

불법 무인비행물체 감시를 위한 다중센서
기반의 이동형 감시장치 개발 및 실증 기획
최종보고서

2016. 04

주관연구기관: 한국전자통신연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

이 보고서를 “불법 무인비행물체 감시를 위한 다중센서 기반의 이동형 감시장치 개발 및 실증 기획”의 최종보고서로 제출합니다.

2016년 04월

주관연구기관명: 한국전자통신연구원

주관연구책임자:

안 재 영

참 여 연 구 원:

채 종 석
엄 만 석
최 상 혁
이 용 민
손 지 환
차 지 훈

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간		단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구 사업 명	2015년 하반기 다부처 사업				
연구 과 제 명	최 상 위 과 제 명				
	단 위 과 제 명	불법 무인비행물체 감시를 위한 다중센서 기반의 이동형 감시장치 개발 및 실증 기획			
연구 책임자		총연구기간 참여 연구원수	총 : 명 내부 : 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 천원
연구기관명 및 소속부서명			참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : -		상대국연구기관명 : -		
요약				보고서면수	100
<ul style="list-style-type: none"> - 수효가 날로 증가하는 소형 무인비행장치에 편승한 불법, 위법 또는 악의적 무인 비행장치도 같이 증가되고 있어 국가 안보를 위해서는 이에 대한 대비가 필요함 - 현재까지 개발된 탐지 거리가 수십 km인 장거리 군용 탐지 레이더는 탐지 성능이 우수하나 소형 비행물체를 탐지하기가 어렵고, 민수용으로 사용하기에는 가격, 크기, 무게 및 전력 소모 등이 지나치게 높아, Low SWaP (Cost, Size, Weight, and Power)를 염두에 둔 민간용 레이더 개발에 대한 요구가 높아지고 있음 - 본 과제에서는 위협적인 저고도 불법 소형 무인기를 탐지 및 식별할 수 있는 다중 센서 기반의 이동형 지상감시 장치 개발 및 검증에 대한 기획 연구를 수행함 - 다중 센서 기반 이동형 감시 장치의 필요성, 타당성, 연구개발 과제 목표 및 내용, 추진 계획, 예산 투입 계획 및 과제제안요구서(RFP) 등을 제시함 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	저고도 (비행물체 탐지) 레이더, (EO/IR) 표적 영상 신호처리, 레이더 커버리지 분석, 레이더 (RF) 핵심칩,			
	영 어	Micro-UAV detection Radar, EO/IR Target Identification Signal Processing, Radar Coverage, RF MMICs			

요 약 문

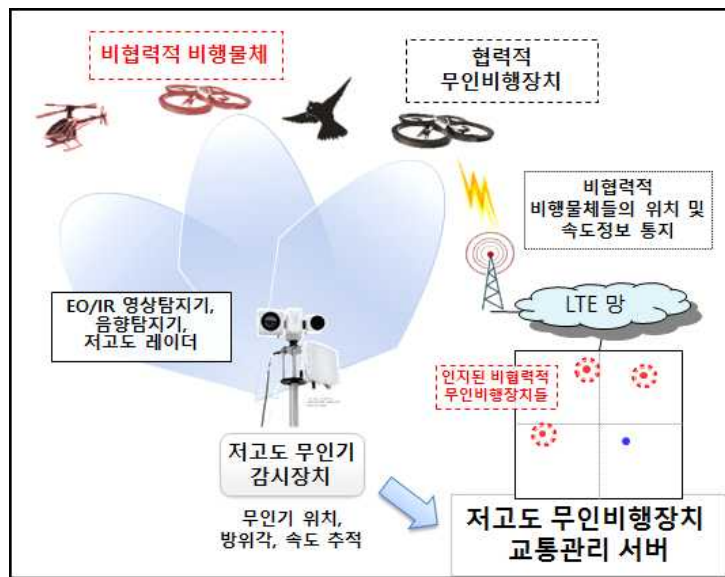
I. 과제 제목

- 불법 무인비행물체 감시를 위한 다중센서 기반의 이동형 감시장치 개발 및 실증 기획

II. 기술의 정의 및 필요성

- 기술의 정의

- 소형 무인비행장치에 편승한 위협적인 불법 무인비행장치가 주요 공공, 민간 시설 및 행사장을 정찰, 침투, 공격함에 대해 유효시간 이전에 탐지, 식별하여 대처할 수 있도록 하는 “저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템”을 구현하는데 필요한 기술



- 필요성

- 소형무인기를 이용한 서비스가 다양화되고 손쉽게 소형 무인기를 획득할 수 있게 됨에 따라 주요 시설 및 비행금지구역에 대한 무인기 침입 위협이 국가적, 사회적인 문제가 되고 있어 이에 대한 대응 수단 강구가 절실함
- 고성능 군사용 저고도 레이더나 대박격포 레이더로 무인기를 탐지할 수는 있으나 시설 및 행사장 감시 기능으로 적용하기에는 성능과 가격이 과도하며, 오히려 수 km 이내의 단거리 탐지에는 취약한 점이 있음
- 최근 국외에서 저고도 무인기 탐지 시스템이 다수 출시되고 있으나 국내 원천기술 부족으로 추가개발 및 유지보수에 대한 우려가 있음
- 따라서 저고도, 저속, 초소형 불법무인기 탐지에 적합한 소형, 저가격 이동형 레이더와 탐지된 표적의 확인과 식별을 위한 광학카메라 연동 등 보조 기능을 가진 다중센서 기반의 통합시스템 개발 및 원천 기술 확보가 절실함
- 저가의 개발 장치는 무인기교통관리 시스템의 1차 감시 시스템으로 활용될 수 있으며, 주요 민간 시설에도 대인, 차량, 비행물체 등의 침입 감시 시스템으로 응용될 수 있음

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

○ 국내 기술동향

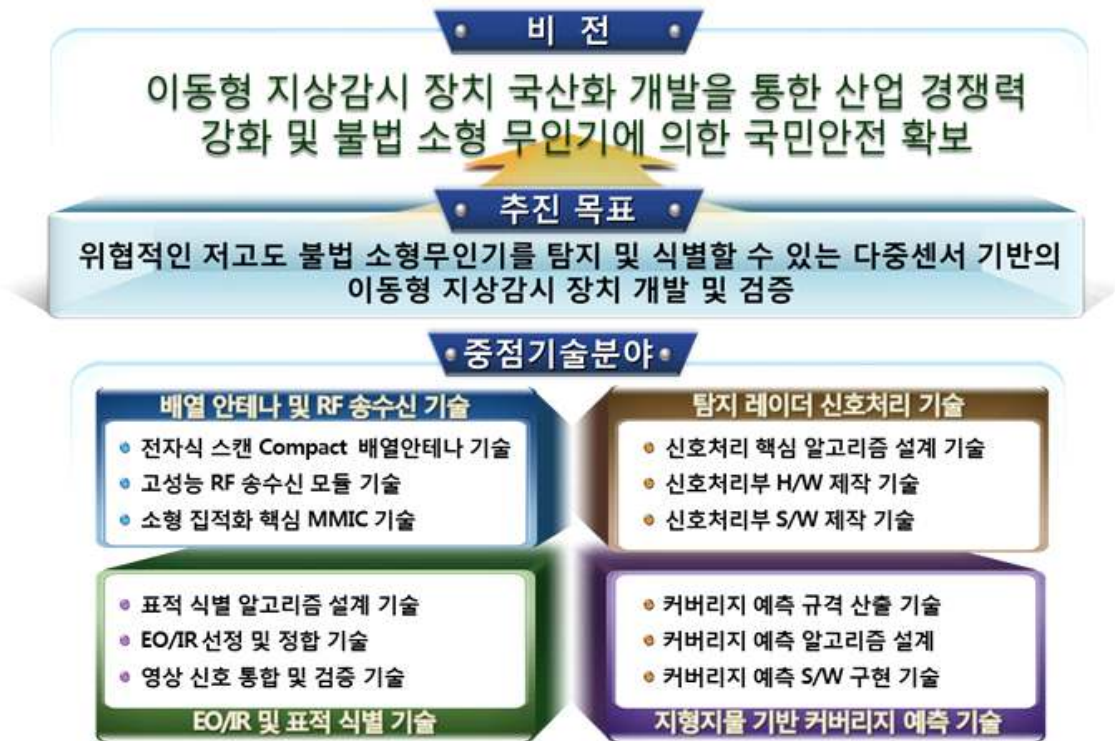
- 우리나라 군에서는 이스라엘 RADA사의 RPS-42와 영국 Blighter사의 AUDS(Anti-UAV Defence System)를 도입 운용 중인 것으로 알려져 있음
- 방위산업체인 LIG넥스원은 최대 탐지거리가 200 km인 중거리 레이더를 개발하여 실전 배치, 운용 중인 것으로 알려져 있음
- 또한 한화탈레스에서는 민군겸용과제로 무인기 탐지레이더를 개발하였으나 민수용으로 활용하기에는 규모와 가격이 과다하여 상용화되지 못한 것으로 알려져 있음
- 한국과학기술원과 포항공과대학교에서 무인기나 스텔스기를 탐지하기 위한 바이스태틱 레이더에 대한 기초연구를 수행하였으나 민수용 저고도 무인기 탐지 시스템이 개발된 바는 없음
- 저고도 무인기 탐지레이더의 핵심적인 기술이자 가격 결정에 중요한 변수가 되는 안테나, 고효율 고출력증폭기, 저잡음증폭기, 위상천이기, 송수신핵심 모듈과 핵심칩 MMIC 설계 기술은 ETRI와 (주)브로던, 엠스솔루션, (주)아이엔텍 등 국내 연구기관과 기업이 보유
- 군사용으로 개발된 기술이 활용될 경우 개발 단축 기간을 일부 단축할 수는 있으나 자료의 공유도 불가능한 실정이며 더욱이 시스템 규격이나 개발 전략이 상이한 경우 그 효과는 매우 적을 것으로 예상

○ 국외 기술동향

- 미국의 무인기 통신 및 충돌방지 표준을 제정하는 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics) 228에서는 Phase Two(2017. 1. ~ 2020. 12.)의 목표로 Class D, E, G 공역에서 운항하는 무인기에 대한 “지상기반 비협력적 레이더”의 최소 운용성능 규격 제정 설정
- 일본은 경시청 내 기동대에 수십명 단위의 드론 전문 부대를 설치, 중요 시설의 상공 등 비행금지구역에 침입한 드론이 발견됐을 때 유인 헬기가 긴급 출동하여 드론이 비행중지 요구에 불응하고 비행을 계속할 경우 직사각형 모양의 그물로 프로펠러를 덮어 조종 불가능 상태로 만드는 계획을 수립함. 이 단계에서 가장 중요한 장치는 저고도 무인기 탐지 시스템이 될 것임.
- 이스라엘 RADA 사는 기존 군용 저고도레이더의 탐지거리를 줄이고 LOW C-SWaP을 실현한 초단거리 대공 방어 솔루션으로 RPS-42를 개발하여 국경 감시용으로 소개
- 우리나라에도 도입 운용 중에 있는 영국 Blighter 사의 AUDS은 레이더, EO/IR 비디오 추적기와 지향성 RF 억압기 등 3개사 3종의 장비가 결합된 무인기 탐색, 추적, 인식 및 제거를 할 수 있는 칩입감시 시스템으로 PESA(Passive Electronically Scanned Array) 방식을 채택하여 LOW C-SWaP을 실현한 것으로 보이나 0.01m2의 DJI 팬텀급 레이더의 탐지거리가 2.4 km 정도로 단거리라는 문제점이 있음.
- 스페인 ART사의 Drone Sentinel, Thales Netherlands사의 Squire, 미국 SpotterRF Radar 사와 Black Sage Technology 사가 합작한 A2000 시스템, 미국 Harrier 사의 DSR-200d, 미국 Gryphon Sensors사의 R1400 등 많은 시스템들이 출시되고 있으나 소규모 벤처 기업들이 대부분으로 시스템 변경, 유지, 보수 등의 문제로 채택이 쉽지 않은 실정임.

IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

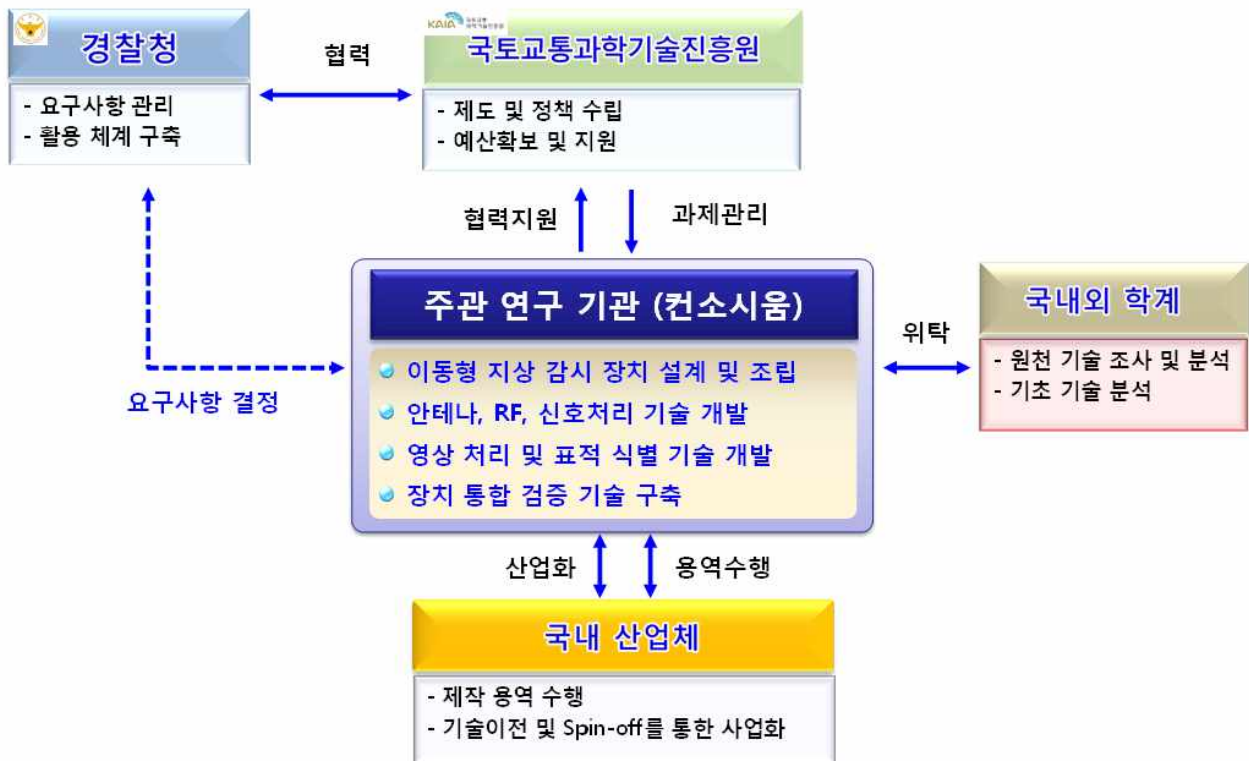
- 연구개발 과제 비전 및 목표



- 사업 목표 달성을 위한 주요 세부 연구 내용
 - 전자식 스캔 배열 안테나 및 RF 송수신 기술
 - 탐색 및 추적 레이더 신호처리 기술
 - EO/IR 영상처리부 신호처리 및 표적식별 기술
 - 전원, 지시/제어, 통신 및 시스템 기술
 - 지형지물 정보 기반 커버리지 예측 기술
- 추진 전략
 - 연구개발의 성공 및 실용화 가능성을 높이기 위해 핵심 기술, 검증 기술, 조기 실용화를 위한 시장 친화적인 기술 확보 전략 수립
 - 본 연구를 통해 TRL 3 단계부터 7 단계까지 수행
 - 연구 추진 고려사항
 - 가격 경쟁력 있는 이동성이 높은 장비 개발
 - 단계별 개발을 통해 신뢰성 있는 장비 개발 추진
 - 레이더 기술을 보유한 국내 산·학·연을 최대한 활용
 - 국제 표준화 활동을 통해 국제적인 제품 개발
 - 레이더 전파로부터 운용자 및 주변 인력이 안전한 조건과 운용 절차 수립

○ 추진 방법

- 출연 연구기관 : 연구개발 주관, 핵심 분야는 자체연구수행 (장치를 개발하면서 과급효과가 핵심원천 기술도 동시에 확보하여야 하기 때문에 연구 역량이 우수한 연구기관에 수행하는 것이 바람직함)
- 학계 : 기초연구 분야 및 이론적 성능 분석 등이 요구되는 분야, 추진기술의 타당성 분석, 알고리즘 연구 및 미래 기술을 위한 기초 기술 수행
- 산업계 : 제작 및 시험
- 실상용화 기술개발을 위해 산·학·연 중심의 컨소시움을 통해 협력 체제를 구축



○ 주요 성과물

- 다중센서 기반 감시 장치 시스템 구조 분석 및 요구 규격서
- 다중센서 기반 감시 장치 시스템 설계서 및 시험 결과서
- 능동 위상배열 안테나 설계서 및 결과서
- RF 송수신모듈용 MMIC 설계서 및 결과서
- 레이더 신호처리 설계서 및 결과서
- 커버리지 예측 모듈 설계서 및 결과서
- 제출 하드웨어 및 소프트웨어
 - 감시장치 2식
 - RF 송수신 모듈용 MMIC
 - 영상신호처리 S/W

V. 사전 타당성 검토

- 정책적 타당성
 - 대통령 주재 제22차 국가과학기술자문회의에서 관계부처 합동으로 『무인이동체 기술개발 및 산업성장 전략』 보고 ('15.5.29)
 - 미래창조과학부 ‘제17회 미래성장력 오픈토론티레이“ 주관 개최
 - 국내외 무인기 개발 정책에 의해 탐지에 대한 정책 요구가 필요
- 기술적 타당성
 - 국내 활용을 위한 소형 무인기 탐지용 저고도 레이더 기술 개발 필요
 - 파급력이 높은 핵심기술 확보 가능성 기대
 - 국내에서 활용하는 탐지 장치의 유지 보수에 확보 기술 적용 가능
- 경제적 타당성
 - 저고도 소형 무인기 탐지 및 식별 시스템은 국외 기업이 주로 생산하고 있으므로, 본 시스템을 국내에서 개발할 경우 내수시장에서 수입대체 효과 발생이 기대됨
 - 국내 기업의 매출액 증가 효과를 2022년부터 2029년까지 분석하면, 8년간 국내시장 매출액 증가분 867억원, 세계시장 매출액 증가분 6,434억원 예상
 - 국내 산업체를 이용함으로써 국내 시장 및 고용창출 효과 기대

VI. 자원투입 계획

- 사업 기간 및 소요 예산
 - 사업기간 : 2017년 ~ 2021년 (총 5년)
 - 소요예산 : 94 억원 (총 투입인력 35명)
- 연도별 소요 예산

(단위 : 천원)

내역	소요예산					계	비율 %
	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년		
능동 전자 스캔배열 안테나 및 RF 송수신기술	849,440	865,350	769,920	666,760	384,920	3,536,390	37.6
탐색 및 추적 레이더 신호처리 기술	455,600	599,950	331,520	499,875	248,500	2,135,445	22.7
레이더 연동 영상 신호처리 및 표적 식별 기술	192,960	447,200	288,000	219,300	177,500	1,324,960	14.1
전원, 지시/제어, 통신 및 시스템기술	207,700	282,750	280,960	230,265	211,580	1,213,255	12.9
지형지물정보 기반 커버리지 예측기술	194,300	204,750	329,600	283,800	177,500	1,189,950	12.7
계	1,900,000	2,400,000	2,000,000	1,900,000	1,200,000	9,400,000	100

< 목 차 >

1. 기술의 정의 및 필요성	1
1.1 기술의 정의 및 분류체계	2
1.1.1 기술의 정의	2
1.1.2 기술의 구성 및 분류 체계	3
1.1.3 기술의 운용 환경	4
1.1.4 무인기 추적 및 탐지 방식	6
1.2 기술개발의 필요성	9
1.2.1 무인비행장치 수요 증대에 편승한 불법 무인비행장치 대책 강구	9
1.2.2 민수용 시스템은 조기 개발 시 초기시장 진입 가능	9
1.2.3 저고도 무인비행장치 교통관리시스템의 1차 감시 레이더 등 활용성	10
1.3 정부지원 필요성	11
1.4 기술개발 시급성	11
2. 국내외 동향 및 환경분석	12
2.1 국내외 정책동향	13
2.1.1 국내 주요 정책	13
2.1.2 해외 주요 선진국 정책	14
2.2 국내외 시장현황 및 전망	19
2.3 국외 기술의 수준 및 시장 동향	23
2.3.1 국외 기술 동향 및 수준	23
2.3.2 국외 기술 동향 및 수준	25
2.4 기술(특허, 논문 등)동향 및 기술수준 분석	36
2.4.1 특허동향	36
2.4.2 논문동향	46
2.4.3 표준화 동향	55
2.4.4 기술수준 분석	57
2.5 유사과제 분석 및 차별성 (NTIS 검색 결과)	59
3. 연구개발과제 구성 및 추진전략	61
3.1 비전 및 목표	62
3.2 기술개발에 따른 미래상	67
3.3 연구개발 과제 구성	69
3.4 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 연계방안	72
3.5 연구추진체계	77
3.6 기술 로드맵 및 성과 로드맵	79

4. 사전타당성 검토	81
4.1 정책적 타당성	82
4.2 기술적 타당성	83
4.3 경제적 타당성	84
5. 자원투입 계획	87
5.1 연구 기간 및 소요 예산 계획	88
5.2 정부지원조건	90
6. 과제공모 방안	91
6.1 과제제안 요구서	92

1. 기술의 정의 및 필요성

1.1 기술의 정의 및 분류체계

1.2 기술개발의 필요성

1.1 기술의 정의 및 분류체계

1.1.1 기술의 정의

- 수효가 날로 증가하는 소형 무인비행장치에 편승한 불법, 위법 또는 악의적 무인비행 장치가 주요 공공, 민간 시설 및 행사장을 정찰, 침투, 공격함에 대해 유효시간 이전에 탐지, 식별하여 대처할 수 있도록 하는 “저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템”을 구현하는데 필요한 기술

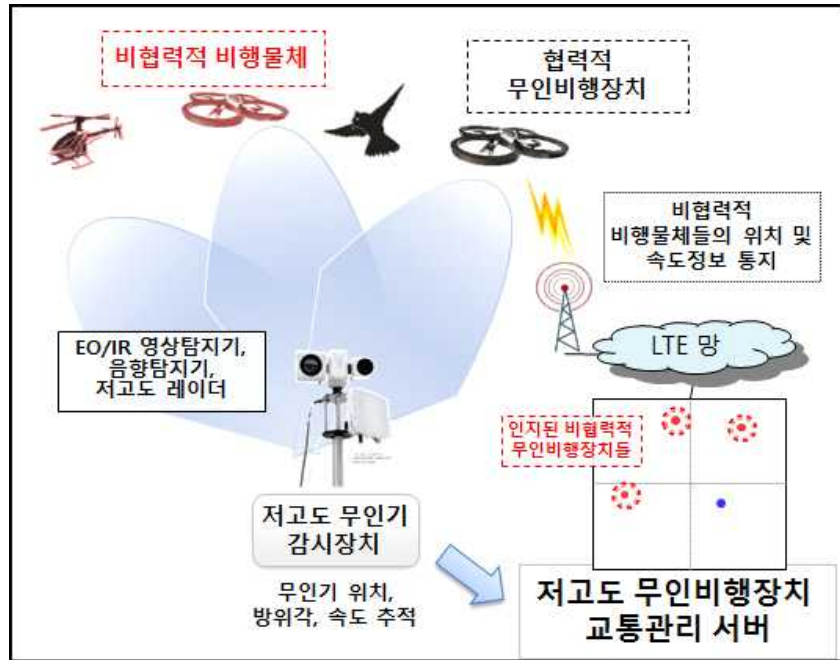


그림 1 저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템의 개념도

- 지금까지는 저고도 비행물체 탐지 시스템이 주로 군사용으로 사용되었으며, 군사용은 탐지 거리가 수십 km로 장거리이고 탐지 성능이 우수하나 무인비행장치 탐지를 위한 민수용으로 사용하기에는 가격, 크기, 무게 및 전력 소모 등이 지나치게 높음. 최근 들어 LoW C-SWaP(Cost, Size, Weight, and Power)을 실현하여 민수용으로 사용 가능한 수준의 저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템이 출시되고 있는 추세임. 따라서, 민수용의 경우에는 시스템 구현뿐만 아니라 LoW C-SWaP을 실현하기 위한 기술 역시 중요한 비중으로 다루어져야 함.
- Low C-SWaP이 360° 전방향을 커버하는 시스템을 구성 할 경우 비용이 대략 5억 원 이하, 크기가 1 m³(안테나 마스트, 전원장치, 지시/통제장치 제외) 이하, 무게가 50 kg 이하, 전체 소모 전력이 500 W 이하 수준이면 공공 및 민간용으로 채택 가능할 것으로 추정되나 구체적인 목표 설정은 보다 세밀한 분석에 기반하여야 할 것임.

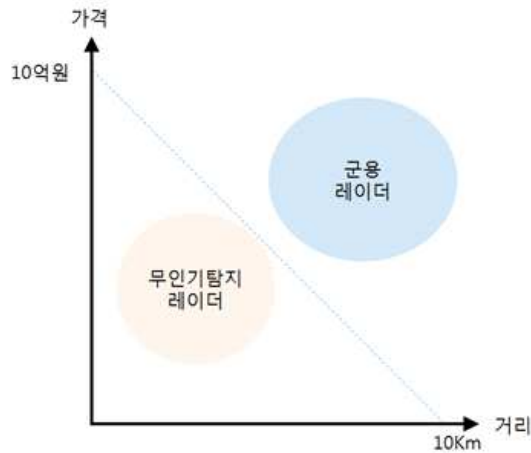


그림 2 민수용 탐지 레이더와 군용 탐지 레이더의 가격 및 탐지거리

- “저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템”은 무선조종 또는 자율운항 무인비행장치가 비행할 수 있는 모든 기상조건하에서 주야간 표적을 탐지하고 방위, 거리와 속도를 추정할 수 있어야 하며, 이 표적의 종류를 자동 또는 육안으로 식별할 수 있는 EO/IR 과 같은 부가적인 장치를 구비해야 함
 - EO/IR 센서는 방위각과 고도각을 탐지할 수 있으며, EO/IR의 Zoom-in기능을 이용하여 표적의 상세 형상을 얻을 수 있으나 레이더 없이 EO/IR을 단독으로 사용하는 경우에는 거리 측정이 어렵고, LiDAR를 사용하는 경우 정밀한 거리 측정은 가능하나 거리가 짧고 스캔에 장시간 소요
 - 음향 기반 센서는 무인비행장치에서 발생하는 특정 패턴의 음파를 지향성 마이크 어레이를 이용하여 인지하고 방향과 거리를 탐지할 수 있으나 음파를 이용한 탐지의 경우 데이터가 확보된 무인비행장치의 종류를 식별할 수 있다는 정점이 있는 반면, 바람 및 소음 등 환경 잡음이 있는 경우 성능이 현저히 저하될 수 있고 탐지거리가 짧으며 분해능이 낮아 단독 운용보다는 보조 수단으로 적합
- “저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템”은 공공 및 민간 시설의 경호를 위해서는 고정하여 사용할 수 있으나 행사 지역의 경호를 위해서는 차량으로 용이하게 이동하여 30분 이내의 빠른 시간 내에 설치하여 운용할 수 있는 이동형 시스템이 되어야 함

1.1.2 기술의 구성 및 분류 체계

- “저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템” 구성 체계에 따라 기술을 분류할 경우 안테나 기술, RF송수신 기술, 파형생성 기술, 레이더 신호처리 기술, 영상신호처리 기술, 지시/제어 기술, 커버리지 예측 기술, 시스템 기술로 크게 분류 가능
- 보다 세부적인 기술의 구성 및 분류체계는 채택 방식 및 구현 방법에 따라 큰 차이가 있을 수 있으며, LOW C-SWaP을 달성하기 위한 반도체 구현 기술 등이 중요한 기술

요소가 될 수 있음

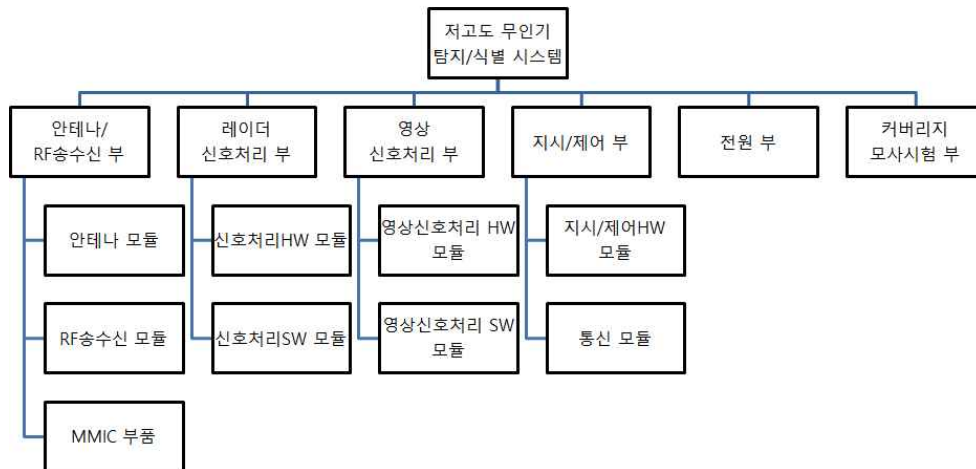


그림 3 저고도 무인비행장치 탐지, 식별 시스템의 구성 체계(예)

- 국가과학기술표준분류체계에 따른 기술 분류
 - 대분류 : 전기/전자
 - 중분류 : 무기센서 및 제어
 - 소분류 : 레이더 센서, 전자광학센서, 신호처리
- 국방기술 표준분류체계에 따른 기술 분류 (레이더 센서)
 - 대분류 : 레이더 센서
 - 중분류 : 레이더 안테나, 송수신, 신호처리, 통제/제어, 표적신호 측정/분석
- 국방기술 표준분류체계에 따른 기술 분류 (EO/IR 센서)
 - 대분류 : EO/IR 센서
 - 중분류 : 광학계, 검출/신호처리, 영상/표적 처리, 수신/분석, 표적신호 측정/분석

1.1.3 기술의 운용 환경

- 극심한 레이더 클러터
 - 지표면 근처의 저고도에서 운항하는 무인비행장치는 수십만 배에 달하는 극심한 클러터와 다중반사의 영향에 의해 레이더의 탐지 성능과 추적정밀도가 저하되므로 이동 표적만을 탐지, 추적하기 위한 MTI(Moving Target Indicatot) 필터를 사용하는 등 도플러 정보를 효과적으로 이용해야 함
 - 그러나 소형 회전익기의 경우에는 도플러 천이량이 적어 클러터와 구분이 쉽지 않음
 - 표적 신호가 잡음이나 클러터에 비해 큰 경우에는 마이크로 도플러 처리를 통해 표적의 구별 또는 식별을 위한 정보를 추출할 수 있음

- 클러터(Clutter): 표적 외에 지면, 바다, 비, 방해 신호 따위로부터 반사되어 표적의 구별을 어렵게 하는 간섭신호
- 낮은 레이더 유효반사면적(RCS: Radar Cross Section)
- 무인비행장치의 경우 레이더 유효반사면적 RCS가 새의 수준에 해당하는 0.01m^2 (-20 dBsm) 내지 0.5m^2 (-3 dBsm) 정도로 매우 작아 레이더로 탐지하기에 쉽지 않음
 - 레이더 유효반사 면적 RCS: 표적에 레이더 전파를 조사하였을 때 레이더 방향으로 돌아오는 반사량을 결정하는 면적으로 단면적이 1m^2 인 구의 RCS가 1m^2 로 기준이 되며, 조사하는 방향, 표적의 전기적 특성, 주파수에 따라 다름. 마이크로 파 이상의 대역에서 기립해 있는 사람의 반사면적이 대략 1m^2 , 독수리와 같은 큰 새가 0.05m^2 , DJI의 Phantom과 같은 무인비행장치는 0.01m^2 수준이라고 함.

Target	RCS (m^2)	RCS (dBsm)	Relative range
Aircraft carrier	100,000	50	1778
Cruiser	10,000	40	1000
Large airliner or automobile	100	20	316
Medium airliner or bomber	40	16.0	251
Large fighter	6	7.8	157
Small fighter	2	3.0	119
Man	1	0	100
Conventional cruise missile	0.5	-3.0	84
Large bird	0.05	-13.0	47
Large insect	0.001	-30	18
Small bird	0.00001	-50	6
Small insect	0.000001	-60	3

그림 4 표적별 레이더 유효반사면적 RCS

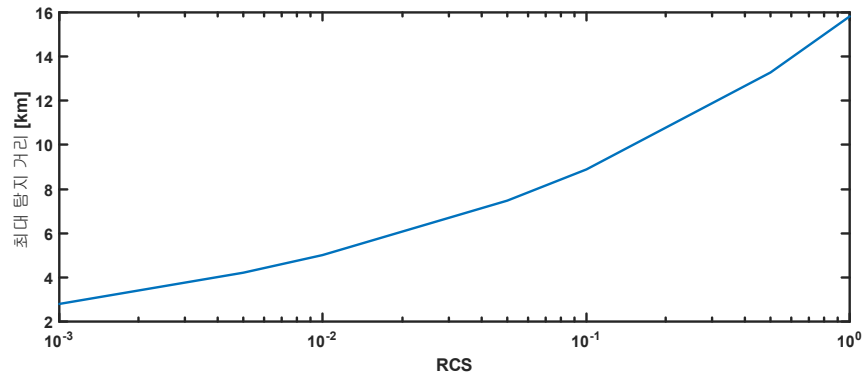
- 레이더 유효반사면적에 따른 탐지 거리의 변화
- 레이더 방정식(Radar Equation)
 - 일반적인 레이더 방정식(Radar Equation)은 아래의 식과 같으며, 최대 탐지 거리는 전력, 표적 RCS의 1/4 승에 비례하며, 안테나 이득의 1/2 승에 비례함

$$R_{max} = \left[\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 k T_0 B F (SNR)} \right]^{1/4}$$

- 여기서, R_{max} = 최대 탐지 거리 (m)
 P_t = 송신전력 (W)
 G = 안테나 이득
 λ = 파장 (m)
 k = 볼츠만의 상수
 T_0 = 절대 온도(°K)
 B = 대역폭 (/sec or Hz)
 F = 잡음 지수
 (SNR) = 요구 신호 대 잡음비

- RCS에 따른 탐지 거리

- 아래 그림은 RCS가 $0.0.1 \text{ m}^2$ 인 DJI 팬텀급의 표적을 최대 5 km의 거리에서 탐지할 수 있는 레이더 시스템의 예에 대해 RCS 크기 변화에 따라 탐지할 수 최대 거리를 나타낸 그림임.



○ 다지점 송수신 레이더 기술

- 통상의 단일 지점 송수신 레이더와 달리, 여러 지점에서 전파를 송수신하여 표적 탐지 확률과 분해능을 높이고, 표적의 종류 식별 및 재밍에 유리하게 하며 시스템의 생존성을 높일 수 있는 새로운 기술
- 반면에 여러 지점에서 송수신한 데이터를 최대한으로 활용하기 위하여 높은 수준의 데이터 혼합 기술과 실시간 처리 기술을 필요로 함
- 무인비행체와 같이 레이더 반사 면적이 작고 주변 클러터가 심한 검출 환경에 유리한 방식으로 생각되며 기상레이더, 스텔스기 탐지 등 넓은 응용 분야를 가지나 요구 기술의 수준이 매우 높음

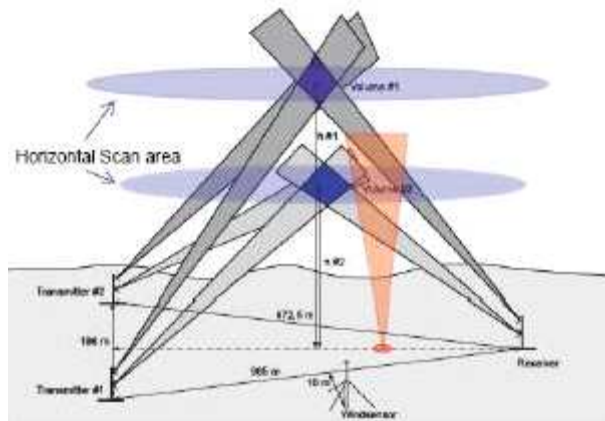


그림 7 다지점 송수신 레이더의 운용 개념도

○ 가시광선/적외선 분광 기술

- 가시광선 카메라와 열 적외선 파노라마 이미지 카메라를 이용하여 주야간 소형 저속 무인 비행선을 탐지
- 미 HGH사의 Spynel 카메라는 360도 전 방향에 대해 파노라마 영상을 작성하여 다수 표적을 탐지 추적하며 탐지 거리는 최대 11 km에 이른다고 알려짐



그림 8 미 HGH사의 적외선 무인비행기 탐지 장치 Spynel 카메라

○ 음향 마이크로폰 배열 기술

- 저가의 마이크로폰 배열 장치를 이용하여 무인비행체의 엔진으로부터 발생하는 음향의 특성과 음향의 방향을 검출
- 8+8 배열의 경우 2.5m x 2.5m 정도로 크기가 작고 3도 정도의 방향 분해능을 얻을 수 있으나 소음에 취약한 특성이 있음



그림 9 음향 마이크로폰의 배열 예

1.2 기술개발의 필요성

1.2.1 무인비행장치 수요 증대에 편승한 불법 무인비행장치 대책 강구

- 무인비행장치를 이용한 서비스가 다양화되고 손쉽게 무인비행장치를 획득할 수 있게 됨에 따라 주요 시설 및 비행금지구역에 대한 무인비행장치 침입 위협이 국가적, 사회적 문제가 되고 있어 이에 대한 대응 수단 강구가 절실한 실정임
- 저고도 무인비행장치의 이용 분야가 확대되고 수요가 증대됨에 따라 2014년과 2015년 청와대, 일본총리공관, 백악관 등의 무인비행장치 침투 사례에서 보듯이 국가 주요 기관, 시설 및 행사장에 대한 침투 우려가 증대되고 있음.
 - 2015년 1월 26일 오전 3시경(현지 시간) 직경 61cm 크기의 무인비행장치가 백악관 건물 남동쪽에 부딪힌 뒤 추락하는 사건 발생. 참고로 백악관 반경 3마일(4.8km)은 비행금지구역으로 대통령 전용헬기 등을 제외하곤 어떤 형태의 비행 물체도 진입할 수 없도록 되어 있음.
 - 2015년 4월 22일 오전 일본 총리관저 옥상에 카메라가 장착되어 있고 방사선 물질을 탑재한 직경 약 50cm의 쿼드로터 무인비행장치 발견. 일본 경시청은 조만간 청내 기동대에 수십명 단위의 드론 전문 부대를 설치하여 중요 시설의 상공 등 비행금지구역에 침입한 드론이 발견됐을 때 긴급 출동하여 드론이 비행중지 요구에 불응하고 비행을 계속할 경우 직사각형 모양의 그물로 프로펠러를 덮어 조종 불능 상태로 만드는 계획 수립
 - 2014년 3월 24일 경기도 파주에 추락한 북한 무인정찰기에서 25초간 청와대를 촬영한 영상이 발견됨

1.2.2 민수용 시스템은 조기 개발 시 초기시장 진입 가능

- 미국 Raytheon의 AN/MPQ, 우리나라 LIG넥스원의 FPS-303K 등 군사용 저고도 레이더나 대박격포 레이더로 무인비행장치를 탐지할 수는 있으나 시설 및 행사장 감시 기능으로 적용하기에는 성능과 가격이 과도하며, 오히려 수 km 이내의 단거리 탐지에는 취약한 점이 있음
- 최근 국외에서 저고도 무인비행장치 탐지 시스템이 다수 출시되고 있으나 요구규격과 다르고, 또한 추가개발 및 유지보수에 대한 우려가 있음
- 따라서 저고도, 저속, 초 불법무인비행장치 탐지에 적합한, 저가격 이동형 레이더와 탐지된 표적의 확인과 식별을 위한 광학카메라 연동 등 보조 기능을 가진 다중센서 기반의 통합시스템 개발이 절실함
- 최근 전 세계적으로 저고도 무인비행장치 탐지 시스템 기술과 관련한 특허 및 논문의

급증 추세와 중소기업을 중심으로 한 제품의 신규 출현, 미국 FAA의 시스템 평가 시험 등 시장 동향을 종합적으로 판단할 때 LOW C-SWaP을 실현한 시스템을 조기에 개발하면 세계 시장 진출 가능

1.2.3 저고도 무인비행장치 교통관리시스템의 1차 감시 레이더 등 활용성

- 저가의 “저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템”은 무인비행장치 교통관리 시스템의 1차 감시 레이더(PSR: Primary Surveillance Radar)로 활용될 수 있으며, 주요 민간 시설에도 대인, 차량, 비행물체 등의 침입 감시 시스템으로도 응용될 수 있어 그 활용 범위가 매우 넓음



그림 10 저고도 무인비행장치 교통관리 시스템의 개념도

- 저고도 무인비행장치 교통관리와 감시는 무인비행장치 이용 시 예상되는 많은 역기능을 억제할 수 있는 가장 효과적인 기술적 대책임

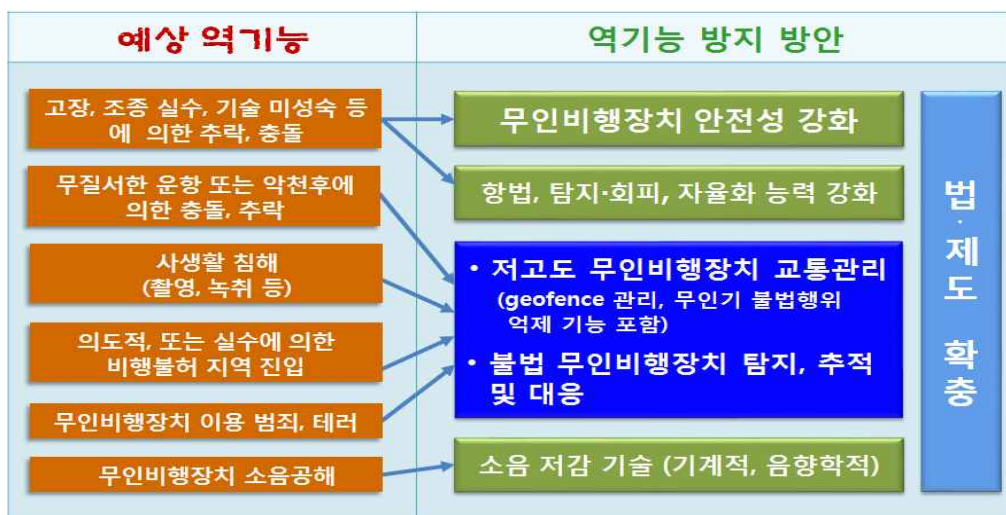


그림 11 무인비행장치 이용 증대에 따른 예상 역기능 및 최소화 방안

1.3 정부지원 필요성

- 불법 무인비행장치로부터 주요시설 및 행사장을 방호하기 위한 업무는 국민과 정부가
의 재산, 인명을 보호하기 위한 것일 뿐만 아니라 무인비행장치 산업의 활성화를 위한
역기능 해소 측면에서도 중요한 업무로 국가의 기본 책무에 해당함
 - 일본도 경시청 내에 수십 명으로 구성된 드론 전문 부대를 설치
 - 중요 시설의 상공 등 비행금지구역에 침입한 드론을 탐지, 식별하고 제거하는 업무
수행

1.4 기술개발 시급성

- 무인비행장치를 이용한 서비스 및 수요에 대한 요구가 급격히 증대되는 추세를 고려
할 때 불법 무인비행장치에 대한 대책이 시급히 마련되어야 걸림돌을 제거할 수 있을
것임
- 최근 들어 저고도 무인비행장치 탐지 시스템 기술과 관련한 특허 및 논문의 급증 추
세로 본 기술 동향 및 중소기업을 중심으로 한 제품의 신규 출현, 미국 FAA의 시스템
평가 시험 등 초기시장 동향으로 판단할 때 세계 시장에 진입하기 위해서는 LOW
C-SWaP을 실현한 시장 경쟁력을 가진 시스템의 조기 개발이 중요

2. 국내외 동향 및 환경분석

- 2.1 국내외 정책동향
- 2.2 국내외 시장현황 및 전망
- 2.3 국외 기술의 수준 및 시장 동향
- 2.4 기술(특허, 논문 등)동향 및 기술수준 분석
- 2.5 유사과제 분석 및 차별성 (NTIS 검색 결과)

2.1 국내외 정책동향

- 불법 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템은 무인비행장치 활성화 정책 및 역기능 방지 대책과 밀접한 관계를 가지므로 이에 대한 국내외의 주요 정책을 분석함

2.1.1 국내 주요 정책

- 대통령 주재 제22차 국가과학기술자문회의에서 관계부처 합동으로 『무인이동체 기술 개발 및 산업성장 전략』 보고 (15.5.29)
 - 다종 또는 다수 무인이동체간 공통으로 적용·활용 가능한 공통기술 (①공통 요소부품, ②SW플랫폼, ③안전운용 인프라, ④역기능 예방)을 개발·확산하여, 기술 경쟁력 강화 및 신규기업의 기술 진입장벽 완화
 - 무인이동체의 운행 허용, 안전성 확보, 역기능 방지 등을 위한 법제도 정비 및 규율 체계 정립 추진
 - 신규 무인이동체 실증테스트·시연, 성능검증이 가능한 시험환경 조성
 - 무인이동체 산업 발전을 위한 범정부 거버넌스 신설, 시장 활성화 및 국민적 관심제고를 위한 정책적 지원 등 범국가적 추진체계 구축
 - 추진과제별 소관부처
 - (미래부) 드론 경쟁력 조기 확보
 - (미래부, 관계부처) 무인이동체 공통기술 개발
 - (국토부) 법·제도 정비 및 확충
 - (국토부, 관계부처) 실증 및 테스트 지원
- 우리나라는 항공법 제 23조, 제 62조 및 시행규칙에서 초경량비행장치 내에 무인비행장치를 포함하여 규정
 - 기체무게 150kg을 기준으로 이를 초과하면 무인항공기, 12 ~ 150kg은 무인비행장치, 12kg 이하(배기량 55cc 이하)는 무인비행물체로 구분하고 무인항공기는 등록 및 비행계획 승인을 의무화하되 무인비행장치는 신고하도록 규정하였고 무인비행물체는 신고 없이 비행 가능
 - 무인비행물체는 비관제 공역 내에서는 허가를 받지 않고 비행할 수 있으나 관제 공역내 비행은 비행계획을 제출 승인받도록 규정
- 드론 산업의 활성화와 안전을 위한 규제의 충돌
 - 항공기와의 충돌 또는 위험 사건의 발생과 각국에서의 테러 위험성 증대는 드론의 규제 완화를 저해하는 주요한 요인으로 작용

2.1.2 해외 주요 선진국 정책

□ 미국

- 미국은 드론 전반에 대한 포괄적 규제와 사전 허가를 엄격하게 규정한 무인비행장치 규정안을 2015년 2월 공시
 - 드론의 운영에 있어, 최대 무게를 55파운드로 제한하고, 고도 500피트이하에서 주간 에 조종자의 시계 내에서 시속 100마일 이내로 비행이 가능하며 다른 비행물체에 방해가 되지 않아야함
- 2015년 12월 21일부터 FAA는 55파운드 이하의 모든 레저용 드론의 등록 제도를 전격 시행
 - 2016년 2월 19까지는 보유한 드론을 등록토록 하였고 서류접수는 물론 간단한 웹기반 등록(www.faa.gov/uas/registration)도 가능. 등록자는 13세 이상의 시민권자와 영주권자로 제한. 등록 내용은 이름, 거주지, 연락처이고 무인비행장치 제조자, 모델, 일련번호는 입력하지 않아도 됨
 - 상업용 드론에 대한 웹기반 등록은 2016년 봄부터 시행
- 한편 중대형 드론의 유인기와 공역 통합을 위한 표준은 RTCA-228을 통해 표준화를 추진 중에 있으며 2016년 말까지 완료할 예정이고, 이와는 별개로 Class-G 공역에서 드론 관리를 위한 표준을 제정하기 위하여 2016년 상반기 중에 RTCA 산하에 표준화 기구를 설치할 계획
 - FAA는 무인비행장치 공역 통합과 관련된 문제점을 파악하기 위한 시험 지역으로 전국에 6곳을 지정
- FAA는 충돌방지에 대한 기본 원칙으로 ‘See-and-Avoid“를 고수하고 있으며, 이 점이 드론의 운용 거리를 제한시키고 보다 고도화된 개발을 저해하는 요인으로 작용
 - “Sense-and-Avoid” 기술이 현재의 제약을 해결할 수 있을 것으로 내다보고 있으며, 경량화한 ADS-B와 레이저 스캐닝 기술이 대안으로 떠오르고 있음
- 2016년 11월 16일 FAA 소식에 따르면 FAA가 덴버 인근에서 드론 검출 시스템을 평가하는 시험을 실시했다고 공지
 - 공항 주변의 비행금지 구역에 진입하는 무인비행장치가 안전을 심각하게 위협할 수 있기 때문에 FAA는 정부 및 협력 기업과의 공조 하에 공항 근처에서 안전하게 무인비행장치를 탐지 기술을 평가
 - 2016년 11월, FAA와 DHS(Department of Homeland Security)는 공항과 주요 시설에서 무인비행장치를 탐지하기 위한 “Pathfinder Program”의 일환으로 덴버국제공항 인근에서 탐지 연구를 수행하였으며 이는 6개 기술 평가 중 한 장소임.

- 참고로 미국에는 무인비행장치 탐지 시스템 시험 장소로 네바다 시험장, 노스다코타시험장, 애틀랜타시 공항, JFK 국제공항, 에글린 공군기지, 헬싱키 공항, 달라스 공항 6곳이 있음
- 이 시험에는 협력기업으로 CACI International, Liteye Systems와 Sensofusion사가 참여하였으며 최종적으로 한 시스템을 선정하여 미국 전역에 배치할 예정
- 2016년 7월 1일, FAA는 Gryphon Sensors, Liteye Systems Inc, Sensofusion 등 3개사와 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템 협력 연구개발 약정서(CRDAs)에 서명
- 협력기관으로 DHS, FAA 외에 국방성, FCC, 국무성, 에너지성, NASA, 법무성, Bureau of Prisons, US Secret Service와 US Capital Police가 참여

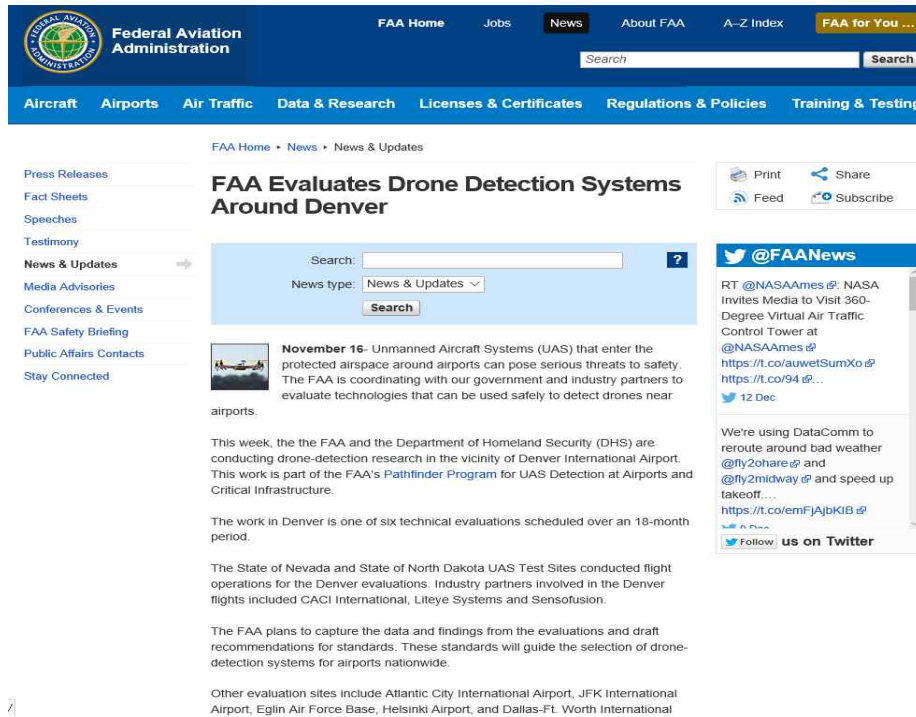


그림 12 FAA의 홈페이지에 게시된 드론 탐지 시스템 평가 계획 소개

□ 유럽

- 2015년 3월 유럽항공안전국 (EASA)은 드론의 운항을 개방, 특정, 인증의 3개 범주로 구분하는 법규를 제안
 - 개방 범주는 항공당국으로부터 승인은 필요 없으나 사람으로부터 근접 고도와 거리를 제한
 - 특정 범주는 계획된 운항에 대해 위험성 검사와 승인 요구
 - 인증의 범주는 유인항공기 수준에 준하는 고도의 위험성 조사를 요하는 운항에 해당
- 또한, EASA는 국가별로 달라 혼선을 야기하고 있는 EU의 규제를 통일하는 과정으로 2015년 12월 18일 앞으로 개발할 드론 법규의 기초가 되고 안전성 보장과 동시에 활용을 촉진하기 위한 “기술적 의견”을 공표하였고, 2016년과 2017년에 새로운 법을 제

정할 계획임

- 기술적 의견에 앞서, 2015년 7월 31일 EASA가 동작개념을 정리한 A-NPA (의무-금지)의 요약
- 의무 사항 : 시계 내 비행 유지, 비금지 지역 선택, 매 비행 전 드론 점검 및 계획 수립, 제조사 지침 숙지, 비행장/헬기장과의 거리 유지, 충돌회피 책임, 유료 작업 허용
- 금지 사항 : 대인 위협 비행 금지, 사람/자산/차량 50m 내 근접 비행 금지, 지상고도 150m 이상 비행 금지, 비행기/헬기 접근비행 금지



그림 13 유럽항공안전국(EASA)의 드론의 동작개념에 기반 한 A-NPA(의무-금지) 사항

□ 영국, 호주, 프랑스, 캐나다

- 영국, 호주, 프랑스, 캐나다는 드론의 상업적 운용에 대해 유사한 형태의 규제를 적용
 - 예를 들어 캐나다를 제외한 3개국은 55파운드 이하 드론의 상업적 운용에 대해서도 운항 전 정부가 제시한 특정 비행운항 인증서류 받도록 규정하고 있음
 - 이 운항 인증 서류에는 비행시간 중 안정성 유지 방법, 원격 조정사의 교육과 면허 등 세부 사항을 요구
 - 캐나다는 55파운드이하에 대해서는 인증서류를 면제해 왔으나 2014년 4월 법을 개정하여 4.4파운드 이하에 대해서만 면제한 바 있고, 호주도 캐나다와 동일한 법규 제정을 검토 중으로 이는 파리 등 최근 급증하는 테러의 영향으로 판단됨
- 영국은 CAA (Civil Aviation Authority)가 150kg이하의 드론 (RPAS)에 대한 규제를 관장하고 있으며 20kg이하는 RPAS, 20kg ~ 150kg은 경량 RPAS로 구분. CAA는 ANO (Air Navigation Order)라는 법제를 통해 관장하고 있으며 현재 ANO 2009를 적용
 - RPAS는 최대 500m까지의 가시 조건 하에서 고도 400ft이하에서 비행 가능하며, 인

- 구밀집지역으로부터 150m, 사람, 선박, 차량 및 구조물로부터 50m 이내 접근을 금지
- RPAS는 감항인증 및 조종자 면허가 필요 없으나, 경량 RPAS에 대해서는 요구됨
- 비교적 규제 수준이 낮은 호주의 경우에도 민항안전청(CASA)은 규제를 미국 수준으로 강화하기 위한 법 개정을 2016년 말까지 완료할 예정임
 - 호주의 현행법으로는 55파운드 이하의 무인비행장치를 상업적으로 이용하는 경우에도 인증이 필요 없음
- 프랑스와 오스트리아는 25kg 미만 드론의 경우 타인의 사진을 공개하는 것을 제외하고는 ‘규제 0’ 정책을 유지

표 1 상업적 무인비행장치 운용에 대한 주요 국가별 법규

법규 항목	호주	캐나다	프랑스	영국	미국 (제안 중)
무게 구분 (파운드)	≤0.2 0.2<, ≤331 >331	<4.4 4.4<, ≤55 >55	<4.4 4.4≤, ≤55 55<, >331 ≥331	≤15 15<, ≤44 44<, ≤331 >331	<55
정부제출 서류	운용자 인증	운용자 인증 4.4이상 승인	승인	민항당국허가	운용자 인증
파일럿 교육 또는 인증	인증	교육	운용자가 파일럿 자격인증	인증	인증
파일럿 자격 검증	매년	신청 시	없음	없음	격년제
감항 인증서	331이하 없음	55이하 없음	55이하 없음	44이하 없음	없음
BLOS 허용	규정 없음	불가	불가	불가	불가
과밀 또는 도심 지역 제한	실패 시 대피 고도 확보	5.75마일 이격	특별 허가 필요	제한, 사안별 검토 가능	운용자 외 사람 상공 불가
고도 제한	400ft	300ft (55이하)	494ft	400ft	500ft

□ 일본

- 일본은 1980년대부터 비료와 농약 살포를 위해 드론을 농업에 사용할 수 있도록 허가한 최초의 국가이며, 최근 일본정부는 드론의 확산에 따른 안전문제를 보장하기 위한 기본 규칙을 담은 개정 항공법을 ‘15년 9월 4일 발표
 - 경량 장남감은 규제 대상에서 제외하고, 무인 항공물체 중 원격 조종 또는 자율 조종을 통해 비행할 수 있는 물체를 규제 대상으로 설정
 - 공항 주변과 인구 밀도가 4000명/km²을 초과하는 주택밀집지역은 비행금지구역으로 지정하되, 예외적으로 안전성을 확보하고 당국의 허가를 받은 경우에는 비행 가능
 - 야간 비행은 허용되지 않고, 주간인 경우에도 육안으로 무인비행장치 확인이 가능한 시계 내 비행만을 허용하며, 행사나 전시회 등 사람이 모이는 장소에서의 비행과 폭발물 운송은 금지



그림 14 일본의 무인비행장치 규제 개념도

- 일본은 경시청 내 기동대에 수십 명 단위의 드론 전문 부대를 설치하여 중요 시설의 상공 등 비행금지구역에 침입한 드론이 발견됐을 때 유인 헬기가 긴급 출동하여 드론이 비행중지 요구에 불응하고 비행을 계속할 경우 직사각형 모양의 그물로 프로펠러를 덮어 조종 불능 상태로 만드는 계획을 수립함. 이 과정에서 가장 중요한 장치는 저고도 무인비행장치 탐지 시스템임.

2.2 국내외 시장현황 및 전망

□ 국외 무인비행장치 시장 규모 및 전망

- 무인비행장치는 전체 항공시장의 성장을 주도하는 가운데 시장규모가 '15년 연간 64억달러에서 '24년 115억 달러로 증가할 전망 (출처: Teal Group, '14)
 - 연평균 6.1% 성장하여, 향후 10년간 총 100조원 (910억달러)의 규모의 시장이 될 것으로 전망
- 2010년 기준 미국의 무인비행장치는 전체 군용기의 41%를 차지하기에 이르렀는데, 2005년에는 이 비율이 5%였으며 단지 5년 만에 미군은 7,494 기의 무인비행장치를 보유함 (군용 유인기수는 10,767 기)

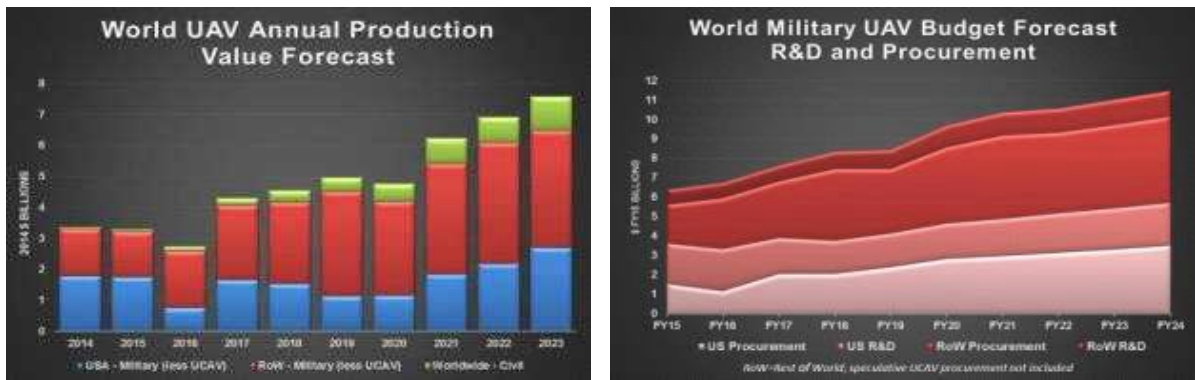


그림 15 전세계 무인비행장치 시장 동향 전망 (출처 : Teal Group '14)

- 전 세계 무인항공기 시장의 성장률은 매년 6%로 최근 32개국에서 약 250여종의 무인항공기를 개발, 생산하고 있으며 약 41개국에서 80여종의 무인항공기를 운용 중
- 최근 무인비행장치 시장은 미국에 의해 주도되고 있으나 유럽 국가들과 이스라엘 등의 선진 국가들이 개발 경쟁에 본격 가세하고 있고 향후 아시아-태평양 지역 시장의 성장률이 크게 높아질 것으로 예상됨
- 무인비행장치 기술 성숙에 따른 활용도가 증가되고, 적용분야 또한 다양해지며, 개인 소비자의 관심증가에 따라 드론의 판매가 급속히 증가될 것으로 전망 (출처 : 미국 CEA, '14년 25만대 → '18년 100만대)
- 美 FAA는 '20년까지 미국에서 1만대 이상의 상업용 무인비행장치가 운용될 것으로 전망, 민간분야 활용폭도 급속 증가 추세
- 구글, 페이스북 등의 IT 기업부터 초 무인비행장치를 이용하여 틈새시장을 노리는 스타트업 기업까지 무인비행장치 시장에 뛰어들어 경쟁 가속
- 초기 무인비행장치는 군용으로 주로 활용이 되었으나, 민간 분야 수요(교통, 물류, 구

조, 통신, 농업 등) 증가에 따라 활용 분야 다양 추세

- 국제무인시스템협회(AUVSI)에 따르면 무인비행장치 활용 분야는 국경 보안, 항공 방제, 농업, 항공 촬영, 통신, 탐색 및 구조, 송유관 감시 등 30개 분야로 분류

□ 국내 무인비행장치 시장 규모 및 전망

- 국내 무인비행장치 시장은 '14년까지 2~3천만불 사이로 유지되다 '15년을 기준으로 급속히 성장하여 '20년 이후에는 5억불 이상의 시장을 형성할 것으로 예상함 (출처 : 항우연, '14년 자료)
 - 군사용 위주 (90% 이상)의 시장이 민간 영역 (택배·농업·재난관리 등)으로 확산될 것으로 기대되면서 시장규모 확대 전망
 - '22년까지 약 1,000여대의 수요 예상
 - 현재 무인비행장치 운용은 76개국 162종이며, 그중 한국은 28종으로 시장의 2%를 점유 중



그림 16 국내 무인비행장치 시장 규모 예측 (출처 : 무인항공기 (Drone) 기술동향과 산업전망, KEIT보고서, 2015)

- 민수용 무인비행장치로는 유콘시스템, 성우엔지니어링, 원신스카이텍 등에서 개발 중인 농업용(농약살포) 및 항공촬영용 등이 있으며, 농업용 무인 헬기는 2015년 현재 323대 판매, 운용 중
- 국내에서는 이미 촬영용 무인비행장치시장이 상당히 활성화 되어 있는데, 이들 무인비행장치는 수동으로 조작하는 방식으로 운용됨. 이외 재난감시용으로 지자체를 중심으로 무인비행장치 수요가 형성되고 있음 (출처 : 인사이트코리아, '14년)
- 국내 무인비행장치 시장규모는 '14년 100억원 수준에서 '22년까지 연간 5억불, 연평균 22% 성장이 전망됨 (출처 : Teal Group, World UAV Forecast)

□ 저고도 소형 무인기 탐지 및 식별 시스템 시장규모 추정

- 국방용 레이더 시스템 시장은 2015년 82억불 규모에서 2020년 96억불 규모로 매년 약 3.2%씩 성장할 전망 (출처: Radar Systems and Technology: Global Markets, BCC Research, 2015)
 - 국방용 레이더는 감시, 관제, 사격통제, 식별 및 추적, 이미징(SAR 등) 등 다양한 용도로 사용
 - 현재 S 대역 레이더 시장규모가 가장 크나, X 대역 이상 레이더의 시장 성장률이 6%로 가장 높을 전망이며, S 및 L 대역 레이더의 시장 성장률은 3%대를 유지할 전망
 - 설치 장소에 따라 지상, 해상(선박), 위성 또는 항공기에 설치하는 레이더로 분류 가능

표 2 주파수 대역별 국방용 레이더 시장 현황 (단위:백만불)

주파수 대역	2013년	2014년	2015년	2020년	연평균성장률 (2015~2020)
X 대역 이상	1,287	1,246	1,298	1,741	6.0%
C 대역	1,716	1,621	1,580	1,577	0.0%
S 대역	4,506	4,857	5,029	5,926	3.3%
L 대역 이하	231	209	272	330	3.9%
계	7,740	7,933	8,179	9,574	3.2%

- 국방용 광학 센서 시장은 2015년 19억불 규모에서 2020년 30억불 규모로, 매년 약 9.8%씩 성장할 전망 (출처: Global Optical Sensor Market, Infiniti Research, 2016)
 - 군용 광학 센서는 목표물의 움직임 탐지, 식별하여 적의 의도를 파악하는데 사용
 - 연기, 안개, 먼지, 연막 등을 관통하여 적을 식별하고 의도를 탐지할 수 있음

표 3 국방용 광학 센서 시장 현황 (단위:백만불)

2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
1,860	2,030	2,220	2,440	2,680	2,970

- 저고도 소형 무인기 탐지 및 식별 시스템 시장은 현재까지는 정확한 통계자료가 발표된 바 없으나, 2020년 전세계 시장 12.5억불, 국내 시장 286억원 규모로 추정됨
 - 본 시스템이 저고도 무인기 탐지를 위한 소형 이동 레이더와 표적을 식별하기 위한 광학 카메라 중심의 다중 센서로 이루어져 있음을 감안하여, 국방용 레이더 시장 및 국방용 광학 시장의 10%를 각각 차지하는 것으로 가정

표 4 저고도 소형 무인기 탐지 및 식별 시스템 시장 전망

구분		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	
전세계 시장	레이더	국방용 (백만불)	8711	8990	9277	9574	9880
		저고도 무인항공기 감시용 (백만불) ¹⁾	871	899	928	957	988
	광학 센서	국방용 (백만불)	2220	2440	2680	2970	3261
		저고도 무인항공기 감시용 (백만불) ¹⁾	222	244	268	297	326
	저고도 무인항공기 탐지 및 식별 (백만불) ²⁾		1093	1143	1196	1254	1314
국내 시장	저고도 무인항공기 탐지 및 식별 (억원) ³⁾		249	261	273	286	300

- 1) 개발대상 시스템은 고고도, 중고도, 저고도 중 저고도를 대상으로 하고 있는 점, 지상, 항공, 해상설치 시스템 중 지상에 설치하는 시스템인 점 등을 고려하여, 레이더 및 광학센서 시장의 10%를 산정
- 2) 저고도 무인항공기 감시용 레이더, 저고도 무인항공기 감시용 광학센서 시장의 합
- 3) 전세계 대비 국내의 항공 여객수 비율인 1.9%를 적용(2015년 기준, 항공 여객수 3,440,862,893명 중 우리나라는 65,482,307명으로 1.9%를 차지, 자료: ICAO)하며, 환율은 1200원/\$를 적용

2.3 국외 기술의 수준 및 시장 동향

2.3.1 국외 기술 동향 및 수준

- 미국의 무인비행장치 통신 및 충돌방지 표준을 제정하는 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics) 228에서는 Phase Two(2017. 1. ~ 2020. 12.)의 목표로 Class D, E, G 공역에서 운항하는 무인비행장치에 대한 “지상기반 비협력적 레이더”의 최소 운용성능 규격(MOPS: Minimum Operational Performance Specification) 제정을 설정함
- 우리나라에도 잘 알려진 이스라엘 RADA 사는 기존 군용 저고도레이더의 탐지거리를 줄이고 LOW C-SWaP(Cost, Size, Weight, and Power)을 실현한 초단거리 대공 방어 솔루션으로 RPS-42를 개발하여 국경 감시용으로도 적합하다고 소개
- 우리나라에도 도입 운용 중에 있는 영국 Blighter 사의 AUDES(Anti-UAV Defence System)은 레이더, EO/IR 비디오 추적기와 지향성 RF 억압기 등 3개사 3종의 장비가 결합된 무인비행장치 탐색, 추적, 인식 및 제거를 할 수 있는 칩입감시 시스템으로 PESA(Passive Electronically Scanned Array) 방식을 채택하여 LOW C-SWaP을 실현한 것으로 보이거나 0.01m²의 DJI 팬텀급 레이더의 탐지거리가 2.4 km 정도로 단거리라는 문제점이 있음.
- 이 외에도 무인비행장치 탐지를 위한 주요 시스템으로 스페인 ART(Advanced Radar Technology)사의 Drone Sentinel, Thales Netherlands사의 Squire, 미국 SpotterRF Radar 사와 Black Sage Technology 사가 합작한 A2000 시스템, 미국 Harrier 사의 DSR-200d, 미국 Gryphon Sensors사의 R1400 등 많은 시스템들이 출시되고 있으나 소규모 벤처 기업들이 대부분으로 시스템 변경, 유지, 보수 등의 문제로 채택이 쉽지 않은 실정임.

표 5 주요 저고도 무인비행장치 탐지 및 식별 시스템의 비교

항목	단위	Blight A400	Thales Squire	SHARPEYE	RADARPS-42 pMHR	
방식		FMCW	FMCW	Pulse doppler	Pulse doppler	
주파수		Ku band	I/J band	9.35GHz	S band	
탐지 거리	거리	km	24	10km (A400 2배)	A400 동급	30km
	목표물		MAV	Person		UAVs
거리 분해능	m	10	5		50	
방위각 분해능	도	5	8 km			
최대 RF 전력	W	4W		<80W	350W avg	
레이더 패널 무게	kg	27	18	전체 20kg	20	
레이더 패널 크기	cm	67(W)x51(H)x13(D)	65Wx47Hx24D	59Dia x 26 (H)	67Dia x 16.5 (H)	
안테나 크기	cm			2.5m (0이득 31dB)		
온도 범위	°C	-32~+60			-40°C to +55°C	
안테나 빔폭	도			4도, 25도 (E)		
안테나 형태		PESA	기계적 회전	AESA	AESA	

1) MAV : Micro Air Vehicle, I/J band : 8-12GHz

2) A400 Target 성능 : MAV(2.4km), Mini UAV(3.6km), Person(4.6km)

3) Thales Squire는 시험용 Mini-UAV를 제공하는 것으로 되어있음 (quad-copter, hexa-copter, octo-copter).

2.3.2 국외 기술 동향 및 수준

□ 유럽

- 스페인 ART(Advanced Radar Technology)사의 Drone Sentinel¹⁾
 - 무인비행장치에 대한 국경감시, CIP(Critical Infrastructure Protection) 안전, 공공질서 유지 서비스를 위한 “ART Drone Sentinel”은 매우 작은 RCS를 갖는 무인비행장치의 검출과 추적에 특화된 시스템으로 레이더가 표적을 검출하고 경보와 추적을 개시하면 주야간 작동하는 광학 플랫폼이 분석을 수행
 - 하나의 마스트에 레이더와 주야간 광학 장치를 설치 회전하는 시스템으로 상용 제품 중 가장 빠른 업데이트 속도인 1Hz를 나타냄
 - 마이크로 쿼드콥터, 고정익기 탐지가 가능하며 RCS 0.0005m²의 표적을 2 km 거리까지 탐지
 - 레이더의 주요 성능

1) ADVANCED RADAR TECHNOLOGIES S.A.
General Pardiñas 91, 1ºD
28006 Madrid, Spain
+34 918318674
info@advancedradartechnologies.com

표 6 레이더의 주요 성능

항목	규격 및 성능	비고
형식	광대역 코히어런트 도플러 CWLFM	
주파수 대역	Ku	
송신 출력	2W	인체 노출에 안전
대역폭	1GHz	
계기 검출 거리	5, 7, 10 km	
수평 커버리지	360°	
스캔 속도	60 rpm	
대상 표적 형태	낮은 RCS를 갖는 비행체	마이크로드론, UAVs, 패러글라이드
	지상 표적	정지 또는 이동하는 사람, 차량
최소 표적 크기	0.005 m ²	
검출거리 검출 거리	2 km(마이크로드론)	
	4 km(드론)	
	계기 검출 거리(항공기)	
프로세싱	코히어런트 적분-도플러 처리 주파수 agility 지식 기반 테이더 신호 처리 적응형 클러터 맵 TBD(Track-before-detect)	

표 7 광전자부의 성능

항목	규격 및 성능	비고
컬러 카메라	CMOS 3.2 Mpixel, 30배줌	
	CCD 8 Mpixel, 10배줌	100 ~ 1000 mm
온도 센서	비냉각식 Micro-bolometer	
온도 카메라 렌즈	고정식 100mm	
	Double Field of View 60/180 mm	
	연속적인 28/225 mm 줌	
Pan & Tilt	수평:360°(연속)	
	고도: +20 ~ -30°	
	최대 속도: 초당 60°	



그림 17 스페인 ART사의 Drone Sentinel

○ 영국 Blighter사의 AUDS

- Blighter사의 AUDS(Anti-UAV Defence System)은 원격에서 UAV를 검출, 추적, 분석하고 UAV의 비행을 중지시킬 수 있는 시스템
- ADUS는 Blighter A400 Series Air Security Radar, Chess Dynamics사의 Hawkeye DS(Development System)과 EO Video Tracker, Enterprise Control System사의 Directional RF Inhibitor 등 3개사 3종의 장비가 결합된 시스템

표 8 Blighter A400 Series Air Security Radar의 주요 규격 및 성능

항목	규격 및 성능	비고
탐지 거리	10 km	
최소 표적 크기	0.01 m ²	
주파수 대역	ku 대역	
레이더 형태	E-scan FMCW 도플러 탐지 레이더	
출력 전력	4 Watt	
수평 커버리지	180°(표준) 또는 360°(Optional)	
고도 커버리지	10°(-10S안테나) 또는 20°(W20S안테나)	
고도각 조정	BRTS(Optional) 사용할 경우 -40°~+30°	BRTS(Blighter Radar Tilting System)

표 9 Hawkeye DS와 EO Video Tracker의 주요 규격 및 성능

항목		규격 및 성능	비고
Viper Dynamic Positioner	수평	연속	
	수직	-50° ~ +60°	
	최대 속도	초당 60°	
HR 카메라	형식	컬러 HD 2.3 MP	Piranha 46
	광학 줌	30배	
	디지털 줌	12배	
	초점	자동	
열상 카메라	형식	Gen3 Cooled	
	분해능	640 x 512 pixel	
	파장	3 ~ 5 μm	
	줌	24° ~ 1.8° FOV	
EO 비디오 추적기		Vision4ce 디지털 비디오 추적검출기	

- Directional RF Inhibitor의 규격과 성능: 고이득 4개 배역 안테나, GNSS 주파수, 소프트웨어 설정 지능형 RF 억제, 출력 파형은 사용자 선택 가능



그림 18 영국 Blighter사의 AUDES 시스템

○ Thales Netherlands¹⁾사의 Squire

- Squire는 타사와 마찬가지로 국경, 해안 및 지역의 비행하는 무인비행장치 감시용으로 특히 최첨단 GPU(Graphic Processing Unit)와 표적 분석 기능을 강조하고 있다.
- Squire의 주요 규격 및 성능

1) Thales Nederland B.V.
P.O. Box 42 7550 GD, HENGELO THE NETHERLANDS
Phone : +31 74 248 44 88
E-mail : info@nl.thalesgroup.com

표 10 Squire의 주요 규격 및 성능

항목	Original Squire	Upgraded Squire	비고
탐지 거리(UVAVs)	-	6 km(고정익) 5 km(회전익)	
검출거리(사람-차량-탱크)	10-15-24 km	13-22-33 km	
스캔 속도	7°/s, 14°/s	7°/s, 14°/s, 28°/s	
분석 모드	표준	개량	
2인 이동 구성 무게	20 kg + 25 kg	20 kg + 23 kg	
24시간 운용 배터리 수	3개	2개	
상황인지를 위한 파노라마 IR	-	지원	
TWS(Track While Scan)	옵션	표준	
고해상도 클러터	-	지원	
스캔 당 클러터 업데이트	-	지원	
맵 서버 지원	-	지원	
원격 상태 모니터링	-	지원	
최소 탐지 거리	100 m	15 m	
최고 표적 속도	300 km/h	360 km/h	



그림 19 Thales Netherlands 사의 Squire

□ 미국

○ 미국 SpotterRF¹⁾ Radar와 Black Sage Technology사의 A2000

- SpotterRF Radar사의 레이더와 Black Sage Technology 사의 영상 시스템을 통합한 무인비행장치 감시시스템

1) SpotterRF
720 Timpanogos Parkway, Orem, UT 84097
Tel: +1-801-742-5849
E-mail: sales@spotterrf.com

- 주요 특성으로 카메라 자동 추적, 전천후 추적, 스마트폰, 태블릿과의 연동. 매초 렌즈 좌표 출력, 움직이는 부분이 없다는 점을 제시함
- 항목이 제한적이나 제시한 규격은 초 무인비행장치(DJI quadcopter) 탐지 거리: 1km, FoV(Field of View) 45°, 무게 5 파운드, 크기 9.8" x 15" x 2.6", 소모전력 30Watts 이며 이는 레이더 한 패널에 대한 규격임.



그림 20 SpotterRF사의 A2000 시스템

○ 미국 Harrier사의 DSR-200d Drone Surveillance Radar

- DSR-200d는 UAV에 대해 검출, 추적, 식별 및 침입 경보를 행하는 시스템으로 공항, 발전소, 산업단지, 스타디움, 공공 행사 등의 안전을 위해 사용
- 200 Watt 반도체 S 또는 X 대역 도플러 레이더로 주파수 다이버시티 처리와 협력적 무인비행장치 탐지를 위한 2차 감시 트랜스폰더 수신기(Mode-C와 ADS-B)로 구성됨. DeTect의 지능형 레이더 기술을 적용하여 새때를 자동으로 제거할 수 있음
- 360° 전방위를 커버하며 드론은 4.8 km, 최대 탐지거리는 16 km 이상이며 경보 영역의 반경을 설정할 수 있고, EO/IR 카메라, 음파탐지기와 연동한 표적 식별(Quadcopter, Copter, RCI 비행기 등) 기능이 있다.



그림 21 Harrier 사의 DSR-200

- 미국 CASI사의 SkyTracker
 - 미국 CASI사는 SkyTracker시스템으로 FAA의 “Pathfinder Program”에 참여하고 있으나 구체적인 사양은 확인하기 어려운 상태임.
- 미국 Liteye Systems의 LITEYE
 - 미국 Liteye Systems는 LITEYE라는 이름의 제품으로 FAA의 “Pathfinder Program”에 참여하고 있으며, LITEYE는 영국 Blighter 감시레이더와 동일한 제품인 것으로 추정
- 미국 Sensofusion사의 AIRFENCE
 - 미국 Sensofusion사는 AIRFENCE라는 제품으로 FAA의 “Pathfinder Program”에 참여하고 있으며, 자사가 소개하는 제품의 주요 특성은 다음과 같음
 - SDR(Software Defined Radios) 기술을 적용한 드론 검출
 - 실시간 조기 위험 경보 기능 설정 가능
 - 추가 장비 설치로 삼각 위치 설정 기법 적용 가능
 - 무인기 검출 시 운용자에게 휴대폰 알림 가능
 - 단일 AIRDEFENCE 유닛으로 최대 10 km 까지 무인기 탐색
 - 유닛을 추가함으로써 수평 커버리지 증대 가능
 - 완전 자동 또는 수동으로 운용 가능
 - 새로운 위협에 대처하기 위한 온에어 실시간 소프트웨어 업그레이드 가능

□ 이스라엘

○ 이스라엘 RADA¹⁾ 사의 RPS-42

- 우리나라에도 잘 알려진 이스라엘 RADA 사의 RPS-42는 기존의 군용 저고도 레이더에 비해 탐지 거리를 줄이고 낮은 C-SWAP을 추구한 제품으로 전략 대공탐지 레이더 시스템으로 분류하면서 VSHORAD(Very Short-Range Air Defence) 솔루션으로 소개하고 있음.
- RPS-42는 RADA사의 MHR(Multi-Mission Hemispheric Radar) 계열로 군사용 외에도 국경 감시에 적합하다고 소개하고 있음
- 주요 특성
 - 펄스도플러, SDR(Software-Defined Radars)
 - AESA(Active Electronically Scanned Array) 안테나
 - 고 양각 커버리지
 - 비회전 반도체 레이더
 - 빔성형, 수신, 펄스 압축의 디지털화
 - 전략 응용을 위한 화 및 이동성
 - 고신뢰성
 - 우수한 성능대 가격비
- RPS-42는 수평각 90° 를 담당하는 4개의 동일한 레이더러 구성되어 서로 교체가 가능하도록 되어 있고 다음과 같은 기능이 있음.
 - 스캐닝 모드의 실시간 제어
 - 스캐닝을 하는 동안 특정 표적에 대한 스포트라이트 조사 기능
 - 근법 운용 제어 및 원격 제어 기능
 - 수백 개 동시 추적 기능
- RPS-42의 주요 성능

1) RADA Electronic Industries LTD.
7 Blvd Israel G.,8606 Box. O.P, 4250407, Netanya, Israel
Tel: +972-9-892-1111
Fax: +972-9-885-5885
E-mail: mrkt@rada.com

표 11 RPS-42의 주요 성능

항목	규격 및 성능	비고
검출 표적	전투기, 헬기, 무인비행장치, 수송기	
공역 커버리지	-10° ~ + 70° 고도각, 360° 수평각	
탐지거리	150m ~ 30 km	
탐지고도	9 m ~ 9 km	
탐지속도	9 km/h ~ 1,481 km/h	
각 분해능	0.5°	
속도 분해능	1m/s(시속 3.6km)	
거리 분해능	50 m	

- MHR의 주요 규격

표 12 MHR의 주요 규격

항목	규격 및 성능	비고
주파수 대역	S 대역	
안테나	AESA(Active Electronically Scanned Array)	
패널 크기	직경 504 mm, 깊이 206 mm	
무게	패널 당 23 kg, 4개 레이더 패널 시스템 105kg	
동작 온도	-40°C ~ +55°C	
동작 풍속	56 km/h	
동작 전압	통칭 28V (16V ~ 32V)	
전력 소모	패널 당 320W(소프트웨어 제어)	
냉각	강제 냉각 방식 없음	
송신 전력	패널 당 60W	
인터페이스	기가 비트 이더넷	



그림 22 이스라엘 RADA 사의 RPS-42

○ 이스라엘 항공우주 산업(IAI) 레이더(ELM-2180M)

- IAI 산하 엘타(ELTA)사에서 개발한 ELM-2180M은 약 4.5km 거리에 있는, 중국 제조업체 DJI(다장)의 팬텀 2 같은 작은 사이즈의 무인기까지 탐지 가능



그림 23 이스라엘 IAI의 무인기 탐지 레이더 ELM-2180M

□ 국내

○ 국내 개발 중거리급 레이더 LIG FPS-303K

- 2007년부터 300억여 원이 투입되어 개발된 저고도 중거리급의 저속 항적 감시용 3차원 탐색 레이더임
- 최신 능동위상배열 레이더 기법으로 거리·방위·고도·기상 상태까지도 고려해 3차원 디지털 방식으로 탐색 능력을 향상시킴
- LIG FPS-303K 주요 규격
 - RCS 0.03m² 기준 최대 탐지 거리 15km
 - 무인비행장치 속도 15 m/s 이상 탐지 가능
 - 레이더는 시속 40km/h로 이동하는 차량에 장착해서도 무리없이 운용
 - 동시 추적 가능한 표적의 개수 1000개
 - 2초에 1번씩 360도 스캔



그림 24 LIG넥스원 저고도 레이더(좌)와 FPS-303K 레이더(우)

□ 기타 무인기 탐지 연구 현황

- 미군사연구소(U.S. Army Research Lab)에서는 2014년 마이크로 도플러 레이더를 사용하여 소형 UAV 헬리콥터에 대한 탐지 연구를 수행
- 체코 국방대학교에서는 2015년 레이더를 이용한 소형 무인기 탐지 가능성을 확인하기 위하여 레이더 주파수의 스펙트럼을 통한 탐지 연구를 수행함

2.4 기술(특허, 논문 등)동향 및 기술수준 분석

2.4.1 특허동향

□ 특허 출원 조사 관점 및 유효특허 선별 결과

- 본 특허 분석은 미래부의 연구운영비지원사업의 일환으로 “공공 및 산업용 드론 ICT 기술”에 대한 특허기술동향조사를 한국지식재산전략원에 의뢰하여 수행한 요약 결과를 발췌한 것임
- 조사 관점
 - 본 분석에서는 공공 및 산업용 드론 ICT 기술에서 비행제어기술, 항법기술, 유도기술, 통신기술, 하드웨어기술, 드론통제기술 및 표적탐지감시기술에 대하여 조사하였으며, 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국의 공개특허 및 등록특허를 분석 대상으로 함
- 유효 특허 추출 결과
 - 선정 기준

표 13 유효특허 선정기준

기술분류			유효특허 선정 기준	노이즈 대상 기술
대분류	중분류	소분류		
공공 및 산업용 드론 ICT 기술 [A]	표적 탐지 감시 기술 [AG]	저고도 비행체 탐지 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 비협력적/협력적 소형 저고도 비행물체를 탐지하는 레이더 또는 영상 또는 음성 시스템 - 레이더의 기술 구성 요소로서 시스템, 안테나, 빔성형, 송신, 수신, 펄스 압축 및 복원, 도플러 신호처리, 검출, 클러더 제거, 추적, 식별, 분석, 지시 기술 - 영상 신호처리의 기술 구성 요소로 EO/IR 카메라, 영상신호 처리, 표적 검출, 자동 줌밍, 표적 식별, 표적 추적 기술 - 음성 시스템의 기술 구성 요소로 마이크로폰 어레이, 음성신호 처리, 음성 데이터 검색, 음성 패턴 인식, 표적 식별, 표적 추적 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 지상통제소간 영상처리 통신 시스템 - 미사일 감지/감별 시스템 - 위성을 이용한 비행체 탐지/감지 시스템 - 레이더 방위각 조절 장치

		무인기 탐재 센싱 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 소형 무인기의 안전 운항을 위해 무인기에서 비협력적/협력적 비행물체를 탐지 또는 감시하는 무인기 탐재 레이더 또는 영상 시스템 - 무인기에 탐재되는 레이더 기술 구성 요소로서 시스템, 안테나, 빔성형, 송신, 수신, 펄스 압축 및 복원, 도플러 신호처리, 검출, 클러더 제거, 좌표변환, 추적, 식별, 분석 - 영상 신호처리의 기술 구성 요소로 EO/IR 카메라, 영상신호 처리, 좌표 변환, 표적 검출, 표적 식별, 표적 추적 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 필터를 이용한 영상처리 시스템 - 위성감지 항법 시스템 - 무인비행체를 이용한 방송용 영상 촬영장치 - 미사일 감지/감별 시스템
--	--	--------------	--	--

- 선정 결과

표 14 유효특허 선정결과

기술 분류		검색 건수						
중분류	소분류	KIPO	USPTO	JPO	EPO	SIPO	PCT	합계
표적 탐지 감시 기술 [AG]	저고도 비행체 탐지	28	43	14	9	38	12	144
	무인기 탐재 센싱							

□ 특허 출원 현황 분석

○ 세부 기술 구간별 점유 증가율 현황

- 표적탐지감시기술[AG]은 1구간(1995년~1999년) 및 4구간(2010년~2014년)에 걸쳐 꾸준히 출원이 증가하고 있는 것으로 파악됨
- 1구간(1995년~1999년) 및 2구간(2000년~2004년)에서 표적탐지감시기술[AG]의 비율은 감소한 것으로 파악됨
- 3구간(2005년~2009년)에서 표적탐지감시기술[AG]의 비율이 급격히 증가하고 있는 것으로 나타남
- 이는, 저고도 무인비행체 탐지 분야에 대한 관심이 높아진 것이 원인으로 판단됨

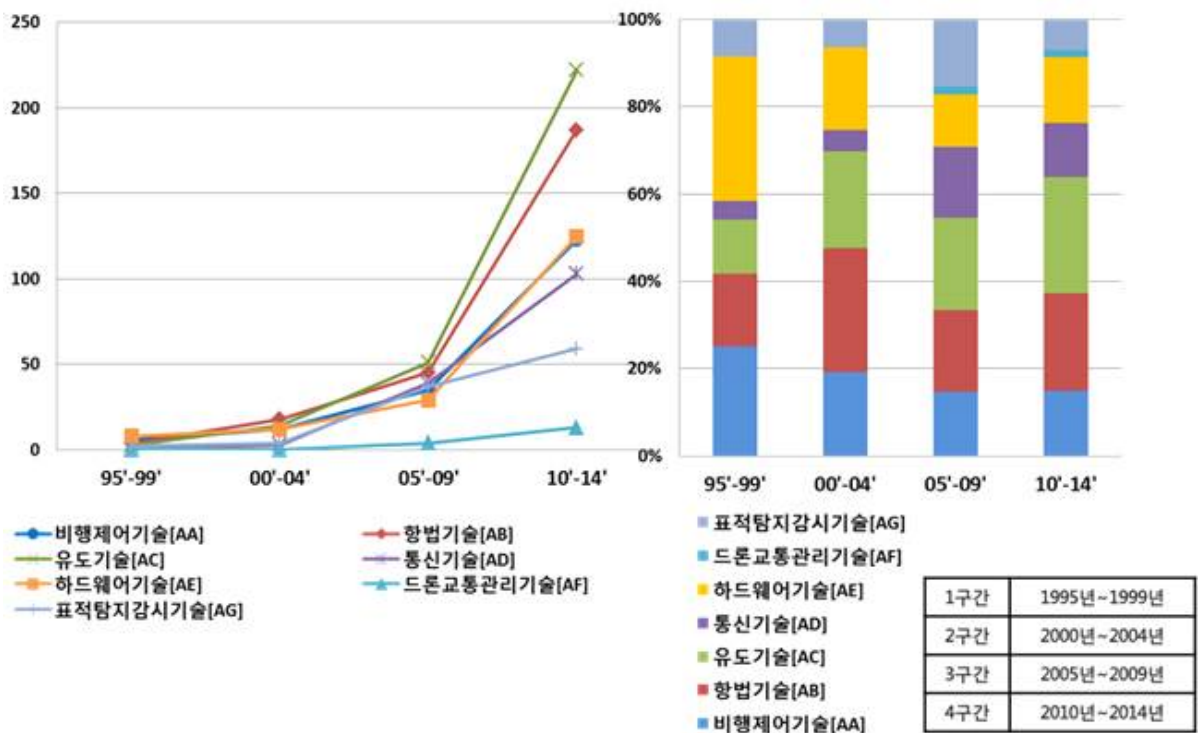


그림 25 세부 기술 구간별 점유 증가율 현황

○ 시장별 세부기술 증가율 현황

- 표적탐지감시기술[AG]는 미국 및 중국에서 출원이 활발하게 진행되었으며 미국, 중국, 한국, 일본, 유럽 순으로 기술시장 규모가 큰 것으로 나타남
- 일본시장에서 표적탐지 감시기술[AG]의 출원 건수가 적어, 관련기술 연구가 활발하지 않은 것으로 파악됨
- 유럽시장에서 프랑스의Thales가 미국시장 위주의 출원 전략을 펼치고 있어, 출원 건수가 적은 것으로 나타남

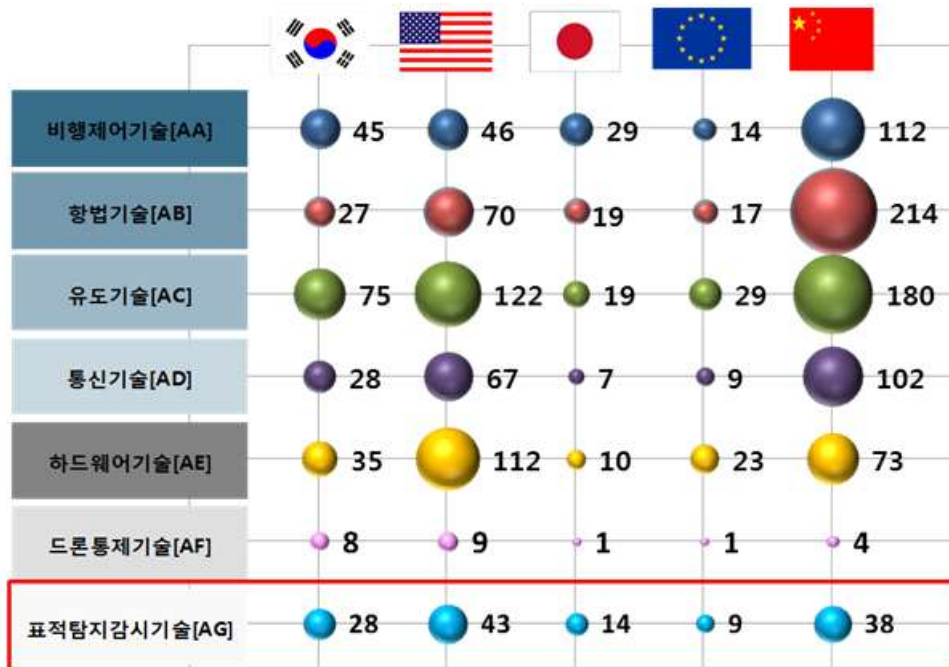


그림 26 시장별 세부기술 점유율 현황

○ 다출원인 현황

- 표적탐지감시기술[AG]은 프랑스의 Thales가 최다 출원인으로 파악되며, 미국, 유럽을 중심으로 관련 특허를 출원 중인 것으로 파악됨
- 프랑스의 Thales는 유럽의 출원이지만 미국에 더 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타나, 해외 위주의 출원 활동을 보이고 있는 것으로 파악됨
- 프랑스의 Thales를 제외한 주요 출원인이 자국을 중심으로 특허를 출원 중인 것으로 파악됨
- 프랑스의 Thales가 8건으로 상위출원인 1위로 나타나며, 다양한 국적의 출원인들이 2,3건의 적은 출원 수를 나타냄
- Thales, Raytheon, Plextek 등 저고도 레이더 기술과 관련하여 다수의 군수업체들이 상위 출원인으로 파악됨

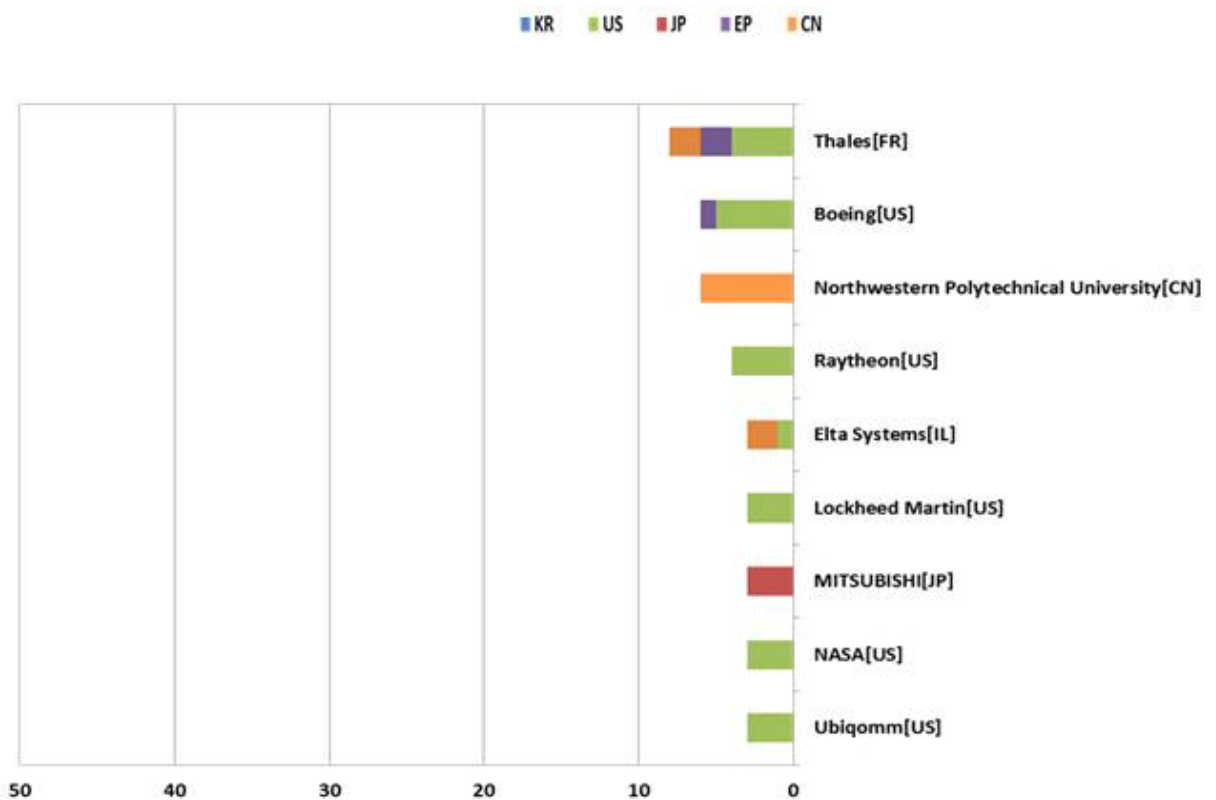


그림 27 주요 출원인 현황

○ IP 부상도 분석

- 출원 증가율 분석

- 이전구간 건수 : 34, 최근 구간 건수 : 57, 출원 증가율 : 68%
- 이전구간 대비 최근구간을 통한 출원증가율을 살펴보면, 표적탐지감시기술(AG) 분야를 제외한 모든 세부 기술 분야에서 100% 이상의 출원 증가율을 보이고 있어, 출원 증가율이 폭발적으로 증가하고 있는 것으로 파악됨 참고로, 이전구간은 2005년~2009년이고, 최근구간은 2010년~2014년으로 5년 단위로 구분함

- 최근 구간 점유율 분석

- 전체구간 건수 : 139, 최근 구간 건수 : 57, 점유율 : 12%

- 특허 시장확보력 분석

- 해당국의 내외국인 출원점유율 변화를 살펴봄으로써, 최근구간에 외국인 출원점유율 변화를 통해 시장확보력과 연구개발과제의 시장매력도를 살펴 볼 수 있음
- 공공 및 산업용 드론 ICT 기술의 모든 세부기술 분야에서 외국인의 출원에 비해 내국인에 의한 출원 비중이 높은 것으로 나타나고 있어, 공공 및 산업용 드론 ICT 기술은 내국인의 기술에 대한 관심도가 높은 분야인 것으로 판단됨

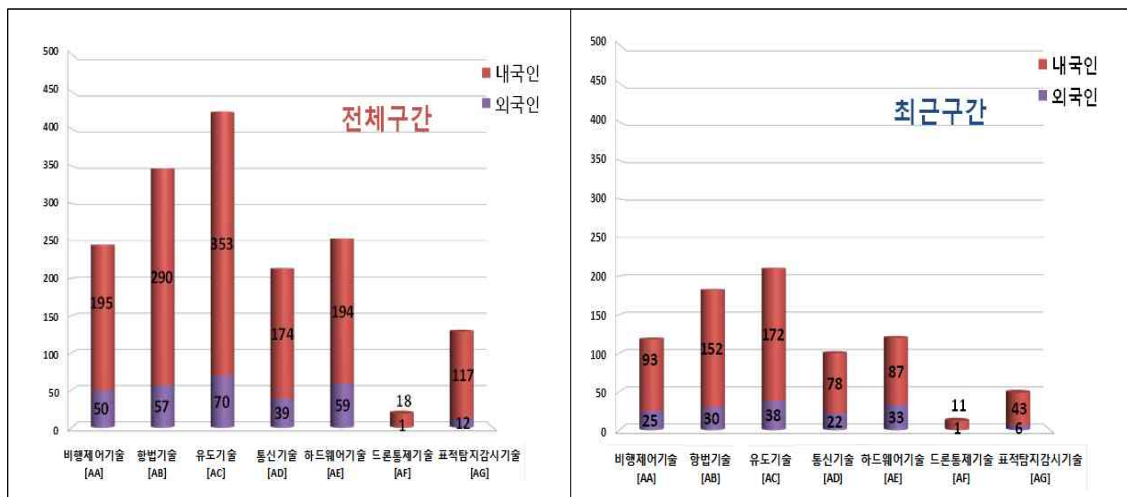


그림 28 전체 구간별 내국인 및 외국인 비율(좌)과 최근 구간별 내국인 및 외국인 비율

- 주요시장국의 특허시장 확보력은, 미국 및 유럽시장에서 외국인의 출원수가 급격히 증가하며, 주요 시장국에서 외국인의 출원 건수가 이전구간 60건에서 최근구간 155건으로 급격하게 증가해 158%의 특허시장 확보력을 나타냄

표 15 각국별 출원 건수

외국인 출원건수	한국	미국	일본	유럽	중국	전체
이전구간(건수)	2	21	10	23	4	60
최근구간(건수)	8	62	12	55	18	155
특허시장확보력(%)	158%					

- IP 부상도 종합 결론

- 정량분석 데이터 분석을 통한 IP 부상도에서는 최근구간을 2010년~2014년으로 설정하였으며, 이전구간을 2005년~2009년으로 설정하여 분석하였음
- 출원 증가율은 286%로 최근구간의 특허수가 이전구간 특허수보다 급격히 증가하였고, 출원 점유율은 47%로 나타남
- 또한, 특허 시장 확보력은 국가별 외국인 출원 증가율로 외국인의 출원 건수가 이전구간과 대비하여 대폭 증가하여 166%의 시장 확보력을 나타내고 있음.
- 따라서, IP 부상도 항목별 판단 기준표에 따라 본 기술의 유효특허들에 대하여 IP 부상도를 판단한 결과는 평가점수 4점으로 공공 및 산업용 드론 ICT 기술의 IP부상도는 높은 것으로 평가됨

표 16 특허평가지표 평가점수

특허평가지표 평가기준 및 정의	평가점수					비고
	1	2	3	4	5	
· IP 부상도 - 정량적분석 (유효특허대상)	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	기대성과와 비례관계

- IP 장벽도

- 공공 및 산업용 드론 ICT 기술의 IP 장벽도를 분석한 결과, 표적탐지감시기술 (AG)은 4(낮음)으로 평가함

- Hot Trend 현황

- 특허 점유율 12%, 특허 증가율 68%
- 공공공 및 산업용 드론 ICT 기술의 Hot Trend를 분석한 결과, 표적탐지감시기술 (AG)은 특허 증가율과 점유율이 높은 지속적인 활동분야로 판단됨



그림 31 특허기술분야별 Trend 현황

□ 주요 특허에 대한 분석

○ Plextek Limited 사의 “IMPROVEMENTS TO DOPPLER RADAR SYSTEMS”

- 출원국/출원번호/공개번호: EP/2006-830076/EP 1938122 A2
- 출원일/공개일: 2006.11.21./2008.07.02.
- 기술 요약: 다수의 주파수 세트를 만들어 특정 주파수 세트에 대해 빔이 특정 방향으로 결정되도록 하는 PESA 방식의 주파수 스캐닝 레이더
- 대표 도면:

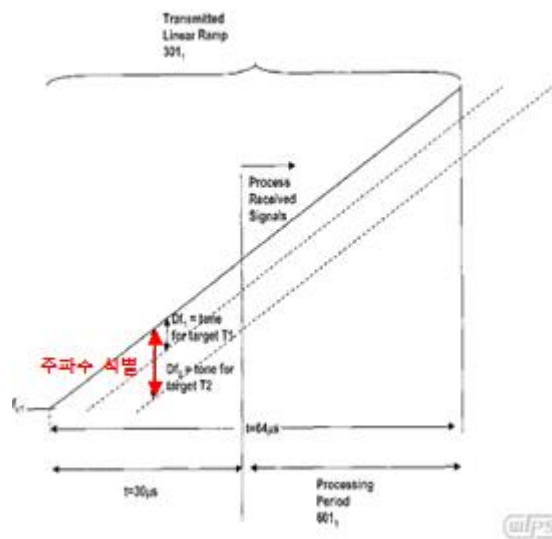


그림 32 “IMPROVEMENTS TO DOPPLER RADAR SYSTEMS” 특허 대표도면

- 법적상태: 유럽에 출원되어 2008.07.02 공개된 유럽 공개특허로서, 현재 한국, 미국, 일본, 중국 및 PCT 출원된 패밀리 특허를 보유하고 있음

○ Plextek Limited 사의 “RADAR SYSTEM”

- 출원국/출원번호/공개번호: EP/2007-857919/EP 2126605 B1
- 출원일/공개일: 2007.12.20./2014.02.12.
- 기술 요약: 0.2 m² 이하의 작은 RCS를 갖는 저속 이동 표적을 검출할 수 있는 레이더 시스템으로 전자빔 스캔 안테나, 표적으로부터 반사된 신호를 처리하여 표적에 대한 도플러 주파수를 식별할 수 있는 수신기로 구성.
- 대표 도면:

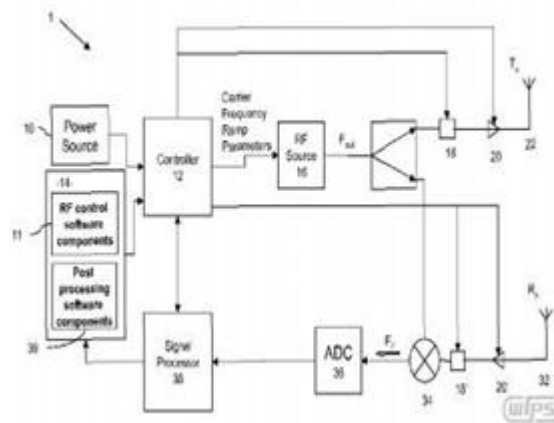


그림 33 “RADAR SYSTEM” 특허
대표도면

- 유럽에 출원되어 2014.02.12 등록된 유럽 등록특허로서, 현재 미국 및 PCT출원된 패밀리 특허를 보유하고 있음

○ DRONESHIELD사의 “Drone detection and classification methods and apparatus“

- 출원국/출원번호/공개번호: US/14/258304/US 9275645 B2
- 출원일/공개일: 2014.04.22./2016.03.01.
- 기술 요약: 드론을 검출하는 방법으로 마이크روف폰의 음성 신호를 수신하고 미리 설정한 기간 동안 디지털 샘플을 한 후 신호처리 장치에서 주파수 스펙트럼 특성을 데이터베이스에 있는 가장 근접한 드론 음성신호 특성을 찾음으로서 표적을 분류
- 대표 도면:

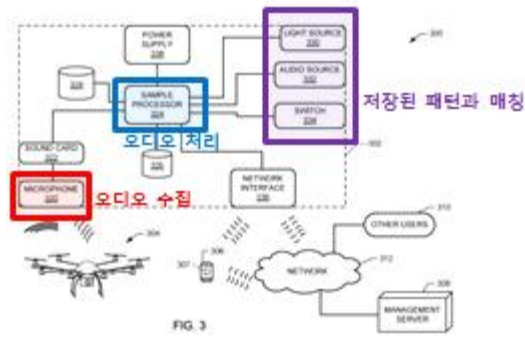


FIG. 3

Module No.	Class	Model	Vendor	No. of Inputs	Output Characteristics
1	Light	Model 1	Vendor 1	1	Visible
2	Light	Model 2	Vendor 2	1	Infrared
3	Light	Model 3	Vendor 3	1	Ultraviolet
4	Light	Model 4	Vendor 4	1	Visible
5	Light	Model 5	Vendor 5	1	Infrared
6	Light	Model 6	Vendor 6	1	Ultraviolet
7	Light	Model 7	Vendor 7	1	Visible
8	Light	Model 8	Vendor 8	1	Infrared
9	Light	Model 9	Vendor 9	1	Ultraviolet
10	Light	Model 10	Vendor 10	1	Visible
11	Light	Model 11	Vendor 11	1	Infrared
12	Light	Model 12	Vendor 12	1	Ultraviolet
13	Light	Model 13	Vendor 13	1	Visible
14	Light	Model 14	Vendor 14	1	Infrared
15	Light	Model 15	Vendor 15	1	Ultraviolet
16	Light	Model 16	Vendor 16	1	Visible
17	Light	Model 17	Vendor 17	1	Infrared
18	Light	Model 18	Vendor 18	1	Ultraviolet
19	Light	Model 19	Vendor 19	1	Visible
20	Light	Model 20	Vendor 20	1	Infrared
21	Light	Model 21	Vendor 21	1	Ultraviolet
22	Light	Model 22	Vendor 22	1	Visible
23	Light	Model 23	Vendor 23	1	Infrared
24	Light	Model 24	Vendor 24	1	Ultraviolet
25	Light	Model 25	Vendor 25	1	Visible
26	Light	Model 26	Vendor 26	1	Infrared
27	Light	Model 27	Vendor 27	1	Ultraviolet
28	Light	Model 28	Vendor 28	1	Visible
29	Light	Model 29	Vendor 29	1	Infrared
30	Light	Model 30	Vendor 30	1	Ultraviolet

그림 34 “Drone detection and classification methods and apparatus“ 특허 대표도면

- 법적상태 : 미국에 출원되어 2016.03.01 등록된 미국 등록특허로서, 현재 미국에만 특허 출원되어 있는 것으로 파악됨

2.4.2 논문동향

- 저고도 비행물체 탐지 기술
 - 레이더를 이용한 비행물체 탐지 기술
 - 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 레이더를 활용한 저고도 비행물체 탐지 관련 논문은 검색 결과 아직 연구가 활발히 진행되지 않았음.

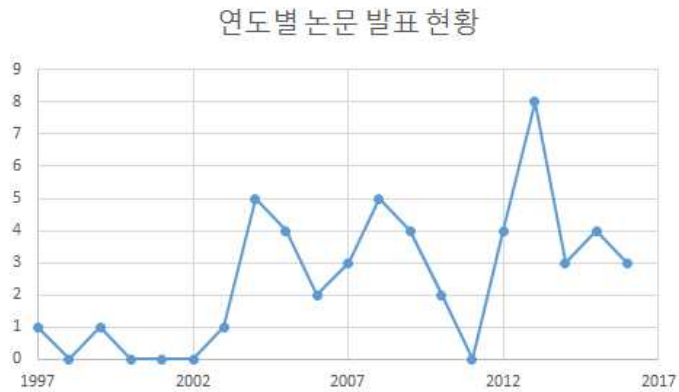


그림 35 저고도 비행물체 탐지 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

- 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 레이더를 활용한 저고도 비행물체 탐지 관련 논문을 가장 많이 발표한 미국은 총 21편의 논문으로 전체의 40%를 차지함. 그 뒤로 중국이 총 6편의 논문으로 12%를 차지하고 있으며 우리나라는 4편을 발표하여 3위에 위치함.

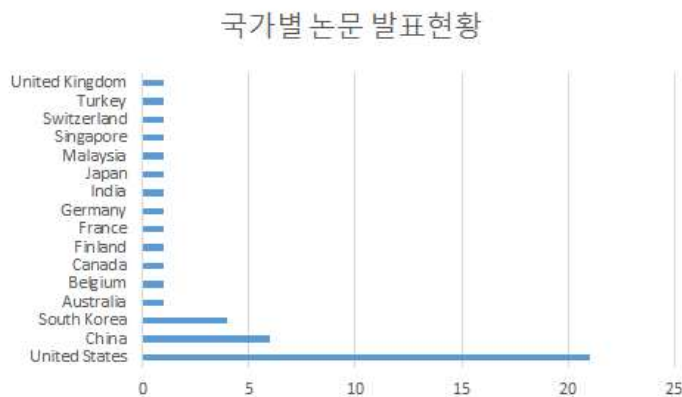


그림 36 저고도 비행물체 탐지 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- FMCW 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 FMCW 레이더를 이용한 비행물체 탐지 관련 논문은 검색 결과 아직 연구가 활발히 진행되지 않았음을 알 수 있음



그림 37 FMCW 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 FMCW 레이더를 이용한 비행물체 탐지 관련 논문을 가장 많이 발표한 나라는 독일, 중국, 그리고 폴란드로 3개국이 약 50%를 차지함. 우리나라는 2편을 발표하여 9위를 차지함.



그림 38 FMCW 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- 빔성형 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 빔성형 관련 논문은 2000년대 중반 활발히 연구되었음을 알 수 있으며, 다시 2015년을 기점으로 다시 활발히 연구가 진행되고 있음.

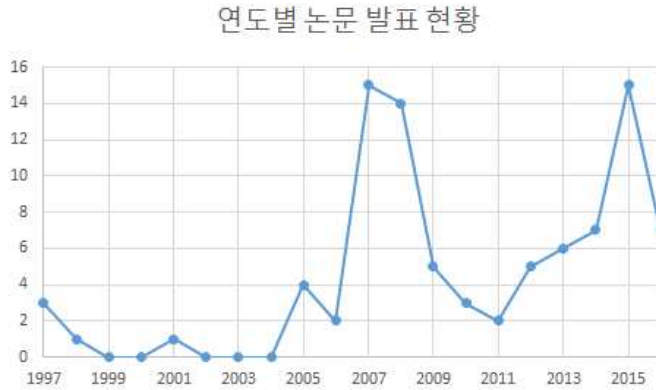


그림 39 빔성형 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 빔성형 관련 논문을 가장 많이 발표한 나라는 미국으로 30%를 차지하고 있음. 그 다음으로는 중국으로 20%를 차지함.

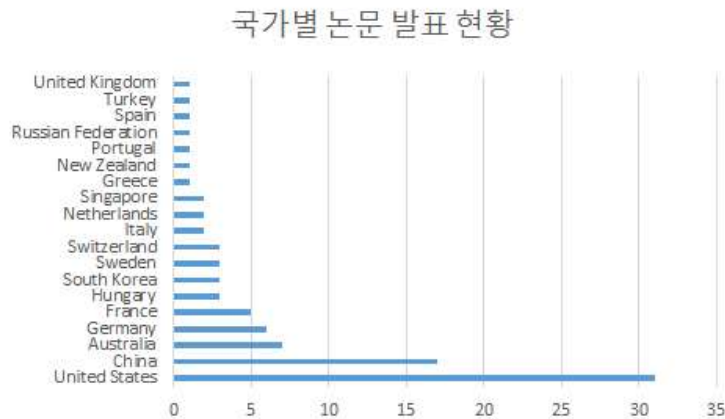


그림 40 빔성형 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- 도플러 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 doppler processing 관련 논문은 2000년대 중반 활발히 연구되었음을 알 수 있으며, 그 후 꾸준히 연구되어 오고 있음.

연도별 논문 발표 현황

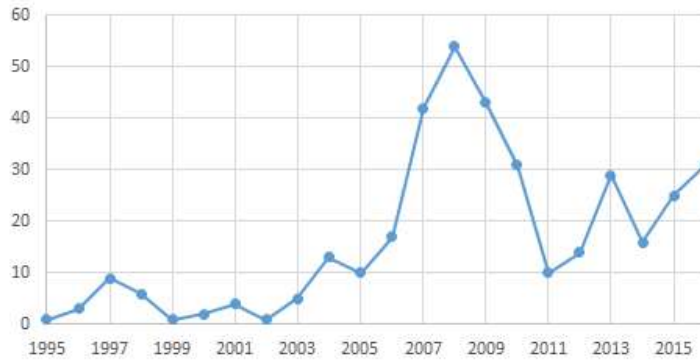


그림 41 도플러 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 doppler processing 관련 논문을 가장 많이 발표한 나라는 미국과 중국으로 각각 30%를 차지하고 있음. Radar와 SAR (synthetic aperture radar) 기술이 발달한 나라가 강세를 보임.

국가별 논문 발표 현황

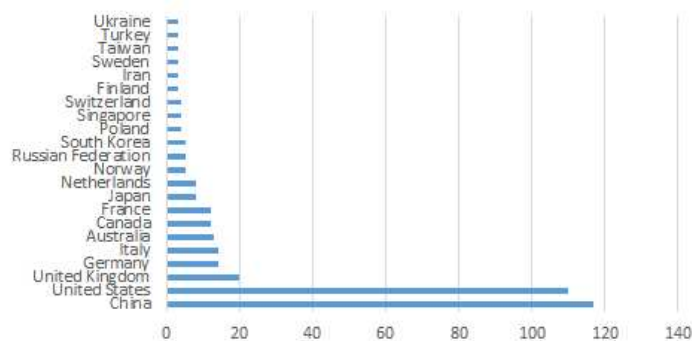


그림 42 도플러 방식을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- 비행물체 탐지를 위한 클러터 제거 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 클러터 억제 관련 논문은 2000년대 후반 활발히 연구되었음을 알 수 있으며, 다시 2010년도에도 꾸준히 연구되고 있음.

연도별 논문 발표 현황

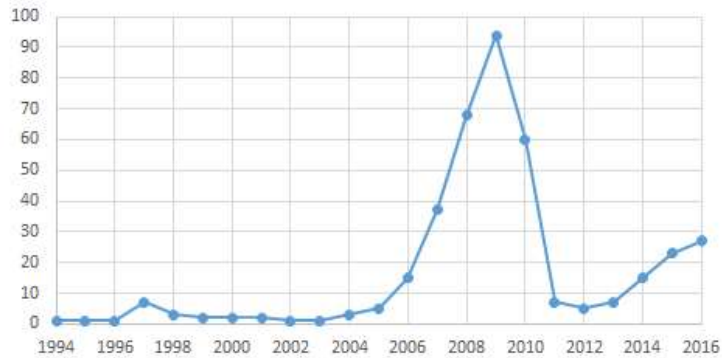


그림 43 비행물체 탐지를 위한 클러터 제거 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 clutter suppression 관련 논문은 중국이 42%, 미국이 30%로 두 국가가 가장 활발하게 연구하고 있음을 알 수 있으며, 우리나라는 14건으로 선두 국가들과 큰 격차가 있지만, 세계 중위권 그룹에 속해 있음.

국가별 논문 발표 현황

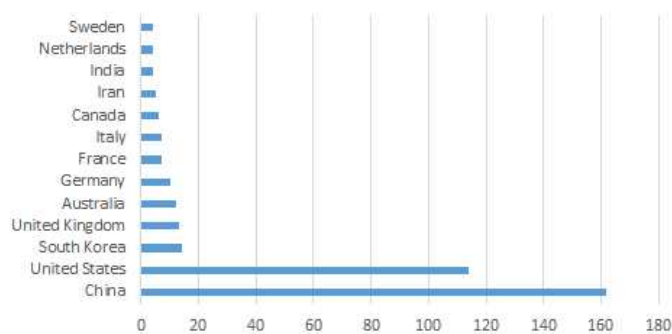


그림 44 비행물체 탐지를 위한 클러터 제거 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- EO/IR 장치를 이용한 비행물체 탐지 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 EO/IR 관련 논문은 2000년대 초반부터 2000년대 후반까지 활발히 연구되었음을 알 수 있음.

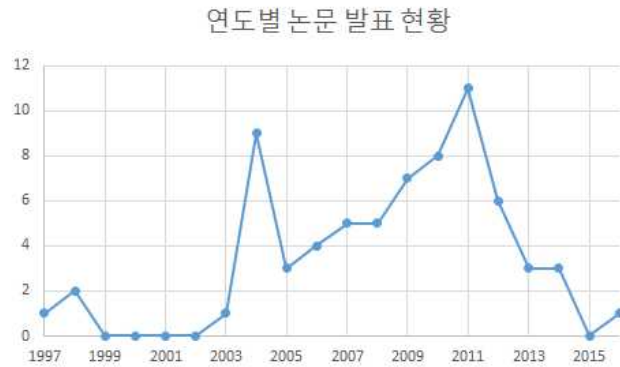


그림 45 EO/IR 장치를 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전세계적으로 비행물체 탐지를 위한 EO/IR 관련 논문은 미국이 65%를 차지할 정도로 편중되어 있음.

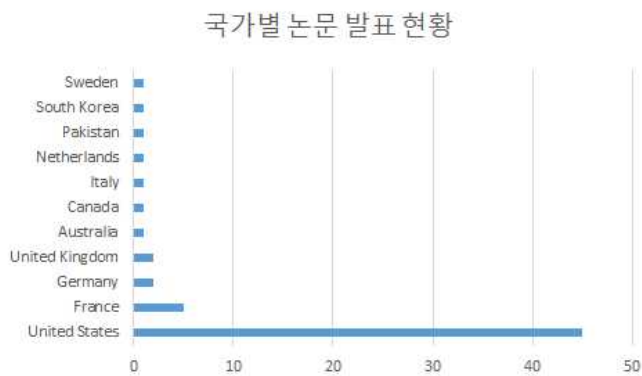


그림 46 EO/IR 장치를 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- 영상처리 기법을 이용한 비행물체 탐지 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 영상 처리 관련 논문은 1990년도 중반부터 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있음. 2008년 정점을 찍은 후, 다시 2010년도 중반부터 Machine Learning에 대한 연구가 활발해 지면서 폭발적으로 증가하는 추세를 보임.

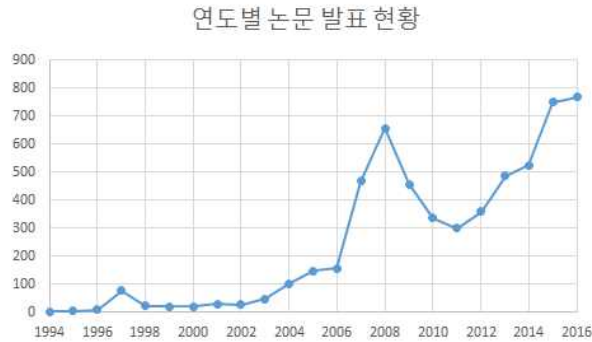


그림 47 영상처리 기법을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 영상 처리 관련 논문은 미국과 중국이 각각 25%를 차지할 정도로 연구를 주도하고 있음. 우리나라는 189건으로 중위권 그룹에 속함.

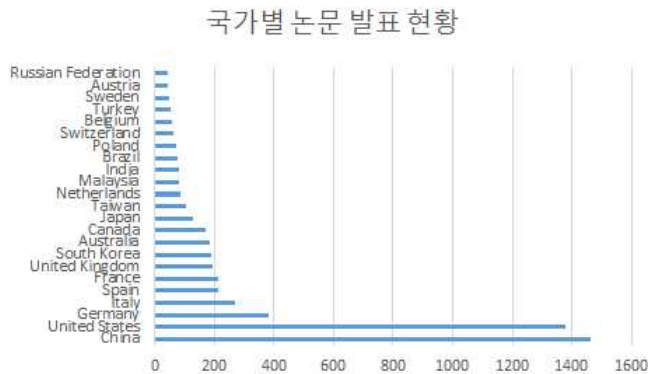


그림 48 영상처리 기법을 이용한 비행물체 탐지 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- 비행물체 식별 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 표적 인식 관련 논문은 1990년대 중반부터 2016년 현재까지 계속해서 논문 수가 증가하고 있음.



그림 49 비행물체 식별 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 표적 인식 관련 논문은 미국이 40%를 차지할 정도로 다른 국가에 비해 압도적으로 많은 연구를 진행하고 있음.

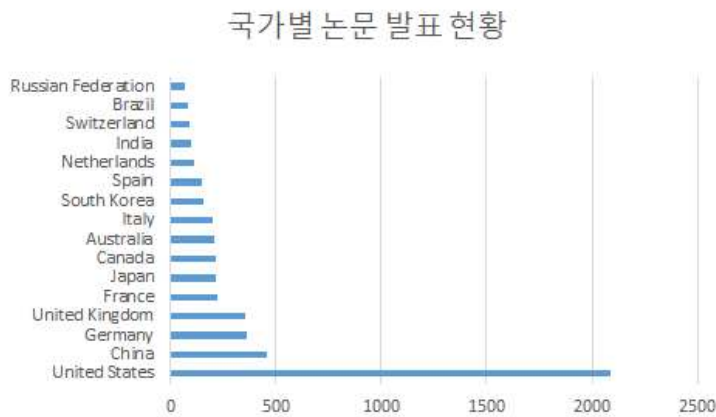


그림 50 비행물체 식별 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

- 비행물체 자동 주밍 기술

· 연도별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 자동 주밍 관련 논문은 2000년대 초반부터 2016년 현재까지 간헐적으로 발표 되고 있음.

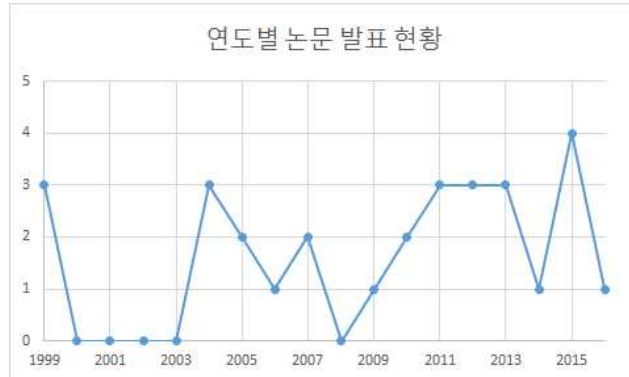


그림 51 비행물체 자동 주밍 기술에 대한 연도별 논문 발표 현황

· 국가별 논문 발표 현황

전 세계적으로 비행물체 탐지를 위한 auto zooming 관련 논문은 미국이 40%를 차지하여, 가장 많이 연구를 수행하였으며, 그 다음은 중국으로 17%를 차지함.

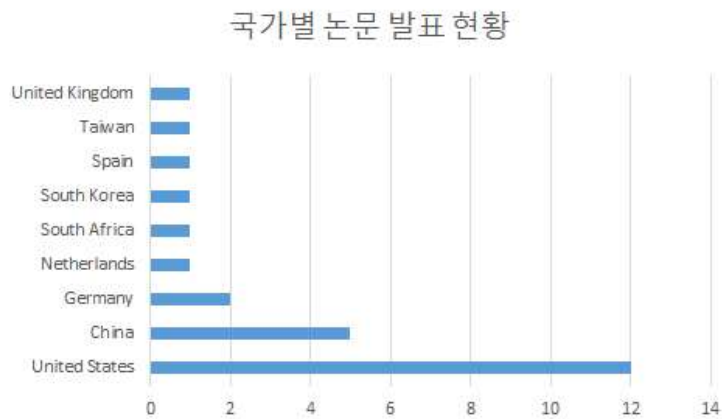


그림 52 비행물체 자동 주밍 기술에 대한 국가별 논문 발표 현황

2.4.3 표준화 동향

- 현재 ICAO, 미국 RTCA, 유럽 EUROCAE를 중심으로 관제구역에서의 유·무인비행장치 통합을 위한 무인비행장치 제어용 통신 및 탐지·회피 기술에 대한 표준화가 진행 중임
 - 국제민간항공표준화기구인 ICAO는 '07년부터 무인항공시스템 연구그룹 UASSG는 현재 RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) 패널로 명칭 변경
 - UASSG¹⁾(Unmanned Aircraft System Study Group)을 결성하여 유·무인비행장치 국가공역 통합 관련 업무에 대한 국제적 상호협력, 무인비행장치 관련 규정 및 매뉴얼 개발, 기술적 세부사항과 SARPs의 개정에 대한 연구 진행 중
 - 유럽 항공기 관련 표준을 개발하여 유럽연방항공청(EASA)에 제안하고 있는 유럽항공표준화기구인 EUROCAE는 WG-73과 WG-93에서 각각 무인비행장치 및 무인비행장치의 유럽 공역내의 안정적 진입을 위한 표준 개발 중
 - 유럽항공안전청 주관의 감항 인증 기술기준 제정을 위한 Working Group인 JARUS는 미국, 유럽, 아시아의 국가들이 참여하여 무인비행장치 인증과정에서 사용될 글로벌 인증기준 및 운영 조건들(certification specifications and operational provisions)을 개발하여 ICAO에 제안하고 있음
- 저고도 G구역에서의 무인비행장치 교통관리를 위한 표준화는 현재 진행된 바 없으나, 미국의 경우 '15년 저고도 무인비행장치 교통관리를 위한 표준 개발을 목표로 하는 RTCA 특별위원회(SC)를 구성하기로 FAA, NASA, RTCA 간 합의가 있었음
 - 유럽 또한 EUROCAE나 JARUS를 통해 관련 표준화 활동이 향후 진행될 것으로 예상
- 미국 RTCA 228 DAA(Detect and Avoid)의 표준화 현황
 - Phase One(2013.1.~2016.12.) 의 목표: 운용환경(Class A 공역 및 진출입 과정)에서의 상업용 UAS를 위한 DAA 장비의 성능 요구 사항을 규정하고 검증하기 위한 표준 개발
 - Phase Two(2017.1.~2020.12.)의 목표: Phase one에서의 UAS 운용환경을 Class D, E, G로 확장하여 모든 NAS 공역과의 통합을 완성하기 위한 추가 DAA 장비 규정하는 것으로 목표를 설정
 - 주요 일정 및 산출물

1) 1) UASSG는 현재 RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) Pannel로 명칭 변경

표 17 RTCA 228 DAA(Detect and Avoid)의 표준화 현황

산출물	내용	일정
Phase 2 DAA MOPS 백서	UAS의 NAS 통합을 지원하기 위한 UAS DAA 추가 요구사항 정의에 필요한 가정, 접근 방법 및 한계와 핵심 요구 사항을 기술한 백서	2017. 7.
지상 기반 비협력적 레이더 MOPS 및 DAA MOPS Rev A	지상 기반 비협력적 레이더 MOPS 및 이 레이더와 협력하기 위한 Phase 1 DAA MOPS의 수정 사항 반영	2019. 9.
비협력적 센서 MOPS 및 DAA MOPS Rev B	Phase 2 DAA MOPS의 지원 하에서 비협력적 비행체를 검출, 추적하기 위한 센서의 MOPS 및 DAA MOPS 수정	2020. 9.

- 지상 기반 primary radar sensor의 주요 용도는 터미널과 같은 지형적으로 한정된 영역에서의 운용을 목표로 하고 있고 이에 대한 MOPS(Minimum Operational Performance Standard)를 2019년 9월까지 완성할 계획이며, 동시에 레이더 센서의 운용을 반영하여 Phase one에서 표준화하였던 DAA MOPS 수정판을 작성할 계획
- 이와 함께 무인비행장치에서 비협력적 비행물체를 탐지하기 위한 탑재레이더 센서에 대한 MOPS를 2020년 9월까지 완성할 예정이며, 이를 위해 개발 측면에서는 크기, 무게 및 전력(SWaP) 감소가 핵심이라고 판단하고 있다. 탑재 레이더 센서 역시 MOPS 작성과 동시에 이를 반영하기 위한 DAA MOPS 수정판을 작성할 계획

2.4.4 기술수준 분석

- 미군에서는 Raytheon AN/MPO-64 레이더와 같이 순항 미사일, 무인비행장치, 헬기, 기타 초경량 비행물체를 탐지하는 레이더를 운용 중에 있으나 무인비행장치의 유효 반사 면적이 작아 레이더로 탐지하기 어려움
 - 무인비행장치의 유효 반사 면적 (RCS : Radar Cross Section)은 $0.05\sim 0.5\text{m}^2$ 정도
- 군에서 운용하는 레이더의 경우는 수십 km 이상의 중거리, 고출력, 이동성을 요구하고 십억원을 상회하는 고가인 반면 민간용은 수 km 이하의 단거리, 소출력, 고정용이며 저가 개발이 요구됨
- 최근 민간에서는 저고도 무인비행장치를 탐지 어려움을 극복하기 위하여 위상배열 안테나 레이더 기술, 가시광선/적외선 분광 기술, 음향 마이크로폰 배열 기술, 다지점 송신 레이더 기술 등이 제안되고 있음
- 위상배열 안테나 레이더 기술은 여러 개의 안테나 복사소자를 통하여 방사되는 전자파의 위상을 조정하여 지향성을 갖는 전파 빔을 형성하는 위상배열 안테나를 이용하여 저고도 무인비행장치 탐지
 - 위상배열 안테나 레이더는 능동형 전자스캐닝 배열안테나, 펄스 도플러 레이더 기술을 적용하여 사이드로브 클러터를 획기적으로 줄이고 저속 이동체 탐지 성능을 높임
 - 이스라엘 RADA 사의 RPS-42 레이더는 4개의 S대역 전자배열안테나를 사용하여 5km 이내의 무인이동체 탐지가 가능하며, 각 정확도 0.5도, 속도 정확도 1m/s, 거리 정확도 10m의 성능을 갖으며 IAI 산하 엘타 (ELTA)사에서 개발한 ELM-2180M은 약 4.5km 거리에 있는 작은 크기의 무인비행장치까지 탐지 가능
- 가시광선/적외선 분광 기술은 가시광선 카메라와 열 적외선 파노라마 이미지 카메라를 이용하여 주야간 저속 무인 비행선을 탐지
 - 미 HGH사의 Spynel 카메라는 360° 전방향에 대해 파노라마 영상을 작성하여 다수 표적을 탐지 추적하며 탐지 거리는 최대 11km 정도임
- 최근 미국과 영국에서는 레이더 탐지 기술과 영상추적 기술을 동시에 적용하여 일정 영역을 감시하는 탐지 장비를 개발하고 불법 무인비행장치를 교란하여 무력화 시키는 장비를 개발하고 있음
 - 미국 SpotterRF 사의 무인비행장치 탐지 레이더는 고도 500m 까지의 중형 무인비행장치 탐지 가능하며 미리 저장된 무인비행장치 데이터를 바탕으로 측정된 레이더 신호와 비교하여 무인비행장치 존재 유무를 탐지하고 비디오 추적기를 탑재
 - 영국의 Plextec의 Blighter AUDS (Anti-UAV Defense System)은 8km의 탐지 거리 내의 0.01m^2 의 RCS 타겟 측정이 가능하고 비디오 추적 시스템과 지향성 RF 교란기를 탑재하여 무인비행장치의 추적 및 교란이 가능

- 미국의 MITRE 에서는 가용센서를 종합하여 무인비행장치를 탐지하는 기술의 일환으로 음향 마이크로폰 배열 기술을 제안하였으며 저가의 마이크로폰 배열 장치를 이용하여 무인비행체의 엔진으로부터 발생하는 음향의 특성과 음향의 방향을 이용하여 무인비행장치 검출
- 그 이외에 통상의 단일 지점 송수신 레이더와 달리, 여러 지점에서 전파를 송수신하여 표적 탐지 확률과 분해능을 높이고, 표적의 종류 식별 및 재밍에 유리하게 하며 시스템의 생존성을 높일 수 있는 다지점 송수신 레이더 기술과 같은 새로운 기술이 제안되고 있음
- 국내의 경우 LIG넥스원에서 저고도 레이더를 개발해 2015년부터 실전 배치 중
- LIG넥스원이 개발한 저고도 감시용 군용 레이더는 가격이 매우 높아 민간 분야에 적용하기 어려우며, 따라서 민간에서의 저고도 비행물체 감시 목적에 맞게 새롭게 설계 개발 될 필요가 있음
- 저고도 비행물체 감시장치는 레이더 외에 EO/IR 카메라 등을 통합 운용해 적절한 비용으로 요구 성능을 만족시킬 수 있을 것이며, 이를 위해 필요한 국내 영상처리/컴퓨터비전 기술 기반은 충분함

2.5 유사과제 분석 및 차별성 (NTIS 검색 결과)

표 18 유사과제 분석 및 차별성

순번	과제명	총연구기간	연구책임자	내용	차별성
1	생활전파 레이더 센서 SDR 플랫폼 기술 개발	2014-04-01~ 2017-02-28	항공대 곽영길	2.4/10/24GHz 대역 SDR 기반 레이더 플랫폼 설계 및 성능분석	플랫폼 개발
2	스텔스 표적의 효율적 탐지/식별을 위한 다중편파 및 바이스테틱 레이더 융합 연구	2015-05-01~ 2018-04-30	포항대 김경태	NTIS 시스템 상 내용 확인 불가	-
3	양산을 위한 고효율성 광대역 레이더센서칩 및 레퍼런스모듈 개발	2016-06-01~ 2017-05-31	효성기술(주) 송광석	NTIS 시스템 상 내용 확인 불가	-
4	초절전 저비용 Pulsed Doppler 레이더 CMOS 단일 칩을 이용한 범용 움직임센서 개발	2015-01-01~ 2015-12-31	과기원 홍성철	모션센서용 CMOS 레이더	서비스 및 목표 상이
5	수동형 레이더를 활용한 초소형 무인기 탐지기법 개발	2015-01-01~ 2015-12-31	과기원 김경수	Bistatic 레이더 시스템 개발	이동성 없음
6	저고도 무인기 탐지용 레이더 시스템 개발	2015-01-01~ 2015-12-31	과기원 박성욱	Bistatic 레이더 시스템 개발	이동성 없음
7	무인기 탐지용 레이더 시범구축	2015-01-01~ 2015-12-31	과기원 박성욱	소형 무인기 탐지용 FMCW 레이더 시스템과 Micro chain Radar 센서 망 연동 기술 개발	미래부 조사분석 사업
8	광대역 X-Band GaN Hybrid 전력증폭기 개발	2014-06-01~ 2015-02-28	(주)알에프에이 이치아이씨 이재호	20W X-band 레이더용 광대역 GaN 하이브리드 전력증폭기 개발	부품 개발로 동일 주파수 대역 사용 시 활용 가능성 검토
9	상용 UAV용 초소형 광학/레이더 기반 충돌회피 시스템 개발	2014-07-15~ 2015-07-14	(주)인스페이스 스 최명진	무인기 탑재 X-대역 FMCW 레이더 및 영상정보 분석 시스템	무인기 탑재 레이더로 목표 상이
10	GaN 소자를 이용한 X-Band Radar용 증폭기 개발	2011-06-01~ 2012-05-31	전자부품 연구원 유찬세	GaN 소자를 사용한 출력 20W급 X-Band Radar용 증폭기 개발	부품 개발로 동일 주파수 대역 사용 시 활용 가능성 검토
11	차세대 소형선박용 디지털 레이더 시스템 개발	2009-12-01~ 2012-04-30	(주)신동디 지텍 장철순	펄스 압축 방식의 선박용 레이더 반도체 부품 및 시스템 개발	서비스 및 목표 상이
12	24 Ghz 펄스모드 주파수 변조 레이더용 CMOS MMIC 개발	2009-10-01~ 2012-09-30	한국과학 기술원 홍성철	K/Ka 대역 펄스모드 주파수 변조 레이더용 CMOS Tx / Rx 단일 칩 MMIC	부품 개발로 동일 주파수 대역 사용 시 활용 가능성 검토
13	24GHz CMOS 기반 지능형 감지 sensor 모듈 개발	2007-08-01~ 2009-07-31	전자부품 연구원 박규호	24 GHz 대역 지능형 차량 감지 Sensor용 CMOS Transceiver Chip 개발	차량 감지용으로 서비스 및 목표 상이
14	Ku 대역 소형 펄스 도플러 변복조기 개발	민군겸용 기술개발 보고서 (2006.2.)	(주)단암시 스템즈 성종락	Ku 대역 펄스 도플러 변복조기 개발	부품 개발로 동일 주파수 대역 사용 시 활용 가능성 검토

- 레이더로 NTIS 검색 결과 연차별 중복을 포함하여 총 91건의 연구 과제와 10건의 연구 보고서가 검색하였으며, 차량 레이더 등 응용 분야가 상이하거나 연관성이 매우 낮은 과제와 보고서를 제외하고 14건에 대해 차별성을 검토
- 순번 5, 6의 2건은 무인기 탐지 레이더 시스템이나 Multi-Static 레이더 방식으로 네트워크 구성이 필요하므로 시스템의 중요 요구사항인 이동성이 없고 구성 및 신호처리 방식에 차이가 커서 연계 활용성이 낮은 것으로 분석됨
- 순번 8, 10, 12, 14의 4건은 레이더 부품개발 과제로 사용 주파수 대역 및 대략적인 규격이 정해지면 활용 가능성을 검토할 수 있을 것으로 분석
- 순번 4, 9, 11, 13의 4건은 대상 서비스 및 목표가 상이하여 기술의 연관성이 매우 낮을 것으로 분석
- 순번 1은 SDR 기반 플랫폼 개발 과제로 제품의 상용화, 사용자의 검증, 지속적인 유지보수 체계가 구비되어야 채택할 수 있을 것임
- 순번 7은 조사 분석 사업으로 참고 자료로 활용할 수 있는 수준이며 순번 2, 3은 NTIS 시스템에서 내용을 검색할 수 없어 세부 검토가 불가하였음.

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

3.1 비전 및 목표

3.2 기술개발에 따른 미래상

3.3 연구개발 과제 구성

3.4 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 연계방안

3.5 연구추진체계

3.6 기술 로드맵 및 성과 로드맵

3.1 비전 및 목표

□ 사업 비전 도출

- 급성장하고 있는 무인기 시장에 환경에 의해 다양하게 활용되는 무인기의 위협 상황이 증가되고 있는 상황 고려
 - 활용성이 높은 무인기 기술의 발전으로 불법 또는 위법 무인기에 의한 국내외 피해 사례가 급증하고 있음
 - 지금까지 무선 조종기를 이용해 무인기를 움직였지만 장애물 감지 기능이 포함된 인공지능을 장착한 무인기의 출현으로 스스로 비행할 수 있는 능력을 지니게 되어 불법으로 사용될 경우 위협의 강도는 증가될 수 있음



그림 53 미국 Sag Harbor에서 발생한 드론 추락사고

- 이를 대비하기 위해서 국민의 안전을 위협하는 위험물을 장착한 소형 무인기를 탐지하고 인식할 수 있는 지능형 탐지 및 인식 장비가 필요
- 급격히 성장하는 무인기 시장에 따라 소형 무인기 탐지 레이더 시장도 같이 확대되고 있어 이에 대한 산업적 대비가 필요
 - 현재 군용 무인기에 초점이 맞추어져 있는 시장이 민간용 무인기인 상업용 뿐만 아니라 취미용으로도 증가하고 있는 추세로 급성장하고 있음
- ※ 2015년 세계 무인기 시장규모 약 80억불, 2024년경 120억불로(BI Intelligence, 2014) 전망하고 있으며, 민간용 시장도 급성장 중으로 2015년 세계 민간용 드론 시장 1억 3천만불 규모

- 수요가 날로 증가하는 소형 무인기에 편승한 불법, 위법 또는 악의적 무인기의 주요 공공, 민간 시설 및 행사장을 정찰, 침투, 공격에 대해 유효시간 이전에 탐지, 식별하여 대처할 수 있도록 하는 “저고도 소형무인기 탐지 및 식별 시스템” 기술과 제품이 날로 증가되고 있음
- 국내 레이더 기술은 군용 위주로 개발되고 있어, 현재 급격히 증가되고 있는 소형 무인기 환경을 고려할 때 민간용 레이더 개발이 조속히 이루어져야 함
 - 고성능 장거리 군용에 비해 소형 무인기 탐지에 적합하며 공공과 민간에서 활용할 수 있는 수준으로 개발 되어야 함
 - 성공적인 민간용 레이더 개발을 위해 저비용의 고급 제품이 만들어져야 하며, 이를 위해 신뢰성 있는 설계를 바탕으로 C-SWaP(Cost, Size, Weight, and Power)을 염두에 두고 개발이 되어야 함
 - 레이더의 비용과 성능 품질간 균형을 유지함으로써 이동성뿐만 아니라 활용성까지 확대할 수 있어야 함
- “이동형 지상감시 장치 국산화 개발을 통한 산업 경쟁력 강화 및 불법 소형무인기에 의한 국민안전 확보”를 비전으로 설정함

□ 사업 목표 도출

- 불법 소형 무인기에 의한 국민 안전 확보를 이루기 위해서 소형 무인기를 탐지할 수 있는 레이더 개발기술 및 EO/IR 영상 종합화 기술이 필요
 - 장거리에서도 소형 무인기를 탐지할 수 있는 저고도 레이더 기술
 - 중장거리용 저고도 군용 레이더는 3미터 이하의 무인기를 새때로 오인하여 식별하기가 어렵기 때문에 소형 무인기를 탐지할 수 있는 다중센서 기반의 감시 장치가 필요
 - 공공, 민간 시설 및 행사장을 정찰, 침투, 공격할 수 있는 불법 무인기에 대비하기 위해서는 차량 등으로 이동할 수 있는 간편성을 지녀야 함
 - 레이더 이외 EO/IR 장비를 함께 사용하여 위협 물체의 위치와 형상을 정확히 식별하도록 함
- 정부는 미래 먹거리 확보를 위해 성장 동력 관련 기술을 국가 전략 프로젝트로 지정하여 개발을 추진하고 있음
 - 성장동력 확보 분야 : 인공지능, 가상증강현실, 자율주행차, 경량소재, 스마트시티
 - 소형 무인기 기술은 인공지능과 자율주행차 등의 개발 기술과 공통으로 사용되는 기술이 많기 때문에 소형 무인기도 이에 따라 급격히 발전할 것으로 판단됨
 - 증가되는 소형 무인기를 탐지할 수 있는 민간용 레이더의 수요가 급격히 증대될 것으로 이에 대한 국가 산업적으로 준비가 되어야 할 것임
 - 민간용으로 활용되기 위해서는 장비의 저 비용과 고 성능의 균형이 맞도록 C-SWaP을 고려하여 개발을 실시하여야 함

- 이에 연구 목표를 “위협적인 저고도 불법 소형 무인기를 탐지 및 식별할 수 있는 다중센서 기반의 이동형 지상감시 장치 개발 및 검증”으로 함
 - 저비용 제품을 개발함으로써 가격 경쟁력 있는 장치 구현
 - 개발된 장비에 대한 검증을 통해 활용성 증대
- 사업 목표를 성공적으로 달성하기 위해서는 주요 핵심 기술들은 자급이 가능하도록 개발되어야 함
 - 저고도 레이더용 전자식 스캔 배열 안테나 및 RF 송수신 기술
 - Compact 한 전자식 스캔 배열 안테나 기술
 - 높은 전력 효율을 지닌 Compact RF 송신 모듈 개발 기술
 - 저잡음 특성을 지닌 Compact RF 수신 모듈 개발 기술
 - 소형 집적화에 필요한 MMIC 부품 개발 기술
 - 탐지 레이더 신호처리 기술
 - 고속 신호처리 알고리즘 설계 기술
 - 고속 신호처리 모듈 개발 기술
 - 고속 신호처리 S/W 개발 기술
 - EO/IR 영상처리부 신호처리 및 표적식별 기술
 - 새, 소형 무인기, 타 이동체, 더 나아가서 무인기의 종류를 구분할 수 있는 식별 알고리즘 설계 기술
 - EO/IR 선정 및 정합 기술
 - 영상 신호 통합 및 검증 기술
 - 감시 장치 최적 배치를 위한 지형지물 정보 기반 커버리지 예측 기술
 - 커버리지 예측 규격 산출 기술
 - 커버리지 예측 알고리즘 설계
 - 지형지물 표본 데이터 획득 및 커버리지 예측 S/W 구현 기술

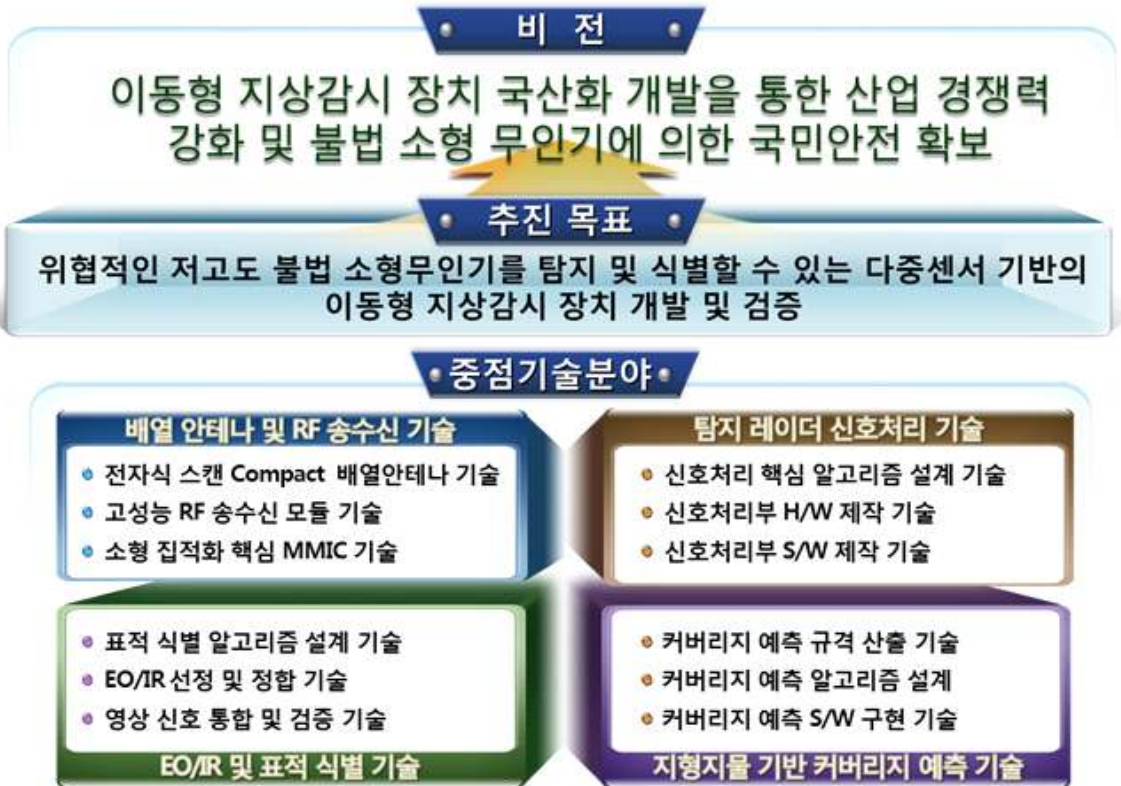


그림 54 사업 비전 및 목표

□ 사업 목표 달성을 위한 세부 목표

○ 정성적 목표

- 세계 최고 수준의 소형 무인기 탐지 이동형 레이더 개발
- 가격 경쟁력있는 다중센서 기반의 이동형 지상감시 장치 개발

○ 성과 지표

표 19 성과 지표

성과지표	단위	최종 개발목표	세계최고수준 (보유국/보유자)	평가 방법
레이더 최대 탐지거리 (RCS 0.01m ² 기준)	m	5,000 이상 ¹⁾	2,400 (영국/Blighter社)	측정
레이더 거리 분해능	m	5 이하	10 (영국/Blighter社)	측정
레이더 방위각 분해능	deg.	3° 이하	5 (영국/Blighter社)	측정
EO/IR 최대 탐지거리 (길이 1m 기준)	m	3,000 이상 ²⁾	11,000 (미국/HGH社)	측정
EO/IR 해상도	pixel	HD(EO), SD(IR) 이상	HD(EO),SD(IR) 급 (영국/Blighter社)	측정
EO/IR 방위각 분해능	deg.	1° 이하	-	측정
무게 (레이더 Panel 당)	kg	30	27 (영국/Blighter社)	측정
크기 (레이더 Panel 당)	cm	65x55x20	67x50x13 (영국/Blighter社)	측정
운용 환경 온도 범위	° C	-30~60° C	-32~60° C (영국/Blighter社)	측정

1) 국내 산악 지형에 적합하면서 LOW C-SWaP이 가능한 수준의 최대 탐지거리 설정

2) 미 HGH사의 Spynel 카메라는 360° 전방향에 대해 파노라마 영상을 작성하고 다수 표적을 탐지 추적할 수 있으며 탐지 거리가 최대 11km로 알려져 있으나 고가이며 과도한 규격

3.2 기술개발에 따른 미래상

□ 미래 니즈

○ 현재 및 미래 사회 문제

- 소형 무인기 발전에 따른 위협성 증가
- 2014년 북한이 경기 파주, 인천시 백령도, 강원도 삼척 등에서 발견되는 등 국내외에서 위협 및 피해 사례 증가 등 사회적인 불안과 혼란을 야기 시킴
 - ※ 수십억 원의 보안시설이 백만 원 남짓의 인지가 어려운 드론으로 무력화 될 수 있음
- 북한 소형 무인기의 성능이 한참 떨어지고 있고, 경찰용인만큼 아직 군사적으로 큰 위협이 되지 않는다고 보고 있지만 최악의 경우 북한이 화생방 무기를 탑재하여 날려 보낼 수 있다는 우려도 제기
 - ※ 드론의 운송능력 발전으로 테러리즘, 산업 스파이, 사생활 침해 등에 활용되기 쉬움
- 미래 먹거리 중의 하나인 소형 무인기 개발기술 확보를 등한시 할 수 없기 때문에 무인기 기술개발뿐만 아니라 위협에 대한 대비 기술도 함께 개발 실시

○ 현재 기술 및 시장의 한계

- 군사용으로 개발된 저고도 레이더는 대형 시스템으로 소형 무인기를 탐지하기가 어렵기 때문에, 중소형 레이더의 개발뿐만 아니라 민간용으로 확산하기 위해서는 가격이 낮은 장치 개발 필요
- 북한 소형 무인기를 탐지하기 위해 이스라엘 레이더를 도입하였음 레이더의 소형 무인기 탐지 확률이 50%에도 미치지 못한 것으로 보고되었음
- 활용성이 매우 높은 레이더 장비는 국외 일부 국가에서만 핵심 기술 보유하고 있어 독자적으로 개발하기에는 확보된 국내 원천 기술이 부족한 실정임

○ 미래 니즈 도출

- 위협적인 소형 무인기 공격에 대비할 수 있는 고성능 탐지 장치 개발 필요
- 민간용으로 사용하기 위해 가격 경쟁력 있는 장치 개발
- 파급력이 매우 높은 원천기술 확보를 통해 다양한 레이더 개발에 활용
- 레이더와 전자공학 장치 결합을 통한 정밀 목표 탐지
- 민간용으로 확산하기 위해서는 가격이 낮은 장치 필요
 - ※ 현재 독일의 놀이공원, 미국 뉴욕 주의 경찰서 등에 안티드론 설치 운용 증으로 많은 곳에 확대 운용될 가능성이 매우 높음

□ 기술개발에 따른 미래상

표 20 미래상

	현재 (As is)	미래 (To be)
이동형 감시 장치 기술	<ul style="list-style-type: none"> 소형 무인기 탐지를 위한 감시 장치 부족 군용 저고도 레이더는 비용 및 과다 성능으로 민간용으로 사용하기가 어려움 기술 파급력이 높은 레이더 기술에 대한 국내 기술 부재로 고성능 레이더 개발에 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 소형 무인기 탐지를 위한 감시 장치 확대 활용 낮은 C-SWaP을 염두에 둔 민간용 감시장치 개발을 통해 국내 다양한 분야에 보급 실시 안테나 및 RF 모듈 그리고 신호처리 기술 등 핵심 위주의 기술 획득으로 고성능 레이더 기술에 활용
재난 안전 사회	<ul style="list-style-type: none"> 소형 무인기 발전에 따라 위협 물체를 탐재하는 무인기 사용 가능성이 급격히 증가 북한의 소형 무인기 출현 등 위협적인 사례가 국내외에서 속출 위협 소형 무인기 감시 장치 부족으로 국가 안전에 미방비 상태 	<ul style="list-style-type: none"> 소형 무인기 발전 경향 분석을 토대로 위협적인 물체 탐재 대한 기술 대비 위협 사례 분석을 통해 국가 안보에 영향을 주는 상태 파악 고성능 감시 장치 개발을 통해 국내 안전사회 구현 실시
국산화 및 시장 창출	<ul style="list-style-type: none"> 레이더 기반의 민간용 감시 장치에 대한 국내 자체 기술이 부족하여 국외 기술 의존도 심화 소형 무인기 감시용 레이더 기반 이동형 감시 장치는 고가의 장비로 보급이 어려움 주요 핵심 기술은 선진국이 장악 	<ul style="list-style-type: none"> 레이더 기반의 감시 장치 기술 개발을 통해 장치의 H/W 및 S/W에 관련된 핵심 원천 기술을 확보 국산화 개발한 적절한 가격의 고급형 장치를 통해 국내 장비 수입 대체 실시 원천 기술을 통해 국외시장 진출

3.3 연구개발 과제 구성

□ 연구개발 과제 요소 기술 도출

- 위협적인 저고도 불법 소형 무인기를 탐지 및 식별할 수 있는 다중센서 기반의 이동형 지상 감시 장치 개발 위한 필요한 기술 도출
 - 전파를 이용한 목표물 거리 및 속도를 탐지할 수 있는 레이더 기술
 - 고해상도 영상을 획득할 수 있는 EO/IR 기술
 - 레이더와 EO/IR을 종합하여 영상을 식별할 수 있는 기술



그림 55 영국 Blighter사의 Anti-Drone 장비

- 위협적인 저고도 불법 소형 무인기를 탐지 및 식별할 수 있는 다중센서 기반의 이동형 지상감시 검증을 위해 필요한 기술 도출
 - 레이더를 통한 소형 무인기 탐지 검증 기술
 - 다중센서 기반의 이동형 지상 감시 장치 현장 시험 및 검증 기술
 - 지형지물 정보 기반 커버리지 예측
- 국내 핵심 개발 기술 확보를 위한 중점 기술 도출
 - 전자식 스캔 배열 안테나 및 RF 송수신 기술
 - 탐색 및 추적 레이더 신호처리 기술
 - 전원, 지시/제어, 통신 및 시스템 기술

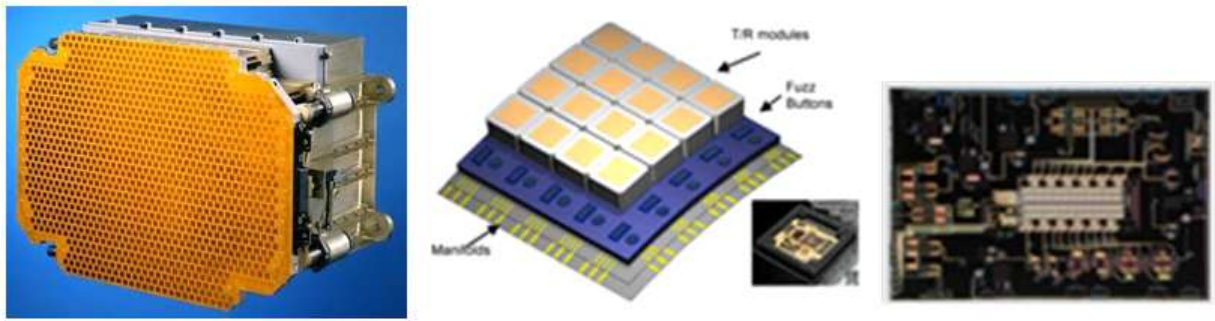


그림 56 전자식 위상배열 안테나 예 (좌:전자식 위상배열 안테나, 중:타일형태 안테나 및 송수신기, 우:다기능 핵심 칩 MMIC)

□ 사업 목표 달성을 위한 주요 세부 연구 내용 설정

- 전자식 스캔 배열 안테나 및 RF 송수신 기술
 - 시스템 규격 분석 및 모듈 규격 작성
 - 시뮬레이션 및 설계 : 안테나 및 RF 송수신 모듈
 - 상용 부품 적용 안테나 및 RF 송수신 모듈 제작
 - 조립 시험 및 성능 분석
 - RF 송수신용 고출력 증폭기 및 저잡음 증폭기 MMIC 개발
 - 소형 집적화를 위한 다기능 핵심칩 (CoreChip) MMIC 개발
 - MMIC 적용 모듈 제작, 시험 및 성능 분석
- 탐색 및 추적 레이더 신호처리 기술
 - 시스템 규격 분석 및 신호처리부 규격 작성
 - 레이더 신호처리 핵심 알고리즘 시뮬레이션 및 SW 모듈 설계
 - 레이더 신호처리부 HW 모듈 제작
 - 레이더 신호처리부 HW, SW 통합, 시험 및 검증
 - 레이더 신호처리부 보완 개발
 - 레이더 신호처리부 종합 시험 및 성능 분석
- EO/IR 영상처리부 신호처리 및 표적식별 기술
 - 시스템 규격 분석 및 영상신호 처리부 규격 작성
 - EO/IR 모듈 부품 선정 및 구매
 - 영상 신호처리부 HW 모듈 설계 및 제작
 - 영상 신호처리 및 표적식별 핵심 알고리즘 시뮬레이션 및 SW 모듈 설계, 코딩
 - 영상 신호처리부 HW, SW 통합, 시험 및 검증

- 레이더 시스템 연동 시험 및 검증레이더 신호처리부 종합 시험 및 성능 분석
- 전원, 지시/제어, 통신 및 시스템 기술
 - 시스템 규격 작성
 - 전원, 지시/제어, 통신, 안테나 마스트 모듈 규격 작성
 - 전원, 지시/제어, 통신, 안테나 마스트 모듈 HW 제작 또는 구매
 - 지시/제어, 통신 모듈 SW 설계 및 코딩
 - 저고도 비행물체 감시 시스템 조립 및 시험
 - 시스템 현장 시험 및 검증
- 지형지물 정보 기반 커버리지 예측 기술
 - 시스템 규격 분석 및 커버리지 예측 모듈 규격 작성
 - 커버리지 예측 알고리즘 개발 및 시뮬레이션
 - 3차원 지형지물 표본 데이터 획득
 - 커버리지 예측 SW 구현
 - 현장 시험, 레이더 측정 결과 비교 분석 및 SW 보완 개발

3.4 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 연계방안

□ 세부 과제 형태

- 기획 과제의 목표인 “위협적인 저고도 불법 소형 무인기를 탐지 및 식별할 수 있는 다중센서 기반의 이동형 지상 감시 장치 개발”을 위해 핵심 기술 위주의 기술 개발 뿐만 아니라 시스템도 개발 실시
- 개발하는 다중센서 기반의 이동형 지상 감시 장치는 하나의 목표 시스템을 개발하기 때문에 여러 세부 과제로 분할하는 것보다는 하나의 **단일 통합 과제로 개발**하는 것이 바람직함
 - 감시 장치의 이동성 및 성능을 극대화 하기 위해서 연구개발을 수행하는 도중에 구성 모듈의 성능 파라미터 및 인터페이스 등을 유연하게 통제할 수 있도록 하여야함
 - 개발되는 구성 모듈들의 핵심 기술이 감시 장치에 직접적으로 사용되기 위해서 연구 개발 도중 긴밀한 기술교류가 필요하기 때문에 주관기관과 참여기관간의 긴밀한 협조 체계가 필요
 - 과제 수행을 통해서 확보되는 과급효과가 매우 높은 핵심 원천기술을 국내에서 최대한 활용하기 위해서는 원천 기술을 통합 관리할 수 있는 체계가 필요하며, 이를 위해 주관기관이 컨트롤 타워 역할을 수행할 수 있도록 단일 과제로 수행

□ 추진 전략

- 연구개발의 성공 및 실용화 가능성을 높이기 위해 확보 전략 수립

표 21 핵심 기술 확보 전략

핵심기술 확보 전략	
국내외 전문가 활용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 선진기술 보유 기관 및 전문가 참여 (레이더, 안테나 및 RF회로, EO/IR, S/W 등 전문가 참여) ○ 해외 전문가 네트워크 구축 및 활용
성공 가능성 제고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내에서 기확보 또는 개발 성공한 레이더, 안테나 및 RF 회로, 신호처리, S/W 기술을 최대한 활용하여 개발 추진 ○ 탐지 레이더 및 신뢰성있는 핵심 기술 개발 관련 국가 R&D의 기술적 성취도를 최대한 반영

표 22 검증 기술 확보 전략

검증 기술 확보 전략	
검증 시설 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 검증 실험시설의 test-bed 벤치마킹 및 최적의 검증 방법 구축
테스트베드 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 검증을 위한 사이트 전파 환경 분석 ○ 실제 소형 무인기 운용 관측을 통한 검증 구현 ○ 다양한 소형 무인기의 관측 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하여 분석 실시

표 23 기술의 조기 실용화를 위한 시장 친화적인 연구개발 전략

기술의 조기 실용화를 위한 시장 친화적 연구개발 전략	
조기 실용화 추진	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사회적 니즈에 부합하면서 틈새시장을 창출할 수 있도록 연구개발 수행 ○ 개발 제품의 조기 실용화와 활용을 위해 검인증, 표준화, 제도화를 포함하는 정책적 기반을 마련
국외 시장 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발도상국 등에서의 시범 운영 및 테스트베드 운영을 통한 잠재적 블루오션 진입 기반 구축

○ 다중센서 기반의 이동형 지상 감시 장치 TRL 추진 단계

- TRL(Technical Readiness Level)은 연구 과제의 기술수준별 추진 단계를 나타냄
- 본 연구를 통해 TRL 3단계부터 7단계까지 수행

표 24 TRL 추진 단계 전략

TRL 단계			추진 연도				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
기초 연구 단계	1	기초 이론/실험					
	2	실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념 정립					
실험 단계	3	실험실 규모의 기본성능 검증	■	■			
	4	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가		■	■		
시작품 단계	5	소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능 평가			■	■	
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가			■	■	
제품화 단계	7	실제 환경에서 시제품 검증				■	■
	8	시제품 인증 및 표준화					
사업화	9	상용 제품 생산					

※ 과제 수행 기간 중 표준화 기반을 마련하고 완료 후 사업화를 위한 상용 제품 생산 및 표준화 실시

□ 추진 일정

표 25 연구 추진 일정

세부기술	연구활동	수행 기간				
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
능동전자스캔 배열안테나 및 RF송수신기술	규격 작성 및 상위설계					
	상세 설계 및 검증용 모듈 제작					
	검증용 모듈 조립/검증/분석					
	MMIC 구조분석 및 예비설계					
	MMIC 설계 보완 및 상세설계					
	MMIC 적용 시스템 개발					
탐색 및 추적 레이더 신호 처리 기술	규격 작성 및 상위설계					
	상세 설계 및 HW 모듈 제작					
	신호처리 알고리즘 개발					
	신호처리부 시험 및 검증					
	신호처리부 보완 개발					
	신호처리부 최종 시험 및 검증					
레이더연동 영상신호처리 및 표적 식별 기술	영상신호 처리부 규격 작성					
	EO/IR 모듈 부품 구매					
	영상신호처리부 HW모듈설계및제작					
	영상신호처리부SW모듈설계및제작					
	영상처리부 시험 및 검증					
	레이더 시스템 연동 시험 및 검증					
전원,지시/제어,통신 및 시스템기술	시스템 규격 작성					
	모듈 규격 작성					
	HW 모듈 구매 또는 제작					
	SW 모듈 제작					
	시스템 조립 및 시험					
	시스템 현장 시험 및 검증					
지형지물정보기반 커버리지 예측기술	커버리지 예측 모듈 규격 작성					
	커버리지 예측 알고리즘 개발					
	3차원 지형지물 표본 데이터 획득					
	커버리지 예측 SW 구현					
	현장 시험 및 레이더 측정 결과 분석					
주요 마일스톤		SDR	PDR	CDR	TRR	TRB

※ SDR : System Design Review, PDR : Preliminary Design Review, CDR : Critical Design Review, TRR : Test Readiness Review, TRB : Test Review Board

□ 주요 성과물

○ 1차년도 성과물

- 불법 비행물체 탐지/추적/식별 시스템 요구규격서, 시험계획서
- 능동배열안테나 모듈 규격서, 구조설계서
- RF 송수신모듈 규격서, 구조설계서
- RF 송수신모듈용 MMIC 구조 분석서
- 레이더 신호처리부 규격서, 상위설계서, HW모듈 구조설계서
- 영상처리부 규격서
- 커버리지 예측모듈 규격서

○ 2차년도 성과물

- RF 송수신모듈용 MMIC 예비 설계서
- 레이더 신호처리 HW 시작품
- 전원모듈, 통신모듈, 지시제어모듈, 안테나마스트 규격서

○ 3차년도 성과물

- 시험검증용 비행물체 탐지/추적/식별 시스템
- 시험검증용 능동배열안테나 시작품
- 시험검증용 RF 송수신모듈 시작품
- RF 송수신모듈용 MMIC 상세 설계서
- 레이더신호처리 SW 및 영상신호처리부 SW
- 전원모듈, 통신모듈, 지시제어모듈, 안테나마스트

○ 4차년도 성과물

- 시험검증용 시스템 시험결과서
- MMIC 시험용 지그
- 커버리지 예측 SW

○ 5차년도 성과물

- 불법 비행물체 탐지/추적/식별 시스템 2식
- 불법 비행물체 탐지/추적/식별 시스템 시험 결과서
- 커버리지 예측 SW 현장시험 결과서
- 고효율증폭기 MMIC, 빔제어용 다기능회로 MMIC

3.5 연구추진체계

□ 연구 추진 고려사항

- 수요 부처와의 정기적 회의를 통하여 진도 보고와 문제점에 대한 대책을 적기에 수립
- 민간용 장비 국산화 개발을 위한 고려사항
 - 가격 경쟁력 있는 이동성이 높은 장비 개발
 - 최신의 반도체 기술, 디지털 기술 등을 적용하여 양산시 LOW C-SWaP 달성
 - Compact 장비 개발을 위한 핵심 RF 회로 및 부품 국산화 개발
 - 레이더 시스템 생산, 판매 의지가 강하고 투자 계획이 있는 기업 참여를 통해 조기 사업화 실현 및 활용성 극대화 추진
 - 단계별 개발을 통해 신뢰성 있는 장비 개발 추진
 - 초기 단계 : COTS 안테나, RF 송수신기 모듈의 조기 제작으로 장비의 기능 검증
 - 중간단계 : 핵심기술에 대한 실환경 시험에 착수하여 안테나, RF 송수신 MMIC, 시스템 등의 개발 리스크를 최소화하고 실환경 데이터 축적함으로써 도플러 프로세싱, 클러터 제거 기법 등 핵심 알고리즘 분석을 수행
 - 최종단계 : 개발 장비뿐만 아니라 소형화에 필요한 핵심 MMIC 부품 개발 완료
 - 레이더 기술을 보유한 국내 산·학·연을 최대한 활용
- 미국의 RTCA-228 DAA Phase Two 등 국제 표준화 활동을 통해 국제적인 제품 개발 뿐만 아니라 해외 시장 진출 교두보 확보에 활용
- 레이더 장비 사용 시 전자파 인체 영향 안전 대책을 수립하기 위해서 레이더 전파로부터 운용자 및 주변 인력이 안전한 조건과 운용 절차 수립 추진

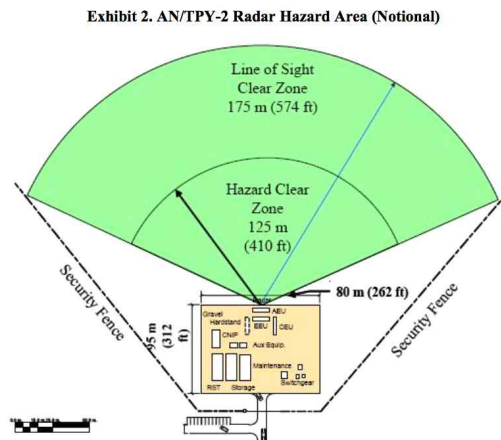


그림 57 사드 레이더 안전 범위 예

□ 추진 방법

- 국가 R&D 로드맵과 연계하여 연구 개발 수행
- 과제 관리 및 수요 부처
 - 국토교통과학기술진흥원 : 제도 및 정책수립, 기술개발 기획 및 로드맵수립, 예산확보 및 지원, 과제관리 (진도검토 및 평가), 과제 수행 지원
 - 경찰청 : 감시 장치 요구사항 관리, 감시 장치 활용 체계 구축
- 수행기관 역할 구분 (주관기관 및 참여기관)
 - 출연 연구기관 : 연구개발 주관, 핵심 분야는 자체연구수행 (장치를 개발하면서 파급효과가 핵심원천 기술도 동시에 확보하여야 하기 때문에 연구 역량이 우수한 연구기관에 수행하는 것이 바람직함)
 - ※ 출연 연구기관에서 개발되는 기술은 국내 업체에 기술이전이 가능하기 때문에 원천기술 활용을 극대화 할 수 있음
 - 학계 : 기초연구 분야 및 이론적 성능 분석 등이 요구되는 분야, 추진기술의 타당성 분석, 알고리즘 연구 및 미래 기술을 위한 기초 기술 수행
 - 산업계 : 제작 및 시험
 - 실상용화 기술개발을 위해 산·학·연 중심의 컨소시움을 통해 협력 체제를 구축
- 국내/국제 표준화 단체 : RCTA 특별위원회 등의 표준화 단체 활동

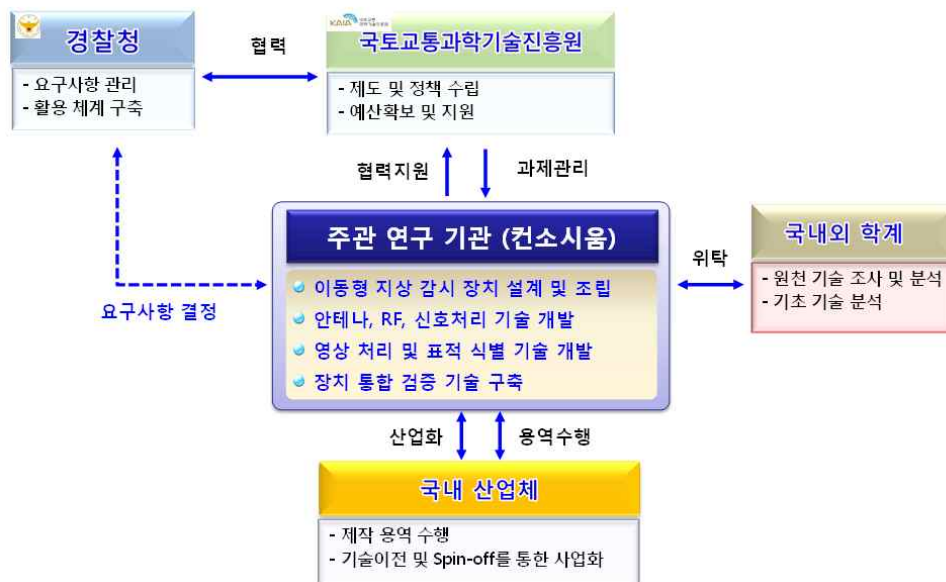
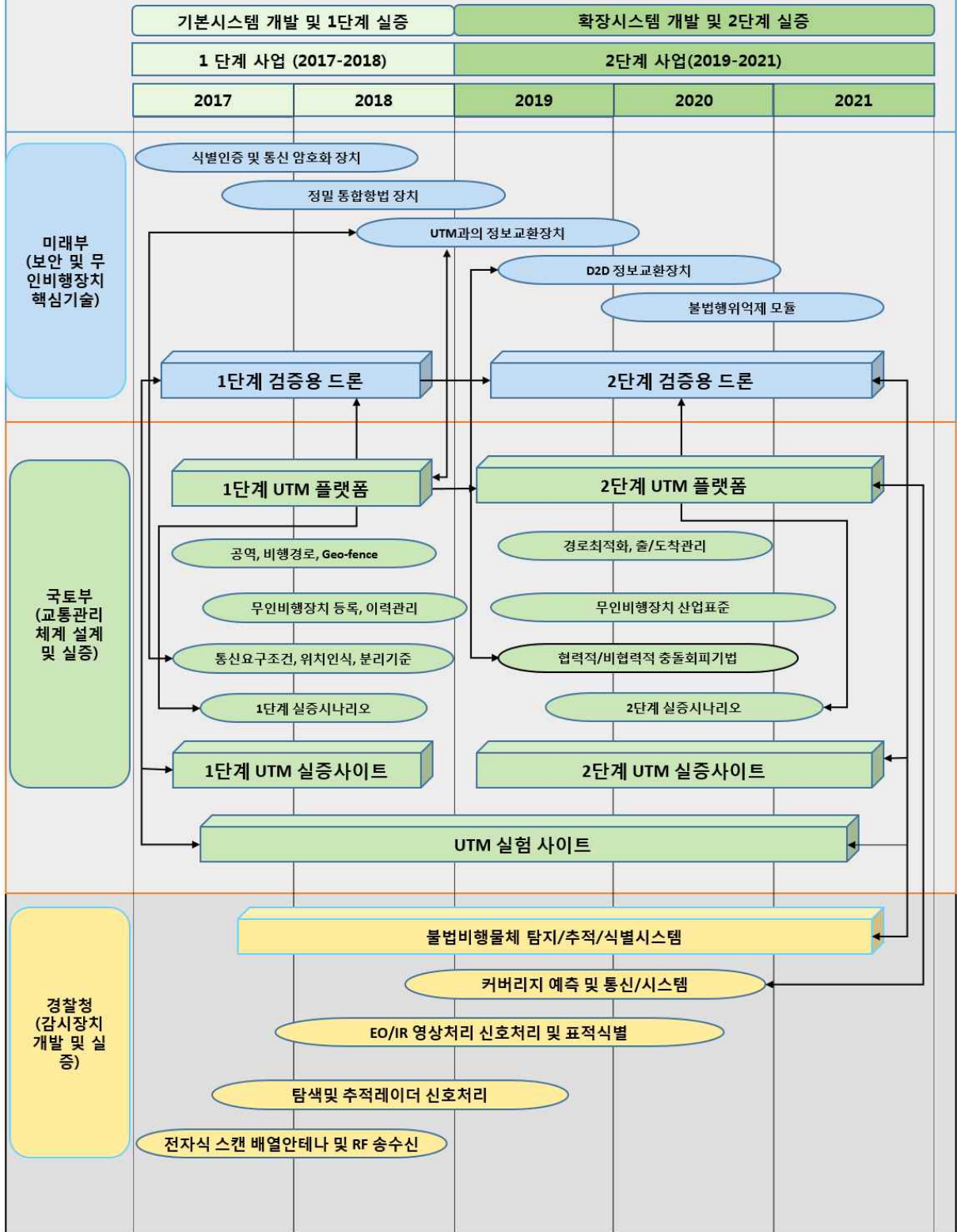


그림 58. 연구개발 추진체계

3.6 기술 로드맵 및 성과 로드맵

불법 무인비행물체 감시를 위한 다중센서 기반 이동형 감시장치(국토부)					
사업(2017-2021)					
	2017	2018	2019	2020	2021
Product	레이더 시스템 요구규격, 운용시나리오, 설계서, 레이더 HW 및 SW, 시험 검증, 현장검증				
Technology	A1. 시스템 규격 및 모듈 규격 작성, 상용부품 적용 안테나, 조립 시험 및 성능분석		A2. MMIC 적용모듈 제작, 시험 및 성능분석		
	B1. 전자식 스캔 배열 안테나 및 RF 송수신 기술			B2. 레이더 신호처리부 HW, SW 제작, 통합, 시험 및 검증	
	C1. EO/IR 영상처리부 신호처리		C1. EO/IR 영상처리부 표적식별		
	D1. 전원, 지시/제어, 통신, 안테나 마스트 모듈			D2. 감시 시스템 조립 및 시험, 시스템 현장 시험 및 검증	
Program	A. 이동형 지상 감시장치 설계 및 조립				
	B. 안테나, RF, 신호처리 기술 개발				
	C. 영상처리 및 표적 식별 기술 개발				
	D. 장치 통합 검증 기술 구축				

저고도 무인비행장치 비행체계 기술개발 및 실증시험(다부처)



4. 사전타당성 검토

4.1 정책적 타당성

4.2 기술적 타당성

4.3 경제적 타당성

4.1 정책적 타당성

- 대통령 주재 제22차 국가과학기술자문회의에서 관계부처 합동으로 『무인이동체 기술 개발 및 산업성장 전략』 보고 ('15.5.29)
 - 다중 또는 다수 무인이동체간 공통으로 적용·활용 가능한 공통기술 개발에 따라 소형 무인기 등에 대한 기술 개발 실시
 - 무인이동체의 운행 허용, 안전성 확보, 역기능 방지 등을 위한 법제도 정비 및 규율 체계 정립 추진을 위해 소형 무인기 탐지에 대한 기술 개발 필요
 - 국토부는 법·제도 정비 및 확충, 실증 및 테스트 지원 실시
- 미래창조과학부 ‘제17회 미래성장력 오픈토론티레이“ 주관 개최
 - 주제 : 미래사회, 무인기 新시장 태동을 위한 산업 및 서비스 발굴
 - 융합적 협력이 무인기 新시장 창출에 큰 활력을 제공할 것으로 기대
- 초경량 비행장치 시행 규칙 (항공법 제23조 62조)
 - 12kg 이하 소형 무인장치는 신고가 필요하나 무인비행물체는 신고 없이 비행 가능하기 때문에 이에 대한 탐지
 - 항공기와의 충돌 또는 위험 사건의 발생과 각국에서의 테러 위협성 증대는 드론의 규제 완화를 저해하는 주요한 요인으로 작용하여 이에 대한 대처 필요
- 해외 주요 정책을 고려한 국가 정책 변동 가능
 - 미국은 공항 주변의 비행금지 구역에 진입하는 무인비행장치가 안전을 심각하게 위협할 수 있기 때문에 FAA는 정부 및 협력 기업과의 공조 하에 공항 근처에서 안전하게 무인비행장치를 탐지 기술을 평가
 - 유럽항공안전국 (EASA)은 2015년 3월 드론의 운항을 개방, 특정, 인증의 3개 범주로 구분하는 법규를 제안
 - 일본은 야간 비행은 허용되지 않고, 주간인 경우에도 육안으로 무인비행장치 확인이 가능한 시계 내 비행만을 허용하며, 행사나 전시회 등 사람이 모이는 장소에서의 비행과 폭발물 운송은 금지

4.2 기술적 타당성

- 소형 무인기 탐지용 저고도 레이더 현황
 - 군사용 저고도 레이더로 탐지가 어려운 북한의 소형 무인기 출현으로 2014년 소형 무인기를 탐지하는 레이더의 필요성이 대두되었음
 - 북한 소형 무인기를 탐지하기 위해 이스라엘 레이더를 도입하였으나, 소형 무인기 탐지 확률이 50%에도 미치지 못한 것으로 보고되어 이에 대한 기술적 진보가 필요한 상황임
- 국내 활용을 위한 소형 무인기 탐지용 저고도 레이더 기술 개발 필요
 - 국내에서 최적 활용을 위해서는 가벼운 레이더로 이동성을 지니면서 목표를 탐지하기 위한 고성능 레이더가 요구되고 있음
 - 국내 환경에 맞는 레이더 장치 개발뿐만 아니라 파급력이 높은 핵심기술에 대해서는 원천 기술을 확보함
 - 집적 회로를 이용한 콤팩트 위상배열 안테나는 국외 일부 국가에서만 보유하고 있는 핵심 원천 기술로 기술 파급력이 매우 높아 레이더 및 통신 시스템에 활용이 가능함
- 국내에서 활용하는 탐지 장치의 유지 보수에 확보 기술 적용
 - 소형 무인기 개발에 따라 증가되는 탐지 장치의 보급에 대한 유지보수가 증가되기 때문에 이에 대한 준비가 마련되어있어야 함
 - 국내 장치에 대한 표준화를 위해서는 원천 기술 확보가 필요
 - 기술개발에 따라 확보된 기술을 바탕으로 유지보수 체계 확립

4.3 경제적 타당성

□ 과학 기술적 파급효과

- 탐지 레이더 기술 분야
 - 군사용 레이더로 탐지가 어려운 소형 무인기 탐지
 - 민간 주도의 기술 발전을 통해 군사용 레이더 기술 발전 유도
- RF 집적회로를 기반으로 하는 위상배열 안테나 기술 분야
 - 군사용 레이더로 탐지가 어려운 소형 무인기 탐지
 - 민간 주도의 기술 발전을 통해 군사용 레이더 기술 발전 유도
- 레이더 신호처리 기술 분야
 - 새, 무인기, 기상 등을 분석할 수 있는 신호처리 기술 확보를 통해 기상 레이더 등 민간용 레이더에 활용
 - 목표물 탐지 기술은 군사용 레이더에도 핵심 기술
 - 레이더 신호처리는 목표 탐지뿐만 아니라 SAR 시스템을 이용한 영상 정보 획득에 사용되는 핵심 기술
- EO/IR 분야 기술
 - 레이더를 통해서 탐지된 대상의 인지, 분류(종류, 크기), 및 추적
 - 가시광선 및 적외선 영상기반 목표물 탐지, 분류 및 추적기술은 군사용 핵심 기술임
 - 민간 주도의 기술 발전을 통해서 군사용 대상 인지, 분류, 추적 기술발전 유도

□ 산업 경제적 파급효과

- 저고도 소형 무인기 탐지 및 식별 시스템은 국외 기업이 주로 생산하고 있으므로, 본 시스템을 국내에서 개발할 경우 국외 기업이 선점하고 있는 내수시장에서 수입대체 효과가 발생할 것으로 기대됨
 - 국내 참여 기업과 본 시스템을 개발, 상용화하게 되면, 시스템 구입 및 설치비용뿐만 아니라 유지보수 비용까지 절감할 수 있어, 외화유출을 줄이는 등 국가경제 발전에 기여함
- 본 연구개발로 인한 국내 기업의 매출액 증가 효과를 2022년부터 2029년까지 분석하면, 8년간 국내시장 매출액 증가분 867억원(평균 108억원), 세계시장 매출액 증가분 6,434억원(평균 804억원) 등 총 7,302억원의 매출액 증가가 예상되며, 이 중 R&D가 기여하는 비율 및 현가계산을 위한 할인율을 고려하면 연구개발 시작시점인 2017년 기

준 R&D로 인한 매출액 증가분의 현가는 총 1,572억원(평균 197억원)으로 추정됨

- 총 연구개발 기간이 5년(2017년~2021년)인 점, 2차년도부터 국내 기업을 연구개발에 참여시켜 기술 이전 기간을 최소화할 예정인 점 등을 고려하여, 연구개발이 종료되면 연구개발시차 없이 2022년부터 바로 상용화가 가능할 것으로 판단됨
- 본 시스템과 가장 가까운 기술(IPC(국제특허분류) Code G01S, 무선에 의한 방위결정; 항행; 거리/속도결정; 탐지)의 특허인용지수(TCT)의 중앙값은 8로, 본 기술개발로 인한 경쟁우위가 지속되는 경제적 기술수명은 8년으로 예상되므로 2022년부터 8년간의 효과를 분석 (자료: ICT 기술가치평가 실무 길라잡이, IITP, 2015년)
- 국내 시장 점유율은 2022년 10%에서 2029년 45%까지 매년 5%P씩 증가하는 것으로 가정
- 세계 시장 점유율은 2022년 2%에서 2026년 5%까지 증가하여 이후 계속 유지되는 것으로 가정
- 매출액 중 R&D가 기여하는 비중은 35.4%로 가정 (자료: 연구개발부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침, 한국과학기술기획평가원, 2014년)
- 현가계산을 위한 할인율은 KDI에서 제시하는 5.5%를 적용 (자료: 예비타당성 조사 수행을 위한 일반지침 수정, 보완 연구, KDI, 2008년)

표 26 연구개발로 인한 매출액 증가효과 분석 (단위:억원)

구분		2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	합계
국내 시장	시장규모 ¹⁾	314	330	346	364	382	403	424	447	3,009
	점유율 ²⁾	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	-
	매출액 증가분	31	49	69	91	115	141	170	201	867
세계 시장	시장규모 ³⁾	16,533	17,347	18,214	19,139	20,128	21,185	22,317	23,529	158,392
	점유율 ⁴⁾	2.0%	2.5%	3.0%	4.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	-
	매출액 증가분	331	434	546	766	1,006	1,059	1,116	1,176	6,434
전체시장 매출액 증가분 ⁵⁾		362	483	616	856	1,121	1,200	1,285	1,378	7,302
R&D 기여율 ⁶⁾		35.4%	35.4%	35.4%	35.4%	35.4%	35.4%	35.4%	35.4%	-
R&D로 인한 매출액 증가효과 ⁷⁾		128	171	218	303	397	425	455	488	2,585
R&D로 인한 매출액 증가(현가) ⁸⁾		98	124	150	198	245	249	253	257	1,572

1) 제2장 제2절에서 산출한 저고도 무인항공기 탐지 및 식별 시스템 국내 시장 규모

2) 본 기술개발에 참여한 기업이 국내 시장에서 차지하는 비중

3) 제2장 제2절에서 산출한 저고도 무인항공기 탐지 및 식별 시스템 세계 시장 규모

4) 본 기술개발에 참여한 기업이 세계 시장에서 차지하는 비중

5) 국내시장 매출액 증가분 + 세계시장 매출액 증가분

6) 매출액 중 연구개발이 기여하는 정도

7) 전체시장 매출액 증가분 × R&D 기여율

8) 매년 발생하는 매출액 증가분을 할인율 5.5%를 적용하여 2017년 기준으로 할인한 금액

- 또한, 저고도 무인항공기를 탐지 및 식별하는데 필요한 비용이 감소하므로 공항, 행사장 등 주요 시설물에서 본 시스템을 보다 많이 설치하게 되며, 이는 해당 시설의 안전성 및 경제성을 높여주는 결과를 가져옴

□ 기대효과

- 수요 부처인 경찰청에서 조기에 소요 수량을 예고하여 기업의 적극적 투자 및 생산 유도
- 기업은 시장 경쟁력을 바탕으로 공공 및 민간 주요 시설에 대한 침입 방지 시스템을 구현하여 내수 및 수출 상품화
- 공공 및 민간의 주요 시설에 대한 불법 무인기 침입에 대한 안전 대책 강화
- K-UTM의 1차 감시레이더(Primary Surveillance Radar) 기술 확보

5. 자원투입 계획

5.1 연구 기간 및 소요 예산 계획

5.2 정부지원조건

5.1 연구 기간 및 소요 예산 계획

□ 사업기간 및 소요예산

- 사업기간 : 2017년 ~ 2021년 (총 5년)
- 소요예산 : 94억원
- 사업기간 총 투입인력 : 35명 (연평균 인력 : 7 M/Y)
 - H/W 분야 : 17명
 - S/W 분야 : 10명
 - 조립/검증 분야 : 8명

□ 연도별 소요예산

- 개발 내용에 따른 연도별 예산

표 27 개발 내용에 따른 연도별 예산

(단위 : 천원)

내역	소요예산					계	비율 %
	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년		
능동 전자 스캔배열 안테나 및 RF 송수신기술	849,440	865,350	769,920	666,760	384,920	3,536,390	37.6
탐색 및 추적 레이더 신호 처리 기술	455,600	599,950	331,520	499,875	248,500	2,135,445	22.7
레이더 연동 영상 신호처리 및 표적 식별 기술	192,960	447,200	288,000	219,300	177,500	1,324,960	14.1
전원, 지시/제어, 통신 및 시스템기술	207,700	282,750	280,960	230,265	211,580	1,213,255	12.9
지형지물정보 기반 커버리지 예측기술	194,300	204,750	329,600	283,800	177,500	1,189,950	12.7
계	1,900,000	2,400,000	2,000,000	1,900,000	1,200,000	9,400,000	100

※ 개발 예산은 정부 출연금 기준

표 28 개발 내역에 따른 연도별 예산

(단위 : 백만원)

내역	소요예산					계	비율 %
	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년		
인건비	400	825	642	404	229	2,500	26.6
연구장비·재료비·시제제작	1,014	1,023	924	1,065	615	4,641	49.4
기타경비 및 간접비	486	552	434	431	356	2,259	24.0
계	1,900	2,400	2,000	1,900	1,200	9,400	100.0

※ 기타경비 내역 : 연구수당, 국내외여비, 회의-야근 식대, 기술정보활동비 등

5.2 정부지원조건

□ 정부 출연금

- 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

□ 기업 부담금

- 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

중양행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준(제29조제3항 관련)

1. 중앙행정기관의 연구개발비 출연 기준	2. 참여기업이 부담하는 연구개발비 중 현금 부담 기준	3. 참여기업이 부담하는 연구개발비 중 현물 부담이 허용되는 비목 및 범위
가. 참여기업이 대기업인 경우: 총 연구개발비의 50퍼센트 이내 나. 참여기업이 중견기업인 경우: 총연구개발비의 60퍼센트 이내 다. 참여기업이 중소기업인 경우: 총연구개발비의 75퍼센트 이내 라. 참여기업이 2개이고 각각 중소기업 및 중견기업인 경우: 총연구개발비의 60퍼센트 이내 마. 참여기업이 3개 이상이고, 이 중 중견기업의 비율이 3분의 2 이상인 경우: 총연구개발비의 60퍼센트 이내 바. 참여기업이 3개 이상이고, 이 중 중소기업의 비율이 3분의 2 이상인 경우: 총연구개발비의 75퍼센트 이내 사. 그 밖의 경우: 총연구개발비의 50퍼센트 이내	가. 참여기업이 대기업인 경우: 부담금액의 15퍼센트 이상 나. 참여기업이 중견기업인 경우: 부담금액의 13퍼센트 이상 다. 참여기업이 중소기업인 경우: 부담금액의 10퍼센트 이상	가. 참여기업 소속 연구원의 인건비(대기업의 경우에는 현물 부담액의 50퍼센트 이내, 중견기업인 경우에는 70퍼센트 이내) 나. 직접경비 중 보유하고 있는 연구기자재 및 시설비, 재료비, 시제품 제작에 필요한 부품비(대기업이 보유하고 있는 연구기자재 및 시설비는 기업의 현물 부담액 중 인건비를 제외한 금액의 50퍼센트 이내, 중견기업인 경우에는 70퍼센트 이내)

6. 과제공모 방안

6.1 과제제안 요구서

6.1 과제제안 요구서

연구개발과제명	불법 무인비행장치 감시를 위한 감시 레이더 개발 및 실증 시험
1. 연구개발 목표	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위협적인 저고도 불법 무인비행장치를 탐지 및 식별할 수 있는 이동형 지상 감시 레이더 개발 및 실증 시험
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소형무인기를 이용한 서비스가 다양화되고 손쉽게 소형 무인기를 획득할 수 있게 됨에 따라 주요 시설 및 비행금지구역에 대한 무인기 침입 위협이 국가적, 사회적인 문제가 되고 있어 이에 대한 대응 수단 장구가 절실함 <ul style="list-style-type: none"> - 2015년 1월 26일 오전 3시경(현지 시간) 직경 61cm 크기의 무인기가 백악관 건물 남동쪽에 부딪힌 뒤 추락하는 사건 발생 - 2015년 4월 22일 오전 일본 총리관저 옥상에 카메라가 장착되어 있고 방사선 물질을 탑재한 직경 약 50cm의 쿼드로터 무인기 발견 - 2014년 3월 24일 경기도 파주에 추락한 북한 소형무인정찰기에서 25초간 청와대를 촬영한 영상이 발견됨 ○ 미국 Raytheon의 AN/MPQ, 우리나라 LIG넥스원의 FPS-303K 등 군사용 저고도 레이더나 대박격포 레이더로 무인기를 탐지할 수는 있으나 시설 및 행사장 감시 기능으로 적용하기에는 성능과 가격이 과도하며, 오히려 수 km 이내의 단거리 탐지에는 취약한 점이 있음 ○ 최근 국외에서 저고도 무인기 탐지 시스템이 다수 출시되고 있으나 요구규격과 다르고, 또한 추가개발 및 유지보수에 대한 우려가 있음 ○ 따라서 저고도, 저속, 초소형 불법무인기 탐지에 적합한 소형, 저가격 이동형 레이더와 탐지된 표적의 확인과 식별을 위한 광학카메라 연동 등 보조 기능을 가진 다중센서 기반의 통합시스템 개발이 절실함 ○ 저가의 “저고도 소형무인기 탐지 및 식별 시스템”은 무인기교통관리 시스템의 1차 감시 시스템(PSR: Primary Surveillance Radar)으로 활용될 수 있으며, 주요 민간 시설에도 대인, 차량, 비행물체 등의 침입 감시 시스템으로 응용될 수 있음
□ 기술동향	○ 국내 기술 동향

- 우리나라 군에서는 소형 무인기 탐지를 위한 레이더로 외산 장비를 도입 운용 중인 것으로 알려져 있음
- 국내에서 무인기나 스텔스기를 탐지하기 위한 바이스태틱 레이더에 대한 기초연구를 수행하였으나 민수용 저고도 무인기 탐지 시스템이 개발된 바는 없음
- 저고도 무인기 탐지레이더의 핵심적인 기술이자 가격 결정에 중요한 변수가 되는 안테나, 고출력증폭기, 저전력증폭기, 위상천이기, 송수신 핵심 모듈과 핵심칩 MMIC 설계 기술은 국내 연구기관과 기업이 보유하고 있음

○ 국외 기술 동향

- 미국의 무인기 통신 및 충돌방지 표준을 제정하는 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics) 228에서는 Phase Two(2017. 1. ~ 2020. 12.)의 목표로 Class D, E, G 공역에서 운항하는 무인기에 대한 “지상기반 비협력적 레이더”의 최소 운용성능 규격 (MOPS: Minimum Operational Performance Specification) 제정을 설정함
- 일본은 경시청 내 기동대에 수십명 단위의 드론 전문 부대를 설치, 중요 시설의 상공 등 비행금지구역에 침입한 드론이 발견됐을 때 유인 헬기가 긴급 출동하여 드론이 비행중지 요구에 불응하고 비행을 계속할 경우 직사각형 모양의 그물로 프로펠러를 덮어 조종 불능 상태로 만드는 계획을 수립함. 이 단계에서 가장 중요한 장치는 저고도 무인기 탐지 시스템이 될 것임.
- 우리나라에도 도입 운용 중에 있는 영국 Blighter 사의 AUDA(Anti-UAV Defence System)은 레이더, EO/IR 비디오 추적기와 지향성 RF 억압기 등 3개사 3종의 장비가 결합된 무인기 탐색, 추적, 인식 및 제거를 할 수 있는 칩입감시 시스템으로 PESA(Passive Electronically Scanned Array) 방식을 채택하여 LOW C-SWaP을 실현한 것으로 보이나 0.01m²의 DJI 팬텀급 레이더의 탐지거리가 2.4 km 정도로 단거리라는 문제점이 있음.
- 이 외에도 무인기 탐지를 위한 주요 시스템으로 스페인 ART(Advanced Radar Technology)사의 Drone Sentinel, Thales Netherlands사의 Squire, 미국 SpotterRF Radar사와 Black Sage Technology사가 합작한 A2000 시스템, 미국 Harrier사의 DSR-200d, 미국 Gryphon Sensors사의 R1400 등 많은 시스템들이 출시되고 있으나 소규모 벤처 기업들이 대부분으로 시스템 변경, 유지, 보수 등의 문제로 채택이 쉽지 않은 실정임.

3. 연구개발 내용

□ 세부 연구 내용

- 전자식 스캔 배열 안테나 및 RF 송수신 기술
 - 시스템 규격 분석 및 모듈 규격 작성
 - 시뮬레이션 및 설계: 안테나 및 RF 송수신 모듈
 - 상용 부품 적용 안테나 및 RF 송수신 모듈 제작
 - 조립 시험 및 성능 분석
 - RF 송수신용 고출력 증폭기 및 저잡음 증폭기 MMIC 개발
 - 소형 집적화를 위한 다기능 핵심칩 (CoreChip) MMIC 개발
 - MMIC 적용 모듈 제작, 시험 및 성능 분석

- 탐색 및 추적 레이더 신호처리 기술
 - 시스템 규격 분석 및 신호처리부 규격 작성
 - 레이더 신호처리 핵심 알고리즘 시뮬레이션 및 SW 모듈 설계
 - 레이더 신호처리부 HW 모듈 제작
 - 레이더 신호처리부 HW, SW 통합, 시험 및 검증
 - 레이더 신호처리부 보완 개발
 - 레이더 신호처리부 종합 시험 및 성능 분석

- EO/IR 영상처리부 신호처리 및 표적식별 기술
 - 시스템 규격 분석 및 영상신호 처리부 규격 작성
 - EO/IR 모듈 부품 선정 및 구매
 - 영상 신호처리부 HW 모듈 설계 및 제작
 - 영상 신호처리 및 표적식별 핵심 알고리즘 시뮬레이션 및 SW 모듈 설계, 코딩
 - 영상 신호처리부 HW, SW 통합, 시험 및 검증
 - 레이더 시스템 연동 시험 및 검증

- 전원, 지시/제어, 통신 및 시스템 기술
 - 시스템 규격 작성
 - 전원, 지시/제어, 통신, 안테나 마스트 모듈 규격 작성
 - 전원, 지시/제어, 통신, 안테나 마스트 모듈 HW 제작 또는 구매
 - 지시/제어, 통신 모듈 SW 설계 및 코딩
 - 저고도 비행물체 감시 시스템 조립 및 시험
 - 시스템 현장 시험 및 검증

- 최적 배치를 위한 지형지물 정보 기반 커버리지 예측 기술

- 시스템 규격 분석 및 커버리지 예측 모듈 규격 작성
- 커버리지 예측 알고리즘 개발 및 시뮬레이션
- 3차원 지형지물 표본 데이터 획득
- 커버리지 예측 SW 구현
- 현장 시험, 레이더 측정 결과 비교 분석 및 SW 보완 개발

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 고성능 저가 장치개발을 위한 LOW C-SWaP 실현 방안 제시
 - 최신의 반도체 기술, 디지털 기술, 신호처리 기술 등을 적용하여 양산시 LOW C-SWaP 달성 목표 및 방안을 제시하여야 함
 - ※ C-SWaP : Cost, Size Weight and Power
 - 실환경 시험 조기 착수를 통한 리스크 관리
 - 상용 부품을 사용한 안테나, RF 송수신기 모듈의 조기 제작으로 3차년도 후반부터는 핵심기술에 대한 실환경 시험에 착수하여 안테나, RF 송수신 MMIC, 시스템 등의 개발 리스크를 최소화하고 실환경 데이터 축적함으로써 도플러 프로세싱, 클러터 제거 기법 등 핵심 알고리즘 분석을 수행하여야 함
 - 국내 보유 기술 활용
 - 레이더 및 영상처리 핵심 알고리즘, 부품기술, 시스템 기술을 보유한 국내 산·학·연을 최대한 활용
 - 조기 상용화 추진
 - 늦어도 2차년도부터는 레이더 시스템 생산, 판매 의지가 강하고 투자 계획이 있는 기업을 참여시켜 시장의 요구 사항을 반영하고 기술 이전 기간을 최소화할 수 있어야 함
 - 국제 표준화 활동
 - 미국의 RTCA-228 DAA Phase Two 표준화에 적극적으로 참여하고 시스템 개발에 반영함으로써 해외 시장 진출을 도모
 - 수요 부처 협력
 - 수요 부처와의 정기적 회의를 통하여 진도 보고와 문제점에 대한 대책을 적기에 수립할 수 있도록 함
 - 전자파 인체 영향 안전 대책
 - 레이더 전파로부터 운용자 및 주변 인력이 안전한 조건과 운용 절차를 제시하여야 함
 - ※ 미래부에서 고시한 “전자파 인체 보호기준”에 따름

□ 성과지표

성과지표	단위	최종 개발목표	세계최고수준 (보유국/보유자)	평가 방법
레이더 최대 탐지거리(RCS 0.01m ² 기준)	m	5,000 이상 ¹⁾	2,400 (영국/Blighter社)	측정
레이더 거리 분해능	m	5 이하	10 (영국/Blighter社)	측정
레이더 방위각 분해능	deg.	3 이하	5 (영국/Blighter社)	측정
EO/IR 최대 탐지거리(길이 1m 기준)	m	3,000 이상 ²⁾	11,000 (미국/HGH社)	측정
EO/IR 해상도	pixel	HD(EO), SD(IR) 이상	HD(EO),SD(IR)급 (영국/Blighter社)	측정
EO/IR 방위각 분해능	deg.	1° 이하	-	측정
무게(레이더 Panel 당)	kg	30	27 (영국/Blighter社)	측정
크기(레이더 Panel 당)	cm	65x55x20	67x50x13 (영국/Blighter社)	측정
운용 환경 온도 범위	° C	-30~60° C	-32~60° C (영국/Blighter社)	측정

- 1) 국내 산악 지형에 적합하면서 LOW C-SWAP이 가능한 수준의 최대 탐지거리 설정
2) 미 HGH사의 Spynel 카메라는 360° 전방향에 대해 파노라마 영상을 작성하고 다수 표적을 탐지 추적할 수 있으며 탐지 거리가 최대 11km로 알려져 있으나 고가이며 과도한 규격

- 추진체계 ○ 과제 관리 및 수요 부처
- 국토교통과학기술진흥원 : 제도 및 정책수립, 기술개발 기획 및 로드맵수립, 예산확보 및 지원, 과제관리 (진도검토 및 평가), 과제 수행 지원
 - 경찰청 : 감시 장치 요구사항 관리, 감시 장치 활용 체계 구축
- 산학연 공동연구를 위한 협업체계 구축 및 활용
- 국내/국제 표준화 단체 : RCTA 특별위원회 등의 표준화 단체 활동

5. 최종 성과물 불법 비행물체 탐지/추적/식별 시스템 2식

- 주요 최종성과물 ○ 1차년도 (제작 요구사항 및 구조분석)
- 불법 비행장치 탐지/추적/식별 레이더 시스템 요구규격서
 - 탐지 레이더 운용 체계 개념 및 운용 시나리오
 - 탐지 레이더 하드웨어 및 소프트웨어 구조분석 (구조 분석을 통해 양산 가격 도출)
 - 레이더 상위 설계서
- 2차년도 (시스템 구성품 및 시스템 설계)
- 레이더 하드웨어 구성품 설계서
 - 레이더 소프트웨어 설계서
 - 레이더 예비설계서
 - 레이더 검증 방안 계획서
- ※ 레이더 검증 방안 계획은 경찰청에 승인 요청

- 3차년도 (시스템 제작 및 조립)
 - 레이더 하드웨어
 - 레이더 소프트웨어
 - 레이더 사용 절차서
- 4차년도 (시스템 시험 검증 및 보완)
 - 레이더 시험 검증 절차서
 - 레이더 시험 검증 결과서
 - ※ 시험 검증은 환경 시험 포함
- 5차년도 (시스템 현장 검증)
 - 시스템 현장 검증 절차서
 - 시스템 현장 검증 결과서

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

- 수요 부처인 경찰청에서 조기에 소요 수량을 예고하여 기업의 적극적 투자 및 생산 유도
- 기업은 시장 경쟁력을 바탕으로 공공 및 민간 주요 시설에 대한 침입 방지 시스템을 구현하여 내수 및 수출 상품화

□ 기대효과

- 공공 및 민간의 주요 시설에 대한 불법 무인기 침입에 대한 안전 대책 강화
- K-UTM의 1차 감시레이더(Primary Surveillance Radar) 기술 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2017. 4. ~ 2022. 1. (4년 10개월 년)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2017. 4. ~ 2018. 1. (10 개월)

- 총 정부출연금 : 9,400백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 900백만원 이내

- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “보안 과제”임

- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 불법 무인비행물체 감시를 위한 다중센서 기반의 이동형 감시장치 개발 및 실증 기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.