

항공기
상관측

중장기
발전방안
연구

2
0
2
1
년
도

항공기
상청

항공기상관측 중장기 발전방안 연구

2021년도

항공기상청

제 출 문

본 보고서를 “항공기상관측 중장기 발전방안 연구”
최종보고서로 제출합니다.

- 주관연구기관명 : (주)나도기브
- 연 구 기 간 : 2021.08.03 ~ 2021.11.30
- 주관연구책임자 : 김창기 대표
- 참 여 연 구 원
 - (컨설팅사업부) 정유진 책임연구원
 - (컨설팅사업부) 윤지원 선임연구원
 - (컨설팅사업부) 송예지 연구원

※ 주관연구기관 및 주관연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한
기관 및 자의 명의로 함

2021년 11월 30일

항공기상청장 귀중

목 차

제1장 국내외 항공기상관측 현황 및 환경분석	1
1. 국내외 항공기상관측 기술이슈 환경 현황	1
1.1 환경적 이슈에 따른 기술변화 동향	1
1.1.1 기후변화	1
1.1.2 코로나19	2
1.2 항공기상관측 연관기술발전에 따른 변화 동향	3
1.2.1 원격지 관측 및 관측자동화를 지원하는 기술	3
1.2.2 도심항공교통(UAM:Urban Air Mobility)	5
1.2.3 개인항공기(PAV) 소형 비행체	7
1.2.4 해외 UAM 기상관측 동향 및 발전계획	10
1.3 시사점	12
2. 국제기구 추진동향	13
2.1 ICAO	13
2.2 WMO	15
2.3 ASBU(미래 항공교통시스템 전환계획)	15
2.3.1 ASBU 미래항공시스템 전환계획 개요	15
2.3.2 주요 선진국가의 ASBU 중장기 추진계획	19
2.4 국내외 항공교통 주요 Project	21
2.4.1 미국의 NextGen Project	21
2.4.2 유럽의 SESAR Project	22
2.4.3 국토교통부 NAREA	24
2.5 시사점	25
3. 관측망 현황	26
3.1. 국내 관측망 현황	26
3.2 해외 관측망 현황	30
3.2.1 해외 저고도 관측망 현황	30
3.2.2 해외 자동 관측체계 현황	33
3.2.3 관측망 연계 및 통합 현황	38
3.2.4 관측망관련 통합솔루션 현황	40
3.3 시사점	44
4. 내외부 수요자 요구분석	45
4.1 이해관계자 분류	45
4.2 수요자 이해관계자별 요구가치	46
4.3 시사점	47

제2장 중장기 항공기상관측 발전방안 수립	48
1. 항공기상관측 중장기 발전방안 수립	48
1.1 미션 및 비전	48
1.2 중장기 발전전략 세부전략과제 도출	48
1.3 항공기상관측 중장기 발전전략 체계도(안)	49
2. 중장기 발전전략 및 실행계획	50
2.1 전략과제별 실행계획	50
전략방향A. 항공기상관측 첨단화를 통한 자동관측 개선	50
시정관측 자동화 및 관측장비 통합·첨단화를 통한 자동관측 개선	51
I.1 목적요소에 대한 자동관측 기술·장비 도입 및 R&D 강화	51
① 인공지능 CCTV 카메라 기반 시정관측 기술 고도화(~25)	51
② 시정/현천계 및 운고/운량계 관측장비 도입 확대(~25)	51
③ AI-빅데이터 융합 목적요소 자동관측기술 R&D 투자 확대실시(23 ~27)	51
I.2 공항기상 자동관측 첨단 융합시스템 개발	51
① AMOS 자동관측체계 고도화 실시(~25)	51
② 공항별 관측장비 최적화 시스템 구현(~27)	52
전략과제 II	52
항공기상 자동관측 인프라투자확대	52
II-1 항공기상 자동관측 통합시스템 투자 확대	52
① AIREP / AMDAR 관측자료수집 시스템 고도화 추진(~25)	52
② ITWS(Integrated Terminal Weather System) 도입 및 통합 가속화(~25)	53
③ 자동기상관측보고(AutoMETAR/AutoOBS) 프로젝트 추진(~27)	53
II-2 항공기상 자동관측 장비 투자 확대	54
① 위험기상 자동관측 장비 투자 확대(~25)	54
② 수직(고층)기상 자동관측 장비 투자 확대(~27)	54
전략방향B. 입체적 위험기상 조기탐지 강화를 위한 항공기상관측 장비도입	55
전략과제 III	55
위험기상 탐지 항공기상 장비 도입 확대 및 미래항공교통 대응강화	55
III-1 위험기상 고도별 장비도입 확대 및 통합적 운영 방안 고도화	55
① 고도별 운항요인(지연/결항)과 위험기상 감시를 위한 장비 고도화	55
② 항공기상 관측범위의 확대 및 관측공백 최소화(25~27)	56
③ 급변풍 통합솔루션 글로벌 기술협력 추진(~24)	56
III.2 K-UAM 미래항공교통 대응 관측망 구축	56
① K-UAM 활성화를 위한 항공기상 지원 강화(~25)	56
② UAM서비스에 특화된 저고도 기상관측장비 개선 및 도입(~27)	57
③ 4D 항공기 궤적 및 항공 교통량 예측 기술 개발(~26)	57
전략과제 IV	57
위험기상 조기탐지 위한 항공기상관측 입체적 관측기술 확보	57
IV-1 항공기상관측 입체적 관측기술 확보	57
① 4D 기상 큐브 기반 차세대 관측망 구축(~26)	57
② 4D 기상 큐브 기반 공항/공역 통합 허브 플랫폼 구축(~26)	58

③ 활주로 항공난류 탐지시스템과 분석기술 연구 기술협력 추진(~27)	58
IV-2 항공위험기상 통합관측 고도화 기술 투자	58
① 항공기상 관측망과 타관측망의 통합적인 연계 솔루션 개발(~25)	58
② 디지털 기반 데이터통합 및 입체화 기술 개발(~25)	58
2.2 전략과제별 KPI 성과지표 도출	59
2.3 전략과제 추진 로드맵	60
2.4 전략과제 추진예산	61
2.5 전략과제 추진인력	62

표 목차

[표 1] 극심한 기상 현상이 공항 운영에 주는 영향 분석표	2
[표 2] CARATS의 항공기상 정책 세부목표 및 내용	19
[표 3] NextGen-SESAR 협업 시스템	20
[표 4] 급변풍 관측장비 설치 현황	26
[표 5] 기상관측망 교체(신설)계획	27
[표 6] 공항별 위험기상요소분석	28
[표 7] 조건별 급변풍 관측장비 비교	28
[표 8] 해외 저고도 서비스 현황	32
[표 9] 홍콩국제공항의 규모	33
[표 10] 윈드시어 및 난기를 모니터링 HKO 장비설치현황	35

그림 목차

[그림 1] 카메라 이미지로 시정을 자동 산출 & 적설을 자동 탐지하는 과정	4
[그림 2] 카메라 시선 장애물 자동식별(좌), 전천카메라 이미지 처리과정(우)	4
[그림 3] Nextgen UTM 운영개념	5
[그림 4] 아마존 제안 UTM 개념도	5
[그림 5] eVTOL 추진형태별 분류체계	6
[그림 6] K-UAM 사업추진을 위한 5대 Pillar	7
[그림 7] K-UAM 실현을 위한 기상관측망 구축 로드맵	7
[그림 8] PAV플랫폼 및 시장규모 전망(2019-2025)	8
[그림 9] 저고도 무인비행장치 교통관리 개념도	9
[그림 10] AAM워킹그룹 구성 및 역할 개념도	10
[그림 11] Aircraft 그룹 주요 개요	10
[그림 12] Metroweather의 소형 도플러 라이더 및 원격감지 기술	11
[그림 13] 차세대 미래항공 교통 전환계획 단계별 계획	13
[그림 14] 항공교통/기상정책 관계도	14
[그림 15] ASBU 스레드 및 블록	15
[그림 16] ASBU영역 중 PIA 구성도	16
[그림 17] MET 기본모듈과 요소	16
[그림 18] ASBU 모듈 요약	17

[그림 19] ASBU 기상정보선진화	18
[그림 20] ASBU(AMET)-NAREA Weather 연계	18
[그림 21] The Gulf of Finland (GOF) U-space demonstration project	22
[그림 22] EU의 SESAR 프로젝트 구조	23
[그림 23] NARAE-Weather 개념도	24
[그림 25] Visala Avimet	30
[그림 25] AWOS와 RWIS의 통합에 의한 기상 데이터 제공 범위	31
[그림 26] 홍콩의 8개 ADS-B 지상관측소	31
[그림 27] Vaisala TMOS	32
[그림 28] 홍콩공항 기상관측장비 설치현황	34
[그림 29] MRMS 사용되는 다중 레이더	40
[그림 30] MRMS 사용되는 강수량 자료	40
[그림 31] NOAA NWS의 4D 기상큐브: NGITWS	41
[그림 32] 4D 기상 큐브기반의 MRMS	42
[그림 33] 국토부 통합기상정보서비스 기본화면	42
[그림 34] ITWS 시스템 구성도	43
[그림 35] 이해관계자 분류	45
[그림 36] 이해관계자별 의견수렴 사항	46
[그림 37] 이해관계자별 요구가치	46
[그림 38] 전략방향성 및 세부전략과제 도출안	49
[그림 39] 중장기 항공기상관측 발전전략 체계도	49
[그림 40] 전략과제별 실행계획	50
[그림 41] 전략방향I. 항공기상관측 첨단화를 통한 자동관측 개선	50
[그림 42] 전략방향II. 입체적 위험기상 조기탐지 강화를 위한 항공기상관측 장비도입	55
[그림 43] 전략과제별 KPI수립	59
[그림 44] 전략과제 로드맵	61
[그림 45] 전략과제 추진예산	62
[그림 46] 전략과제 추진을 위한 조직도	62
[그림 47] 전략과제 추가인력구성1	63
[그림 48] 전략과제 추가인력구성2	63

제1장 국내외 항공기상관측 현황 및 환경분석

1. 국내외 항공기상관측 기술이슈 환경 현황

1.1 환경적 이슈에 따른 기술변화 동향

1.1.1 기후변화

- 미국의 기상솔루션 전문 업체인 DTN은 기후변화가 공항운영에 미치는 영향을 분석하여 컨퍼런스를 통해 발표함
- 기후변화로 인하여 극심한 기상현상이 더 빈번하게 발생하고 있음.

- UN 2020년 보고서

- 지난 20년간 기후변화로 인한 홍수, 폭풍우, 가뭄, 산불, Heatewaves 등 재해가 83% 증가

- NOAA 2021년 보고서

- 1880년 이후 전지구 평균 해수면(sea level)이 24cm 상승했으며, 그 중 1/3이 지난 25년 동안 상승하였음. 빙하 등 빙권에서 녹은 물(melt water)과 바닷물의 열적 팽창(thermal expansion)이 합쳐진 것이 해수면 상승의 주 원인이다.

- NASA

- 1880년~2019년에 이르는 기간 동안 가장 따뜻했던 5개년이 모두 2015년 이후이며, 가장 따뜻했던 10개년 중에서 9개년이 2005년 이후에 속한다.

- 유럽에서는 이상고온(extreme hot) 현상으로 2020년에 기온 극값을 경신하였지만, 북미와 중미, 아시아에서는 더 강력한 토네이도, 허리케인, 태풍 발생 빈도가 증가했고, 2018년에는 태풍 제비로 인하여 바닷물이 방조제를 넘어 일본 간사이 공항운영에 영향을 준 사례가 나타남
- 이상저온(extreme cold) 현상으로 인하여 항공기 제빙(De-icing)에 대한 중요성도 커지고 있으며, DTN社は 항공기 날개 온도 산출을 통해 착빙 예상정보 생산에 대한 연구를 네덜란드 암스테르담 스키폴 공항 및 KLM 항공사와 공동으로 진행하였다고 소개
- 대류성 날씨도 빈번하여 급변풍(windshear)의 영향도 증가할 것으로 예상되나, 저층급변풍경고시스템(LLWAS) 시스템은 수평(Horizontal) 방향 급변풍을

탐지하므로 대류성 날씨로 인한 급변풍 탐지를 강화하기 위해 라이다(LiDAR)를 제안하여 현재 스페인 Bilbao 공항에 DTN 社의 LiDAR가 설치되어 운영 중

공항에 주는 영향 (Impacts to Airports)		활주로 (Runways)	지상조업 (Ground Crew)	항공기 성능 (Aircraft Performance)	인프라 (Infrastructure)	운영 (Operations)
Precipitation	Flooding	Runway excursions	No access to ground transportation	Inability to operate	Inadequate Drainage	Inability to operate
	Drought	Buckling/Melting	Air quality	Heat damage/stress	Erosion	Maintenance protocols
Temperature	Extreme hot	Buckling/Melting and pavement failure	Health and safety Increased regulations (i.e. WBGT)	Take off performance (i.e. density altitude)	Heat damage/cold stress/fatigue	Prolonged disruption to operations/access/network recovery
	Extreme cold	Pavement failure		De-icing/fatigue		
Sea Level Rise	Salt water intrusion	Loss of taxiways and runways	Ground staff and passenger exposure	Environmental exposure of airframes	National Security	Impact en-route/onward capacity
Wind Patterns	Increased crosswinds and turbulence	Operating limits	Ground staff and passenger exposure	Capacity/impact to aircraft movements	Effect on noise abatement quality	Gate exposure
Convective Weather	Extreme crosswinds/microbursts	Inability to operate Increased pressure on GDP(Ground Delay Program)	Ground staff and passenger exposer	Airframe damage	Damage/repair	Gate exposure

[표 1] 극심한 기상 현상이 공항 운영에 주는 영향 분석표

1.1.2 코로나19

- 항공기 기반 관측자료는 수치예보모델에 활용되고 있으나, 코로나19가 항공 교통량에 영향을 주기 시작했을 때 유럽에서 항공기 기반 관측자료 수가 감소하여 보완책이 필요
- EUMETNET¹⁾은 항공기 기반 관측 외의 관측시스템을 활용하여 상층고도의 현장(in-situ) 관측 공백을 대체하기 위해 라디오존데 관측 수를 늘리고 연구 개발 중이던 항공기 기반 관측 소스를 활용하였다. 평상시 수준을 모두 회복할 수는 없었지만, 유럽에서는 2020년에 이전보다 훨씬 많은 항공기 관측 수를 기록
- EMADDC²⁾는 유럽 상공을 비행하는 항공기 기반 관측자료를 처리하는 역할

1) EUMETNET(유럽 기상서비스 네트워크):1996년 조직된 유럽 31개의 기상당국이 참여하는 기상분야 협력체로 EU와 EC와 같은 유럽 기구체와 의사소통을 대표하는 것이 주요 임무이며, 관측 및 자료처리, 예보 자료 생산, 연구개발, 교육훈련 등 다양한 협력 프로그램을 운영하고 있다.

2) EMADDC(European Meteorological Aircraft Derived Data Center): SESAR(Single European Sky ATM Research) 전개 프로젝트의 일환으로 유럽연합(EU) 공동으로 설립했으며, EU project가 끝나는 2021년 12월 이후로는 현재 프로젝트를 주도하는 네덜란드 기상청(KNMI)이 센터 운영을 계속 이어나갈 예정이다.

을 수행

- 코로나19로 인하여 AMDAR³⁾ 관측자료가 급격하게 줄어들어 항공기 기반 관측에 큰 타격을 입었지만, 이를 보완하기 위해 시험 중이던 Mode-S 자료처리 알고리즘을 빠르게 현업에 활용하는 등 EMADDC의 연구개발을 가속화하는 기회가 되었다고 발표
- 팬데믹으로 인하여 2020년 3월 중순~4월 중순 사이에 항공기 관측보고(aircraft reports)의 수가 약 75% 감소하였으나, 2020년 7월에는 평상시의 50% 수준까지 회복
- 그러나, 이러한 항공기 관측보고 수의 감소는 예보의 품질에는 크게 영향을 미치지 못한 것으로 분석되었는데, 신규 위성 관측자료를 2020년에 사용할 수 있게 되었고, 유럽의 Mode-S 항공기 바람 자료가 항공기 관측보고의 공백을 보완한 것으로 보고 있음

1.2 항공기상관측 연관기술발전에 따른 변화 동향

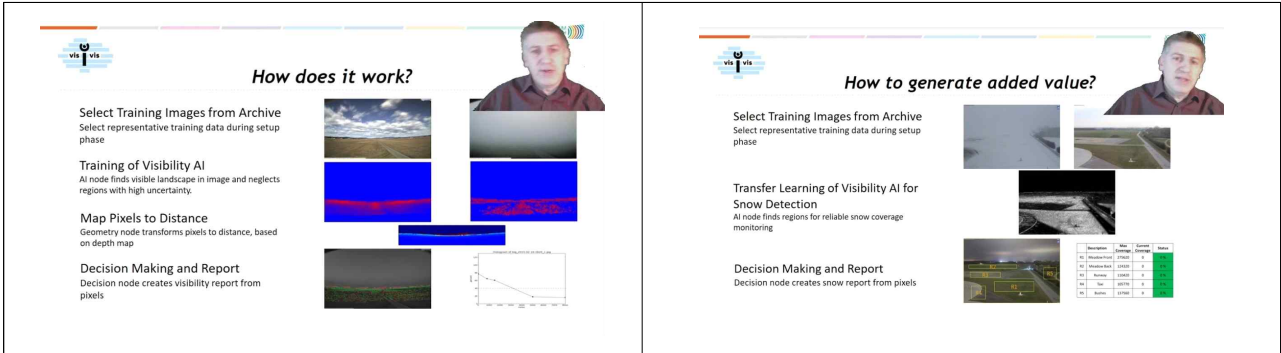
1.2.1 원격지 관측 및 관측자동화를 지원하는 기술

- 카메라 기반으로 시정을 관측하는 기술을 개발한 Joanneum Research는 최근 독일 기상청(DWD)과 공동으로 진행한 연구에서 카메라 기반 시정관측기술로 적설(눈으로 덮인 영역)을 자동 탐지하는 등 시정 외 기상요소 관측에 활용할 수 있는 성과가 있었다고 발표
- 카메라 이미지로 시정을 산출하는 기본 원리는 ① 시정이 좋은 날과 시정이 좋지 않은 날의 촬영 이미지를 선별하여 ② 시정을 산출하는 AI를 학습시켜 잘 보이는 영역과 보이지 않는 영역을 구분하게 하고 ③ 깊이 지도(depth map)⁴⁾을 활용하여 이미지의 픽셀마다 거리로 환산하여 ④ 최종적으로 시정 값을 산출
- Joanneum Research는 독일 뮌헨 공항에 카메라를 설치하여 자동으로 시정

3) AMDAR(Aircraft Meteorological DATA Relay): 항공기 기상관측자료 수집 및 활용체계로서 항공기에 탑재된 기상 관측 센서에서 측정된 기상관측자료를 지상에서 수신하여 국제적으로 교환 활용하는 프로그램이다. AMDAR 자료 수집을 위해 센서가 탑재된 항공기는 비행(상승, 순항, 하강)하는 동안 일정한 간격으로 기압, 온도, 풍향, 풍속 등을 측정한다.

4) Depth Map(깊이 지도, 깊이 맵): 3차원 컴퓨터 그래픽스에서 관찰 시점(viewpoint)으로부터 물체 표면과의 거리와 관련된 정보가 담긴 하나의 영상 또는 영상의 한 채널이다

을 산출하였으며, 카메라 이미지로 시정을 산출하는 기본 원리를 적용하여 ① 눈이 온 날과 눈이 오지 않은 날의 이미지를 선별하여 ② AI를 적설 영역을 탐지할 수 있도록 학습시켜 ③ 공항 내 적설(눈으로 덮인 영역)을 탐지하는 연구를 진행



[그림 1] 카메라 이미지로 시정을 자동 산출 & 적설을 자동 탐지하는 과정

- 슬로바키아의 기상솔루션 전문 업체인 MicroStep-MIS社は 항공기상관측과 관련하여 원격지 관측과 관측자동화를 지원할 수 있는 카메라 기반의 우세시정과 전운량을 관측하는 시스템을 소개
- MicroStep-MIS社の 카메라 기반 원격 관측시스템은 8방위로 설치된 카메라 영상으로 원격지에 있는 관측자가 우세시정 및 최단시정을 판단할 수 있고, 카메라 영상의 장애물(지형,지물)의 거리 정보 등의 데이터베이스를 활용하여 장애물 식별 여부에 따라 시정을 자동으로 산출할 수 있다고 소개
- 전천 카메라 이미지로 원격지에 있는 관측자가 전운량을 판단할 수 있으며, 영상 처리 기법을 통해서 자동으로 전운량을 산출할 수 있다고 소개



[그림 2] 카메라 시선 장애물 자동식별(좌), 전천카메라 이미지 처리과정(우)

1.2.2 도심항공교통(UAM:Urban Air Mobility)

□ 도시인구 과밀화로 인한 혼잡한 도로교통과 환경문제 해결수단으로 차세대 친환경 교통체계인 UAM에 대한 관심이 높아지고 있음

□ UAM 시장선점을 위한 세계 각국정부 및 민간기업의 관심 및 투자 증대의 일환으로 전기동력 수직이착륙 항공기(eVTOL : electric Vertical Take Off and Landing)개발에 세계 각국의 경쟁이 날로 치열해지고 있음

※ 미국 투자회사 모건스탠리는 2040년 전 세계 UAM 시장 규모가 1.5조 달러로, 2021~2040년 중 연평균 30%씩 성장할 것으로 전망

□ 주요 선진국 현황

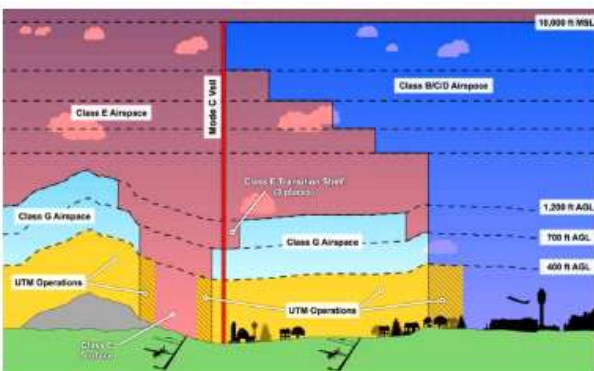
○ 미국에서는 2014년부터 NASA와 FAA가 저고도 무인항공기 교통관리 체계인 UTM (UAS Traffic Management)에 대한 기본 개념을 제안하고 상세한 UTM 운용개념 수립 및 필요기술에 대한 기초연구를 수행하고 있음

- UTM 연구를 미연방항공청(FAA)과 협력하여 진행 중이며, NASA UTM 연구에는 아마존을 비롯한 24개의 기관이 참여하고 있음

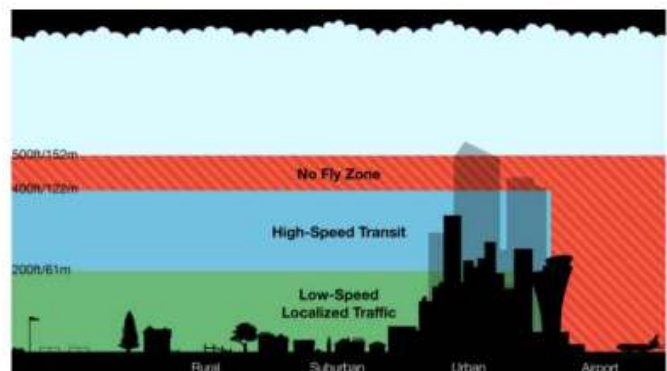
○ 유럽연합항공안전청(EASA)는 SESAR공동사업으로 eVTOL비행지원을 위한 U-space 서비스 및 솔루션이 통합된 안전시스템 구축을 준비 중

- ATM과 UAM이 완벽하게 통합된 U-space구현 (영국,독일 프랑스 등 7개국 이 참여)

- 유럽 여러 도시에서 UAM 서비스 운영 (드론화물, 항공택시, 비상 긴급 서비스 등)



[그림 3] Nextgen UTM 운영개념



[그림 4] 아마존 제안 UTM 개념도

- 일본관민협의회(국토교통성)은 ‘23년 UAM사업을 시작으로’ 하늘의 이동 혁명을 향한 로드맵(2019-2030년) 발표 플라잉카프로젝트 및 산업용드론 시스템(프로드론) 등 개발 및 시험비행 착수

□ 국내 현황

- UAM은 2040년 세계시장 규모가 730조 원으로 추정
(국토교통부 보도자료,2020.06.24.)
- UAM 국내 실정에 맞는 안전운영기준 마련을 위한 민관합동 실증 사업으로 K-UAM 그랜드챌린지(‘22~24년) 추진예정이며, K-UAM은 2025년 상용화를 목표로 하고 있음

[eVTOL 추진형태별 분류체계]

구분	Vectored Thrust (틸트로터)	Lift + Cruise (고정익·회전익 복합)	Wingless (Multirotor) (멀트로터)
형상			
형상적 특징	<ul style="list-style-type: none"> - 틸트 시스템 탑재 (동일 추진부) - 세가지 비행모드 (고정익, 회전익, 전이비행) - 높은 전진비행 효율 - 낮은 제자리비행 효율 	<ul style="list-style-type: none"> - 독립적 고정식 추진부 구성 - 세가지 비행모드 (고정익, 회전익, 전이비행) - Vectored thrust 보다 수직이착륙이 용이 - 높은 전진비행 효율 	<ul style="list-style-type: none"> - 회전익으로 구성 - 단일 비행모드(회전익) - 높은 제자리 비행 효율 - 상대적으로 높은 안전성 - 낮은 전진비행 효율

[그림 5] eVTOL 추진형태별 분류체계
(출처: 국토교통부)

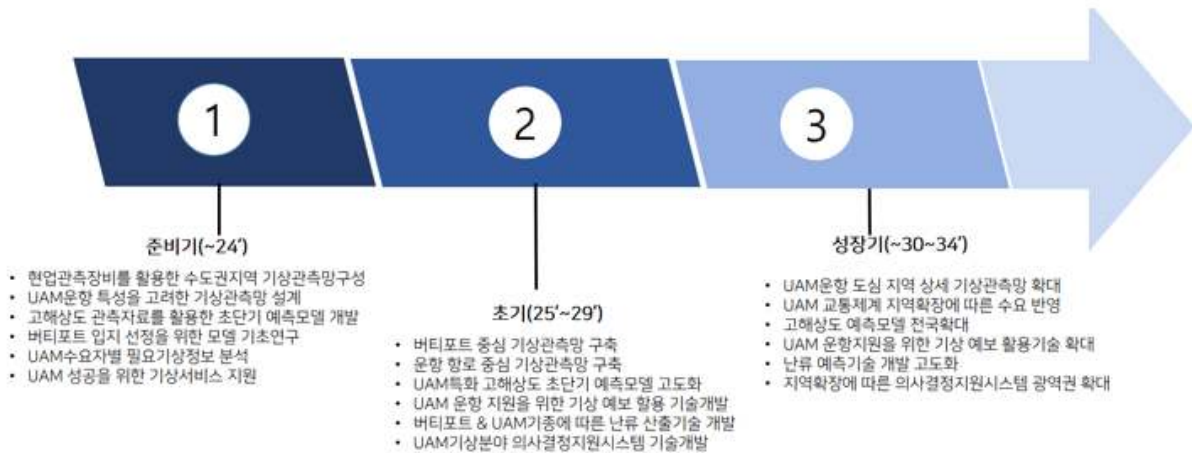
□ 한국형 도심공항교통(K-UAM) 실현 추진안

- 2025년 상용화를 목표로 K-UAM 정책로드맵 및 기술로드맵(관계부처 합동) 등 UAM 단계별 추진전략을 마련
 - UAM 실현 유망도시로 초기 UAM 실현 및 확장 가능성이 충분한 수도권을 실증구역으로 설정하고, 5개부처 K-UAM 핵심기술개발사업 기획연구 등 진행
 - ※ 5개부처(국토부,과기부,산자부,중기부,기상청) 및 전문기관(5개)으로 구성
 - 국토교통부 K-UAM 사업추진 민관협동 다부처협의회에서는 성공적인 K-UAM 사업추진을 위하여 다음과 같은 5대 Pillar 별 기술트리를 구성



[그림 6] K-UAM 사업추진을 위한 5대 Pillar

□ K-UAM 국내 추진 방향



[그림 7] K-UAM 실현을 위한 기상관측망 구축 로드맵

1.2.3 개인항공기(PAV) 소형 비행체

□ PAV는 개인용 항공기로 자동차와 비행기 기능에 IT산업 기술이 융합된 차세대 교통수단이며, 4차 산업혁명 시대를 대표하는 획기적인 유인 운송 수단으로 활용될 예정

- ICAO는 공항 중심의 민간항공기 교통량이 2030년까지 3천만대에서 6천만대로 2배 증가 예측(Global Air Transport Outlook 2030)
- 세계 PAV 플랫폼 대수는 2025년 1,327대, 시장규모는 4억 달러 수준으로 전망됨
- 2020년부터 ‘Uber Elevate’ 항공택시 사업으로 인해 2025년까지 PAV

대수가 크게 증가할 것으로 전망됨

□ 국내 PAV 산업은 초기 단계에 머물러 있어 수입의존도가 높고, 산업의 규모, 성장성, 수익성, 안정성 측면에서 매우 미흡한 수준이며, 가격·기술·품질경쟁력 수준도 전반적으로 낮은 것으로 평가됨

○ PAV는 2040년 약 1,760조원의 시장을 만들 수 있을 것으로 기대.



[그림 8] PAV플랫폼 및 시장규모 전망(2019-2025)
(출처. 개인항공기 기술시장 동향 및 산업환경분석 보고서(2019))

□ 주요 선진국 현황

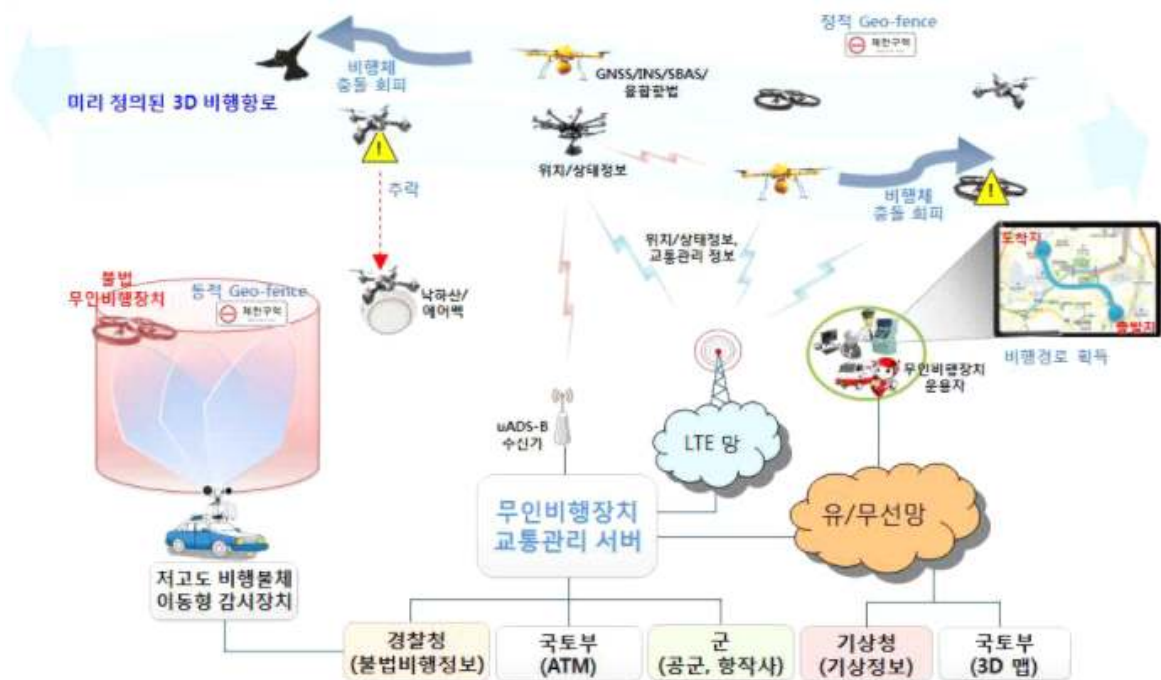
주요 선진국들은 자국의 실정에 맞는 중장기계획을 마련하고, 드론과 PAV의 기술개발, 인프라 구축 및 제도(규제) 개선을 통해 산업화를 추진 중

- 미국은 2013년 재정한 유무인기 통합로드맵을 시작으로 민수와 군수분야 드론 제도개선을 추진 중
- 중국은 드론교통관리 시스템(U-Cloud) 접속하여 최소 1초에 한번, 비 밀집 지역에서 운용하는 무인기는 최소 30초에 한번씩 보고함
- 싱가포르는 도심운영 UTM을 개발하고 도심 전체를 대상으로 수평 및 고도별 수직으로 격자모델(AirMatrix)을 개발하여 AirMatrix 기반의 위험도 분석을 통해 경로를 설정하는 형태로 드론 고속도로 교통을 구현
- 유럽은 2013년 European RPAS Steering Group에서 무인기 통합로드맵을 수립하고, 국가별 제도개선을 추진 중

□ 국내 현황

- 2019년부터 한국항공우주연구원(KARI)을 중심으로 한국항공우주산업주식회사(KAD), 현대자동차 등이 컨소시엄 형태로 PAV개발에 착수

- 2024년부터 OPPAV(Optional Piloted Personal Air Vehicle)시스템을 개발하고, 범부처협력사업 (산업부+과기부+국토부) 으로 상용기 및 화물기 형태로 개발, 양산 체제를 구축을 목표로 추진 중
 - ① 1인승 이상을 탑재하고, 비행거리는 50Km 이상이며, 속도는 200Km/h 이상
 - ② 2019~2023년까지이며 개발비는 총 480억 원임
 - ③ KARI 주관하에 KAI, 현대자동차 등이 컨소시엄 형태로 참여 중
- 국토부 PAV 항공기상서비스 모델 기초연구를 수행하였으며, 연구결과에 따르면 기존 기상예보 데이터의 한계로 인한 낮은 예보 정확도 향상을 위한 관련 기술에 대해 추가 연구가 필요하며, 이러한 연구는 저고도 항공기 운항 및 무인항공기 교통관리 체계 등을 위한 저고도 기상 데이터 산출에 대하여 지속적인 연구 및 개발 필요성을 기술하고 있음
- 우리나라에서도 국토교통부의 무인비행체 안전지원 기술개발 사업의 이름으로 무인비행장치의 안전운용을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증 시험 연구개발 사업이 2017년 4월부터 착수함
- 우리나라는 전국토가 이동통신망으로 덮여 있어서 이를 이용하면 드론 교통을 감시하고 관리하는 좋은 해결책을 찾을 수 있을 것으로 기대하고 있음



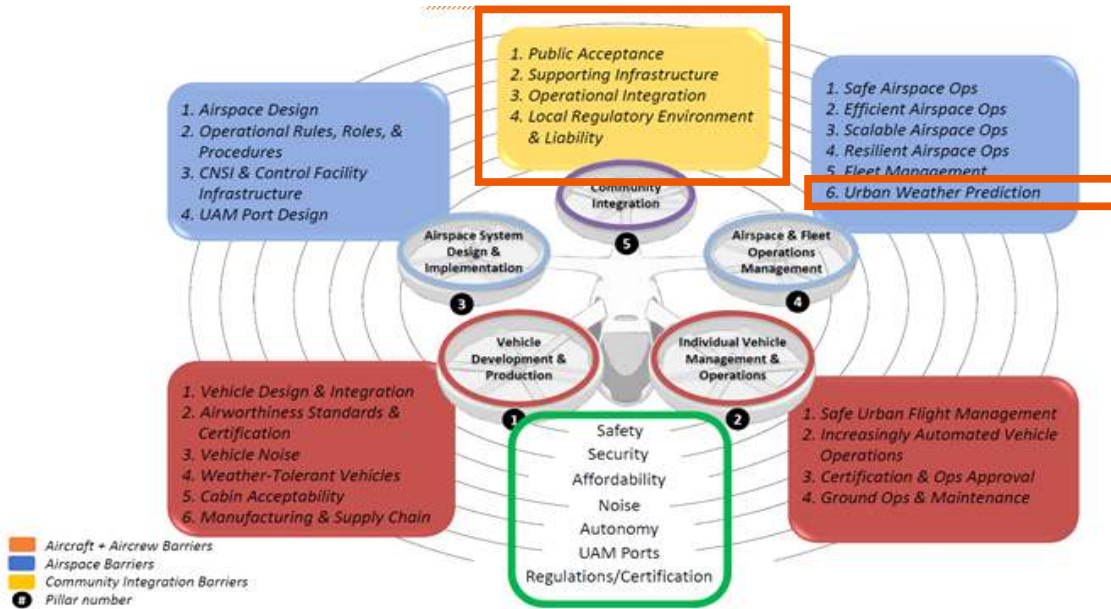
[그림 9] 저고도 무인비행장치 교통관리 개념도
(출처. 저고도 무인기 감시관리기술 개발 및 시스템 시범 운용 공동기획연구)

1.2.4 해외 UAM 기상관측 동향 및 발전계획

□ 미국 NASA

○ AAM실현을 위해 4개워킹그룹* 구성하고, 다양한 기상분야 (NCAR,MIT,CASA 등)에서 참여하여 UTM을 위한 기상 관련 규격과 표준화 추진

* AAM⁵⁾ 워킹그룹구성 및 목표, 세부 실행계획에 기상 관련 내용 포함



[그림 10] AAM워킹그룹 구성 및 역할 개념도

* 도심 환경에서 바람의 영향에 대한 이해와 극소지역에 대한 짧은 시간 간격의 기상 예측 수단 등 Aircraft 그룹에서 세부논의 방향이 다루어짐

Airspace 시나리오 중 기상관측부분	
목표	<ul style="list-style-type: none"> 공역과 지상 시설들에 대한 설계와 규제 및 관리 안전하고 효율적이며 확장 가능한 공역 운영 및 운항 관리
주 논의사항	도심 환경에서의 바람 영향에 대한 이해와 극소지역에 대한 시/공간 고해상도 기상 예측 수단 등
내용	<ul style="list-style-type: none"> 도시의 열섬(Heat Island) 효과에 의한 영향 고려 기체의 감항성, 이착륙장 위치 선정, 날씨 및 바람의 불확실성에 대한고려를 포함한 운항 관리 기상센서 요구사항, 기상 데이터 수집을 위한 지상 인프라, 데이터 교환 및 품질 표준, 기상 관련 운항 기준, 기상 관련 정책 등 5개 세부 주제

[그림 11] Aircraft 그룹 주요 개요

5) AAM : Aircraft, Airspace, Community Integration, Crosscutting

□ 미국CASA (Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere)

- CASA 레이더 네트워크는 운영을 안전하고 비용 효율적으로 유지하기 위해 고해상도 기상정보를 제공할 뿐만 아니라 위치와 경로를 모니터링하고 항공교통 관리 및 위협 감시를 지원할 수도 있음
- 고밀도 X- 밴드 레이더 네트워크는 대기의 가장 낮은 부분에서 작동하기 시작하는 드론 및 에어 택시와 같은 항공 차량을 지원하는 데 사용

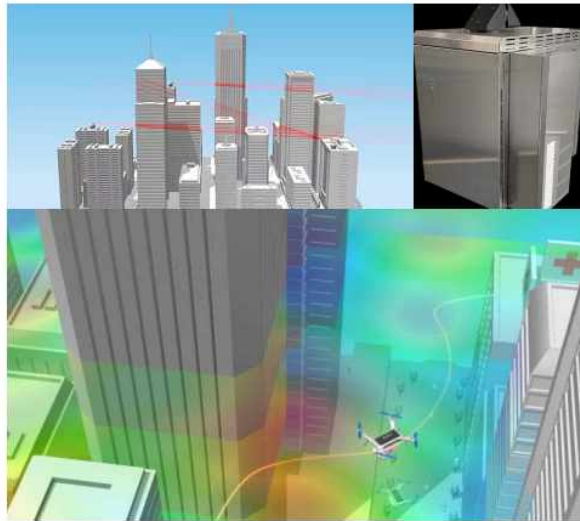
□ 유럽

- SESAR는 U-space 프로젝트를 통해 기상정보 관련 요구사항⁶⁾을 큰 틀에서 명시함
- 공유 도시 영공에서 동시 UAV/UAM운행을 시연하기 위해 실시간 측정 기반 마이크로 스케일 기상 데이터(스캐닝 윈드 라이더(WLS 400S)가 배치)인 고해상도 바람 정보를 제공
 - * 운항 지역 및 시간문제, 저고도 공역의 날씨 정확도 등 현재 이용 가능한 기상데이터는 저고도 UAM/UAS 운항 계획에는 불충분 함을 인지하고, 기술 개발 프로젝트 이행 및 서비스 개선을 위한 신규 관측·예측 시스템 개발
 - * ATM 이해관계자를 위한 항공기상정보 가상 저장소인 4D Weather Cube 개념 제시

□ 일본 도시기상 관측

- 플라잉카 항행을 위한 기상정보 제공은 기존 소형항공기(헬리콥터) 관련제도와 비슷한 상황으로 접근함. 헬리포트 자동 기상관측시스템은 풍향관련 관측장비만 설치 의무화되어있으며, 기상과 관련된 구체적인 방안은 미발견되고 있음.
- NTT Communications(일본 통신회사)와 Kyoto University의 Metroweather간의 협력으로 도시지역의 풍속 및 풍향 자료를 수집할 계획임

6) 기상정보 접근성, 특정지역의 기상정보, 기상 업데이트 정보 및 기상 데이터 시각화 등 상세 요구사항 정의 및 기상 데이터 공유 방안이 필요함을 강조



[그림 12] Metroweather의 소형 도플러 라이더 및 원격감지 기술

1.3 시사점

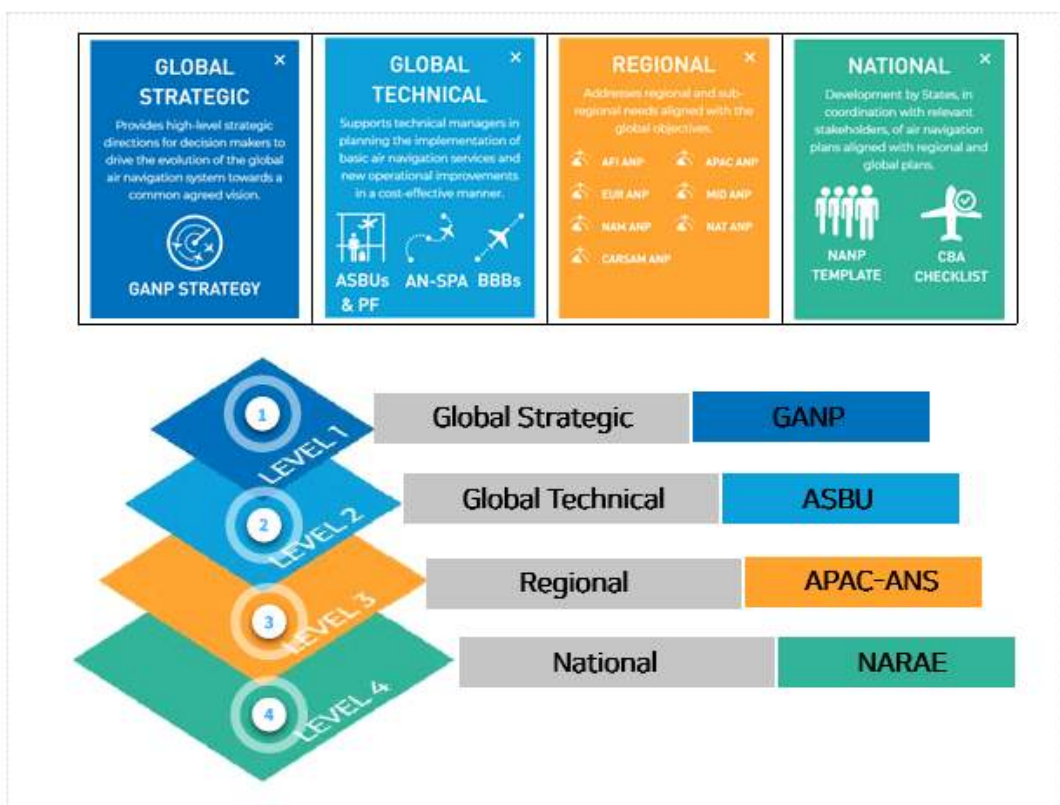
- 기후변화에 따른 기상 예측치 못한 급격한 변화가 과거보다 빈번해지고 있어, 이에 따른 급변풍 및 정밀한 관측장비 도입을 통한 항공기상 예측 정확성을 높이는 노력이 필요
- 항공관측 데이터를 더 많이 활용하고 있는 추세에 있으므로, 기존 항공관측 데이터와 정보를 교환할 수 있는 정보전달 체계의 표준화 및 고도화 필요
- 원격지 관측 및 목적관측 자동화 관련 CCTV 영상기술 및 이미지 처리 발전에 따라 현재 수동적으로 수행하고 있는 목적관측 항목을 자동관측으로 대체하는 방안에 대한 연구가 필요
- 지역과 시간이 좀 더 세분화된 위험기상정보 제공과 짧은 시간의 예보, 저시정에 대한 구역정보 등의 생산 및 제공을 위한 로드맵 마련 필요
- 수도권을 비롯한 도심지역에 UAM운항을 위한 시범관측장비 수행이 필요함.
- 안전한 저고도UAM(운항고도300~600m)을 위한 기상정보 제공 기술이 요구되며, 특히 저고도 비행 소형항공기(산업용 헬기 및 드론 등) 항공기상관측정보제공 기술 개발 필요함
- 새로운 상세한 저고도 항공기상정보 생산 및 실황 정보 제공을 위한 관측장비(센서)를 통한 Raw 데이터 등의 수집과 활용 부분은 K-UAM 사업 추진상

에서 논의되고 있는 각 지자체 운영 센서(도심기상측정 센서)들과 협력을 통해서 처리할 수 있는 기술적 방안, 표준화 이슈, 서비스 일원화 체계 등을 고려해야 함

2. 국제기구 추진동향

2.1 ICAO

□ ICAO 세계항행계획(GANP)



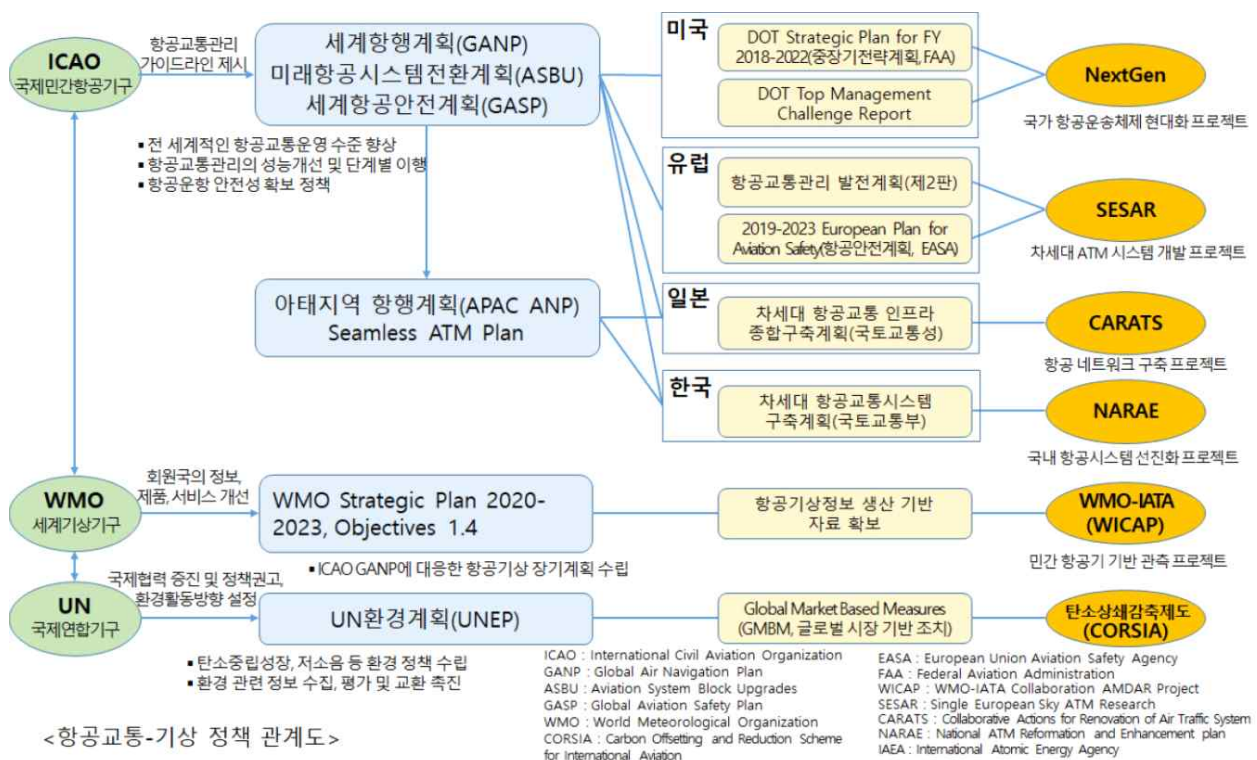
[그림 13] 차세대 미래항공 교통 전환계획 단계별 계획

- 전 세계 항공분야의 성장이 지속되면서 항공교통량이 크게 증가함. 이에 따라 각 국가에서는 효율적인 항공교통관리와 수용 증대를 위한 항공기시스템 기술개발과 인프라 구축에 대한 정책 수립과 대규모 투자를 위한 집행계획을 수립함
- ICAO는 1991년 제10차 세계항행회의에서 차세대 항행시스템(CNS/ATM)⁷⁾

7) Communications, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management : 새로운 개념의 항공기 이,착륙 및 항행 지원을 위한 위성항행시스템으로 인공위성통신, 데이터통신, 측지위성 등을 사용하는 신기술의 시스템

을 미래의 표준 항행시스템으로 채택함

- 이후 각국에서 독자적인 계획으로 인해 항공교통분야의 시스템 간 상호운용에 문제가 거론되기 시작함에 따라 ICAO는 각 국가에서 수립하는 항공교통시스템 구축계획의 차이점으로 발생하는 문제를 해결하기 위해 세계항행계획(GANP)을 수립하여 동일한 운영개념의 상호운용이 가능한 가이드라인을 제시함
- 급증하는 미래 항공교통량 수용, 항공 안전 및 항공교통 서비스의 효율성을 증진하고, 글로벌 항행시스템의 목표(안전성, 효율성, 보안성, 경제발전, 환경보전)를 달성하기 위한 전략에 따라 항공교통관리와 항공기상정보의 국가별 활성화 및 이행계획에 대한 지침을 제시함
- 세계항행계획(GANP)은 항공교통관리(ATM: Air Traffic Management) 패러다임 전환을 위해 전 세계적인 항공교통 운영 수준을 상향 조정하고, 지역 및 국가에 적합한 세부 계획을 단계별로 수립하여 이행하도록 함
- 미래 항공교통량 증가에 따라 항공산업은 공항/공역 용량(슬롯, 항로 등) 확대가 수반되어야 하며, 이를 위해 항공기상 정보의 중요성이 더욱 커질 것으로 예상



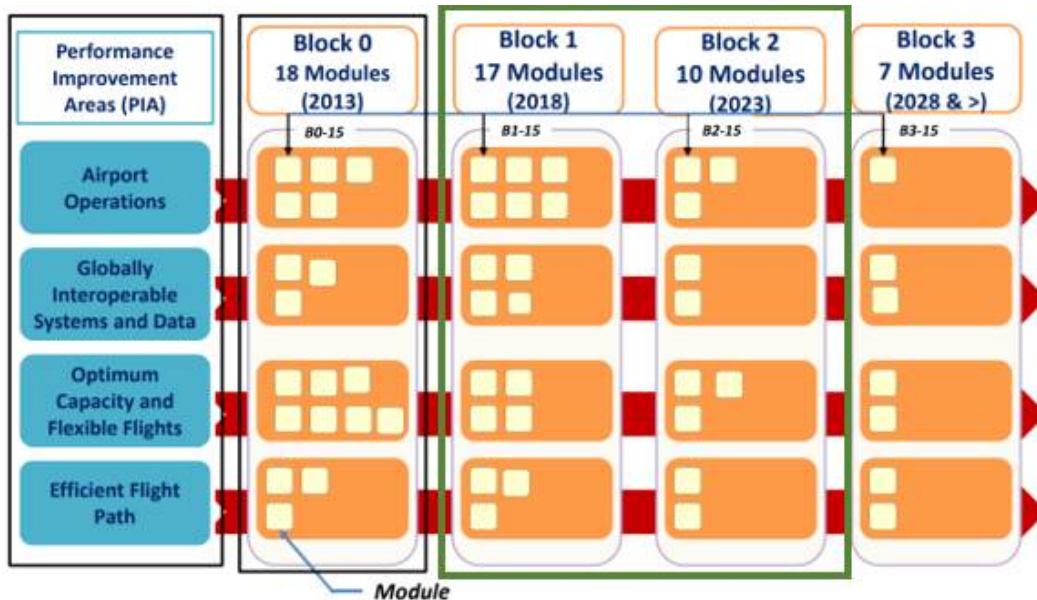
[그림 14] 항공교통/기상정책 관계도
(출처.미래항공기상서비스 기술개발전략과 나라웨어 실현)

2.2 WMO

- 세계기상기구(WMO)는 ICAO GANP에 대응하는 ‘항공기상 장기계획’을 수립하고, ’ 20~23년과 ‘30년까지 WMO의 활동 방향과 우선순위를 설정해 모든 회원국이 정보, 제품 및 서비스를 개선하고 있음
- 미국, 유럽 등 선진국과 관련 기관, 단체에서는 WMO를 중심으로 국경 없는 서비스 제공을 위해 현상 기반 항공기상서비스를 개발하고 있음
- WMO는 항공기상정보 생산 기반자료 확보를 위해 국제항공운송연합(IATA)과 함께 민간항공사의 항공기 기반 관측을 확대하기 위한 WICAP(WMO-IATA Collaboration AMDAR Project) 프로젝트를 추진 중

2.3 ASBU(미래 항공교통시스템 전환계획)

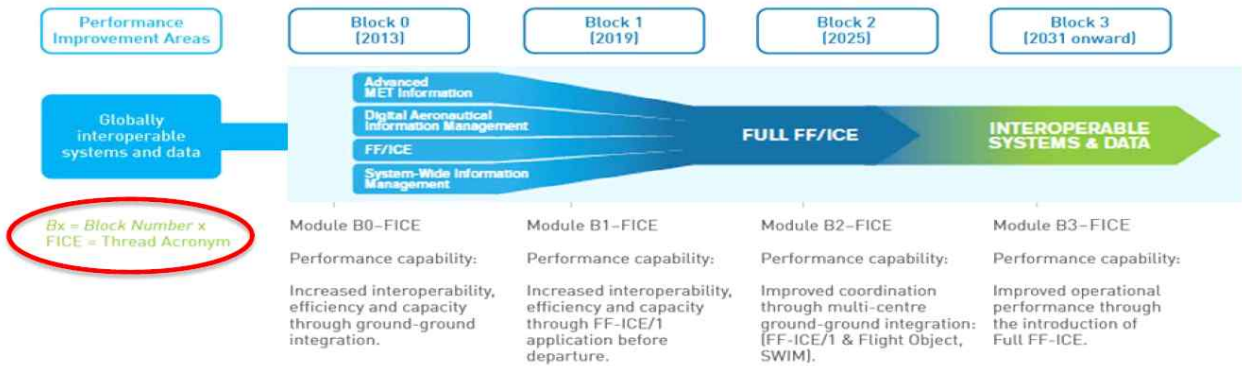
2.3.1 ASBU 미래항공시스템 전환계획 개요



[그림 15] ASBU 스프레드 및 블록

- ICAO에서 제시한 GANP(세계항행계획)는 1998년에 처음 발행된 이후, 현재 각국에서 로드맵을 삼고 있는 2013년에 발간된 GANP 제4판에서는 전 세계적으로 조화로운 항행 시스템을 구성할 수 있도록 미래 항공시스템 전환계획(ASBU: Aviation System Block Upgrade)이 최초로 도입됨

- 국제민간항공기구(ICAO)는 전 세계적으로 상호운용 가능한 차세대 통합 항공교통 관리체계 구축계획(GANP) 및 세계항공안전계획 (GASP)을 수립하여 미래 항공시스템 전환계획 (ASBU)에 따라 국가별 이행을 촉구하고 있음
- 미래항공시스템전환계획(ASBU)은 공항운영 개선, 시스템 및 데이터의 상호운용성 증대, 공역 수용량 최적화 및 비행 유연성 확대, 효율적인 비행 경로운영으로 총 4개의 성능개선영역(PIAs: Performance Improvement Areas)으로 구성하고, 세부개선항목에 블록(Block)의 개념을 더하여 총 51개의 모듈을 제시함. 이는 모든 국가의 운영적, 환경적, 재무적 특성에 따라 국가별 준비상태에 따라 추진단계 및 기술·절차를 관리하는 항공시스템전환계획로드맵을 제시함

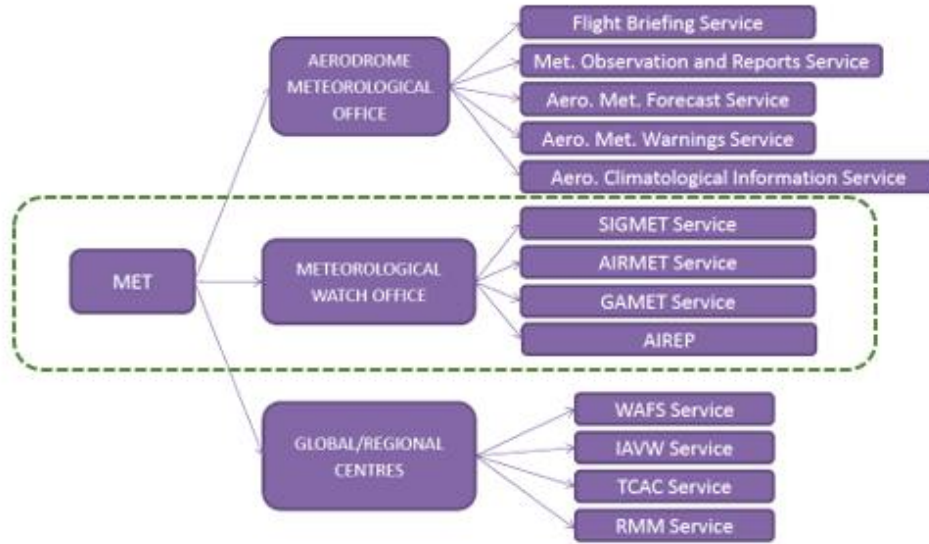


[그림 16] ASBU영역 중 PIA 구성도

- 이 중에서 항공기상서비스는 세계, 지역, 국가적으로 관측/예측된 기상정보를 통합적으로 관리하고 운항 관련 기상정보를 적시에 이용자들에게 제공하는데 목적을 두고, 미래항공시스템 전환계획의 4개의 성능개선영역⁸⁾ 중 ‘시스템 및 데이터의 상호 운용성 증대(PIA2)’ 영역의 기상정보 선진화 (AMET) 스톨드에 포함

8) 미래 항공시스템 전환계획(ASBU: Aviation System Block Upgrade)에 따라 공항운영개선, 시스템 및 데이터의 상호 운용성 증대, 공역 수용량 최적화 및 비행 유연성 확대, 효율적인 비행경로 운영으로 총 4개의 성능개선영역 (PIAs: Performance Improvement Areas)

MET BASIC MODULES AND ELEMENTS



[그림 17] MET 기본모듈과 요소

Thread	Block 0	Block 1	Block 2	Block 3
AMET	B0-AMET	B1-AMET	-	B3-AMET
DATM	B0-DATM	B1-DATM	-	-
FICE	B0-FICE	B1-FICE	B2-FICE	B3-FICE
SWIM	-	B1-SWIM	B2-SWIM	-

Thread	Block 0	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
AMET	B0-AMET	B1-AMET	B2-AMET	B3-AMET	B4-AMET
DATM	-	B1-DAIM	B2-DAIM	-	-
FICE	B0-FICE	-	B2-FICE	B3-FICE	B4-FICE
SWIM	-	-	B2-SWIM	B3-SWIM	-

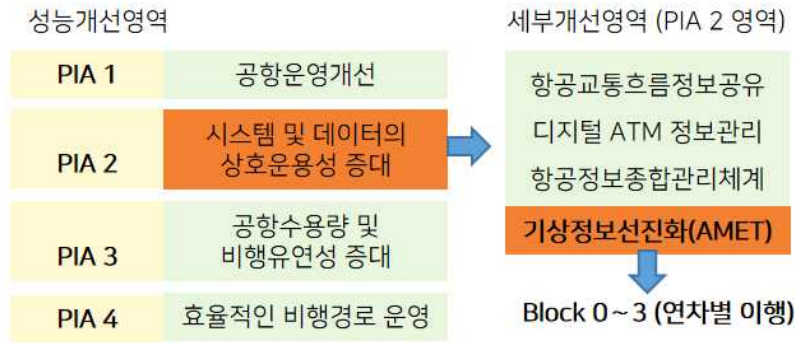
2013
2019
2025
2031
...

[그림 18] ASBU 모듈 요약

- 항공기상정보는 항공기 운항에 관련된 대부분의 의사결정에 중요하게 작용되며 지상과 항공기로부터 수집된 항공기상정보는 네트워크 및 통신을 통해 적시적소에 관련 이해관계자들에게 제공되어야 하며, 항공기 운항의 예측성, 안전성, 효율성을 향상시키기 위해 주요한 역할을 하므로 기상정보 선진화(AMET)에 대한 국내 이행이 필요함
- AMET(Advanced Meteorological Information) 기상정보의 선진화
 - AMET은 핵심 항공 기상 모듈로 항공 기상 자료를 ASBU 내의 다른 연관 모듈에 제공하고 추후 시스템 종합 정보 관리(SWIM)를 통해 항공 기상 정보를 포함한 모든 정보의 활용이 이루어짐
 - AMET은 B0~B3-AMET 모듈로 항공기상서비스분야의 미래항공기시스템 전

환단계의 로드맵을 제시

- 현재 B0-AMET⁹⁾의 이행에 필요한 표준, 절차 등은 이미 세계적으로 준비가 완료된 상태로 이에 맞춰 항공기상청에서 진행하고 있는 일부 연구와 다음 모듈 단계를 조화롭게 이행할 수 있도록 준비 및 대응이 필요함



[그림 19] ASBU 기상정보선진화
(출처. AMET 단계별 요약(2019 GANP))

- 항공기상 관측측면에서 정의된 항공기상장비는 ADS-B IN/CDTI, 항공기 기반 기상 관측 및 EFB¹⁰⁾와 같은 기상 정보 표시 기능 영역임
- 우리나라도 국토교통부가 ASBU에 따른 차세대 항공교통시스템 구축계획 (NARAE)을 추진 중에 있음

ASBU-AMET			NARAE-Weather	
Block1 (*19 ~ *24)	AMET01-기상관측	위험기상관측 고도화 무인항공기 기반 새로운 관측망 개발	4D 항공기상 통합 실태 감시 및 분석기술 개발	항공기상 4D데이터 플랫폼
	AMET02-기상예보경보	공항/공역 양상불 수치모델 예측 솔루션 개발 SWIM에 적합한 예경보 요소 추가		ADS-B 기반 함적자료 기반 기상정보 산출 시스템
	AMET03-기후기상통계	공항공역의 기상관측,예보 고도화		MET/ATM 통합실태감시
	AMET04-기상정보교환	공항통합자동화솔루션 구축		공항공역 상세예측 및 산출기술
Block2 (*25 ~ *30)	AMET01-기상관측	우주기상 및 터미널 기상관측 추가 개발	궤적기반 항공위험기상예측 및 검증기술 개발	공항공역 위험기상 확률 예측 기술
	AMET02-기상예보경보	수요자 맞춤형 자동정보제공 (IWXXM 기반)		항공기상 예측정보 검증 및 평가
	AMET03-기후기상통계	함적자료기반(ADS-B) 기상정보 산출		의사결정 지원 항공기상정보교환
	AMET04-기상정보교환	위성기반과 항공기탈재기상정보의 기후정보		4D 항공기상서비스
AMET Block 0 완료(2022년 11월)			항공운항 의사결정 지원 항공기상서비스 기술개발	

[그림 20] ASBU(AMET)-NAREA Weather 연계
(출처.미래항공기상서비스 기술개발전략과 나래웨더 실현 재구성)

9)TBO-MET(Trajectory Based Operations-Meteorology): 궤적 기반 작업을 위한 기상 불확실성 관리
10) EFB(Electronic Flight Bag) : 전자 비행 보정장치

2.3.2 주요 선진국가의 ASBU 중장기 추진계획

□ 미국NextGen

- NextGen(차세대 항공 운송 시스템)은 NextGen Weather Processor(NWP)라는 항공기상서비스프로젝트를 통해 국내 영공시스템을 사용하는 모든 항공기에 맞춤형 항공기상서비스를 제공하는 것을 목표로 함
- 기능이 중복되는 여러 FAA 기상 프로그램을 단일 NextGen 기상 시스템으로 통합, 모든 정보를 한 번에 확인 할 수 있는 DB 및 표출시스템화 추진

□ 유럽SESAR

- SESAR의 핵심 목표는 유럽의 공역 시스템의 재구성과 추가적인 항공교통의 용량 확보, 항공교통관리 시스템의 전체 효율성 증가를 목표로 함
- SESAR내 항공기상 관련 프로젝트로는 TBO-MET, FMPMet¹¹⁾ 및 PNOWWA¹²⁾라는 항공 교통 관리를 위한 계절기상과 기상 불확실성에 의한 영향 및 효과를 이해하기 위한 연구 프로젝트로 구성됨
- SESAR의 기상 관련 프로젝트들의 예산은 모두 유럽연합의 Horizon 2020 European Union Funding for Research and Innovation Programme에서 제공되는 예산을 바탕으로 진행되고 있음

□ 일본 CARATS¹³⁾:

- 미래 항공교통체계를 위한 장기계획을 수립하고, 이 중 항공교통 흐름의 효율화를 통한 기후변화와 항공기상 발전방안을 위한 정책 수립함
- SWIM환경에 표준화된 기상정보 공유 인프라와 기상관측데이터베이스구축
- CARATS 프로젝트를 통해 동남아시아 항공교통 분야 주도권 확보를 위한 서비스 기술개발을 추진 중

11)FMPMet:Flow Management Position Meteorology: 흐름 관리 위치에 대한 기상 불확실성 관리

12)PNOWWA(Probabilistic Nowcasting of Winter Weather for Airports) : 공항겨울 날씨의 확률적 Nowcasting

13)CARATS:Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems : 항공 교통 시스템

목표	세부내용
기상관측 역량강화	데이터 업 링크 시스템을 통한 항공기 대상 기상관측 정보의 제공 및 공역공항 주변 관측 데이터의 통합
기상예보 역량강화	고효율 고분해능을 가진 수치 모델의 개발을 통한 예보 요소의 확대
위험기상이 항공기적재량 및 운용에 미치는 영향의 수치화	항공기상정보 활용 시 항공교통관제에 대한 영향추정, 항공기상정보를 이용한 공항 및 공역 수용량 측정
기상정보 공유 인프라 구축	SWIM 환경에 표준화된 형식의 기상 정보 공유 인프라 구축 및 기상관측 및 예보 데이터를 포함한 공공기상 데이터베이스의 개발

[표 2] 일본 CARATS의 항공기상 정책 세부목표 및 내용

□ NextGen - SESAR 협업

- ICAO Global air 지원을 통해 GANP 및 ASBU프로그램 협력으로 고성능항공 시스템개발 상호운영 가능케 함

Air/Ground data communications	대서양 양측의 업계가 지원하는 최초의 미국-EU 합동 항공/지상 데이터 통신 전략
SWIM	미국-EU 공동 SWIM 전략 개발 추진 (4D궤적 정보교환)
Navigation	미국-EU 공동 내비게이션 시스템 로드맵 개발
UAS/Drones	무인 항공 시스템 또는 드론의 통합과 관련된 조화 및 상호 운용성 측면에 대한 협업
Cybersecurity	교환을 위한 안전한 상호 운용성을 가능하게 하는 프레임워크 개발

[표 3] NextGen-SESAR 협업 시스템

□ 공항/공역 기상예보 기술

- 확률론적 예측 및 성능향상 기술은 앙상블 기반 자료동화 및 수치모델 후 처리 과정을 통해 항공기상 요소(난류, 저층 급변풍, 고고도 착빙, 활주로 착빙, 운저고도, 안개 발생·소멸, 뇌우 발생 예측등)에 대해 선진국을 중심으로 개발이 진행 중
- 수요자 중심의 최신 항공기상정보 제공을 위해 인공지능을 적용한 예측 성능향상기술이 Google, IBM 등 선진기관을 중심으로 개발 중

2.4 국내외 항공교통 주요 Project

2.4.1 미국의 NextGen Project

□ 데이터 통신

- 2019년 11월, FAA는 Data Comm 초기 항로 서비스를 구현하기 시작, 항공 교통관제 20개소 모두 완료. 항로에서 항공 교통을 관리하는 시설비행 단계는 2021년으로 예상되고 있음
- 초기 항로 서비스는 타워 서비스에서 제공하는 출발 허가를 기반으로 함.
- 컨트롤러와 파일럿에는 여러 유형의 초기 메시지와 같이 교환할 수 있는 메시지 체크인 및 통신 전송 항공기가 항로 구간에 들어오고 나갈 때, 경로를 변경, 초기 항로 서비스 후, 전체 항로 서비스가 시작될 예정임
- 2025년부터 향상된 서비스는 정보흐름을 유지하거나 용량을 늘리기 위한 추가 기능을 제공함

□ 지상 인프라

- FAA는 PBN을 사용하여 검토를 통해 NAS의 탐색 자산 크기를 적절하게 조정하는 여부를 결정하기 위한 절차 및 인프라를 유지하거나 제거필요
- 잠재적인 글로벌 항법 위성 시스템 중단 시, NAS 정보를 확장하고 있음
- 거리 측정 장비의 적용 범위 DME/DME RNAV로 알려진 지역 탐색, 120개 이상의 DME 시설을 설치하여 커버리지의 완료를 예상하도록 함

□ 단말기 거버리지

- FAA는 또한 최소한의 초고주파 운용망 전방향 범위(VOR) 스테이션 동안 기존 VOR 인프라 축소 미국 인접 약 34%, 내비게이션 서비스 중단, 2030년까지 약 300개의 VOR에 대해 ADS-B¹⁴⁾에 배포된 ADS-B 인프라를 사용하여 다음을 포함한 향후 운영상의 이점을 얻도록 추진하고 있음
 - 분리 감소: ADS-B는 3해리의 감소된 분리 기준 선택된 항로 공역에서 NAS 효율성 및 용량 증가

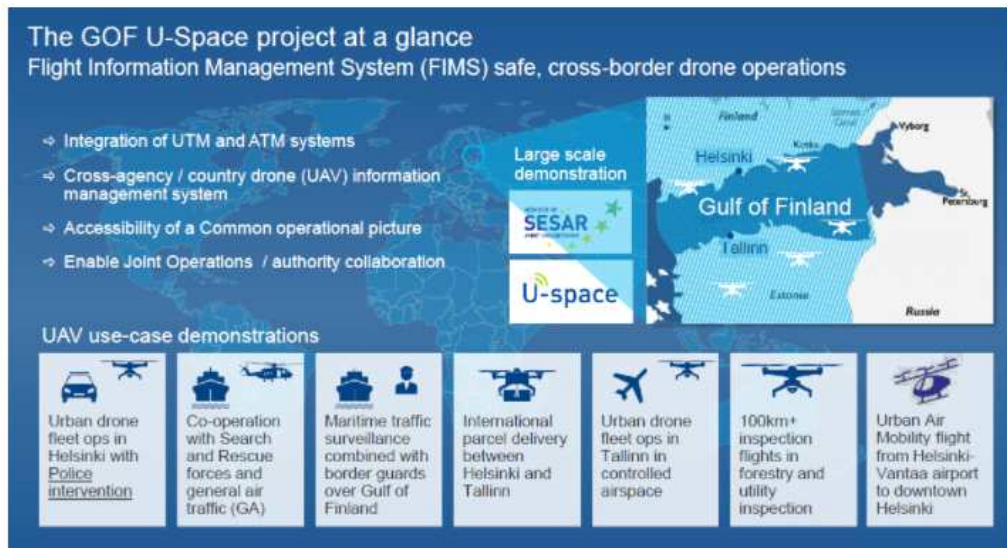
14) ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) : 위성 항법 시스템과 1,090 MHz 전송 링크를 이용하여 항공기 감시 정보를 일정 주기마다 지상의 항공 교통 관제 및 다른 항공기에 자동으로 방송하는 항공기 감시 체계

- ADS-B In 애플리케이션: ADS-B In은성장을 구현할 수 있는 기회 NAS 를 늘리기 위한 애플리케이션 수 간격 효율성. 이러한 응용 프로그램 향상된 항공 교통 서비스 포함, 교통 정보의 조종석 표시 보조 시각적 분리 및 고급 간격 관리.
- 충돌 감지: 정확도 제고 ADS-B Out의 감시 데이터 자동화 장비에 제공되는 수와 크기를 줄이고, 충돌 예측의 벡터링 및 연료 소비 제고
- 수색 및 구조: ADS-B 적용 범위는 보다 낮은 고도에서 종종 사용 가능 레이더. 높은 정확도의 가용성, 높은 업데이트 속도의 감시 정보 사고 현장을 쉽게 파악가능.
- 레이더 매각: ADS-B 중복 레거시 레이더 범위는 FAA에 적절한 모의 감시 기회 NAS 전반에 걸친 인프라. 산업 책임 FAA가 항공을 현대화 하는 동안 NextGen을 위한 인프라 및 계속 새로운 절차와 기술을 배포하기 위해 항공 산업의 참여와 약속 이행은 NextGen의 잠재력을 최대한 발휘하는 데 중요함
- NextGen 자 위원회(NAC)는 혼합 항공기 장비를 기본 장비로 결정함. 혼합 장비는 서로 다른 기능이 있는 운영 환경을 설명하며, 같은 지역 을 비행하는 항공기의 운영자가 최대한 활용하지 못하도록 현대 항공 교통 관리 방법, 예를 들어 TBO. AC는 FAA와 협력하여 정의할 최소 기능 목록(MCL) 최적의 항공기 장비 수준을 의미함

2.4.2 유럽의 SESAR Project

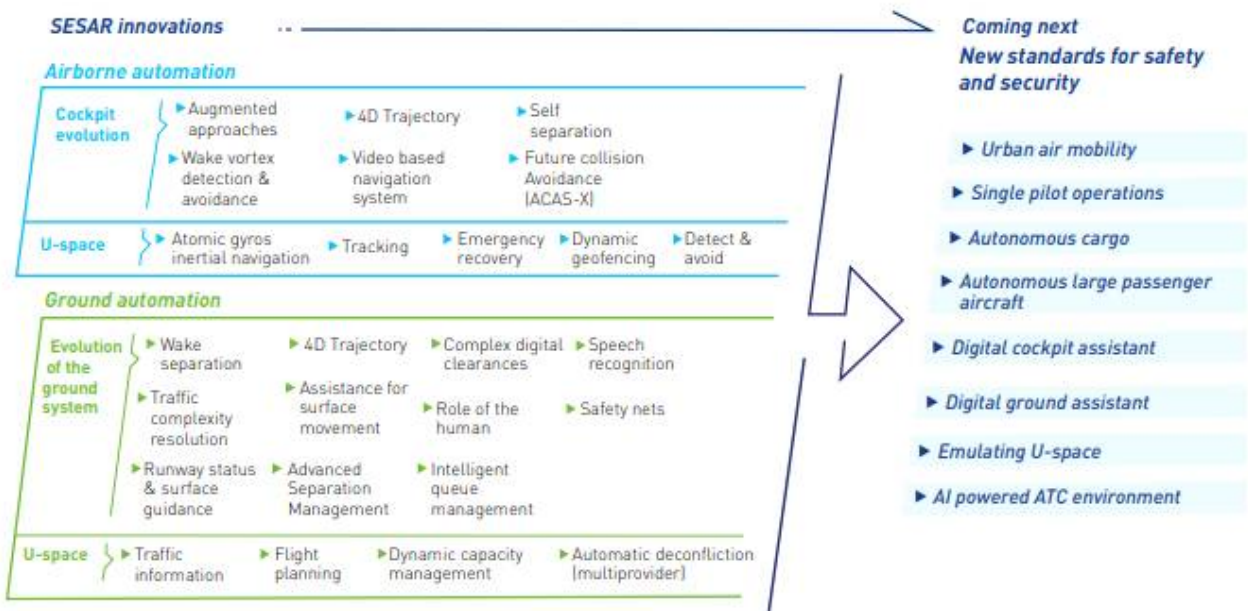
□ 드론탐사 프로젝트

- U-우주 작전을 다루고 무인 항공기 시스템과 유인 항공의 통합을 지원하기 위한 표준 및 절차의 지속적인 개발에 기여하기 위한 프로젝트
- U-space의 수요 및 용량 최적화(DACUS)는 드론 트래픽 관리를 위한 서비스 지향 수요 및 용량 균형(DCB) 프로세스를 개발하는 것을 목표
- 항공교통 관리를 위한 SESAR U-space 서비스의 기능을 통합하는 유형 솔루션에 대한 유럽 무인 항공기 운영의 운영 및 기술 요구에 부응함



[그림 21] The Gulf of Finland (GOF) U-space demonstration project

□ SESAR 혁신프로젝트



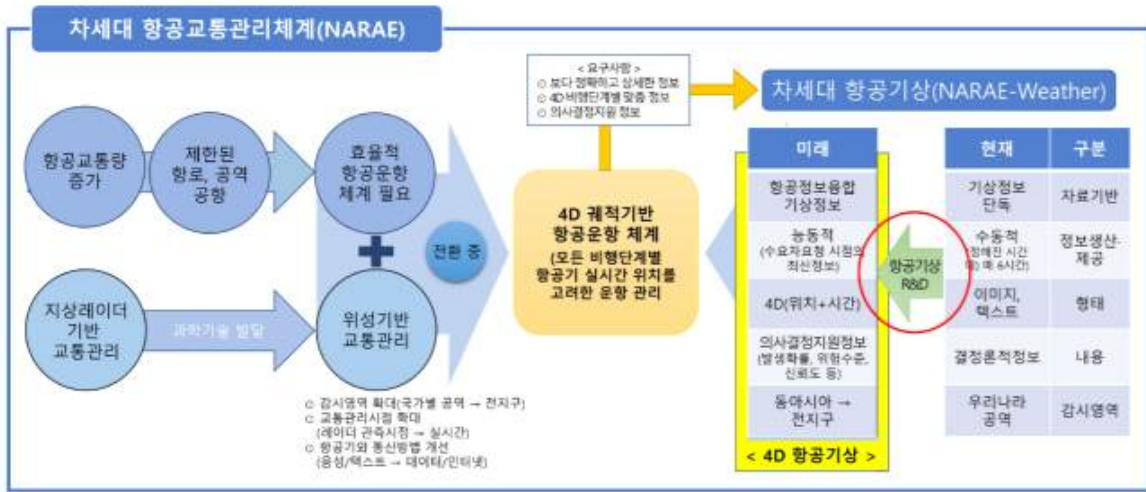
[그림 22] EU의 SESAR 프로젝트 구조

- 미래 ATM 네트워크 서비스, 미래 ATS, 미래 공항 운영, 미래항공 인프라, 공중/지상 통합 및 자율성 기계 분야의 발전방안 수립
- 원활한 유럽 항로 영공을 가능하게 함으로써 단일 유럽 영공 시스템의 개념에 통합되어 자원이 연결되고 풍부한 데이터와 사이버 보안으로 연결된 생태계를 통해 현대 기술을 활용하여 네트워크 전반에 걸쳐 최적화
- 2040년까지 유인 및 무인항공과 관련된 요구사항으로 유럽의 항공인프라가

직면한 문제를 해결하고 EU시민에게 최대의 혜택을 제공

2.4.3 국토교통부 NAREA

- 전 세계적으로 ICAO를 중심으로 미래 항공교통시대를 준비하고 있으며, 이를 대응하기 위한 차세대 항공교통관리 시스템을 구축하여 추진하고 있음
- 국토교통부 국가항행계획(NARAE)의 NARAE-Weather 현황



[그림 23] NARAE-Weather 개념도
(출처.미래항공기상서비스 기술개발전략과 나래웨더 실현)

- 국제기구계획등을 반영한 ‘선진형 항공교통시스템구축 및 고도화’ 를추진 하고 NARAE 추진위 구성·운영중
- 10년간 약2배 증가한 항공교통량처리를 위해 흐름관리등 여러방안을 추진 중이며, 탄력적 공역운영 환경조성을 위해 민·군협력 관제사의 경험진행과 능력에 따른 수동적인 출·도착순서를 도출
- 국토교통부는 4D 궤적기반 운항체계 구축을 위해 비행경로 관리 등 궤적기반의 운항예측 알고리즘 개발을 추진 중
- 기존의 항공교통시스템에서 항공기의 안전성과 효율성을 확보하는데 집중 하고, 미래항공교통체계를 대응/구현하기 위해 차세대 항공교통시스템의 추진방향은 자동화, 디지털화로 시스템 간 상호운용 통합, 협력적인 의사결정에 초점을 두고 있음

- NARAE vs NARAE weather의 기본계획을 바탕으로 수립한 세부이행과제 중에서 항공기상부분은 ICAO에서의 기상정보 선진화(AMET) 스텝드를 비롯하여 총 5개의 세부이행과제에 포함 및 관련성을 가지고 있음

2.5 시사점

- 항공교통관리 기준에 맞는 항공기상정보 산출 및 제공 기술개발이 필요하며, 저고도 항공기 특화용 틀을 이용한 항공기상 요소별, 고도별(1,000ft 간격으로 5,000ft까지) 정보 제공을 위해 보다 상세하고 정확한 저고도 특화용 항공기상정보 제공 기술이 필요
- 항공기 운항의 효율성 제고를 위한 위험기상 예측의 정확도를 제고하는 노력이 필요하며, 우리나라 환경에 맞는 인프라 구축과 공항/공역환경 맞춤형으로 항공기상관측이 수립되어야 함
- 세계적인 항공교통량 증가와 미래 항공기반 산업의 증가 예상에 따른 안전한 항공운항을 위한 항공기상정보 정확도의 지속가능한 환류체계를 마련하고, 항공기상정보에 대한 종합 분석을 바탕으로 예측 알고리즘 개선을 통한 항공기상정보의 품질 및 신뢰도 향상이 필요함
- 미래항공교통 운용환경 여건에 맞는 AI, UAM 등 신기술·운영개념 적용을 위한 사전 정책 대응이 필요하며, 기존의 항공교통관리 체계와 조화방안 등을 구체화 필요함
- 항공정보종합관리체계(SWIM)를 기반으로 항공기를 포함한 모든 이해관계자가 적시적소에서 항공정보를 종합적으로 공유할 수 있는 협력적 의사체계 수립이 필요함

3. 관측망 현황

3.1. 국내 관측망 현황

□ 국내 급변풍 관측장비 설치현황

장비명	수량	세부사항	관측요소
AMOS (Aerodrome Meteorological Observation System, 공항기상관측장비)	7	<ul style="list-style-type: none"> ○ 활주로의 기상상태 (활주로가시거리, 구름고도 등)를 자동측정하는 항공기상의 기본장비 ○ 설치지점(7소) : 인천(2조), 김포, 제주, 울산, 무안, 여수, 양양공항 	풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도, 강수량, 강수유무, 시정·현천, 운고·운량, 적설
LLWAS (Low Level Windshear Alert System, 저층윈드시어경고관측장비)	3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 활주로 및 활주로 인접지역의 저층에서 발생하는 급변풍 및 마이크로버스트를 탐지하여, 항공기 이착륙 의사결정 자료로 활용(관제탑) ○ 설치지점(3소) : 인천, 제주, 양양공항 	풍향, 풍속, 윈드시어고, 마이크로버스트 탐지
TDWR (Terminal Doppler Weather Radar, 공항기상레이더)	1	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공항부근의 위험기상 (호우, 마이크로버스트 등)을 조기 탐지하여 관제사와 예보관에게 제공 ○ 설치지점(1소) : 인천공항 	강수분포, 강수강도, 윈드시어, 마이크로버스트 등
통합솔루션	1	<ul style="list-style-type: none"> ○ TDWR 과 LLWAS 통합제품 ○ 설치지점(1소) : 인천공항 	

[표 4] 급변풍 관측장비 설치 현황 (출처. 항공기상청)

- AMOS(Aerodrome automated Meteorological Observing System)
 - 풍향, 풍속, 온도, 노점(습도), 기압, 우량, 시정 및 운고 등 습도),시정 및 활주로 가시거리(RVR: Runway Visual Range), 운고, 강수량을 기본 측정함
- LLWAS(Low-Level Wind shear Alert system)
 - 활주로주변 센서를 통해 활주로 저층에서 발생하는 바람자료를 분석하여 급변풍, 마이크로버스트 탐지
 - 지상부분근처의 바람탐측의 산출방식으로 고고도의 탐측은 한계가 있음
LLWAS의 정보를 가져와 TDWR의 경보가 통합되어 경보를 제시하고 있음
- TDWR(Terminal Doppler Weather sysem)
 - 공항주변 구름분포, 강수강도, 급변풍, 마이크로버스트(난류) 감지
 - 인천공항에만 설치되어 있음

□ 항공기 관측망 현황

○ 비행기 관측으로 국내 AMDAR시스템은 대한항공과 아시아나항공 총10대로부터 기상자료(기압, 기온, 풍향, 풍속)을 수집 중임.

- 코로나19로 인한 항공운항 감소와 비례하여 기상관측데이터도 줄어들었음

□ 기상관측망 교체(신설) 계획 현황

- 울릉공항은 현재 토목공사가 진행 중이며, '25년 개항 예정임

년도 장비명	'23년	'24년	'25년	'26년
AMOS 예산	무안 7억		울산·여수 15억	
예비AMOS 예산		김포·제주 울산·여수 8억		
LLWAS 예산	제주 15억	양양 9억		인천 8억
TDWR 예산		울릉(신설) 30억(X밴드)		
윈드라이다 (LIDAR) 예산		울릉(신설) 30억	김포·제주(신설) 60억	

[표 5] 기상관측망 교체(신설)계획 (출처. 항공기상청)

□ 국내 급변풍 관측장비 설치분석

○ 김포공항은 인천공항과 거리가 멀어 인천공항의 TDWR 정보를 활용하기 힘들며, 활주로 주변 급변풍 주 장비가 전혀 없음

○ 제주공항은 LLWAS만으로 급변풍 경보를 내고 있으며, 한라산을 넘어오는 산악풍 급변풍 위험도가 높은 상황이므로 상공100미터 이상의 급변풍관측 장비가 필요함

○ 여수공항은 급변풍 주 장비가 전혀 없으며, 비행기관측망을 우선 고려할 수 있으며 신규도입시 X-Band TDWR 추진을 고려해야 함

○ 양양공항은 LLWAS가 설치되어 있으며, 저고도 외 상층관측망으로서 Lidar 설치로 보완이 필요함

- Lidar (Light Detection And Ranging)

- 강수현상이 없는 맑은날씨의 기상상황에서 급변풍과 마이크로버스트 탐지에 효과적임. TDWR을 보완하여 관측범위 확장 가능함.
 - 지상 LIDAR (terrestrial LIDAR), 항공기 또는 위성에 탑재할 수 있어 관측시스템의 목적 및 이용 목적에 따라 다양하게 커스터마이징할 수 있는 활용성이 우수함
- 울릉공항은 X밴드 레이더와 윈드라이다 도입으로 급변풍 탐지 관측망 확충 필요
- X-band TDWR : 맑은날씨에 풍속을 포함한 바람을 관측할 수 있는 레이더 S나 C밴드 레이더보다 고해상도 이미지를 얻을 수 있으며, 짧은반경의 급변풍 탐지율은 높은 편임

□ 공항별 위험기상요소에 따른 주요이슈 분석

공항	교통량 (백만)	위험기상요소	위험지수 (SEWF)	위험기상이슈
인천	7,957	- 항공기저연에 안개가 가장높은빈도 - 항공기결항에 강설과 태풍이 가장 많은 영향	0.87	3할주로 주변 지형적특성(산)으로 인한 윈드시어 발생 4할주로 후류영향에 대한 위험 발생
김포	2,566	- 도시의 스모그와 안개현상 발생	0.71	윈드시어 관측장비 부재
제주	2,408	- 안개와 강풍(윈드시어)으로 강풍 발생 - 항공기결항에 태풍과 강풍이 가장 많은 영향	1.79	윈드시어 관측장비 설치 위치가 높아 관측정확성이 떨어짐
무안	0.111	- 지형적특성상 대설과 강풍현상이 자주 발생	0.54	윈드시어는 거의 없으나, 관측장비가 부재
울산	0.057	- 지형적 특성 상 안개, 태풍 및 강풍 및 상층풍 발생	1.00	WP운영 중단, 장비별 관측결과가 상이함
여수	0.065	- 태풍과 강풍에 의한 영향이 있음	1.13	강설시 결항 자주 발생
양양	0.024	- 지형적특성 상 산맥과 해안이 이어져 바람의 특성이 변화함	0.96	LLWAS자료 정확성이 떨어짐, 장비유지보수 문제

[표 6]공항별 위험기상요소분석
(출처. 위험기상조기탐지를 위한 항공기상고도화방안(2017))

- 각 공항별로 위 위험기상요소, 위험지수(SEWF)¹⁵⁾와 이슈가 있으며, 이해관계자를 통한 위험기상 감시를 위한 주요방안 도출 필요

* 국내 7개공항의 위험기상 노출지수¹⁶⁾(지형과 기상요소반영)는 제주, 여수, 울산공항 순서로 높게 나타나며, 현재까지 예측된 교통량¹⁷⁾을 보면 인천, 김포, 제주 순서로 크게 나타남

15) 공항 SEWF = 개별공항 (공항ARENA x 위험기상 발생시간 x 위험가중치) / 전체 공항 평균 (공항ARENA x 위험기상 발생시간 x 위험가중치)
 16) 위험기상 노출지수(Safety weather exposure factor, SEWF) : 위험기상요인과 그것의 중요도를 분석하여, 공항의 상황을 고려(공항의 규모 및 수용성에 따른 위험의 노출 증가, 공항 유형별 적용, 공항의 변동조건)하여 적용
 17) 교통량 : 2016년~2030년, 국내 공항별 예상 운항 편수, 2017-2030년 미래예측 교통량, 항공정보포털시스템

조건	상세조건	C-band TDWR	X-band TDWR	LR LIDAR	SR LIDAR	LLWAS
기상조건	흐림, 강우	◎	○	X	X	○
	맑음	△	△	◎	◎	○
지형조건	산악	△	○	◎	◎	○
	평지	◎	○	○	○	○
설치조건	난이도	△	○	○	○	X
마이크로 버스트 탐측 능력		◎	○	△	n/a	△
가격 경쟁력		X	△	△	◎	○

◎-최적합 혹은 최고, ○-적합, 고 △-부분 적합, 중, X-부적합, 저

[표 7] 조건별 급변풍 관측장비 비교
(출처. 위험기상조기탐지를 위한 항공기상고도화방안(2017))

- 장비의 성능과 함께 장비가 사용되는 목적에 따른 통합 성능에 분류임
- 기상조건과 지형조건을 고려하여 장비설치 도입전략을 수립해야 함
 - 국내 급변풍은 흐리고 비가 올 때 많이 발생하며, 지형조건에 따라 설치 적합성이 달라짐

□ 급변풍 관측장비 조합의 선택

- 공항마다 달라지는 관측장비 조합의 탐지율(POD, Probability of Detection)에 따라 최적화가 달라짐
- 항공기 안전에 영향을 미치는 기상요인들과 장비별 장단점 탐지능력에 따른 관측장비 도입이 필요하며, 신규공항 X-Band TDWR의 설치가 최적방안임
- 공항크기와 운영규모를 고려한 환경조사를 선행하여 최적의 관측장비 도입이 필요함

- TDWR과 LIDAR 조합의 선택

C-Band TDWR¹⁸⁾ + LIDAR 혹은 X-Band TDWR¹⁹⁾ + LIDAR가 탐지율이 높은 조합. 산악지역이 아니라면 C-Band TDWR + LIDAR가 일반적으로 탐지율이 높은 편임

- LR LIDAR와 SR LIDAR 조합의 선택

맑은 날에는 LR LIDAR와 SR LIDAR의 조합이 LLWAS보다 급변풍을 더 잘 탐지하며, LLWAS는 설치 시 높이와 위치 선정에 어려움이 있음

18) C-Band TDWR은 산악지역보다는 평지에서 탐지율이 높고, 가격이 비쌈

19) X-Band 레이더는 홍콩관벤치마크 자료

○ (참고) 위험기상 고도화를 위한 관측장비

- (VAISALA) AviMet (급변풍 경보 시스템) : LLWAS, X-밴드 기상레이더, Wind Lidar 통합운영시스템, 다양한 관측센서 데이터를 통합구축한 서비스



[그림 25] Vaisala Avimet

- WINDCUBE 3D LIDAR : 풍력, 기후 연구, 악천후 및 기상학의 다양한 요구 사항을 해결할 수 있는 다목적 장비

3.2 해외 관측망 현황

3.2.1 해외 저고도 관측망 현황

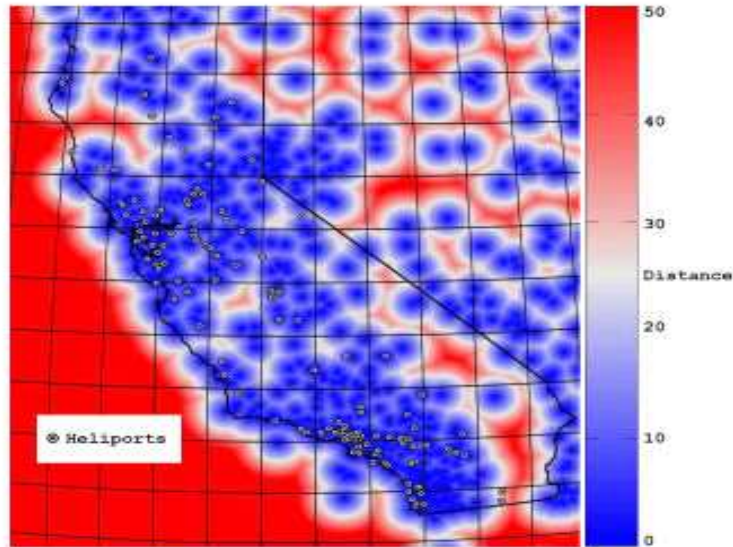
□ 해외 저고도 관측망 현황

- 네덜란드는 기상레이더를 통해 저고도 기상에 대한 다양한 기상상황을 이미지로 확인하는 등, 기상자료에 대한 데이터를 플랫폼 제공에 대한 저고도 홈페이지 구축은 되어있으나, 저고도 관측망에 대한 자료는 확인이 되지 않음
- 미국 ASOS 시스템은 국가의 주요 지표 기상관측 네트워크 역할을 하며, ASOS는 공항 활주로 환경 내에서 일기 예보 활동과 항공 운영을 지원하는 동시에 연중무휴 24시간 매분 마다 관찰 내용을 업데이트하며 논스톱으로 작동됨

* AWOS 또는 ASOS가 없는 지역에서 헬리콥터 및 구급항공기의 운영에 유

용할 수 있음

- 미국은 공항 자동관측망과 육상 관측망을 통합하여 헬기를 위한 관측망을 활용한 RWIS (Roadside Weather Information System)와 AWOS (Automated Weather Observing System)를 통합운영 중



[그림 25] AWOS와 RWIS의 통합에 의한 기상 데이터 제공 범위

- 헬리콥터 착륙지 2 곳을 제외하고는 모든 곳에서 항공 기상 정보를 제공 받을 수 있음
- 미국 Google에서 인구 밀집 지역인 저고도 Class G 공역에서 신속한 운항이 가능한 UTM 연구로 수행중인 Project Wing에서 관련된 개념을 제안하였으며, 모바일네트워크를 활용하여 날씨(바람정보) ADS-B 정보를 제공함.
- 일본은 9개 공항에 TDWR을 설치하여 저고도 급변풍 탐지를 위한 3차원 월드필드를 관측함.
- 홍콩은 ADS-B가 장착된 헬리콥터를 포함한 저고도 항공기에 대한 감시 기능을 제공하기 위한 ADS-B 지상관측망이 있음



[그림 26] 홍콩의 8개 ADS-B 지상관측소

□ 해외 저고도 항공기상서비스 제공 현황

국가	서비스내용
독일	<ul style="list-style-type: none"> · 저고도 맞춤형 비행 계획 서비스(스포츠 및 레저 활동을 위한 항공기상정보를) 중심으로 무상 제공 · Helipotat / BIV : 공공기관의 야간 헬리콥터 비행을 보조하기 위한 정보제공
영국	<ul style="list-style-type: none"> · HeliBrief : 헬리콥터를 운용을 위한 기상서비스 · 연안 업무, 경찰 업무, 수색 및 구조 업무, 응급 의료 업무에 따라 기상 관측 현황, 정보 및 예보를 맞춤형으로 제공
미국	<ul style="list-style-type: none"> · HEMS Tool : 응급환자 수송과 같은 단거리 저고도 비행을 위한 기상 상태를 표시

[표 8] 해외 저고도 서비스 현황

○ (참고) 저고도 기상관측장비

- * (AWI²⁰ AWOS) 이동식 무인기상시스템 : 맞춤형 센서 구성으로 제공되며 차량육상에서 틸트 오버 삼각대 타워에 이르기까지 거의 모든 곳에 장착가능.
- * (Vaisala TMOS²¹) : 맞춤형 휴대용 자동기상 관측소, 공항을 사용하는 국방 작업 지역에 사용 가능하며 태양 전지 패널로 전원이 공급되며, 백업 배터리로 재충전 없이 7일간 작동가능

20) AWI :미국 All Weather, Inc.

21) TMOS :Tactical Meteorological Observation System



[그림 27] Vaisala TMOS

3.2.2 해외 자동 관측체계 현황

3.2.2.1 홍콩 Auto 관측체계 현황

□ 홍콩국제공항의 규모

공항명 (2018년기준)	이용객	부지(㎡)	여객/화물터미널(㎡)	활주로(㎡)	운항횟수
홍콩국제공항	74,517,402명	12,480,000㎡	51만㎡(터미널1) 14만㎡(터미널2) 32만㎡(화물)	3,800×60(07R/25L) 3,800×60(07L/25R)	427,725회

[표 9] 홍콩국제공항의 규모

□ 홍콩국제공항의 지리적·기상기후적 특성

- 홍콩국제공항에서 파일럿의 보고로 접수된 급변풍의 약 70%가 지형에 의해 발생하는 기류장애(terrain-disrupted airflow disturbance)임
- 공항의 남쪽에 인접한 Lantau 섬에는 해수면에서 1km 이상의 봉우리들과 그 사이 400m이하로 내려간 계곡들이 있고 공항의 3면이 바다로 이루어져 있어 동풍이 불어 넘어오며 아래 그림처럼 비행기 활공로(glide path) 상에 지형에 의한 기류장애가 나타남
- 홍콩국제공항 급변풍의 약20%를 차지하는 기후는 해풍(sea breeze)로, 동풍

과 만나는 가습된 해풍이 공항 상공을 지나서 겨울에서 봄에 나타나고 이 기간에 비행기가 서쪽에서 홍콩국제공항으로 착륙할 때 해풍전선으로 인해 갑작스런 headwind의 증가함

- 여름 몬순기후동안에는 공항의 동쪽 해상에 동풍이 형성됨. 파일럿 보고에 의한 나머지 10%의 급변풍은 대류성 기후에 의한 것으로 겨울에 돌풍전선, 마이크로버스트와 하층 제트기류(low-level jets)가 있음

□ 자동화 관측망 운영 현황

- 소규모 저고도 급변풍, 난류 및 마이크로버스트가 자주 발생하는 지리적 특성상 TDWR, LIDAR, 단거리 LIDAR 및 풍속계 네트워크 정보를 통합한 WTWS²²⁾을 설치 운영 (급변풍, 난류, 마이크로버스트를 구분하고 그에 따른 주의보 및 경보를 발령)



[그림 28] 홍콩공항 기상관측장비 설치현황

- ATCX(Air Traffic Control Complex)에 세계최초의 항공용 도플러 LIDAR 관측시스템과 HKO (Hong Kong Observatory)에서 자동으로 급변풍 탐지가 가능한 알고리즘을 LIDAR장비 설치 운영 중
- 더블라이더(이중라이더) 급변풍 조기경보시스템 설치, 두 활주로에서 급변풍의 감지 효율성을 더욱 향상시킴.

홍콩국제공항의 두 활주로 근처에 위치하여 활주로 외부 3해리(5.6km)까지 범위를 커버하는 항공기의 착륙 지역에 영향을 미칠 수 있는 기류를 감

22) WTWS: Wind Shear and Turbulence Warning System

지하기 위해 공항의 착륙 지역을 지속적으로 스캔

윈드시어 및 난기류 모니터링을 위한 HKO기상 장비설치현황	
장비명	설치장소
도플러 기상레이더	공항에서 북동쪽으로 약12km떨어짐
자동기상관측소 네트워크	지상,계곡,산꼭대기에 위치
기상부표5개	공항근처 바다
기류분석기2대	Lantau Island
도플러라이더시스템	공항
단거리라이더	AsiaWorld-Expo근처

[표 10] 윈드시어 및 난기류 모니터링 HKO 장비설치현황

3.2.2.2 뉴질랜드 Auto 관측체계 현황

□ 자동화 관측장비 측면

- 이중화된 기상관측센서 설치 후 데이터 비교 및 품질 관리를 통해 AUTO METAR 전송 시스템 구현
- 중앙집중식 데이터스트림 관리를 통해 각 관측장비 데이터 연결망 구현
- RVR (Runway Visual Range) 및 LDN (Lightning Detection Network) 데이터에서 파생된 TS 및 VCTS가 포함된 METAR AUTO 전문 자동 생성
- METAR AUTO를 전문의 품질 검사 시 최종 단계에서 예보자료를 보완하는 웹 카메라 이미지 센서 설치 및 운영

□ 운영 및 프로세스 측면

- 운영비용 부담과 METAR전문에 대한 신뢰성, 일관성 및 품질에 대한 기대효과가 커짐에 따라 AUTOMETAR 자동화 시작
- 2008년부터 27개 국내공항에 AUTO METAR 전문 자동화를 성공적으로 확대 적용함
- 뉴질랜드 민간항공국(CAA:New Zealand Civil Aviation Authority)의 엄격한 요구사항 충족함
- AUTO METAR 완전 자동화를 위한 전제조건

- 자동기상관측장비의 데이터 검증 및 품질관리 체계 구현
- 자동기상관측장비 이중화 구현
- 중앙 집중식 데이터 관리를 위한 통신 및 전달체계 구현
- 자동기상관측장비의 AUTO METAR 저장 및 전달체계 구현
- RVR, 낙뢰관측장비 연계 및 웹 카메라 시스템 구현 등
- 수동 및 자동 METAR전문 운영 비교 관리
- AUTO METAR 전문 작성을 위하여 30분 단위로 관측센서로부터 1분단위의 관측 자료들을 가공한 후 낙뢰관측정보를 추가하여 전문 생성 후 ATIS 및 GTS 망을 통해 AUTO METAR전문을 송신하는 시스템으로 작성과정을 수행

3.2.2.3 네델란드 Auto 관측체계 현황

□ 자동화 관측장비 측면

- 관측 인프라 구축: 관측 센서, 비디오카메라, SIAM 센서 인터페이스와 다중 화기, 서버 시스템
- 시스템 이중화와 백업: 백업 센서, 인프라 이중화, 서버 이중화
- 관측 인프라 최적화: 백업 측정, 센서 이슈: 별레에 의한 시정 감소 등, 보고 절차
- 운고, 운형 관측 (라이다 운고계): 적란운/탑적운은 레이더, 낙뢰, 위성자료 활용 및 TSI(Total Sky Imager)로 운고계 단점 보완
- 자동기상관측센서로부터의 관측자료 수집 처리 등은 완전 자동화 되어 있으나 스키폴 국제공항에서는 기상실 운영자에 의해 상시 관측감시 체계로 운영
 - 스키폴 국제공항의 기상 센서, 센서 인터페이스, 데이터 통신 시스템 및 서버 시스템은 모듈식으로 선택되거나 제작되어 모든 구성요소에 대한 예비품을 보유하고 있으며 고장이 난 경우 현장에서 쉽게 교체 가능
- AUTOMETAR 는 AUTOMETAR 와 지역보고서인 AUTOACTUAL 로 구분됨
- 온도, 습도, 이슬점온도, 풍향, 풍속 및 RVR 등은 완전 자동화되어 운영

□ 운영 및 프로세스 측면

- AUTO METAR 시스템의 도입 및 이해관계자의 수용에서 어려움

- 이해관계자의 감정
- 시스템이 기술 감독이나 추가 정보를 제공 할 수 있는 원격 위치의 기상학자에 의한 모니터링 없이 운영된다는 인식
- 지역 관측자의 AUTO METAR의 가치와 자동 기상 관측 제품의 특성에 익숙하지 않음
- 비슷한 시스템에 대한 경험 부족 및 운영 및 안전에 미치는 영향
- 자동 로컬 루틴과 자동 지역 특별 보고서는 수락 과정에서 가장 중요한 부분으로 밝혀짐
- 관련된 당사자 간의 공개 토론은 AUTO METAR 시스템의 주요 쟁점을 명확히 하고 AUTO METAR 시스템 및 그 품질의 수용에 유익함
- ATC와 KNMI가 예상하거나 인식한 기상 상황과 크게 다른 경우 항공 기상학자의 능동적인 역할에 대한 동의

□ 감독 관리 절차

- 관측 시스템 모니터링 체계
 - 센서 상태 실시간 점검
 - 서비스 담당자 교정 정비예방 정비
 - 운영자 오작동 모니터링
- 원격 검증 및 보완: 항공기상학자(전문가)의 역할
 - 공항 센서 자료 및 카메라 영상 확인
 - 인근 기상대 정보, 기상 상황 파악
 - 공항 ATC나 공항 기상 담당자 연락
 - 위성, 인근공항 자료로 원격 검증 후 배포

3.2.2.4 미국 Auto 관측체계 현황

□ 자동화 관측장비 측면

- AUTO METAR 전문에는 보고서 유형, 관측지점, 관측 날짜 및 AUTO METAR 또는 수정 전문(COR)인지 여부를 포함함

- AUTO METAR의 기상 현상은 바람, 시정, 활주로 가시 거리 (RVR), 현재 날씨, 하늘 상태, 온도, 이슬점 및 고도계 설정을 포함
- 미국 FAA²³⁾설치기준 : RVR 측정용 측기는 활주로 중심선보다 14피트 높게 설치함

□ 운영 및 프로세스 측면

- 자동 METAR 전문 중 “remark” 부분에서 작성되어지는 전문중에서 일부 관측장비는 FAA 설치 권고기준 장비에 포함되지 않을 수 있음
- AUTO METAR 전문 자동화 사 공인된 현업 관측자는 완전성과 정확성에 책임을 져야함
- 센서 오작동, 통신장애, 또는 완전 자동화가 불가능할 경우에는 86)- 센서 / 시스템 오작동 또는 하나 이상의 센서 또는 전체 관측 시스템이 어떤 이유로든 데이터를 보고 않을경우 수동 백업 전문 지원체계로 전환하고 적절한 유지보수 알림 등의 업무를 수행해야 함
 - 자동기상관측시스템 또는 통신선로 오작동 시 네트워크를 통한 관측자료의 전송을 방지해야 함
 - 관측자료 또는 전문이 외부로 전송되지 않는다는 것이 명백한 경우에는 다른망을 통하여 전송하고 해당 유관기관에 통지해야 함

□ 항공기상 자동관측체계는 전 세계적인 트렌드임

- 자동관측은 전 세계적인 트렌드로서 단계별 목표를 통해서 자동관측 도입을 실시하고 있음
- 자동관측 도입 시, 대형공항을 중심으로 선행적으로 추진하고 있으며, 기존 네트워크 데이터를 그대로 전송하는 형식을 취하고 있음

3.2.3 관측망 연계 및 통합 현황

□ 위성관측

- NOAA는 2개의 위성을 사용

23) FAA : Federal Aviation Administration 미국연방항공국

-NOAA의 정지궤도 위성(GOES-16, Geostationary Operational Environmental Satellites)와 극궤도 위성(POES, Polar Orbiting Earth Satellites), 군사위성(DMSP, Defense Meteorological Satellite Program)을 사용

- 착빙예측에서의 사용 예

CIP / FIP 제품은 위성 데이터, 레이더, 파일럿 보고서 (PIREPS) 및 컴퓨터 모델을 기반으로 개발된 복합 그래픽 제공, 현재 및 예측된 착빙조건을 표시, 착빙 유형별로 세분화 됨

□ 레이더

○ WSR-88D(Weather Surveillance Radar-1988 Doppler), NEXRAD

- 좀 더 정확한 강수량 측정 및 데이터 품질 제고를 위해 이중편파(Dual Polarization) 레이더를 WSR-88D 프로그램에 설치 중임

○ 관제 레이더

- ASR 9등의 기상채널로 강수의 위치와 강도 등 탐지

- 안테나 등 하드웨어를 개조하고 소프트웨어를 장착시킨 급변풍을 탐지하기 위한 WSP를 만들어 TDWR을 설치하기 어려운 지역에서 급변풍을 탐지하는데 사용하고 있음

○ 비행탐재 레이더

- 비행기 탐재 레이더는 일반적으로 C 또는 X 대역 (각각 약 6 GHz 또는 약 10 GHz)에서 작동하여 강수와 뇌우를 탐지함

- APAR(Airborne Phased Array Radar) 프로그램

□ 항공기 관측

○ MDSRC(Meteorological Data Collection and Reporting System) 참여항공사의 실시간 상공 기상 관측을 수집하고 보급

- 관측된 기상 요소는 ACARS를 통해 다운 링크되어 있으며 Aeronautical Radio, Inc.(ARINC)가 관리하며 NWS에 기상 데이터 표현 (BUFR) 형식의 이진 범용 양식으로 보내고 ESRL과 참여 항공사에 원시데이터 형식으로 전달함

- 1,500대 이상의 항공기가 바람 및 온도 데이터를 보고하고 1500대중 일부가 난기류, 습기, 수증기 정보를 제공함

- 항공기가 ACARS 범위를 벗어나면 ASDAR를 통해 보고서를 릴레이 하지만 대부분의 경우 항공기가 ACARS 범위 내에 올 때까지 보고서가 버퍼링
- AMDAR(Aircraft Meteorological Data Relay) 바람, 온도, 습도 / 수증기, 난기류 및 빙결 데이터를 측정하는 항공기 탑재 센서 및 프로브를 사용하여 전 세계적으로 하루 220,000-230,000건의 항공기 관측을 제공함
- AMDAR 수직 프로파일 및 항로 관측은 기상 분석 및 예측 개선을 통해 항공기 안전성 및 운영 효율성을 향상 시킴
- 악천후, 방위, 해양, 공공 기상 및 환경 모니터링 등의 정보는 ACARS을 통한 초고주파 (VHF) 통신 또는 ASDAR를 통한 위성 링크를 통해 다운로드됨
- AIREP, AIREP Special
 - AIREP은 비행 중인 항공기의 기상 상태에 대한 일상적인 보고서이며, AIREP Special은 위험한 기상 상태가 발생했을 때 제공되는 보고서임
- NOAA/NWS에서는 NOAA의 관측데이터와 NOAA외부의 관측데이터를 통합하는 MADIS(Meteorological Assimilation Data Ingest System)으로 민간의 자발적인 관측망 참여를 QC를 통해 받아들여 관측과 예보에 활용하고 있음
- * 특히 민간의 자동관측시스템(AWS)는 저고도 관측망에 활용되고 있음
- FAA와 NOAA의 레이더 관측망, AMDAR, ADS-B 등의 항공기 관측, NOAA의 해양관측망이 NOAA의 NGITWS로 통합되거나 FAA의 CSS-Wx로 통합됨

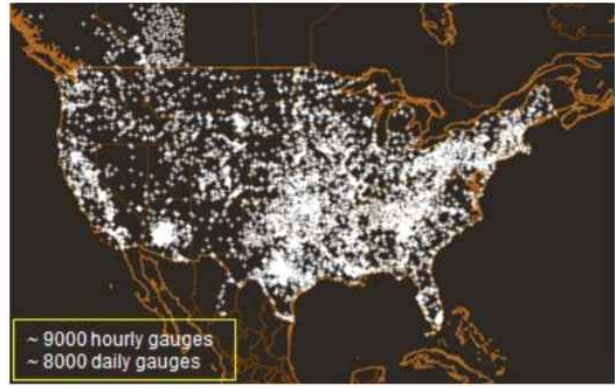
3.2.4 관측망관련 통합솔루션 현황

3.2.4.1 공항공역 및 연계 통합솔루션 현황

- 다중 레이더: 신속하게 업데이트되는 고해상도 3 차원 레이더 데이터 (순간)의 큐브를 만들기 위해 WSR-88D(NEXRAD), TDWR, 레이더의 실시간 데이터 피드의 중복 적용 범위를 융합하고 활용함
- 다중 센서: 다중 레이더 3D 소스의 데이터와 지상관측, 고층관측, 낙뢰, 위성, 비계기 및 NWP 환경 데이터를 혼합하여 견고한 의사 결정 지원 상품을 생산함



[그림 29] MRMS 사용되는 다중 레이더

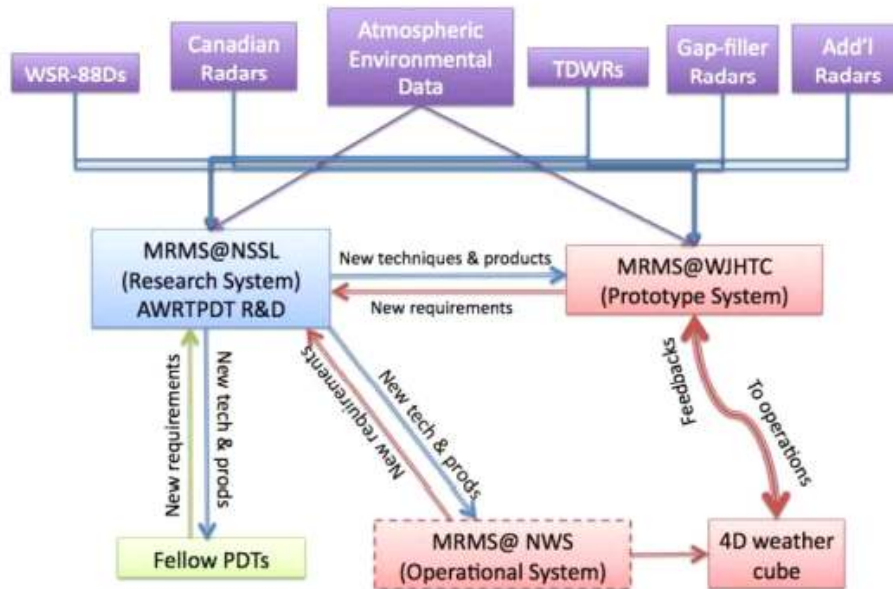


[그림 30] MRMS 사용되는 강수량 자료

- 종관 관측, 예·경보상품도 생산하지만 최종제품이 NextGen 항공기상 관측, 예·경보상품임

3.2.4.2 NOAA 4D 기상큐브

- NOAA NWS IT Web Services

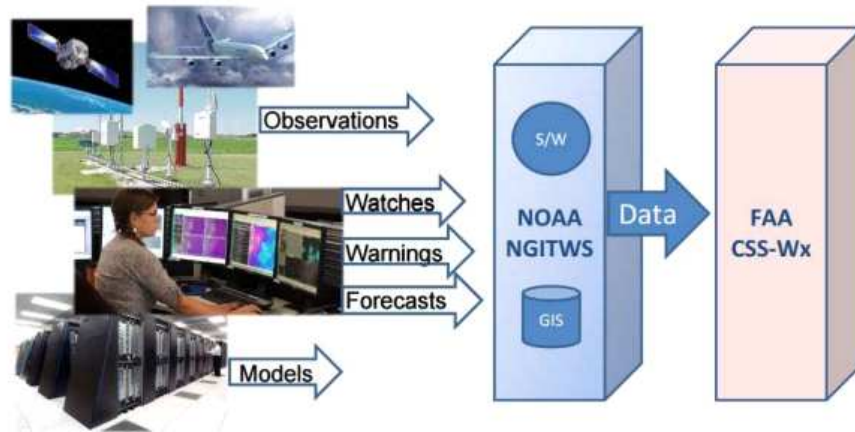


[그림 31] NOAA NWS의 4D 기상큐브: NGITWS

- NOAA의 4D 기상큐브 개념의 통합 솔루션
 - FAA의 CSS-Wx에 대응하는 NOAA의 4D 기상큐브 개념의 통합솔루션
 - NWS와 NOAA의 위성, 레이더, 각종 센서, 및 기타 소스로부터 직접 기상 데이터를 수신하고 4D 기상큐브 개념의 분산 “가상“데이터베이스를 구성하

여 관측 및 네트워크 기반 통신을 통해 관측 및 예측 정보를 자동 또는 사용자 요청에 따라 FAA 시설 및 사용자에게 데이터를 전보다 광범위하고 일관되게 배포 하고 있음

- FAA 공역센터에서 기상을 해석하고 예측하는 NWS 기상 학자가 사용하기 위해 NWS 지상 및 위성 센서의 데이터를 FAA에 제공함



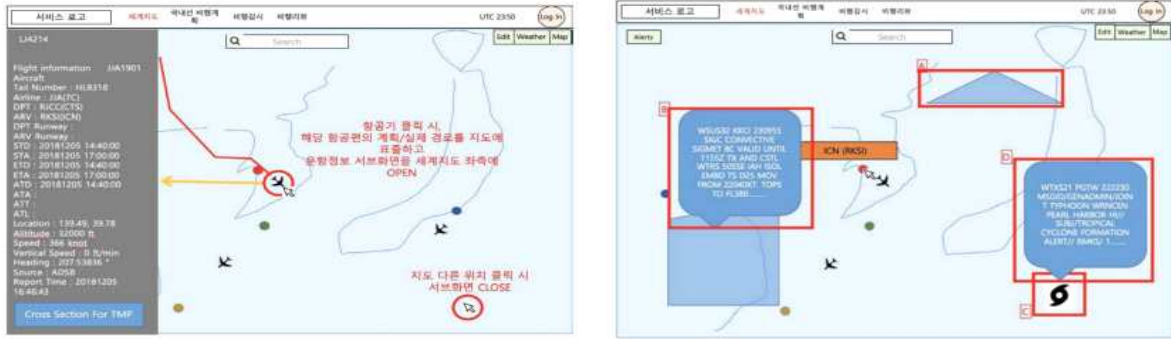
[그림 32] 4D 기상 큐브기반의 MRMS

□ 4D 선진 관측망 통합 현황

- 미국은 4D기상큐브인 CSS-Wx 기반으로 통합하여 개발 중에 있거나 사용중
- 유럽도 통합솔루션을 4D기상큐브 기반으로 개발하여 시범 사용 중
 - 관측장비가 4D 기상 큐브 기반으로 예보기능과 경보기능으로서 통합되어 다양한 관측과 기상 서비스를 제공함

□ 통합 관측망 정보의 통합솔루션은 4D 기반으로 빠르게 이행되고 있으며, 관측망으로부터 직접 데이터를 수신하여 실시간 정보기반으로 통합시스템이 제공되는 방향으로 진행되고 있음

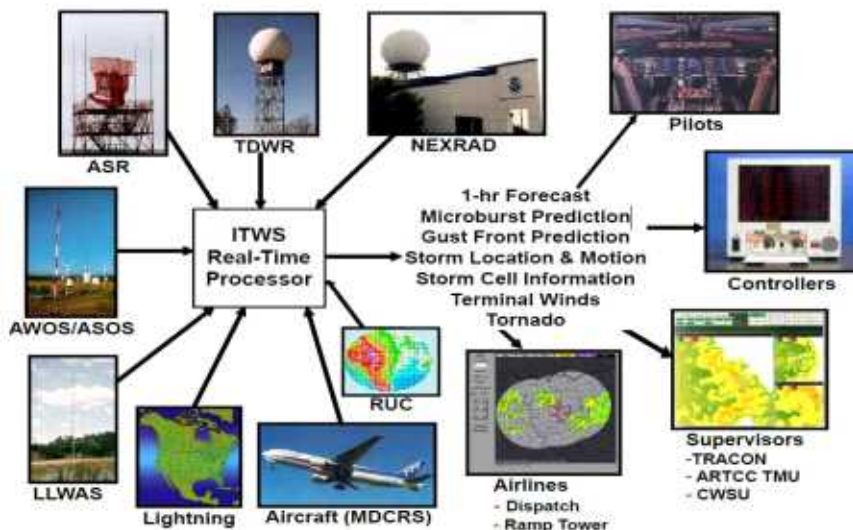
- 국토부 PAV 항공기상서비스 모델 연구사업의 통합기상정보서비스는 다음과 같음



[그림 33] 국토부 통합기상정보서비스 기본화면

3.2.4.3 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 FAA 및 미국국립기상국(National Weather Service)의 각종 기상탐측 장비들로부터 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 기상시스템임
- ITWS 시스템 구성도



[그림 34] ITWS 시스템 구성도

□ ITWS가 제공하는 주요정보

- FAA후원, MIT/LL개발 - FAA/NWS 모든 측정장비 자료통합, 공항계획, 수용 능력, 안전향상을 위한 기상정보 생산물 제공
- FAA 감독자/TM에 직접 정보제공 - 악기상시 효과적 질서정연한 교통 흐름 유지 능동적 대처
- 조종사에 직접 맞춤형정보/적시송신 - 관제사 해석이 거의 필요치 않아 업무과중 감소
- 공항항공교통자동화(TATCA)시스템/wake-vortex 주의보 시스템 - 기상정보제공
- 공항 항공로와 활주로 사용을 최적화 하여서 항공기 지연 감소 가능

3.3 시사점

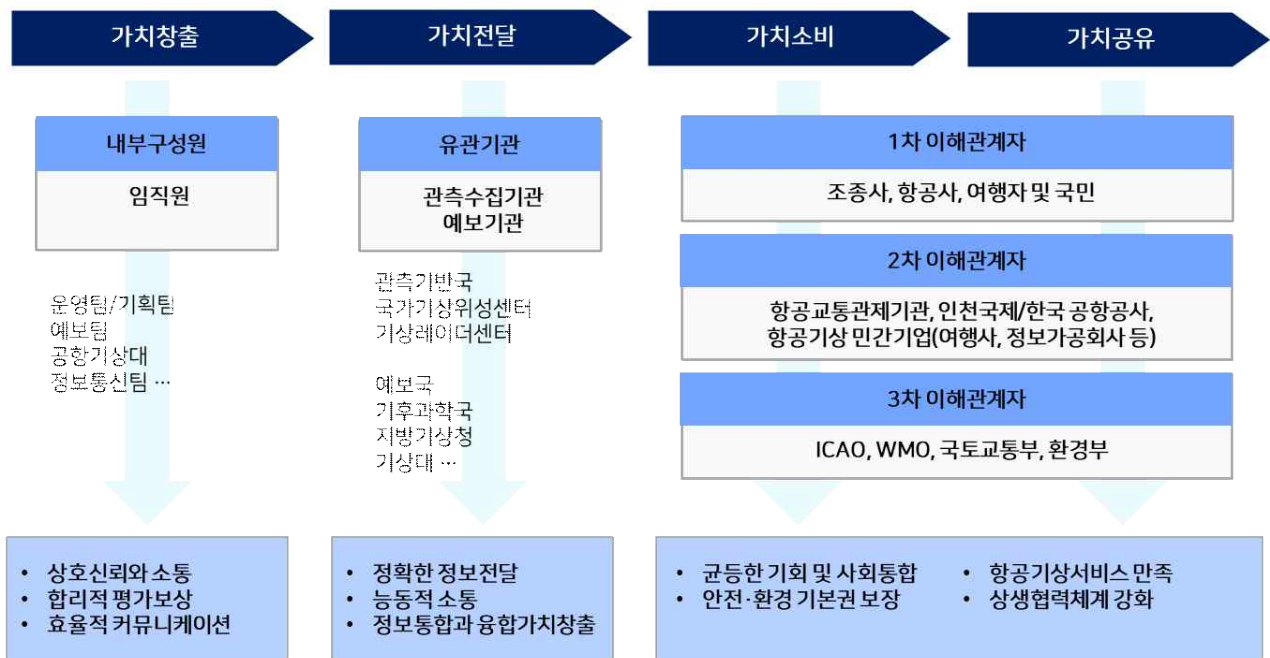
- 다수의 연계된 관측망으로부터의 정보들이 통합 솔루션을 통해 가독성과 빠르게 이해될 수 있는 정보형태로 제공되고 있음
 - 공역관측과 예보를 위한 항공기상 관측망과 타관측망의 통합적인 연계 솔루션이 필요함
 - 예보와 경보, 항공교통정보까지 통합하는 통합솔루션이 필요함
- 항공기가 운항하는 공간인 공역 및 항공로의 기상현상은 비행고도가 극히 저고도가 아닌 이상 현장측정이 아닌 원격탐측의 방법으로 관측되어야 함
- 현재기술을 단계에서의 자동관측 시 누락되는 데이터 및 기상악화에 따른 시정불안 등을 보완할 수 있는 사각지대가 없는 자동관측 CCTV를 설치하고 동시에 back up 영상이 필요함
 - 시정관련 공항 및 근처 CCTV 영상화면 제공이 필요하며 별도의 관측자료가 필요함
- 자동관측 정확성 제고를 위해서 주변 위성정보, 레이더 정보 등을 통합한 항공기상 정보를 제공하는 노력이 필요함
- 급변풍 위험지수, 위험기상 관측장비의 시급성 및 항공교통량에 따른 투자 우선 순위 추진이 필요함

- 급변풍과 위험기상 관측 장비, AMOS 등 관측 장비와 공항예보기능을 가진 소프트웨어의 통합솔루션이 필요함
- 저고도 기상정보를 지원할 수 있는 관측망 구축 및 활용방안 마련이 필요함
 - 위성, 레이더 영상, METAR/TAF 콘텐츠 제공 및 실질공항 수 확대 후, 모바일서비스 제공 강화가 필요함

4. 내외부 수요자 요구분석

4.1 이해관계자 분류

- 항공기상청의 가치 특성 및 이해관계자 특성을 고려하여 이해관계자를 정의하며, 특성에 따라 내부구성원, 유관기관, 1차, 2차, 3차 이해관계자로 분류함
- 이해관계자는 다시 가치창출, 가치전달, 가치소비, 가치공유의 단계로서 이해관계자를 정의함



[그림 35] 이해관계자 분류

- 수요자 및 이해관계자들의 요구사항 분석을 위해서 기존에 분석된 보고서와 설문분석결과 등 2차 데이터를 중심으로 이해관계자별 요구사항을 도출함



<ul style="list-style-type: none"> 정확한 항공기상관측 정보 생성 항공기상관측 정보의 적시 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 항공기상 정보 실시간 확인할 수 있는 시스템 필요 공항별 특성에 맞는 맞춤형 정보의 지속적 제공 특수한 지형과 특수기상을 관측할 수 있는 최적장비 도입 및 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 항공기상 정보 제공을 위한 네트워크 구축 공항등급에 맞는 경보발령, 지연/결항 최소화 필요 항공기상관측 범위 확대 항공기상관측 정보를 이해관계자에게 쉽고 빠르게 적시에 제공
--	---	---

[그림 36] 이해관계자별 의견수렴 사항

4.2 수요자 이해관계자별 요구가치

□ 이해관계자별 요구가치는 다음과 같이 정의함

□ 이해관계자는 각자의 입장이 가진 정보의 내용과 형태가 상이한 것으로 나

이해관계자		필요정보	요구가치
내부구성원	임직원	정확한 항공기상관측을 통한 항공기상 정보 적시 제공	정확한 항공기상관측을 통한 항공기상 정보 적시 제공
유관기관	관측수집기관	기상과 관제정보가 상호 효과적으로 공유되는 방안 정보의 제공, 생성, 전파를 위한 표준정보전달체계	항공기상 정보를 실시간 확인할 수 있는 망 구축 공항 특성에 맞는 항공기상 정보의 지속적 제공 공항지형과 기상상황에 맞는 최적화 장비 설치
	예보기관	공항 특성에 맞는 예보 및 경보발령을 위한 정확한 항공기상 정보 필요	장비 측정값의 검증정 절차 마련 항공기상 정보의 실시간 제공 시스템
1차/2차/3차 이해관계자	조종사	공항 이착륙 실시간 항공기상 특보필요 1600ft 이상고도에서 윈드시어 정보 필요	실시간 제공을 위한 네트워크 구축 타관측망 연계활용 및 융합적 관측망 체계 구축
	항공사	공역이동시 항공기상 특보 필요 공항 이착륙시 항공기상특보 및 항공기상정보 필요	경보의 정확성과 적시성을 높이는 기술개발 공항등급 고려한 경보발령, 불필요한 지연과 결항 방지 공역예보범위 확대
	여행자 및 국민	여행상품 기획에 필요한 장기 기상정보 항공기 지연 및 결항 실시간 정보 날씨영상, 공항기상 정보	전세계 공항의 항공기 지연 및 결항정보 장기 항공기상 정보
	항공교통 관제기관	항공기 이착륙 결정시 정확한 항공기상정보 필요 공항관제시 공항경보와 윈드시어 경보 필요	관제를 위한 상층 풍자료 제공 항공기상 정보의 실시간 제공 시스템 구축
	공항공사	통합된 항공기상 정보제공을 위한 서비스 체계	통합/융합 정보제공을 위한 항공기상 플랫폼
	항공기상 민간기업	항공기상 관측 및 예측 정보 DB 및 API 맞춤형 정보가 가능하도록 충분한 항공기상관측 정보	항공기상정보 범위 확대 민간회사와의 공동이용 플랫폼 개발
	ICAO/WMO	항공기 안전에 중요한 영향을 미치는 위험기상을 감시하고, 공항예보 및 특보 등의 항공기상정보를 생산하여 제공	항공기 안전에 필요한 위험기상 감시, 예보, 항공기상정보 생산 및 이해관계자에게 적시 공유
관련부처(국토부, 환경부)	항공교통과 항공기상이 협력적 관계를 통한 항공안전 확보	항공교통과 항공기상 상시적 협력체계 구성	

[그림 37] 이해관계자별 요구가치

타났으며, 항공기상관측 정보의 정확성, 적시성, 해석편의성은 공통적인 요구사항으로 확인됨

4.3 시사점

□ 항공기상정보에 대한 수요자별(이해관계자별) 요구사항은 상위가치 측면에서

는 정확하고 실시간 정보를 요구한다는 측면에서 대등소유 함

- 수요자 중심이 항공기상 관측에서 생산된 기상정보의 실시간 정보전달 체계 수립 필요
 - 위험기상에 대한 관측강화를 위한 최적장비 도입으로 공항별 특성에 맞는 정확한 기상정보 제공
 - 관측된 항공기상 정보의 통합적 운영을 위한 통합시스템 구축 필요
- 이해관계자별 수요사항은 크게 정보생성자, 정보소통자, 정보활용자로 구분하여 정의할 수 있음
- 정보생성자 : 항공기상정보의 정확한 관측을 위해 관측망의 고도화와 지형기반의 필요 관측망과 통합전달 체계에 대한 수요가 많음
 - 정보소통자 : 항공기상정보의 소통, 공유, 전달을 위한 정보전달표준체계와 실시간 정보를 요구하고 있으며, 이를 위한 항공기상정보 플랫폼 구축을 요구하고 있음
 - 정보활용자 : 항공기상정보의 다양한 목적별 활용을 위한 입체적 항공기상영상과 실시간/장기간 관측/예측 정보를 요구하며, 이를 데이터화하여 원하는 방향에 맞도록 활용할 수 있는 정보체계를 요구함

제2장 중장기 항공기상관측 발전방안 수립

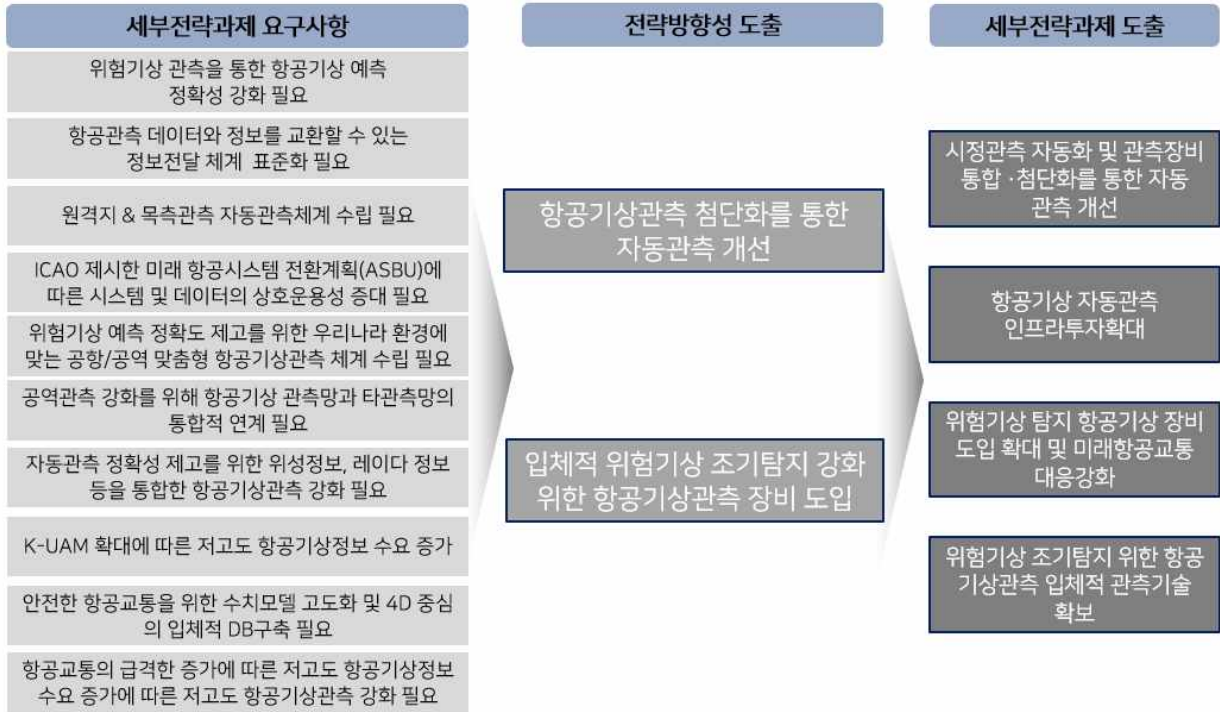
1. 항공기상관측 중장기 발전방안 수립

1.1 미션 및 비전

- 항공기상청은 “항공기상서비스의 경제적 가치 제고와 항공기 안전운항 기여” 라는 미션을 달성하기 위해 운영되고 있음
- 항공기상청의 미션과 비전을 바탕으로 항공기상관측의 새로운 전략목표를 수립하고자 함
 - 기존 항공기상청의 비전을 항공기상관측이 상위가치로서 그대로 승계함
 - 현재 항공기상청의 비전인 “국민의 안전한 하늘길을 여는 세계일류 항공기상 전문기관” 을 정보기술적으로 이룰 수 있는 방안이 항공기상관측의 방향성으로 판단됨
 - 비전을 달성하기 위한 구체적 방안들의 제시될 수 있도록 명확히 표현함

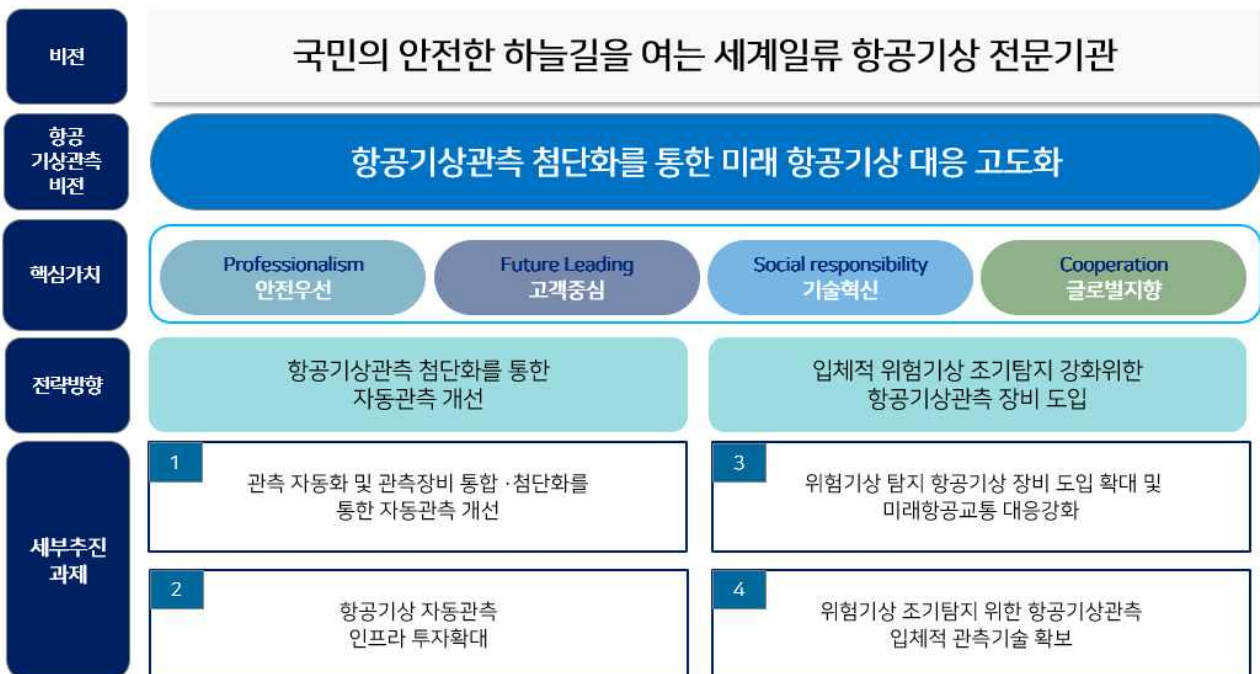
1.2 중장기 발전전략 세부전략과제 도출

- 현재 항공기상청의 비전전략체계 상 핵심가치는 안전우선, 고객중심, 기술혁신, 글로벌지향 4대 핵심가치로 구성되어 있음
- 항공기상관측은 항공기상서비스의 안전한 정보를 제공하는 것이 핵심이므로, 항공기상청의 핵심가치와 항공기상관측의 핵심가치는 동일한 것으로 판단되어 기존안을 승계함
- 항공기상관측을 위한 전략방향은 도출되어 있지 않으므로, 1장에서 연구된 결과를 바탕으로 항공기상관측 첨단화를 통한 자동관측 개선, 입체적 위험기상 조기탐지 강화, 수요자 중심 차세대 항공정보 전달체계 고도화라는 것을 전략방향성으로 도출함
- 세부전략과제 도출을 위해, 1장에서 살펴보았던 국내외 항공기상관측 환경동향, 항공기상관측 관련 기술 및 해외동향, 항공기상관측 국제기구(UCAO, WMO 등), 관측망 현황분석을 통해서 도출된 시사점들을 바탕으로 세부전략과제 POOL을 도출함



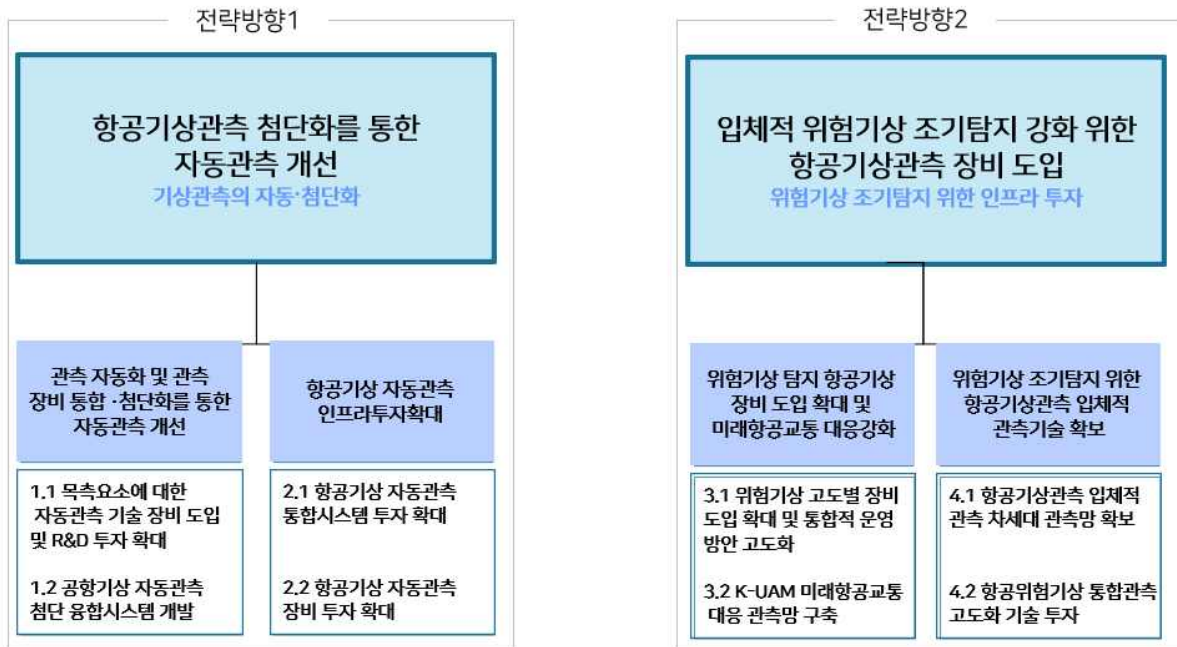
[그림 38] 전략방향성 및 세부전략과제 도출안

1.3 항공기상관측 중장기 발전전략 체계도(안)



[그림 39] 중장기 항공기상관측 발전전략 체계도

2. 중장기 발전전략 및 실행계획

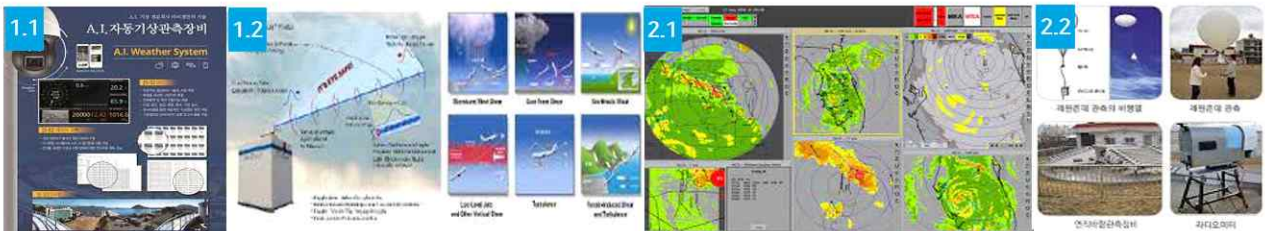


[그림 40] 전략과제별 실행계획

2.1 전략과제별 실행계획

전략방향A. 항공기상관측 첨단화를 통한 자동관측 개선

관측 자동화 및 관측장비 통합·첨단화를 통한 자동관측 개선	항공기상 자동관측 인프라투자확대
1.1 목적요소에 대한 자동관측 기술·장비 도입 및 R&D 투자 확대 <ul style="list-style-type: none"> (R&D) CCTV 카메라 기반 시정관측 기술 고도화(~25) (장비) 시정·현천계 및 운고·운량계 관측장비 도입 확대(~25) (R&D) AI·빅데이터 융합 목적요소 자동관측기술 R&D 투자 확대 실시(24~27) 	2.1 항공기상 자동관측 통합시스템 투자 확대 <ul style="list-style-type: none"> (시스템) AIREP / AMDAR 관측자료수집 시스템 고도화 추진(~25) (시스템) ITWS(Integrated Terminal Weather System) 도입 및 통합 가속화(~25) (시스템) 자동기상관측보고(AutoMETAR/AutoOBS) 프로젝트 추진(~27)
1.2 공항기상 자동관측 첨단 융합시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> (시스템) AMOS 자동관측체계 고도화 실시(~25) (시스템) 공항별 관측장비 최적화 시스템 구현(~27) 	2.2 항공기상 자동관측 장비 투자 확대 <ul style="list-style-type: none"> (장비) 위험기상 자동관측 장비 투자 확대(~25) (장비) 수직(고측)기상 자동관측 장비 투자 확대(~27)



[그림 41] 전략방향. 항공기상관측 첨단화를 통한 자동관측 개선

I-1 목측요소에 대한 자동관측 기술·장비 도입 및 R&D 강화

① 인공지능 CCTV 카메라 기반 시정관측 기술 고도화(~25)

- 카메라기반 시정관측기술로 현재 목측요소인 적설, 전운량 등으로 자동 관측 영역 확대 추진
- 카메라기반 원격 관측시스템과 AI 등을 활용한 원격관측서비스 기술개발(영상처리기법, 카메라 기반 우세시정과 전운량 관측 시스템 등)

② 시정/현천계 및 운고/운량계 관측장비 도입 확대(~25)

- 기존 Vaisala 도입장비 및 OSI(미국), Eliasson(스웨덴) 자동관측 장비도입 확대 추진
- 라이다 방식 운고계 장비 도입 확대
- Vaisala CL31 등 자동관측 운고계 도입 확대
- 운고계로부터 수집된 운고 자료와 후방산란 자료를 3차원 가상 공간 시각화 추진

③ AI·빅데이터 융합 목측요소 자동관측기술 R&D 투자 확대실시(23 ~27)

- 관측장비와 인프라 통합 관리를 위한 AI기반 클라우드 등의 차세대 서비스 개발 R&D 착수
- 목측관측 수집 데이터 통합관리 및 데이터 시각화를 위한 R&D 연구 기술 투자 추진 및 확대

I-2 공항기상 자동관측 첨단 융합시스템 개발

① AMOS 자동관측체계 고도화 실시(~25)

- AMOS 센서, 급변풍, 후류센서 까지 통합하는 4D기상큐브 구축
 - 신규공항 설계 시, 새로운 관측시스템(자동화 통합솔루션) 우선 적용

- 전문 자동화 생성과 센서별 기능구현을 위한 관측시스템 구축
- 타 관측망(낙뢰시스템, 레이더시스템 등) 및 센서데이터의 통합된 분석을 통해 동일한 항공기상 정보제공

② 공항별 관측장비 최적화 시스템 구현(~27)

- 공항마다 달라지는 관측장비 조합의 탐지율(POD, Probability of Detection)에 따라 최적화가 달라짐
- 공항별 경제적 안전의 편익을 높이는 최적의 장비조합 선정이 필요함
 - 위협의 경제적 가치기준 최적화 장비조합 선정
 - 현재 미탐지되는 위협의 경제적 가치, 장비투자로 탐지되는 위협의 경제적 가치가 가장 큰 순인 제주 > 김포 > 인천국제 공항 순서임.
 - 경제성분석과 장비의 조합적인 면과 효율, 미래항행 시스템 전환을 고려하면 교통량이 많고 급변풍의 위험도가 큰 공항일수록 X-Band TDWR와 LIDAR시스템의 조합이 가장 적합한 것으로 도출
 - X-Band TDWR를 1차로 제주국제공항, 김포국제공항, 그리고 지방공항 순으로 설치, LIDAR를 2차로 인천국제공항, 김포국제공항, 제주국제공항 그리고 지방공항 순으로 설치하여 급변풍 탐지율 상승 기대

전략과제 II 항공기상 자동관측 인프라투자확대

II-1 항공기상 자동관측 통합시스템 투자 확대

① AIREP / AMDAR 관측자료수집 시스템 고도화 추진(~25)

- CWP 시스템 구축
 - 현재 수기로 작성되어 전달되는 AIREP자료를 전자입력으로 개선
- 항공기 자동관측 AMDAR 수집 활용 인프라 투자
 - (관측데이터의 중요성 인식 확대) AMDAR사용료 최소화를 위해 국도교통부를 비롯한 관련부처와 이해관계자(항공사)에 주기적 교육실시

- 고비용 지출이 필요한 AMDAR 자료 외 타 관측데이터 수집확대 고도화
 - 국내항공사 항공기 자료수집에서 Aircraft communication 서비스 시스템과의 연계를 통해 AMDAR 자료관측이 가능한 모든 항공기의 자료를 수신할 수 있도록 확대 구축
 - 무료로 배포되는 ADS-B, Mode-S 관측데이터 활용방안 연구 및 품질관리 고도화
 - Mode-S 관측데이터 활용으로 포스트코로나 대비 항공기 기반 관측 공백을 보완 강화
- 항공기 기상장비 구입 및 지상 장비 구축을 위한 민간펀드 구축 및 민관 협력 사업 개발 구축
 - 항공기 탑재 위한 장비 구입 지원 및 민간 항공사의 투자
 - 항공기 기상데이터 제공과 판매

② ITWS(Integrated Terminal Weather System) 도입 및 통합 가속화(~25)

- 국제기준에 맞추어 항공·운항·기상 등 항공교통 관련 정보의 통합관리·공유 체계를 구축·운영
- 자동관측장비별 데이터 통합수신 및 실시간 전달체계 기반 통합 ITWS 시스템 구축 추진
 - 자동관측 장비별 데이터 융합·통합수신체계 수립
 - 통합수신 정보기반 데이터 4D 시각화 추진
 - 수요자 중심 무해석기반 데이터 모델링화 추진

③ 자동기상관측보고(AutoMETAR/AutoOBS) 프로젝트 추진(~27)

- 자동관측 정확성 제고를 위해서 주변 위성정보, 레이더 정보 등을 통합구축
 - (위성정보, 레이더 정보 등) 정보화 수치모델을 통합하여 제공하는 방식
- 위성, 레이더, 번개탐지 정보를 하나의 대류 정보로 병합, 공항별 자동 항공기상관측보고를 단계별 도입
- 중앙 집중식 데이터관리를 통한 각 관측장비에 대한 데이터 연결망 구축

II-2 항공기상 자동관측 장비 투자 확대

① 위험기상 자동관측 장비 투자 확대(~25)

- 공항별 위험기상 신규장비 설치 및 통합운영 실행
 - 공항별 항공교통량, 급변풍경보 빈도, 급변풍, 후류(Wake Turbulence) 특성 등을 고려하여 위험기상 집중관측장비 연차별 도입 추진
 - 지형적, 기상적 공항조건별 유사성으로 공항을 분류하여 우선 설치
- 신규공항(울릉도, 흑산도 공항) 위험기상 자동관측 장비 설치 도입추진
 - 울릉도: AMOS, X-Band TDWR, 낙뢰 관측장비, LR Radar, 드론 ADS-B, TMOS
 - 흑산도 : AMOS, X-Band TDWR, 낙뢰 관측장비, SR Radar
- 저층 급변풍 관측망 확충
 - 윈드라이다는 효용성 검증 후 공항별 항공교통량, 급변풍경보 빈도, 급변풍 특성 등을 고려하여 연차별 도입 필요

② 수직(고층)기상 자동관측 장비 투자 확대(~27)

- 고층기상 라디오존데 등 수직적 장비 고도화
 - 실측방식기반 라디오존데 장비 도입 추가 확대
 - 원격관측기반 윈드프로파일러 장비도입 타당성(운영비용고려) 분석
 - 실측과 원격관측 혼합운영 방식 고도화를 통한 정확성 제고
- 항공기 관측장비 탑재 등의 외부 관측장비 활용 강화
 - 비행기 탑재 수직관측망 센서 운영방안 고도화 추진
 - 비행기, 헬리콥터 등 부착 이중관측망간 관측 자료수집 공유 연계활용 방안 수립
 - AMDAR 관측자료 실시간·수요자 중심 직관적 전달시스템 구축

전략방향B. 입체적 위험기상 조기탐지 강화를 위한 항공기상관측 장비도입

위험기상 탐지 항공기상 장비 도입 확대 및 미래항공교통 대응강화

위험기상 조기탐지 위한 항공기상관측 입체적 관측기술 확보

3.1 위험기상 고도별 장비도입 확대 및 통합적 운영 방안 고도화

- (장비) 고도별 운항요인(지연/결항)과 위험기상 감시를 위한 장비 도입 확대(~27)
- (운영) 항공기상 관측범위의 확대 및 관측공백 최소화(25~27)
- (운영) 급변풍 통합솔루션 글로벌 기술협력 추진(~24)

4.1 항공기상관측 입체적 관측 차세대 관측망 확보

- (관측망) 4D 기상 큐브 기반 차세대 관측망 구축(~26)
- (시스템) 4D 기상 큐브 기반 공항/공역 통합 허브 플랫폼 구축(~26)
- (R&D) 활주로 항공난류 탐지시스템과 분석기술 연구 기술협력 추진(~27)

3.2 K-UAM 미래항공교통 대응 관측망 구축

- (서비스) K-UAM 활성화를 위한 항공기상 지원 강화(~25)
- (장비) UAM서비스에 특화된 저고도 기상관측장비 개선 및 도입(~27)
- (R&D) 4D 항공기 궤적 및 항공 교통량 예측 기술 개발(~26)

4.2 항공위험기상 통합관측 고도화 기술 투자

- (솔루션) 항공기상 관측망과 타관측망의 통합적인 연계 솔루션 개발(~25)
- (R&D) 디지털 기반 데이터통합 및 입체화 기술 개발(~27)



[그림 42] 전략방향B. 입체적 위험기상 조기탐지 강화를 위한 항공기상관측 장비도입

전략과제 III 위험기상 탐지 항공기상 장비 도입 확대 및 미래항공교통 대응강화

III-1 위험기상 고도별 장비도입 확대 및 통합적 운영 방안 고도화

① 고도별 운항요인(지연/결항)과 위험기상 감시를 위한 장비 고도화

- 지리적환경, 위험기상요소를 고려한 관측장비 도입
 - 공항별 기존운영 중인 관측장비를 대체하거나 보완할 수 있는 시스템도입
 - 장비 관리 표준화 정책 수립 및 유지보수 체계 개선
- * 장비 유지보수의 품질 제고를 위한 장비 관리 표준화 및 체계 개선을 위한 정책 수립
- 각 공항별 구축된 장비와 후류탐지 현황과약 후, 후류탐지 장비구입(후류요란 센서) 배치
- 레이더와 LIDAR의 조합으로 다양한 기상 상황에도 후류정보 정확도 고도화
 - * X-Band TDWR + LIDAR의 조합이 최적의 탐지율을 보임
 - * 급변풍 탐지를 위한 장비조합 고도화

- 공항별 경제적 최적화에 따른 우선순위 선정 구축

② 항공기상 관측범위의 확대 및 관측공백 최소화(25~27)

- 고도별(저고도, 고고도) 항공기상관측 기존장비 연계방안 고도화 계획 수립
- 이종관측망 연계 통한 관측공백 고도화 방안 수립
- 항공기상관측 고도별 관측공백 진단 및 대응방안 수립
- 공항별 위험기상 신규장비 설치 및 통합운영 실행
 - 공항별 항공교통량, 급변풍경보 빈도, 급변풍, 후류(Wake Turbulence) 특성 등을 고려하여 윈드라이더 등을 활용한 위험기상 집중관측장비 연차별 도입 추진
 - 공항조건별 지형적 기상적인 유사성별로 공항을 분류하여 우선 설치

③ 급변풍 통합솔루션 글로벌 기술협력 추진(~24)

- 급변풍 관측망의 위험기상별 통합솔루션 구축 고도화
 - 기존 장비(TDWR, LLWAS, LIDAR, AMOS, AWS 등)를 활용한 급변풍 탐지기술 상세분석을 통한 복수의 탐지장비를 통합한 탐지기술 개발
- 한국형 급변풍 통합제품 구축
 - 홍콩, 일본 등과 기술협력을 통해 WTWS 솔루션과 유사한 차세대 급변풍 통합솔루션 구축

III-2 K-UAM 미래항공교통 대응 관측망 구축

① K-UAM 활성화를 위한 항공기상 지원 강화(~25)

- 도심 내 고해상도 관측자료와 지면 모수화 기법 개발 추진
- 무인항공기에 기상관측장비 탑재 확충
- K-UAM 특화 수요자 맞춤형 기상서비스 제공 서비스 구축
 - 수요자 요청시점에 4차원(위도,경도,고도,시간) 등 의사결정에 필요한 상세 위험기상정보 제공

- 디지털 기반의 고해상도 기상정보 전달 고도화

② UAM서비스에 특화된 저고도 기상관측장비 개선 및 도입(~27)

- 경량항공기와 버티포트 관측망을 위한 저고도 전용 AWOS 도입
- 저고도 사고 및 재난대비를 위한 헬기 이착륙장 등 특정 사이트의 저고도 이착륙의 거점지역의 입체 관측망 구축
- 수도권 집중 관측망으로 소형 도플러라이다 신규 설치 및 기존장비(TDWR, LLWAS, AMOS)를 통합

③ 4D 항공기 궤적 및 항공 교통량 예측 기술 개발(~26)

- (수용량 예측 핵심기술 연구) 관제기관별 운용 수용량(Operational Capacity) 예측기술 개발 추진
- 출·도착 흐름관리 등 항공교통 실황정보 수집의 공역 운영현황 공유

전략과제 IV 위험기상 조기탐지 위한 항공기상관측 입체적 관측기술 확보

IV-1 항공기상관측 입체적 관측기술 확보

① 4D 기상 큐브 기반 차세대 관측망 구축(~26)

- 급변풍 관측망의 위험기상별 통합솔루션 구축과 공항, 공역별 통합시스템 구축
 - 4D 기상 큐브기를 활용하여 급변풍에 대한 간극을 메우고 정확한 예보와 경보를 제공
 - 현재 각각의 관측장비가 연결되지 않은 상태에서 급변풍을 탐지하여 상호비교가 되지 않아 탐지율이 검증되지 않고 있음
 - 급변풍 관측장비와 AMOS를 통합하고 항공기 관측장비와 외부관측장비에서 오는 관측데이터에 대한 통합하여 최적화로 인한 효율 극대화
 - 양양·무안·여수·울산공항은 4D 기상 큐브와 통합플랫폼을 위한 투자

를 하기에는 경제적 타당성이 낮으므로, 관측장비에 대해 4D 기상 큐브로 통합

② 4D 기상 큐브 기반 공항/공역 통합 허브 플랫폼 구축(~26)

- 항공기상 관련 관측과 예보 경보데이터와 교통정보 데이터를 가상저장소에서 통합시키고 변환시켜 사용자에게 맞게 제공
- 저고도 기상정보를 보다 빠르고 쉽게 활용할 수 있도록 제공
- R 김포·제주국제공항은 선진국 수준 이상을 목표로 4D 기상 큐브기반 급 변풍 통합 솔루션 구축

③ 활주로 항공난류 탐지시스템과 분석기술 연구 기술협력 추진(~27)

- WAKE관측 대응, 공항주변 3차원 바람 관측자료, 항공기 후류정보 등 새로운 관측서비스 계획 수립
- 고해상도 초단기 예측모델 및 상세 난류현상 모의를 위한 모델 활용 연구 기술 개발 고도화

IV-2 항공위험기상 통합관측 고도화 기술 투자

① 항공기상 관측망과 타관측망의 통합적인 연계 솔루션 개발(~25)

- 기상청중심 레이더, 위성, 종관등의 관측망을 통합한 관측·예·경보 구축
- 이중관측망 연계데이터 중심의 직관적·수요자기반 통합·융합 시스템 구축

② 디지털 기반 데이터통합 및 입체화 기술 개발(~25)

- 항공기상 4D 데이터 모델링 기술개발
- 예측 모델링 및 개선 방안 고도화
 - 인공지능기법(심층신경망, 합성곱신경망) 적용 예측모델

2.2 전략과제별 KPI 성과지표 도출

전략과제	전략과제 KPI	측정방안
1 관측 자동화 및 관측 장비 통합·첨단화를 통한 자동관측 개선	관측 자동화장비 도입율 (연도별 목표 수준 도입율)	1. CCTV 자동관측 장비 도입율 2. 공항별 관측장비 최적화 도입율 3. AI·빅데이터 융합 투자지출액
2 항공기상 자동관측 인프라 투자확대	항공기상 자동관측 통합시스템 구축율 (연도별 목표 수준 구축 달성율)	1. ITWS/SWIM 등 통합시스템 구축율 2. 자동관측 장비별 투자집행율
3 위험기상 탐지 항공기상 장비 도입 확대 및 미래항공교통 대응강화	미래항공교통 대응 관측망 구축율 (관측망 장비 구축율)	1. K-UAM 저고도 장비 도입율 2. ATFM(항공교통흐름) 장애발생율
4 위험기상 조기탐지 위한 항공기상 관측 입체적 관측기술 확보	위험기상 R&D 개발 성과율 (목표 진척율 기준)	1. 수치예보모델 전달 정확도 2. 4D 기상 큐브 관측망 통합 연계율 3. 디지털 기반 데이터 통합율

[그림 43] 전략과제별 KPI수립

□ 전략과제에 따른 성과지표는 과제의 이행수준을 판단할 수 있는 지표로서 각각의 전략과제들이 가지는 특성을 반영하여 도입율, 달성율, 서비스 품질, 진척율 등 다양한 지표방식을 도입하여 전략과제별 성과지표를 구성하였음

□ 전략과제별 KPI 제시

○ [I-1] 관측 자동화장비 도입율

- 측정방안 : 정기적인 장비 도입율 및 투자 지출액 조사

- 주요조사대상 : CCTV 자동관측 장비 도입율, 공항별 관측장비 최적화 도입율, AI·빅데이터 융합 투자 지출액

○ [I-2] 항공기상 자동관측 통합시스템 구축율

- 측정방안 : 개별/협업 시스템 구축 진행율 및 계획대비 투자집행율

- 주요조사대상 : ITWS/SWIM 등 자동관측 통합시스템 구축율, 자동관측 장비별 계획대비 투자집행율

○ [III-1] 미래항공교통 대응 서비스 품질

- 측정방안 : 정기적인 내부/외부 서비스 품질 만족도 조사

- 주요조사대상 : K-UAM 지원시스템 운영 품질, 측정 데이터 정확성 품질, 통계분석 서비스의 품질 등 종합하여 가중치 적용하여 만족도 조사

○ [II-2] 위험기상 R&D 개발 성과율

- 측정방안 : 연구개발 계획대비 단계별 개발완료 진척율
- 주요조사대상 : 수치예보모델 전달 정확도, 4D 기상큐브 관측망 통합 연계를, 디지털 기반 데이터 통합율

2.3 전략과제 추진 로드맵

- 본 연구의 대상기간은 2023~2027년까지의 항공기상관측 중장기 발전 방안을 수립하는 것을 목적으로 하기 때문에, 향후 5년간의 기간을 바탕으로 전략과제 추진 로드맵을 제시함.
- 전략과제별 단기과제(2년이내), 중기과제(3년이내), 장기과제(5년이내)로 나누어서 추진과제를 실시할 수 있도록 제시함





[그림 44] 전략과제 로드맵

2.4 전략과제 추진예산

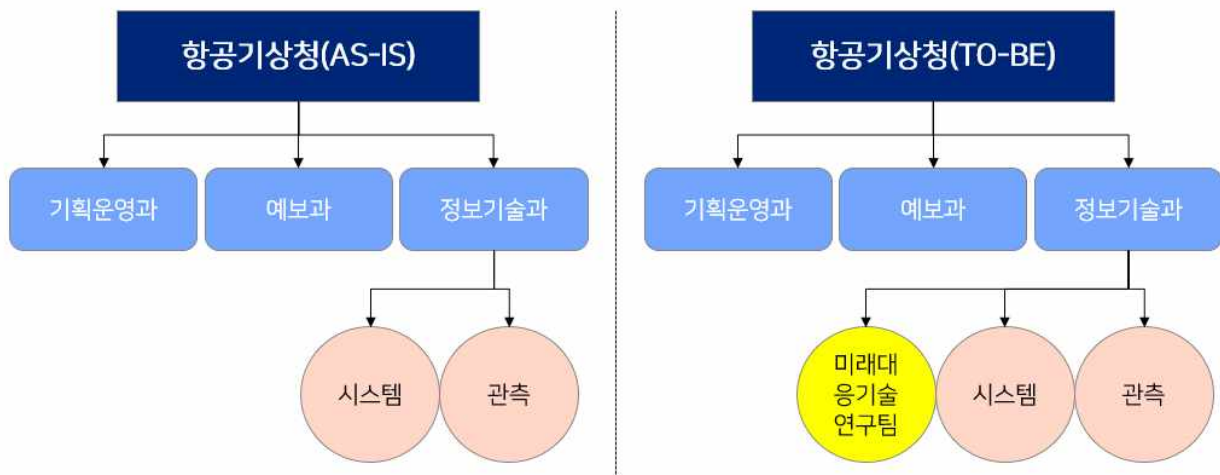
전략방향 I	전략과제	세부추진과제	과제내용	수행기간					예산 (억원)	NOTE
				'23	'24	'25	'26	'27		
항공기상관측 첨단화를 통한 자동관측 개선	관측 자동화 및 관측 장비 통합·첨단화를 통한 자동관측 개선	목적요소에 대한 자동관측 기술·장비 도입 및 R&D 투자 확대	CCTV 카메라 기반 시정관측 기술 고도화	규격 정의	기술 개발	시범 운영			2.0	
			시정·현천계 및 운고·운량계 관측장비 도입	도입 계획	도입	도입			25	LLWAS 1 SR LIDAR 3
			AI·빅데이터 융합 목적요소 자동관측기술 R&D 투자 확대		요구 사항	기술 개발	기술 개발	기술 구현	2.0	
		공항공시 자동관측 첨단 융합시스템 개발	AMOS 자동관측체계 고도화 실시	기술 설계	기술 개발	기술 구현		1.5		
		공항별 관측장비 최적화 시스템 구현			요구 정의	설계	구축	3.0		
	항공기상 자동관측 인프라 투자 확대	항공기상 자동관측 통합시스템 투자 확대	AIREP / AMDAR 관측자료수집 시스템 고도화 추진	요구 정의	기술 개발	구축 완료			1.0	
			ITWS 도입 및 통합 가속화	요구 정의	기술 개발	구축 완료			10	
			자동기상관측보고(AutoMETAR/AutoOBS) 프로젝트 추진			요구 분석	설계	구축	3	
			SWIM 빅데이터 공유플랫폼 구축			요구 분석	설계	구축	20	
			항공기상 자동관측 장비 투자 확대		장비도입				50	X band TDWR 2
수직(고층)기상 자동관측 장비 투자 확대						장비도입		20	RadioMeter 4	

전략방향 II	전략과제	세부추진과제	과제내용	수행기간					예산 (억원)	NOTE	
				'23	'24	'25	'26	'27			
입체적 위험기상 조기탐지 강화 위한 항공기상관측 장비 도입	위험기상 탐지 항공기상 장비 도입 확대 및 미래항공교통 대응강화	위험기상 고도별 장비도입 확대 및 통합적 운영 방안 고도화	고도별 운항요인(지연/결항)과 위험기상 감시를 위한 장비 고도화	순차적 장비도입					289	TDWR 2 LLWAS 3 LR LIDAR 2 X band TDWR 1	
			항공기상 관측범위의 확대 및 관측공백 최소화			요구 정의	구축	구축 완료	2.0		
			윈드시어 통합솔루션 글로벌 기술협력 추진	협력 추진	추진 완료				0.5		
		K-UAM 미래항공교통 대응 관측망 구축	K-UAM 활성화를 위한 항공기상 지원 강화	요구 사항	개발	구축 완료			3.0		
			UAM 서비스에 특화된 저고도 기상관측 장비 개선 및 도입		순차적 장비도입					128	X band TDWR 2 LR LIDAR 2 SR LIDAR 4
			4D 항공기 궤적 및 항공 교통량 예측 기술 개발	요구 사항	기술 개발	기술 개발	시범 운영		10		
	위험기상 조기탐지 위한 항공기상관측 입체적 관측기술 확보	항공기상관측 입체적 관측 차세대 관측망 확보	4D 기상 큐브 기반 차세대 관측망 구축	요구 사항	구축	구축	시범 운영		10		
			4D 기상 큐브 기반 공항/공역 통합 허브 플랫폼 구축	요구 사항	기술 개발	기술 개발	시범 운영		40		
			활주로 항공난류 탐지시스템과 분석기술 연구 기술협력 추진	요구 사항	연구 개발	연구 개발	기술 개발	기술 개발	10		
			항공기상 관측망과 타관측망의 통합적인 연계 솔루션 개발	요구 사항	기술 개발	기술 개발			5		
			디지털 기반 데이터통합 및 입체화 기술 개발			요구 사항	기술 개발	기술 개발		8	

[그림 45] 전략과제 추진예산

2.5 전략과제 추진인력

- 향후 미래항공교통에 대한 대응 및 위험기상 조기탐지 강화 등 새로운 기술 중심의 이슈들에 대한 수요가 많이 발생함에 따라 이를 적극적으로 지원할 연구개발지원(R&D) 부서기능이 독립적으로 있는 것이 필요하다고 판단됨



[그림 46] 전략과제 추진을 위한 조직도

□ 새로운 전략과제 추진을 위한 추가인력의 구성은 다음과 같음

전략과제	세부이행과제	소요인력규모	담당조직
1 관측 자동화 및 관측 장비 통합·첨단화를 통한 자동관측 개선	1.1.1 CCTV 카메라 기반 시정관측 기술 고도화	0.1 명	정보기술(시스템)
	1.1.2 시정·현천계 및 운고·운량계 관측장비 도입	-	정보기술(관측망)
	1.1.3 AI·빅데이터 융합 목적요소 자동관측기술 R&D 투자 확대	0.2 명	정보기술(R&D)
	1.2.1 AMOS 자동관측체계 고도화 실시	-	정보기술(시스템)
	1.2.2 공항별 관측장비 최적화 시스템 구현	-	정보기술(시스템)
2 항공기상 자동관측 인프라 투자확대	2.1.1 AIREP / AMDAR 관측자료수집 시스템 고도화 추진	0.1 명	정보기술(시스템)
	2.1.2 ITWS 도입 및 통합 가속화	0.2 명	정보기술(시스템)
	2.1.3 자동기상관측보고(AutoMETAR/AutoOBS) 프로젝트 추진	0.2 명	정보기술(R&D)
	2.1.4 SWIM 빅데이터 공유플랫폼 구축	0.2 명	정보기술(시스템)
	2.2.1 위험기상 자동관측 장비 투자 확대	0.2 명	정보기술(관측망)
	2.2.2 수직(고속)기상 자동관측 장비 투자 확대	0.1 명	정보기술(관측망)
3 위험기상 탐지 항공기상 장비 도입 확대 및 미래항공교통 대응강화	3.1.1 고도별 운항요인(지연/결항)과 위험기상 감시를 위한 장비 고도화	0.5 명	정보기술(관측망)
	3.1.2 위험기상예측강화위한 관측데이터 통합 및 윈드시어 통합솔루션	0.1 명	정보기술(시스템)
	3.1.3 윈드시어 통합솔루션 글로벌 기술협력 추진	-	정보기술(R&D)
	3.2.1 K-UAM 활성화를 위한 항공기상 지원 강화	0.1 명	정보기술(시스템)
	3.2.2 UAM 서비스에 특화된 저고도 기상관측장비 개선 및 도입	0.2 명	정보기술(관측망)
4 위험기상 조기탐지 위한 항공기상 관측 입체적 관측기술 확보	3.2.3 4D 항공기 궤적 및 항공 교통량 예측 기술 개발	0.3 명	정보기술(R&D)
	4.1.1 4D 기상 큐브 기반 차세대 관측망 구축	0.1 명	정보기술(시스템)
	4.1.2 4D 기상 큐브 기반 공항/공역 통합 허브 플랫폼 구축	0.1 명	정보기술(시스템)
	4.2.1 위험기상예측정보의 한국형 수치예보모델의 고도화	-	정보기술(R&D)
	4.2.2 항공기상 관측망과 타관측망의 통합적인 연계 솔루션 개발	0.1 명	정보기술(시스템)
	4.2.3 디지털 기반 데이터통합 및 입체화 기술 개발	0.3 명	정보기술(R&D)

[그림 47] 전략과제 추가인력구성1



[그림 48] 전략과제 추가인력구성2