

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 최적의 위장무늬 생성·평가 소프트웨어 패키지 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- 개인병사의 작전 수행 시 생존율을 높이기 위해서 가장 먼저 해야 할 일은 주어진 전장 환경에서 전투복과 개인보호장구 (Personal Protective Equipment ; PPE) 또는 무기체계의 위장성능을 극대화하는 것임.
 - 급변하는 국제정세와 더불어 우리 군의 작전 환경과 임무가 복잡·다양해짐에 따라, 현재의 디지털 위장 패턴을 추가적으로 보완해야 할 시점인데다, 차세대 워리어플랫폼(Warrior Platform)과 연계하여 체계적이고 통합적인 연구개발이 요구되고 있는 상황임.
- 현대 패션에서 '밀리터리룩'(Military Look)이 중요한 흐름으로 자리 매김하고 있고 최근 4차 혁명의 열풍과 더불어 동 산업계가 도입하기 시작한 고객 맞춤형 패션 상품기획 서비스가 쏠패션분야로 급격하게 확산될 것으로 예측됨. 이러한 패션산업의 추이는 위장무늬 생성에 적용되고 있는 다양한 디자인 표현기법들이 모든 패션 분야에서 활용할 수 있다는 것을 의미하고 있음.
- 이러한 맥락에서 본 과제는 주어진 전장 환경에 최적화된 전투복과 PPE의 위장무늬를 생성하는 머신 러닝(Machine Learning) 기반 알고리즘과 이를 구현하는 소프트웨어 패키지를 개발을 추진하고자 함.
 - 개발추진대상 소프트웨어 패키지는 주어진 환경의 영상 정보를 분석하거나, 또는 내부에 저장 또는 외부로부터 입력된 위장무늬들의 변형, 혼합, 색상 전환 등을 통하여 새로운 위장무늬를 생성하는 모듈들과 위장무늬의 위장효과를 비교분석, 평가하여 최적의 위장무늬를 출력하는 모듈 등으로 구성됨. 위장무늬의 생성, 또는 위장 효과를 평가를 위해서 환경 정보는 영상 파일을 통해서 뿐 아니라 외부 영상장치로부터 직접 획득하기도 함. (그림 1. 참조)

- 개발추진대상 위장효과 평가 모듈은 이미지를 사용하는 Photo-Simulation과 날염 위장지(Camouflage Fabric) 패치를 사용하는 실증시험(Field Test)을 위한 알고리즘과 수단을 포함함.

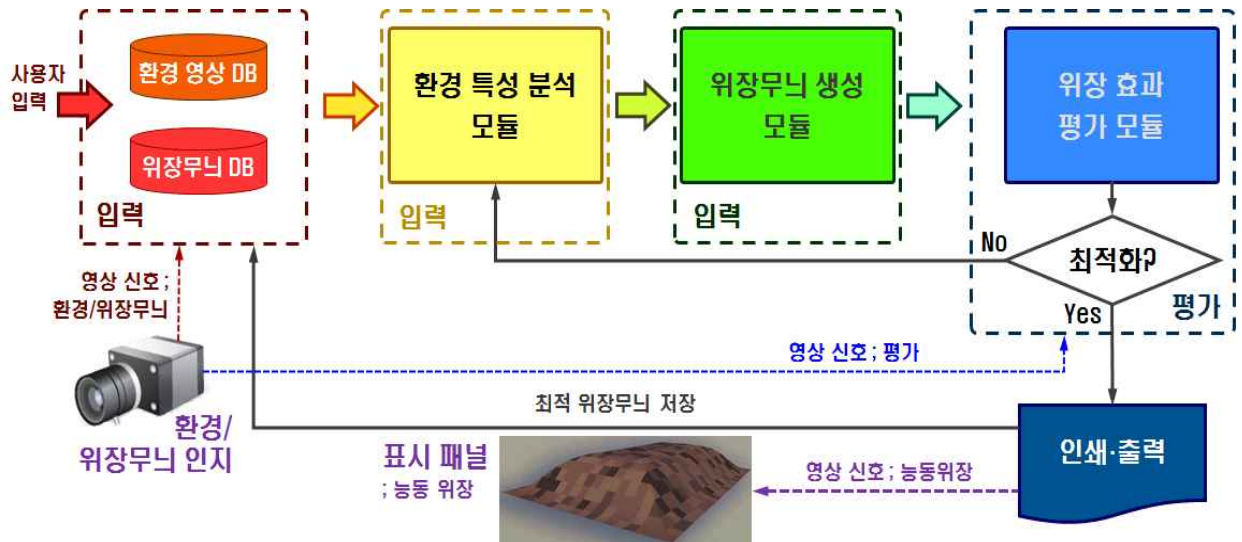


그림 1. 개발추진대상으로서 위장무늬 생성 및 평가를 위한 인공지능 기반의 소프트웨어 패키지의 구성과 작업 흐름을 나타내었음.

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

○ 기술개발의 중요성/필요성

- 최근 들어 더욱 다양하고 복잡해져 가는 군의 작전 환경과 임무에 적합하도록 최적화된 위장무늬 群을 간편하게 디자인할 수 있는 소프트웨어 툴(Tool)들이 필요한 시점임.
- 작전 환경이 변화할 뿐만 아니라, 야간 관측장비가 고성능화함에 따라서 무늬의 적외선 위장효과를 객관적(정량적)으로 신속하게 평가, 비교·분석할 수 있는 추가적인 툴(Tool) 또한 필요하게 되었음.
- 머신 러닝 기반 알고리즘은 위장무늬의 디자인 쉐줄기에 걸쳐 적용될 뿐 아니라, 차세대 군사기술 중 하나이고, 아직은 선진국에서조차 전력화하지 못한 적응 위장기술(Adaptive Camouflage)의 실현을 위한 첫 걸음이기도 함.

○ 기술개발의 시급성

- 짧게는 2019년 신형 군복의 보급을 목표로 추진 중인 육군 전력지원체계사업단의 신형 전투복 개량 사업과 (통합형) 차세대 위리어플랫폼, 길게는 적응 위장기술(Adaptive Camouflage) 개발을 고려하면, 주어진 전장 환경에서 위장 효과를 극대화할 수 있는 위장무늬를 생성·평가하려는 알고리즘과 이를 구

현하는 소프트웨어 패키지 개발은 時宜적절한 것으로 사료됨.

다. 연구개발 최종 목표

- 민·군수용 : 개발추진대상 과제는 주어진 환경에 대하여 최적의 무늬 생성하고 평가를 위한 기계학습 기반 소프트웨어 패키지 개발

항 목		목 표 성 능
입력 데이터 포맷		• GIF, JPEG, PNG, SVG, MP4, AVI 등 [†]
위장무늬 생성	환경 분석	•입력 영상 : 분해능 _{MAX} 4K, 색상 24bit
	무늬 생성	•입력 배경 영상 세트 수 : $\leq N_{MAX}^*$
	색상 정합 ; 생성 무늬와 나열된 무늬의 색상 비교	• $\Delta D \pm \delta^{**}$
위장효과 평가	Photo-Simulation	• 주·야간 위장효과 평가 범위 ; 600 – 1,250 nm •객체추출을 이용한 평가지표 (Evaluation Index) 개발 ^{***}
	알고리즘 검증 ; Photo-Simulation과 Field Test 결과 비교	• 위장 표적 인지/탐지 시간 차이 ; $\Delta T/T_{FT} \leq 20\%$ ^{****}
출력 데이터 포맷		• GIF, JPEG, PNG, SVG, 등 [†]

* 제안자가 무늬 생성을 위한 배경 영상 세트의 최대 허용 입력 수, N_{MAX} 를 제시함. 여기서 입력 배경영상 세트는 정해진 장소에서 다른 시간별 또는 계절별에 획득한 다수 영상들로 구성되며, 배경 영상 세트를 구성하는 영상들의 최대 허용 수도 제안자가 정함.

** 제안자가 무늬 출력방식 및 대상(피복의 나열, 무기체계 도색 등)에 고려하여, 색차식, CIE DE2000을 사용하여 색차와 허용오차를 제시함.

*** 제안자가 야간 관측을 포함한 시험 대상에 대한 위장 표적 인지/탐지 시간 측정값(Field Test)과 Photo-Simulation의 결과가 알고리즘 검증조건, $\Delta T/T_{FT} \leq 20\%$ 을 충족시키기 위하여, 평가지표를 구성함.

**** Photo-Simulation과 Field Test에서의 위장 표적 인지/탐지 시간 차이 ; $|T_{PS} - T_{FT}| / T_{FT}$

[†] 입력 배경 영상 또는 기존 위장 무늬의 포맷은 벡터 이미지와 일부 동영상 포맷을 허용하며, 출력은 벡터 이미지만을 허용함.

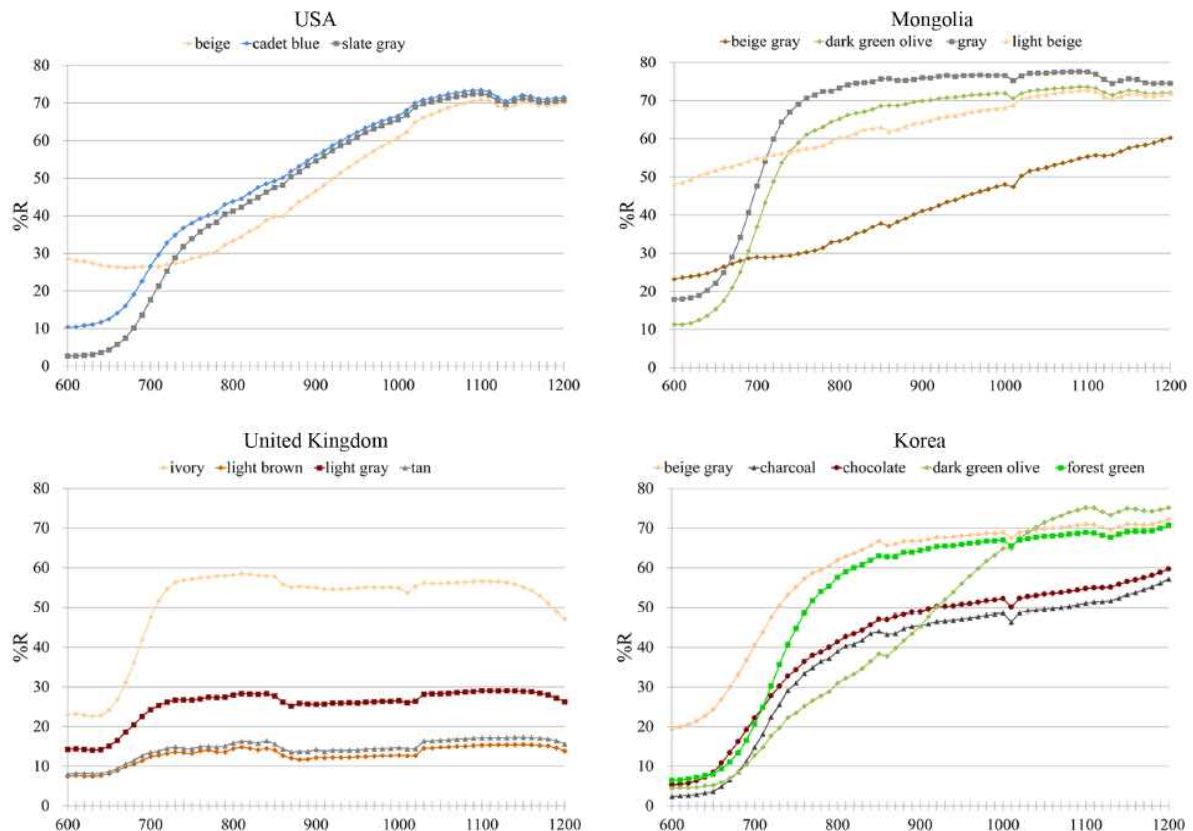
2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 전술한 바와 같이, 2011년 이후 국방기술품질원을 중심으로 국내 환경에 적합하도록 5도색을 적용한 디지털 위장무늬를 제시하고, 위장성능 지표로서 가시

영역 및 근적외선 파장대역에서 반사율 범위를 국방규격으로 정하여 신형 전투복의 품질을 관리하고 있음.

- 국제적인 수준과 비교·평가해볼 때, 우리 군 전투복의 위장성능은 아직 개선의 여지가 있어 보임. 국방기술품질의 기존 연구를 기초 자료로 바탕으로 국내 환경에 보다 적합한 전투복의 위장무늬 패턴과 색상을 개발하고 야간 위장영역을 확장함으로써 위장 성능을 지속적으로 발전시켜 나가야 할 것임.



Constantly maintained countries of reflectivity in Near Infrared Reflectance (NIR).

그림 2. 각국 군복의 근적외선 반사율의 측정값. [1]

- 한편 국민대학교는 국방기술품질원의 전투복의 위장성 향상 및 표준화 노력과 더불어 국내 지형과 환경을 분석·연구하여 국내 지형적 특성과 환경의 변화에 대처할 수 있는 위장무늬를 제안하였음. [2]
- 능동 위장기술과 관련하여 민·군겸용기술개발사업의 일환으로 '전자종이를 이용한 능동 위장막 기술 개발' 연구개발 과제를 2017년에 착수하여 현재 수행하고 있음. 이 연구개발은 유연(Flexible) 디스플레이 소자(전자종이) 기술을 응용하여 입력된 주변 환경정보에 따라 능동적으로 색상과 무늬를 변화시킬 수 있는 타일 형태의 (디스플레이 소자) 패치 개발을 목표로 함. [3]



그림 3. 위장무늬를 활용한 현대패션. (2001년 S/S ~ 2010년 F/W 컬렉션) [4]

- 김선영교수는 그의 연구 논문, '카무플라주 문양을 활용한 현재패션의 특성'에서 최근 패션산업은 메가트렌드로서 카무플라주 문양뿐만 아니라 다양한 기존 문양들의 변형과 혼합을 통한 새로운 조형미를 구축하여 독창적이고 감각적인 디자인들을 활발하게 전개하고 있음을 보고하였음. [4]

나. 국외 기술동향 및 전망

- 근래에 들어 미국은 위장효과가 크다고 알려진 화소로 나누어진(pixelated) 디지털 무늬인 **CADPAT(Canadian Disruptive Pattern)**를 시작점으로 하여 단색조의(monotone) 'Olive Drab'로부터 수차례의 개선을 통하여 최종적으로 최적의 위장무늬들을 도출하였음. (그림 4.와 5. 참조)

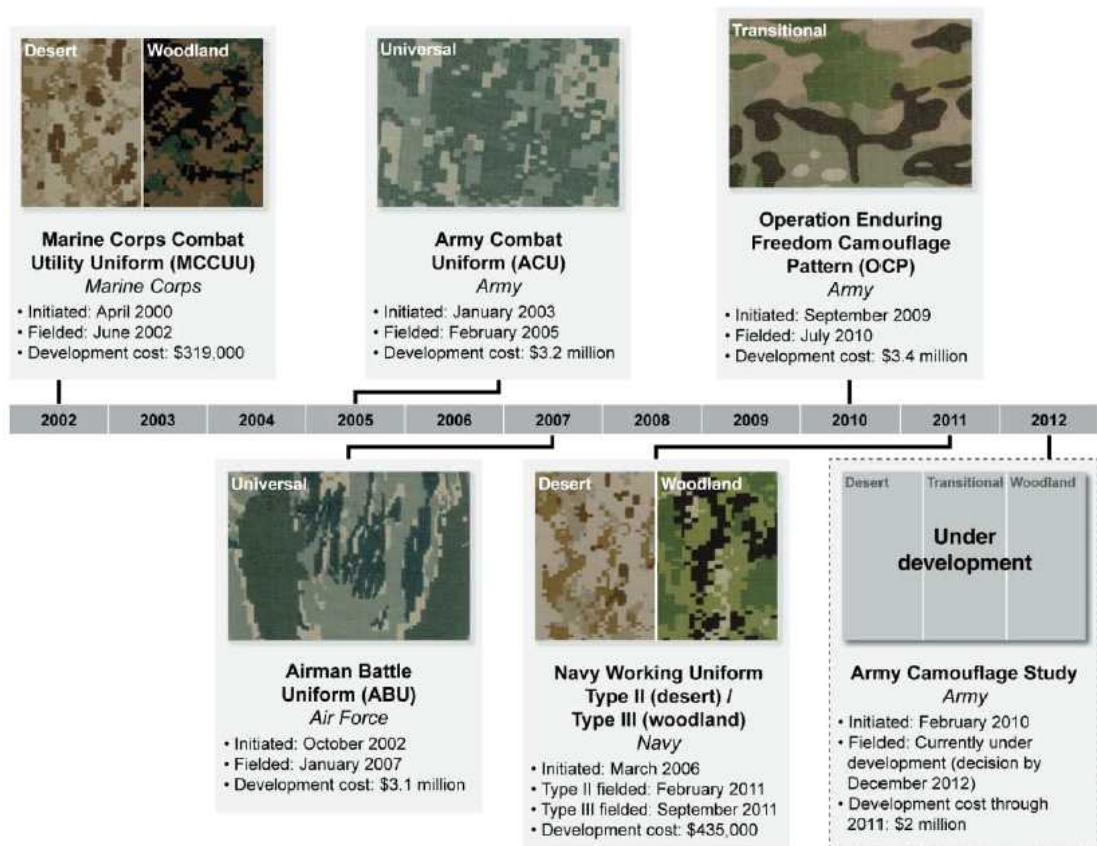


그림 4. 미군 위장무늬의 변천사; 해당 무늬 아래에 각각의 개발 착수 시점, 보급시기, 개발비용 등을 나타내었음. [5]



그림 5. 미국의 해병대에서 채택한 위장무늬(Woodland MARine PATtern), NATO 위장무늬, 그리고 Olive Drab의 위장효과(탐지/인지 시간) 비교. [6]

- 이들은 수차례의 위장무늬 개선과정을 통하여, 'Natick Test' 기법, 'Micro-pattern Algorithm', 'Symmetry Disruption Algorithm', 'Symmetry Axis Algorithm', 'Movement Concealment Algorithm', 'Fractal Algorithm' 등과 같은 좋은 연구 성과들을 얻었음.
- 미국을 비롯한 군사 선진국들은 전통적인 위장술을 넘어 적응(Adaptive) 또는 능동(Active) 위장기술을 무기체계에 적용하려는 노력을 경주하고 있음.

- 예로서 영국의 BAE Systems 社는 냉각 성능이 우수한 커다란 육각형 전자소자들을 CV90 전차의 측면에 부착함으로써 열 영상장비(Thermal Imager)의 관측으로부터 피탐 확률을 현저히 낮출 수 있었음.
- 미국의 아리조나 주립대학교는 액정을 이용한 능동 위장 기술의 연구·개발에 착수하였고, 일리노이 주립대학교도 오징어, 문어 등 두족류를 생체모방하여 새로운 메타물질을 개발하는 등 능동 위장 연구개발에 박차를 가하고 있음.

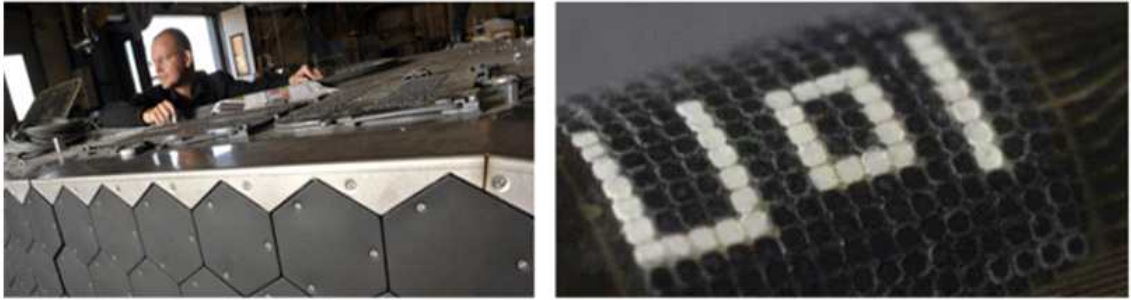


그림 6. 국방 선진국의 적응 또는 능동 위장장치; (a) 영국 BAE System社의 육각형 전자소자 [7], (b) 'US Naval Research'와 일리노이 주립대학의 생체모방소자 [8]

- 최근 필립스社는 전자 스킨(Electronic Skin)에 적용할 수 있는 새로운 칼라 전자종이(e-paper) 기술을 개발하였음. 이를 이용하면 사용자의 취향, 분위기 또는 주변 환경에 맞추어 전자기기 표피의 색상과 문양을 쉽게 바꿀 수 있어, 새로운 전자제품의 외장재 시장의 창출이 기대됨. 실제로 필립스社는 물의 온도에 따라 포트 창이 색상이 바뀌는 전기 보온포트를 발표하기도 하였음. [9]

FASHION PHONE



WATER COOKER

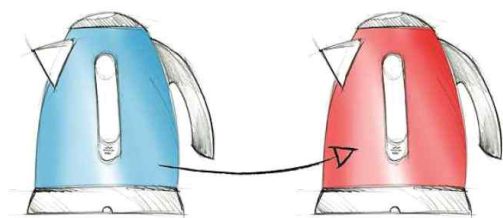


그림 7. 필립스社가 제안한 새로운 전자종이를 이용한 휴대폰의 전자스킨(左)과 전기 보온포트의 변색 표피(右) 개념도

3. 연구개발계획

가. 연도별 연구개발 목표

○ 민·군수용

구분	연구개발 목표 및 내용	주요결과물	예산 (억 원)
시험 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계학습 기반의 위장 무늬 생성 및 평가 알고리즘 개발 ○ 위장 무늬 생성·평가 소프트웨어 패키지 작성 <ul style="list-style-type: none"> － 데이터입력모듈, 환경특성분석모듈, 무늬생성모듈 ※ 환경특성분석모듈의 입력은 정해진 환경에 대한 다른 시간 별, 계절 별 영상들로 구성된 영상세트임. <ul style="list-style-type: none"> － 주·야간(적외선) 위장 효과 평가 모듈(Photo Simulation ; VIS – NIR) ; 포토 모델링 기법 개발 ○ Field Test(실증시험) 평가절차 개발 <ul style="list-style-type: none"> － 주·야간 관측(VIS – NIR)에 대한 시험 절차 확립 및 위장효과평가 모듈 작성 － 실증시험 테스트베드 구축 ○ 위장 무늬 생성·평가 소프트웨어 패키지 성능평가 및 수정·보완 <ul style="list-style-type: none"> － Photo Simulation과 Field Test에서의 위장 표적 인지/탐지 시간 차이, $\Delta T/T_{FT} \leq 20\%$ 되도록 평가지표를 구성함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무늬 생성·평가 알고리즘 ○ 무늬 생성·평가 소프트웨어 패키지 시제품 ○ 실증시험 테스트베드 	20

최종 연구개발 목표를 달성하기 위한 연도별 목표, 연구개발 내용, 주요 연구결과물 및 예산은 연구개발계획서 양식에 따라 제안기관에서 제시 요망.

예시) 시험개발 3년 과제의 경우

연구단계	시험개발		
연차	1차년도	2차년도	3차년도
연차별 기간	15개월 (‘18.10~’19.12)	12개월 (‘20.1~’21.12)	9개월 (‘21.1~’22.9)
평가	▲ 진도평가	▲ 진도평가	▲ 최종평가
예산 지급	▲ ▲	▲	▲

나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 3년 (시험개발 3년)
- 연구개발비 중 정부출연금 : 20억 원 이내




4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

- 민수 : 기존 문양의 형태변형과 혼합, 색상 전환 등을 이용한 패션 디자인 표현기법의 확장 ; 소비자 맞춤형 이커머스(e-Commerce) 플랫폼, 다양한 색상과 문양의 변화가 요구되는 전자스킨, 광고, 안전·레저 등 高視認性 제품群 등 [10,11],

카무플라주 문양을 이용한 패션 디자인	인공지능을 이용한 패션 아이템 추천	전자스킨, 광고, 안전·레저 등 고시인성 제품
		

- 군수 : 주변 전장 환경에 대한 최적 위장무늬의 생성과 위장효과의 극대화 ; 무기체계, PPE, 군사보호시설을 위한 능동 위장막 등 [12 - 14]

환경 정보 입력에 의한 최적의 위장 무늬 생성	위장효과 분석·평가 ; Photo Simulation	능동 위장 패턴 생성
		

나. 파급효과

○ 기술적 측면

- 최적의 위장무늬를 선정하는 머신러닝 알고리즘에 주변 환경 인지장치를 적절하게 결합함으로써 향후 PPE 또는 무기체계에 적용·가능한 적응 위장(Adaptive Camouflage)까지의 확장을 기대할 수 있음.

○ 경제·산업적 측면

- 상용 패션 디자인 코드에 문양의 형태변형과 혼합, 색상 전환 그리고 효과 분석을 위한 플러그인(plugin) 기능을 제공하여 고시인성이 요구되는 전자스킨, 광고, 안전·레저, 패션 등 새로운 제품群을 개발함으로써 새로운 시장 창출, 국내 관련 산업에 경제적, 산업적으로 이바지함.

○ 군사적 측면

- 다양하고 복잡해져만 가는 군의 작전 환경과 임무에 적합한 최적의 위장무늬群을 신속하게 생성, 분석·평가할 수 있는 툴을 제공함.
- 이를 무기체계, 군사보호시설 또는 PPE를 포함한 전투복에 적용함으로써 지속적으로 향상되고 있는 감시정찰체계의 탐지/인지 성능에 대하여 효과적으로 대처함.
- 또한 머신러닝 기반의 위장무늬 생성·평가 알고리즘을 디자인 소주기에 적용, 위장무늬들을 효율적으로 관리·활용함.

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 위장무늬 생성·평가 알고리즘, S/W패키지 시제품, 실증시험 테스트베드
- 연구결과보고서 / 성능시험성적서 등

나. 연구개발 결과 평가항목

항 목		목 표 성 능
입력 데이터 포맷		• GIF, JPEG, PNG, SVG, MP4, AVI 등 [†]
위장무늬 생성	환경 분석	• 입력 영상 : 분해능 _{MAX} 4K, 색상 24bit
	무늬 생성	• 입력 배경 영상 세트 수 : $\leq N_{MAX}^*$
	색상 정합 ; 생성 무늬와 나열된 무늬의 색상 비교	• $\Delta D \pm \delta^{**}$
위장효과 평가	Photo-Simulation	• 주·야간 위장효과 평가 범위 ; 600 – 1,250 nm • 객체추출을 이용한 평가지표 (Evaluation Index) 개발***
	알고리즘 검증 ; Photo-Simulation과 Field Test 결과 비교	• 위장 표적 인지/탐지 시간 차이 ; $\Delta T/T_{FT} \leq 20\%$ ****
출력 데이터 포맷		• GIF, JPEG, PNG, SVG, 등 [†]

* 제안자가 무늬 생성을 위한 배경 영상 세트의 최대 허용 입력 수, N_{MAX} 를 제시함. 여기서 입력 배경영상 세트는 정해진 장소에서 다른 시간별 또는 계절별에 획득한 다수 영상들로 구성되며, 배경 영상 세트를 구성하는 영상들의 최대 허용 수도 제안자가 정함.

** 제안자가 무늬 출력방식 및 대상(피복의 나열, 무기체계 도색 등)에 고려하여, 색차식, CIE DE2000을 사용하여 색차와 허용오차를 제시함.

*** 제안자가 야간 관측을 포함한 시험 대상에 대한 위장 표적 인지/탐지 시간 측정값(Field Test)과 Photo-Simulation의 결과가 알고리즘 검증조건, $\Delta T/T_{FT} \leq 20\%$ 을 충족시키기 위하여, 평가지표를 구성함.

**** Photo-Simulation과 Field Test에서의 위장 표적 인지/탐지 시간 차이 ; $|T_{PS} - T_{FT}| / T_{FT}$

[†] 입력 배경 영상 또는 기존 위장 무늬의 포맷은 벡터 이미지와 일부 동영상 포맷을 허용하며, 출력은 벡터 이미지만을 허용함.

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

○ 주관연구기관 및 참여기관 : 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체

※ 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수(제27조제4항) 단, 기초연구의 경우에는 기업참여가 필수사항이 아님.

○ 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

다. 기타

- 해당 없음

7. 참고문헌

1. 강진우, 이민희, 홍성돈, 문선정, 국내·외 전투복의 카무플라주 (Camouflage) 성능 연구, Fashion & Textiles Research Journal, 40(6), P.1025 - 1033 (2016)
2. 진성모, 황자영, 한국 육군 군복의 지형 적응용 개선을 위한 패턴 디자인 연구, 기초조형학연구 Vol. 7(3) (A Study on Performance for Camouflage of Domestic and Foreign Combat Uniforms), p.511 - 522 (2006)
3. 민·군기술협력사업 2017년 시행계획(안), 민군기술협의회 (2017. 2.)
4. 김선영, 카무플라주 문양을 활용한 현재패션의 특성 (Characteristics of Contemporary Fashion Using Camouflage Patterns), 복식문화연구 19권(4) p.661 - 673 (2011)
5. DoD Shoulds Improve Development of Camouflage Uniforms and Enhance Collaboration Among the Service, Report to Congressional Requesters GAO (2012)
6. U.S. Army Camouflage Improvement Explained, Hyperstealth社 home page, <http://www.hyperstealth.com/como-improvement>
7. ADAPTIV-Cloak of Invisibility, BAE Systems社 home page, <https://www.baesystems.com/en/feature/adativ-cloak-of-invisibility>
8. Cunjiang Yu, et al. Adaptive optoelectronic camouflage systems with designs inspired by cephalopod skins, PNAS Vol. 111(36), p.12998 - 13003 (2014)
9. Levent Ozler, Philips e-Paper: Philips Electronic Skin Enables New Chameleon-like Ambience Designs, <https://www.dexigner.com/news/19545>
10. 조은아, 밀리터리 룩의 핵심 포인트 카무플라주 패턴의 열풍

<http://egloos.zum.com/fashionJJJ/v/3381897>

11. SK텔레콤 T-Brain, 글로벌AI 학회의 만점을 받다, SKT Insight. SKT 소식 (2017.08.08.), <https://www.sktinsight.com/94559>
12. Narek Pezeshkian, Joseph D. Neff, Adaptive electronic camouflage using texture synthesis, Proc. SPIE Vol. 8387 p.838707-1 - 10 (2012)
13. Maarten A. Hogervorst, Alexander Toet, Pieter Jacobs, Design and evaluation of (urban) camouflage, Proc. of SPIE Vol. 7662 p.766205-1 - 11
14. 홍성돈, 김병순, 장연주, 이정순, 색상 및 세탁견뢰도의 정량적 분석을 통한 신형 전투복 원단의 색상신뢰성 연구, Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles Vol. 40(3), p.456 - 464 (2016)
15. 이해정, 박윤철, 심재운, 비무기계 군사용 섬유소재의 평가기술, 섬유기술과 산업, 12권(4), p.239 - 246 (2008)

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	박영식	042) 607-6013