능한 시간에 중요하고 쉽게 접근할 수 있으며 맞춤형 항공 MET 정보가 부족하여 수행할 수 없었으나 (미래) SWIM의 등장으로 인해 다른 도메인과 이해관계자는 당면한 문제에 대해 복잡한 의사결정의 일부로 정보를 활용할 수 있게 됨

- 항공 MET 정보 제공자를 포함한 항공 이해당사자들은 향후 20년 동안 기회를

활용하고, 새롭고 더 맞춤형 서비스 창출하며, 데이터 마이닝, 정보 구축, 서비스 제공 및 시스템 단순화에 더 민첩해지며 통합 비용을 절감함으로써 그들의 능력을 향상시킬 수 있는 권한이 더 많아질 것임

※ 이것은 더 나은 정보를 얻고 더 일관된 의사결정을 가능하게 할 것임

- 항공 MET 커뮤니티와 METP는 어떤 MET 정보와 인프라가 그러한 요구를 가장 잘 충족시킬 것인지를 확인하는 첫 번째 단계로서 사용자 요구를 명확하게 식별하기 위해 새로 개발된 능력을 발휘해야 할 것임

3. MET 기술 및 과학 전망

□ 개요

- 국제적으로 상호운용 가능하고 조화로운 미래 ATM 시스템(보다 안전하고 효율적이며 환경적임)에 대한 항공 비전의 핵심 요소로서 MET의 역할은 Research-to-Operation의 신속한 전환을 통해 실현
- 2017 WMO 항공기상과학회의(AeroMetSci-2017)는 항공 지원을 위해 향후 15년간의 과학 및 연구 개발 3대 핵심 분야에 대한 권고안 마련

□ 관측, 예측, 권고 및 경고

- 새로운 사용자 요구를 충족하기 위해 관측, 예측, 권고 및 경고에 필요한 개선 사항
 - 비행 계획 및 비행 중 운항에 대한 전지구적 커버리지를 포함하는 향상된 기상 정보
 - 모든 유형의 위험 기상에 대한 향상된 4차원 정보
 - 공항 및 터미널 지역 운영을 위한 고해상도 4차원 기상 정보

○ 연구 분야

- 얼음 결정 아이싱 및 에어프레임 아이싱
- 난류, significant convection
- 저준위 윈드 시어 및 웨이크 볼텍스의 검출 및 예측
- 안개를 포함한 낮은 가시성
- 우주 기상
- 대기 에어로졸 및 화산재
- 관측 방법 및 사용의 진보
- seamless nowcast 및 수치 기상 예보
- 확률론적 예측과 통계적 방법
- 이러한 연구개발이 안전하고 효율적인 항공 운송 시스템에 기여하기 위해서는 다음 사항에 대한 추가 연구가 필요

- MET 연구의 검증 및 검보정을 지원하기 위한 데이터, 특히 항공기 기반 관측데이터에 대한 접근 개선
- 연구에서 검증에 따른 운영으로의 전환을 가속화하고 전달하는 방법
- 리스크 관리에 대해 '불확실성'을 전달(이는 향후 연구와 지침이 필요한 과제로 남아 있음)
- 항공 운송 의사결정이 MET(위험)에 얼마나 민감한지에 대한 이해

□ 통합, 유스케이스, 적합성 및 서비스 제공

- 기상 정보를 글로벌 상호운용 가능한 항공 교통 관리(ATM) 시스템에 통합하는 문제는 관측, 예측, 권고 및 경고 개선과 밀접하게 관련되어 있음
- 상황 인식 향상을 확실히 하기 위해서는 시스템 전반의 정보 관리(SWIM) 기반의 MET 정보 교환이 필수적
- 전략·사전·전술적 ATM 의사결정 지원이 가능하며, 협업 의사결정(CDM)과 궤적 기반 운영(TBO) 등의 개념 지원 가능
- MET 정보 통합에 대한 운영 이해당사자 지원과 관련하여 고려 중인 연구 분야
 - 조종석 내 및 온보드 MET 기능
 - 터미널 영역 및 영향 기반 예측
 - 항로 위험요인 정보 시스템
 - 영향 및 위험 평가를 위한 MET 정보의 번역
 - 공동 의사 결정(CDM)
 - 항공 교통 흐름 관리(ATFM) 및 네트워크 관리
 - 궤도 기반 운영(TBO)
 - 비행 계획 및 사용자 지정 경로 지정
 - 기후에 최적화된 궤적을 위한 MET 정보 사용
- 추가 연구 분야
 - MET 및 ATM 커뮤니티 내 및 전체에서 개선되고 긴밀한 협업을 확립하는 방법
 - 더 높은 품질, 더 사용 가능한 예측을 제공하는 앙상블 접근법을 통한 MET 매개변수의 blending이 추구되어야 함. 또한 적절한 검증과 교정이 있는 확률론적 방법론을 적용하여 사용자에게 예측 불확실성 범위를 제공해야 함.
 - ATM에 대한 MET 지원을 최적화하기 위한 기계 학습
 - 조종사 및 기타 이해당사자에게 조화로운 MET 정보를 제공하는 시스템에 대한 새로운 표준화 요구 사항
 - 더 자동화된 ATM 운영 환경이 표준이 될 때 최종 사용자를 위한 교육 또는 교육 요구 사항

□ 기후 변화 및 변동성이 항공에 미치는 영향

- 날씨와 관련된 일상적인 운영 고려사항, 정보에 필요한 개선사항 및 이 정보가 통합될 수 있는 방법 외 기후 변화와 항공에 미치는 영향 및 운영 MET 정보에 대한 잠재적으로 변화하는 니즈에 대한 고려사항도 있음
- 지구 대기의 가변성의 일반적 측면을 포함하여 이러한 측면을 다루기 위해 고려 중인 구체적인 연구는 다음과 같음
 - 제트 스트림 위치와 강도 및 CAT를 포함한 관련 현상의 변화와 같은 예상 기후 변화 영향에 대한 인식 구축
 - 극단적 기상 이벤트 및 공항의 영향 변화
 - 일반적인 시나리오(폭풍 서지, 폭염, 가시성 제도 등)의 빈도 및 강도 변화
 - 기체/항공기 복원력 표준 및 인증의 재평가
 - 지역 및 소규모에 대한 항공 영향의 다운스케일링에 초점
- 이를 지원하기 위한 추가 연구 고려사항
 - 기후변화의 잠재적 영향과 지상과 대기의 항공 운항에 대한 가변성이 국지적 수준으로 하향 조정되어야 함
 - 극한 기후 이벤트의 완화 및 기후 변화에 대한 적응은 물리적 및 사회적 과학 모두를 포함하는 다원적 노력을 요구함
 - 기후변화에 대응하려면 항공 이용자의 입장에서 높은 수준의 융통성이 필요함. 영향을 많이 주는 극한 기후 이벤트의 발생은 증가할 것으로 예상되지만, 빈도는 낮을 것임. 변화하는 기후 시나리오에서 전 세계적으로 예측되는 항공의 지속적인 성장은 영공 용량에 대한 수요가 증가함에 따라 새로운 과제를 제시할 수 있음
 - 수증기를 포함한 기상학적 변수의 고품질 현장 관측에 대한 가용성과 접근성 향상은 기후 예측 모델 능력 향상의 핵심 요소임. 이러한 데이터의 보존은 기후 예측의 검증 및 교정에 필수적임
 - 기후 시나리오의 변화는 현재의 공항, 구역, 기체 설계 및 운용 표준의 일부를 향후 몇 년 또는 수십 년 내에 불충분하게 만들 수 있음. 과거 기후학적 기록만을 공항의 미래 기후를 나타내는 지표로 사용하는 것은 세계의 기후가 변화하고 있는 (현재) 속도를 감안할 때 불충분할 수 있음

4. 현재의 도전 및 기회

□ 도전

- GANP에 제시된 ATM 니즈는 항공 MET 정보 전달 진화를 고려
- 서비스 제공의 제한사항은 현재의 항공 MET 정보 시스템을 크게 발전시킬 수 있는 추가적인 정당성을 제공

- 이러한 제한사항의 일부를 극복하기 위한 이니셔티브는 최종 목표를 달성하기 위해 추가적인 작업과 조정이 필요
- 이 백서에서는 근본적인 변화가 필요한 과제를 파악하며 주요 당면 과제는 다음과 같음
 - 항공 MET 정보는 보편적으로 이용할 수 없음. 인프라 또는 인적 역량 때문에 일부 국가는 기존의 부속문서 3 의무를 이행할 수 있는 위치에 있지 않음
 - 항공 MET 정보는 모든 국가에서 보편적으로 또는 투명하게 비용이 복구되지 않음. 비용이 회수되는 경우, 종종 불충분한 투명성이 존재하며, 사용자로부터 회수된 이러한 비용은 항공 기상 제공자에게 다시 반영되지 않거나 때로는 공정하고 공평한 관리와 자금조달을 보장하는데 적절하지 않다고 간주됨
 - 거버넌스가 항상 준비되어 있는 것은 아님. 항공 MET 정보 서비스 제공에 관련된 이해관계자의 일관된 관리, 응집력 있는 정책, 지침, 프로세스 및 의사결정권이 항상 가동할 준비가 되어 있는 것은 아님
 - 항공 MET 정보는 항상 가장 비용 효율적인 방법으로 제공되지는 않음. 항공 MET 인프라와 서비스 제공 아키텍처는 1950년대부터 서서히 발전해 온 모델을 중심으로 설계됨. 기존 기능을 갖는 아키텍처의 완전한 재설계와 현재 및 예측된 첨단 과학이 비용 효율적이고 효과적인 서비스를 제공할 수 있음
 - ATM 사용자 요구 사항과 항공 MET 기능 또는 항공 MET 과학의 상태는 종종 양립할 수 없음. 다양한 이유로 ATM 사용자 요구와 현재 또는 예측된 항공 MET 기능이 호환되지 않음. 대부분의 경우 위험관리 의사결정 프로세스를 직접 지원할 수 있는 객관적 수준의 불확실성을 나타내는 정보 대신 불확실성 없이 대기 상태를 정확하게 기술하고자 하는 사용자 커뮤니티의 요구와 관련이 있음
 - 항공 MET 정보는 일반적으로 자동화된 의사결정 지원을 지원하는 객관적이고 정량적인 용어 또는 기계 판독이 가능한 형식으로 표현되지 않음. 관제사, 운영자 및 조종사는 정량화된 기상 정보가 자동으로 통합되어야 하는 자동화된 의사결정 지원 도구에 점점 더 의존하게 될 것임

□ 기회

- 많은 기회들이 이미 존재하거나 앞으로 20년 동안 나타날 것임
- MET 관점에서, 위성 원격 감지, 항공기 관측, 자동화된 지상/표면 기반 관측을 포함한 관측에서의 중요한 변화를 포함
 - 분석과 예측의 품질은 현재 희박한 (지구 대부분의 지역에서) 지표면 기반 관측에 의해 제한되며, 이는 위성 및 항공기 자동 관측에 의해 크게 향상될 것임

- 이러한 플랫폼의 데이터는 더 자주 업데이트되어 공간 및 시간 분해능을 더 많이 가질 것이며, 해양과 데이터 희박한 대륙 지역의 차이를 메울 것임
 - 이러한 개선은 본 문서에서 구상하는 보다 글로벌화된 서비스 제공에 중요함.
 - 그러나 원격 감지가 현재 그러한 매개변수가 누락된 지표면에 근접한 매개변수를 적절히 제공할 수 있을지에 대해서는 불확실성이 존재한다는 점에 유의할 필요가 있음
- 향상된 관측, 수치 예측 모델 및 데이터 분석 기법 개선, 컴퓨터 및 데이터 통신 속도 향상, 데이터 저장 및 데이터 마이닝에 관한 거의 무제한의 가능성 등을 통해 보다 유용한 예측 및 분석이 필요함
 - FIR 경계 전반에 걸친 정보의 일관성, 향상된 정보의 생산 및 보급 비용 절감, 운영 정보가 있는 의사결정 지원 시스템에 MET 통합 등이 이 문서에서 제시하는 글로벌 MET 인프라의 주요 동인임
 - 그러나 이러한 이행을 촉진하기 위한 적절한 비즈니스 모델과 공평한 비용 회수 협정은 필수적임

5. 서비스 제공(전달)의 진화

□ 목적

- 국제 항공 항행을 지원하는 항공 MET 정보 서비스에 대한 많은 중요한 변화가 확인됨
 - 기존의 도전을 해결하는 과학기술의 더 나은 활용과, 4차원 궤적 기반 운영, 성능 기반 계획 및 국제 공역 사용자의 보완 요구를 위한 진화하는 글로벌 ATM 시스템을 지원하기 위함
 - 이러한 변화들은 향후 20년 이내에 시행될 필요가 있음
- 변화에 대한 주요 내용은 다음과 같음
 - 현재 부족한 자원(주로 인프라 및 인력 부족)으로 인해 항공 MET 서비스 제공에 공백이 발생한 전 세계 지역에서 제공되고 있는 항공 MET 정보의 가용성과 품질을 개선함
 - 위험 관리 및 운영 의사결정 시스템에 통합하기 위한 사용자 요구를 충족시키는 비용 효율적이고 일관적이며 글로벌하게 조화를 이룬 방식으로 기존 및 신규 필수 항공 MET 정보를 모두 제공함

□ 20년 후의 서비스 제공(전달)

- 향후 20년 후의 항공 MET 정보 전달 모델은 필요한 항공 MET 정보를 제공하기 위한 새로운 기능의 구축을 포함하여, 전지구적, 지역적, 국지적으로 항공 MET 서비스 제공자의 역할, 책임 및 기능에 대한 중대한 변화를 반영하기 위해 구상되고 있음

※ 이행해야 할 변화의 핵심은 때로는 국경 없는 서비스 제공 개념으로 언급되는 현상 기반 서비스 제공 개념임

- 현상 기반 서비스 제공(PBSP, Phenomenon-based service provision)
- 시카고 협약은 국제항공항행과 운항을 가능하게 하면서 국가들이 자국 영토 위의 영공에 대한 완전하고 배타적인 주권을 존중하였음(시카고 협약 제1조)
 - 이것은 국가 단위로 항공 교통 서비스(ATS)와 항공 MET 서비스를 제공하는 체계로 잘 짜여진 결과를 가져왔지만 협약이 발효된 지 불과 15년 만에, 국가에서 국제 항공 항해를 지원하기 위한 서비스를 제공하는 것이 항상 가장 효과적이거나 효율적인 방법론은 아니라는 것이 인정되었음
 - 그 결과, 1960년대 초에 다국가 ATS 및 흐름 관리 규정에 관한 다양한 이니셔티브가 시작됨
 - 국제 항공 항행을 지원하는 항공 MET 정보 제공에서도 유사한 발전이 관찰됨
 - 가장 주목할 만한 것은 1980년대 중반부터 2000년대 중반까지 비행 계획 목적으로 글로벌 항공 MET 공역 예측을 제공하는 단일 기능으로서 세계 지역 예측 시스템(WAFS)과 그 센터(WAFCs)의 구축임.
 - 열대 사이클론 자문센터(TCACs)와 화산재 자문센터(VAACs)와 같은 지역 자문 기능도 구축됨
 - 이러한 글로벌 ICAO 시스템의 구축은 비행의 안전성과 효율성 향상에 효과적이고 효율적인 기여를 함
 - 서비스 제공 개선은 각각의 책임 영역을 정의하는 데 있어서 여전히 강력한 '지리적 기반' 접근법(ICAO 지역 또는 국가 및/또는 각 FIR의 그룹)을 반영하고 있음을 인식해야 함
 - 현재와 20년 후 예상되는 상황 사이의 중요한 차이점은 이러한 모든 기능이 최종 사용자 커뮤니티에 직접 서비스(현재 ICAO 표준이 아님)를 제공할 수 있는 위치에 있는 통합된 글로벌 시스템으로 발전한다는 것임
 - 현재는 WAFS 산출물만 최종 사용자가 직접 사용할 수 있음
 - VAAC와 TCAC와 같은 다른 기능은 주로 SIGMET 제공 책임을 지원하기 위한 MET Watch Office들을 지원하기 위해 설치됨
 - 그러나 최종 사용자는 VAAC 및 TCAC 경고 산출물에서 직접 가이드런스 산출물을 가져가는 경우가 증가하고 있으며, 지역적으로 사용이 편리하고 항공사에 의해 국가 당국에서 인정을 받고 있으므로 이러한 관행이 현행 부속문서 3 규정의 범위를 벗어난다는 점을 인식해야 함
 - 항공 MET 서비스 제공자 역량 관점에서 보면, 수십 년 동안 제한된 수의 제공자만이 글로벌 또는 지역 항공 MET 기능에 대한 전 세계 항공 운송 개발 요구의 대부분을 충족시키기 위해 필요한 기술 및 정보 능력을 보유했을 것으로 관측됨

- 2010년부터 추가 제공자들은 지역 또는 글로벌 항공 MET 정보에 요구되는 서비스 품질을 제공할 수 있는 능력을 보유
 - 이러한 맥락에서 "제공자"라는 용어는 개념적이고 적절한 기능을 수행하기 위해 지정된 "제공자의 컨소시엄"의 개념을 배제하지 않는다는 것을 이해해야 함. 따라서, 그 개념은 물리적으로 하나의 제공자가 되기 보다는 저작성을 더 반영하고 있음
 - 이러한 변화는 다음 단락에서 논의되는 항공 MET 정보 전달 프레임워크가 향후 20년 동안 어떻게 진화할 것인지에 중대한 영향을 미칠 것임
 - MET/14 권고안 2/9의 후속 조치로서 도입된 서비스 제공의 가장 큰 개념적 진화 단계 중 하나는 (ICAO 항공 항법 위원회(ANC)가 승인하고 2014년 말 이사회가 승인) 언제 어디서나 가능한 항공 MET 정보의 현상 기반 서비스 제공을 향한 움직임임
 - 이러한 현상 기반 서비스 제공의 개념은 다음 네 가지를 고려
 - MET 현상의 4차원
 - 관련 정보에 대한 요구되는 서비스 품질(QoS)
 - 정보 제공 위한 과학의 상태를 포함한 필수 항공 MET 기능
 - 거버넌스와 비용회복을 위한 방안 마련
- ※ 위 4가지 측면을 고려하여 개발하면 2020년부터는 2030년까지 완성해야 할 현상 기반 서비스 제공 개념 도입 가능
- 기존 지역별로 생성되는 권고사항이 글로벌 제공으로 전환되면서 위험 MET 현상에 대하여 현상 기반 서비스 제공 개념의 상당한 진전이 곧 있을 것으로 예상
 - 그러나 각 FIR에 대해 SIGMET를 발행하는 기준에서 선택된 현상을 제거하고, 이러한 광범위한 책임을 ICAO 시스템에 위임하도록 규정과 지침이 개정되기까지는 적어도 2020년까지 소요
 - 이와 병행하여, 모든 이해관계자가 지역적 또는 국제적 기능에 의해 발행된 정보를 모든 관련 의사결정에 대해 권위 있는 것으로 사용할 수 있도록 하는 국경없는 서비스 제공 접근방식을 지원하기 위한 새로운 조항이 도입될 필요
- ※ 위험 기상 조건 선택에는 뇌우, 결빙, 난류 및 산파(mountain wave)가 포함되지만 화산재와 열대성 사이클론은 제외

○ 핵심 MET 서비스 제공 대비 항공기상 제공

- 현상 기반 시스템으로 진화하는 주요 개념, 즉 국제 항공 항행에서 요구하는 항공 MET 정보 서비스 제공을 위한 보다 조화롭고 표준화된 접근법은 광범위한 제안
- 현재 지정되어 있는 항공 MET 서비스 제공 기관(National MET Service)의 향후 역할과 자금 조달에 관한 여러 가지 문제 제기
- 경계 없는 현상에 기반한 접근법을 구현하려면 항공 MET 정보 서비스

제공을 어떻게 고려해야 하는지에 대한 추가적 고민 필요

- 보다 중앙 집중화된 방식으로 그러한 서비스를 제공하는 데 필요한 과학과 능력보다는 국제 항공 항행을 위한 항공 기상 지원을 위해 각국이 그들의 핵심 MET 시설과 서비스를 어떻게 구조화하고 재정적으로 조달할 수 있는지에 더 관련이 있음.
 - 2020년부터 ICAO와 세계기상기구(WMO)는 국가가 직접 국제항공항행(MET)에 MET 서비스를 제공하지 않더라도 국가의 핵심 MET 시설 및 서비스와 관련된 공평한 비용이 민간 항공에서 회수될 수 있음을 인정하는 지침 원칙을 개발할 것으로 예상
- ※ 글로벌 또는 지역 항공 MET 정보 제공을 지원하기 위한 실시간 비항공 특정 관측 데이터의 제공이 비용을 회수할 수 있도록 보장해야 함
- WMO가 MET 관측 정보뿐만 아니라 지역 및 세계(위험) 기상센터에 관측 정보를 전달하는 데 필요한 핵심 시설과 관련하여 각국에 대한 세부 요건을 개발하도록 요구할 것임
 - 미개발 된 국가들 중 다수는 이러한 요건을 충족시키기 위해 상당한 투자를 요구하므로 결과적으로 필요한 모든 데이터를 제공할 수 없을 수 있다는 점에 유의해야 함
 - 결과적으로, 직접 또는 간접적으로 항공에 대한 MET 정보 제공을 지원하기 위해 제공되는 핵심 MET 정보의 가용성과 품질을 개선하기 위한 역량 구축 프로그램 또는 데이터 획득에 대한 다른 접근법이 여전히 요구될 것임

○ Annex 3 이외의 사용자 요구 사항

- 현재, 부속문서 3 요건에 근거하여 제공되는 MET 정보 및 서비스 제공과 ICAO 이외 약정에 근거하여 사용자에게 제공하는 MET 정보 서비스 사이에는 명확한 차별화가 존재
- 향후 20년간, 안전하고 효율적이며 시의 적절한 국제 항공 항행을 보장하는 데 필요한 정보와 개별 이해관계자 또는 이해관계자 그룹이 구체적인 이익을 얻기 위해 보는 정보 사이의 이러한 분리는 변하지 않을 것으로 예상
- 그러나 이해관계자 또는 이해관계자 집단이 특정한 편익을 위해 사용하는 증강 또는 새로운 정보서비스가 어느 정도 더 큰 지역사회와 관련되고 사실상의 국제항공항행의 요구사항이 되는지에 대해서는 논의가 계속될 것으로 예상

※ 부속문서 3 조항에서 포함할 필요가 있을 수 있는 서비스로 진화

- 일부 요구가 지역적 또는 특정 이해당사자 그룹에 대한 것임을 고려할 때 이는 성능 기반 요구사항의 목적에 더 적합하게 될 것임
- MET 정보 서비스가 부속문서 3 조항과 기타 약정에 기초하여 존재한다는 것을 받아들이면, 항공 MET 제공자들이 어떻게 수익을 창출할 것인지 전체적인 맥락은 지속적으로 진화할 것임

○ MET 제공자 수익 및 선택 원칙

- 부속문서 3의 범위나 이 외의 정보 서비스 유형과 무관하게, 정보 제공자가 전체 비용을 회수해야 하는 방법은 여러 가지 다른 접근방법의 적용을 받음.
- ※ MET의 비용 배분은 국가 예산에 의해 부분적 또는 전체 재원을 조달하는 국가의 결정에 따름. 전체 자원 조달의 경우 MET를 무료로 이용할 수 있음. (참조 Manual on Air Navigation Services Economics §5.72 (Doc 9161).)
- 전통적인 접근방식은 Manual on Air Navigation Services Economics (Doc 9161)에 근거한 투명한 비용 회수 원칙 적용
- 향후 20년 동안 유의미한 고려 요인은 시장 원칙을 항공 MET 서비스 제공에 더 많이 적용하는 것임. 오늘날 소비자와 제공자는 일반적으로 ICAO 부속문서 3에서 규정한 서비스의 범위의 고려되는 항공 MET 정보를 교환
- ※ 예를 들어 항공사는 MET 서비스 제공업체로부터 시장 원칙을 적용하는 서비스를 제공받으며, 때로는 부속문서 3 관련 서비스의 지정 제공자인 국립기상청(National Measurement Service)에 상주
- 국가는 비용을 회수하기 위해 국가와 제공자 사이의 시장 원칙을 향해 점진적으로 나아가야 할 것임. 이는 기존 제공자가 아닌 다른 제공자가 이해관계자를 위해 최고 최선의 (비용 효율적인) 서비스를 제공하는 것을 목표로 부속문서 3의 관점에서 MET 정보 서비스를 제공할 수 있는 기회를 부여할 것임
- 또한, 이해관계자에게 정보를 제공하는 새로운 기술과 수단을 채택하는 관점에서, 서비스의 제공자와 기초 기능들이 시장 상황에서 이러한 서비스를 제공할 가능성은 매우 높음
- ※ 비행기에 MET 정보 데이터 링크 제공과 관련이 있음. 국가는 자체 데이터 링크 서비스를 개발하 기보다는 전 세계적으로 빠르게 발전하고 있는 시장원리에 기반한 서비스에 의존할 가능성이 높음.
- 따라서 향후 수십 년간의 항공 MET 서비스 제공의 진화는 글로벌 이니셔티브의 관리와 항공 MET 정보 시장을 포함하여 적용할 수 있는 이니셔티브의 자금 지원을 포함하여 새롭게 예상되는 기능의 운영 거버넌스의 다양한 모델을 고려할 필요

□ 항공기상정보 전달 프레임워크

○ 글로벌 ICAO 항공 MET 정보 전달 프레임워크

- 글로벌 항공 MET 정보 센터(GMC) 및 지원 전문 예측 센터(SFC)
- 공항 예보 센터(AFC)
- 공항 MET 스테이션(AMS)
- ※ 향후 20년 이내에 위 요소를 중심으로 한 프레임워크가 개발되어 국제 항공 운항을 위한 이음새없는 국경 없는 항공 MET 정보 서비스를 제공하는 시스템을 구축할 것으로 기대

< 글로벌 항공 MET 정보 센터(GMC) >

○ 개요

- 글로벌 항공 MET 정보를 전달하기 위한 프레임워크는 각각 특정 현상 예측을 전문으로 하는 GMC(Global Aeraiology MET Information Centers)의 네트워크로 구성
- 2024년까지 이들 GMC는 밀접하게 협력하여 사용자가 서로 다른 센터의 정보를 원활하게 사용할 수 있도록 합의된 QoS 표준에 완전한 조화를 이룬 서비스 세트를 제공.

※ 사용자 관점에서 국가나 GMC가 결과물을 제공하는 것에 대해서 차별화 없음.

- WAFS를 제외한 역사적 세분화 접근방식과는 달리, GMC의 네트워크는 서비스를 제공하는 통합된 시스템임.
- 진화하는 요건에 따라, GMC 네트워크의 최종 상태는 한 번에 하나의 글로벌 듀티 센터가 될 수 있으며, 핫 백업 센터와 콜드 백업 센터가 동시에 배치되거나 배치되지 않을 수 있음.
- GMC 항공 MET 정보 서비스는 인증된 것으로 사용자가 의사결정을 위해 직접 사용할 수 있음. 이는 공통적인 글로벌 참조를 가능하게 하며, 운용자와 기타 항공 행위자가 사용하는 정보와 관련하여 운용자와 기타 항공 행위자 간의 일관성을 유지

○ 정보 서비스 범위

- 기존 WAFS 시스템이 제공하는 모든 항공 MET 정보를 고해상도로 제공
- 이전에 VAAC와 TCAC가 제공한 모든 정보를 제공.
- ※ TCAC의 기능은 WMO 열대 사이클론 경고 센터와 밀접하게 관련되어 있으며, TCAC의 진화는 WMO와 조정되어야 한다는 점에 유의
- GMC가 제공하는 정보 서비스는 완전한 4차원 궤적 기반 운영과 기타 국제 항공 요인에 대한 요구에 세밀하게 조정

○ 전환기적 고려사항

- 현존 ICAO 시스템은 다양한 전문 역량을 구분하는데, 본 백서에서 '특화 예측 센터(SFC)'라고 하며, MET 정보 서비스의 범위는 다음과 같음.
 - 화산재 전문 자문 센터 – VAAC; 9개의 VAAC로 구성된 국제항공 화산감시시스템(IAVW)은 30년 동안 성공적으로 운영되고 있음. 그 결과, 화산재와 가스 이동 특성에 관한 지식이 잘 발전되어 있음.. 이러한 역량과 역량은 전반적인 기상 이해의 필수적인 부분
 - 열대성 사이클론 자문 센터 –TCACs; 열대 저기압의 발달, 이동, 붕괴를 둘러싼 기상학은 수십 년 동안 기상학 분야에 내재되어 왔음.
 - Space Weather Centres – SWCs (2018년 11월 이후); 2020년 이전에 공식화

될 것이며, 기존의 항공 MET 전문지식과 기술 분야 이외의 능력과 능력으로 구성. 이들 센터는 ICAO 문서에 정의된 대로 할당된 전문 센터로 당분간 운영될 가능성이 높음.

< 글로벌 Initiatives 거버넌스 >

- GMC의 설립과 함께 글로벌 서비스 제공 거버넌스의 새로운 국면이 도입될 것임.
- WAFCs, VAACs, TCACs를 설립하던 1990년대와 비교했을 때 지역 또는 글로벌 기능의 전통적인 선택과 거버넌스에 다른 접근방식을 도입해야 함.
- 전통적인 거버넌스는 항공 MET 능력에 기초하여 지역적 또는 국제적 기능을 제공할 수 있는 위치에 있는 몇몇 국가만이 있다는 이해에 기초함.
- 이러한 관점에서, 국가들은 ICAO로부터 이러한 서비스 제공을 요청받았고 항공 항행국에 보고하는 전문가 그룹과 2015년부터 항공 항법 위원회에 보고하는 METP 전문가들에 의해 거버넌스됨.
- 향후 GMC를 제공하는 국가가 예측 정확성뿐만 아니라 글로벌 항공 항행 계획에 명시된 지속적인 서비스 개발에 대한 복원력 및 약속에 대한 정확한 QoS 요구사항을 준수함을 입증해야 할 것으로 예상됨.
- ICAO와 METP가 글로벌 항공 MET 정보 제공의 개발과 최적화를 계속하기 위해 수행하는 작업과 함께, 글로벌 이니셔티브의 관리와 그러한 이니셔티브의 자금후원을 포함하여 새롭게 예측되는 기능의 공식적인 운영 거버넌스를 고려할 필요가 있음.
- 이러한 글로벌 항공 기상 운영 거버넌스 프레임워크의 원칙은 부속문서 3에 확립되어야 하며 ICAO 및 WMO간 업무 협정(Doc. 7475)에 자세히 설명되어야 함.
- 이 거버넌스 프레임워크는 자금조달을 포함한 SFC와 GMC의 선택된 제공자의 선택, 제거 및 관리를 고려해야 함.
- GMC와 SFC의 종료 상태를 지원하기 위한 예비 준비가 2022년부터 시행되어야 함.

< 공항예보센터(AFC) >

- 개요
 - 2018년에 알려진 전통적인 공항 MET 사무소(AMO)의 책임은 GANP의 도입을 통해 정의된 공항(중양점으로부터 반경 16km)보다 넓은 면적을 포함하도록 증

가됨.

- 이러한 업무는 AMO로부터 발전한 AFC에 의해 수행됨. (터미널 이동 영역 (TMA)에 대한 예측 정보를 제공하는 책임)
- 이러한 TMA는 각 공항마다 크기가 다르며, 공항을 이용하는 운영 특성이며, 완전한 4차원 궤적 기반 운영의 확장된 요구사항을 반영함.
- 정보 서비스 범위
 - TMA와 확장된 TMA 항공 MET 정보와 경고를 제공하는 책임은 실시간 관찰 의무와 함께 국가의 핵심 책임으로 남아 있음. (AFC의 업무를 통해 달성)
 - 2020년부터, ICAO는 더 큰 효율성을 달성하기 위해 필요한 TMA 항공 MET 정보를 생산하기 위해 각 국가가 그들의 항공 MET 기능을 중앙 집중화하도록 점점 더 장려할 것임.
 - 2030년에는 단일 중앙집중형 AFC가 있는 국가를 찾는 것이 일반적이지만, 일부 대형 국가는 물류상의 이유로 여러 AFC 사이트를 유지함.
 - AFC는 종종 그들이 책임지고 있는 공항지역으로부터 떨어져 있을 것임.
 - TMA 위치가 중복되거나 근접한 경우, 국가 당국은 TMA가 인접한 국가 내에 존재하는지 여부에 관계없이 그들이 제공하는 TMA 항공 MET 정보가 인접 TMA와 조화를 이루도록 보장해야 함.
 - 중요한 것은, 국가는 AFC에 의해 생산된 TMA 항공 MET 정보가 항공 MET 정보를 제공하는 GMC(및 SRFC)와 조화를 이루도록 보장해야 하며, 따라서 대기의 공간적 및 시간적 MET 그림이 완전히 일치해야 함.
 - AFC 정보는 IWXM 호환 형식으로 제공되며 사용자가 직접 사용하여 AMS 정보에서 실시간 그림과 대조되도록 예측 TMA 그림의 실시간 동적 3D MET 그림을 구현함(아래 참조).
- 거버넌스
 - 공항과 지원 위치에서 실시간 관측 네트워크와 함께 운영되는 AFC 운영의 책임과 거버넌스는 부속문서 3에 정의된 국가의 책임으로 남아 있음.
 - 그러나 2030년에는 소규모 국가가 단일 공유 관리 및 자금 지원 시스템 내에서 AFC와 AMO 의무 모두에 대한 공동 접근법을 갖는 것이 일반적일 것임.

< 항공 MET 스테이션 >

- 개요
 - 전통적인 공항 MET 스테이션(Amodrome MET Station, AMS) 개념은 2030년에 계속되지만 응용 분야에서 현대화됨.
- 범위
 - 거의 독점적으로 공항과 공항의 TMA 주변으로부터 실시간 항공 MET 관측 정

보를 자동 시스템에 의해 제공

- 이 시스템은 임의 거리(cloud height and location, slant range visibility on the extended centre line, background turbidity, vertical wind profiles, etc.). 에서 MET 매개 변수를 감지할 수 있는 통합 능력을 갖추고 있음.
- 정보는 IWXXM 호환 형식으로 제공되며 사용자가 직접 TMA의 실시간 동적 3D MET 그림을 제작하여 예상 그림과 대비함.
- 거버넌스
 - 공항예보센터(AFC) 거버넌스 참조

□ System Wide Information management – SWIM

- SWIM(System Wide Information Management) 개념
 - ICAO Doc 10039에 SWIM의 정의, 범위, 목적 및 운용에 관한 내용이 수록
- 향후 20년간 항공 MET 정보 유통과 접근성을 크게 개선하여 잘 구축될 것임.
- SWIM IT 시스템이 항공 MET Information을 포함한 운용 ATM 정보 교환의 복잡성에 대처할 수 있도록 하는 "상호운용성 환경"을 조성해야 하는 과제를 해결할 것임
- SWIM의 등장으로 항공 MET 정보의 제공자와 소비자 수가 증가하고 있으며 앞으로도 계속될 것임
- 이해관계자들은 전 세계 모든 항공 관측 정보를 포함하여 광범위한 글로벌 정보에 쉽게 접근할 수 있음
- 이 정보는 표준화된 디지털 형식으로 제공되어 항공 시스템으로 쉽게 수집될 것임
- SOA의 구현과 함께, 결과적으로 민첩하고 빠르게 진행되는 소프트웨어 개발 환경은 SWIM에 의해 가능하게 된 항공 MET 정보가 가지는 가치를 더욱 강조할 것임
- 자체 항공 MET 부서나 파트너를 통해 항공 MET 정보를 자체 운영에 맞춤화할 필요가 있는 글로벌 주요 항공사의 이니셔티브를 더욱 지원함
- 제공자와 소비자를 위한 SWIM 접속은 ICAO 거버넌스 원칙의 적용을 받게 됨
- 이 거버넌스는 정보 및 서비스의 품질이 알려지고 정보의 사용이 잘 정의된 인증된 사용자 집합 내에서 이루어지도록 보장
- SWIM 기반 정보 교환은 OPMET 데이터 베이스 시스템, SADIS(WIFS) 등 기존의 지역 및 글로벌 ICAO MET 정보 교환 시스템을 모두 대체
- 그러나 기존의 OPMET 데이터뱅크 주변의 구조는 항공 MET 특유의 지역적

기여로 전환될 것임

6. ICAO-WMO 협력

□ ICAO 및 WMO간 업무협약(long-standing working arrangement)

- 항공기상학 분야에서 양 기관 각각의 활동 영역을 기술하기 위해 양 기관이 합의된 이해를 기록
- 필요할 때 협업을 위한 장치들을 제공
- 양 기관의 대표 기구 및 사무국의 회의 수행에 대한 지침을 제공
 - ※ 실무협정은 국제연합과 ICAO 간 협정 제17조 또는 국제연합과 세계기상기구(WMO) 간 협정 제14조에 언급된 공식적인 기관간 합의의 범주에 포함되지 않음.

□ ICAO 및 WMO의 역할 및 책임

- 인증된 목적 적합성 항공 MET 정보를 제공받을 수 있는 최종 사용자 기대치를 충족을 위하여
- MET 정보 서비스 제공 환경 발전에 따라 WMO 및 ICAO간 항공 MET 영역에서의 다양한 역할과 책임에 대한 이해를 보완 수정

□ 수정 업무협약에 반영될 ICAO 및 WMO간 이슈 해결

- ICAO 및 표준화 기관간 채택된 유사한 접근방식으로 이어져야 함.
 - ※ ICAO가 발행한 문서인 백서의 관점에서, WMO와 그 구성원의 역할과 책임은 4가지 주요 기능의 관점에서 이해되어야 함. 조직으로서 및 구성원을 통한 WMO는 아래를 제공함. (1) 전문성 센터를 제공; 항공 MET 서비스 제공에 필요한 전문지식과 역량을 제공해야 함.(주로 최빈국(LDC)), 2) 표준화 기구(Standardization Organization Organization); 항공 기상학을 포함한 기상학과 관련된 모든 문제에 대한 표준화 기구(Standardization Organization)로서 역할, 3) 핵심 인프라 제공자; WMO 회원국이 코어 및 항공 기상학을 지원하는 총체적 MET 인프라를 운영하고 발전시키도록 관리 및 지원, 4) 항공 MET 기능 제공자; ICAO 항공 기상 기능을 운영하는 WMO 구성원 관리하고 및 활성화시키는 것
- ICAO 외부 명세(WMO에 의한 개발 및 유지관리)는 ICAO 조항에서 간단히 언급되며 승인 대상이 됨
 - ※ 이러한 방식은 현재 표준으로써 두 기관이 공식 문서에서 조항을 중복할 필요성을 완전히 제거

7. 제약 사항

□ 향후 항공 MET 정보 서비스 제공은 아래의 두 가지 중대한 제약조건

- 항공 MET 역량 부재
 - GMC와 SFC로의 진화 및 AFC와 AMS를 지원하는 것은 점진적으로 이용 가능할 것으로 추정되는 항공 MET 능력을 필요로 함

- 이는 우선 이러한 능력을 구현하거나 능력을 개발하기 위한 자금조달의 가용성을 요구함. 필요한 기능이 부족할 경우 중간 SFC에서 GMC로의 전환이 지연될 수 있음
- 정치적, 제도적 장벽
 - GMC와 SFC로의 진화 및 AFC와 AMS를 지원하는 것은 각 국가가 전통적으로 개별 국가와 함께 했던 역할과 책임이 통제된 방식으로 다른 국가나 조직에 위임될 수 있다는 것을 받아들여야 함
 - 예를 들어 GMC에 의해 관련 국가 외부에서 생산된 정보는 전통적으로 국가 영토 내에서 생산되었던 정보만큼 권위적이고 본질적으로 목적에 적합하다는 기본 원칙을 포함함

8. 요약

- METP 백서는 기상 서비스 제공이 향후 20년 동안 어떻게 진화할 것인지에 대한 높은 수준의 이해를 제시
- 개념 개발을 포함한 보다 상세한 구현 계획으로 나아가기 위한 추가 작업을 지원하는 지표와 방향을 제공
- 이 지표와 방향은 MET 서비스 제공과 관련된 개정 또는 새로운 조항을 개발하기 위해 ANC가 제시한 목표에 기초하여 METP가 작업 프로그램을 구상할 때 고려해야 할 중요한 지침임

부록 8. 국토부 과제 내역

※ 국토교통부 항공 관련 R&D 과제 리스트(7개 사업영역)(2010년 이후)

| 과제명 | 총연구기간 | 총연구비 (천원) |
|---|----------------------------|--------------|
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 9,129,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 2,275,590 |
| 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축 | 2020-04-21 ~ 2023-12-31 | 3,940,360 |
| 항공보안장비 성능인증제 추진을 위한 시험인증기술개발 | 2019-04-26 ~ 2023-12-31 | 3,840,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2022-12-31 | 4,632,333 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 1,198,000 |
| 미래형 자율비행 개인항공기 인증 및 안전운항기술개발 | 2019-04-01 ~ 2023-12-31 | 6,531,450 |
| 소형 무인비행기 인증기술개발 | 2019-04-30 ~ 2023-12-31 | 11,550,244 |
| 회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 4,381,000 |
| 공공임무용 무인이동체 탑재 임무SW 및 지상운용 SW 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,535,000 |
| 공공임무용 무인이동체 통합기술관리 및 시험평가체계 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,668,060 |
| 무인비행장치를 활용한 산불 대응체계 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 1,017,334 |
| 무인이동체기반 접근취약 철도시설물 자동화점검시스템 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 2,946,674 |
| 소형 무인비행장치를 활용한 다중이용시설 사고예방 및 안전 확보 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 1,035,000 |
| 우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 1,016,000 |
| 하천조사 및 모니터링 특화 드론 플랫폼 기반 하천관리 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 6,236,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 20,543,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,806,672 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 5,623,000 |
| 항공보안장비 성능인증제 추진을 위한 시험인증기술개발 | 2019-04-26 ~ 2023-12-31 | 960,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2021-12-31 | 4,802,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,787,000 |
| 미래형 자율비행 개인항공기 인증 및 안전운항기술개발 | 2019-04-01 ~ | 2,195,106 |

| | | |
|---|----------------------------|------------|
| | 2023-12-31 | |
| 소형 무인비행기 인증기술개발 | 2019-04-30 ~ 2023-12-31 | 2,474,950 |
| 회전의항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 3,793,000 |
| 공공임무용 무인이동체 탑재 임무SW 및 지상운용 SW 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,368,000 |
| 공공임무용 무인이동체 통합기술관리 및 시험평가체계 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,502,000 |
| 무인비행장치를 활용한 산불 대응체계 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2019-10-27 | 106,680 |
| 무인비행장치를 활용한 산불 대응체계 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 568,230 |
| 무인이동체기반 접근취약 철도시설물 자동화점검시스템 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,018,668 |
| 소형 무인비행장치를 활용한 다중이용시설 사고예방 및 안전 확보 기술개발 | 2019-06-01 ~ 2021-05-31 | 677,640 |
| 우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술개발 | 2019-06-01 ~ 2021-05-31 | 569,400 |
| 우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2019-10-27 | 106,700 |
| 하천조사 및 모니터링 특화 드론 플랫폼 기반 하천관리 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 819,664 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 19,471,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 6,439,891 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 | 2015-12-29 ~ 2021-05-28 | 2,851,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2020-07-31 | 1,760,000 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2018-12-28 ~ 2020-12-28 | 874,154 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 5,738,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2021-12-31 | 7,705,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,825,000 |
| 회전의항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 3,826,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 15,250,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 6,404,880 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 | 2015-12-29 ~ 2019-12-28 | 2,369,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2020-07-31 | 1,492,000 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ | 1,534,900 |

| | | |
|---|----------------------------|------------|
| | 2018-12-25 | |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 4,212,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2021-12-31 | 2,436,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,059,000 |
| 회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 947,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 21,693,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 5,131,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 2,672,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 4,154,029 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2018-03-25 | 3,469,334 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2019-09-30 | 3,181,334 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2018-12-25 | 2,547,000 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 2,910,000 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2021-05-31 | 5,848,800 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 6,730,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 5,464,010 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 996,782 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 개발 | 2013-12-26 ~ 2017-09-25 | 4,102,670 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 | 2015-12-29 ~ 2019-12-31 | 4,327,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 721,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2019-09-30 | 1,922,667 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2017-12-25 | 4,718,240 |
| 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 | 2014-10-31 ~ 2016-12-14 | 1,346,000 |
| 항공기 지상이동유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 | 2013-12-26 ~ 2016-05-25 | 4,806,667 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 1,283,000 |
| 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술개발 | 2014-12-24 ~ | 1,662,000 |

| | | |
|---|----------------------------|------------|
| | 2017-06-24 | |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2018-06-09 | 3,177,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 5,767,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 9,965,000 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 개발 | 2013-12-26 ~ 2017-09-25 | 4,107,210 |
| 글로벌 항공데이터 종합관리 망 기술개발(구. 차세대 항공통신 인프라 기술개발) | 2012-12-24 ~ 2017-10-09 | 1,242,666 |
| 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 | 2013-12-26 ~ 2015-06-25 | 1,375,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2019-09-30 | 1,281,334 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2017-12-25 | 2,988,070 |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 900,000 |
| 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 | 2014-10-31 ~ 2016-12-14 | 961,000 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-12-18 | 2,265,000 |
| 항공기 지상이동유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 | 2013-12-26 ~ 2018-07-25 | 2,690,667 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 1,282,000 |
| 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술개발 | 2014-12-24 ~ 2017-12-24 | 1,935,689 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2018-06-09 | 5,127,000 |
| 항공정비기술 분석·공유체계 개발 기획 | 2014-12-24 ~ 2015-10-23 | 96,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 12,195,060 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2017-12-26 | 6,801,601 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 4,098,506 |
| SBAS 개발 구축을 위한 기반조성 연구 | 2013-12-26 ~ 2014-06-25 | 575,000 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 개발 | 2013-12-26 ~ 2017-09-25 | 1,917,420 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발구축 기획 | 2013-10-25 ~ 2014-11-03 | 959,000 |
| 글로벌 항공데이터 종합관리 망 기술개발(구. 차세대 항공통신 인프라 기술개발) | 2012-12-24 ~ 2017-10-09 | 2,045,334 |
| 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 | 2013-12-26 ~ 2015-06-25 | 2,876,000 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ | 3,194,690 |

| | | |
|----------------------------------|----------------------------|------------|
| | 2017-12-25 | |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 2,173,334 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 4,531,000 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-08-26 | 6,563,000 |
| 항공기 지상이동유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 | 2013-12-26 ~ 2018-07-25 | 1,279,000 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2018-06-09 | 2,778,900 |
| 항공정비산업(MRO) 중장기 발전방안 기획 | 2013-12-26 ~ 2014-06-25 | 143,000 |
| 활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발 기획 | 2013-12-26 ~ 2014-06-25 | 124,000 |
| 항공안전기술개발 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 22,653,334 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2016-12-26 | 10,933,704 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 5,404,203 |
| 기후변화 대응 항공온실가스 감축기술개발 기획 | 2012-12-24 ~ 2013-10-23 | 96,000 |
| 운송용 항공기 사고예방기술개발 기획 | 2012-12-18 ~ 2013-10-17 | 96,000 |
| 차세대 항공통신 인프라 기술개발 | 2012-12-24 ~ 2017-10-09 | 1,027,000 |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 2,180,000 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 4,745,000 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-08-26 | 7,058,000 |
| 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 | 2012-12-18 ~ 2013-12-17 | 288,000 |
| 항공안전기술개발 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 27,785,335 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2016-12-26 | 6,995,001 |
| 차세대 지능형 공항시스템 개발 | 2007-12-24 ~ 2012-05-31 | 4,395,815 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 6,282,098 |
| 공항 수화물 자동처리시스템 등 공항운영기술개발 기획연구 | 2011-12-05 ~ 2012-08-18 | 100,000 |
| 민간항공안전기술 인프라 구축 기획 | 2011-12-28 ~ 2012-08-27 | 300,000 |
| 상업용 민간 무인항공기 보급기반 구축 기획 연구 | 2011-12-13 ~ 2012-08-12 | 100,000 |
| 중소형 항공기(Part25급) 국산화 보급기반 구축 기획 | 2011-12-27 ~ | 250,000 |

| | | |
|----------------------------------|----------------------------|------------|
| | 2012-10-26 | |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 1,280,000 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 5,140,100 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-08-26 | 2,405,000 |
| 항공안전기술개발 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 30,306,334 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2016-12-26 | 3,159,887 |
| 차세대 지능형 공항시스템 개발 | 2007-12-24 ~ 2012-05-31 | 7,408,067 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 2,333,001 |
| 미래형 개인용 항공기(PAV) 종합운용체계 기술개발 기획 | 2010-12-23 ~ 2011-06-22 | 100,000 |
| 차세대 항공통신 인프라 기술개발 기획 | 2010-09-30 ~ 2011-03-29 | 100,000 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 4,296,800 |
| 항공기 제동장치 제작 및 정비기술개발 기획 | 2010-12-23 ~ 2011-06-22 | 100,000 |
| 항공사고 위험요인 예측 분석 및 안전관리기법 개발 기획 | 2010-12-22 ~ 2011-06-21 | 100,000 |

| 과제명 | 총연구기간 | 총연구비 (천원) |
|--|----------------------------|--------------|
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 9,129,0000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 2,275,590 |
| 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축 | 2020-04-21 ~ 2023-12-31 | 3,940,360 |
| 항공보안장비 성능인증제 추진을 위한 시험인증기술개발 | 2019-04-26 ~ 2023-12-31 | 3,840,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2022-12-31 | 4,632,333 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 1,198,000 |
| 미래형 자율비행 개인항공기 인증 및 안전운항기술개발 | 2019-04-01 ~ 2023-12-31 | 6,531,450 |
| 소형 무인비행기 인증기술개발 | 2019-04-30 ~ 2023-12-31 | 11,550,244 |
| 회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 4,381,000 |
| 공공임무용 무인이동체 탑재 임무SW 및 지상운용 SW 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,535,000 |
| 공공임무용 무인이동체 통합기술관리 및 시험평가체계 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,668,060 |

| | | |
|---|----------------------------|------------|
| 무인비행장치를 활용한 산불 대응체계 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 1,017,334 |
| 무인이동체기반 접근취약 철도시설물 자동화점검시스템 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 2,946,674 |
| 소형 무인비행장치를 활용한 다중이용시설 사고예방 및 안전 확보 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 1,035,000 |
| 우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 1,016,000 |
| 하천조사 및 모니터링 특화 드론 플랫폼 기반 하천관리 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 6,236,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 20,543,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,806,672 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 5,623,000 |
| 항공보안장비 성능인증제 추진을 위한 시험인증기술개발 | 2019-04-26 ~ 2023-12-31 | 960,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2021-12-31 | 4,802,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,787,000 |
| 미래형 자율비행 개인항공기 인증 및 안전운항기술개발 | 2019-04-01 ~ 2023-12-31 | 2,195,106 |
| 소형 무인비행기 인증기술개발 | 2019-04-30 ~ 2023-12-31 | 2,474,950 |
| 회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 3,793,000 |
| 공공임무용 무인이동체 탑재 임무SW 및 지상운용 SW 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,368,000 |
| 공공임무용 무인이동체 통합기술관리 및 시험평가체계 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,502,000 |
| 무인비행장치를 활용한 산불 대응체계 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2019-10-27 | 106,680 |
| 무인비행장치를 활용한 산불 대응체계 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2021-06-27 | 568,230 |
| 무인이동체기반 접근취약 철도시설물 자동화점검시스템 개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 1,018,668 |
| 소형 무인비행장치를 활용한 다중이용시설 사고예방 및 안전 확보 기술개발 | 2019-06-01 ~ 2021-05-31 | 677,640 |
| 우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술개발 | 2019-06-01 ~ 2021-05-31 | 569,400 |
| 우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2019-10-27 | 106,700 |
| 하천조사 및 모니터링 특화 드론 플랫폼 기반 하천관리 기술개발 | 2019-06-28 ~ 2023-06-27 | 819,664 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 19,471,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 6,439,891 |

| | | |
|---|----------------------------|------------|
| 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 | 2015-12-29 ~ 2021-05-28 | 2,851,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2020-07-31 | 1,760,000 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2018-12-28 ~ 2020-12-28 | 874,154 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 5,738,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2021-12-31 | 7,705,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,825,000 |
| 회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 3,826,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 15,250,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 6,404,880 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 | 2015-12-29 ~ 2019-12-28 | 2,369,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2020-07-31 | 1,492,000 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2018-12-25 | 1,534,900 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 4,212,000 |
| 무인비행장치의 안전 운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 | 2017-04-03 ~ 2021-12-31 | 2,436,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 3,059,000 |
| 회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축 | 2017-04-29 ~ 2021-12-31 | 947,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 21,693,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 5,131,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 2,672,000 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 4,154,029 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2018-03-25 | 3,469,334 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2019-09-30 | 3,181,334 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2018-12-25 | 2,547,000 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 2,910,000 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2021-05-31 | 5,848,800 |

| | | |
|---|----------------------------|-----------|
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 6,730,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 5,464,010 |
| 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 996,782 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 개발 | 2013-12-26 ~ 2017-09-25 | 4,102,670 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 | 2015-12-29 ~ 2019-12-31 | 4,327,000 |
| 무인항공기 안전운항기술개발 및 통합 시범운용 | 2015-12-29 ~ 2021-12-28 | 721,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2019-09-30 | 1,922,667 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2017-12-25 | 4,718,240 |
| 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 | 2014-10-31 ~ 2016-12-14 | 1,346,000 |
| 항공기 지상이동유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 | 2013-12-26 ~ 2016-05-25 | 4,806,667 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 1,283,000 |
| 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술개발 | 2014-12-24 ~ 2017-06-24 | 1,662,000 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2018-06-09 | 3,177,000 |
| 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발 구축 | 2014-10-30 ~ 2022-10-29 | 5,767,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 9,965,000 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 개발 | 2013-12-26 ~ 2017-09-25 | 4,107,210 |
| 글로벌 항공데이터 종합관리 망 기술개발(구. 차세대 항공통신 인프라 기술개발) | 2012-12-24 ~ 2017-10-09 | 1,242,666 |
| 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 | 2013-12-26 ~ 2015-06-25 | 1,375,000 |
| 시스템 기반 항공안전감독지원 기술개발 | 2014-10-31 ~ 2019-09-30 | 1,281,334 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2017-12-25 | 2,988,070 |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 900,000 |
| 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 | 2014-10-31 ~ 2016-12-14 | 961,000 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-12-18 | 2,265,000 |
| 항공기 지상이동유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 | 2013-12-26 ~ 2018-07-25 | 2,690,667 |
| 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 | 2014-10-31 ~ 2020-08-31 | 1,282,000 |

| | | |
|---|----------------------------|------------|
| 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술개발 | 2014-12-24 ~ 2017-12-24 | 1,935,689 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2018-06-09 | 5,127,000 |
| 항공정비기술 분석·공유체계 개발 기획 | 2014-12-24 ~ 2015-10-23 | 96,000 |
| 항공안전기술개발 사업단 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 12,195,060 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2017-12-26 | 6,801,601 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 4,098,506 |
| SBAS 개발 구축을 위한 기반조성 연구 | 2013-12-26 ~ 2014-06-25 | 575,000 |
| 공항수하물처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템 개발 | 2013-12-26 ~ 2017-09-25 | 1,917,420 |
| 국가 비행종합시험 인프라 개발구축 기획 | 2013-10-25 ~ 2014-11-03 | 959,000 |
| 글로벌 항공데이터 종합관리 망 기술개발(구. 차세대 항공통신 인프라 기술개발) | 2012-12-24 ~ 2017-10-09 | 2,045,334 |
| 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 | 2013-12-26 ~ 2015-06-25 | 2,876,000 |
| 차세대 여객 휴대수하물 보안검색 기술개발 | 2013-12-26 ~ 2017-12-25 | 3,194,690 |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 2,173,334 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 4,531,000 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-08-26 | 6,563,000 |
| 항공기 지상이동유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 | 2013-12-26 ~ 2018-07-25 | 1,279,000 |
| 항공용 다변측정 감시시스템(MLAT) 개발 | 2013-06-10 ~ 2018-06-09 | 2,778,900 |
| 항공정비산업(MRO) 중장기 발전방안 기획 | 2013-12-26 ~ 2014-06-25 | 143,000 |
| 활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발 기획 | 2013-12-26 ~ 2014-06-25 | 124,000 |
| 항공안전기술개발 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 22,653,334 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2016-12-26 | 10,933,704 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 5,404,203 |
| 기후변화 대응 항공온실가스 감축기술개발 기획 | 2012-12-24 ~ 2013-10-23 | 96,000 |
| 운송용 항공기 사고예방기술개발 기획 | 2012-12-18 ~ 2013-10-17 | 96,000 |
| 차세대 항공통신 인프라 기술개발 | 2012-12-24 ~ 2017-10-09 | 1,027,000 |

| | | |
|----------------------------------|----------------------------|------------|
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 2,180,000 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 4,745,000 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-08-26 | 7,058,000 |
| 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 | 2012-12-18 ~ 2013-12-17 | 288,000 |
| 항공안전기술개발 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 27,785,335 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2016-12-26 | 6,995,001 |
| 차세대 지능형 공항시스템 개발 | 2007-12-24 ~ 2012-05-31 | 4,395,815 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 6,282,098 |
| 공항 수화물 자동처리시스템 등 공항운영기술개발 기획연구 | 2011-12-05 ~ 2012-08-18 | 100,000 |
| 민간항공안전기술 인프라 구축 기획 | 2011-12-28 ~ 2012-08-27 | 300,000 |
| 상업용 민간 무인항공기 보급기반 구축 기획 연구 | 2011-12-13 ~ 2012-08-12 | 100,000 |
| 중소형 항공기(Part25급) 국산화 보급기반 구축 기획 | 2011-12-27 ~ 2012-10-26 | 250,000 |
| 항공 사고위험 예측 분석 및 정비신뢰성 관리 프로그램 개발 | 2011-12-27 ~ 2015-06-26 | 1,280,000 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 5,140,100 |
| 항공기 제동장치 정비,시험 인프라 기술개발 | 2011-12-27 ~ 2015-08-26 | 2,405,000 |
| 항공안전기술개발 | 2007-12-24 ~ 2016-12-28 | 30,306,334 |
| 스포츠급 경항공기 개발 | 2010-09-27 ~ 2016-12-26 | 3,159,887 |
| 차세대 지능형 공항시스템 개발 | 2007-12-24 ~ 2012-05-31 | 7,408,067 |
| 항공용 위성항행 통신시스템 개발 | 2010-09-30 ~ 2014-09-04 | 2,333,001 |
| 미래형 개인용 항공기(PAV) 종합운영체계 기술개발 기획 | 2010-12-23 ~ 2011-06-22 | 100,000 |
| 차세대 항공통신 인프라 기술개발 기획 | 2010-09-30 ~ 2011-03-29 | 100,000 |
| 항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발 | 2007-12-27 ~ 2014-06-27 | 4,296,800 |
| 항공기 제동장치 제작 및 정비기술개발 기획 | 2010-12-23 ~ 2011-06-22 | 100,000 |
| 항공사고 위험요인 예측 분석 및 안전관리기법 개발 기획 | 2010-12-22 ~ 2011-06-21 | 100,000 |

부록 9. 경제성 분석 관련 자문 추진 경과

□ 1차 자문(10/20) : ETRI 작성 항공기상자료의 가치 분석 자료 자문 의뢰

- 일시/장소: 2020.10.20.(화) 14:00 서울과학기술대
- 참석자 : ETRI 구분준, 서울과기대 안재경
- 주요 전문가 의견
 - 항공기상자료의 가치 분석 자료 검토(ETRI 작성자료) : 가치 분석결과 제시된 수치에 사용된 파라미터 정보를 확인할 필요가 있음.
 - WMO에서 항공기상 관련 경제성분석을 위한 모델을 이용한 방법 검토 필요

□ 2차 자문(11/19) 본 기획에 포함 가능한 경제성 분석 범위 논의

- 일시/장소: 2020.11.19.(목) 15:00 서울과학기술대
- 참석자 : ETRI 안도섭, 구분준, 서울과기대 안재경
- 주요 전문가 의견
 - WMO 모델을 이용한 경제성분석은 자문 수준을 고려할 때 경제성분석 범위가 너무 넓음. -> 경제성 분석(안) 제시하고 향후 필요할 경우 예산 확보 추진 바람직(첨부2)
 - 기존 편익효과 산출(안)에서 기상 예보 부정확에 따른 항공사의 비용손실과 더불어 승객의 비용손실을 고려하는 범위에서 산출 필요
 - 즉, 기상 예보 정확도 향상이 되면 항공사와 승객의 손실이 줄어드는데, 정확도에 따른 손실을 등을 산출하면 좋을 것임(첨부1)

※ 첨부1. 승객 손실액 추정(전문가 제공 자료)

<기상오보로 인한 손실액 관련 국내8개 국적항공사의 제출 자료>

| 구분 | 운항편(건) | 승객(명) | 비고 |
|----|--------|---------|----------------------|
| 결항 | 1,388 | 203,143 | 악천 예보로 결항했으나 운항 가능편 |
| 회항 | 364 | 55,180 | 호천 예보로 운항했으나 회항한 항공편 |
| 계 | 1,752 | 258,323 | - |

- 1인당 국민총소득(GNI, 2019) : 3,743만원
- 월 평균근로시간 : 163시간
- 시간 당 가치 : 0.3743억원/(12개월*163시간) = 0.0001913599억원

1. 결항으로 인한 승객손실

- 결항의 경우 승객의 피해를 보수적으로 항공요금으로 추정(KAL 국내선평균요

금 비성수기 주중요금 산술평균): 7.6만원

- 결항 승객수*피해액 = 203,143명*7.6만원 = 154.3억원

2. 회항으로 인한 승객손실

- 회항 시 평균 대기시간 :45분(←←항공기 평균지연시간에서 원용)

- 회항 승객수*피해액 = 55,180명*0.75시간*0.0001913599억원 = 7.9억원

3. 총 손실액 = 154.3억원 + 7.9억원 = 162.2억원

※ 첨부2. 경제성 분석 계획(안)(향후 필요할 경우 별도 추진)

< 수치모델 기반의 항공기상서비스 기술개발 경제성분석(안) >

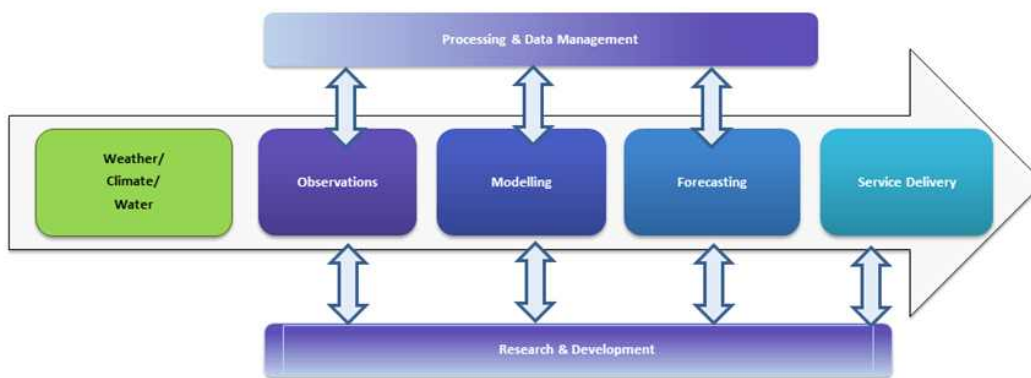
- 예비타당성조사⁸²⁾에 활용되고 있는 비용효과분석 수행
 - 수치모델 기반의 항공기상서비스 기술개발사업의 경제적 타당성을 분석하기 위한 것으로, 우선 비용과 편익을 분석하고, 계산된 비용과 편익에 할인현금수지분석법을 적용하여 순현재가(NPV)와 수익성지수(B/C), 내부수익률(IRR) 등 경제성 평가 근거를 계산하며, 계산 결과를 근거로 타당성을 판단
- 비용추정
 - 비용 추정은 현재의 지식수준과 가용한 자료를 바탕으로 미래의 비용을 추정하는 작업으로, 일반적으로 과거자료의 수집 및 분석, 계량 모델/tool의 적용 및 비용 예측을 위한 데이터베이스 작성을 기초로 함. 비용 추정의 목적은 시스템 또는 기능적 요구를 충족시키는 예산 요건을 산출하는 것으로 현실적 관점에서 비용에 대한 결정을 내리기 위함임. 비용 추정의 실익은 예산배정 과정의 지원, 미래 잠재역량의 강화, 고비용 요소와 원인을 드러냄으로 인한 위험에 대한 인식, 경쟁·대안의 평가, 그리고 비용의 제안과 그에 대한 평가가 가능하다는 점에 있으며 비용 추정의 질(quality)은 정확성, 통합성, 신뢰성, 시기의 적절성 등에 의해 결정됨.
 - 본 연구에서는 해당 연구개발사업의 연도별 총 예산을 비용으로 간주함
- 편익추정
 - 본 조사에서 편익 추정의 단위는 개별 사업이고, 합리적인 편익추정을 통해 평가대상의 장단점을 분석하여 종합한 평가결과를 도출함. 경제적 타당성 분석은 공공투자사업의 시행여부 판단에 있어서 사업을 시행할 경우에 발생하는 편익을 사업이 추진되지 않는 경우와 비교하며, 본 조사는 비용과 편익을 고려하여 보다 큰 규모의 편익을 얻을 수 있는 방안을 선택한다는 후생경제학에 이론적 기반을 두어야 함. 즉, 본 조사에서 순편익의 발생이란 사업으로 인한 경제적 후생 개선이 사업으로 인한 손실을 보상하고도 남을 경우를 의미함.
 - 본 사업별 경제적 편익의 형태는 다음 두 가지로 요약할 수 있음. 첫째, 농업 및 공업 사업처럼 최종산출물의 형태가 확실하고 이것이 소비자들에게 최종소비재로서 사용될

경우 이것의 시장가치 중 부가가치가 사업편익이 됨. 둘째, 교통사업이나 공익사업처럼 산출물이 최종소비재의 성격보다는 중간재(intermediary goods)의 성격을 강하게 가질 경우 이 산출물에 의해 발생한 비용절감효과(cost-saving effects)가 사업의 편익이 될 수 있음.

- 본 연구에서의 경제성 분석 중 편익분석은 다음 절차를 거쳐 진행될 예정임.

- 선행연구 등을 통한 편익 요소 추출⁸³⁾
- 편익에 적합한 편익 모델 개발⁸⁴⁾⁸⁵⁾
- 시장자료적용법을 적용한 편익 산정⁸⁶⁾
- 비용-편익 분석 등 경제성 분석

- 본 연구에서 사용될 날씨 정보 가치사슬은 다음과 같음



- 기상정보를 활용한 항공분야 피해감소편익 추정식(안)

$$\begin{aligned} \text{항공분야 피해감소 편익} &= \text{항공기 지연방지 편익} + \text{항공기 결항방지 편익} \\ &= [\text{국적기 지연편수}(a) \times \text{지연시 평균대기시간}(d) \times \{\text{시간당 운송원가}(e) + \text{시간당 승객손실}(f) \times \text{편당 평균승객수}(g)\} + \text{국적기 결항편수}(h) \times \text{결항 횟수당 손실비용}(i)] \times \text{재해발생방재율}(b) \times \text{본 사업의 기여율}(c) \end{aligned}$$

- 저고도비행체기반산업의 부가가치 창출편익 추정식(안)

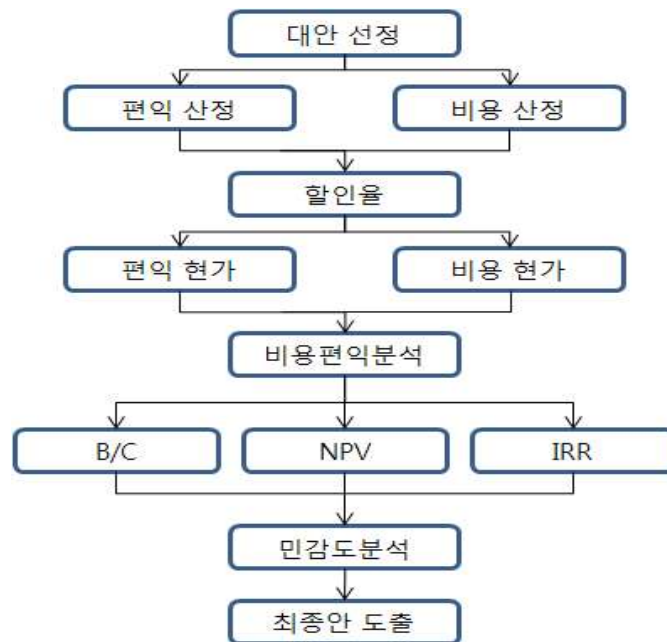
$$\begin{aligned} \text{부가가치 편익} &= \text{연도별 시장규모}(a) \times \text{기상정보의 매출액 기여율}(b) \times \text{부가가치율}(c) \times \text{본 사업기여율}(d) \\ &\quad \times \text{기상정보정확도 개선율}(e) \end{aligned}$$

○ 비용편익분석

- 예비타당성조사에서는 기술적 타당성, 경제적 타당성, 법률적 타당성을 종합적으로 평가하고 있으며, 이 중 경제적 타당성분석 즉, 경제성 분석(B/C 분석)은 사업의 경제적인 가치에 대한 분석으로 B/C 분석 즉, 비용과 편익의 현재가치의 비율을 도입하여 조사 수행함.

- 편익(Benefit) : 특정사업의 국민후생에 대한 공헌
- 비용(cost) : 특정사업의 추진을 위한 총비용(운영비용 포함)
- 경제성 분석 결과 일반적으로 B/C≥1 이면 경제적 타당성을 확보

- 비용편익분석은 순현재가(NPV)나 내부수익률(IRR), 수익성지수(PI) 등을 도출하는 현재가치 추정법을 이용함.⁸⁷⁾ 또한 비용편익분석은 정량적 분석이 가능한 분야에 대해서만 효과 측정이 가능한 것으로 비용편익분석의 절차는 다음 그림과 같음.



○ 분석절차 및 결과 제시

- 비용편익을 분석하기 위해서는 할인율과 편익 발생 시점, 생명기간, 기준 년도 등 편익 분석 요소에 대한 정의가 선행되어야 함.
- 할인율(Discount Rate)은 비용과 편익을 현재가치로 환산하기 위해서 적용하는 이자율을 의미하는 것으로, 공공사업은 시장이자율보다 낮은 수준의 사회적 할인율을 적용하는 것이 일반적임. 본 연구의 결과가 활용될 예비타당성조사에서는 KDI의 「예비타당성조사 일반지침(제5판)의 수정보완 : 사회적 할인율의 조정」에서는 사회적 할인율 5.0%로 제시하고 있으므로, 본 연구에서도 동일한 할인율을 적용하기로 함.
- 생명기간이란 투자사업의 경제적 내용연수를 의미하는 것으로 교통부문과 같은 공공투자시설은 30년 이상의 긴 생명기간을 갖지만, 본 사업의 경우에는 보다 단기적인 수명을 가질 것으로 예측됨. 추후 합리적인 수명기간을 추정할 예정임.
- 비용편익분석의 기준년도는 현재가격을 중시하는 비용편익분석의 원리에 의거 연구가 시행되는 이루어지는 해(2020년)로 설정함.

82) 연구개발부문사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판), KISTEP, 2014

83) 정지궤도복합위성개발사업 예비타당성조사 보고서, KISTEP, 2010

84) J. Lazo, Socio-economic benefits of weather information, 2015

85) Ray A. Williamson, et al, (2002) The socioeconomic benefits of earth science and applications research, Space Policy

86) Socio-economic benefit studies, EUMETSAT, 2014

87) 임동순 외, 2005, 규제개혁의 효과 분석 및 평가, 산업연구원

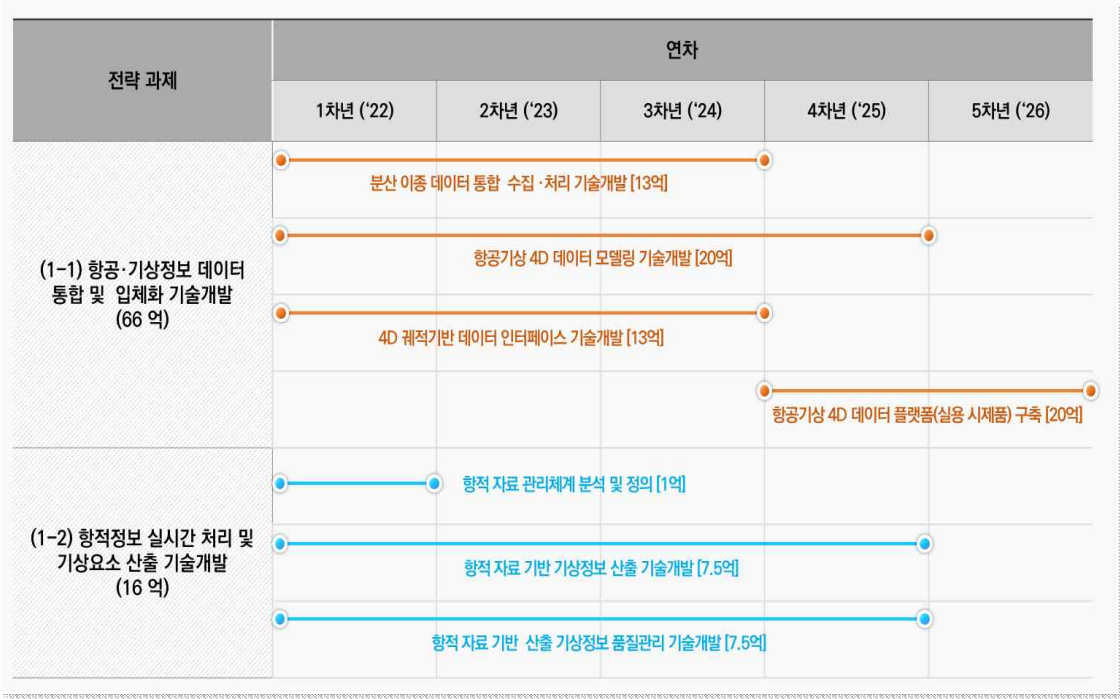
부록 10. 수요처의 항공기상서비스 개선 요구사항 조사 내용 요약
(출처: 항공기상청, 2020)

| 이해관계자 | 관심 | 요구사항 | 협력 기대 |
|-------------------------------------|-------------------|---|---|
| 공군 | 군공항 | <ul style="list-style-type: none"> 군공항 윈드시어 경보 제공 착빙 데이터 공유 및 항공기 운영 협조 | <ul style="list-style-type: none"> 군공항 윈드시어 탐측 및 조종사 보고 자료 제공 |
| | 교육 | <ul style="list-style-type: none"> 기상위성 분석기술 교육 | <ul style="list-style-type: none"> 위성분석 교육자료 공유 |
| 관제기관 (항공교통센터, 항공정보센터, 관제탑) | 항공기상 정보제공 | <ul style="list-style-type: none"> 고고도 위험기상 정보 3차원 실시간 구름정보(운정, 운저, 운형) | <ul style="list-style-type: none"> 항공기 관측자료 제공 |
| | 의사결정 | <ul style="list-style-type: none"> 지리정보 기반, 운항정보와 기상정보 통합 표출 | <ul style="list-style-type: none"> 통합 DB 설계 협업 |
| | 관측 | <ul style="list-style-type: none"> 안개관측 장비 보강 항공청 시정 보고와 관제탑 목측 시정 차이 개선 | <ul style="list-style-type: none"> 저시정 사례 선정, 상호 교육 |
| | 항공기상 정보표출 | <ul style="list-style-type: none"> AMOS 전문 제공과 함께 그래픽 표출 경보(알람) 정보 조회 | - |
| 항공사 | 항공 기상청 홈페이지 | <ul style="list-style-type: none"> 연직단면, 연직시계열 제공 (대한항공)(제주항공) 국내 공항 AMOS 한 화면에 표출(대한항공) 군산(미군)공항 AMOS 제공(이스타항공) 적설량, 강수량 과거자료 표출(진에어) 예보 및 기상문의 live 채팅(대한항공) 공항경보 발령 시 팝업(진에어)(이스타항공) SIGWX 차트에 ICING 해상도 향상(아시아나) 낙뢰, 강설 정보 제공(대한항공) 낙뢰, 안개 확률 예보(대한항공) 위성 안개영상 제공(에어부산) 위성영상/레이더영상 중첩(진에어) 선진항공기상예보 검증단계 자문(티웨이 항공) | <ul style="list-style-type: none"> 항공기상정보 이용사례 공유 예보검증 필요 정보 공유 |
| | | <ul style="list-style-type: none"> 미국 항공기상센터 기능 | <ul style="list-style-type: none"> 관심 우선순위 정보 제공 |

| 이해관계자 | 관심 | 요구사항 | 협력 기대 |
|------------------|--------------|---|---|
| | | 대비 미흡 | |
| | METAR TAF | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 외국(중국, 동남아) METAR, TAF 제공(대한항공) ▪ 과거 METAR 및 TAF 조회(제주항공, 이스타항공) ▪ METAR 10분 간격(AUTO)(에어부산) ▪ TAF와 이륙예보 바람예보 일관성(진에어) ▪ METAR 기상변화 시 알람 기능(이스타항공) ▪ AMOS/METAR/TAF 한 화면에 표출(이스타항공) | - |
| | 이륙예보 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 이륙예보 신뢰도 향상(제주항공) ▪ 이륙예보 최소 6시간 제공(진에어) ▪ 군공항과 항공기상청 일관성(대한항공) | - |
| | 윈드시어 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 윈드시어 예측(대한항공, 에어부산, 아시아나) ▪ 공항 접근 5 mile 범위(대한항공) | - |
| 저고도항공사 조종사교육원 | 저고도 기상정보 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 운고, 수직시정 정보 제공 ▪ 위성사진 확대 기능 ▪ 헬기 맞춤형 기상정보 제공 ▪ 더 자주 예보 발표(<6h) | - |
| 여행 및 레저 | 정보전달 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트폰과 태블릿 이용 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 민간 기상회사와 파트너십 |

부록 11. 과제카드

▶ 전략과제 1 - 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발



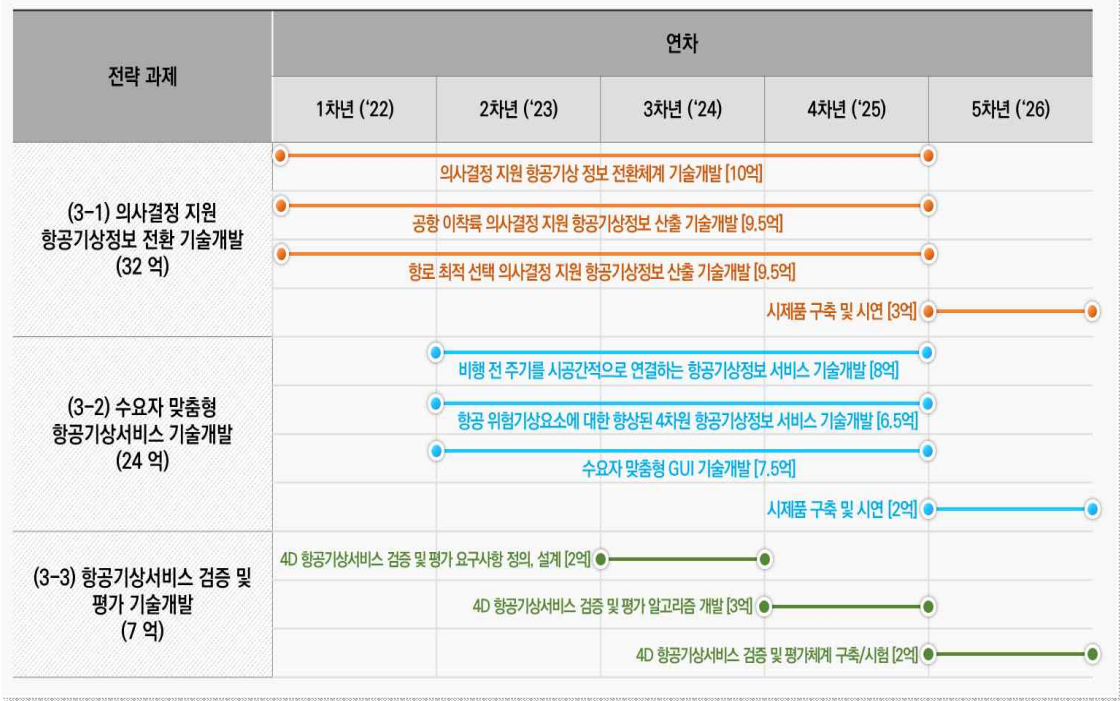
▶ 전략과제 1 - 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발



▶ 전략과제 2 - 항공 위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발



▶ 전략과제 3 - 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발



| | | | | | |
|--------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| 전략 목표 | Collaborative | | | | |
| TRL | '22 2 | '23 3 | '24 4 | '25 6 | '26 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집.가공 | 생산 | 서비스 제공 | | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사, 산림청, 해경 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 항공기상 4D 데이터 플랫폼 | | | | |
| 관련 근거/연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|--|
| 전략 과제 | 1. 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 |
| 세부 과제 | (1-1) 항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 안전하고 경제적인 운항 지원을 위한 시/공간 정보를 포함하는 4D 형태의 항공기상 데이터 요구 증가로 데이터 통합 관리 플랫폼 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 항공기상 관측, 예측 및 서비스 데이터를 심층 분석하여 다양하고 방대한 정보들의 안정적이고 효율적인 공유와 활용을 위해 항공기상에 특화된 4D 자료 구조 도출 및 관리/접근 체계 마련 항공교통 전문가와의 협력을 통해 SWIM 접속 등 실효성 있는 MET-ATM 융합 항공기상 데이터 인터페이스 체계 마련 항공기상 4D 데이터 플랫폼 구축 및 시연을 통한 기술 개발 및 기술 검증 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 4D 항공기상 관련 데이터 수집·분석 및 통합관리 고해상도 항공기상 데이터의 효율적 관리 및 제공 체계 마련 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술개발 [13억] | 다양한 보안, 인증, 접속 방식 등에 적용이 가능한 공통 접속 인터페이스 정의와 추후 확장성을 고려한 통합 수집/처리 엔진을 개발 추진 | 규격 정의 | 설계 | 구현(I) | | |
| | | 데이터 접근·수집·처리 기술 규격 정의 | 데이터 접근·수집·처리 프레임워크 설계 | 데이터 접근·수집·처리 프레임워크 개발 | | |
| 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발 [20억] | 항공기상 관측, 예측 및 서비스 데이터를 심층 분석하여 다양한 유형의 방대한 정보들의 안정적 효율적인 공유, 활용을 위한 항공기상에 특화된 4D 자료 구조 도출 및 관리/접근 체계 마련 | 분류/관리 체계 | 데이터 모델링 | 아키텍처 설계 | 구현(I) | |
| | | 데이터 분류, 관리체계 연구 | 통합 항공기상 4D 데이터 모델링 기술 개발 | 4D 항공기상 데이터 플랫폼 아키텍처 설계 | 4D 항공기상 데이터 플랫폼 아키텍처 기술개발 | |
| 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술개발 [13억] | SWIM 접속 등 실효성 있는 MET-ATM 융합 항공기상 데이터 인터페이스 체계 마련 | 요구사항 | 설계 | 구현(I) | | |
| | | 데이터 분석·제공 인터페이스 요구사항 정의 | 데이터 분석·제공 인터페이스 설계 | 데이터 분석·제공 인터페이스 기술개발 | | |
| 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용시제품) 구축 [20억] | 항공기상 4D 데이터 플랫폼 구축 및 시연을 통해 기술 개발 검증 추진 | | | | 구축 | 시연 |
| | | | | | 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용시제품) 설계 및 구축 | 항공기상 4D 데이터 플랫폼(실용시제품) 시범운영 및 개선 |

| | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----------|-----|
| 전략 목표 | Collaborative | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | 2 | 4 | 6 | 7 | - |
| 기상청 업무관련 | 수집, 가공 | 생산 | | 서비스 제공 | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 | | | | |
| 관련 근거/ 연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|---|
| 전략 과제 | 1. 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 |
| 세부 과제 | (1-2) 항적정보 실시간 처리 및 기상요소 산출 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 안전하고 효율적인 항공운항을 위해 필요한 기상요소의 감시 및 nowcasting을 위해 관측 범위 확대와 정확도 향상이 요구됨 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 공항 및 항공로상의 관측범위 확대와 위험기상 조기탐지 강화를 위해 항공기 기반 관측 자료의 기상정보 산출 기술개발 추진 공항공역 및 고층기상 관측자료의 신뢰도 향상 및 활용 확대를 위해 항공기 기반 관측자료 산출 기상정보의 품질개선 기술개발 추진 항공기 기반 관측자료 산출 기술 및 품질관리 기술의 시범운영 추진 및 이를 통한 기술 보완 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 센서데이터 교차검증을 통한 관측 데이터 품질 개선 항공로/공역 상의 위험기상 조기 감지 기반 구축에 활용 가능 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|---|---|---------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 항적자료 관리체계 분석 및 정의 [1억] | 항공기 기반 관측 자료의 기상정보 산출 기술개발 추진 | 분석정의 | | | | |
| | | 관리 체계 분석 및 정의 | | | | |
| 항적자료 기반 기상정보 산출 기술개발 [7.5억] | 항공기 기반 관측자료 산출 기상정보의 품질개선 기술개발 추진 | 요구사항정의/ 설계 | 기술개발 | 시제품 구현 | 시범운영 | |
| | | 기상정보 산출 기술 요구사항 정의 및 설계 | 기상정보 산출 기술개발 | 기상정보 산출 기술검증 및 시제품 개발 | 기상정보 산출 기술 및 품질관리 기술 시범운영 | |
| 항적자료 기반 산출 기상정보 품질관리 및 기술개발 [7.5억] | 관측자료 산출 기술 및 품질관리 기술의 시범운영 추진 및 이를 통한 기술 보완 추진 | 요구사항정의/ 설계 | 기술개발 | 시제품 구현 | 시범운영 | |
| | | 산출 기상정보 품질관리 기술 요구사항 정의 및 설계 | 산출 기상정보 품질관리 기술개발 | 산출 기상정보 품질관리 기술검증 및 시제품 개발 | 기상정보 산출 기술 및 품질관리 기술 보완 | |

| | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|--------|
| 전략 목표 | Collaborative | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | - | 2 | 4 | 6 | 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집.가공 | 생산 | | | 서비스 제공 |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 항공융합정보 기반 통합 실험감시 표출 및 분석 기술개발 | | | | |
| 관련 근거/연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|--|
| 전략 과제 | 1. 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발 |
| 세부 과제 | (1-3) 항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 항공수요 증가 전망에 따라 항공교통관리 시스템은 효율적인 항공교통 관리를 위해 "네트워크 관리" 접근방식으로 전환되고 있으며, 이를 위한 고품질의 교통/기상 실험정보가 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 인천공항 및 제주공항 같은 거점 공항에 대한 다양한 항공기상/항공교통 실험정보 수집과 처리를 기반으로 하는 공항 중심의 실험 현황 제공 부분과 '19년에 설치된 ADS-B 수신 시스템 정보를 이용한 동아시아 지역의 항로에 대한 융합 실험 제공 부분으로 나누어 사업 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 항공 궤적을 고려한 항공기상 감시와 항공기상 자동분석을 통한 위험기상 사전 탐지 및 신속한 대응으로 항공운항의 안전과 효율성 향상에 기여 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|---|--|----------------|--|--|--|--|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 공항 거점 항공교통자료 연계처리 기술 [2억] | 주요 거점공항에 대한 항공기상/항공교통 실험정보 수집, 처리기술 개발 추진 | | 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 공항 항공교통자료 연계처리 기술 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 | 구현 공항 거점 항공교통자료 연계처리 기술 구현 | 구현/구축 공항 거점 항공교통자료 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축 | |
| 공항 기상실험정보 통합 자동생산 및 표출 기술 [2억] | 주요 거점공항에 대한 항공기상/항공교통 실험정보 수집, 처리기술 개발 추진 | | 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 공항 기상실험정보 통합 자동 생산 기술 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 | 구현 공항 기상실험정보 통합 자동 생산 기술 구현 | 구현/구축 공항 거점 항공교통자료 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축 | |
| 공항 기상실험정보 및 항공교통자료 통합 감시 및 분석 기술 [2.5억] | 공항 기상 및 항공교통자료 통합실험 모니터링 및 융합분석 기술개발 | | 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 공항 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 | 구현 공항 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 | 구현/구축 공항 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 및 시스템 구축 | |
| 공역 항공교통자료 연계처리 기술 [2억] | 동아시아 주요 공역에 대한 항공기상/항공교통 실험정보 수집, 처리기술 개발 추진 | | 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 공역 항공교통자료 연계처리 기술 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 | 구현 공역 항공교통자료 연계 처리 기술 구현 | 구현/구축 공역 항공교통자료 수집 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축 | |
| 공역 기상실험정보 통합 자동 생산 및 표출 기술 [2억] | 주요 공역에 대한 항공기상/항공교통 실험정보 자동 수집 및 표출 기술 개발 추진 | | 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 공역 기상실험정보 통합 자동 생산 기술 정요구사항 분석 및 가능 정의/설계 | 구현 공역 기상실험정보 통합 자동 생산 기술 구현 | 구현/구축 공역 기상실험정보 통합 자동 생산 기술 구현 및 시스템 구축 | |
| 공역 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 기술 [2.5억] | 공역 기상 및 항공교통자료 통합실험 모니터링 및 융합분석 기술개발 | | 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 공역 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 요구사항 분석 및 가능 정의/설계 | 구현 공역 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 | 구현/구축 공역 기상실험정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 및 시스템 구축 | |
| 시스템 통합 및 시범운영 [3억] | 위험기상 자동 분석 기술 시범운영 추진 | | | | | 시범운영 및 개선 항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석 시스템 통합 시범운영 및 개선 |

| | | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|-----------|----------|
| 전략 목표 | Innovative | | | | |
| TRL | '22 2 | '23 3 | '24 5 | '25 6 | '26 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집, 가공 | 생산 | | 서비스 제공 | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사, 산림청, 해경 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 감시영역별 항공기상 수치예보모델 개발 | | | | |
| 관련 근거/ 연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|---|
| 전략 과제 | 2. 항공 위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발 |
| 세부 과제 | (2-1) 공항기상 예측 및 후처리 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 안전하고 효율적인 항공교통의 항공기상정보 제공을 위한 한국형 수치예보모델의 초해상화 영역 확대 개발 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 시공간 상세 항공기상 예측기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 현 모델의 시/공간 해상도의 한계로 항공교통의 패러다임에 대응할 수 없기에 감시영역별 고해상도 수치모델 개발 추진 - 평창동계올림픽에서 사용했던 규모 상세화(KMAPP) 통계모델 고도화 또는 타 상세화 방법론을 통한 기존 수치예보 모델의 상세화 개발 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 항공기상청의 미래 항공기상 고해상도/고신뢰도 정보를 통해 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행에 활용 및 항공운항 의사결정에 필요한 고해상도 항공기상 예측정보 제공체계 마련 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| | | 1차년 ('22) | 2차년 ('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 초단기 항공기상 기술개발 [50.5억] | 감시영역별 고해상도 수치모델 개발 추진 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험운영 및 개선 |
| | | 초단기 항공기상 역학모델 요구사항 분석 및 기술 정의 | 초단기 항공기상 역학모델 기술개발 | 초단기 항공기상 역학모델 현업 운영체계 구축 | 초단기 항공기상 역학모델 개선/구축 | 항공기상 역학모델 시험 운영 및 개선 |
| 항공기상 특화 통계모델 기술개발 [27.5억] | 기존 수치예보 모델의 상세화 개발 추진 | 요구사항 분석/정의 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험운영 및 개선 |
| | | 항공기상 특화 통계모델 요구사항 분석 및 기술 정의 | 항공기상 특화 통계모델 기술개발 | 항공기상 특화 통계모델 현업 운영체계 구축 | 항공기상 특화 통계 모델 개선/구축 | 항공기상 특화 통계 모델 시험 운영 및 개선 |

| | | | | | |
|--------------------|---|-----|-----|--------|-----|
| 전략 목표 | Innovative | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집, 가공 | 생산 | | 서비스 제공 | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사, 산림청, 해경 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 공항·공역 위험기상 확률정보 산출 기술개발 | | | | |
| 관련 근거/연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|--|
| 전략 과제 | 2. 항공 위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발 |
| 세부 과제 | (2-2) 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 지속적으로 증가하는 항공수요에 대비하여 안전과 효율의 측면에서 위험기상을 조기에 탐지하고 예측하는 항공기상 예보분야의 고도화가 필요 미래 항공교통 분야에 적용 가능한 다양화되고 정확도가 향상된 미래 항공기상정보 발굴 및 적용을 위한 R&D 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 항공기상요소별 확률예측 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 확률예측 기술개발 추진 - 감시영역별(공항/항로) 항공기상요소 확률예측 기술개발 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 항공기상청의 미래 항공기상 고해상도/고신뢰도 정보를 통해 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행에 활용 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|--|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 공항 위험기상 확률예측 기술개발 [17.5억] | 기상청 현업 앙상블 수치모델 기반 확률예측 기술개발 추진 | 요구사항 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험 및 시범운영 |
| | | 공항 위험기상 (저시정, 천둥번개, 급변풍 등) 확률예측 요구사항 분석 및 설계 | 공항 위험기상 확률예측 원형개발 | 공항 위험기상 확률예측 기술개발 | 공항 위험기상 확률예측 기술개선 및 구축 | 공항 위험기상 확률예측 기술 성능시험(검증) 및 시범운영 |
| 공역 위험기상 확률예측 기술개발 [17.5억] | 감시영역별(공항/항로) 항공기상요소 확률예측 기술개발 추진 | 요구사항 | 원형개발 | 기술개발 | 개선 및 구축 | 시험 및 시범운영 |
| | | 공역 위험기상 (대류영역, 난류, 착빙 등) 확률예측 요구사항 분석 및 설계 | 공역 위험기상 확률예측 원형개발 | 공역 위험기상 확률예측 기술개발 | 공역 위험기상 확률예측 기술개선 및 구축 | 공역 위험기상 확률예측 기술 성능시험(검증) 및 시범운영 |

| | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|-----|--------|-----|-----|
| 전략 목표 | Innovative | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | - | - | 5 | 6 | 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집, 가공 | 생산 | 서비스 제공 | | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로) 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 | | | | |
| 관련 근거/연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|--|
| 전략 과제 | 2. 항공 위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발 |
| 세부 과제 | (2-3) 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 안전운항을 위한 지속가능한 항공기상정보의 환류체계를 마련하고, 항공기상정보에 대한 종합 분석을 바탕으로 지속적인 예측 알고리즘 개선을 통한 항공기상정보의 품질 및 신뢰도 향상이 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 지속적인 고품질의 항공기상정보 제공을 위한 항공기상 예측정보 검증 및 보정기술개발 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 추진 - 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 항공기상요소의 일관적인 자료 신뢰도 확보와 피드백을 통한 고품질의 자료 생산으로 국지적이고 세분화된 예·경보 업무 수행 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|--|------------------------------------|----------------|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 [4.5억] | 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 기술개발 추진 | | | 설계 | 개발 | 시범운영 |
| | | | | 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증 및 보정 수요분석 및 기능 정의 | 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증·보정 기술개발 및 구축 | 공항별 초단기 예측모델과 통계모델 검증·보정체계 시범운영 및 개선 |
| 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 [4.5억] | 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 기술개발 추진 | | | 설계 | 개발 | 시범운영 |
| | | | | 공항·공역 확률예측시스템의 검증 및 보정 수요분석 및 기능 정의 | 공항·공역 확률예측시스템의 검증·보정 기술개발 및 구축 | 공항·공역 확률예측시스템의 검증·보정체계 시범운영 및 개선 |

| | | | | | |
|--------------------|---|-----|-----|-----|--------|
| 전략 목표 | Customer Focused | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집.가공 | 생산 | | | 서비스 제공 |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사, 산림청, 해경 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 이착륙 및 최적 항로선택에 대한 의사결정 지원기술개발 | | | | |
| 관련 근거/연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|--|
| 전략 과제 | 3. 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 |
| 세부 과제 | (3-1) 의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 발전하고 있는 기상 예보의 경향을 반영하여, 지금까지의 산출물 기반 서비스에서 확률론적 수치예보 기반의 의사결정지원 서비스로의 혁신적 변화가 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 국토교통부와의 협업을 통해 수요자 맞춤형 이착륙 의사결정지원 요구사항 마련 항공기 운항시 요구되는 기상정보 뿐만 아니라 발생 가능한 위험기상에 대해 대응할 수 있도록 공항특성의 반영을 추진 위험기상으로 인한 구체적인 기상영향 정보를 바탕으로 항공 담당자의 운항전(계획) 단계와 운항중 단계에서의 항공교통 수용량 등과 관련된 의사결정과 대응 전략 수립 등 효율적인 항공교통관리를 위한 의사결정지원 기술개발 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 항공사 및 항공교통관리를 위한 국토교통부 등 수요자 맞춤형의 의사결정 지원 기술 제공 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|--|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 의사결정 지원 항공기상 정보 전환 체계 기술개발 [10억] | 수요자 맞춤형 이착륙 의사결정지원 요구사항 마련 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| | | 항공기상정보 전환 기술 분석 및 기능 정의 및 전환 체계 설계 | 항공기상정보 전환 체계 개발(I) | 항공기상정보 전환 체계 개발(II) | 항공기상정보 전환 체계 구축 | |
| 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 [9.5억] | 효율적인 항공교통관리를 위한 의사결정지원 기술개발 추진 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| | | 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 설계 | 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 개발(I) | 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 개발(II) | 공항 이착륙 의사결정 지원 알고리즘 구축 | |
| 항로 최적 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출 기술개발 [9.5억] | 효율적인 항공교통관리를 위한 의사결정지원 기술개발 추진 | 분석/설계 | 개발(I) | 개발(II) | 구축 | |
| | | 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 설계 | 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 개발(I) | 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 개발(II) | 항로 최적 경로 예측 및 추천 알고리즘 구축 | |
| 시제품 구축 및 시연 [3억] | 시제품 구축 및 시연 | | | | | 구축/시연 |
| | | | | | | 전환체계 및 알고리즘 통합 시제품 구축 및 시연 |

| | | | | | |
|-------------------------|---|-----|-----------|-----|-----|
| 전략 목표 | Customer Focused | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | - | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집.가공 | 생산 | 서비스 제공 | | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 향로), 항공사, 산림청, 해경 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 대용량 항공기상정보 적시 제공 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 | | | | |
| 관련 근거/ 연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|--|
| 전략 과제 | 3. 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 |
| 세부 과제 | (3-2) 수요자 맞춤형 항공기상서비스 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 미래 항공교통 분야에 적용 가능한 다양화되고 정확도가 향상된 미래 항공기상정보 서비스 발굴 및 적용을 위한 R&D 필요 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 국제민간항공기구(ICAO)의 글로벌항행계획(GANP)와 국토교통부의 항공교통시스템 구축 계획의 최신 현황을 분석하고 글로벌 종합관리망(SWIM)에 적합한 구조 및 대용량 항공기상정보 특성에 맞는 서비스 도출 추진 4D 플랫폼 연동 기반 항공기상정보를 적용하여 다양한 수요자의 서비스환경(스마트폰, 태블릿 등)에서 4차원 항공계적 기반 항공기상정보 제공 및 위험기상 서비스를 가능하게 하는 서비스 기술개발 공항 및 항로 전 구간에서의 4차원 항공계적 기반 항공기상 및 위험기상 정보 서비스 개발, 다양한 서비스 매체(예: 태블릿, 스마트폰 등)를 고려, 개발된 서비스의 시범 운영 추진 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 항공사 및 조종사, 일반 사용자를 위한 수요자 맞춤형 항공기상정보 서비스 적시 제공과 사용자 단말 GUI 환경 제공에 활용 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|--|--|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 비행 전 주기를 시공간적으로 연결하는 항공기상정보 서비스 기술개발 [8억] | 구조 및 대용량 항공기상정보 특성에 맞는 서비스 도출 추진 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | |
| | | | 항공기상정보 서비스 요구사항 분석 | 항공기상정보 서비스 기술개발 | 항공기상정보 서비스 기술개발 및 구축 | |
| 항공 위험기상요소에 대한 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 [6.5억] | 4차원 항공계적 기반 항공기상정보 제공 및 위험기상 서비스를 가능하게 하는 서비스 기술개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | |
| | | | 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 요구사항 분석 | 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술개발 | 향상된 4차원 항공기상정보 서비스 기술 및 구축 | |
| 수요자 맞춤형 GUI 기술개발 [7.5억] | 4차원 항공계적 기반 항공기상 및 위험기상 정보 서비스 개발 | | 분석/설계 | 개발 | 개발/구축 | |
| | | | 서비스 및 기능 요구사항 정의(GUI 포함) | 수요자 맞춤형 GUI 개발 | 수요자 맞춤형 GUI 개발/구축 및 시제품 구축 | |
| 시제품 구축 및 시연 [2억] | 다양한 서비스 매체(예: 태블릿, 스마트폰 등)를 고려, 개발된 서비스의 시범 운영 추진 | | | | | 구축/시연 |
| | | | | | | 시제품 통합 구축 및 시연 |

| | | | | | |
|--------------------|---|-----|--------|-----|-----|
| 전략 목표 | Customer Focused | | | | |
| TRL | '22 | '23 | '24 | '25 | '26 |
| | - | - | 4 | 6 | 7 |
| 기상청 업무관련 | 수집·가공 | 생산 | 서비스 제공 | | |
| 운항단계 | Pre-Departure, 이륙, 상승, 순항, 접근, 도착 등 | | | | |
| 이해관계자 | ATFMC, 공항 관제(비행장, 접근, 항로), 항공사, 산림청, 해경 등 | | | | |
| 과제 성과물 | 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 | | | | |
| 관련 근거/연계 과제 | 차세대 항공교통시스템(NARAE) | | | | |

| | |
|--------------|---|
| 전략 과제 | 3. 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발 |
| 세부 과제 | (3-3) 항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발 |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> 전 세계적 항공교통량 증가로 인해 항공운항의 안전성과 효율성 향상을 위한 상세하고 정확한 항공기상정보 제공이 필수 요인이 됨 |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 고객 요구를 충족하는 항공기상서비스의 정확한 항공기상 예보를 위한 선제 대응력 강화 <ul style="list-style-type: none"> 지속적 고객 소통을 통한 서비스 개선 체계 수립 수요자가 원하는 형태로 항공기상정보를 이용할 수 있도록 응용 가능한 API 기반의 자료제공 서비스 확대 항공사·공항 등과 기상서비스 개선을 위한 사용자 요구사항 정책 반영 및 양방향 항공기상서비스 평가 및 체계 수립 <ul style="list-style-type: none"> 수요자의 요구를 반영한 맞춤형 콘텐츠 개발에 우선순위를 두어 추진 공항 TAF, 바람정보, 항로별 기상정보, 공역·공항 위험 기상감시 등 항공기상정보를 항공교통 관리상의 영향으로 해석해서 활용하고, 결과를 항공교통 의사결정을 위한 기상정보 요구사항으로 환류 서비스 개선 및 조치 사례에 대한 정보를 공유하여 전반의 서비스 향상 도모 의견 수렴(간담회), 전문가 자문등을 통해 항공기상서비스 평가 및 제도개선에 반영 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 수요자 중심의 항공기상 데이터 검증 및 평가 체계를 통해 체계화된 영향기반 예보체제로 발전하기 위한 항공기상 서비스 개선에 활용 |

| 세부 기술명 | 세부 기술 정의 | 단계별 기술개발 추진 내용 | | | | |
|-------------------------------------|--|----------------|----------|---|----------------------------------|---|
| | | 1차년('22) | 2차년('23) | 3차년('24) | 4차년('25) | 5차년('26) |
| 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의, 설계 [2억] | 서비스 개선 체계 수립 | | | 분석/설계 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 분석, 기능 정의 및 설계 | | |
| 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발 [3억] | 양방향 항공기상서비스 평가 및 체계 수립 | | | | 구현 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발 | |
| 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 체계 구축/시험 [2억] | 의견 수렴(간담회), 전문가 자문 등을 통해 항공기상서비스 평가 및 제도개선에 반영, 시범운영 | | | | | 구축 및 시험 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 체계 구축/시험 및 시범운영 |

주 의

1. 이 보고서는 항공기상청에서 시행한 연구개발사업으로 수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획 연구의 연구용역과제 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 항공기상청에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.
4. 이 보고서와 관련된 문의사항은 항공기상청으로 전화 (032-222-3042) 하시면 됩니다.