

항공안전기술개발사업

무인항공기 안전운항기술 개발 및
통합시범운용 기획보고서

2015.11.11

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 항공안전기술원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제출문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 공동 기획연구" 과제의 기획보고서로 제출합니다.

2015 . 11. 11

주관연구기관명 : 항공안전기술원

주관연구책임자 : 최 병 철

연구원 : 심 현 철

박 종 혁

오 수 훈

김 요 식

조 성 욱

보고서 요약서

과제고유번호		해당단계 연구기간	2014-2015	단계구분	기획단계
연구사업명		무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 기획			
연구과제명	대과제명	항공안전기술개발사업/ 고신뢰성 무인이동체 통합운용 기반구축 (다부처사업)			
	세부과제명	무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용(국토업)			
연구책임자	최 병 철	해당단계	총 : 7명	해당단계 연구비	정부 : 5천만원 계 : 5천만원
		참여	내부 : 2명		
		연구원 수	외부 : 4명	총 연구비	정부 : 5천만원 계 : 5천만원
		총 연구기간	총 : 7명		
참여	내부 : 2명				
		연구원 수	외부 : 4명		
연구기관명 및 소속부서명	항공안전기술원/카이스트	참여기업명	해당사항 없음		
국제공동연구	해당사항 없음				
위탁연구	해당사항 없음				
요약				보고서면수	
<p>지난 20여년간 무인항공기 기술이 군용을 중심으로 비약적으로 발전하여 정찰, 수송 등 다양한 부분에서 효용성을 인정받았으며, 최근에는 이를 민간용으로 활용하고자 하는 움직임이 활발히 진행되고 있다. 무인항공기는 유인기보다 훨씬 다양한 종류가 있고 운용방법이 상이하어 기존 유인항공기에 적용하는 각종 인증 및 운용기술기준을 그대로 적용하기에는 어려움이 있는데, 무인기가 국가공역에 통합되어 운용되려면 각종 법령, 규정의 개정과 인프라의 선행적 구축이 요구된다.</p> <p>국제간 운항이 가능한 무인항공기는 국제민간항공기구(ICAO)의 주도로 관련 규정의 수정을 진행하여 2020년까지는 초안이 마련될 것으로 예측되는 등 세계적으로 매우 빠른 속도로 실용화의 움직임이 진행되고 있다. 이외에도 FAA, JARUS 등이 ICAO와 공조하면서 무인항공기의 실용화를 도모하고 있다.</p> <p>한편 기술의 발달로 비교적 소형의 무인기로서도 항공촬영 등 유용한 임무를 수행하는 것이 가능하게 되어 관련 분야의 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 우리나라의 경우 무인비행장치(150kg미만)의 가시권내 운용 법안은 1999년 항공법에 이미 반영되어 무선조종 방제헬기의 운용근거가 되어왔는데, 최근에는 기존 법안이 허용하는 이상의 조건에서의 운용을 허가할 필요성이 대두되고 있다. 하지만 소형무인기는 크기, 비행능력, 유상하중 등의 제한으로 기존 관제절차를 따르기 어려워 새로운 방식의 식별, 감시, 관제기법이 요구되고 있다.</p>					

우리나라에서도 국토부의 지원으로 2011년 민간무인항공기의 실용화 기반 구축 기획 연구가 시작되어 민간 무인기 실용화의 흐름에 비교적 빠르게 동참하였으며, 동 기획 과제의 후속으로 진행된 선행과제('13.12-'15.6)를 통해 기본적인 인증방안, 운항기술기준, 인프라 구축방안에 대한 연구가 진행되었다. 한편 무인기, 무인선 등을 포함한 무인이동체의 공통/통합기술 개발의 필요성이 대두되어 미래부를 중심으로 다부처 사업 기획이 시작되었는데, 이를 통해 국토부, 미래부, 해수부의 무인이동체 관련 산업이 상호 협력적인 구도로 추진되었으며, 그중 국토부는 본 기획 과제를 통해 도출된 추진 계획에 의해 지금까지 수행된 국토부의 민간 무인기 실용화 선행연구과제의 결과를 기반으로 본격적인 민간 무인기의 실용화 단계에 진입하도록 할 예정이다.

본 기획과제는 2020년을 목표로 진행되는 ICAO의 민간 무인항공기 관련 규정 제정 움직임과 함께 최근 예상보다 급속히 발전하고 있는 무인비행장치 분야의 실용화를 연계하여 본격적인 민간 무인기 시대의 도래를 위한 통합적인 유무형 운용인프라를 준비하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해서는 관련 규정의 정비 및 운용 인프라의 구축이 필요한데, 현재 우리나라에는 흔히 “드론”이라 불리는 150kg미만 무인비행체가 항공촬영용으로 널리 활용되고 있지만 이는 가시권 내 지상조종사의 조작에 기반하는 방식으로 본격적인 무인기의 범주에는 포함되지 않아 우리나라의 민간 무인기 운용이력 및 관련 자료는 상당히 일천한 실정이다. 따라서 본 과제에서는 다음과 같은 주요 업무를 수행하고자 한다.

- 민간 무인기의 시험운항을 위한 기본적인 인프라를 구축
- 다양한 조건에서의 무인기의 비행시험을 수행하여 국내에는 전무한 민간 무인기 운용 자료를 확보하여 적절한 비행절차를 수립하고 신뢰성을 분석
- ICAO 등 관련 국제기구와 공조하여 민간 무인기의 기술기준을 수립
- 최근 급속도로 실용화가 진행되고 있는 무인비행장치의 실용화 지원을 위한 식별, 감시, 운항 기술 연구
- 미래부, 해수부의 공동 참여로 진행중인 다부처사업 협력체계하에서 국토부의 주도로 각 부처의 성과물을 활용한 통합시험운용 수행
(미래부: 보안/통신기술, 해수부: 무인선-무인기 연계활용)

본 사업을 통하여 곧 다가올 본격적인 민간 무인기 시대를 선제적으로 준비함으로써 무인기 뿐만 아니라 다양한 무인이동체 활용분야에서 세계적인 선도적 기술을 보유하고 제도 및 인프라를 구축함으로써 국민 편익을 증진하고 관련 산업을 육성하여 창조 경제에 기여하고자 한다.

목 차

[국문요약문]	I
1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의	1
2절. 필요성	12
1. 관련 산업의 현황 및 문제점	12
2. 관련 기술 개발 필요성	14
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	22
1절. 국내외 정책동향 및 분석	22
1. 국내 정책 동향	22
2. 국외 정책 동향	28
2절. 국내외 시장동향 및 전망	35
1. 국내 시장 동향	35
2. 국외 시장 현황	42
3절. 국내외 기술개발 동향 및 전망	47
1. 국외 기술동향 및 전망	47
2. 국내 기술동향 및 전망	62
3. 특허 분석	80
4. 논문분석	82
5. 종합분석	86
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	90
1절. 비전 및 목표	90
1. 연구 비전	90
2. 연구전략목표	91
2절. 기술개발에 따른 미래상	92

3절. 연구개발과제 추진전략 및 기술/성과 로드맵	94
4절. 과제 주요내용, 추진전략 및 성과활용 방안	98
5절. 연구수행체계 제안	124
4장. 사전타당성 검토	126
1절. 정책적 타당성	126
1. 국가 전략적 중요성	127
2. 상위계획과의 부합성	127
3. 사업추진상의 위험요인 분석	130
2절. 기술적 타당성	133
1. 기술개발 계획의 적절성	133
3절. 경제적 타당성	138
1. 경제성	138
2. 과학기술적 파급효과	140
4절. 종합평가 및 결론	144
5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정	146
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획	146
1. 전체사업 인력투입계획	146
2절. 소요예산 산정	152
1. 예산 산정 방법	152
6장. 과제 제안요구서	153
1절. 과제 제안요구서(RFP)	153
2절. 평가기준 설정	163
3절. 비용·편익 모델링	188

<표 차례>

<표 1-1> 국내 유·무인항공기 분류 현황	3
<표 1-2> 통신방식, 통제방식, 중량기준에 따른 무인항공기의 특성	5
<표 2-1 > NATO STANAG 무인항공기 감항인증 기술기준	33
<표 2-2 > 유럽의 원격조종항공기시스템 인증 규정 수립 현황	33
<표 2-3> 전 세계 무인항공기 시장 규모	35
<표 2-4> 전 세계 무인항공기 생산량 및 시장 규모	35
<표 2-5> 한국 군용 무인항공기 시장 생산대수 예측	36
<표 2-6> 국내 공공·민간 기관 요구사항 조사	37
<표 2-7> 우리나라의 민간용 무인항공기 시장 예측	37
<표 2-8> 국내 공공·민간 기관 요구사항 조사	38
<표 2-9> 계층적 분석방법(AHP)	38
<표 2-10> 인터뷰 응답 내용	39
<표 2-11> 기관에 대한 세부 운용임무 요구사항	41
<표 2-12> 국가별 무인기 대표 기종	54
<표 2-13> 송골매 제원	62
<표 2-14> 사단급 무인항공기 제원	63
<표 2-15> 스마트 무인항공기 제원 및 성능	65
<표 2-16> 국내에서 개발된 다양한 무인기 사양	66
<표 2-17> 특허기반 무인항공기 기술경쟁력 분석(2012)	80
<표 3-3 > 무인 항공기 운용 개념 및 시험운용 시나리오	109
<표 3-4> 시험운용후보 무인 항공기의 종류와 수행 가능한 임무 시나리오	110
<표 4-1> SWOT 추진 전략	135
<표 4-2> 다부처 과제의 추진 방향 및 역할 분담	136
<표 4-3> 다부처 공동기획 사업을 통한 기술/경제/사회적 기대 효과	143
<표 II-1> 민간사업과 공공사업에서의 순현재가치법 산출 개념 비교	174
<표 II-2> 경제성 분석기준의 장·단점 비교	175
<표 III-1> 획득방법별 수명주기 비용 비교(단위: 억원)	181
<표 III-2> 차세대 무인잠수정의 비시장가치 추정을 위한 표본 기본 통계	181
<표 III-3> 차세대 무인잠수정사업의 가구별 지불의사액(WTP) 추정 결과	182
<표 III-4> 스마트무인기 기술개발의 경제적, 기술적 파급효과(단위: 억원)	183
<표 III-5> 선행연구 적용 방법론 비교	184
<표 IV-1> 사업 기본 방향 및 세부 사업 구성	186
<표 IV-2> 사업 투입 비용 계획(단위: 억원)	192

<표 IV-3> 인프라 운영비 추정(단위: 억 원)	192
<표 IV-4> 사업 투입 비용 계획(단위: 억 원)	193
<표 IV-5> 세계 무인기 시장 전망(단위: 억 원)	193
<표 IV-6> 세계 무인선 시장 전망(단위: 억 원)	193
<표 IV-7> 세계 무인기/무인선 시장 점유율 설정(단위: %)	194
<표 IV-8> OS 시장창출효과 편익 산출(단위: 억 원)	194
<표 IV-9> 무인기 및 무인선 인증대수 추정(단위: 대)	195
<표 IV-10> 사고비용 절감효과(단위: 억 원)	195
<표 IV-11> 신산업창출효과(단위: 억 원)	196
<표 IV-12> 무인이동체 통합운용체계구축사업의 총 편익(단위: 억 원)	197
<표 IV-13> 비용/편익 분석	198

<그림 차례>

<그림 1-2> 무인항공기(UAV)의 종류 (출처: ICAO RPAS Manual)	2
<그림 1-3> 다양한 종류의 무인항공기	4
<그림 1-4> 시계가시영역 운항 개념	6
<그림 1-9> 북한 무인기 사건(2014), 비행시험중 무인기 추락 사고 (2012)	14
<그림 1-11> 민간 무인항공기 충돌회피 개념도	15
<그림 2-1 > 국내 항공법규 체계	24
<그림 2-7> 무인항공기 중량기반 구분 기준	30
<그림 2-8> 미국의 국가공역으로 민간무인기 통합 계획	30
<그림 2-9> 유럽의 무인항공기 공역 통합 일정(안)	31
<그림 2-10> 해양경찰청 1단계 설문조사 수행내용	39
<그림 2-11> 산림청 1단계 설문조사 수행내용	39
<그림 2-12> 전 세계 무인기 생산량 예상 그래프	43
<그림 2-13> 2013년 발표된 Teal Group의 무인기 시장 규모 예측	43
<그림 2-17> 세계 무인기 시장 성장률과 우리나라의 비중	45
<그림 2-18> 중국 DJI사의 촬영용 드론 Phantom 3(왼쪽), 전문가용 Inspire(오른쪽)	46
<그림 2-19> 프랑스 Parrot사의 AR Drone 2.0(왼쪽), 완구용 Rolling Spider(중간), 촬영용 드론 Bebop (오른쪽)	46
<그림 2-20> UAS integration in the NAS	48
<그림 2-21> SINUE 개념도	49
<그림 2-23> 미국의 대표적 군용 무인항공기	52
<그림 2-25> 군단급 무인항공기 RQ-101 송골매	62

<그림 2-26> 사단급 무인항공기 형상	63
<그림 2-27> 차기 군단 정찰용 무인항공기 예상 형상	63
<그림 2-28> 개발 중인 중고도 무인기 모형	64
<그림 2-29> 스마트무인항공기 운용개념도	64
<그림 2-34> 기간에 따른 특허 출원 수 (자료출처: 특허청)	82
<그림 2-35> 세계 무인기 기술수준 (국방기술품질원 2013년 기준)	88
<그림 3-2> 다수/다종 무인이동체계 운용개념도	91
<그림 3-3> 무인이동체 활용분야	92
<그림 3-10 > 국가비행시험장 구축방안	111
<그림 3-16 > 민간무인항공기 운용을 위한 계류장 및 다목적 격납고 예시	113
<그림 3-19> 업무협업의 추진 체계	125
<그림 4-4> 항공 산업의 생산유발계수 및 부가가치생산액	139
<그림 4-5> 민간무인기 부분 기대효과	140
<그림 4-6> 다부처 공동기획 과제 수행을 통한 다양한 시너지 창출	142
[그림 I-1] 연구 프레임워크	171
[그림 II-1] 비용편익분석 절차	173
[그림 II-2] 직접편익 추정 방법론	179
[그림 II-3] 간접편익 추정 방법론	179
[그림 III-1] 중고고도 정찰용 무인항공기 경제성 분석 절차	180
[그림 IV-1] 편익항목 도출 모델	187

<여백 페이지>

요약문

I. 사업의 목적 및 필요성

- 최근 전 세계적으로 민간 무인항공기를 국가공역내로 통합, 운용하기 위한 노력이 활발히 진행 중
 - ※ ICAO는 RPAS Panel을 통해 2020년을 목표로 국가간 민간 무인항공기의 관제공역 내 계기비행을 허가하기 위한 Annex 개정 작업을 진행 중
- 최근에는 무인비행장치(150kg미만)의 활용이 항공촬영을 중심으로 급속하게 확대되고 있는데, 크기 및 비행능력의 제한으로 인해 가시권 외 비행 등을 구현하기 위해서는 새로운 기법의 식별, 감시, 통제 기법이 요구됨
- 우리나라에서도 다양한 분야에서 민간 무인기의 활용수요가 급속히 증가중이나 이를 위한 운용기반이나 관련 법령제정은 전무한 실정임
- 무인기 운용을 위한 규정 제정을 위해서는 실제 무인기를 운용하여 관련 데이터를 축적하고 이를 분석하여 상호 분리, 비협력적 충돌회피 등 핵심 요소기술 수준 평가, 운용절차 수립, 안전도 수준 도출 등을 수행하여야 하나 이를 위한 기반자료가 전무함
 - ※ ICAO 주도로 권고안이 완성되어도 이를 우리나라 항공법에 적절히 반영하는 절차(tailoring)가 요구됨
- 따라서 실용화가 임박한 민간 무인기를 국가공역 내로 안전하고 효과적으로 통합, 운용하기 위한 제도화 및 운용기반 구축이 요구됨
 - ※ 현재 진행중인 ICAO 규정 수립에 적극참여하여 우리나라의 제안을 제시, 이를 반영하게 되면 투자의 중복을 방지하고 관련 분야의 기술 선도 가능
- 다부처 사업을 통해 진행되는 미래부와 해수부의 기술을 통합하여 시연, 검증함으로써 세계적으로 독보적인 무인이동체의 통합운용 능력 확보 가능

II. 사업의 내용 및 범위

- 관련 법령의 정비 및 관련 기술기준의 제정 및 개정
 - ※ 국내법 상 150kg를 기준으로 구별되는 무인항공기와 무인비행장치 모두 고려한 통합적 접근
- 민간 무인기 인증 방안 연구
- 운항절차 및 기술기준 수립 및 검증위한 민간 무인기 시험운용 수행
- 무인기 시험운용 위한 인프라 구축 세부 계획 수립 및 시행
- 미래부, 해수부와 협력하여 진행하는 다부처 사업 협력체계에서 국토부주도로 보안/통신체계 검증 및 무인기/무인선간 협응시범운용 수행

III. 사업 투자계획

- 사업기간 : '15년~'20년 (6년)
- 총사업비 : 국고 183억 원

(단위: 억 원)

	15	16	17	18	19	20	합계
국고	7.5	23	40	40	40	32.5	183
민간	0	0	0	0	0	0	0
총계	7.5	23	40	40	40	32.5	183

※ 당해년도 사업비 정부 7.5억 원

※ 동 예산은 향후 연도별 국가재정계획에 따라 변동될 수 있음

IV. 사업 결과 활용계획

- 민간 무인기 인증방안 연구 및 운항기준 수립을 통한 국내 무인기의 운용기반 확보
- 시험운용을 통해 확보된 자료를 통해 향후 민간 무인기의 전국적인 활용에 필요한 운용기반 구축 계획 수립
- 본 과제 연구결과에 기반 하여 ICAO RPAS Panel에 참여, 국제 무인항공기 관련 규정 수립 과정에 적극 기여
- 최근 폭발적으로 성장하는 소형 무인기의 운용 기술 확보를 통한 관련 산업 발전에 기여
- 추후 활발히 전개될 민간주도 각종 무인기 사업 수행에 본 과제를

- 통해 도출한 운용기준, 인증방안, 운용 인프라 활용 가능
- 국토부 수행 과제 (국가비행시험장, 위성보강항법 등)과 연계하여 무인기 운용성 향상 방안 연구
- 본 사업 결과물을 직접 활용하여 다부처 사업으로 진행 중인 무인기용 통신장치 및 보안/협응기술(미래부), 무인기/무인선 통합운용체계 구축(해수부)의 공동 수행에 적용

V. 기대성과 및 파급효과

- (기술적 효과) 전 세계적으로 실용화가 임박한 민간 무인기의 선제적 실용화 연구를 통해
 - 민간 무인기의 핵심 운용 기술 확보
 - 민간 무인기 운용위한 기반 인프라 구축 경험 확보 및 이를 통해 향후 민간 무인기의 전국적 운용 인프라 구축 및 운용 기술 확보
 - 민간 무인기 기술을 무인선, 무인차량 등 이중 무인체계에 적용 가능
- (사회적 효과) 다양한 분야에서의 보안성이 확보된 무인기의 운용 기반 기술 확보를 통해
 - 민간 무인기의 활용을 통해 국민 편익 증진 및 안전성 제고
 - 안전한 민간 무인기를 공공 및 상용 분야에 적용하여 사회 안전 향상에 기여
 - 다종 무인이동체계를 활용한 다양한 새로운 서비스 개발을 통해 국민 편익 증대
- (경제적 효과) 국내 민간 무인기 운용기반의 조기 확보를 통해
 - 민간 무인항공관련 기술의 발전을 통한 항공산업 전반 및 관련 산업 경쟁력 제고
 - 국내 무인 항공산업의 선도적 양성을 통한 새로운 경제 분야 창조 및 고부가가치 관련 산업 창출 (무인기 이용 택배 등)
 - 민간 무인기를 중심으로 한 무인선, 무인차량 등 다수/다종 무인이동체 운용기반을 구축하여 신개념 운송체계 개발
 - 상시 감시, 재난 긴급 대응 등 국토 균형 개발, 국민 편익 증대공통 기술 적용을 통해 기술 개발 및 운용 통합에 소요되는 비용 효율화

- 다부처 공동기획 사업으로 통신, 보안 등 핵심기술 개발(미래부)과 이를 실제 사업에 적용하여(국토부, 해수부) 연구의 전문성 제고, 시너지 창출 및 중복투자 방지
- 고용확대 및 기술경쟁력 향상을 통한 창조경제에 기여

<여백 페이지>

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

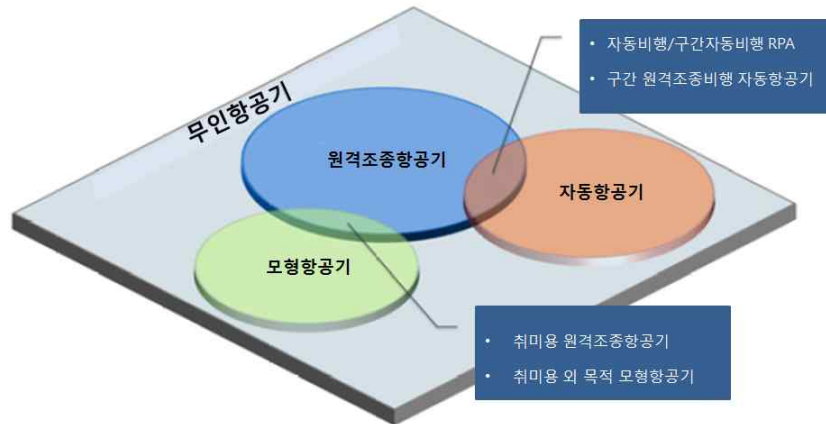
- 전 세계적으로 다양한 무인이동체계(Unmanned Vehicle Systems)의 개발이 진행 중
 - 무인이동체계(Unmanned Vehicle Systems, UVS)는 조작자가 탑승하지 않고 원격으로 운용되는 이동체(Vehicle)와 운용에 필요한 원격통제소 등의 체계(System)를 통칭함
 - 무인이동체에는 무인항공기, 무인자동차, 무인수상정, 무인잠수정 등 다양한 형태가 있음
 - 세부 구성은 다르지만 항법, 임무할당, 협응, 통신 등 핵심 요소기술에는 유사한 점이 다수 존재하여 공용 기술을 개발할 경우 시너지가 높음
 - 다수의 동종/이종 무인이동체는 서로 다른 기종 및 유인장치들과의 협응을 통해 다양한 임무의 수행이 가능한 적응형 통합운용체계의 개발이 가능
 - 무인이동체는 ICT 기술과 결합하여 신개념 통합/협응 운용이 가능
 - 기술 선진경쟁국은 체계적인 로드맵과 비전에 따라 무인이동체계와 통신, 운용 환경과의 통합 연구 및 개발을 진행 중
 - 이미 유용성이 검증된 무인항공기와 함께 무인자동차의 상용화가 임박한 상황이며, 선진국에서는 이미 실용화에 필요한 관련 법규를 정비 중

	무인항공기	무인자동차	무인수상정	무인잠수정	생체모방형
세계 최고 수준	 <p>X-47B 전자동합상 이착륙 장기체공/공격능력</p>	 <p>Audi 무인차 900km 자율주행 (CES 2015) Google Car Nevada주 면허취득</p>	 <p>미국, 이스라엘: 연안 및 항만감시, 해적퇴치용</p>	 <p>미국, 노르웨이: 대기뢰전/대잠전용, 심해 유전 탐사, 해저송유관/케이블 검사용으로 활용</p>	 <p>미국, Boston Dynamics Spot(15)</p>
국내 최고 수준	 <p>중고도 무인기</p>	 <p>자율주행차량 (single GPS기반 자율주행기술)</p>	 <p>한국해양연구원, 원격조종 시제선 개발</p>	 <p>한국해양연구원, 이심이100/6000</p>	 <p>생기연 견마로봇</p>
선진국 대비	85%	80%	80%	70%	70%

<그림 1-1> 각종 무인이동체 개발현황

□ 무인항공기¹⁾의 정의

- 무인항공기는 항공기에 사람이 탑승하지 아니하고 원격 또는 자동으로 비행할 수 있는 항공기를 지칭함
- 무인항공기는 unmanned aerial vehicle의 번역으로서 "unmanned"라는 단어의 뜻의 해석에 따라 사람이 직접 조종하지 않는 비행기를 지칭할 수도 있고 사람이 탑승하지 않는 항공기를 지칭할 수도 있음. 현재로서는 사람이 탑승하지 않는 항공기를 지칭하는데, 앞으로 안전성이 향상되면 조종사는 탑승하지 않지만 승객이 탑승할 수 있는 가능성도 있음
- 이와 같이 무인항공기의 정의가 다소 모호한 측면이 있어서 무인기 운용 의사 결정 주체에 따라 기체 외부의 장소에서 조종사 혹은 운용자가 통제하는 remotely piloted vehicle(RPA), 무선조종항공기, 자율(Autonomous) 무인기로 구분할 수 있음



<그림 1-2> 무인항공기(UAV)의 종류 (출처: ICAO RPAS Manual)

- 그 외에 관련하여 다음과 같은 용어도 사용됨
 - 드론 (Drone): 무인기의 별명이며, 미국에서는 군용 (공격용) 무인기를 연상하는 경향이 있음. 우리나라에서는 소형 멀티로터 무인기를 드론으로 부르는 경향이 있음. FAA는 사용 않음
 - RC (Radio/Remote Controlled): 1930년 이후 취미용 사용, 지상조종사에 의한 원격 조종에 중심
 - RPV (Remotely Piloted Vehicle): 비행체 중심의 원격 조종
 - 모형항공기(Model Aircraft): FAA AC-91-57(1981)에 정의
- 무인기 운용에는 기체뿐만 아니라 이륙/발사, 비행통제, 착륙/회수 등 전 비행과

1) 본 기획 보고서에서는 사람이 탑승하지 않는 항공기를 기본적으로 무인항공기(혹은 축약하여 “무인기”) 로 지칭하지만, 좁은 뜻으로는 150kg이상의 항공법 상의 무인항공기로도 지칭함.

정에 여러 가지 다양한 장비와 소프트웨어 등이 필요하고, 이들이 하나의 시스템으로서 운용되기 때문에 UAS(Unmanned Aircraft System), 또는 RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)라고 함

<표 1-1> 국내 유·무인항공기 분류 현황

구분	유형	중량	좌석/배기량	제정	담당기관/문서
초경량 비행장치	동력비행장치 (타면조종형, 체중이동형)	자체중량 ≤ 115 kg	1인승	2002.11	
	회전익비행장치 (초경량 자이로플레인, 초경량헬리콥터)		1인승		
	동력패러글라이더	자체중량 ≤ 115 kg	1인승		
	무인비행장치 (무인동력비행장치)	자체중량 <150 kg	무인 /50cc 초과		
	무인비행장치 (무인비행선)	자체중량 <180 kg			
	인력활공기	자체중량 ≤ 70 kg	—		
LSA	Light Sport Aircraft	최대이륙중량 ≤ 600 kg	—	2009.09	
VLA	Very Light Aircraft	최대이륙중량 ≤ 750 kg	2인승 이하	2010.05	KAS VLA
PART 23	보통(N), 실용(U), 곡기(A)	최대이륙중량 ≤ 5,670 kg	조종석 제외 9인승 이하	1993.08	KAS PART23
	커뮤터(C)	최대이륙중량 ≤ 8,618 kg	조종석 제외 19인승 이하		
PART 25	수송기(T)	최대이륙중량 > 5,700 kg	—	1993.08	KAS PART25

□ 무인항공기의 분류

- 무인항공기는 운용 주체에 따라 군수용 및 민간용으로 구분할 수 있으며, 다양한 크기, 형상 등 존재
- 무인항공기는 사람이 탑승하지 않으므로 크기가 상당히 축소될 수 있으며, 요구되는 안전도도 유인기와는 상당히 다를 수 있음. 또한 탑재된 비행제어장치의 자동화 수준, 통신 도달거리, 중량 등에 따라 상이한 운용기법의 적용이 필요함



<그림 1-3> 다양한 종류의 무인항공기




- 통제방식 별 구분: 무인항공기의 자동화수준에 따라 다음과 같이 구분 가능
 - 1단계: 외부조종사의 입력에 따른 완전 수동비행
 - 2단계: 컴퓨터와 센서를 활용한 안정화 단계. 항공기의 경로는 외부조종사가 수동으로 통제해야 함. 이는 촬영용 드론이 흔히 운용되는 방식임
 - 3단계: 컴퓨터와 센서를 활용하여 고정도 항법시스템을 구현하고 이를 이용하여 주어진 경로점을 따라 자동으로 비행 가능. 외부조종사는 비행경로를 설계하고 이를 실행하며 상태를 검증해야 함. 이같은 방식이 본 기획연구에서 대상으로 하는 민간 무인기의 운용방식임.
 - 4단계: 임무를 부여하면 비행관리시스템(flight management system, FMS)이 이를 적절히 수행하기 위한 일련의 경로점을 생성하고 이를 자동으로 추종하면서 비행함. 외부조종사는 상위 임무를 결정하고 지정하는 절차만 수행하는 것이 가능. 이같은 진보된 운용방식은 현재 연구중이며 일부 실험적으로 구현된 바 있음.
 - 5단계: 인공지능을 갖춘 비행장치가 최상위 임무를 지정하면 하위 단계 임무는 스스로 수행하며 유인기와의 능동적인 협응이 가능할 것으로 예상됨. 이같은 운용방식은 현재 연구 수준으로 제한되어 있음

- 통신방식에 따른 구분: 무인기와 외부조종사와의 연결수단으로서 도달거리, 전달정보량(throughput)에 따라 운용방식에 차이가 있음
 - 시계가시영역(Visual Line of Sight): 무인기가 항상 외부조종사가 육안으로 비행 상태를 확인할 수 있는 거리로서 흔히 500미터 정도로 알려지고 있으나 시계조건에 따라 다소 차이가 있음. 무인기의 안정화 장치가 존재하지 않을 경우

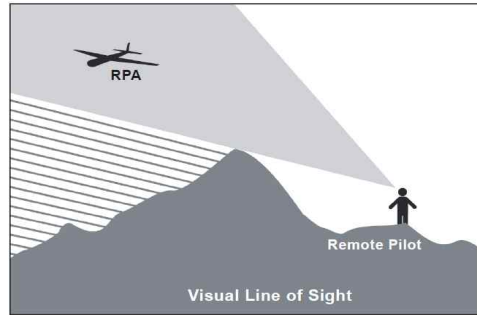
조종사의 기민한 반사 신경에 의존해야 하므로 시계가시영역에서만 운용이 가능한 제한이 있음. 또한 시계가시영역은 500미터 정도로 제한적이어서 고속, 장거리 임무를 수행해야 하는 무인기에는 적용이 불가능함. 일반적으로 근거리 운용 시 제한적 자동화 능력을 갖는 무인기의 운용에 해당함.

- 전과가시영역(RLOS): 별도의 중계 장치 없이 전과가 직접 도달할 수 있는 거리. 수평선상에서는 20km정도인데 전과가 지형 등에 의해 차단되지 않을 경우에는 상당히 원거리까지 도달이 가능하나 전과 강도와 안테나 특성에 의해 제한이 발생함. 일반적으로 시계가시영역 밖 전과가시영역에서 운용되는 무인기는 2단계이상 자동화 능력이 요구됨
- 비전과가시영역(NRLOS): 전과가 직접적으로 도달하지 않는 범위로서 이를 해결하기 위해서는 지상 중계시설이나 위성 기반 전과중계를 활용해야 함. 이같은 용도의 안테나는 크기가 상당히 이 때 상당히 큰 안테나가 활용될 필요가 있음. 또한 전과도달시간이 길어질 수 있어 무인기를 시각적 피드백으로 조종이 불가능해지고 통신두절의 가능성이 많아 3단계 이상 자율비행이 가능한 기종만 운용이 가능함

<표 1-2> 통신방식, 통제방식, 중량기준에 따른 무인항공기의 특성

통신방식		NLOS(통신중계/이양 기술 요구)					비고
		RLOS (지상120km, 해상 200km), 상황인식능력 제한적					
		가시권내 (VLOS) (<500m), No latency					
통제방식		1단계 무선조종 (완전수동)	2단계 반자동(안정화)	3단계 경로점 자동비행	4단계 임무 수준 자동비행	5단계 지능형 자동비행	
Enabling Technology		소형 전자통신기술	소형CPU, 센서, 통신기술				
				SW 기술		인공지능	
중량기준 (현행 항공법상 분류기준)	항공법대상아 님 12kg 미만	소형 완구용 	소형 촬영용 드론 	일부 고급 촬영용 소형 드론 (DJI)	연구개발단계	현재 연구단계 	ICT기술 위주
	무인비행장치 12-150kg	비상시 (자동비행장치 고장시에만 사용)	촬영용 드론 방제헬기 	소형 무인항공기			
	무인항공기 150kg이상		이착륙 등 제한적으로 사용	스마트무인기 송골매 Predator 	무인전투기		

- 항공기의 운항에는 다음과 같은 운용방식이 있음
 - 시계비행규칙 (VFR: Visual Flight Rule): 항공기의 운항 상태를 시각정보에 의존하여 비행하는 방식
 - 계기비행규칙 (IFR: Instrument Flight Rule): 항공기의 운항 상태를 계기에 의존하여 비행하는 방식



<그림 1-4> 시계가시영역 운항 개념

□ 민간무인항공기의 정의

- 항공법 제2조에서 민간 무인항공기는 항공기에 사람이 탑승하지 아니하고 원격 또는 자동으로 비행할 수 있는 항공기를 지칭함.
- 민간무인항공기는 민간 항공기의 정의와 항공법에서 정의하는 무인항공기의 정의에 따라 정의할 수 있음.
- 민간(Civil) 항공기는 상업용(Commercial, 이익/영업용) 항공기와 일반(General Aviation, 자가/레저용) 항공기로 나누어짐.
- 항공법 제2조 2항에 의해 공공기관이 소유·임차한 항공기로서 다음과 같은 업무를 수행하기 위한 항공기는 “국가기관 등 항공기”로 구분됨.
 - 재난·재해 등으로 인한 수색·구조
 - 산불의 진화 및 예방
 - 응급환자의 후송 등 구조·구급활동
 - 그밖에 공공의 안녕과 질서유지를 위하여 필요한 업무
- 해외 전문 분석기관인 Teal Group에서는 군용을 제외한 정부/공공(civil) 및 상업용(consumer) 무인항공기를 민간무인항공기로 분류함.
- 본 보고서에서 민간무인기는 비 군용, 즉 공공 및 상용 무인기를 합쳐서 지칭함
- 항공법, 동법 시행령, 동법 시행규칙에 의하면 현재 국내 항공기는 무게를 기준으로 구분되어 있음 (표 1-1 참조)
 - 150kg이상: 현 항공법에 의거, 무인항공기로 구분됨. 이 범주에 해당되는 무인기는 충분한 유상하중을 가지므로 비행에 필요한 여러 가지 센서를 탑재하여 기존 유인기와 유사한 수준의 운항기준의 적용이 가능함. 또한 장거리 운항이 주목적이므로 비전파가시영역(NRLOS)의 통신장치가 활용될 수 있음(본 기획보고서의 주요 연구대상)
 - 12~150kg: 현행법상 무인비행장치로 구분되는데, 유상하중에 제한이 있어 제한된 수준의 센서만 탑재 가능하므로 기존 유인기에 적용되는 관제 및 운항기준의 적용이 어려운 제한이 있음. 이 범주에 속하는 대표적인 비행체가 촬영용

드론인데, 이들은 기본적인 비행안정화 장치가 부착되어 조종이 비교적 용이하고 가시권 밖 비행이 가능하지만 아직 안전성이 확보되지 않아 금지되어 있으며, 향후 이를 가능하게 하기 위해서는 기존과는 다른 관제/감시기법의 개발이 요구되고 있는 실정임. 하지만 기술의 발달로 소형 무인기의 경우에도 상당한 비행거리 및 자율화 능력의 구현이 가능하여 분류기준 선정에 어려움이 있음

- 12kg미만: 일반적으로 항공법의 적용대상이 아니나 상용운용을 할 경우에는 신고대상임. 기체가 탑재할 수 있는 장비가 크게 제한되어 취미용이나 근거리 촬영용 드론으로 운용되고 있는데, 최근 비행제어장치의 기술이 발전되고 배터리 용량도 증대되어 수km이상의 비행이 가능하여 규제의 대상으로 인식되고 있음. 따라서 '15.9월 국토부는 12kg 기준을 5kg으로 하향조정하는 대신 안전검사 대상을 25kg까지 면제해주는 방안을 검토 중.
- 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)에서는 RPA만을 규정제정의 고려대상으로 하고 있음
 - 자율항공기는 인간 조종사가 항공의 운항을 책임진다는 ICAO의 기본 운항개념에 맞지 않고 원격 전과조종항공기는 통신장치에 의한 제한이 심해 고려대상에서 제외되었음
- 또한 우리나라 항공법이 150kg를 기준으로 무인항공기와 무인비행장치를 구분하는데, 이들 모두를 본 보고서에서는 “무인기”라고 지칭함.
- 미국의 경우 25kg을 기준으로 하여 25kg미만은 소형 무인기 (small UAS, sUAS)로 구분하는데, 우리나라에서도 미국의 구분에 맞추어 sUAS의 기준을 도입하려는 움직임이 있음. 따라서 본 보고서내에서는 소형 무인기는 25kg미만을, 중형 무인기는 25~150kg, 대형 무인기는 150kg이상으로 지칭하고자 함.

□ 원격조종항공기체계(RPAS)의 구성요소 및 운용체계

- 원격조종항공기 운용체계는 원격조종항공기(Remotely Piloted Aircraft, RPA), 원격통제소(Remote Pilot Station, RPS), 통제 및 통신(Control&Communication, C2) 데이터링크 장비, 임무장비, 항법 지원(Navigational Aid, NavAid) 및 지상 지원장비(통신중계타워) 및 기타 부대시설 등으로 구성됨
 - 여기에서 RPA의 운용에는 원격조종국(Remote Pilot Station, RPS) 및 명령/통제(Command and Communication, C2)가 최소 기본요소로 요구됨
 - RPAS 구성요소 중 선택 장비로는 지상 통신중계장비, 중계용 위성, 발사대, 회수 장치(그물 등), 탑재체(payload)용 통신/통제 장치 등이 있음
- 공중을 나는 무인기와 대개 지상에 위치한 원격통제소의 조종자(operator)를 연결해주는 핵심요소로서 통제/통신(Control/Communication, C2)이 있음. 원격통제소가 무인기를 통제하고 현재 상태를 수신하는 통신체계를 CNPC (control/non-payload communication)이라 하는데, 이는 무인기에 장착되는 카메라 등을

포함한 다양한 탑재체용 통신과는 구분됨. 하지만 무인기의 비행 상태를 육안으로 확인하는데 필요한 영상정보 송신은 CNPC를 통하는 것도 가능함.

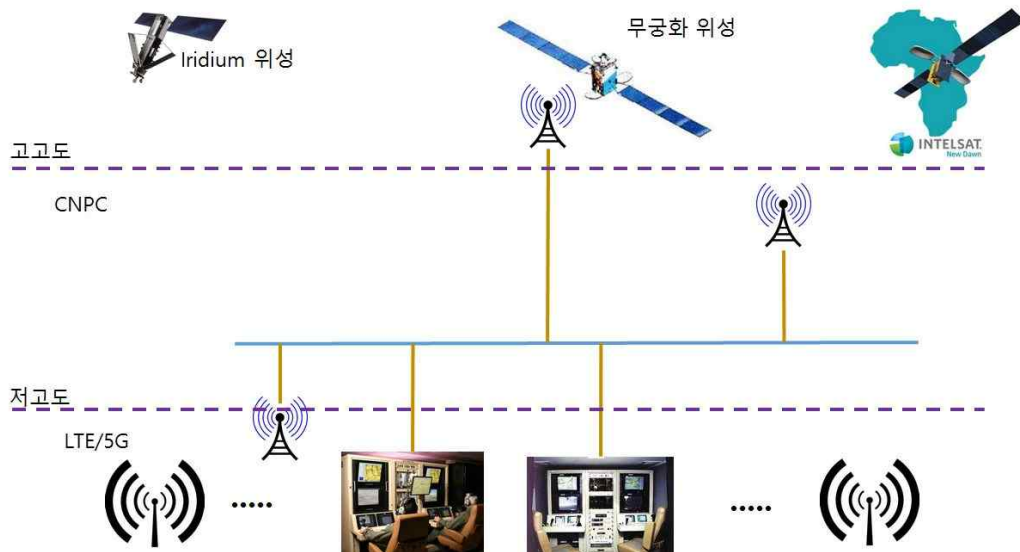
- 무인기의 통제에는 기존 VHF기반 음성 통신을 통한 관제, 무인기의 비행상태를 확인하고 명령을 전송하는 CNPC, 무인기에 탑재된 장치를 위한 제3의 통신망이 요구됨
- 기존 VHF 기반 통신은 기존의 통신체계를 그대로 활용가능하며 신기술 개발이 요구되지 않음. 관제사와의 교신은 지상조종사와 직접 교신하거나 해당 구역의 관제사와 무인기를 통해 교신 수행. 이 과정에서 CNPC의 활용 가능.
- ITU/WRC는 5.030~5.091GHz 주파수가 민간 무인항공기의 CNPC용 주파수로 할당되었으나 구체적인 활용방법은 아직 결정되지 않았음. 본 다부처 사업에서 미래부의 지원으로 우리나라의 선제적인 CNPC 프로토콜을 개발, 국제표준규약으로 추진하려고 노력중임
- 기타 정찰용 카메라 등 페이로드용 통신은 별도로 정해진 규약이 없으므로 본 과제의 고려대상이 아님



<그림 1-5> RPAS 운용개념도 (핵심요소 및 부가장비)

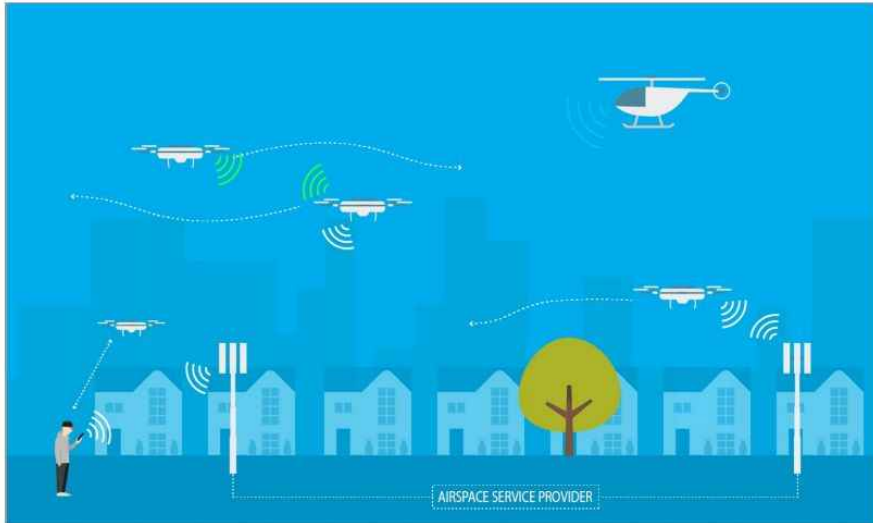
- 무인항공기가 다른 유/무인항공기들과 같은 관제구역내에 통합되어 비행하려면 항공교통관제에 따르는 것이 요구되는데, 이는 조종사와의 음성기반 교신과 레이더, 트랜스폰더 등 전통적 감시 방식 및 최근 활발히 보급중인 GPS기반 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)로 구현
- RPA는 관제사와 원격조종국의 내부조종사를 연결해주는 VHF기반 음성통신을 통해 관제절차에 복종함

- 감시레이더는 공항이나 주요 거점에 설치되어 무인기를 포함하여 주변을 비행하는 항공기의 비행 상태를 능동적으로 감지(Primary Surveillance Radar, PSR)하거나, 기체 내에 탑재된 transponder와 통신하여 상태를 파악함(Secondary Surveillance Radar, SSR).
- 최근에는 GPS를 기반으로 각 항공기가 비행 상태를 발신하여 비행정보를 공유하는 ADS-B가 차세대 감시시스템으로 널리 보급되고 있으며, 유인기에 비해 크기가 작은 무인기에 좀 더 적합한 것으로 평가받고 있는데, 장착하지 않았거나 고장이 난 항공기를 감지할 수 없어 궁극적으로는 인간 조종사가 수행하는 방식의 see-and-avoid가 요구되나, 현재로서는 확립된 기술이 없는 실정임
- 무인기의 식별은 탑재된 transponder를 이용하여 확인이 가능하고 추가적으로 조종사와 직접 음성 교신이 가능. 최근에는 GPS기술에 기반한 ADS-B를 이용하여 항공기의 추가적 식별 및 감시가 가능함. 중대형 무인기의 경우 이같은 방식을 그대로 적용하는 것이 가능하지만 소형 무인기의 경우 이같은 방식은 상당히 곤란하여 새로운 방식의 식별 및 감시 기법이 요구됨



<그림 1-6> 무인기 통신체계

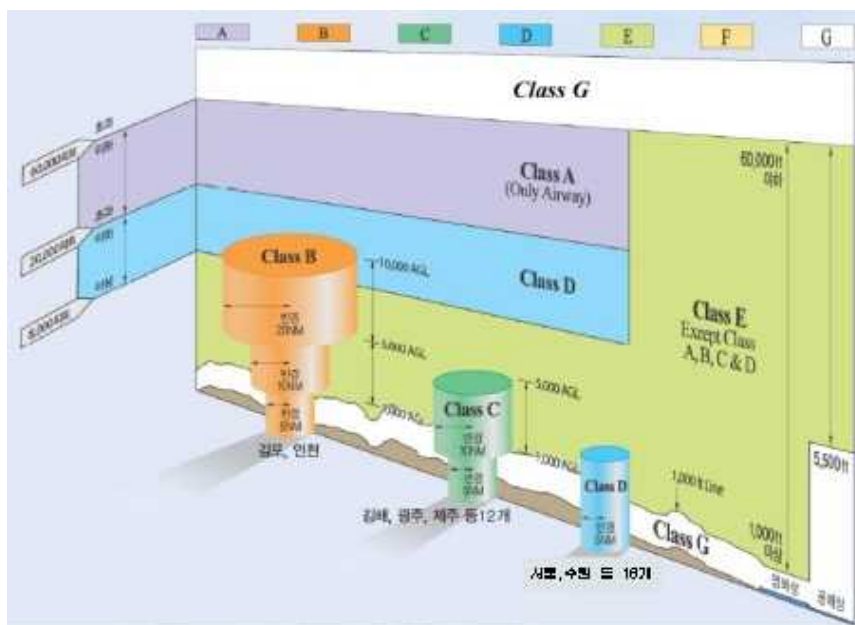
- 소형 무인기의 경우 가용 주파수, 페이로드, 대역폭 등의 제한으로 인해 중대형 무인항공기에 사용되는 CNPC의 활용이 어려울 수 있어 최근에는 소형 무인기에 LTE나 장래 개발될 5G등의 통신을 활용하는 것이 제안되고 있음. 이같은 통신 방식은 최근 활발히 논의되고 있는 IoT (Internet of Things)개념과도 관련이 많은데, LTE/5G를 사용할 경우 별도의 주파수 및 통신 체계의 구축이 필요없고 무인기의 식별, 감시 기능의 구현이 용이한 장점이 있는데, 향후 무인기에 적합한 구체적인 구현방식 및 요소 기술의 개발에 선행 연구가 필요함



<그림 1-7> 구글이 제시한 저고도 소형 무인기용 운용개념 (스마트폰과 같은 LTE통신 활용)

□ 무인항공기 항공업무의 정의

- 항공법 제2조 3항의 정의에서 정의하는 “항공업무” 중 무인항공기에 적용할 수 있는 업무는 다음과 같음.
 - 항공기에 사람이 탑승하지 아니하고 원격·자동으로 비행할 수 있는 항공기("무인항공기")의 운항
 - 항공교통관제
 - 운항 관리 및 무선설비의 조작
 - 정비·수리·개조("정비 등")된 항공기·발동기·프로펠러("항공기 등"), 장비 또는 부품에 대하여 항공법 제22조에 따라 안전성 여부를 확인하는 업무



<그림 1-8> 공역등급화 도표 (출처: 국토교통부 홈페이지)

<표 1-2 > 제공하는 항공교통업무에 따른 공역 구분 (항공법 116조의 2 제1항, 2014년 7월개정)

구분		내용
관제 공역	A등급 공역	모든 항공기가 계기비행을 해야 하는 공역
	B등급 공역	계기비행 및 시계비행을 하는 항공기가 비행 가능하고, 모든 항공기에 분리를 포함한 항공교통관제업무가 제공되는 공역
	C등급 공역	모든 항공기에 항공교통관제업무가 제공되나, 시계비행을 하는 항공기 간에는 교통정보만 제공되는 공역
	D등급 공역	모든 항공기에 항공교통관제업무가 제공되나, 계기비행을 하는 항공기와 시계비행을 하는 항공기 및 시계비행을 하는 항공기 간에는 교통정보만 제공되는 공역
	E등급 공역	계기비행을 하는 항공기에 항공교통관제업무가 제공되고, 시계비행을 하는 항공기에 교통정보가 제공되는 공역
비관제공역	F등급 공역	계기비행을 하는 항공기에 비행정보업무와 항공교통조언업무가 제공되고, 시계비행항공기에 비행정보업무가 제공되는 공역
	G등급 공역	모든 항공기에 비행정보업무만 제공되는 공역

□ 무인항공기 이용 사업의 정의

- 항공법 제2조 및 시행규칙 제14조의 2항, 제15조의 2항에서 정의하는 항공기를 이용하는 사업 중 무인항공기에 적용할 수 있는 사업의 종류는 다음과 같음.
 - 소형항공운송사업: 국내 항공운송사업 및 국제 항공운송사업 외의 항공운송사업을 말함.
 - 국내항공운송사업 및 국제 항공운송사업은 승객의 좌석 수가 51석 이상, 조종실과 객실 또는 화물칸이 분리된 구조일 경우에 해당하나, 무인항공기는 좌석수나 객실 관련 해당사항이 없으므로 소형항공운송사업을 적용 가능
 - 항공기사용사업: 항공운송사업 외의 사업으로서 타인의 수요에 맞추어 항공기를 사용하여 유상으로 농약 살포, 건설 또는 사진촬영 등 국토교통부령으로 정하는 업무를 하는 사업은 다음과 같음.
 - 상업서류 송달업: 타인의 수요에 맞추어 유상으로 「우편법」 제2조 제2항 단서에 해당하는 수출입 등에 관한 서류와 그에 딸린 견본품을 항공기를 이용하여 송달하는 사업

2절. 필요성

1. 관련 산업의 현황 및 문제점

- 산업구조 선진화에 따른 인건비 및 위험관리 비용의 증가, 노동인력 감소 등으로 인해 무인이동체계의 필요성과 활용도는 지속적으로 증대될 전망
 - 무인이동체계관련 기술 발전과 함께 제반여건이 성숙되면 가까운 미래에 시장 수요의 폭발적 증가 예상
 - 국토감시, 해양감시, 육상·공중·해상 교통 및 물류 분야에서 다양한 종류의 무인이동체계 개발 요구
- 무인기는 기존 유인기 시장뿐만 아니라 새로운 항공산업 수요를 창출할 것으로 기대되고 있으나 적절한 인증체계, 운용기준, 운용인프라 및 관련 법령이 부재하여 시장 창출 및 보급이 지연되고 있음
 - 세계적으로 무인항공기는 군사용 위주로 개발·사용되어 왔으며 국내 역시 약 200kg 중량의 송골매 등 군용 무인기가 이미 실전 배치되어 있으며 그 외에도 다수의 군용 및 민간 무인기 개발 사업이 진행 중임. 민간부문에는 150kg 미만의 무인비행장치가 촬영용으로 활발히 사용되고 있으며, 최근에는 택배, 공중감시용으로 활용도가 크게 증가하고 있음.
 - 우리나라의 경우 스마트 무인항공기(연구용도) 개발 경험 등 민간무인항공기 제작 기초기술이 외국에 앞서 있어 이번 실용화 기술 개발을 계획대로 추진할 경우 세계시장 진출 및 점유도 유리한 상황임.
 - 항공기술 첨단화에 따라 민간부문에서도 항공촬영, 감시, 농약 살포 등 수요가 증가하여, 무인항공기 제작 산업이 고부가가치 산업으로 발전할 전망이다. 그러나 현재 민간무인항공기에 대한 제작·인증·운영 등에 대한 제도화 및 기술개발 등 관련 인프라가 전무한 실정임.
 - 무인항공기를 민간공역에서 통합운영하려면 항공법에 의거, 적절한 체계 및 절차에 의해 인증을 받아야 하지만 전세계적으로 통용되는 인증체계는 부재함
 - 무인항공기를 기존 유인기 공역에서 통합운영하기 위한 확립된 운용기준이 부재함 (ICAO주도로 2020년까지 관련 부속서 개정 완료 예정)
 - 무인기의 안전한 운용을 위해서는 충돌회피 등 다수의 기술이 개발되어야 하나 이들 기술의 개발이 미흡한 실정임
- 최근에는 25kg미만 소형 무인기가 항공촬영이나 취미용으로 폭발적 성장세를 보임
 - 중국 DJI사는 2014년 5천억원의 매출을 기록하였으며 2015년에는 1조원을 돌파할 것으로 예상됨

- 국내에도 취미용 소형 무인기가 1만대 이상 보급된 것으로 알려져 있음
 - 소형 무인기는 취급이 간단하여 다양한 용도로 사용되고 있고 이를 기반으로 다양한 산업이 파생될 것으로 기대되나 기체의 크기로 인해 탑재가능 센서의 개수나 성능의 제약이 심해 기존의 식별, 감시, 관제 기법의 적용이 어려움
 - 또한 소형무인기는 항속거리 및 최대상승고도, 최대 속도등에 많은 제약이 있어 기존 유인기의 용도를 대체하려면 150kg이상 중대형 무인기의 활용이 요구됨
- 적절한 운항기준 및 운용 인프라가 구축될 경우 가까운 미래에 민간 무인기 전분야에서 거대한 신규 산업 시장이 형성될 것으로 예상됨
- 2016년 세계 무인기 총 시장은 72억 달러이며 연간 약 6% 씩 성장하여 2025년에는 125억 달러로 성장할 것으로 예상됨
 - 현재 무인기 시장은 군용 시장 위주로 발전하고 있으나 적절한 감항인증 및 운항기준이 개발되면 민간 위주로 성장할 것으로 기대됨
 - 미국 Business Insider에 의하면 '15년부터 '20년까지 군용무인기 시장은 연평균 5%성장할 것으로 예상되는 것에 비해 민간무인기 시장은 연평균 19%성장할 것으로 예상됨
 - 민간 무인기 시장도 2014년 이후 지속적으로 성장하여 2023년경에는 전 세계 무인기 시장의 8% 규모로 성장 예상
 - 민간분야에서 무인항공기의 경우 미국을 선두로 정찰, 감시 등 공공분야 뿐 아니라, 민간 공역에서의 운용이 용이한 소형 무인비행체를 활용한 물류 등의 새로운 활용방안이 제시되고 있음.
 - 우리나라에서도 소형 항공촬영용 무인기, 방재용 헬리콥터 등이 이미 널리 활용되는 중
- 민간용으로 활용되기엔 무인기의 보안성 및 신뢰성이 크게 미흡한 실정인데, 이는 무인기가 널리 보급되기 전에 선제적으로 해결되어야 함
- 무인기는 원격으로 이동하면서 임무를 수행하므로 추락, 충돌 등의 사고를 발생할 수 있으며 보안성이 확보되지 않을 경우 테러 등의 용도로 활용될 수 있음
 - 무인기 수요의 폭발적인 증가(새로운 산업분야 생성)가 예상됨에 따라, 본격적인 보급/활용에 앞서 선제적으로 높은 신뢰도/보안성의 통신 및 안전 운항 체계 개발이 절실히 요구됨
 - 현재 무인기의 관리방안 부재로 각종 무인기의 활용에 적절히 대응하지 못하는 것이 현실임 (2014.4. 북한 발 무인항공기 발견 시 무인기 관리방안 부재로 초기 대응 혼선)
 - 미국 극비리에 운용되던 군용 무인정찰기가 통신 및 GPS 교란에 의해 이란에 납포되는 사건 발생(2011).



<그림 1-9> 북한 무인기 사건(2014), 비행시험중 무인기 추락 사고 (2012)

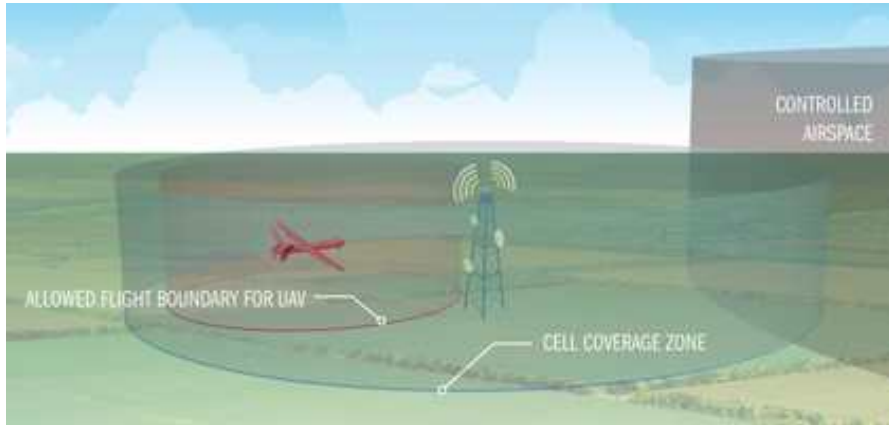
2. 관련 기술 개발 필요성

□ 무인기 관련 기술 개발 필요성

- 민간 무인기의 보급은 전 세계적인 추세로서 무인기의 국가공역으로의 통합 운항에 따른 감항 인증, 운항기법의 개발, 무인기 조종사 자격인증 등에 대한 대비가 선제적으로 준비되어야 함
- 항공기 충돌 방지 및 효율적 공역관리를 목표로 하는 항공흐름관리 (Air Traffic Flow Management)의 경우, 전 세계적으로 국가별, 지역별 특성을 반영한 기술 개발이 요구되며, 우리나라 역시 국가의 항공교통시스템 실정과 주력 무인항공기의 기계적인 특성에 맞는 기술 개발 필요.
- 군용 무인항공기의 경우, 군 공역과 민간 공역에 대한 접근과 이용에 우선권이 있는 반면, 민간무인항공기의 경우 유인 일반항공기와 상업용 항공기들과 함께 공역을 이용해야 한다는 제약을 지니고 있어, 민간무인항공기의 발달에 따른 공역사용 규제들도 재조정이 이루어져야 하며 민간무인항공기가 발전하기 위해서는 가격의 인하와 함께 안전 및 운용 안전성도 개선되어야 함.
 - 민간 무인항공기를 유인항공기가 운항하고 있는 공역에서 운용하기 위해서는 무인항공기와 무인항공기 또는 유인항공기와의 충돌 감지 및 회피를 위한 장치가 반드시 필요함.
 - 무인항공기의 충돌 감지 및 회피를 위해서는 기존의 유인항공기에 적용되는 기술을 활용하거나 유인항공기의 충돌회피 방식에 영향을 주지 않는 범위에서 새로운 기술의 개발이 필요함.
- 조종사의 시각에 의존한 충돌회피 및 제어(see and avoid)가 불가능한 무인항공기의 특성상, 안전 비행이 가능한 환경을 구성하고 최적화된 경로 탐색 및 공역 제어 알고리즘을 기반으로 하는 항공교통관리 핵심기술 개발을 통해, 안전하고 안정적인 유-무인기 복합 운용환경에 대비해야 함,
- 최근 소형 무인기 사고가 빈발하고 있고 '13년 발생한 민간 S-76 헬기 강남

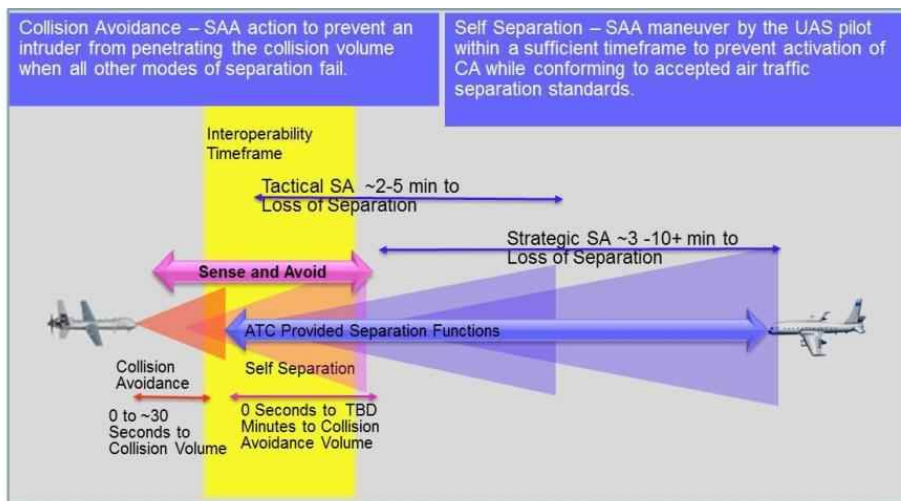
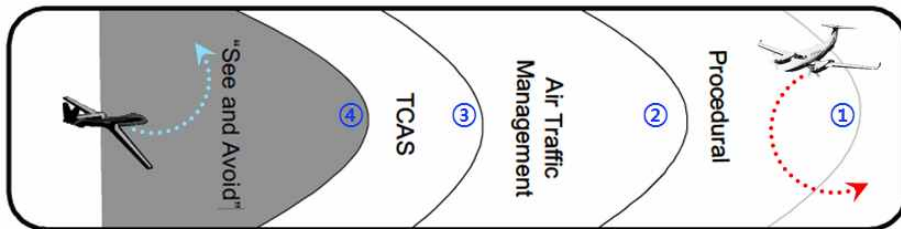
고층 아파트 충돌 사건에서 보듯이, 무인항공기가 민수분야에 도입될 경우 도심 내 항공 운항안전문제가 크게 대두될 것으로 예상됨

- 사전에 진입금지 구역의 좌표를 설정하여 항공기의 안전한 운항을 구현하는 Geo-fencing기술 등의 개발 필요



<그림 1-10> GPS를 이용하여 무인기의 비행제한구역을 구현하는 Geo-fencing개념

- 무인항공기 기술의 발전으로 용도와 운용지역이 다양화됨에 따라 무인항공기 종류와 등급에 따른 운영 관련 종사자를 식별하고, 자격교육 및 취득, 유지와 종사자의 신체검사 자격에 필요한 요건의 체계화가 요구됨.



Notional depiction of overlapping detection look-ahead times for different SA and SAA functions (not to scale).
Look-ahead times vary with different algorithms.

<그림 1-11> 민간 무인항공기 충돌회피 개념도

<표 1-4 > FAA의 비행중 충돌회피 절차

1	Detect	장애물이나 위험물을 탐지하고 CDR(Conflict Detection and Resolution)을 초기화
2	Track	탐지된 물체의 움직임을 추적. 물체의 존재를 확인하고 정확한 궤도나 위치를 결정
3	Evaluate	앞의 두 단계의 신뢰성 및 회피궤도의 필요성을 평가.
4	Prioritize	추적된 물체의 우선 순위를 선정. handling multiple conflicts 등의 방법을 사용.
5	Declare	우선 순위로 물체와의 충돌회피 필요성을 판단.
6	Determine	충돌회피 궤도를 선정.
7	Command	충돌회피 명령
8	Execute	충돌회피 실행.

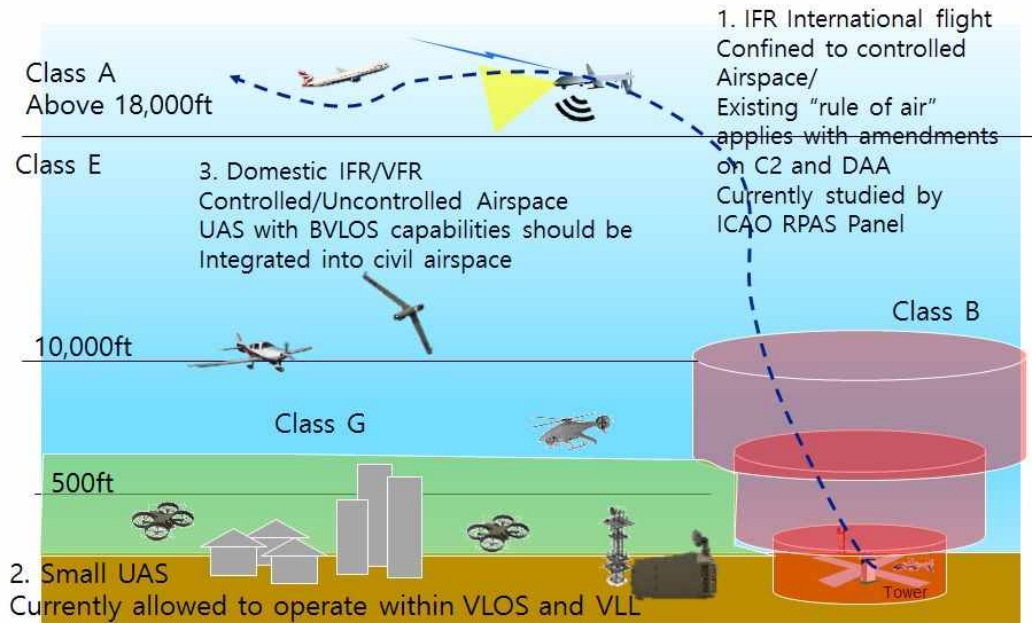
- 민간무인기 실용화 기술을 개발할 경우 다양한 국산 민간무인기의 개발 및 운용 기반을 갖추게 됨에 따라 국토·해양감시, 항공촬영, 농약 살포, 산불감시·진화, 응급환자 수송, 수색·구조, 기상관측 등 다목적 활용과 안전한 무인항공기 운영체계 구축을 통하여 항공사고 예방에도 크게 기여 할 것이며, 교통인프라가 부족한 산간·도서 지역에 24시간 긴급 항공서비스 제공, 국가 재난사고 대응(피해지역 실시간 상황전파 등), 산불·해양감시 등을 무인항공기로 대체 활용이 가능하여 국가 균형발전에도 도모할 것임
- 아울러, 국내에서 개발된 민간무인항공기 기초기술의 실용화를 유도하고 부가가치가 높은 무인항공기 산업을 미래 창조경제 산업으로 육성하여 일자리 창출 등 항공 산업 발전에 기여할 것으로 예상됨.

□ 민간 무인기 실용화를 위한 본 과제의 필요성

- 군용 무인기의 경우 인증 및 운항기준 등 관련 규정이 성숙되어 있으나 민간무인기에는 적용이 불가능
 - 군용 무인기는 민간의 국가공역에 상응하는 개념이 없어 민간 공역에 그대로 통합하는 것은 부적절함
 - 민간 무인기에 요구되는 관제 절차, 충돌회피 기법등이 별도로 개발되어야 함
- 향후 민간 무인기를 민간 공역에서 통합 운용하기 위해서는 기존 공역에서 운용되는 유인항공기와의 공존방식을 제시해야 함
 - 분리공역(Segregated airspace): 무인기와 유인기를 시간/공간적으로 분리하여 운용함으로써 간섭을 방지하는 방식
 - 통합공역(Integrated airspace): 무인기와 유인기를 동일 시간/공간에서 운용하는 방식으로서 상호간의 충돌을 피하고 안전하게 운용할 방식이 필요함. 이는 기

존의 운항 체계, 절차, 관제를 통해 구현이 가능하나 현재 유인기와 같은 VFR 기준에 준하여 영상정보를 이용한 충돌회피 (see-and-avoid) 기술의 추가적 개발이 요구됨.

- 민간 무인기는 이미 폭발적으로 성장하고 있는 소형 무인기 시장 뿐만 아니라 가까운 장래 중대형 무인기 분야도 급속히 성장할 것으로 예상됨
 - 소형 무인기는 항공촬영, 취미용 등으로 이미 널리 보급되고 있으며, 중대형 무인기의 경우 소형 무인기의 비행성능으로 인해 수행할 수 없는 임무 및 유인기를 적용하기 곤란한 임무에 적용되어 조만간 널리 활용될 것으로 예상됨
- 민간 무인기 핵심 운용 기준은 아직 확립되지 않아 ICAO를 중심으로 관련 부속서를 개정하고자 하고 있는데, 우리나라는 ICAO이사국으로서 참가하여 현재 진행중인 무인기 관련 규정 제정에 크게 기여 가능
 - ICAO는 국가 간 관제공역내 계기비행(inter-state IFR flight in controlled airspace)만을 대상으로 민간 무인항공기의 운항기준을 제정하는 작업을 진행 중→장거리 비행을 전제로 하므로 중대형 무인기 대상
 - ICAO는 RPAS Panel을 연 2차례 소집하여 Working Group을 중심으로 관련 규정 개정을 추진중인데 본 과제의 결과를 활용하여 부속서 수정시 적절한 수정안 제시 가능하며, 우리나라가 제시하는 방안이 채택될 경우 우리나라에 유리한 관련 법령이 제정되어 향후 국제규격에 맞추어 준비하는 데 드는 비용을 절감하고 ICAO 이사국으로서의 우리나라의 위상 제고 가능
- 소형 무인기의 경우 그 활용도가 급속히 증대되어 현재 가시권 내 운용제한을 넘어 비가시권 장거리로 운용하고자 하는 수요가 증대되고 있으나 적절한 식별, 감시, 관제 규정이 부재함
 - 항공기의 비행능력의 제한으로 인해 중대형 무인기와는 상이한 운용 개념 및 기술의 개발이 요구됨
- 향후 민간 무인기의 비관제 공역(G 공역)에서의 운항 개념을 수립하고 새로운 규정을 제정해야 할 필요가 있는데, 이는 ICAO의 국가 간 계기비행규정관련 SARPs와 본 기획과제를 통해 수행될 연구결과를 활용하여 개발이 가능할 것으로 기대됨



<그림 1-12> 공역 및 운용목적에 따른 무인기 운항개념

- 민간 무인기의 운항기준을 수립하려면 다양한 환경과 조건에서 민간 무인기를 운용함으로써 데이터를 축적하고 이를 기반으로 적절한 절차를 도출하여야 함.
 - 미국의 경우 지난 20여년간 다양한 종류의 군용 무인기 운항 정보를 충분히 획득하고 일정부분을 민간과 공유하는 것으로 알려짐. 우리나라도 군용 무인기인 송골매를 2002년부터 실전배치하여 운용한 경험이 있으나 민간 무인기의 운용개념과 상이하고 그나마 비행결과자료를 민간에서 활용하기 어려운 것으로 확인되었음
 - 무인항공기의 기본 비행원리에 있어서는 군용과 민간용에 큰 차이가 없으나, 민간무인기는 다른 유/무인 항공기와 함께 현행 관제절차에 따라 같은 공역에서 운용해야 한다는 측면에서 큰 차이가 있음. 이는 군용 무인항공기의 운용 경험을 활용할 수 없는 부분임.
 - 이같은 이유로 군용 무인기의 운용경험이 풍부한 미국도 2014년 FAA의 주도로 시험장 6개소를 개설하여 다양한 조건에서 민간 무인기의 운항 데이터를 취득중이며, 우리나라의 경우에도 이같은 민간 무인기의 시험운용을 수행해야 할 필요가 있음
 - ICAO가 수행하는 개정안은 국가간 관제공역내 계기비행 상황에 국한됨. 따라서 국내/비관제공역/시계비행의 상황은 각 국가가 ICAO 및 다른 항공선진국의 기준을 참고하여 tailoring해야 할 필요가 있으며, 이는 우리나라가 단순히 해외 기준을 그대로 도입할 수 없는 이유임
 - 따라서 본 과제는 이같은 필요로 인해 국내에 전무한 민간 무인기 운용을 수행하여 운항기준/안전도 수립 및 각종 요소기술을 검증, 평가함으로써 우리나라에 적합한 운용기준 및 운용 인프라를 구축하고 이를 기반으로 ICAO RPAS

Panel등을 통하여 민간무인기 관련 규정 수립에 기여할 것으로 기대됨

□ 다부처 사업으로서 무인이동체 통합운영체계 개발 필요성

- 무인이동체계의 운용 효율 및 활용도를 극대화하기 위해 신뢰성·보안성이 향상된 통합운영체계 개발 필요
 - 무인이동체는 원격으로 이동하면서 임무를 수행하므로 추락, 충돌 등의 사고를 발생할 수 있으며 보안성이 확보되지 않을 경우 테러 등의 용도로 활용될 수 있음
- 무인이동체 수요의 폭발적인 증가(새로운 산업분야 생성)가 예상됨에 따라, 본격적인 보급/활용에 앞서 선제적으로 높은 신뢰도/보안성의 무인이동체 통신 및 안전 운항 체계 개발이 절실히 요구됨
 - 현재 무인기의 관리방안 부재로 각종 무인기의 활용에 적절히 대응하지 못하는 것이 현실임 (2014.4. 북한발 무인항공기 발견 시 무인기 관리방안 부재로 초기 대응 혼선)
 - 미국 극비리에 운용되던 군용 무인정찰기가 통신 및 GPS 교란에 의해 이란에 나포되는 사건 발생(2011).
- 대규모 무인이동체계의 실용화를 앞두고, 신뢰성·보안성 강화를 통한 통합운영체계 구축 및 글로벌 표준화 선점 필요
 - ICT를 활용한 무인이동체계는 우리나라의 기존 ICT 관련 기술력과 자동차, 조선, 항공 등의 플랫폼 기술력의 창조적인 융합을 통해 새로운 차원의 부가가치 창출 및 세계적인 기술 및 시장 선도국이 될 수 있는 분야
- 스마트 기기 등 우리나라 ICT 산업에서의 기술 경쟁력 및 정보통신 인프라는 다수 무인이동체계간의 협응 구현의 backbone으로서 최적임.
 - 무인이동체에 대한 기초연구의 범위를 넘어 통신망 구축 및 무인이동체계 실용화를 전제로 한 사업으로 국가 주도의 연구 수행 필요
 - 우리나라의 기존 ICT 기술력과 무인시스템을 융합하는 사업으로서 새로운 차원의 부가가치 창출 및 first-mover로서 기술·시장 선도 가능
- 무인이동체계의 핵심 통합 운용 기술 개발 및 통신, 보안, 인증과 관련된 기술은 다양한 산업 전반에서 활용 가능
 - 개별 무인이동체들은 플랫폼 레벨에서는 상이하나 상위레벨(운용, 통신, 보안) 측면에서는 유사성이 매우 높아 공용 운영체계 개발 시 다수/다종의 무인시스템에 적용 가능
- 무인항공기 운용을 위해 지상시설, 통신신호 및 데이터 등에 대한 안전한 보안상태가 요구됨.
 - 무인항공기의 종류 및 등급에 따라 지상통제시설의 규모는 다양하나, 규모에 불문하고 지상 통제시설에 대한 보안이 요구됨.

- 무인항공기는 지상통제소와 무선통신으로 연결되어 있으므로 무선통신의 교란, 혼신, 차단 또는 의도적인 통제권 찬탈 등의 문제가 있을 수 있으므로, 고도로 통합된 데이터링크 보안 확보가 필수임.
- 현대의 암호화 기술이나 인증 기술로 문제의 소지를 줄일 수 있으나, 고출력의 전파 교란 (jamming)은 여전히 해결되어야 할 문제임.
- 무인항공기의 통신보안은 사용 주파수, 통신 매체, 적용한 암호화 기술, 통신 링크의 부가적 속성 등에 따라 좌우됨. 특히 저주파 대의 암호화는 고주파 대의 암호화보다 보안에 취약함.
- 무인항공기와 지상통제소 및 관제소와의 원활한 통신을 보장하는 동시에 외부의 해킹 등으로부터 시스템을 보호할 수 있는 통신 규격의 개발이 필요함.
- 다부처 사업 목적 달성을 위해 사업 초기 단계부터 원천기술 개발 부처와 실제 활용 부처 간의 긴밀한 협력이 필수적이므로 다부처 추진이 타당
 - 통신기술, 보안기술, 고신뢰성 제어기술은 미래창조과학부 본연의 R&D사업이며 무인항공기, 무인선박의 실제 활용은 각각 국토교통부 및 해양수산부의 고유 업무임.
 - 활용부서의 요구사항과 실제 구현 및 활용이 가능한 기술에 대해 긴밀한 협조 시 과제 성공 가능성이 크게 향상됨.
 - 원천기술 개발과 활용부처 간 상세한 업무 협력체계가 부재할 경우 연구결과가 사장되거나 중복 개발되는 선례 존재
- 본 다부처 사업 하에서 미래부, 해수부와 공동으로 각 부처에서 개발된 결과물의 통합시범운용 수행: 미래부의 통신/보안/협응 원천기술과 국토부에서 운용하는 무인항공기 시험기, 해수부의 무인기/무인선 협응운용 및 조난자 수색 등 실용 시나리오의 적용을 통해 개발된 원천기술의 성과를 검증하고 실제적인 시나리오에서 무인항공기, 무인선박 등 이종 무인이동체를 운용함으로써 무인이동체의 실용성을 검증하고 다양한 민간 주도 시범사업의 기폭제 역할을 수행하려함
 - 추후 민간 무인기 운용 기반이 전국적으로 충분히 준비되었을 때 민간주도의 무인기/무인선 등 각종 무인이동체를 이용한 각종 사업을 시행할 것으로 기대

□ 사회문화적 측면으로서 개발 필요성

- 무인항공기는 이라크와 아프간 전쟁에서 정찰과 살상용으로 사용되면서 널리 알려지게 되었으며, 우리나라에서는 촬영용 드론으로 활발히 사용되어 일반인들에게 널리 알려짐
- 민간무인항공기는 충돌 시 다른 항공기, 지상에 있는 재산 또는 인간에 대한 손해를 끼칠 수가 있으며, 이 경우 손해에 대한 배상 책임을 결정하는 문제가 쉽지 않으므로 이와 관련하여 손해 배상 보험에 대한 규정도 마련되어야 함.

- 예를 들어 통신장애로 인한 사고가 발생했을 경우, 그 원인이 민간 무인항공기에 장착된 장비에 있는 지, 지상기지국의 장비에 있는 지, 통신회사의 위성 또는 기지국에 있는 지를 밝혀내기가 어렵게 됨.
- 이 분야는 사회적인 공감대가 필요한 부분이므로 세계 추세를 보면서 점진적으로 규정을 작성해야 함.
- 국내 항공법 내에 무인항공기에 대한 법적 정의를 규정하고 있으나, 시행규칙에는 무인항공기/무인자유기구 비행허가와 관련한 규정으로 운영을 위한 최소한의 장비와 허가 및 금지사항을 언급되어 있을 뿐으로 민간 무인항공기의 관련 규정과 제도를 반드시 체계화 해야 함.
- 무인항공기 종류와 등급을 기준으로 운영에 필요한 종사자의 자격을 세분화 및 체계화함으로써 무인항공기 운영자가 갖추어야 할 최소한의 지상통제소와 운용요원을 설정해야 함.
- 무인항공기 유지관리에 필요한 종사자를 별도로 규정하여 인적요인에 의한 항공사고를 미연에 방지하고 유인항공기와 동등한 수준의 유지관리체계를 구축할 필요 있음.
- 소형 무인항공기의 경우, 해안 및 도서 산간지역에서 촬영, 감시, 공공목적으로 사용되는 것에 반해, 도시지역에서 범죄자 추적 또는 도로 감시를 위하여 주로 사용 됨. 하지만 최근 도심 내 주거지역에서 사생활 도촬 등의 자신도 모르게 촬영될 수 있고, 촬영된 자료가 본인도 모르게 다른 사람들에게 공개될 수가 있어 이를 막기 위한 사생활보호 분야에 대한 연구가 필요함.
- 사생활보호를 강조하다 보면 민간 무인항공기 산업이 위축될 수 있으므로 시간을 가지고 세계적 추세를 따라 법과 절차를 연구해야 함. 그러나 우선 제작사나 연구기관이 민간 무인항공기를 실험적으로 운용하기 위해서는 무인항공기 운용 중 취득된 자료에 대한 철저한 관리와 보관 절차를 수립하는 것이 필요함.

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향 및 분석

1. 국내 정책 동향

□ 국내 인증체계 분야

- 현행 항공법에서는 일반적으로 통칭되는 무인기를 “무인항공기”와 “무인비행장치” 두 가지 분류로 구분하고 있음
- 항공법에서는 무인비행장치를 자체중량 150kg 이하인 동력비행장치로 정의하고 있음. 즉, 우리나라 항공법 상으로는 자체중량 150kg의 무인항공기는 무인항공기가 아니고 무인비행장치임. 이는 항공기의 일종인 초경량비행장치가 항공법상으로는 항공기가 아닌 것과 같은 논리임.
- 현행 항공법은 무인비행장치를 일종의 초경량비행장치로 분류하여 기본적으로 초경량비행장치에 적용되는 법규를 준용하도록 하되 일부 예외조항을 두고 있는데, 서로 다른 종류의 항공기를 같은 범주로 구분하여 문제가 발생하고 있음.
- 우리나라의 민간무인항공기 인증체계는 항공법에 수록되어 있는데, 무인항공기에 대해서는 기본적으로 유인항공기에 적용되는 항공법 법규가 똑같이 적용되도록 되어있으며 무인항공기에 특정해서는 다음과 같이 세 개 조항만 있음.
 - 항공법 제2조 제3호
 - 항공법 제55조 제5호 및 동시행규칙 제196조의2
 - 항공법 시행규칙 제20조 제3호
- 항공법 제2조 제3호“가”에서는 “항공업무”에 대한 정의를 하는 가운데 무인항공기에 대한 정의가 간접적으로 되어있음.
- 항공법 제55조(비행 중 금지행위 등)의 제5호에서는 무인항공기의 비행을 “비행 중 금지행위”의 하나로 하되 비행을 하려면 국토부장관의 허가를 받도록 하고 있음.
- 시행규칙 제296조의2(무인항공기의 비행허가 신청 등)는 항공법 제55조의 제5호에 관한 세부규칙으로 무인항공기의 비행허가신청에 관한 요건을 수록하고 있음. 이 조항에서 무인항공기 비행허가는 지방항공청장 또는 항공교통센터장에게 위임하고 있음.
- 시행규칙 제20조(특별감항증명의 대상)는 동법 제15조 제3항 제2호에 관한 세부규칙으로 특별감항증명 대상이 되는 항공기 운항용도를 명시하고 있음. 이 조항의 제3호에 “무인항공기의 운항”이 포함되어 있음.

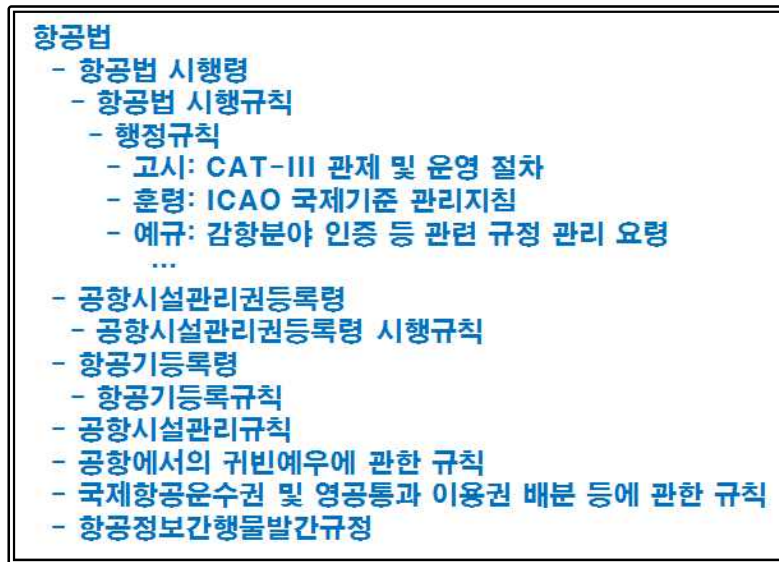
- 항공법에서는 무인항공기를 “항공기에 사람이 탑승하지 아니하고 원격·자동으로 비행할 수 있는 항공기”라고 정의하고 있으며 무인항공기에는 시행규칙에서 초경량비행장치의 한 부분으로 자체중량 150kg이하를 무인비행장치로 분류하고 있음.

□ 국내 운항기준 분야

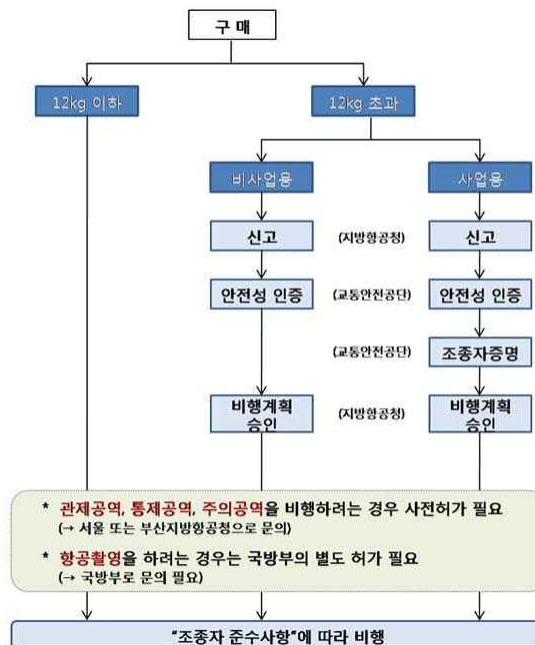
- 1999년부터 무인비행장치 안전관리 기준 반영, 비행계획 승인제도 운영
 - 민간 RPAS 비분리공역 초도 통합(~'16), 운항관련 규정(RPAS OPS & FCL) 수립('13~'17)
- 항공기 안전운항을 위한 운항기술기준 (제74조의2)
 - 국토교통부장관은 항공기 안전운항을 확보하기 위하여 이 법과 「국제민간항공 조약」 및 같은 조약 부속서에서 정한 범위에서 다음 각 호의 사항이 포함된 운항기술기준을 정하여 고시할 수 있다.
- 운항기술기준의 준수 (제74조의3)
 - 소유자등 및 항공종사자는 제74조의2에 따른 운항기술기준을 준수하여야 한다.
- 민간무인항공기 운항 관련하여 “시험비행 허가”(항공법 제20조) 및 “비행허가 신청”(항공법 제196조의2) 으로 관리
- 제20조(시험비행 등의 허가)
 - 조종사가 탑승하지 아니하고 비행할 수 있는 항공기(이하 "무인항공기"라 한다)는 시험비행 등 항공에 사용할 수 있다는 허가(이하 시험비행 등의 허가"라 한다)를 받은 경우 비행 가능
- 제196조의 2(무인항공기의 비행허가 신청 등)
 - 무인항공기를 비행시키고자 하는 자는 성명·주소 및 연락처/무인항공기의 형식 및 등록기호/ 비행의 목적·일시·경로 및 고도/무인항공기의 조작자의 성명 및 연락처 사항을 지방항공청장에게 비행예정일 5일 전까지 제출
 - 지방항공청장은 무인항공기 비행 신청을 받은 경우 심사한 후 항공교통의 안전에 지장이 없다고 인정되는 경우에는 비행을 허가
- (최근동향) 국토부는 최근 급증하는 소형 무인기의 수요 및 활용 사례로 인해 기존 12kg~150kg을 무인비행장치로 구분하던 방식에서 하한선을 5kg으로 낮추어 신고/관리대상을 확대하는 대신 25kg이상을 안전검사 대상으로 변경하는 방안을 추진 중. 이는 미국의 소형무인기 (small UAS) 구분 방식과도 관련이 있음
 - 현재는 12kg을 초과한 드론이나 사업용 드론만 소유주 정보와 기체 성능, 과거 비행이력 등을 국토부에 신고하게 돼 있으나 앞으로는 5kg을 초과한 드론은 모두 신고토록 할 계획임. 반면 드론사업 성장을 위해 위험도가 현저히 낮은 취미용 드론에 대해서는 규제 완화 방안을 검토 중



<그림 2-1 > 국내 항공법규 체계



<그림 3-2> 우리나라 항공법령의 체계도



<그림 3-3> 중량에 따른 무인항공기의 운용 절차

□ 국내 민간 무인기 관련 정부주도 정책과제 현황

- “무인항공기 안전관리제도 구축”연구는 2009년 7월부터 12월까지 교통안전공단에서 수행하였으며, 무인항공기 안전관리제도에 관한 국내외 현황 조사 및 분석을 주 내용으로 하고 있음.
- 국토교통부는 “외국무인항공기에 대한 비행허가 및 안전관리지침 (2009.9.28. 제정, 2010.11.17. 최종개정)을 제정하여 미국의 군용무인기의 국가 공역 진입에 적용하였음.
- 2011년 국토교통부는 “상업용 민간무인항공기 보급기반 구축“이라는 기획과제를 카이스트에 위탁, 수행하였음. 본 과제에서는 국내 민간 무인항공기 보급기반 구축에 대한 최초의 본격적인 연구라는데 큰 의미가 있음
- 상기 과제의 결과물에 기반 하여 2012년 상/하반기, 2013년 상반기 세 차례 민간무인항공기 보급기반 구축사업을 위한 예비타당성 조사를 신청하였으나 선정되지 못하였음.



<그림 2-4 > 민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 과제('13-'15 수행)

- 상기 위탁과제를 기반으로 하여 “민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구”를 2013년 12월~2015년 6월간 항공기술안전원(KIAST)의 주관으로 수행하였음. 본 연구에서는 상기 기획과제에서 수립된 기본계획에 연계하여 인증기반 구축, 운항기준 수립, 인프라 구축 방안 등에 대해 카이스트, 항공우주연구원등의 참여로 심도 있는 연구를 수행하였음.
- 2013년 하반기부터 미래부 주도 소형 무인이동체 (무인항공기, 자율주행차량, 무인수상정, 잠수정등)의 통합 운용기반 기술 개발 과제를 제안 (카이스트), ‘14년 다부처 과제로 상정하였음.
 - 제안 과정에서 미래부 주도 연구는 국토부 주도 연구로 변경되어 150kg이상 중대형 무인기 대상 과제로 수정되었음
 - 동과제에서 국토부는 민간무인항공기 보급에 필요한 인증, 운항기준 등을 개발 하며 미래부는 통신, 보안 등 핵심 요소기술, 해수부는 무인선 운용기술 개발 을 목표로 함
 - 2014년 6월 다부처특위에 의해 사업이 인가되어 2015~2020년간 국고 300억원 의 규모로 과제 추진이 결정되었으며 현재 이 과제를 기반으로 미래부, 해수부 의 연구가 진행 중임
- 국토교통부는 비행시험 전용으로 국가비행시험장의 구축 사업을 구상중이며, 이 를 무인항공기의 비행 시험에 활용할 수 있을 것으로 예상됨.

□ 국내 민간 무인기 개발·보급 과제 현황

- 우리나라 무인기 개발 사업은 1970년대 기만용 무인기 개발로 시작하여 국방과 학연구소 및 방위산업체 중심으로 군용 무인기가 다수 개발되어 왔으며 최근에는 실전배치가 시작되고 있음
 - 현재 실전배치, 운용된 무인기는 송골매가 유일한데, 사단급 무인기는 ‘16년 부터, 송골매를 대체할 차기 군단급 무인기는 ‘17년부터 실전 배치될 계획이 고, 이외에도 비공개 무인기 사업이 다수 존재.
- 민간 무인기 개발의 경우 2007년 당시 지식경제부의 항공산업부품개발 사업으 로 방제용 무인헬리콥터 사업을 추진한 바 있음
- 2012-13년 국토부의 틸트로터를 이용한 민간무인항공기 보급기반 구축 사업의 예비타당성 조사 신청이 부결된 후 무인기의 직접적인 개발은 하지 않는 것으 로 정책 방향을 설정하였으며, 대신 기 개발된 무인기를 활용하여 인증 및 운항 기술기준 개발 사업을 추진하는 것으로 정책을 결정하였음.
- 산업부는 무인기 플랫폼 및 핵심 부품개발을 담당하는 것으로 부처 소관업무 범위를 결정하였음
 - 2002년 프론티어 사업으로 국고 970억 원을 10년간 투자, ‘12년 틸트로터기반

무인기를 세계에서 두 번째로 개발에 성공하였음.

- 산업엔진프로젝트의 일환으로 틸트로터 기반 무인항공기의 체계개발을 목적으로 하는 “고속수직이착륙무인기”사업을 3천억 원 규모로 기획, 예비타당성 조사 신청(‘14)하여 ‘15.10 현재 심사가 진행 중
- 최근에는 산업부의 지원으로 멀티로터 등 소형 무인항공기 개발 사업이 다수 진행 중임

고내풍성 드론 시스템 개발: ‘15-‘18년, 총66억원 (국고 48억/민간 18억원)

- 2014년 이래 미래부는 민간 무인기의 활용기술을 개발하는 “창조경제비타민” 사업을 추진 중
- 무인기를 이용한 산림 병충해 감시, 해안선 지리정보 구축 사업 등 (과제당 10억 원/년 규모)
- 미래부는 본 기획과제의 모체인 무인이동체의 다부처사업의 승인 이후 항공우주연구원 주도로 무인항공기, 자율주행자동차, 무인수상정 등 다양한 무인이동체에 적용이 가능한 공통기술개발 사업을 기획, 예비타당성 조사를 신청한 바 있음(‘15)
- 최근에는 지자체를 중심으로 무인기의 활용사업을 활발히 추진 중
- 대구시는 2020년까지 국비 180억 원등 250억 원을 투입해 “스마트 드론 활용 기술기반 구축사업”을 추진 중이며 무인기 시범운용장 및 국가산업단지 육성 방안 추진 중
- 수원시는 우리나라 전자산업의 메카이고 완구용 무인기 업체가 입주한 등의 이점을 이용하여 드론산업특구를 조성할 계획 발표(‘15)
- 부산시는 ‘16년 380억 원을 투입, “드론 실용화 촉진 지원센터” 설립 계획을 추진 중이며 ‘16년 1월 대규모 드론 쇼 개최를 추진 중
- 전북도는 도내 산업특성에 맞추어 농업용 드론 사업 육성에 노력 중
- 서울시는 드론을 이용한 국민안전향상 사업을 추진 중: 드론 이용한 구조, 화재 진압 등

□ 국내 시범운용 분야

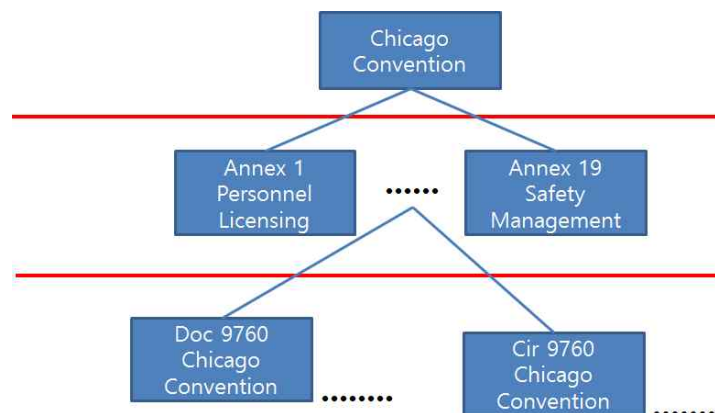
- 2015년 8월 기준 국토부에 신고된 12kg 초과 무인기는 423대이며 사업등록 업체 수는 415개사이고 한국모형항공협회에 따르면 신고 대상이 아닌 12kg 이하 드론은 국내에만 1만대 이상 보급된 것으로 파악되고 있음
- ‘15년 8월 기준으로 드론을 이용해 항공촬영·농약살포 등을 하는 사업자는 582곳이고 12kg을 초과하는 신고대상 드론도 2010년 144대에서 현재 716대로 증가.

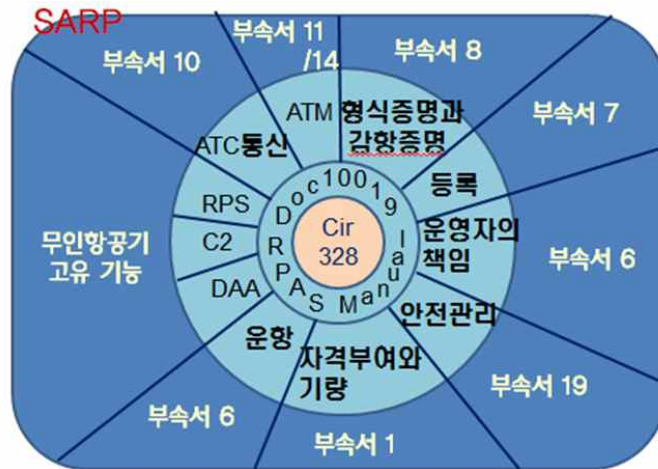
- 국토부는 '15년 9월 민간의 bottom-up 제안을 통해 무인비행장치의 시범사업을 공모하여 다양한 무인기 이용 사업을 수행하는 사업을 추진 중.
 - 본 사업을 통해 기존 항공촬영뿐만 아니라 물류 운송, 구조물 검사 등 다양한 활용처 뿐만 아니라 장거리/비가시권 운용, 악천후에서의 운용 등 민간 주도의 사업을 통해 무인비행장치의 활용성 및 안전수준 등을 파악할 것으로 기대
- 민간공역을 비행할 150kg이상의 무인항공기는 적절한 절차에 의해 인증을 받아야하는데, 현재 전 세계적으로 확립된 인증체계는 전무하며, 국제기구를 중심으로 세계 각국의 공조로 구축중임

2. 국외 정책 동향

□ 국제 항공정책 관련

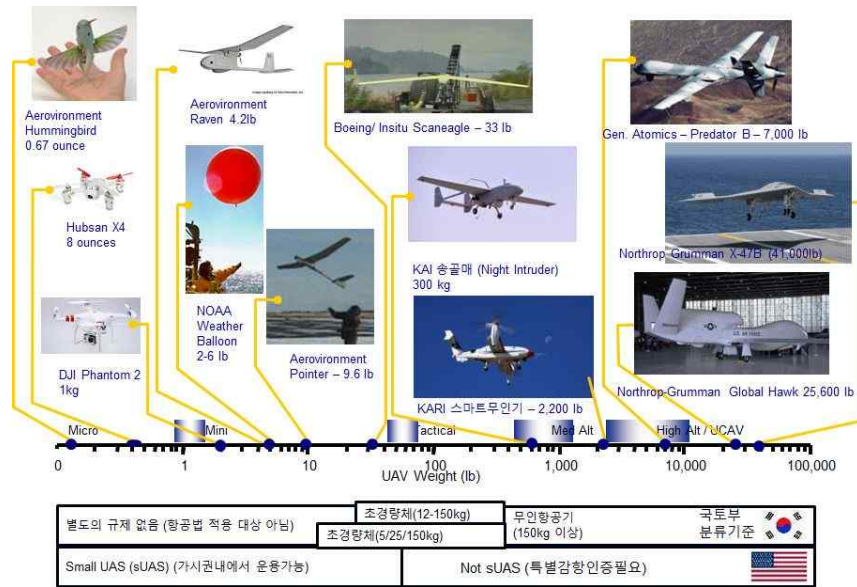
- ICAO는 2005년부터 무인항공기 시스템 연구그룹(Unmanned Aircraft System Study Group, UASSG)를 결성, 무인항공기 관련 업무에 대한 국제적 상호협력, 무인항공기 관련규정 및 매뉴얼 개발, 기술적 세부사항과 SARPs(Standards and Recommended Practices)의 개정에 대한 연구를 진행하고 있으며, 2014년 11월에는 이를 RPAS Panel로 승격, 가장 최근에는 2014년 3월에 이어 6월 말에 15차 회의를 개최하였음
- 우리나라도 ICAO의 이사국으로서 UASSG에 이어 RPAS Panel에 계속 참여중이며 본 기획과제를 통해 수행될 과제를 통해 ICAO의 무인기 관련 규정을 제정하는데 실제 경험을 바탕으로 적극 참여함으로써 무인기 분야에 기여하고 국제 항공 분야에서 국가 위상을 높일 수 있음.
- RPAS Panel은 2018년까지 Annex 1, PANS-TRG, RPAS Manual 개정하고 2020년까지 Annex 2, 6, 7, 8, 10, 19개정하여 SAPRs 발간 예정인데, 이를 통해 ICAO 준수국들은 국가 간 계기비행에 한해 운용되는 민간 무인기 운용기준을 각국 상황에 맞추어 tailoring이 가능할 것으로 기대됨.





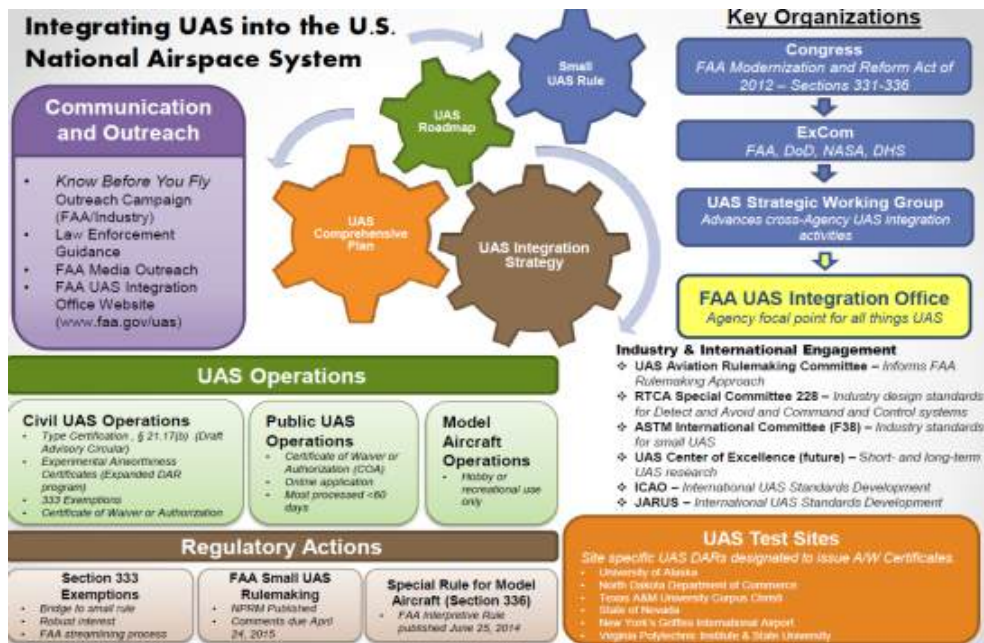
<그림 2-6> ICAO 문서의 구성

- 미국의 민간무인항공기 사용을 전면 허용하는 “2012 현대화 개정 법률 (Modernization and Reform Act of 2012)” 이 2012년 2월에 통과됨. 이에 따라 미 연방항공청 (FAA)는 2015년까지 관련 규정의 개정 및 민간 무인기 가이드라인을 마련할 예정이었으나 현재로서는 그 추세가 불확실함
- FAA는 현재 미국 내 6개 시험 장소에서 민간 무인기 운용을 진행하면서 자료 축적 중.
- 미국 FAA는 민간공역에서 무인항공기의 활용허가범위를 점차 확대하는 추세임.
 - 미국은 차세대 항공교통관리(ATM: Air Traffic Management) 시스템 연구 프로젝트인 NextGen을 진행하고 있으며, 무인항공기를 NAS (National Airspace System)에 완전히 통합하여 운용할 계획을 2012년에 대통령령으로 시작, 무인기 혼용운용을 위한 연구 및 법제화에 박차를 가하고 있음.
 - (2013.8.) FAA는 원래 군용 무인기로 개발된 Aerovironment사의 Puma와 Boeing사의 Scan Eagle의 민간공역(Alaska의 해상)에서 활용하는 것을 허용한 바 있음.
 - (2014.6.) FAA는 Aerovironment사의 Puma를 육상에서 공중촬영 등의 용도로 사용하는 것을 허용하였는데 이는 육상에서 무인기를 민간공역에서 운용이 공식 허가된 첫 번째 사례임. 이 같은 조치에는 Puma무인기의 군용활용이 충분한 안전성을 입증한 사례 때문인데 이는 반면 최근에 개발된 무인기들은 충분한 사용전력이 없을 경우 비행허가를 얻기 어려울 것이라는 의미일 수 있음
- 전세계적으로 민간 무인기 기준은 군용 무인기를 우선 참조하는 경향이 있음
- 미국의 경우 민간 무인기의 중량 하한이 명시되어 있지 않으며, 25kg(55파운드)를 기준으로 소형을 small UAS(sUAS)로 구분하는데, ‘15.2월 sUAS 경우 가시권 내 주간 500ft내로 별도의 인증절차 없이 운용이 가능하도록 절차개정을 추진중



<그림 2-7> 무인항공기 중량기반 구분 기준

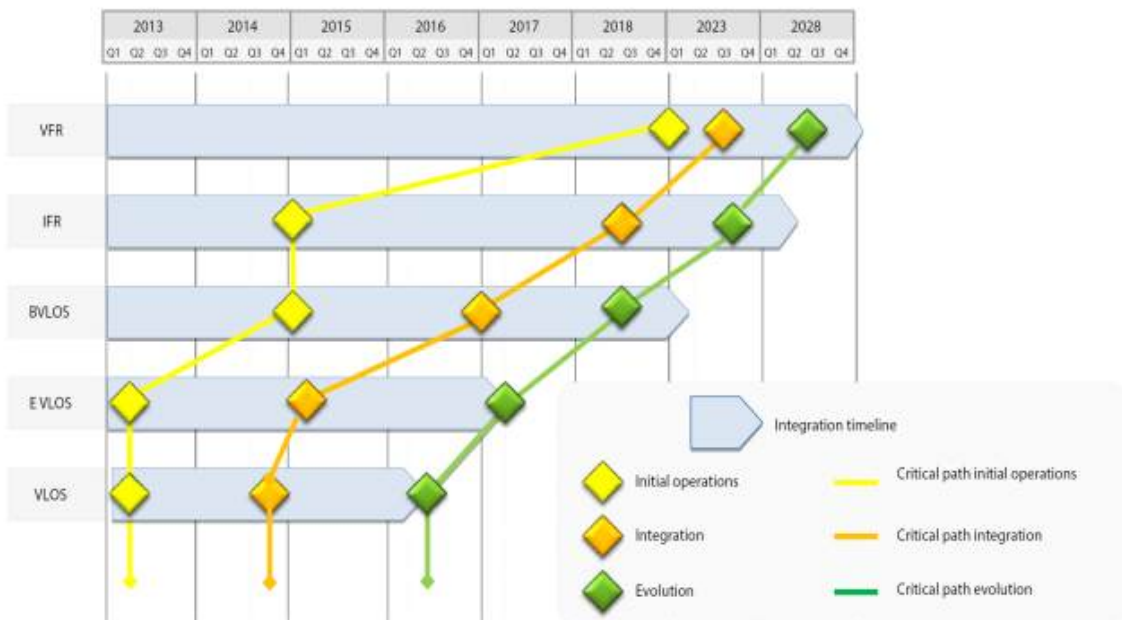
- 미국에서 무인 연, 로켓, 열기구, 400ft이하에서 운용하는 모델 항공기 외의 무인항공기 시스템에 대해서는 COA 형태로 비행허가를 해주고 있음. 관련하여 FAA는 현존하는 규정으로 관리하지 못하는 무인항공기 시스템의 운용에 대한 정책 결정하는데 도움을 받고자 COE(Center of Excellence)를 세우기로 하였으며 이미 미국 전역 6개 지역에 대해 무인항공기의 국가공역 운용 관련시험을 허용하고 있음



<그림 2-8> 미국의 국가공역으로 민간무인기 통합 계획

- 2014년 FAA CoE(Center of Excellence) 프로그램 추진
 - ‘무인항공기 국가공역 통합 운용’ 관련 현존 또는 예상되는 무인항공기 현안에 대한 해결책을 찾기 위하여 미 정부부처, 민간기관, 학계 연합으로 세계 수준의 컨소시엄을 만들기 위한 목적으로 추진

- FAA의 R&D Integration Division, ANG-C2에서 담당하며 FAA에서 10년간 예산을 지원(협약은 5년 단위)하고 분기별/반기별 보고서, 반기별 미팅, 5년마다 심포지움 개최를 요구함
- FAA 요구 연구 분야는 항공교통관제 상호 운용성, 공항 지상 운용, 관제 및 통신, 충돌감지 및 회피, 인적요소, 스펙트럼 관리, 무인항공기 운용요원 훈련 및 인증임
- '15.5월, FAA는 Mississippi State University주도 consortium을 민간 무인항공기 연구를 총괄할 CoE로 선정하였음.
- 무인항공기의 국가공역 통합 관련하여 장시간 비행, 다양한 센서기술과 더불어 개인 사생활 보호가 관심대상이 되고 있음. 이와 관련하여 FAA, 의회, 지방/주 정부 단위의 규정이 제정이 진행되고 있으며 AUVSI의 무인항공기 운용 안내지침에서는 개인 사생활 침해를 금지하고 있음
- 세계전파통신회의(WRC) 의제에서 제안되었던 무인항공시스템 주파수 대역의 요구사항이 그동안의 ITU-R WP5B-2의 회의를 거쳐서 후보 주파수 대역이 5 ~ 5.15GHz와 15.4~15.7 GHz로 선정됨. 해당 대역에서 AM(R)S(Aeronautical Mobile (Routine) Service)의 사용 방법과 추가 선정은 논의 중에 있음.
- 유럽은 하나의 시장, 하나의 규칙을 목표로, 기존 항공 시스템의 안전/운용에 영향을 주지 않고 통합하며, 산업분야 투자 활성화 및 고용 창출을 위한 법·제도 수립
- 민간 RPAS 비분리공역 초도 통합(~'16), 운항관련 규정(UAS OPS & FCL) 수립('13~'17)
- ASBU 단계와 동조하여 단계적 공역 통합



<그림 2-9> 유럽의 무인항공기 공역 통합 일정(안)

□ 국외 인증체계 분야

○ 미국 FAA의 무인항공기 인증체계

- 미국 행정부와 의회는 최근 급증하는 민간무인항공기에 대한 수요에 대응하고 관련 산업 육성을 위해 안전성이 중요한 걸림돌임을 인식하고 FAA에 조속한 인증체계의 수립을 중용하면서 2012년 FAA Revitalization Act를 통해 2015년 9월까지 무인항공기의 공역 내 “안전한 통합(safe integration)”을 요구하는 등 입법적, 예산적 지원을 하고 있음.
- 미국 FAA는 무인항공기 특별감항증명(Experimental Certificate 포함) 발급에 관한 업무규정을 발행하였음. 여기에는 Optionally Piloted Aircraft(원격조종유인항공기)도 포함됨. 유럽과 그 외 국가에서도 무인항공기에 대해 특별감항증명을 하거나 운항승인을 하고 있음. 대개는 수십 킬로그램 이하의 소형무인항공기에 대한 운항승인임.
- 무인항공기에 대해 형식증명을 한 사례는 아직 없으며 모든 국가의 인증전문가들은 감시회피를 위한 확고한 기술이 개발되고 무인항공기의 안전성이 유인항공기 수준까지 획기적으로 높아지기 전에는 무인항공기에 대한 형식증명이 이루어지지 않을 것으로 전망함.
- 미국 FAA는 2013년 무인항공기 로드맵(Integration of Civil UAS in the National Airspace System Roadmap)에서 무인항공기 인증은 달성이 가능한 안전성 수준에 맞추어 인증수준(Levels of Certitude)을 적용하는 접근방식을 제안하고 궁극적으로는 형식증명과 표준감항증명을 발급할 수 있도록 인증체계를 발전시켜 나갈 것을 천명한 바 있음. 각 인증수준의 구체적인 적용 시기는 무인항공기 기술(Enabling technology)의 발전에 따라 좌우되므로 당연히 제시하지 않고 있음. 우리나라의 민간무인항공기 인증체계는 항공법에 수록되어 있음.

○ 유럽 EASA의 무인항공기 인증체계

- 유럽은 무인항공기 인증에 관한 2009년 방침문서(EASA Policy Statement, Airworthiness Certification of UAS)에서 무인항공기 인증에 있어 유인항공기에 적용되는 규정인 Part 21이 기본적으로는 그대로 같이 적용되고 무인항공기의 안전성이 확실히 확보되기 전까지는 제한형식증명과 제한감항증명이 적용될 것임을 밝히고 있음.
- 유럽의 EASA는 2014년 4월에 유럽의 민간용 무인항공기의 점진적 개발을 지원하기 위한 전략(“A New era for a aviation—Opening the aviation market to the civil use of remotely piloted aircraft systems in a safe and sustainable manner”)을 발표함.
- EASA는 현재 무인항공기 인증과 운항승인에 관련된 Rule-making 작업을 진행

중임.

- 유럽의 경우 군용 감항인증기준인 STANAG 4671, 4702, 4203, 4746등이 150kg을 무인기의 크기를 구분짓는 중요한 기준으로 삼고 있는데, 우리나라도 유사하게 항공법에 무인항공기와 무인비행장치의 기준으로 150kg을 적용하고 있음.

<표 2-1 > NATO STANAG 무인항공기 감항인증 기술기준

STANAG Code	적용기준	비고
4671 (USAR)	- 고정익(150 kg< MTOW <20,000 kg) - 399개 감항 요구도	- 2009년 제정 - 2013년 3판 - Part 23 기준
4703 (USAR Light)	- 고정익(MTOW≤150 kg) - 총돌에너지 66 J(49 ft-lb) 이상 - 69개 감항 요구도 및 8개 부속서	Hybrid 접근방식 CS Code와 다른 방식 감항인증 기준의 최소화
4702 (FW-USAR)	- 회전익(150 kg< MTOW <3,175 kg) - 297개 감항 요구도 및 5개 참고	- 2013년 초안 CS 27 기준
4746 (FW-USAR Light)	- 회전익(MTOW≤150 kg) - 69개 감항 요구도 및 10개 참고	제정 중

<표 2-2 > 유럽의 원격조종항공기시스템 인증 규정 수립 현황

	In place			In preparation		
	< 150 kg	VLOS	BLOS	< 150 kg	VLOS	BLOS
Austria	< 150 kg	VLOS				
Czech Rep.	< 150 kg	VLOS	BLOS			
Denmark	< 150 kg	VLOS				
Finland				< 150 kg	VLOS	
France	< 25 kg	VLOS	BLOS		VLOS	BLOS
Germany	< 25 kg	VLOS				
Hungary				< 150 kg	VLOS	
Ireland	< 20 kg	VLOS				
Norway				< 150 kg	VLOS	BLOS

○ ICAO의 무인항공기 인증체계

- ICAO 6개 분과: 감항(Airworthiness), 관제(ATM), 운항(Operations), 명령/제어(C2) 및 ATC Communications, 감시/회피 (Detect & Avoid), 자격(Licensing) 등. 인증체계와 기술기준은 감항분야에서 취급.
- ICAO Doc 10019(Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems) 개발 (2015년3월) - 2018년 업데이트 및 Guidance 자료 개발 예정
- 2020년 완료 목표로 무인항공기 관련 국제표준(SARPs)개발 작업 진행

□ 국외 운항기준 분야

○ 미국 FAA의 무인항공기 운항기준체계

- (ICAO) 민간무인항공기가 모든 국가에서 조화롭게, 유인항공기와 동등한 수준의 안전성을 확보하며, 경제적이고 효율적인 운영 및 운항 목표
- '11년 Circular 328제정, '15년도 RPAS Guidance Manual 발표, '18년도 SARPs Annex 6 제정(예정)
- 비분리공역(Non-segregation)과 공항에서 통합 운영
- 모든 UAS 단체에 운항관련 지침(Guidance) 제공을 목적으로 함
- 기존 적용된 RPAS 기준 및 기존 수립된 항공 운항원칙과 부합
- 고려해야하는 새로운 RPAS 특정 부분 강조
- '살아있는' 문서로 논의가 진행되며 개정 가능(Circular 328 대체)
- 안전 관련하여 운항과 관련된 6장(운영자 책임), 7장(안전관리), 9장(RPAS 운항), 11장(C2), 13장(지상통제소)
- (주안점) RPAS 운영자 인증(ROC), 계약서비스-운영자 책임(C2 통신서비스 제공자), 원격 기장(PIC) 책임, 피로관리(지루함 등), 안전관리, 운항(환경, 운항종류, 지상통제소 이양, 응급상황, 보안)
- (난점) C2 링크(구성, 승인/감독, 관리, 단절), 지상통제소(기능 개요, 다수 RPA 형식, 인간영향)
- 특별 인증 없이 민간 UAS를 국가공역시스템(NAS)에 통합
- 공공 UAS 운용(~'15), 민간 UAS 운용(~'20)

2절. 국내외 시장동향 및 전망

1. 국내 시장 동향

□ 국내 시장동향

- 우리나라의 무인항공기 시장은 현재 군 수요 위주로 형성되어 있고 아직까지는 완제품 보다는 정부주도 R&D 시장이 주를 이루고 있는데, 최근 촬영용 드론 및 용역시장이 급속히 성장하고 있음
 - 촬영용 드론은 국내 항공법상 무인항공기(>150kg)에 속하지는 않으나 당분간 민간 무인항공기 관련 시장을 주도할 것으로 예측됨
- 무인항공기는 원격탐사, 통신중계, 환경감시, 기상관측, 국경감시, 산불감시, 위험지역 정찰, 재난구호 지원활동 등 군사적 목적 외에도 다양하게 적용되어 활용 될 것으로 전망됨.
- 국내 무인항공기 시장은 연간 4000억 규모에 이를게 될 것이고 2차 시장으로 확장이 예상됨. Teal Group의 2012년 세계 무인기 시장예측자료에 의하면 2012년부터 2021년까지 국내 무인기 수요를 보여줌.
- 앞으로 10년간 국내 무인기 시장은 군 수요에 의해 주도될 것으로 예상됨: ‘13-‘17 국방중기계획에 따르면 국방비 내 방위력개선비의 비중을 33.3%까지 확대할 예정에 있고 군단급 무인기 및 해군/해병대용 수직이착륙 무인기 획득사업, 그리고 이외에 고고도 무인기, 무인전투기 등의 사업이 지속진행 중에 있음.
- 2025년까지 국내의 무인항공기 수요는 군수용으로 약 1300여대의 무인항공기와 민간용으로는 약 1700여대의 농업 및 산불 감시용 무인항공기의 수요가 있을 것으로 예측됨.

<표 2-3> 전 세계 무인항공기 시장 규모

분류	억 원	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
군용	연구비	31,570	32,626	30,019	28,798	30,129	32,736	34,287	35,893	37,554	39,149	332,761
	매출액	35,756	34,601	26,708	41,932	41,536	44,616	39,699	50,171	57,673	59,444	332,761
	합계	67,326	67,227	56,727	70,730	71,665	77,352	73,986	86,064	95,227	98,593	665,522

자료: Teal Group, ‘World Unmanned Aerial Vehicle Systems, 2014 Market Profile and Forecast’

<표 2-4> 전 세계 무인항공기 생산량 및 시장 규모

분류	대수/ 억 원	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	합계
군용	생산량	2,810	2,283	2,112	2,623	2,905	3,905	4,110	4,632	4,944	5,403	35,727
	매출액	36,421	35,398	28,435	44,594	49,082	57,849	68,607	81,939	97,691	95,612	595,628
민용	생산량	267	387	556	1,406	2,508	3,009	3,414	6,014	6,014	8,514	32,089
	매출액	666	798	1,727	2,662	4,246	4,983	6,358	9,218	9,218	11,968	51,843

자료: Teal Group, ‘World Unmanned Aerial Vehicle Systems, 2014 Market Profile and Forecast’

<표 2-5> 한국 군용 무인항공기 시장 생산대수 예측

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Mini UAV	30	30	30	60	70	80	90	90	90	90	660
Tactical UAV	5	5	10	10	10	15	15	15	15	15	115
Naval VTUAV	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	21
MALE UAV	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	16
HALE UAV	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	4

자료: Teal Group, 'World Unmanned Aerial Vehicle Systems, 2014 Market Profile and Forecast'

- 국내 민간 무인기 시장은 2020년대 초부터 본격적으로 창출, 향후 15년간 1조6천2백 억 원 규모로 추산됨.
- 무인기 기술이 성숙하고 무인기를 위한 제도적 정비 노력이 진행되는 동시에 공공/민간용 무인기의 활용을 원하는 수요가 지속적으로 제기되고 있기 때문에 공공/민간용 무인기 시장의 도약이 필요한 실정.
- 현재에는 무인 항공기의 적용 분야는 군용 뿐 아니라, 농업용 및 항공촬영용 위주로 소규모 시장이 형성되어 있는데, 향후 해안/산불/환경 감시 등의 공공용부터 시작하여 다양한 민간용으로 활동될 것으로 예측됨.
- 국내 민간 무인항공기 시장은 현재 소형 헬리캠을 중심으로 시장이 형성되고 있으나 (이는 본격적인 무인기로 구분하기에는 곤란함) 향후 운용 인프라가 구축되면 앞으로 가장 크게 성장할 새로운 항공 산업시장의 한 분야일 것으로 예상됨
- 국내의 경우 아직 해외 최고 수준 업체에 비근한 기술이나 시장을 확보한 업체는 없으나 최근 기존 국방용 무인기 개발 업체나 조립업체들이 소형 민간 무인기 시장에 진입하고 있음.
 - 바이로봇사는 국내 최초로 완구용 무인기를 성공적으로 개발, 판매중임
 - DJI NAZA나 Pixhawk로 대표되는 외국제 제어기를 기반으로 임무성격에 따라 무인기를 조립하는 업체들이 등장하는 중

□ 국내 잠재 수요 조사 결과

- 본 조사는 2014년 민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구의 일환으로 항공안전연구원(당시 ASTC)이 수행하였음
- 조사대상 : 민간무인항공기 활용 가능성이 있는 국내 공공·민간 기관 중에서 해양경찰청, 산림청, 지자체, 민간업체 등 13개 기관을 선정
 - 세계적으로 민간무인항공기 시장이 활성화되지 않은 상태로 상용사업자 등 민간기관의 수요는 충분치 않을 것으로 판단되어, 공공기관도 포함하여 연구를 진행함.

<표 2-6> 국내 공공·민간 기관 요구사항 조사

조사대상 기관	설문 조사 (수량)	인터뷰 조사
해양경찰청	○ (202부)	○
산림청	○ (7부)	○
농촌진흥청	○ (1부)	○
부산시 (소방안전본부)	○ (1부)	○
강원도 (소방본부)	○ (1부)	-
충청북도 (소방본부)	○ (11부)	-
육군 교육사령부	-	○
경찰청	-	○
대한동운	○ (1부)	○
무성항공	-	○
홍익항공	-	○
한국전력	-	○
한국수력원자력	-	○
합 계	7개 기관 (224부)	11개 기관

<표 2-7> 우리나라의 민간용 무인항공기 시장 예측

용도	시기	예상 획득비 (억 원)	비고
해안 감시	2018 - 2025	5,200	26개 해경 × 2조
산불 감시	2018 - 2022	2,000	5개 산림청 × 4조
환경 감시	2020 - 2025	1,000	10개 지자체 × 1조
재해재난 모니터링	2018 - 2030	2,000	10개 지자체 × 2조
교통통제/사고수습	2018 - 2022	1,000	10개 지자체 × 1조
공중촬영	2016 - 2025	1,500	업체 60대 (대당 25억 원)
농업용	2016 - 2025	2,000	업체 1,000대 (대당 2억 원)
기타	2016 - 2025	1,500	소형 위주
계		16,200	

- 해안/산불/환경감시 및 재해재난/교통상황 모니터링 : 1조당 100억 원 수준
 - 10개 지자체: 서울/경기/강원/충남/충북/전남/전북/경남/경북/제주

자료: "상업용 민간무인항공기 보급 기반 구축 기획 최종보고서", 국토교통부, 한국과학기술원2012

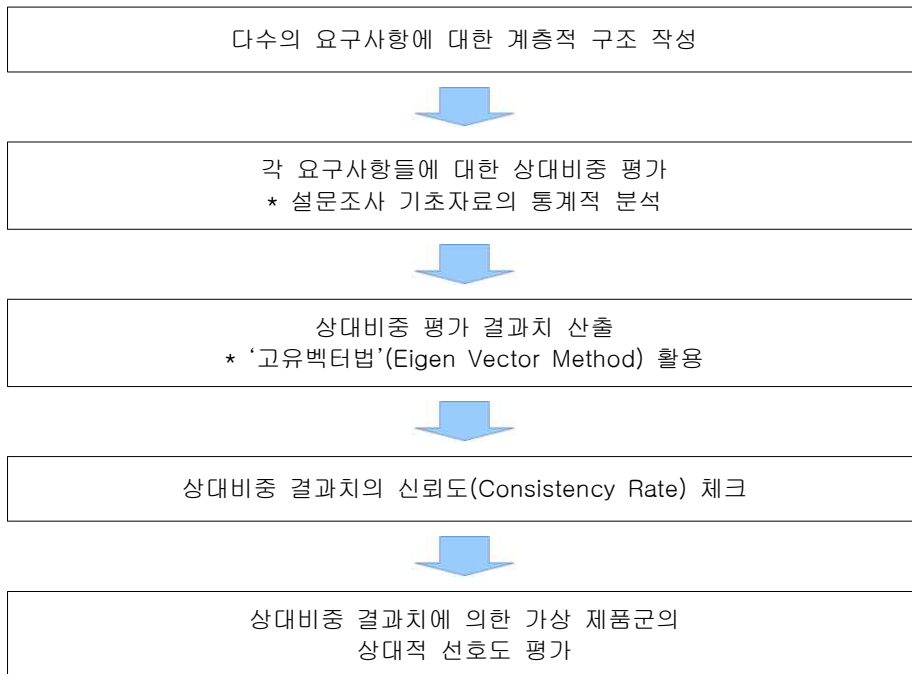
○ 1단계 설문 조사

- 무인항공기 도입 시 고려사항, 기술 및 성능 우선순위에 대해 7개 기관을 대상으로 설문조사를 실시함.
- 설문조사 항목은 (A) 무인항공기 운용 현황 및 계획을 파악하는 부분과 (B) 민간무인항공기 요구사항별 가중치 분석을 위한 우선순위를 파악하는 부분으로 구성됨.

<표 2-8> 국내 공공·민간 기관 요구사항 조사

구분	(A) 무인항공기 운용 현황/계획	(B) 요구사항별 우선순위
질문 내용	<ul style="list-style-type: none"> ·유인항공기 운용 현황 및 관련 문제점 ·무인항공기 운용 현황 및 관련 문제점 ·무인항공기 도입 의향, 예정 시기 및 개략 예산규모 	<ul style="list-style-type: none"> ·도입시 고려사항별 우선순위 (비용/도입시기/성능/기술) ·기술요소별 우선순위 (자동비행/충돌회피/목표물 자동추적/복수무인기 동시운용) ·성능요소별 우선순위 (임부반경/운용시간/탑재중량/최대속도)

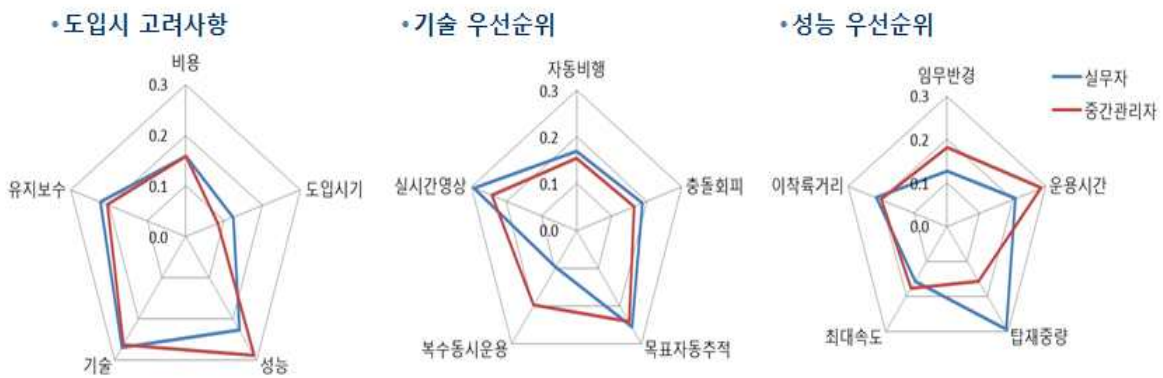
<표 2-9> 계층적 분석방법(AHP)



○ 2단계 인터뷰 조사

- 설문조사 대상기관을 포함하여 11개 기관에 대해 인터뷰를 실시하여 잠재수요 기관별 운용임무에 대한 세부 요구사항을 파악함.

- 인터뷰 조사 항목은 각 기관별 민간무인항공기를 활용할 수 있는 예상 운용임무, 운용에 필요한 주요 성능요건 및 적용 기술요소, 비행체 형상에 대한 선호도 등으로 구성됨.
- 인터뷰 조사를 통해 보다 세부적으로 파악된 고객니즈는 시범운용 시나리오 도출시 활용됨.
- 1단계 설문조사에서는 7개 기관에서 224부의 설문 응답지가 접수되어 통계분석 기초자료로 활용됨.
- 설문응답에서 민간무인항공기 도입 의향이 상대적으로 긍정적으로 나타난 해양경찰청과 산림청을 대상으로, AHP 분석을 통해 기관별 고객니즈 우선순위를 평가한 결과는 아래와 같음.



<그림 2-10> 해양경찰청 1단계 설문조사 수행내용



<그림 2-11> 산림청 1단계 설문조사 수행내용

- 2단계 인터뷰 조사에서는 11개 기관을 대상으로 직접방문(불가시에만 유선연락으로 대체) 방법을 통해 인터뷰를 진행함.
- 민간무인항공기 도입 의향과 관련한 인터뷰 응답내용은 아래와 같음.

<표 2-10> 인터뷰 응답 내용

구 분	인터뷰 응답 내용
해양경찰청	-경비함에서 운용 중인 유인항공기의 일부 임무를 대체하기 위한 무인항공기 도입 필요 -항상이착륙, 실시간 영상전송 등 능력 요구
산림청	-산불감시/진화, 인명수색/구조에 무인항공기 활용 가능 -열화상 획득, 방역장비 운용, 산불진압용 소방용수 투하 등 능력 요구 -산불진압을 위해 600L 용량의 소방용수 투하 가능한 비행체 요구 (총 이륙중량 1,500kg 이상)
소방방재청	-화재감시 및 인명수색/구조에 무인항공기 활용 가능 -실시간영상전송, 열화상획득 등 능력 요구
경찰청	-구체적인 무인항공기 도입 계획은 없는 상태
농촌진흥청	-구체적인 무인항공기 도입 계획은 없는 상태 -총 이륙중량 150kg 이하의 소형 비행체 선호
기상청	--시장조사 항목에 미 응답
지방자치단체	-재난 시 인명수색/구조 임무는 유인항공기 활용 중 -총 이륙중량 150kg 이하의 소형 비행체 선호
방송기관	-시장조사 항목에는 미 응답하였으나, 총 이륙중량 150kg 이하의 소형 비행체 선호하는 것으로 밝힘
항공방제업체/ 화물운송업체	-총 이륙중량 150kg 이하의 소형 비행체 선호 -화물운송 경로 최적화 기술 요구

- 시장조사 항목에 미 응답하거나 무인항공기 도입 계획이 없는 기관을 제외하고, 6개 기관에 대해 세부적인 운용임무 요구사항을 파악함.

<표 2-11> 기관에 대한 세부 운용임무 요구사항

구분	해양경찰청	산림청	소방방재청	지방자치단체	항공방제업체	화물운송업체
임무	불법어로감시, 인명구조/수색	산불감시/화재진화, 인명구조/수색		재해재난감시, 교통통제 등	항공방제, 작황상태감시	소형고가품등 운송
임무 반경	약 100km	약 100km	-	2~5km	-	10km 이내
탑재 장비	실시간영상	열화상영상, 실시간영상, 소방용수투하 (600L 이상)	열화상영상, 실시간영상	실시간영상, 구명튜브투하 (약 2kg)	농약살포	장기이식용 보관함(25kg)
충돌 회피	항공기간 충돌회피	항공기간 충돌회피	항공기간 충돌회피	건물/전신주 충돌회피	수목/전신주 충돌회피	건물/전신주 충돌회피
기타	함상이착륙	-	-	필요시 복수기체 운용	필요시 복수기체 운용	-
기종 선호	대형 기종 선호		소형 기종 선호			
	수직이착륙 형태 선호					

- 인터뷰 조사내용을 토대로 잠재수요기관의 운용임무 요구사항을 아래와 같이 정리함.
 - 공공기관의 경우 감시·정찰 임무에 기초하여 운용할 것이므로 공통적으로 실시간 영상전송 능력을 요구함.
 - 대부분의 기관은 별도의 활주로 없이 이착륙 가능한 수직이착륙기 형태를 선호함.
 - 민간무인항공기 운용이 아직 활성화되지 않은 상황이므로 가시거리 또는 근거리 내에서 운용되고 신규 인프라 투자소요가 적은 소형 기종을 선호하는 기관이 다수이며, 해양경찰청과 산림청은 운용임무 특성상 대형 기종을 선호함.
 - 해양경찰청은 함상이착륙 능력을 요구하였으며, 산림청은 산불발견 즉시 진화 가능하도록 소방용수(600L 이상) 투하 능력을 요구함.
 - 시험운용 시나리오 도출 수행내용
- 설문/인터뷰 조사를 통해 파악된 기관별 운용임무 특성 및 도입 의지를 고려하

여 민간무인항공기 시범운용에 적합한 기관을 대상으로 시범운용 시나리오를 도출함.

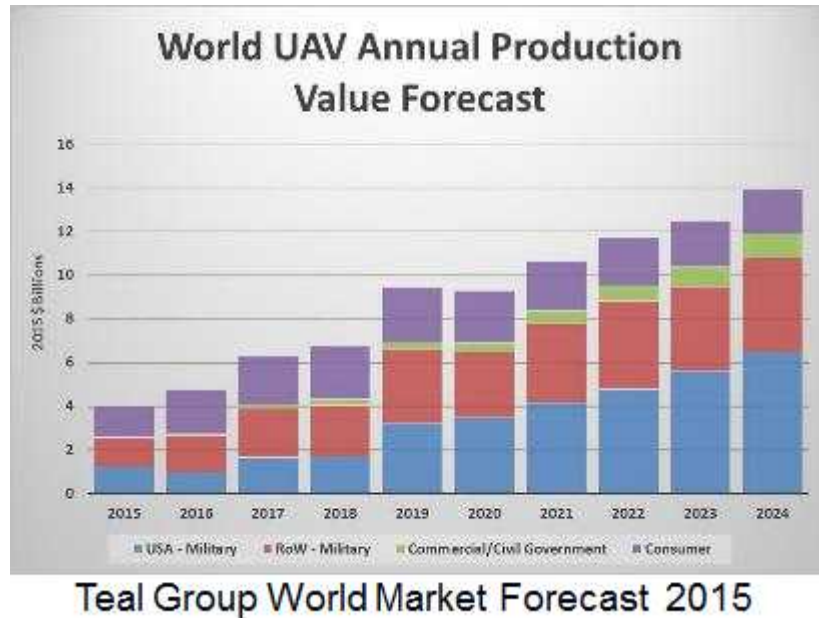
- 운용임무 특성이 유사한 2개 그룹으로 묶어서 아래와 같이 시범운용 시나리오를 검토함.
- 산림청/소방방재청 : 산불감시, 화재진화, 수색 및 인명구조
- 해양경찰청/경찰청 : 불법어로 감시, 수색 및 인명구조
- 국내 항공법에 따른 무인항공기 이용 가능한 사업은 소형항공운송사업, 항공기 사용사업, 상업서류송달사업 등이 있으나, 본 연구의 조사 결과에 따라 국내 잠재수요 창출 가능성이 높은 것으로 평가되는 '항공기 사용사업'을 중심으로 시범운용 시나리오를 제안함.
- 위 설문에서 화재 방제용 헬리콥터를 요구하는 소방청을 제외하고는 거의 모든 기관이 150kg미만 무인기를 고려하고 있다고 답하고 있음. 이는 민간 업체도 유사하여 항공 촬영, 물품 이송등을 고려하는 업체들은 대부분 멀티로터 타입의 소형 기체를 고려하고 있음. 이같은 결과를 바탕으로 본 연구에서는 150kg 이상 기체를 민간이 활용하는 사례는 당장은 찾아보기 어려울 것으로 판단함.

2. 국외 시장 현황

□ 국외 시장 현황

- 현재 전 세계적으로 다양한 형태의 무인자율이동시스템이 활발히 개발 중이며, 2016년 기준으로 무인항공기의 경우 72억 달러에 달하며, 2025년에는 125억 달러에 달할 것으로 예상됨.
- 위의 수치는 최근 급속히 성장하는 사용자용 무인기 시장은 포함하지 않았음
- 세계적으로 무인기는 1990년대에 이미 이스라엘 IAI사의 Pioneer나 General Atomics사의 Predator등이 선보여 실전에 시험적으로 투입되어 성능을 검증이 검증되고 특히 9/11 테러 이후 발발한 대테러 전쟁으로 미국의 무인기 수요가 증가하면서 무인기 시장은 군사용을 중심으로 급격히 팽창
- 2010년 기준 미국의 무인기는 전체 군용기의 41%를 차지하기에 이르렀는데, 2005년에는 이 비율이 5%였으며 단지 5년 만에 미군은 7,494 기의 무인기를 보유함.(군용 유인기수는 10,767 기)
- 전 세계 무인항공기 시장의 성장률은 매년 5%로 최근 32개국에서 약 250여종의 무인항공기를 개발, 생산하고 있으며 약 41개국에서 80여종의 무인항공기를 운용 중.
- 최근 무인기 시장은 미국에 의해 주도되고 있으나 유럽 국가들과 이스라엘 등

의 선진 국가들이 개발 경쟁에 본격 가세하고 있고 향후 아시아-태평양 지역 시장의 성장률이 크게 높아질 것으로 예상됨.



<그림 2-12> 전 세계 무인기 생산량 예상 그래프

자료: Teal Group, 'World Unmanned Aerial Vehicle Systems, 2015 Market Profile and Forecast'

World UAV Budget Forecast

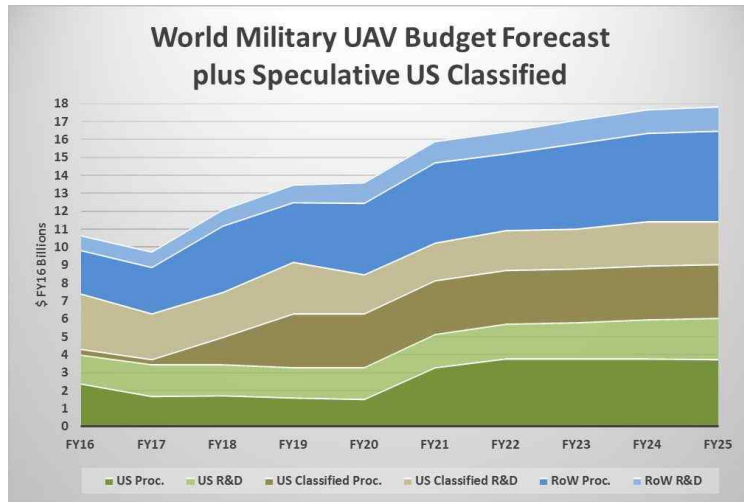
R&D (\$ Millions)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
USA	1,161	1,585	1,471	1,722	1,992	2,162	2,620	2,470	2,303	2,416	19,902
Rest of World (RoW)	725	770	805	850	910	1,100	1,300	1,400	1,475	1,550	10,885
Total R&D	1,886	2,355	2,276	2,572	2,902	3,262	3,920	3,870	3,778	3,966	30,787
Procurement (\$ Millions)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
USA (less UCAV)	1,649	2,066	1,821	2,245	3,424	3,750	3,777	3,797	3,706	3,711	29,945
RoW (less UCAV)	1,710	2,165	2,135	2,438	2,681	2,663	3,484	3,754	3,825	3,910	28,765
Total Procurement	3,359	4,231	3,956	4,683	6,105	6,412	7,261	7,551	7,531	7,621	58,710
(\$ Millions)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
World R&D	1,886	2,355	2,276	2,572	2,902	3,262	3,920	3,870	3,778	3,966	30,787
World Procurement	3,359	4,231	3,956	4,683	6,105	6,412	7,261	7,551	7,531	7,621	58,710
Total	5,245	6,587	6,232	7,255	9,007	9,674	11,181	11,421	11,309	11,587	89,497

<그림 2-13> 2013년 발표된 Teal Group의 무인기 시장 규모 예측

- 2012-21년간 민간용 무인기(Civil UAV)의 시장규모는 56억불로서 민간용 시장은 전체 무인기 시장의 5%에도 미치지 못하고 2012년 현재 총액기준으로 세계 무인기 시장에서 3.7%내외에 불과하나, 2021년에는 6.5%까지 성장할 것으로 예상된다. 하지만 이들 수치는 최근 급격한 성장세를 보이고 있는 소형 무인기 시장의 성장을 고려하지 않는 것으로서 현 추세를 감안하면 민간 무인항공기의 시장은 상당히 빠르게 성장할 것으로 예상된다
- 무인항공기 시장은 공공/상업용 분야에서도 급격한 성장을 이룰 것이 예상되며, 2020년 까지 민·군 포함하여 3,800여기의 무인항공기가 제작되어 시장규모는

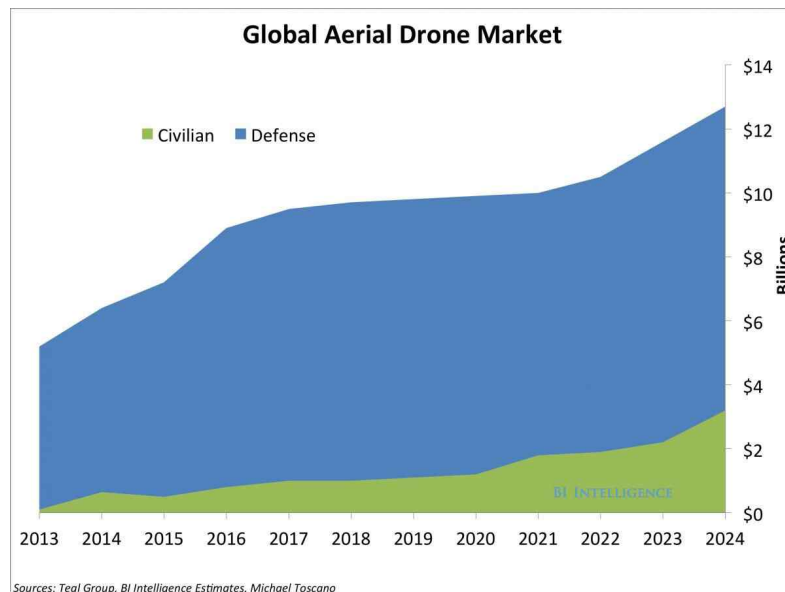
약88억불에 달할 것으로 예측됨.

- 미국 내 민간 드론 수는 2009년 146대로 시작해 2013년에는 545대가 등록되었으며 미 연방항공국(FAA)는 2018년에는 7500대 이상 민간 무인항공기가 승인을 받을 것으로 예상됨
- 앞으로도 군용 무인기 시장은 팽창할 것으로 예상되며, 공공/민간용 무인기의 활용을 원하는 수요가 지속적으로 제기되고 있기 때문에 이를 위한 제도적 정비 및 인프라 구축이 요구되고 있음

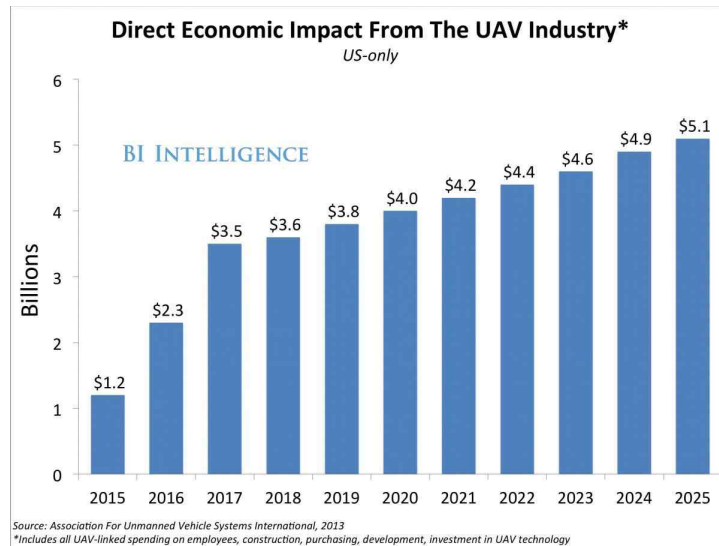


<그림 2-14> 2015년 발표된 Teal Group의 전세계 군용 무인기 시장 규모

○

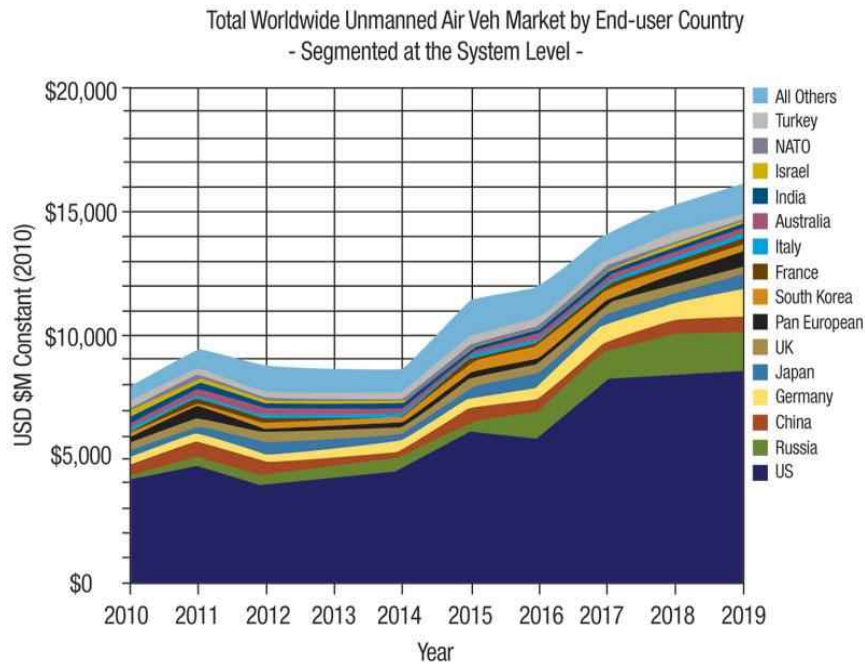


<그림 2-15> Teal Group의 전세계 무인기 시장 규모 (군용-민간용 구분)



<그림 2-16> 미국내 무인기 산업을 통한 경제영향 (Business Insider)

○



<그림 2-17> 세계 무인기 시장 성장률과 우리나라의 비중

- 무인항공기는 원격탐사, 통신중계, 환경감시, 기상관측, 국경감시, 산불감시, 위험지역 정찰, 재난구호 지원활동 등 군사적 목적 외에도 다양하게 활용될 것으로 전망됨
- 미국에서 구글과 페이스북이 무인항공기 회사인 타이탄 에어로스페이스 인수를 놓고 경합을 벌여 페이스북이 6000만 달러를 제시했음에도 불구하고 구글이 최종적으로 타이탄 에어로스페이스를 인수하는데 성공함. 타이탄의 주력 제품 솔라리는 태양광 패널에 의해 충전되는 배터리를 사용하며 운항 항로가 일반 무인기보다 두 배 가량 높고 특수 통신장비를 이용하여 최대 1Gbps의 속도로 데

이터를 전송할 수 있다고 알려짐. 페이스북의 경우 타이탄 대신 2000만 달러를 투자하여 영국의 어센타를 인수함. 두 회사의 경우 낙후된 지역에 인터넷을 보급하는데 무인항공기를 이용한 기술을 사용할 것으로 예측되어 앞으로 시장에 큰 영향을 미칠 것으로 전망됨.

- 최근에는 취미용, 공중촬영용 소형 무인항공기 시장이 전 세계적으로 크게 성장 중임. 직경 수십cm ~ 1m정도의 멀티로터는 항공촬영용으로 엄청난 인기를 구가하고 있으며, 취미용 소형 무인기는 비교적 저가이나 일반인을 대상으로 하여 예상 밖의 큰 규모의 시장이 형성되고 있음
- 중국 DJI사는 최근 소형 촬영용 및 취미용 멀티로터 시장을 석권하여 현재 전 세계 시장의 70%정도를 점유하고 있으며 2014년 매출이 5천억 원에 달하고 2015년에는 1조원을 달성할 것으로 알려짐. 우수한 성능 및 편의성을 앞세운 Phantom 시리즈 및 전문가용 고사양 Inspire를 출시하여 전 세계 촬영용 소형 드론 시장을 석권하였음.
- 프랑스의 Parrot사는 2010년 스마트폰으로 조종하는 취미용 드론 AR Drone을 발매, 2013년 4000만유로(약 556억 원)의 매출을 기록하였음. AR Drone은 직관적 스마트폰 인터페이스, 영상/초음파 센서 기반 위치보정 기능을 내장하여 기존 취미용 무인기보다 우수한 성능을 구현하였으며 이를 기반으로 완구용 Rolling Spider 및 좀 더 고사양인 Bebop을 출시하였음



<그림 2-18> 중국 DJI사의 촬영용 드론 Phantom 3(왼쪽), 전문가용 Inspire(오른쪽)



<그림 2-19> 프랑스 Parrot사의 AR Drone 2.0(왼쪽), 완구용 Rolling Spider(중간), 촬영용 드론 Bebop (오른쪽)

3절. 국내외 기술개발 동향 및 전망

1. 국외 기술동향 및 전망

- 전 세계적으로 조작자가 탑승하지 않고 원격 통제되면서 임무를 수행하는 무인 항공기, 무인선박, 무인차량 등 다양한 무인이동체계가 활발히 개발 중
- 무인항공기는 조종사가 탑승하지 않고 원격으로 통제되는 항공기로서 군용으로 이미 널리 사용되고 있으며, 국제민간항공기구(ICAO)는 무인항공기의 통합운용 방안을 이미 활발히 논의하고 있고 법제화를 추진 중
 - 무인항공기는 지상의 조종사가 항공기의 통제권을 확보하기 위한 통신체계가 새롭게 구축되어야 하며, 기존 유인기가 운용되는 공역에서 활용하려면 자체적인 충돌회피 능력의 구현이 필수적임
 - 국제 전기 통신 연합(ITU)에서는 무인항공기 이용의 수요가 늘어남에 따라 장거리 무인항공기의 안전 운항을 목적으로 무인항공기의 통신 기술 및 주파수 대역에 관한 연구를 진행하여 현재 민간 무인기용 주파수로 5.030~5.091GHz를 할당한 상태임
 - 무인항공기의 경우 현재 주로 군에서 정찰용으로 활용하고 있으며, 민간부문에서는 국경감시, 해상정찰, 기상관측 등으로 활용이 시작되어 2020년 이후부터는 자원 탐사, 농작물 재배 등 민간영역에서 활용될 것으로 예상하고 있음
- 군사용 무인항공기
 - 미국의 9.11 테러 이전 서서히 증가하던 무인항공기 시장이 9.11 테러 이후에 미국의 대테러 전략으로 시작된 아프간 및 이라크 전쟁에서 무인항공기의 효용성이 입증됨으로써 급격히 증가함.
 - 아프간과 이라크 전장에서 미국의 글로벌호크(RQ-4 Global Hawk)와 프레데터(MQ-1 Predator)를 필두로 한 무인항공기들이 연합군의 작전승리에 기여하면서 무인항공기의 역할과 위력이 세상에 널리 알려지게 되었으며 이에 따라 각국은 무인항공기의 가치와 필요성에 대한 인식을 새로이 하게 되었고 이제는 거의 모든 나라들이 무인항공기를 개발하거나 운용할 준비를 하고 있음.
- 민간무인항공기
 - 미국
 - 미국은 1960년대 군용 표적기인 Firebee의 성공적인 운용 후 지속적으로 무인항공기를 개발해왔으며, 1980년대 Amber 무인기의 기술에 기반을 둔 General Atomics사의 Predator가 1990년대 말 코소보 분쟁에서 훌륭한 성과를 거두면서 본격적인 무인항공기의 장을 열음: 전 세계에서 가장 많은 무인항공기를 보유, 운용 중
 - 차세대 항공교통관리(ATM: Air Traffic Management) 시스템 연구 프로젝트인

NextGen을 진행하고 있으며, 무인항공기를 NAS(National Airspace System)에 완전히 통합하여 운영을 위한 로드맵을 2013년에 발표하여 무인항공기 혼용운용을 위한 연구 및 법제화에 박차를 가하고 있음

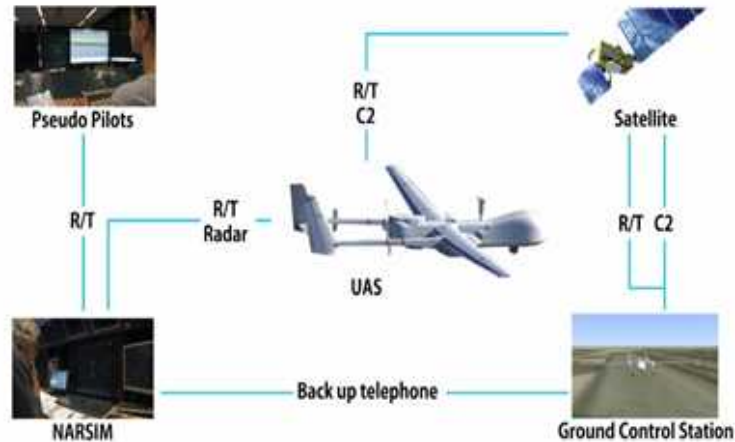
- 국가 공역 시스템(NAS)으로의 무인항공기 시스템 통합을 위한 프로젝트에서는 다섯 개 분야에 대해 세부 연구 목표 수립하였는데, 분리 간격 수립(Separation Assurance), 통신(Communication), 휴먼 시스템 통합(Human System Integration), 인증(Certification), 통합 시험 및 평가(Integrated Test and Evaluation)를 포함함.



<그림 2-20> UAS integration in the NAS

○ 유럽

- 미국 다음으로 무인항공기 산업이 활성화되어있는 유럽의 경우, 세계 시장의 5%정도를 점유하고 있으며 2015년까지 13억 달러 규모의 수요가 예측되고 있음.
- EUROCONTROL의 SESAR (Single European Sky ATM Research Programme) 프로젝트의 일환으로 무인 항공기 특화 프로젝트인 INOUI(Innovative Operational UAS Integration)는 7개의 Work Package로 구성되어 있으며, 통합된 무인 항공기 항공관리시스템의 기술 요소를 제시하고 있음
- 또한 SINUE (Satellites enabling the Integration in Non-segregated airspace of UAS in Europe) 프로젝트를 통해 2015년까지 유럽공역내의 SATCOM 데이터 링크를 이용하여 UAS의 통합 운영 타당성 조사를 하고 있으며 네덜란드 항공 관련 국립 연구소인 NLR에서 개발한 ATC 시뮬레이터인 NARSIM을 이용하여 분석을 진행하고 있음.



<그림 2-21> SINUE 개념도

○ 영국

- ASTREA(Autonomous Systems Technology Related Airborne Evaluation & Assessment) 프로젝트를 통해서 영국 공역 내에서 무인항공기를 특별한 제약 조건 없이 운영하는 것을 목표로 하고 있으며, ASTREA I은 2006~2008년에 진행되었고, 현재 ASTREA II (2009~2013) 단계를 진행하고 있음.
- ASTREA II 단계에서는 Separation Assurance & Control과 Autonomy & Decision making 프로젝트가 진행 중임

○ 프랑스

- 항공 관련회사인 THALES에서는 군용 UAS의 민간 영공으로의 통합을 위해 적합한 주파수 영역을 지정하는 연구인 SIGAT(Study on military frequency spectrum allocations for the insertion into General Air Traffic of UAS) 프로젝트를 진행 중임

○ 독일

- 독일항공센터(DLR)에서 2002년부터 2004년까지 USICO(Unmanned aerial vehicle Safety Issues for civil Operations) 프로젝트를 통해 무인항공기의 감항 기준을 분석하였고 민간 공역 내 운용을 위한 ATM 통합 개념과 충돌회피를 시뮬레이션 하였음. 또한, BR&TE(Boeing Research & technology Europe)에서는 ATLANTIDA(Application of Leading Technologies to Unmanned Aerial Vehicles for Research and Development in ATM) 프로젝트를 통해 2007년부터 2010년까지 현대화 항공교통관리시스템의 새로운 운용개념인 TOB(Trajectory-Based Operations)에 무인 항공기의 운용을 통합하기 위한 연구를 진행하였음.

□ 국외 무인항공기 운용기술 분야

○ 운용기술 전반

- 미국은 무인항공기의 자율비행능력 수준을 10단계로 구분하고 있으며, 현재 2~3 단계 수준으로 다수 무인항공기의 편대 비행을 위한 자율비행 제어시스템

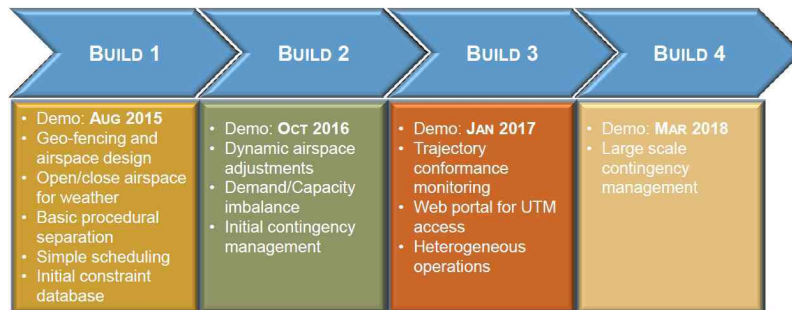
설계 기술 개발 및 기술 시현을 위한 연구들이 진행되고 있음. 무인항공기 자체의 운용성에 초점을 둔 기술 등급 분류로, 유/무인항공기 통합운용 및 관제 공역 내 무인항공기 운용을 위해서는 추가적인 기술 분류 및 개발이 필요함.

- 무인항공기는 개발 초기 단순히 정찰 위주의 지상감시를 위한 영상정보를 수집 제공하는 것이 주된 기능이었으나, 현재는 다양한 임무를 수행할 수 있는 여러 종류의 무인항공기가 개발되어 활용되고 있고, 계속 새로운 목적의 무인항공기들의 개발이 진행되고 있음. 또한 각종 첨단 과학 기술의 진보에 힘입어 무인항공기는 더욱 고성능화 되고 있고 유인항공기의 기능뿐만 아니라 유인항공기로서는 할 수 없는 임무의 수행까지 효율적으로 수행할 수 있도록 발전할 것으로 예상됨.
- 현재 무인항공기 사고는 유인항공기에 비해 훨씬 높음. 사고를 피하기 위한 기술이 무인항공기를 안전하게 통합하기에 충분히 성숙되지 못한 실정임. 이에 무인항공기의 충돌감지 및 회피(Detect-and-avoid, DAA) 능력이 요구되고 있음
- 미국의 경우 민간무인항공기 운용은 항공기 및 통신주파수(Data Link)나 공역 통제 등에서 안전성과 신뢰성이 보장되지 않아 아직까지는 가시권 내에서의 운용으로 국한되고 있으나 재해재난방지/피해조사, 원격탐사, 기상관측, 통신중계, 환경감시, 산불감시/진화, 밀입국감시, 지리정보수집, 화산관측 및 토목/건축물 구조안전 검사 등 공공용도로 부터 점차적으로 확산·운용될 것으로 예상됨.
- 보안 분야의 경우, 무인이동체에 의한 무단침입 및 도촬 등의 사생활 침해 관련 법률적인 문제가 제기 되고 있으나 무인기의 기술적 발달에 비교하여 사생활 침해 관련 법적인 제도장치 및 기술적 규제는 미비.
- 안전한 항적분리도 아직 무인항공기가 국가공역에 통합되기에 충분히 기술적으로 성숙되지 못하고 있음
- 유인항공기 수준의 무인항공기 보안 문제도 국가공역에서 안전하고 효율적으로 운용하기 위해 해결되어야 함. 무인항공기 보안은 통신과 시스템과 관련되어 있음. 예를 들면 무인항공기는 신호의 간섭, 기만에 취약함
- 인간과 시스템간의 반응과 관련된 인적요소에 대한 연구는 무인항공기 운용에 있어서 중요한 고려사항임. 1994~2003년 동안 군용 무인항공기 사고의 60%가 인적요소에 의한 것으로 디스플레이, 제어, 자동화, 시스템 고장, 운용요원 훈련 등을 포함한 인적요소에 대한 연구가 이루어져야 함
- 국가 공역 시스템(NAS)으로의 무인기 시스템 통합을 위한 프로젝트에서는 다섯 개 분야에 대해 세부 연구 목표 수립하였는데, 분리 간격 수립(Separation Assurance), 통신(Communication), 휴먼 시스템 통합(Human System Integration), 인증(Certification), 통합 시험 및 평가(Integrated Test and Evaluation)를 포함함.
- 이에 따라 민수용으로써의 안전한 운용을 위한 연구와 법적·제도적 준비가

미국과 유럽을 중심으로 본격적으로 진행되고 있어 수년 내에 민수용 운용의 확산이 예상된다.

○ 미국

- 무인항공기 개발에 있어 선두주자로서 미 국방부는 무인항공기의 기술적 우위를 유지하기 위해 무인항공기 개발에 대폭적인 자금 증액과 투자를 추진하고 있음. 미국은 현재 각 군마다 다양한 형태의 무인항공기를 개발·운용하고 있으며, 향후 유인전투기를 대체할 수 있는 무인전투기 개발에 무인항공기 개발예산의 대부분을 투입하고 있음.
- 무인항공기의 체공 및 탑재능력이 향상됨에 따라 과거 단순 정찰임무에 머물러 있던 것이 이제는 미사일을 탑재하여 목표를 탐지하고 공격하는 전투형 임무까지 추가된 다목적형으로 역할이 확대되고 있는 추세임.
- 2014년부터 NASA Ames Research Center (ARC)에서는 무인항공기의 교통관리 시스템 개발을 위한 초석을 마련하고 안전한 저고도 공역의 운항을 가능하게 하고자 'Unmanned Aerial System Traffic Management (UTM)' 프로젝트를 수행 중에 있으며 무인항공기의 자율주행을 위해 2018년까지 4단계로 세부 계획을 구성함



<그림 2-22> NASA의 UTM 프로젝트 4단계 로드맵

- 유/무인항공기 통합 운용을 시험하기 위한 시험 인프라로 NASA는 LVC-DE (Live Virtual Constructive Distributed Environment)를 개발하였음. 이 시험인프라는 유무인항공기 통합 운용을 위해 개발된 시스템들 간의 상호작용 무결성, 무인항공기가 NAS에 진입하기 위해 필요한 새로운 기술이나 개념의 검증 등에 사용될 예정이며 LVC-DE를 구성하는 장비로서 무인항공기는 ADS-B가 장착된 Ikhana, Global Hawk등이 포함되어 있고, 유인항공기는 충돌회피 알고리즘이 탑재된 T-34C 등이 포함됨.
- 현재 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcasting) 기반으로 실시간 유/무인항공기의 운항정보를 GCS (Ground Control Station)와 ATC(Air Traffic Control)에 동시에 디스플레이하는 시험에 성공하였음.

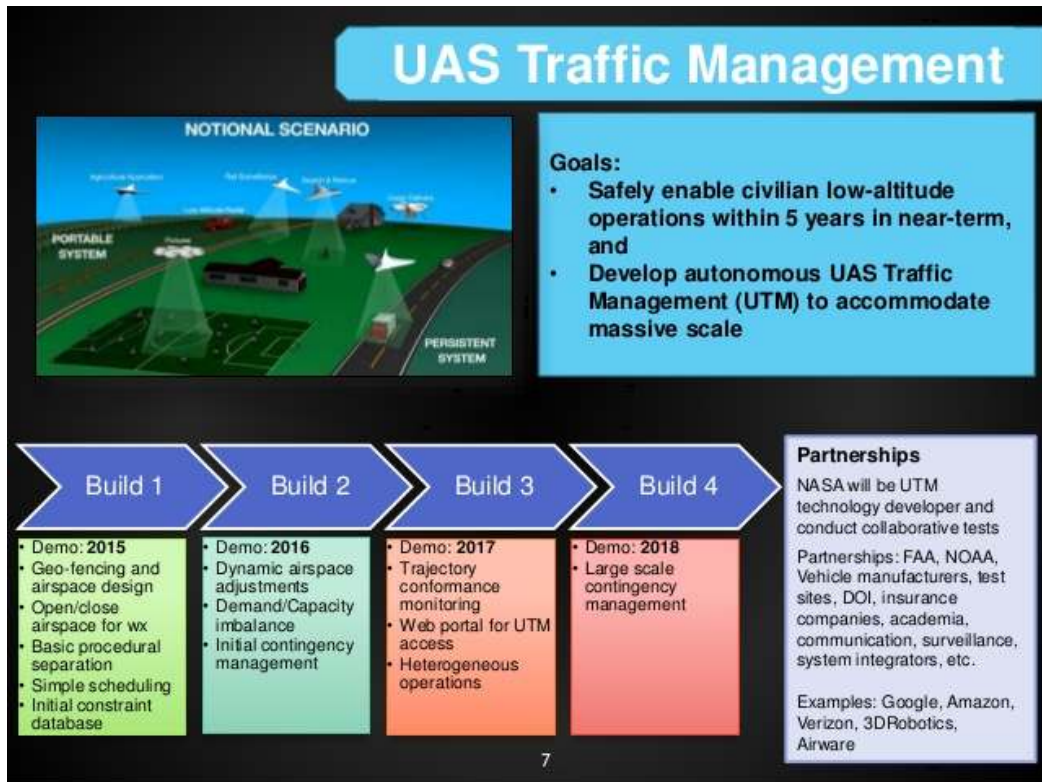


<그림 2-23> 미국의 대표적 군용 무인항공기

○ 이스라엘

- 이스라엘은 무인항공기 개발과 운용에 있어 미국과 쌍벽을 이루는 국가로서, 초소형부터 대형의 무인항공기를 아우르는 제작·운용 기술을 가지고 있음.
- 이스라엘은 무인항공기의 속도보다는 유형과 규모, 생존성에 주안점을 두어 개발하고 있으며, 주변국들과의 여러 차례에 걸친 전쟁과 분쟁으로 얻은 경험을 무인항공기의 설계와 개발에 반영하고 있음. 그 결과 이스라엘은 최근 전술 무인항공기를 설계하고 운용하는데 있어서 그들의 경험을 바탕으로 전보다 더 진보적인 설계와 응용력을 갖춘 새로운 무인항공기 개발을 추진하고 있음.
- IAI와 Ebit 사는 민간무인항공기 인증에 노력을 기울이고 있음. 2007년 이스라엘 공군은 비군사용 무인항공기에 대한 권한을 CAAI(Civil Aviation Authority of Israel)로 이전시켰으며 여기에는 민간 영공에서의 비행에 필요한 항공기, 지상 조종사, 정비사 등에 대한 인증이 포함되어 있음. 2007년 CAAI는 Hermes 450에 대한 민간 인증을 발급함.
- 이 두 회사는 이스라엘, 유럽연합, 미국 항공 당국과 무인항공기의 안전 기준 확립에 관하여 협력하고 있으며, 민간 시장 진입을 위해 민간에서 사용하는 공중충돌방지장치(TCAS) 및 항공통제소(Air Traffic Controller)와 연동할 수 있는 무인항공기의 감지 및 회피(Sense-and-avoid) 기술을 개발하고 있음

- 미국의 경우 NASA Ames Research Center (ARC)에서 2014년부터 무인항공기의 교통관리 시스템 개발을 위한 초석을 마련하고 안전한 저고도 공역의 운항을 가능하게 하고자 “Unmanned Aerial System Traffic Management (UTM)” 프로젝트를 수행 중에 있음. NASA의 UTM 프로젝트는 5년 내에 저고도 비관제 공역 Class G에서의 무인항공기 운항을 안전하게 시범 운영하는 것이며, 장기적으로 10~15년 이내에 최대한의 안전, 효율 및 수용력으로 자율주행을 하는 것을 목표로 함



<그림 2-24> NASA UTM 개념도

○ 유럽

- 유럽은 높은 기초 과학의 수준에 걸맞게 무인항공기를 포함한 무인 이동체 전 분야에 걸쳐 상당한 기술력을 보유하고 있음.
- 군수용 기술에 대한 연구가 활발한 미국에 비해 유럽의 경우 EU 컨소시엄의 지원을 받아 산업 분야로의 응용 연구가 활발한 것이 눈에 띈다. 특히 독일(산업용 로봇), 스위스(학계), 프랑스(필드로봇)의 성과가 두드러짐.
- 유럽연합은 2013년 11월, 2020년 이후 차세대 무인항공기를 확보하기 위해 벨기에에서 열린 EU 국방장관 회의에서 중고도장기체공 무인항공기를 개발하는 방안을 승인하였음. 참여 국가는 독일, 프랑스, 이탈리아, 스페인, 영국, 오스트리아, 벨기에, 체코 등이 있음.
- 현재 프랑스는 2020년부터 라팔 전투기를 대체할 대체무인항공기를 연구 중이며, 3억 5천만 달러 규모의 이 사업은 500파운드 급의 유도폭탄 2발을 투하할 수 있는 무인전투기 생산을 목표로 하고 있음. 또한 현재 스텔스 무인항공기 연구와 함께 라팔 전투기와 타이거 헬기에서 무인항공기를 조종하는 통합작전 운영에 대해서도 연구 중임.
- 독일은 유럽에서 가장 활발하게 무인항공기를 실전에 운용한 국가로, 1990년에 보스니아와 코소보에서 EADS 도니에르 CL-289를 운용한 것을 시작으로 KZO, LUNA, Aladin 등의 무인항공기를 운용하고 있음.
- EUROCONTROL을 중심으로 SESAR(the Single European Sky ATM Research Programme)을 진행하고 있음.

- 이는 유럽의 항공교통관리(ATM) 시스템의 현대화 프로그램으로 유럽의 전 공역을 기술적, 경제적, 법제적 관점에서 단일 공역으로의 통합을 목표로 함.
- SESAR 프로젝트 일환으로서 무인항공기 특화 프로젝트인 INOUI (Innovative Operational UAS Integration)도 진행 중.
- 또한 SINUE (Satellites enabling the Integration in Nonsegregated airspace of UAS in Europe) 프로젝트를 통해 2015년까지 유럽공역내의 SATCOM 데이터 링크를 이용하여 UAS의 통합 운영 타당성 조사를 하고 있으며 네덜란드 항공 관련 국립 연구소인 NLR에서 개발한 ATC 시뮬레이터인 NARSIM을 이용하여 분석을 진행하고 있음.
- 유럽에서는 해양에서 발생하는 재난 및 사고에 대한 수색구조(SAR)를 위한 통합 무인시스템을 개발하는 ICARUS (Integrated Components for Assisted Rescue and Unmanned Search operations) 라는 이름의 프로젝트가 진행되고 있음. 이는 무인수상선과 무인기를 통합하여 하나의 시스템으로 개발/구현하는 것으로 2015년에 벨기에와 포르투갈에서 가상의 재난 사고에 대해 무인시스템을 검증하는 것을 목표로 하고 있음

<표 2-12> 국가별 무인기 대표 기종

제작사	모델명	사양	형상	가격 (억원)
미국				
Northrop Grumman	Global Hawk Block 40	최대속도 570km/h, 항속시간 32h, 항속거리 22,780km, 최대중량 14,600kg, 유상하중 1,360kg		7,227억원 (4대1식)
General Atomic	MQ-1B Predator	최대속도 222km/h, 항속시간 40h, 항속거리 6,782km, 최대중량 1,020kg, 유상하중 204kg		42억원/대
Lockheed Martin	RQ-8B FireScout	최대속도 230km/h, 항속시간 8h, 항속거리 213km, 최대중량 1,430kg, 유상하중 91kg		149억원/ 대
Boeing	X-45B	최대속도 850km/h, 항속시간 2h, 항속거리 2,405km, 최대중량 8,618kg, 유상하중 907kg		미정
AeroVironment	Raven	최대중량 1.9kg, 유상하중 185g, 거리 10km, 시간 90분, 속도 32-81km/h		3.3억원 (3대 1식)
이스라엘				

IAI-Malat	Heron TP	최대속도 450km/h, 항속시간 30h, 항속거리 1,000km, 최대중량 5,080kg, 유상하중 1,800kg		MALE UAV
	Searcher III	최대속도 220km/h, 항속시간 18h, 항속거리 300km, 최대중량 436kg, 유상하중 120kg		Tactical UAV
	Panther	최대속도 130km/h, 항속시간 6h, 항속거리 60km, 최대중량 65kg, 유상하중 8kg		Small Tactical UAV
	Ghost Rotary Micro	최대속도 65km/h, 시간 30분, 항속거리 4km, 최대중량 4kg		Mini-UAV
Elbit	Hermes 180	최대속도 176km/h, 항속시간 20h, 항속거리 200km, 최대중량 450kg, 유상하중 150kg		MALE UAV
중국				
AVIC	Soar Dragon	순항속도 750km/h, 항속시간 10h, 항속거리 7,000km, 최대중량 7,500kg, 유상하중 650kg		확인 불가
	Wing Loong (翼龍)	최대속도 280km/h, 항속시간 20h, 항속거리 4,000km, 최대중량 1,100kg, 유상하중 200kg		확인 불가
	V750	최대속도 161km/h, 항속시간 4h, 항속거리 150km, 최대중량 757kg, 유상하중 80kg		확인 불가
Xian ASN Tech Group	ASN209	최대속도 180km/h, 항속시간 10h, 항속거리 200km, 최대중량 320kg, 유상하중 50kg		확인 불가
	ASN217	최대속도 120km/h, 항속시간 1.5h, 항속거리 20km, 최대중량 5.5kg, 유상하중 1.5kg		확인 불가

DJI (민간용)	Inspire I	중량 2.9kg, 최대속도 22m/s, 시간 18분		400만원/ 대
	Phantom II	중량 1kg, 최대속도 15m/s, 시간 25분		100만원/ 대
	Phantom I	중량 1.2kg, 최대속도 10m/s, 시간 25분		53만원/대
일본				
Fuji	FFOS	최대속도 120km/h, 항속시간 3h, 항속거리 150km, 최대중량 275kg		Tactical UAV
Yamaha (민간용)	RMAX	최대속도 72km/h, 항속시간 2.5h, 항속거리 150km, 최대중량 95kg, 유상하중 10kg		2.2억원/ 대
영국				
Qinetiq	Zephyr	최대속도 22km/h, 항속시간 82h, 최대중량 30kg, 유상하중 2kg		미정
BAE	Herti-1B	최대속도 220km/h, 항속시간 20h, 항속거리 1,500km, 최대중량 750kg, 유상하중 150kg		Tactical UAV
Draganflyer (민간용)	Guadian	유상하중 420g		770만원/ 대
	X6	유상하중 335g		1억원/대
	X4-P	유상하중 800g		330만원/ 대
	X4-ES	유상하중 800g		330만원/ 대

프랑스				
Parrot (민간용)	AR Drone 2.0	최대속도 18km/h, 비행시간 0.2시간, 최대중량 0.42kg		45만원/대
오스트리아				
Schiebel (민군겸용)	Camcopter -100	최대속도 220km/h, 항속시간 6h, 항속거리 130km, 최대중량 200kg, 유상하중 50kg		10억원/대

□ 해외 무인항공기 활용 분야

- 민간용 무인항공기는 환경, 기상연구, 탐사 등 과학적 목적 외에도, 농업, 어업, 산림 및 국토관리 등 다양한 활용 가능성이 있으며, 아직 군용 무인항공기 시장만큼 규모가 크지는 않으나 앞으로 성장 가능성이 높은 분야임.
- 상업용 활용 분야
 - 탐지 및 탐사 : 어군 탐지, 광물 및 유전 등 탐사, 지도 제작
 - 관리 및 감시 : 농약/종자 살포, 농장 감시, 송전탑/송유관 감시, 경비
 - 기상 및 통신 : 상업용 기상관측, 광역 통신망, 통신 중계
 - 운송 : 화물 운송, 승객 운송
- 정부 부문 및 공공 활용 분야
 - 감시 : 해양 및 국경 감시, 불법어로 감시, 법무관련 업무, 세관 감시, 교통상황 감시, 산림/산불 감시, 수자원 감시 및 관리, 불법 수렵 감시, 치안 감시 및 범죄자 추적
 - 기상 및 통신 : 기상 및 대기 관측, 일기예보, 긴급통신 중계
 - 비상/재난 : 수색/구조, 홍수·태풍·지진 모니터링, 방사능 모니터링
- 과학적 연구 활용 분야
 - 환경 및 지구과학 : 기상/대기, 해양, 태풍, 화산환경 등 관측연구, 자원 탐사
 - 기타 : 지리정보 구축
- 해외 무인기 시범운용 사례
 - 영국 National Aeronautical Center (NAC)

Oklahoma 주립대학 Multispectral Laboratory (UML) 과의 연계로 민간 무인기 운용과 관련 시설 건설에 필요한, 적합한 안전 기준을 세우는 데에 필요

한 연구 수행

Aberporth 의 West Wales 공항과 Southwest England 의 Newquay Cornwall 공항의 협력

West Wales 공항은 2004년부터 시각적 관찰 가능 범위 이상에서의 무인기 시스템 (Unmanned Aircraft Systems - UAS)의 운용을 영국 Civil Aviation Authority 의 허가를 받아 시행

Newquay 공항은 10,000ft 활주로와 3,000 평방 마일의 해안 시험장을 소유한 대형 공항 (West Wales 공항의 경우 4,000ft 활주로 보유)

2014년 현재, 연 1,500 대 이상의 항공기가 West Wales 공항을 이용, 이중 80% 이상이 무인기

해안을 포함한 광대한 시험장 면적을 통해 배송, 수색 및 감시 등 다양한 분야의 무인기 운용 시험이 이루어 질 것으로 보임

무인기 시스템 (Unmanned Aircraft Systems)의 운용 시험과 훈련을 지속적으로 할 예정

- Schiebel 의 민간 무인기 시장 개척 (러시아)

ОАО Gorizont (러시아) 와 Schiebel (오스트리아) 와의 협력

S-100 무인 헬기 모델 대상

농업, 야생 및 삼림 감시 또는 원자력 발전소, 수력 발전소, 우주 센터 및 송유관 등 특정 지역 모니터링 목적

선박 장착용 항법레이더, 해안 감시 레이더 등의 수요 예상

- Indra사 무인헬리콥터 Pelicano (스페인)

회전익형 민간무인항공기 사용으로 고정식 활주로나 아닌 이동식 운용 시설 사용이 주목적

UNIVEX'12 프로그램의 일환으로 시험 비행 완료 (2012)

UNIVEX'12 프로그램에 따라 설치된 지상 관제소와 monitoring screen을 통해 시험 비행

경비정 또는 민간 해안 순찰정에서 경비 및 감시 운용 목적

Pelicano system을 위한 지상 관제소는 3명의 무인기조종사와 화물 관제소로 구성

지상 관제소는 동시에 두 대의 무인기를 운용 및 최신 image processing 가능

지상 운용 버전의 Pelicano 무인헬리콥터는 4×4 운용차량을 사용, 30분 이내에 배치 가능

관제소에서 150km 이내 지역 운용 가능

Sagem사 유/무인 관제 혼용 민간무인항공기 시스템 시범비행 (프랑스)

기존 민간유인항공기 운항영공에서의 혼용 운용과 기존 민간 유인 항공기 관제 절차를 그대로 따르는 민간무인항공기 운영 시스템 장착과 시범비행 (2014)

유럽에서의 유인 항공기 관제 절차를 그대로 따르는 시범비행으로서 최초 자사 무인기 Patroller 대상 20여 회의 시범비행 수행

유럽 Operational Demonstration of RPAS in European Airspace (ODREA) 프로젝트의 SESAR 프로그램의 일환으로 Single European Sky ATM 연구 중 하나로 시행

Segem사와 프랑스 항공 운항 및 안전국 Direction de la Sécurité de la Navigation Aérienne (DSNA), 프랑스 국립민간항공학교 Ecole Nationale d'Aviation Civile (ENAC), Rockwell Collins France와의 협력으로 개발

기존 민간유인항공기와의 영공 혼용 운용을 위한 조종사 운용 없는 충돌회피 시스템 시연을 중심으로 시범비행 시행

- DHL사 민간무인항공기 배송 시범 운용 (독일)

독일 해안 마을 Norddeich에서 북쪽 12km 가량 떨어진 섬 Juist에 약품 운송을 위해 시범 운행 (2014년)

DHL사(독일)은 미국/유럽지역(독일 중심)을 중심으로 한 택배/물류 서비스 회사

현재 250여 대의 전용 화물기, 17,000여 대의 장비와 차량, 4,000여 개의 지역 사무소를 보유

사용되는 무인기는 장거리 데이터 링크를 통해 Norddeich에 위치한 station에서 monitoring

자동 이착륙 및 비행 가능

개별 배송 가구가 아닌 따로 위치한 landing pad에 착륙 이후 지상 요원에 의해 개별 배송

Advanced sensor technology 탑재로 autopilot 에 문제가 있을 경우 station에서 원격 조종 가능

독일 Ministry of Transport and Digital Infrastructure에 의해 정해진 구역만을 비행 가능

- 이스라엘 IAI 민간무인항공기 민간공역 운용 시범 (이스라엘, 스페인)

120만 유로 규모 DeSIRE 프로젝트의 일환

스페인 동남쪽 해안 Murcia의 San Javier 비행장에서 시범 비행 (2013년)

이스라엘 IAI (Israel Aerospace industries) 1톤급 무인항공기 IAI Heron (Machatz-1) 사용

민간 공역 상에서 기존 유인기와 함께 운용 가능 여부 위한 시범 비행

20,000ft 민간 항공 공역에서의 가시거리 이상 인공위성 사용 무선 송수신
과 Barcelona 관제소의 관제를 통한 운용 시범
스페인 공군 사관학교 소속 유인항공기와의 정면 및 90도 충돌 회피 시범
경찰, 교통관제, 재난 구조, 소방, 농·임업, 기간시설 건설 등 민간무인항공
기 개발은 잠재적으로 거대 시장을 열 것이라는 생각

- BAE Systems 민간무인항공기 국토 횡단 시범 (영국)

영국과 아일랜드 사이의 바다인 아이리시 해에서 시범 비행 (2012년)

영국 국방 및 항공 기업 BAE Systems 주관

Civil Air Authority 등 관제법 제정자들에게 민간무인항공기의 안정성 입증 위
한 시범 비행

민간무인항공기의 영국 민간 공역의 안전 비행 시범 목표

18인승 터보 프롭 유인항공기인 BAE Jetstream 31 기종을 무인화하여 사용
위급 상황 대비하여 조종사 탑승 하였으나 조종에 관여하지 않음

Vision-based 날씨 및 충돌 회피 경로 배정 시스템 등을 사용하여 자동적으
로 안전 및 최적 경로 설정

수색 구조 및 해안 정찰 용도로 민간무인항공기 이용 예정

- 스페인 민간무인항공기 시범 비행 (스페인)

스페인 Lugo의 Rozas 비행장에서 시범 비행 (2013년)

스페인 개발 ATLANTE 무인항공기 시범 비행

스페인 Centre for industrial Technological Development 및 에어버스, 유로
콥터 등을 자회사로 둔 범 유럽 우주항공 및 방위산업체인 EADS, 자회사
인 Cassidian 등 여러 업체 참여

개발 단계부터 현 유인항공기 공역 운용위해 기존 유인항공기 관제 및 운
용 기준에 맞추어 개발

추가 시스템 없이 유인기 공역 운용 가능성 검증

지역 감시, 수색 구조, 재난 감시 및 스포츠 경기 등의 중계 등의 목적 위
해 개발

- GA-ASI, FAA, NASA 무인항공기 시범 비행 (미국)

GA-ASI Gray Butte Flight Operations Facility 와 캘리포니아 Palmdale 에
위치한 Edwards 공군 비행장에서 다수 시험 비행 수행 (2015년)

민간무인항공기 교통 충돌 회피 시험 및 항공기 장착 레이더 시험 목적 시
범 비행

FAA, NASA Armstrong 항공연구센터 및 GA-ASI 참여

General Atomics Aeronautical Systems, Inc (GA-ASI) 는 Predator, Reaper
등 다수의 현용 무인항공기 개발사

GA-ASI Gray Butte Flight Operations Facility 는 1970년대 McDonnell Douglas에 의해 지어져 1999년 GA-ASI에 의해 무인항공기 비행장으로 사용되며 다수 무인항공기 운용

시범비행 데이터는 민간무인항공기의 충돌 감지 및 회피 시스템 기술 기준 확립에 사용될 예정

- 미 Kansas 주립대학-호주 국제 민간무인항공기 연구 (미국, 호주)

농경 해충 및 전염병 감시용 민간무인항공기 운용 프로젝트 (2015년)

Plant Biosecurity Cooperative 연구 센터 주관으로 시작

미국, 호주 및 뉴질랜드 국가 연구소 및 다수 대학들의 참여

미국 및 호주에서는 현재 농경 생물학적 안전성 위한 무인기 사용의 효용성이 대두

실제 농경지대에서의 민간무인항공기를 이용한 전염병 감시 수행을 통한 감시 정확성 검토

- 영 BP plc 유전 운용 감시용 무인항공기 운용 (미국, 영국)

Alaska Prudhoe Bay 석유 시설 감시용 민간무인항공기 운용

RQ-20 Puma 무인항공기 모델 대상

송유관 및 기간시설 감시용 무인항공기 운용

미 FAA 운용 승인 받은 최초의 상업적 운용 민간무인항공기

2,090km 의 Alaska Prudhoe Bay의 송유관 정기 감시 목적

2인 이동형 지상 관제소 운용

2. 국내 기술동향 및 전망

□ 무인항공기 개발 기술 동향

- 우리나라는 1970년대 기만용 무인기인 “솔개”를 국방과학연구소의 주도로 개발하여 2000년대 초반 한국항공우주산업의 “송골매”가 전력화되어 현재 운용 중에 있으며, 중고도무인기, 군단급 무인기, 사단급 무인기, 무인전투기, 소형 무인기 등 다양한 군용 무인기들의 연구 및 체계개발이 진행되어 실전배치를 앞두고 있음.
- 처음에 비조라는 이름으로 개발이 시작되었던 국산 무인항공기는 1993년 선형 개발완료, 1998년 서울 에어쇼 전시, 2000년 개발완료를 거쳐 2002년부터 실전 배치를 시작했다. 실전배치와 동시에 RQ-101 송골매 군단급무인정찰기(R은 정찰, Q는 무인항공기를 의미)라는 제식명칭이 부여되었음. 송골매는 290kg의 최대이륙중량에 길이 4.8m, 폭 6.4m인 중소형 무인항공기로 최고시속은 185km/h로 순항속도에서 6시간까지 비행이 가능하며, 작전반경은 110km, 최대 4km 이상 상공까지 상승하여 정찰할 수 있음.



<그림 2-25> 군단급 무인항공기 RQ-101 송골매

<표 2-13> 송골매 제원

구 분	내 용
제원(l×w×h)	4.6×6.4×1.5 m
최대이륙중량	290kg
운용반경	110 km
체공시간	6 hrs
운용고도	4 km
최대속도	185 km/h
순항속도	120~150 km/h

- 사단급 무인항공기는 2010년부터 개발이 진행 중이며, 발사대에서 이륙하여 '후크제동'으로 착륙하며 산악/야지의 협소지역에서 운용이 가능하다는 것이 특징임. 기체의 95%이상이 복합소재로 제작되었고, 무인항공기의 체계 신뢰도 및

안정성 향상을 위하여 항전장비 등의 다중화 시스템을 적용하였으며, 군용항공기 감항인증 기준인 STANAG-4671을 적용하고 있음.



<그림 2-26> 사단급 무인항공기 형상

<표 2-14> 사단급 무인항공기 제원

구 분	내 용
제원(l×w×h)	3.4×4.2×1.2 m
최대이륙중량	165kg
운용반경	00 km
체공시간	0 hrs 이상
고도	0 km
최대속도	000km/h
순항속도	000km/h

- 차기 군단 정찰용 무인항공기는 2013년부터 체계개발이 시작되었으며, 2020년 실전배치를 시작할 계획임. 국방과학연구소 주도 하에 한국항공우주산업이 체계 종합 및 시제제작을 담당하고 있고, LIG넥스원에서 지상통제체계 및 SAR/EO 장비, 삼성탈레스에서 데이터링크 체계를 담당하고 있음. 차기 군단 정찰용 무인항공기는 기존 송골매에 비해 작전반경 및 체공시간이 2배 이상 향상될 것으로 예상됨.



<그림 2-27> 차기 군단 정찰용 무인항공기 예상 형상

- 중고도 정찰용 무인항공기(MUAV)는 2012년 말 탐색개발이 완료되었으며, 현재 체계개발이 진행 중임. MUAV는 북한의 전략표적을 지속적으로 감시하기 위하여 장시간 체공이 가능한 중고도급 정찰용 무인항공기를 국방과학연구소 주관

으로 연구 및 개발하는 사업으로, 고도 00km 상공에서 지상의 목표물을 정찰하고 탑재될 레이더의 탐지거리는 000여 km에 이르는 것으로 알려져 있음.

- 대한항공에서 비행체 제작 및 체계종합, 유콘시스템에서 지상통제체계, LIG넥스원에서 데이터링크 및 합성개구레이더(SAR), 삼성탈레스에서 EO/IR을 담당하고 있음.



<그림 2-28> 개발 중인 중고도 무인기 모형

- 스마트 무인항공기는 2002년 6월 21세기 프론티어 기술개발사업의 일환으로 출범해, 한국항공우주산업, LIG넥스원, 영풍전자 등 20개 국내 업체와 해외업체가 기술개발에 참여하였으며 틸트로터 무인항공기로 미국의 Eagle Eye에 이어 우리나라가 2번째로 개발에 성공하였음.
- 2007년 40% 축소비행체로 반자동 천이비행시험 성공하였으며, 육군의 사단급 무인항공기로 활용할 목적으로 TR-60이 개발되어, 현재 대한항공으로 핵심기술 이전이 이루어져 KUS-TR이 개발되고 있음.



<그림 2-29> 스마트무인항공기 운용개념도

- 2000년대부터 일본 야마하사의 방제용 헬리콥터 및 국내에서 자체개발한 모델(성우 Remo-H등)이 보급되어 민간 무인항공기 개발의 초기단계에 진입함.

- 2013년 현재 전국에 179대가 등록, 운용중인데, 방제헬리콥터는 지상조종사가 원격으로 조종하는 방식으로 본격적인 무인항공기로 보기에 부족한 면 있음

<표 2-15> 스마트 무인항공기 제원 및 성능

구분		TR-100	TR-60
제원	크기(전장×전폭)	5.0 m × 6.8 m	3.0 × 5.2 m
	이륙 중량	1,000 kg	200 kg
	임무장비 중량	90 kg	30 kg
	엔진	터보샤프트 550hp	로터리 55 hp
성능	운용 시간	5 hr	6 hr
	최대 고도	5,000 m	4,500 m
	운용 반경	200 km	200 km
	속도(최고 / 임무)	500 / 250 km/h	250 / 165 km/h

- 최근 수년간 소형 멀티로터 항공기에 카메라를 부착한 “헬리캠”이 항공사진 및 동영상 촬영 목적으로 널리 보급되고 있음. 원래 “헬리캠”은 원격조종 헬리콥터에 카메라를 부착하여 운용하는 항공기를 지칭하였으나 최근에는 안정적인 조종 및 유지보수가 간편한 멀티로터가 전 세계적으로 대세로 자리 잡았음. 소형 멀티로터도 안정화장치는 있지만 대개 지상조종사의 통제에 절대적으로 의존한다는 측면에서 본격적인 무인항공기로 분류하기에는 무리가 있음.

<표 2-16> 국내에서 개발된 다양한 무인기 사양

기종	공허중량	최대이륙중량	특징
 송골매	215 kg	300 kg	<ul style="list-style-type: none"> 군용 실용화 개발 및 배치운용 중 인증 받지 않음 민수용 활용가능성 불투명
 KUS-9	117 kg	175 kg	<ul style="list-style-type: none"> 항공법상 감항증명 대상 아님
 반디호	810 kg	1225 kg	<ul style="list-style-type: none"> 무인화 개발 사례 있음 (미국) 인증 받지 않음 (Experimental 급)
 나라운 (KC-100)	1100 kg	1633 kg	<ul style="list-style-type: none"> 유인기 시범인증 완료 (국내완료, FAA '14년말) 무인화 추가개발 필요
 항우연 OPV	326 kg	600 kg	<ul style="list-style-type: none"> 독일 Flight Design사 2인승 경량항공기 기반 (CTL5) Optionally Piloted Vehicle 개발완료
 Remo-H	60 kg	100 kg	<ul style="list-style-type: none"> 항공법상 초경량비행장치로서, 감항증명 대상 아님
 X-copter	83 kg	120 kg	<ul style="list-style-type: none"> 헬기는 운용 속도/고도 성능의 한계성 있음
 Camcopter S-100	110 kg	200 kg	<ul style="list-style-type: none"> 최초 민간 감항인증 받은 회전익 무인기 (STANAG 4586)
 스마트무인기 (100%)	630 kg	1000 kg	<ul style="list-style-type: none"> 틸트로터형 민수 무인기 활주로시설 미비한 국내 환경 적합 수직이착륙 및 고속/고고도 비행 특별감항증명 받음
 Saab Skeldar V-200	160 kg	200 kg	<ul style="list-style-type: none"> Medium Range VTOL UAV
 KAL TR-60	170 kg	200 kg	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 무인기 기술 이전 개발 현재 "Mega Project"의 일환으로 추진중
 Boeing Phantom Eye		4,445 kg	<ul style="list-style-type: none"> 액체수소의 연소를 통한 고효율 고고도 장기체공 무인기

□ 국내 무인항공기 활용 분야

- 1993년부터 1999년까지 상공부의 지원을 받아 대우중공업이 주관하여 농업용 무인헬기를 개발 하였으나 실용화되지는 못함.
- 한국항공우주연구원은 1999년부터 소형 장기체공 무인항공기인 “두루미”를 개발하기 시작하여 2004년에는 우천 시의 운용을 포함한 기상관측 시험비행을 성공함.
- 항공우주연구원은 2002년부터 10년간 연구개발비 1,400억 원을 투자하여 수직 이착륙 틸트로터 형식의 “스마트 무인항공기”개발사업을 수행하여, 미국에 이어 두 번째로 수직 이착륙 틸트로터 무인항공기 개발에 성공함.
 - 스마트무인기 기술은 대한항공에 이전되었으나 수요처를 찾지 못하던중 2014년부터 창조경제 산업엔진 프로젝트를 통해 체계개발을 목표로 예비타당성 조사를 진행중인데 민간 활용을 위한 인증 계획은 부재함.
- 현재 국내에서는 실질적인 민간 무인항공기(>150kg)의 활용사례는 아직 없으나 방제용 헬리콥터는 운용을 위한 법제화가 완성되어 농업현장에서 널리 활용되고 있음.
- 지난 1~2년간 소형 멀티로터 기반 무인기가 항공촬영용으로 널리 활용되고 있으며 이들을 중심으로 민간 무인기 시장이 형성되고 있음



<그림 2-30> 방제용 무인 헬리콥터(왼쪽), 정찰용 멀티로터 무인기(오른쪽)

□ 국내 무인항공기 안전 항행기술 분야

- 기존의 국내 기술개발사업은 개별 무인항공기 자체의 성능을 높이기 위한 목적을 가지고 자율비행, 충돌감지 및 회피, 통신기술 등 원천기술 확보를 위한 연구를 진행함
- 민간공역 내 무인항공기를 통합운용하기 위한 핵심 기술인 충돌회피 분야는 알고리즘에 관한 학술적 연구가 대부분으로 상용화를 위한 추가 연구 및, 영상/레이더/ADS-B 등 탐지 기술과 연계한 기술 개발이 필요함.
 - 산업부는 ‘15년부터 “ADS-B기반 무인항공기 충돌회피시스템 개발” 사업을 추진중 (국고 85억/민간36억원, 총 5년)인데, 본 사업에는 ADS-B 및 영상센서

를 활용한 충돌회피기술을 개발하는 것을 목표로 함

- 민간 부분에서 비관제 공역인 저고도(1000ft-Class G)에서의 25kg 이하의 초경량 무인기의 활용에 대한 관심이 높은 가운데 저고도 공역에 대한 관리방안이 존재하지 않으며, 기존의 국내 연구는 이러한 민간 부문에서의 활용과 규제와 직접적인 관련이 있다고 보기 어려움
- 국내에서는 국토교통부 항공선진화사업의 일환으로 국제민간항공기구(ICAO)의 권고를 충족하기 위한“항공용 위성항행 통신시스템 개발”연구가 진행되고 있으나 유인항공기 운용을 위한 차세대 항행시스템 기술 개발을 주목적으로 하고 있으며, UTM을 포함, 민간무인항공기 운용을 위한 기술 개발은 포함되어 있지 않음.
- 유인항공기의 경우 현재 운용중인 접근관제 장비 및 통합관제 장비를 전량 해외 도입하여 운영함에 따라, 항공운항관리에 필요한 주요 장비에 대한 연구개발 능력이 부족한 상태임. 이로 인해 관제 업무 수행 중 문제가 발생하였을 경우 관제 장비의 수입으로 인한 대처 능력과 방안의 한계점을 드러낼 수 있음
- 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 항공대와 한서대학교에서는 각각 Unix 기반, Window기반의 항공관제 시뮬레이터를 개발하여 사용하고 있으며, 철도 교통관제 센터에서는 2004년 1,000억 원을 들여 전국 각지에 흩어져있던 교통관제실을 통합운영하고 있음
- 그러나, 무인항공기와 유인항공기와의 통합적인 관제 시스템 개발 및 무인항공기용 관제 시뮬레이터에 대한 연구는 많이 부족한 상황이며, BLOS(Beyond Line of Sight) 상황에서의 음성/데이터 통신 중계기 연구 또한 미미한 실정임
- 앞서 유사 선행 과제에서 보이는 것처럼 무인항공기의 근접 운용에 적용 될 수 있는 자동 비행 알고리즘(자동 이/착륙) 및 운용에 필요한 통신 기술 개발, 그리고 통신 중계 기술 개발에 관하여 2004년부터 산업자원부 및 교육과학기술부의 주도로 연구가 시작되었음

□ 국내 운항기술 분야

- 민간무인기의 단계별 공역통합 기준
 - 기술로드맵 수립을 위해서는 민간무인기를 공역에 통합하기 위한 단계별 계획의 기준이 우선 수립되어야 함
 - 즉, 일정에 따른 단계의 구성과 단계별 최종목표가 수립되어야 단계별 목표를 충족시키기 위한 기술개발로드맵 작성이 가능함
 - “민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성연구” 선행과제 수행결과 아래와 같은 기준이 합의되었음

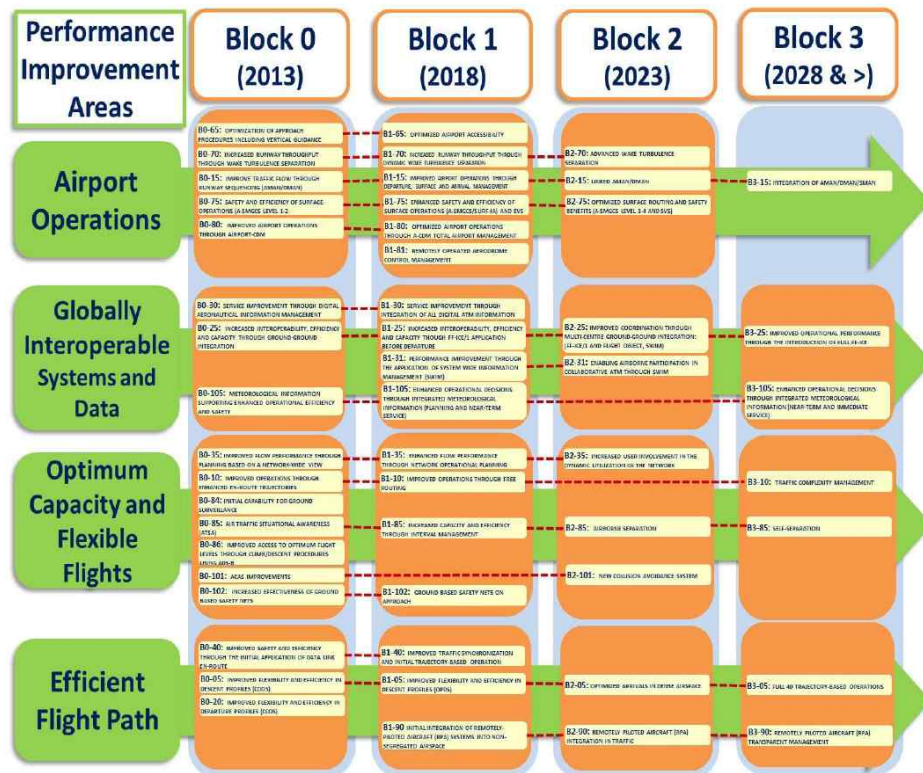
공역통합 일정 및 단계별 목표는 ICAO의 ASBU를 기준으로 함

단 국내 여건을 고려하여 공역통합 일정은 다음에 따름

- 2020년까지 분리 공역에서 운용
- 2028년까지 비분리 공역에서 점진적 운용 및 완전 통합 운용

○ ASBU의 민간무인기 공역통합 계획

- ASBU는 4개의 Area, 21개의 Thread 및 51개의 Module로 구성되며 4개의 단계는 Block 0(2013), Block 1(2018), Block 2(2023), Block 3(2028 및 이후)로 설정되어 있음



<그림 2-31> ASBU 로드맵

- 무인항공기의 공역 통합은 [Efficient Flight Path] Area의 Thread 90(Remotely Piloted Aircraft)에 3개의 모듈(B1-90, B2-90, B3-90)로 구성되어 있음
- 모듈 B1-90 (2018) : Initial Integration of Remotely Piloted Aircraft (RPA) into Non-Segregated Airspace

(목표) 충돌 감지 및 회피를 포함하는 비분리공역에서 무인기를 운용하기 위한 기본 절차 구현 개선사항

- ✓ 비분리공역 접근을 위한 일관된 절차
- ✓ 무인기 감항인증

- ✓ 운용자 인증
 - ✓ 원격조종사 자격 요건
 - ✓ 충돌 감지 및 회피 기술의 성능 요건
 - ✓ 통신 성능 요건
 - (기준) 이전 단계에서 무인기는 분리공역에서만 운용됨
- 모듈 B2-90 (2023) : Remotely Piloted Aircraft (RPA) Integration in Traffic
- (목표) 관련 제도와 기술의 지속 발전을 통한 공역통합 확대
 - 개선사항
 - ✓ 자격을 갖춘 무인기는 대부분의 공역에 접근 가능
 - ✓ 무인기 감항인증 수행
 - ✓ 비분리공역 운용을 위한 다음 절차의 정립
 - 통신두절시 표준절차
 - 통신두절시의 트랜스폰더 코드
 - 분리요건 및 운용절차의 개정
 - ✓ 대부분의 무인기에 ADS-B 장착
 - ✓ 통신 성능 요건 정제
 - ✓ 충돌 감지 및 회피 기술의 인증
 - ✓ 통신주파수 할당 및 보안기술
 - (기준) 이전 단계에서 무인기가 비분리공역에서 운용되기 시작함
- 모듈 B3-90 (2028) : Remotely Piloted Aircraft (RPA) Transparent Management
- (목표) 관련 제도와 기술의 지속적인 개선
 - 개선사항
 - ✓ 모든 등급의 공역에서 비행을 위한 무인기의 인증
 - ✓ 통신기술의 완성 및 인증
 - ✓ 인증된 비합시 자동대응절차
 - ✓ 인증된 충돌 감지 및 회피 알고리즘

- ✓ 비행장(Aerodrome)에서 통합 운용
- (기준) 이전 단계에서 무인기의 통합운용이 확대됨
- 이상의 Thread 90(Remotely Piloted Aircraft) 3개 모듈(B1-90, B2-90, B3-90)을 요약 정리하면 다음 표와 같음

구분	B1-90 (2018)	B2-90 (2023)	B3-90 (2028)
Baseline (이전 단계)	무인기는 분리공역에서만 운용	무인기가 비분리공역에서 운용되기 시작	무인기의 비분리공역 운용 확대
본 단계 목표	충돌 감지 및 회피를 포함하는 비분리공역에서 무인기를 운용하기 위한 기본 절차 구현	관련 제도와 기술의 지속 발전을 통한 공역통합 확대	관련 제도와 기술의 지속적인 개선
본 단계 개선사항	<ul style="list-style-type: none"> • 비분리공역 접근을 위한 일관된 절차 • 무인기 감항인증 • 운용자 인증 • 원격조종사 자격 요건 • DAA 기술의 성능 요건 • 통신 성능 요건 	<ul style="list-style-type: none"> • 자격을 갖춘 무인기는 대부분의 공역에 접근 가능 • 무인기 감항인증 절차 • 비분리공역 운용을 위한 다음 절차의 정립 <ul style="list-style-type: none"> - 통신두절시 표준절차 - 통신두절시의 트랜스폰더 코드 - 분리요건 및 운용절차의 개정 • 대부분의 무인기에 ADS-B 장착 • 통신 성능 요건 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 높은 수준의 공역통합을 위한 성능요건 상승 • DAA <ul style="list-style-type: none"> - GBDAA 기술 인증 - ABDAA 기술은 통신두절시에도 안전성을 보장하기 위한 분리 및 충돌회피 수 행에 초점 • 통신주파수 할당 및 보안기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 등급의 공역에서 비행을 위한 무인기의 인증 <ul style="list-style-type: none"> - 유인기와 동일하게 비분리공역에서 운용 • 통신 성능요건의 인증 <ul style="list-style-type: none"> - 완전한 공역통합을 위한 성능요건 상승 • 인증된 비상시 자동대응절차 <ul style="list-style-type: none"> - 통신두절시의 안전성 보장을 위한 자동 충돌회피 기동 - 언제라도 조종사 오버라이드 가능 • 인증된 충돌 감지 및 회피 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - ABDAA 기술 완성 • 비행장(Aerodrome)에서 통합 운용 <ul style="list-style-type: none"> - 사인 및 마킹 인지 - 충돌회피 - ATC 지시 수용 - 무인기 인프라
필요 절차	<ul style="list-style-type: none"> • 무인기 수용을 위한 교통관제 서비스 및 절차의 수정 <ul style="list-style-type: none"> - 통신두절시 절차의 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통관제 절차의 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 무인기 고유의 운용특성을 수용하기 위한 ATM 설비 개선 - 무인기 고유의 	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 등급의 공역에서 무인기 운용을 위한 절차 • 동시에 같은 공역에서 복수 무인기 운용 절차

구분	B1-90 (2018)	B2-90 (2023)	B3-90 (2028)
	<ul style="list-style-type: none"> - 통신두절시 트랜스폰더 코드 - 분리 표준 - ATC 용어 - 원격조종사와 ATC간 음성/데이터 통신 수단 	<ul style="list-style-type: none"> 고장모드(failure mode)를 고려한 비상절차 검토 - 터미널 지역에서의 절차 수정 - 지상운용 절차 수정 • 무인기 인증 절차 개선 • 표준화된 통신두절 대응절차 • ABDAA 알고리즘 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 상황에서 사전에 설정된 자동 대응을 수용하는 절차
시스템 요구 능력	<ul style="list-style-type: none"> • ABDAA 기술 개발 • GBDAA 기술 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 유인기 뿐만 아니라 대부분의 무인기에 ADS-B OUT 장착 • ABDAA 기술개발 및 시험 • 가능한 경우 GBDAA 적용 • ATC 자동화는 통신두절 코드에 응답 • 공해상(high seas)의 통신두절시 ATC에 자동위치 보고 능력 	<ul style="list-style-type: none"> • 인증된 ABDAA 알고리즘 • 신뢰성 있는 통신링크 • 검증된 DAA 장비가 모든 항공기에 탑재 • 기존 비행장에서 무인기 운용을 위한 필수장비 • GBDAA 및 인증된 알고리즘

- ASBU의 무인기 공역통합은 3단계로 계획되어 있으나, 본 로드맵은 2단계로 계획되어 있으므로 일대일 대응이 곤란함. 또한 ASBU는 2013년까지만 무인기가 분리공역에서 운용되고 2014년부터는 비분리 운용이 시작되는 것으로 설정되어 있으나 본 로드맵은 2021년부터 비분리 운용이 시작되는 것으로 설정된 차이가 있음
- 이에 본 로드맵에서는 1단계(~2020)이 ASBU B1-90(2014~2018)에, 2단계(2021~2028)가 ASBU B2-90 및 B3-90(2019~2028)에 각각 대응되는 것을 기준으로 하되, 비분리 운용이 시작되는 시점은 2021년을 기준으로 하였음

구분	1단계 (현재 ~ 2020)	2단계 (2021 ~ 2028)
운용방식 기준	유·무인기 분리 운용	유·무인기 통합 운용 시작 및 완전 통합
기술개발 기준	ASBU B1-90 (2014~2018)	ASBU B2-90 (2019~2023) ASBU B3-90 (2024~2028)

- 위성항법광역보강시스템 기술
 - 위성항법광역보강시스템(SBAS : Satellite Based Augmentation System) 은 항로

상의 정밀항법 뿐만 아니라 공항으로의 정밀접근(Precision Approach)과 계기착륙도 가능하게 하여 우리나라 항공교통량 증가로 초래되는 교통 혼잡 해소 및 항공안전 향상을 가능하게 할 국가적 인프라임.

- 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 체약국에 대한 성능기반항법(Performance Based Navigation, PBN) 이행 촉구를 위하여 SBAS를 도입할 것을 권고하고 있음. 또한, SBAS를 국제표준 위성기반항행시스템으로 채택하고, 모든 항공기는 2025년부터 SBAS를 사용하도록 권고함.
- 우리나라 또한 SBAS를 국제민간항공기구의 표준에 따라 개발, 구축하여 항공기뿐만 아니라 GPS 수신기를 탑재한 모든 사용자가 CAT-1급 계기착륙 수준의 정밀하고 신뢰성이 높은 위치정보를 이용할 수 있도록 추진하고 있어 항공, 해양, 교통, 물류산업뿐만 아니라 정보통신 및 위치기반 서비스 등의 산업에 활용 가능할 것으로 기대됨.
- 국토해양부에서는 2021년 APV-I급 공개서비스를 목표로 2014년에 한국형 SBAS (KASS) 시스템 설계를 착수하였으며 이를 통해 GPS 위치오차 수준을 1-2m 내외로 정확하게 보정하여, 정지궤도 위성을 통해 전국에 제공할 계획임. 3단계에 걸친 APV-I급 공개서비스 시스템 개발과 동시에 2021년 CAT-1급 시험운용을 목표로 2016년에 시스템 설계를 착수할 예정임



<그림 2-32> 한국형 위성항법광역보강시스템 (출처: 국토교통부)

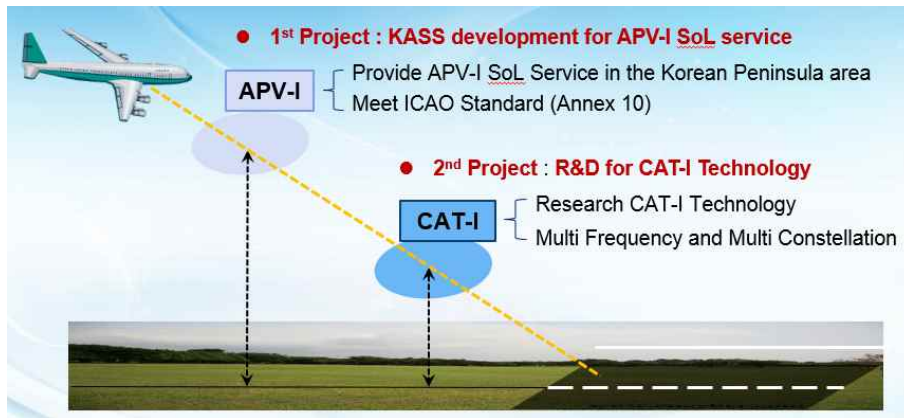


그림 33 KASS 시스템 개발 로드맵 [2]

- KASS의 경우 우리나라 공역 내 무인기 운용을 위한 차세대 항행시설 구축에 직접적으로 활용이 가능하며 정밀하고 안전한 항법 해를 제공하여 유무인기 통합 운항의 효율성을 높이고 특히 무인기 운용을 위해 필수적 사고 예방 및 안전성을 높일 수 있을 것으로 기대됨.
- 무인기 운용 시 예상되는 공역 혼잡은 유무인기의 효율적인 운항을 저해할 뿐 아니라 항공기간의 분리 간격이 좁아져서 공중충돌 등의 위험성이 증가됨. KASS의 활용으로 무인기 운항경로 단축, 연료 절감, 운항시간 지연 축소, 항로 수용력 증대 등의 공역 혼잡해소 및 미래 수요 대처에 대한 방안 수립이 가능

□ 핵심기술 로드맵

- 본 기술로드맵은 “민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구”를 통해 수행되어 다음과 같은 단계별 무인기 운용 시나리오를 기반으로 도출되었음

- 1단계 (현재 ~ 2020년)

본 단계에서 무인기는 분리된 공역에서 운용되는 것을 전제로 함

분리공역에서 운용되기 때문에 기존 항공교통시스템의 안전성에 위협요소가 되지는 않지만 지상의 인명이나 인프라에 대한 안전성은 확보되어야 하므로 ‘안전’ 기술 및 통신두절이나 고장에 대비한 ‘자율화’ 기술 개발에 자원이 우선적으로 투입되어야 함

2단계에는 통합 운용이 시작되기 때문에 이를 위해 필수적인 ‘항공교통관제’ 기술과 ‘충돌감지 및 회피’ 기술은 제한적인 환경에서 초기 운용이 가능할 정도의 기술적 성숙(TRL 5~6)에 1단계 말(2020년)까지 도달해야 함

- 2단계 (2021년 ~ 2028년)

본 단계에서 무인기는 유인기와 통합 운용되는 것을 전제로 함

그러나 통합 운용이 전 공역에서 동시에 이루어지는 것은 아니며 초기에는 위험도가 낮은 환경에서 시범운용 수준으로 조심스럽게 시작될 것이고, 기술 및 제도의 성숙에 따라 그 운용범위가 점진적으로 확대되어 2028년에 이르

면 자격을 갖춘 무인기는 모든 공역에서 유인기와 함께 통합 운용되는 수준에 도달할 것임

따라서 현재 성숙도가 높은 기술들은 본 단계 초반에서 중반에 이르기까지 완전히 성숙될 것이고, 비협조적 ABDAA와 같이 현재 성숙도가 상대적으로 낮은 기술들은 본 단계 막바지에 이르러서야 완전히 성숙될 것을 전제로 함

구분	1단계 (현재 ~ 2020)	2단계 (2021 ~ 2028)
운용방식	유·무인기 분리 운용	유·무인기 통합 운용 시작 및 완전 통합
항공교통관제 기술	2단계 초에 초기 운용이 가능할 정도의 기술 성숙. 단, ABDAA 기술의 경우 2단계 초에 운용 곤란	<ul style="list-style-type: none"> - 고성숙 기술 2단계 초·중반에 완전히 성숙 - 저성숙 기술 2단계 말에 완전히 성숙
충돌감지 및 회피 기술		
자율화 기술		
안전 기술	기술개발 자원 우선 투입	

○ 항공교통관제 기술개발 로드맵 요약

기술명	현재 수준	1단계 (2015~2020) 유무인기 분리 운용	2단계 (2021~2028) 유무인기 통합 운용
비행장 내 통합운용 기술개발	TRL 3	<p><TRL 도달 목표> 5</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 비행장 정보 DB화 및 GCS에 통합 비행장 내 표지, 등화 인지 기술 개발 (반경 244m 이내) 비행장 등급에 따른 무인기 제원 및 성능 정의 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 비행장 내 안전한 지상 이동능력 . 반경 244m 이내 표지, 등화, 이동물체 인식 99% 이동체 간 충돌 대처 능력 이착륙 표준절차 준수 능력 관제사 지시 준수 능력 . 무인기 시스템의 지상 조종능력
무인기 등급분류 및 등급별 표준절차개발	TRL 2	<p><TRL 도달 목표> 6</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 비행형태 및 공역진입을 위한 무인기 성능 등급 분류 무인기 임무별 비행패턴 정형화 시안 도출 분리공역 비행을 위한 비행패턴별 표준절차 개발 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 무인기 임무별 비행패턴 정형화 통합공역 비행을 위한 비행패턴별 표준절차 개발
항공교통관제 성능수준 정의 및 교육	TRL 4	<p><TRL 도달 목표> 5</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 무인기 통합운용 ATC 절차 시안 개발 . VFR/IFR 관제절차 . 비상 관제절차 . 시범 분리운용을 통한 절차개선 항적 감시 장비 성능수준 정의 ATC 음성통신 요건정의 및 시연 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 통합 운용 ATC 절차 확립 . VFR/IFR 관제절차 . 비상 관제절차 . 시범 통합운용을 통한 절차개선 ATC 데이터통신 요건 확립 ATC 신규절차 교육 및 자격증명
무인기 통합운영을 위한 모델링 및 시뮬레이션	TRL 5	<p><TRL 도달 목표> 6</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 표준절차에 따른 비행패턴 모델링 및 시뮬레이션 도구 개발 . 현행 관제 시뮬레이터 활용연구 . 무인기 비행패턴 모델링 및 관제 시뮬레이터 개발 ATM 1단계 개발목표 모델링 및 시뮬레이션을 통한 절차 적합성 검증 . 유무인기 분리운용 시뮬레이션 및 공역 안전성 평가 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 모델링 및 시뮬레이션 도구 성능 향상 . 활주로 입출항(이착륙) 절차 모델링 . 비행장 내 지상이동체 패턴분석 및 모델링 ATM 2단계 개발목표 모델링 및 시뮬레이션을 통한 절차 적합성 검증 . 유무인기 통합운용 시뮬레이션 및 공역 안전성 평가

○ 자율화 기술개발 로드맵 요약

기술명	현재 수준	1단계 (2015~2020) 유무인기 분리 운용	2단계 (2021~2028) 유무인기 통합 운용
상황인식	TRL 3	<p><TRL 도달 목표> 6</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 전방주시 카메라는 기축선으로부터 좌우 110도, 상하 15도의 영상을 제공가능 하여야 함 2. 기체의 상태를 감시할 수 있는 모니터링 카메라를 장착하고 영상정보를 실시간으로 제공가능 하여야 함 3. 주변의 충돌위험이 높은 교통정보, 지형정보, 악기상정보를 영상에 포개어서 정보제시 가능해야 함 4. 상황인식 장비는 추가 조종사 요구나 정상상황에서 임무수행능력을 감소시키는 등 조종사의 업무량을 증가시키지 않아야 함 5. 충돌위험 및 충돌회피 기동 시 청각 또는 시각적 경고 제공해야 함 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능목표> 좌동</p>
Lost Link	TRL 4	<p><TRL 도달 목표> 6</p> <p><성능목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 통신두절 발생 시 비상코드를 송출가능하여야 함 2. 통신두절 발생 시 통신연결을 시도하고 주어진 시간 이상 통신이 연결되지 않으면 사전에 설정한 안전한 지점으로 이동하여 착륙할 수 있어야 함. 3. 충돌위험이 가장 낮은 귀환경로를 재설정할 수 있어야 함 4. 통신 복구 및 자율귀환 비행시 주변 항공교통을 모니터링하여 주변 항공물체에 대해 충돌위험을 감지하고 스스로 회피할 수 있어야 함 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능목표> 좌동</p>

○ 안전 기술개발 로드맵 요약

기술명	현재 수준	1단계 (2015~2020) 유무인기 분리 운용	2단계 (2021~2028) 유무인기 통합 운용
Loran	TRL 4	<p><TRL 도달 목표> 7</p> <p><성능 목표></p> <ul style="list-style-type: none"> - RNP 2.0 - 센서 퓨전에 의한 성능 향상 및 성능 감시/경고 기능 - H-field 안테나 성능 향상 및 소형화 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능 목표></p> <ul style="list-style-type: none"> - RNP 0.3 - 자체 성능 감시 및 경고(RAIM) 기능 - H-field 안테나 성능 개선
영상기 반 항법	TRL 3	<p><TRL 도달 목표> 5</p> <p><성능 목표></p> <ul style="list-style-type: none"> - 영상기반 정밀 접근 및 착륙 - 지상 표적 기반 지역 항법 	<p><TRL 도달 목표> 8</p> <p><성능 목표></p> <ul style="list-style-type: none"> - 영상 기반 전역 항법, RNP 2.0 - 주 항법 고장 시 영상 기반 항법 이행 절차 수립

○ 종합 핵심기술개발 로드맵

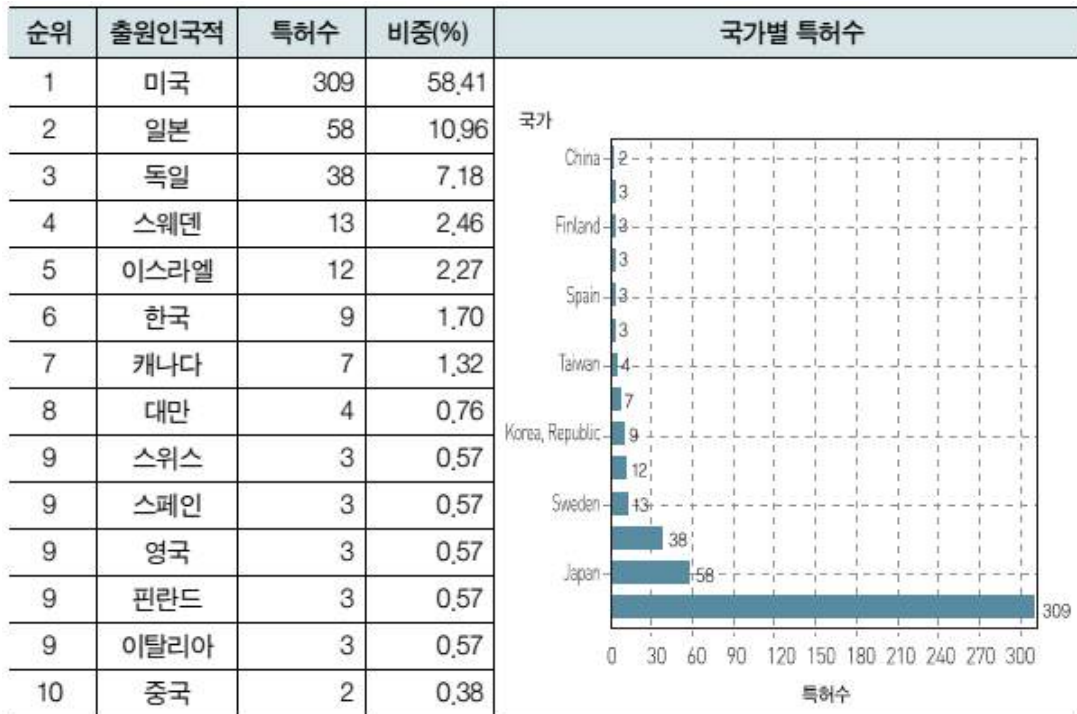
구 분		1단계 (유무인기 분리 운용)					2단계 (유무인기 통합 운용)								
		'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28
항공교통관제	비행장 내 통합 운용 기술 개발	TRL 3		TRL 4-6			TRL 7-8								
	무인기 등급분류 및 등급별 표준 절차 개발	TRL 2-3		TRL 4-6			TRL 7-8								
	항공교통관제 성능수준 정의 및 교육	TRL 4-6					TRL 7-8								
	무인기 통합운영을 위한 모델링 및 시뮬레이션	TRL 5-6					TRL 7-8								
충돌감지 및 회피	공중충돌회피 (GBDAA 방식)	TRL 2-3		TRL 4-6			TRL 7-8								
	공중충돌회피 (협조적 ABDAA)	TRL 4-6					TRL 7-8								
	공중충돌회피 (비협조적 ABDAA)	TRL 2-3					TRL 4-6				TRL 7-8				
	지면 및 장애물 충돌 회피	TRL 4-6					TRL 7-8								
	악기상 회피	TRL 4-6					TRL 7-8								
안전	Loran	TRL 4-6					TRL 7-8								
	영상 기반 항법	3	TRL 4-6					TRL 7-8							
자율화	상황인식	3	TRL 4-6					TRL 7-8							
	Lost Link	TRL 4-6					TRL 7-8								

3. 특허 분석

□ 국제특허

- 2012년까지 출원된 특허 529건 가운데 미국이 309건으로 전체의 50% 이상을 차지하고 있고, 그 외에는 일본이 11%, 독일이 7%의 특허를 보유하고 있음
- 한국은 총 9개의 특허를 출원하였고 이는 순위로서는 6번째로 많은 국가이지만 양적으로는 전체의 1.7%에 불과

<표 2-17> 특허기반 무인항공기 기술경쟁력 분석(2012)



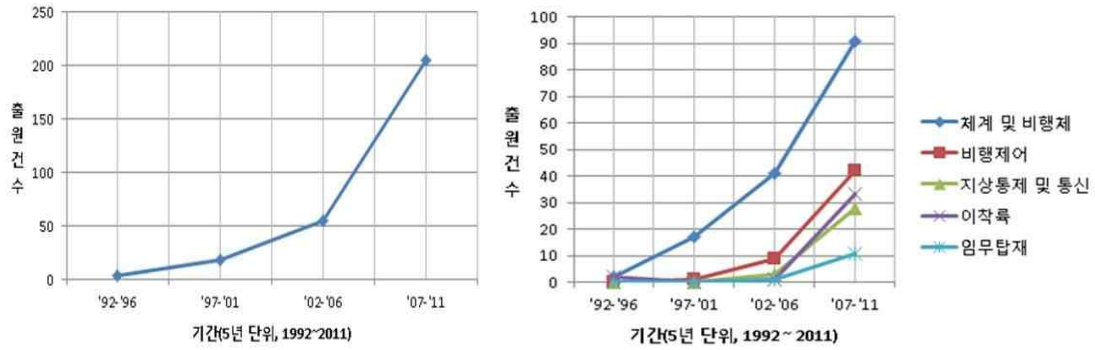
- 구글 특허검색을 통하여 국제특허를 검색한 결과, 검색어 ‘air traffic management’과 ‘unmanned aerial vehicle’를 이용한 경우 62건, ‘unmanned aerial vehicle’과 ‘landing process’를 이용한 경우 107건, ‘unmanned aerial vehicle’ 과 ‘operation process’를 이용한 경우 14건의 특허가 검색됨.
- 이중 “Autonomous vehicle guidance on or near airports” (US 6975923 B2)는 공항 근처에서의 무인기 운용방법을 나타냄
- “Aircraft Traffic Separation System” (US 20120209457 A1)은 유인기 혹은 무인기 간의 비행 간격(separation)을 관리하는 기법을 나타냄.
- “Apparatus for airfield management” (US 7991516 B2)는 조종할 수 있는 승무원이 없는 상황의 유인기나 무인기를 착륙시키는 장치와 그 방법에 대한 내용을 포함하고 있으나, 유/무인기가 같은 공역에서 혼용운용 될 때의 항공교통

관계 기법이나 절차에 대한 것은 아니므로 각 개별 기술에 이용에 대한 주의를 한다면 기존 특허와 관계없이 연구진행이 가능함.

- UAV, UAS, autonomous, automatic, auto, take-off, landing, launch, recovery 을 검색어로 설정하여 구글 특허검색을 통하여 국내외 특허를 검색한 결과 상기 검색어 조건을 만족하는 특허는 총 국내 1건, 국외 895건으로 대다수의 경우 소형 고정익/회전익기의 자동이착륙을 위한 영상 시스템, 제어 장치, 자체 항법 기반(GPS 기반) 착륙 절차 등에 관련된 기술로 기반 기술 자체로서는 일부 유사성을 보이지만 기존의 운용 인프라를 활용한 이착륙 기술은 고려하지 않고 있어 기존 특허와 차별화 된다고 볼 수 있음.
- 통합 항법을 검색어로 설정하여 구글 특허검색을 통하여 국내특허를 검색한 결과 차량에 관한 통합 항법 특허가 주를 이루고 무인기운용에 적용할 수 있는 통합 항법 기술에 대한 특허는 검색되지 않았음.
- UAV, GPS, INS, integrated, navigation을 검색어로 설정하여 구글 특허검색을 통하여 국제특허를 검색한 결과 상기 검색어 조건을 만족하는 특허는 총 461건이 검색됨.
- “Integrated navigation system applied to pilotless aircraft”와 같이 GPS, INS, ADS, Vision Sensor 등의 다양한 항법 센서의 결합 알고리즘이나 필터설계에 관련된 특허가 대부분을 차지하고 있음.
- 무인기 안전 및 보안에 관련된 특허는 “Downward-throwing popup type parachute opening device of unmanned plane”과 “Small unmaned aerial vehicle automatic protective airbag launching device.”등과 같이 사고 상황 발생 시 비상 착륙을 위한 장치에 대한 특허가 대부분임.

□ 국내특허

- 2001년부터 2012년까지 전세계 무인항공기 관련특허는 아래의 표와 같이 특허출원 수가 점점 증가하고 있으며, 한국의 경우 2006년에 2건, 2008년 이후부터 1건씩, 2011년에는 3건을 출원해왔음
- 국내에서는 현재 1992년부터 2011년까지 무인항공기 관련 국내 총 282건의 특허가 출원됨. 특히, 최근 5년의 경우 205건의 특허가 출원되는 등 과거 5년에 출원된 55건의 비해 270%를 초과한 출원 증가율을 보여 연구가 점점 활발히 진행되고 있음을 볼 수 있음. 기술 분야별로 대비해보면 무인항공기 체계 및 비행체 기술이 41건에서 91건, 비행제어컴퓨터 기술이 9건에서 42건으로 증가하였고, 지상통제 및 통신장비 기술이 3건에서 28건 등으로 모두 큰 폭으로 증가하였음을 알 수 있음.



<그림 2-34> 기간에 따른 특허 출원 수 (자료출처: 특허청)

4. 논문분석

- 무인항공기의 설계, 유도, 항법, 제어 관련 논문은 지난 수년간 상당히 많이 발표된 바 있으나 민간 무인항공기의 인증, 운용기술 등에 대한 논문은 상대적으로 발표된 바가 적음.
- 국내에서는 최근('15.6) 종료된 국토부의 무인항공기 기반구축 선행 과제 수행을 통해 다양한 국내/외 논문이 작성되어 학계에 보고된 바 있음.
 - 본격적인 연구가 수행된 2013년도부터 민간 무인기에 대한 인프라 및 시범 운용을 위한 연구 논문으로서 7건의 국내/외 학술지 논문이 게재되었음.
 - 상기 과제 수행 중 25건의 학술대회 발표 성과도 보고되었음

번호	게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외구분	SCI구분
			주저자	교신저자	공동저자				
1	2014.06	Fault Detection of Aircraft System with Random Forest Algorithm and Similarity Measure	Sanghyuk	Wookje Park (항공안전기술원)	Sikhang	The Scientific World Journal	2014	국외 (USA)	SCIE (IF=1.730)
2	2014.11	무인항공기의 사생활 침해에 관한 법적 고찰	김선이	김선이	-	동아법학	제62호	국내	-
3	2014.10	민간 무인항공기시스템 인증체계 현황 및 관련규정 연구 동향 분석	안효정	유승우	박종혁	한국항공우주학회지	42권(제10호)	국내	-
4	2014.12	소형 무인항공기 감항인증 기술기준 및 에너지 충돌기법 분석 연구	임준완	고준수	김용래, 최병철	한국항공운항학회지	22권(제4호)	국내	-
5	2015.03	소형 무인항공기 운용을 위한 관련법 현황 및 인증방안 연구	안효정	박종혁	박종혁	대한기계학회지	3권(제1호)	국내	-
6	2015.05	무인항공기 사고로 인한 운영자의 법적 책임 연구	김선이	김선이	최병철	전북대학교 법학연구	통권 (제44집)	국내	-
7	2015.07	항공관제시뮬레이터를 이용한 항공기간 회피 기동의 위험도 분석	정세훈	이학태	오혜주, 최기영	한국항공우주학회지	43권(제8호)	국내	-

번호	발표일	기관	발표명	저자	학술대회명	국내외구분
1	2014.05	KAIST	민간 무인 항공기 실용화를 위한 충돌 회피 기술	신희민, 심상욱, 심현철, 최병철	2014 춘계 항공운항학술대회	국내학회
2	2014.05	인하대학교	민간 유무인항공기의 운항기술기준 검증을 위한 시뮬레이터 개발	조성범, 오혜주, 이학태, 최기영	2014 춘계 항공운항학술대회	국내학회
3	2014.5.14	한국항공대학교	무인항공기 감항인증 기술기준 분석' (항공우주시스템 공학회 춘계학술대회	고준수, 임준완	항공우주 시스템 공학회 춘계학술대회	국내학회
4	2014.5.23	한국항공대학교	소형 무인항공기 감항인증 기술기준 분석 및 안전성 평가 연구	고준수, 임준완	한국항공운항학회 춘계학술대회	국내학회
5	2014.10	KAIST	LADGNSS 지원 환경에서의 무인항공기 항법 정확도 평가를 위한 비행실험	김기완, 김민찬, 이동경, 이지윤	2014 한국위성항법시스템학회 정기학술대회	국내학회
6	2014.11	KAIST	최근접거리를 이용한	김윤영, 심상욱,	2014 추계	국내학회

			무인항공기의 충돌회피 알고리즘	탁민제	항공우주학술대회	
7	2014. 11	KAIST	Single GPS와 1D LiDAR를 이용한 고정익 무인항공기의 자동 이착륙 알고리즘 설계	신희민, 조성욱, 정지원, 유동일, 정연득, 심현철, 양광진	2014 추계 항공우주학술대회	국내학회
8	2014. 11. 19.~21	세종대	항공기성능모델(BADA)기반 비행 시뮬레이션 엔진연구	김동현, 김일우, 윤석준	2014 추계 항공우주 학회	국내학회
9	2014. 11. 19.~21	세종대	항공교통 시뮬레이션을 위한 가상비행계획생성 및 X-plane을 이용한 신뢰성 확인	김일우, 김동현, 윤석준	2014 추계 항공우주 학회	국내학회
10	2014. 11. 20	항공안전기술원	민간 무인항공기 운항기술기준 수립을 위한 시범운항 방안 연구	이은석, 최병철	2014 추계 학술대회 (항공우주학회)	국내학회
11	2014. 11	KARI	민간 무인항공기시스템의 공역통합을 위한 핵심기술	오수훈	2014 추계 항공우주학술대회	국내학회
12	2014. 11	KARI	민간 무인항공기 운용주파수 표준화 동향	송복섭	2014 추계 항공우주학술대회	국내학회
13	2014. 11	항공안전기술원	민간 무인항공기 운항 개념	최병철	2014 한국항공우주학회 추계학술대회	국내학회
14	2014. 11	인하대학교	BADA를 이용한 차세대 항공관제시뮬레이터의 항공기 모델 신뢰성 검증 방안	박주성, 오혜주, 최기영, 이학태	2014 한국항공우주학회 추계학술대회	국내학회
15	2014. 11	인하대학교	차세대 항행 시스템을 고려한 항공관제시뮬레이터 서버 및 조종사 스테이션 구현	정세훈, 조환희, 오혜주, 최기영, 이학태	2014 한국항공우주학회 추계학술대회	국내학회
16	2014. 11	인하대학교	차세대 항행시스템 및 민간무인항공기의 공역 운용 제도 검증을 위한 항공관제시뮬레이터 설계	오혜주, 최기영, 이학태	2014 한국항공우주학회 추계학술대회	국내학회
17	2014. 12	KAIST	A Study on Aerodynamic-Dynamic Characteristics of Helicopter during Maneuver Flight	Yeon Bok Chu, Duck Joo Lee	Asian/Australian Rotorcraft Forum	국제학회
18	2015.04	KAIST	Conceptual Study of Mobile Differential GNSS Architecture Utilizing UAV Networks	Minchan Kim, Dong-Kyeong Lee, Eugene Bang	ION Pacific PNT 2015	국제학회
19	2015.04.	세종대	성능모델기반 유·무인항공기 시뮬레이션엔진 개발	김동현, 김일우, 김준형, 윤석준, 최병철	2015 한국항공우주학회 춘계학술대회	국내학회
20	2015.04.	세종대	유무인항공기 혼합운용을 위한 성능기반 시뮬레이션 툴 개발 연구	김동현, 김일우, 김준형, 윤석준, 최병철	2015 한국항공우주학회 춘계학술대회	국내학회
21	2015.05	항공안전기술원	우리나라 상업용 민간 무인항공기 산업발전을 위한 법제도 구축방안	김종복	2015년 제54회 항공우주정책·법 학술대회	국내학회
22	2015.05	항공안전기술원	민간 무인항공기의 운항개념 연구	최병철	2015년 제54회 항공우주정책·법 학술대회	국내학회
23	2015.5.1	한국항공대	무인항공기 감항인증	고준수	2015 군용항공기	세미나

	9	학교	기술기준 분석 연구		감항인증 세미나	
24	2015.6.2	한국항공대 학교	감항인증에서의 시스템 엔지니어링 역할	고준수	2015 The 2 nd KAIST-LMC System Engineering Workshop	Workshop
25	2015.05	한국항공대 학교	유·무인항공기 항공기의 국내 공역 혼합운용을 위한 연구	오수환, 문우춘, 정현대	2015 춘계 항공경영학술대회	국내학회

□ 상기 열거된 논문의 대상 연구 분야를 정리하면 아래와 같음

- 논문 관련 분야는 크게 인증, 법제화, 운용기술기준으로 나눌 수 있음
- 운용기술 분야에 많은 논문이 작성되었는데 그중 상당수는 시뮬레이터 개발에 관련된 것이며 그 외 무인항공기 실용기반 구축에 필수적인 인증, 법제화, 운용 기술 분야 등 전 분야에 논문이 발표되었는데 이를 통해 본 과제를 추진에 필요한 국내외 동향 및 환경 분석이 수행 될 수 있었음.

연구분야		논문편수	
대분야	세부분야		
인증	무인항공기 인증체계 및 기술기준	2편	7편
	군 무인항공기 감항인증기술기준 분석보고서	5편	
법제화	민간무인항공기 사생활 보호기준 연구	1편	3편
	민간무인항공기 운영자의 법적 책임	1편	
	민간무인항공기 국내법 법제화 기본 연구	1편	
운용기술	민간무인항공기 운항기술기준	4편	22편
	유무인항공기 통합검증 시뮬레이션 시스템 개발	10편	
	민간무인항공기 운용시설 구축방안 보고서	3편	
	민간무인항공기 항공교통관제절차(안)	3편	
	민간무인항공기 운용핵심기술 개발계획	2편	
	계	32건	

5. 종합분석

□ 국내·외 민간무인항공기 인증체계 조사 및 분석 결과

- 무인항공기 인증을 위해 기본적으로 유인항공기 인증에 대한 법규를 그대로 적용하도록 되어있는 것은 다른 나라의 현재 무인항공기 인증체계에 대한 방침과 방향을 같이 하고 있음.
- 무인항공기 인증은 국제표준으로 작용하는 미국 FAA의 체계를 바탕으로 하여 세계적으로 거의 표준화되어 있으므로 우리나라 무인항공기 인증체계의 수립에 있어서도 아래에 정리한 항공선진국들 사이에서 의견일치를 이루고 있는 사항들을 반영해야 할 것으로 판단함.
- 프랑스, 영국, 미국 등의 군용(유인)항공기 감항인증 기술기준 및 국내 표준 감항인증기준 분석을 통해 민간무인항공기 감항인증기준 적용성을 도출함.
- 유럽 방위청(EDA), 미국(DoD), 영국(MAA), 독일(Bundeswehr), 프랑스(DGA), 이태리(DAAA) 등의 군용 무인항공기의 감항인증 기준을 분석하여 국내 민간무인항공기 감항인증기준과의 적합성을 비교함.

□ 국내·외 민간무인항공기 운항기술기준 동향 분석

- 국내 유인항공기의 운항기술기준은 항공법과 항공법시행규칙을 보완하는 운항 및 안전에 관한 상세규정으로 2001년 제정되었음
 - 제정 당시 조속한 시일 내에 항공안전 1등급 국가로 회복해야 한다는 긴박한 상황으로 인해서 많은 시일이 소요되는 독자적인 규정 제정보다는 FAA IASA 프로그램의 모델규정(Model Regulations)을 번역하여 일부를 우리 실정에 맞게 고쳐 차용하는 방법으로 제정
 - 이후 현재까지 운항기술기준은 ICAO의 SARPs가 개정될 때마다 변경된 조항을 국내 법규에 충실히 반영하기 위해서 수시로 개정국내 무인항공기 운영자 현황 분석
- 국내 무인항공기(150kg 초과)의 등록(신고)는 없음, 국내 무인비행장치(150kg 이하)는 주로 농약살포, 항공촬영 등의 사업을 주로하고 있으나, 무인항공기와 무인비행장치의 활용범위가 확대됨에 따라 사업자의 수는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨.
- 우리나라는 항공법 시행규칙 196조의 2(무인항공기의 비행허가 신청 등)에 무인항공기의 비행 요건을 규정하고 있으나, 무인항공기 사용사업과 관련한 법 또는 규정은 없음.
- 무인항공기사용사업은 규모와 목적을 고려하면 승무원과 승객이 탑승하지 않는다는 것을 제외하고는 항공기사용사업과 유사하다고 볼 수 있으므로, 여기서는 항공기사용사업에 준하는 운영자 승인제도를 고려함.

- 항공기사업사용에 대한 규정을 참조하여 무인항공기사업사용에 적용가능한 우리나라 항공법을 정리함.
- ICAO, 미국 FAA, 유럽 EASA 및 국내 항공법(유인항공기 운항기술기준)등을 분석
 - ICAO는 2006년부터 민간 무인항공기 운항기준을 제정하기 위하여 UASSG를 구성, 활동하다가 2014년부터는 RPAS Panel(RPASP)로 승격한 후 FAA, EASA등과 협력하여 국제 운항이 가능한 무인기의 계기비행조건에 한한 운항기준을 2020년 목표로 제정하는 중
 - 본 규정이 제정되면 우리나라를 포함한 세계 각국은 이를 기반으로 자국에 적합한 규정을 제정, 적용해야 함.
 - ICAO의 기준이 제정되어도 무인기의 국내 운용 및 비계기비행 또는 시계비행 구간 관련 법령 규정은 여전히 각국에서 개발해야 함.

□ 외국 무인항공기 운영자 현황 분석

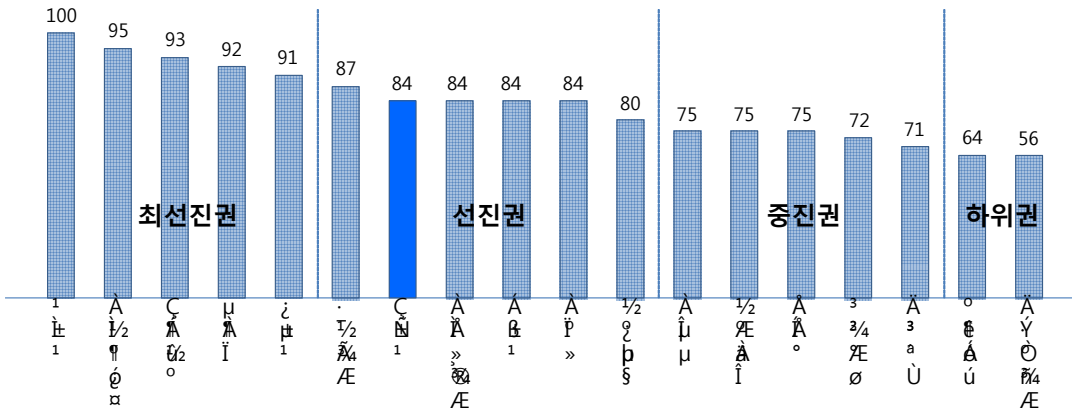
- 국제민간항공기구(ICAO)의 운영자 승인 규정, 외국 무인항공기 운영자 승인 현황 및 외국 무인항공기 운영자 승인 제도 등을 분석 함
 - 국제 운항을 위해서는 무인항공기도 유효한 무인항공기 운영자 증명을 소지하고 있어야 함.
 - 미국의 경우 아직 무인항공기 운영에 대한 법이 제정되지 않아, 개별검토를 통해 법률의 예외조항을 적용하여 운용을 허용하고 있음
- 국내·외 법제화 동향 및 실제 사례의 분석
 - ICAO UASSG 및 RPASP의 법제화 작업 활동 연구결과를 분석함. 또한 ICAO Cir.328 및 RPAS Manual 상 실제 사례 연구 사례를 반영함.
 - 미국 FAA, EU 및 호주의 법제화 동향 및 사례 연구 분석함.
- 현행 국내 항공법 상 관련 규정 분석
 - 현행 우리나라 무게기준으로 구별하고 있으며 구별 기준은 무게를 중심으로 150kg 이상을 무인항공기 그 이하를 무인비행장치로 구별하고 있음.
 - 현행 우리나라 무게기준으로 구별하고 있으며 구별 기준은 무게를 중심으로 150kg 이상을 무인항공기 그 이하를 무인비행장치로 구별하고 있음.
 - 현행 국내법의 문제점 분석 및 개선 방향 제시

□ 국내 기술수준 평가

- 민간무인항공기 개발을 위한 기술수준을 평가하기 위해 운용환경 및 목적에 따른 대상 무인항공기의 형태 및 요구성능 수준이 개략적으로 정의되어야 하나, 현재 국내 민간무인항공기 개발 방향은 아직 구체화되지 않은 상태이므로 본 연구에서는 대상 무인항공기를 포괄적으로 정의하여 검토함.
- 민간무인항공기 체계의 소요기술은 체계종합, 비행체종합, 지상통제, 지상지원

등 대분류 4개 항목 하에 중분류 11개 항목, 소분류 13개 항목으로 구성함.

- 지상활주형 무인항공기의 전반적 기술수준은 TRL 6.25로 도출되어 체계개발로 진입이 가능한 6단계 이상으로 분석됨.
- 수직이착륙형 무인항공기의 전반적 기술수준은 TRL 5.89로 도출되었으나 자동이착륙/함상착륙장비 기술을 제외한다면 6.12로 판단할 수 있으므로, 자동이착륙 관련 미성숙 기술 확보를 조건으로 체계개발로 진입이 가능할 것으로 분석.



□ 민간용 무인항공기 개념 및 운용 조건 분석

- 유인기와 무인기 운항방식의 가장 큰 차이는 조종사가 탑승하지 않으므로 유인항공기 운항의 근간이 되는 시계비행(Visual Flight Rule: VFR)이 적용이 곤란함
 - 지상 조종사(operator)에게 영상이 전달될 수 있으나 현재 기술로는 VFR을 안전하게 수행할 수준의 고화질 영상 전달을 보장하기가 어려움
- 무인항공기 운용절차는 무인기의 형태, 규모 및 운용 목적 등에 따라 매우 다양할 수 있으나, 활주로를 사용해야 하는 일반적인 무인항공기의 운용절차는 기존 유인기 운용절차에 준한 절차를 따름
- 감항인증 필요 : 민간용 무인기는 조종사가 탑승하지 않고 원격으로 통제하여 운항한다는 기능적 측면에서는 군용 무인기와 차이가 없으나 군용기의 경우 군공역 내에서 운용되는 것에 반해 민간 무인기는 기존 유인 항공기가 운항하는 공역에서 운용이 허용되어야 하며, 이와 함께 항공기 자체의 안전성에 대한 증명, 즉 감항 인증이 필요

□ 민간무인항공기 고위험 기술요소 식별

- 민간무인항공기 활용 임무는 농업, 임업, 수산업 등 산업분야와 교통, 치안 등 공공분야에서 다양하지만, 본 연구에서는 여러 분야에서 공통적으로 요구되는 항공정찰을 기본 임무로 가정함.
- 국내 기존 연구결과와 해외 기술개발 동향을 조사하여 민간무인항공기 개발을 위한 주요 핵심기술을 도출함.

- 본 연구에서 고위험 기술요소는 민간무인항공기 개발을 위한 핵심기술 중에서 개념적으로는 가능하지만 가까운 미래에 요구도를 충족시키기 어려운 기술로 정의함.
- 국내 기존 연구내용과 해외 발전추세 검토 결과에서 공통분모로 도출되는 항목을 핵심기술군으로 정리하였으며, 이 중에서 주로 군 요구도에 해당하는 기술군은 제외하고 민간무인항공기에 적용하여야 할 항목으로 최종 도출함.

□ 국내 민간 무인항공기용 운용 인프라 및 활용가능성 분석

- 현 국내 비행장 중 비행시험을 위한 시설로는 고흥항공센터가 유일한데, 이미 국내 연구소, 학계, 산업계 등 다수의 연구기관에서 민수 및 군용 무인항공기의 비행시험 장으로 활발히 사용 중인데 이미 포화상태에 근접함.
- 방산사업의 경우 개발 항공기의 비행시험에 군 운용 비행장의 이용을 지원하고 있음
- 현재 육군 운용 비행장 중 5개 비행장이 무인기 운용에 활용되고 있으며, 이중 1개 비행장만이 무인기 전용 비행장으로 활용 중.
- 공공기관 및 민간업체 운용 무인기의 대부분이 소형 핸드론치 및 수직이착륙형으로 비행장 소요 부재에 따른 이용 사례 없음
- 주요 민간 개발업체 및 3개 민간업체는 기 개발된 군용 무인기의 성능개량 및 개조를 통한 민간 무인기 개발 노력을 다각적으로 검토 중에 있음.
- 향후 민간 무인기의 전국적 운용을 위해서는 무인기용 통신망(CNPC) 구축이 필수적이나 현재에는 무인기용 통신망이 전무함.
- 무인기의 안전 운항을 위해서는 적절한 감시 시설이 필수적인데, 이와 같은 시설로서 ADS-B는 국내에 보급되어 있지 않음.
 - 중대형 무인기의 경우 기존 항공기 감시시설을 이용하여 감시할 수 있으나 향후 널리 보급될 소형 무인기의 경우 기존 항공기 관제 및 감시 기법과는 다른 방식이 개발되어야 할 것으로 예측됨

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 연구 비전

**고 신뢰성 다개체 무인이동체 활용을 통한 국민 편의 및
안전향상, 기술 선진국 진입, 국부창출**

- 민간 무인항공기의 운용기준 수립 및 시험운용을 통해 향후 전국적 무인기 운용기반 구축을 준비하고 ICAO를 중심으로 추진 중인 민간 무인항공기의 세계적인 실용화를 선도
- 전국적 민간 무인기 활용기반 구축을 조기에 구축하여 무인기 제작 및 관련 산업 활성화에 촉매적 역할 수행
- 무인기를 중심으로 다종/다수 무인이동체계 운용기반 구축을 통해 선진국 권 수준 달성 및 기술 선도



<그림 3-1> 다부처 사업 구도 하의 비전 및 목표/전략

2. 연구전략목표

- 현재 2020년을 목표로 ICAO가 추진중인 민간 무인항공기의 법제화에 참여하여 규정 제정 절차에 기여
 - 국내에서 민간 무인기의 자체적인 규정 제정 및 검증을 통한 근거 자료를 확보하고 이를 ICAO에 제시하여 규정 수립에 기여
- 최근 우리나라에서도 폭발적으로 성장하는 소형 무인기의 활용도 확대를 위한 식별, 감시, 인증 등 기술 및 규정 수립
- 무인기 시범 운용을 위한 통신, 운항 등 인프라 구축
- 다부처 사업을 통하여 무인항공기의 안전성 및 활용도를 극대화하기 위해 신뢰성·보안성이 향상된 통합운용체계 개발
- 무인항공기의 실용화에 앞서 신뢰성·보안성을 선제적으로 강화한 통합운용체계 구축 및 글로벌 표준화 선점
- 무인항공기를 중심으로 무인선박 등 이종 무인이동체의 핵심 통합 운용 기술 개발 및 시연
 - 무인이동체의 통합 시연 개발은 세계적으로 유사 사례 찾아보기 어려움



<그림 3-2> 다수/다종 무인이동체계 운용개념도

2절. 기술개발에 따른 미래상

- 민간 무인항공기 운용기반 구축을 통한 생활 무인기 시대로의 진입 가능: 항공촬영, 치안, 감시, 물류 배송 등의 임무를 무인기를 활용하여 신산업 창출
- 유인기 대신 무인기를 사용함으로써 비용 절감, 성능 향상, 접근성/활용성 비약적 향상
- 국내의 발달된 무인항공기 기술과 IT 기술을 접목하여, 민간무인항공기 인증·운영체계 등 실용화 기술 개발을 국제적 추세에 뒤지지 않도록 추진한다면 국산 민간무인항공기 보급기반을 선제적으로 구축 가능
- 무인기 활용 경험을 토대로 ICAO 이사국으로서 세계 무인항공기 운용기준 수립에 의견 제시, 국가 위상 제고
- 다양한 민간 무인기 이용분야에 필요한 무인기 제작 산업 활성화 및 이를 통한 세계 시장 진출 및 점유 가능
- 본과제와 공조하여 수행하는 다부처사업의 결과로서 다수의 무인선 또는 무인선과 무인기 통합 시스템을 적용하여 불법어로, 적조/녹조 감시 등을 포함하는 지속적인 해양 감시 임무를 수행하고, 해양 조난자 수색, 난파선 구조, 방제 지원 등의 업무에 유인선 작업을 대체할 수 있는 방안으로 활용함으로써 작업의 안정성, 효율성, 경제성을 동시에 향상시킬 수 있음.



<그림 3-3> 무인이동체 활용분야

- 확보된 무인항공기 운용핵심 원천기술을 군용으로 spin-on하여 다수의 무인선 또는 무인선과 무인기 통합 시스템을 인명 피해 위험이 큰 적진 침투, 정찰, 기뢰 탐지 등의 군사적 작전에 사용하는 것이 가능
- 민간 무인항공기 기술을 유인항공기에 적용하여 높은 수준의 자율성을 갖고 있는 무인기의 개발이 가능

3절. 연구개발과제 추진전략 및 기술/성과 로드맵

- 국내 여건의 면밀한 조사와 국제적 수준의 기술협력을 통한 무인항공기 운용 인프라 요건을 분석하고 운용 인프라 소요를 최적화하여 도출
- 기존 군용 및 민간 항공기 운용 인프라 및 선행 연구사업의 기술적 성과 기반 추진 전략 도출
 - 선행 민/군 무인기 기술개발사업 성과의 연속성 있는 활용을 통한 중복투자 방지 및 연구의 연속성 추구
 - ‘11-‘12 상업용 무인항공기 운용기반구축 기획연구를 통해 도출, 수행 완료된 “민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구”의 결과를 적극적으로 활용
 - 무인기 인증기반 사전 연구결과 이용
 - 연구결과로 제시된 운용 인프라 계획에 기반하여 기본적 비행시험 위한 인프라 구축
 - 선행연구에서 도출된 무인기 운용시나리오를 기반으로 시험 비행 수행하여 각종 운항기준 수립을 위한 비행실험 정보 축적
- 무인기 운용기준 수립에 요구되는 민간무인항공기 운용 데이터 축적을 위한 핵심적인 민간무인항공기를 이용한 비행실험 수행
 - 시뮬레이션, 대역기, 실제 무인항공기를 활용한 비행실험 수행
 - 시험운용에는 유인기 및 150kg미만의 대역기, 150kg이상 무인항공기를 이용하여 수행 필요
 - 유인기의 경우 무인기가 수행하기 어렵거나 아직 구현되지 않은 기술을 유인 조종사가 대신하여 수행가능
 - 150kg미만의 대역기의 경우 입수 및 운용이 용이하여 무인항공기의 대역기나 무인항공기와 동시에 운용하는 상대역 기체로 활용가능
 - 150kg이상 무인항공기를 이용한 최종 검증 수행
 - 상기 3단계를 이용한 요소 기술 검증 및 시나리오 수행
 - 민간 사업자 주도로 수행된 운용결과를 활용하는 것도 동시에 추진하지만 이것만을 통해서요 요구되는 다양한 무인기 운용 자료를 확보하는 것이 어려움
→ 본 사업을 통하여 공인된 방식으로 필요한 각종 비행자료의 획득이 요구됨
 - 무인기의 운용 경험이 풍부한 미국의 경우에도 6개소의 시험장을 운용중
 - 다부처 사업 구도하 다부처 과제와 협력, 통합시범운용을 수행하여 핵심 개발 기술 검증
 - 현 단계에서 민간 주도 무인기 시범사업을 수행하기에는 운항기준, 인증체계, 운용 인프라가 전혀 구축되어 있지 않아서 시기상조임: 본 과제가 종료될 시점

(~2020년)에는 무인기 국가시험장을 중심으로 기본적인 운항시험을 수행할 인프라가 구축될 것으로 기대됨

- 따라서 기획 초기단계에 구상한 시범인증을 포함한 민간 무인기 시범사업은 시기상조임으로 판단됨
- 정부 기관 및 민간 대상으로 수행한 무인기 잠재 수요자 설문(본 기획 보고서 2장 2절 국내시장동향 부분 참조)에서도 중대형 무인기를 이용한 시범사업은 현재로서는 시기상조이며 충분한 인프라를 사전에 구축한 후에야만 가능하다는 응답이 다수를 차지함
- 따라서 당초 다부처 과제 사전기획시('14.7) 민간 시범사업용 투자금 (70억원) 및 “무인항공기 인증 체계 연구”에 할당된 국비 예산을 많은 예산이 요구되는 인프라 구축에 투입하는 것이 바람직 하다고 판단하였음

□ 시험운용을 통해 향후 전국적으로 무인기를 보급, 운용할 때 요구되는 무인기 관련 시설 및 운용 방안 도출

- 본 사업에서는 제한된 예산을 활용하여 필수 시험운용 인프라 구축
- 본 사업에서 도출된 결과를 기반으로 후속사업으로 추진될 전국 규모의 무인항공기 운용인프라 구축방안 도출
- 다부처 사업을 통해 도출된 통신장비를 활용한 기본 통신 인프라 구축

□ 다부처 사업 기획 단계에서는 민간에서 무인기를 활용한 다양한 시범 사업을 지원하는 계획을 추진하였는데, 세부 기획 단계에서는 민간 시범사업 추진 대신 인프라 구축에 제한된 역량을 집중하기로 함

- 본 과제 기획시 무인항공기의 시범 인증을 통한 민간 사업자 지원을 계획하였으나 시범 인증기에 대규모 예산이 소요되고 예타 과제로 무인항공기 개발과제가 추진되면서 인증기 개발의 추진이 어렵게 됨
- 현재 국내에서 150kg이상 무인기의 인증이나 실용사업을 추진할 민간 업체를 찾기 어려움
- 현재 구축된 인프라가 미비하여 무인기의 활용이 제한적인 측면이 많음
- 따라서 본 과제에서는 민간 무인기 사업자 유치는 시기 상조라 판단하여 대규모 예산이 소요되는 무인기용 항공기 인프라 구축에 우선순위를 부여하는 것이 본 과제의 성과를 극대화하는데 적절할 것으로 판단하여 민간 투자 없이 국고의 지원만으로 과제를 추진하기로 함

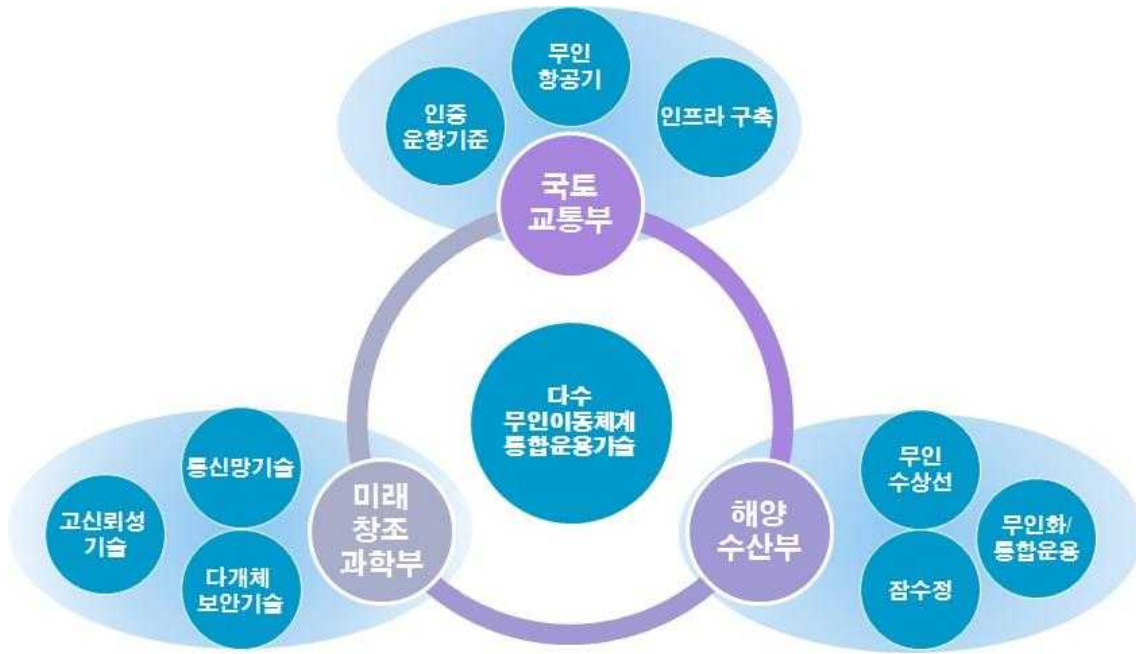
□ ICAO 등 국제기구 및 무인항공기선진국 해당기관과의 협력체제 구축을 통하여 ICAO 이사국의 위상에 부합하는 국제적 연구개발

- ICAO RPAS Panel 참석, 국제동향 파악 및 공조
- NASA 무인기 연구 공조

- EASA, 호주 CAA, JARUS 등 기관과 공조
 - 미국 FAA CoE, NASA, 호주 CAA 등 기관과의 협업을 통한 조화로운 연구개발 및 아국의 무인기분야 국제적 위상 재고

□ 다부처사업 구도 하에 타 부처 사업과의 긴밀한 협력

- 미래부: 통신, 보안, 협응 운용 기술 공조
- 해수부: 해양감시용 무인기 기술 및 무인선과의 협응기술 개발 및 시연
- 추진 중인 타 부처 과제들과의 연계를 통한 중복투자 방지 및 연구 개발 공조 유지
- 사업 초반에 각 부처별 연구 과제를 각각 추진하고, 후반부에 각 부처의 사업 성과를 활용한 대규모 실증 테스트 사업 추진
 - 개발된 서비스들의 효과적인 테스트를 위해 시험단지를 구축하고 여기에서 충분한 실험 결과를 확보, 분석하는 것이 반드시 요구됨



<그림 3-4> 다부처 추진구도하에서 부처간 업무 분담



<그림 3-5> 다부처 추진구도하 연차별 계획

□ 기술 성과 로드맵

세부기술	연구활동	1차	2차	3차	4차	5차	6차
		년도	년도	년도	년도	년도	년도
1. 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구							
1-1. 무인기 운영 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM체계에서 운용 연구	1-1-1. NextGen 무인기 적용 연구						
	1-1-2. SESAR 무인기 적용 연구						
	1-1-3. 국내 NARAE 무인기 적용 연구						
1-2 무인기 분류 체계 연구	1-2-1. 국내외 분류 체계 연구 동향 분석						
	1-2-2. 분류체계 연구						
1-3. 항공법등관계법령의해당조항개정및 입법지원	1-3-1. 항공법, 시행령, 규칙 개정안 작성						
	1-3-2. 입법 지원						
1-4. 시험 운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	1-4-1. ICAO RPASP WG1 (Airworthiness) 참여(3회), 동향 조사 및 부속서 8 개정 참여						
	1-4-2. 이스라엘, JARUS 등의 관련 규정 분석 연구						
	1-4-3. 「실용화 기반조성 연구」에서 기 작성(4개 분류) 기술기준 정비						
	1-4-4. 운용 시험 방안 작성						
	1-4-5. 인간시스템인터페이스(HSI) 연구 및 원격조종국(RPS) 표준 수립						
	1-4-6. 시험용 RPS 구축 및 RPS 표준화 연구						
	1-4-7. 새로운 분류체계에 의한 기술기준을 운용시험 분석 결과를 활용하여 수정						

	1-4-8. 기술기준을 운용시험 분석 결과를 활용하여 수정								
	1-4-9. 최소장비 요건 연구								
	1-4-10. ICAO RPAS WG5 (Operation), WG4(License) 참여 (연 3회) 동향 주사 및 부속서 6 개정 참여								
	1-4-11. 각국 및 JARUS 동향 분석								
	1-4-12. 「실용화 기반조성 연구」에서 기작성 운항기술기준 수정								
	1-4-13. 새로운 분류체계에 의한 기술기준을 운용시험 분석 결과를 활용하여 수정								
	1-4-14. 기술기준을 운용시험 분석 결과를 활용하여 수정								
	1-4-15. 운용 시험 방안 작성 및 수정								
	1-4-16. 운용 위험 관리 기법 수립								
1-5. 무인기 항공교통관제 기준 및 절차 개정, 고시 지원	1-5-1. ICAO RPASP WG6 (ATM) 참여(3회), 동향 조사 및 부속서 11 개정 참여								
	1-5-2. 「실용화기반조성연구」에서기작성교통관제기준을운용시험분석결과를활용하여수정								
	1-5-3. 교통관제기준을 운용시험 분석 결과를 활용하여 수정								
	1-5-4. RPAS 관제절차 개정								
	1-5-5. SMS 기반 무인항공기 경로 최적화 및 경로 재설정의 확률적 알고리즘 개발								
1-6. 무인기법적책임 및책임보험제도수립	1-6-1. 법적 책임 관련 법령 개정(안) 연구								
	1-6-2. 책임 보험 제도 수립 연구								
1-7. 기타 과제 수행 중 파생되는 법제도와 수립 관련 연구	1-7-1. 기타 파생 연구								
2. 민간 무인기 시험 운용을 위한 시범 인프라 구축									
2-1 광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 시설 설계, 구축(가시권 밖포함)	2-1-1. ICAO RPASP WG2(C2) 참여), 동향 조사 및 부속서 10 개정 참여								
	2-1-2. CNPC 시범망 구축 계획 수립								
	2-1-3. 상용 이동통신 적용 계획								
	2-1-4. 상용 이동통신 서비스 적용 시뮬레이션								
	2-1-5. 상용 이동통신 서비스 적용 시험								
	2-1-6. CNPC 시범망 이동형 시스템 1기 RFP 및 업체 선정, 구축								

	2-1-7. CNPC 시범망 이동형 시스템 2기 추가 구축						
	2-1-8. CNPC 시험						
	2-1-9 CNPC(5GHz) 적용 시험						
	2-1-10. 위성 통신 시험 시설 구축						
	2-1-11. 미래부 개발 5GHz 모뎀 적용 시설 구축 및 항공기 탑재 수행						
	2-1-12. 위성 통신 적용 시험						
	2-1-13. ATC 시범망 구축 계획 수립						
	2-1-14 .ATC RFP 작성 및 업체 선정						
	2-1-15 .ATC 시범 직접 통신 시설 구축 및 시험						
	2-1-16. ATC 시범 상용망 통신 개념 연구 및 망 구축, 시험						
	2-1-17. ATC 시범 C2 이용 개념 연구						
	2-1-18. ATC 시범 C2 운용 시험						
	2-1-19.ATC시범위성운용시험						
	2-1-20. C2 전국망 구축 방안 연구						
	2-1-21. ATC 시범 위성 운용 시험						
2-2. 무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축	2-2-1. 저고도 GBDAА 시범 구축 계획 수립						
	2-2-2. ADS-B 시범 구축 계획 수립						
	2-2-3. DAA 타당성 연구						
	2-2-4저 고도GBDAA및ADS-B RFP 작성 및 업체 선정						
	2-2-5. 저고도 GBDAА 시범 이동형 시스템 구축						
	2-2-6. 저고도 GBDAА 시범 이동형 시스템 운용 시험						
	2-2-7.ADS-B시범구축						
	2-2-8. ADS-B 시범 운용 시험						
2-3. 운용 지원 지상 시설 구축 (계류장, 정비시설)	2-5-1. 비행장 내 유인항공기용 인프라 조사 및 분석						
	2-5-2. 공역 분석						
	2-5-3. 시험 환경 분석						
	2-5-4.계류장,정비시설구축						
3. 민간무인기 시험운용 및 통합시험운용 수행							
3-1.민간 무인기 시험운용	3-1-1. ICAO RPASP WG3(DAA) 3회 참여, 동향 조사 및 부속서 6 개정 참여						
	3-1-2. RPA, RPS로 분리된 무인항공기 시뮬레이션 구축						
	3-1-3. RPAS 시뮬레이션 보강 구축						

	3-1-4.무인항공기시뮬레이션보강구축						
	3-1-5. 시뮬레이션 통합 구축 보강						
	3-1-6. 「실용화 기반조성 연구」에서 구축된 시뮬레이션 통합 구축 보강						
	3-1-7. 시뮬레이션 시험 계획 수립						
	3-1-8. 시뮬레이션 시험 및 분석						
	3-1-9. 대역기 시험 계획 수립						
	3-1-10. 대역기 시험 및 분석						
	3-1-11. 무인비행장치 시험 및 분석						
	3-1-12. 실기 시험 계획 수립						
	3-1-13.실기시험RFP작성및업체선정						
	3-1-14. 실기 시험 및 분석						
	3-1-15.RPAS신뢰성관리기법수립						
	3-1-16.C2최소성능획득방안수립						
	3-1-17.C2최소성능수립연구						
	3-1-18. 음성통신 최소성능 획득 방안 수립						
	3-1-19. 음성통신 최소성능 수립 연구						
	3-1-20.DAA최소성능획득방안수립						
	3-1-21.DAA최소성능수립연구						
	3-1-22. 자동이착륙 최소성능 획득 방안 수립						
	3-1-23. 자동이착륙 최소성능 수립 연구						
3-2. 비관제 공역에서 무인기 경로 최적화 및 경로 재설정 기법 연구	3-2-1. 국내외 연구 동향 분석						
	3-2-2. 비관제 공역 분석						
	3-2-3. 경로 최적화 분석						
	3-2-4. 경로 재설정 기법 연구						
	3-2-5.국제 협력 연구						
3-3. 위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구	3-3-1. 국내외 연구 동향 분석						
	3-3-2. 위성보강항법 적용 사례 분석						
	3-3-3. 무인비행장치 위성항법 기술 적용 연구						
	3-3-4. 무인항공기 위성항법 기술 적용 연구						
	3-3-5. 국내 SBAS 무인기 적용 시험						
3-4.다부처 사업 하 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증	3-3-1. 이종 무인시스템 통합 운용 시험 방안 연구						
	3-3-2. 이종 무인시스템 통합 운용 시험						

4절. 과제 주요내용 및 성과활용 방안

1. 과제 개요

가. 연구개발 목표

- 최근 전 세계적으로 활발히 활용되고 있는 무인항공기를 국가 유인공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위한 제도화, 운용기반 구축, 시험운용 및 다부처사업 공동추진부처와 협력을 통한 통합시범운용 수행

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

- 전 세계적으로 원격조종항공시스템(RPAS)의 민간용도의 증가로 인해 ICAO와 같은 국제기구와 EC의 EASA, EUROCAE, EUROCONTROL, INOUI, JARUS 등과 미국의 FAA는 민간 무인항공기를 국가 공역으로 통합을 위한 운용체계 준비 중.
- 민간 무인항공기의 국가공역 진입은 세계적 추세로서 ICAO 등 관련 국제기구와 공조를 수행하여야 하며 SAPRs가 제정되어도 이를 각국의 사정에 맞추어 적용(tailoring)하는 절차는 각국에서 별도로 진행되어야 할 사항임.
- 무인항공기가 국가공역에 진입하는 등의 항공운항 규정 입안 및 각종 항공 인프라 구축은 국토부의 고유 업무로서 타부처나 민간 주도로 수행될 수 없고 반드시 국토부가 최우선 순위를 가지고 추진해야 할 사항임.
- 고용 창출 및 창조적 산업 발전을 위한 민간 무인항공기의 산업화 촉진에 기여
 - 우리나라는 무인항공기 기술 분야에서 세계 10위권 내의 기술을 보유하고 있는데 이를 바탕으로 현재 급속히 팽창중인 세계 민간 무인기 시장에 진입하려면 자국 내 무인기 운용 환경의 구축이 선행되어야 함.
 - 국토교통부는 민간의 이러한 요청에 선제적으로 대응하기 위한 법제도화를 비롯한 인프라 구축을 통해 무인항공기시스템의 운용체계를 국제적 추세에 맞추어 선제적으로 구축할 의무가 있음.

다. 연구개발 주요내용

무인기의 유무인 항공 공역 통합 운용을 위한 법제도화

- ICAO는 ASBU(Aviation System Block Upgrade)를 발표하고, 이를 통해 원격조종 무인항공기시스템(RPAS)을 유인항공 체계의 비분리 공역에서 안전하게 운용할 수 있도록 권고함
- B1-90(2014~2018)에서 비분리 공역으로 RPAS를 최초 통합

- B2-90(2019~2023)에서 항공 교통으로 RPAS의 통합
- B3-90(2024~2028 이후)에서 RPAS의 완전한 통합 관리를 추구
- 이를 뒷받침하기 위해 2012년 UASSG(Unmanned Aircraft System Study Group)를 조직하고 그 결과로 Cir328(Unmanned Aircraft System)을 발표함
- 또 2014년 UASSG의 후속으로 그 지위를 올린 RPASP을 조직하여 관련 SARP과 PANS를 재구성하고 있음
- 이는 2016년을 목표로 관련 체약국에 회람할 예정이며, 2018년 발효를 예정하고 있음
- 우리나라는 ICAO 체약국으로서 새로이 발효되는 SARP을 이행하여야 할 의무가 있음
- 지금 ICAO의 RPASP에서 RPAS와 관련된 SARP의 제·개정이 이루어지고 있으며 이 패널에 참여하여 SARP의 제·개정에 선제적으로 참여하여야 할 필요가 있음
- RPASP에 선제적으로 참여하기 위하여 우리나라의 법제화와 이를 뒷받침할 시험 및 연구는 필수적인 행위임
- 유무인항공기를 유인항공 체계에 통합 운용을 하기 위해 ‘민간 무인항공기 실용화를 위한 기반 조성’과제에서 수립된 초안을 바탕으로 실용화를 위해 국내 실정에 맞는 기술기준의 제정과 항공법령의 개정이 필요
- 운항 시뮬레이션 및 시험 운항을 수행하여 분석 결과를 이용하여 제정된 규정의 검증

- 무인기 운용 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM에서 운용 연구
 - ICAO는 ASBU의 이행을 각 체약국에 통보
 - 미국과 EU를 위시한 각국은 차세대 CNS/ATM을 위하여 각각 NextGen 및 SESAR 체계를 각각 운용하고 있음
 - 우리나라에서도 나래(NARAE) 계획으로 이행 예정
 - ADS-B 등 협조적 항행 시스템의 도입으로 RPAS의 유인항공 체계로의 효과적이고 유연한 통합이 가능할 것으로 판단함
 - RPAS의 유인 항공 체계로의 통합을 목표로 미국의 FAA 및 EU의 동향을 분석하고 국내 실정에 맞는 예상되는 운용개념의 수립과 RPAS의 차세대 CNS/ATM 내에서의 운용에 관한 준비에 대한 연구

- 항공법 등 관계 법령의 해당 조항 개정 및 입법 지원
 - 항공법 내에서 애매한 무인항공기 관련 조항의 정비 필요

- 무인비행장치의 재정의
 - 무인항공기 관련 조항의 신설
 - 무인항공기 유인 항공 체계 내 운용에 관한 조항 신설
 - 국내외 입법 관련 동향 분석
 - 항공법, 시행령, 시행규칙 내 무인비행장치 및 무인항공기 관련 조항의 정비
 - 항공법령의 개정 및 입법 지원이 목표임
- 무인기 분류 체계 수립
 - 민간 무인기의 분류는 현재 수립되어 있지 않음
 - 유인항공기에서는 무게를 중심으로 분류되어 있고, 우리나라에서는 국제기준 및 항공선진국의 것과 동일하게 분류되어 있음
 - 민간 무인기는 다양한 형상과 운용개념이 있을 것으로 예상되어 에너지와 관련된 좀 더 세분화된 분류가 필요할 것으로 예상됨
 - 국내외 현황을 분석하여 국내 실정 및 국제 기준에 맞는 분류 체계 구축 필요
 - 무인기 기술기준 및 운항기술기준에 적용할 수 있는 분류체계 수립이 목표임
- 무인기 기술기준의 제정 및 고시 지원
 - 국내외에서 실용화가 우선 진행될 것으로 예상되는 Part 23, VLA, VLR, Tilt Rotor 급의 항공기에 대한 기술기준의 제정 필요
 - 무인기 고유의 특성을 반영하기 위하여 인간-시스템인터페이스(HSI)와 원격조종국(RPS)의 표준 수립 연구
 - “민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성” 과제에서 기 구축한 앞서 언급한 4 가지 기술기준에 대해 운항시험을 통해 검증 후 정제 수행
 - 국제기구 및 항공선진국의 동향 분석을 위해 기술기준 수립에 반영 필요
 - 과제 종료 후 4가지 무인기의 기술기준에 대한 표준 형식 증명을 인증할 수준으로 완성
 - 필요 시 4가지 외 기술기준의 연구
 - ICAO의 RPASP 참여를 통한 SARP 제정에 기여
 - 표준 형식 및 감항기술기준의 제정 및 고시 지원이 목표임
- 무인기 운항기술기준의 제정 및 고시 지원
 - 해외 선진국이나 국내의 활발한 무인기 개발 상황을 비취보건데, 무인기 기술기준에 의한 표준형식증명이나 감항증명보다 특별증명에 의한 운용 신청이 먼

저 시도될 것으로 예상

- 본 과제 종료 시에 운항 조건을 충족하는 무인기에 대한 제한적인 유인항공 체계 내의 유무인항공기 통합 운용이 예상됨
- ICAO 등은 무인항공기 통합 운용 시 기존의 유인항공 체계에 부담을 최소화 하는 것을 원칙으로 함
- ICAO 등 국제기구와 해외 선진항공국의 동향 분석을 통해 국내 실정에 맞는 RPAS운항기술기준의 제정 필요
- ICAO의 RPASP 참여를 통한 SARP 제정에 기여
- 운항을 위한 최소장비(MMEL)의 기준 필요
- 표준운항 전에 운용을 위한 위험관리를 위한 위험분석이 필요하며, 이를 근거로 운용 허가 여부를 판할 필요 있음
- 국내 실정에 맞는 운항기술기준의 제정 및 고시 지원이 목표임
- 무인기 항공교통관제 기준 및 절차 개정, 고시 지원
 - 무인기가 유인 항공 체계 내에서 통합 운용을 위해 기존의 관제기준 및 절차에 부담을 주지 않는 것이 원칙이나, C2와 제한적인 상황인식과 같은 무인기는 고유의 특성을 가지고 있어 이를 위해 기존 항공 체계 내의 통합을 위한 관제절차 및 기준의 분석이 필요함
 - 유무인항공기 통합 관제를 위한 기준의 수립
 - 유무인항공기 통합 관제를 위한 절차의 수립
- 기타 과제 수행 중 파생되는 법제도화 수립 관련 연구
 - 필요 시 과제 수행 중 파생되는 제도화 관련 추가 연구

□ 운용기반 구축 및 검증 위한 민간 무인항공기 시험운용 및 통합시범운용 추진

- 민간 무인기의 운항기준 수립을 위한 시험 시나리오 도출 및 수행
 - (1단계:요소기술 위주)
 - 무인기 기본 운항(택싱, 이륙, 상승, 순항, 하강, 착륙, 택싱)
 - 무인기 통제권 이양
 - 무인기 위험 감지 및 회피 (Detect-and-avoid, DAA)
 - 유인기 공역 이용
 - 비상절차 수립 및 수행

(2단계: 시나리오 위주)

- D등급 공역 내 이동 중 광역감시정찰 임무 설정
- 필요 시 A등급 공역 내 고도분리 후 광역감시정찰 임무 설정
- 유/무인기 혼용운용 검증 위한 공항간 편도/왕복 장거리 운항
- 장거리 통신 및 관제상황 설정
- 비행계획, 지상이동, 감시정찰, 공항 간 이동상황 도출
- 임무수행 중 시계비행 항공기에 대한 관제기반 분리비행 상황 삽입
- 센서융합 기반 자동화 충돌회피 기능을 이용한 분리비행 상황 삽입
- 미국 FAA 시나리오 체계를 활용한 임무 시나리오 설정

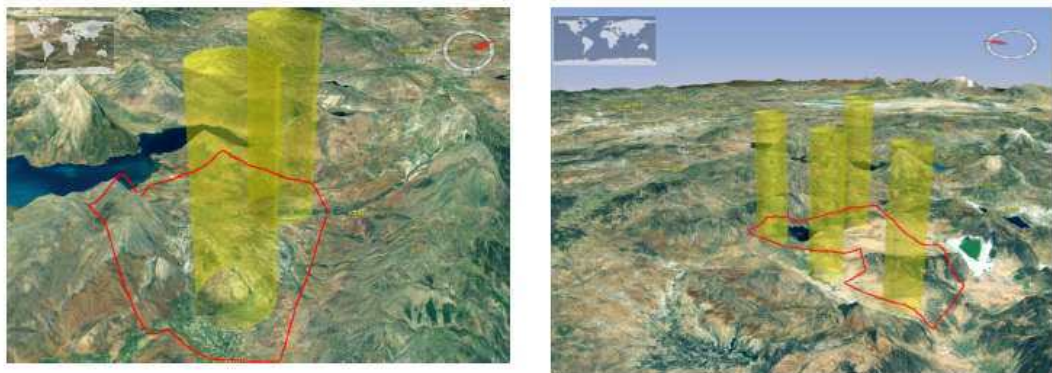
○ 민간 무인기의 단계별 시험운용

- 1단계: 무인항공기 및 관제 시뮬레이터 운영
 - 운항 중 발생할 수 있는 돌발 상황 사전 점검 및 공역 통합 운용에 따른 영향성 분석
 - 국제협력기관과 시뮬레이션과 실 위성을 이용한 장거리 국제 운항 시험
 - 시험 방안 작성
 - 시험 결과 분석
 - 비행계획 수립 및 운항 절차 구축
- 2단계: 대역 항공기(Surrogate Aircraft) 활용
 - 소형 무인기, 유인기 등을 무인항공기의 대역으로 이용하여 시뮬레이션 보다 실제적인 환경에서 안전하게 실험 수행
 - 소형 수직이착륙 무인기, 고정익 비행기 등 활용 (아래 표 참조)
 - 각종 시험 미션 (아래 표 참조)을 적절한 스케일로 줄여서 시험
 - 국가 비행시험장에서 실험 수행
- 3단계: 실제 무인항공기를 활용한 운항 시험 (국가비행시험장 이용)
 - 150kg이상급 무인항공기를 이용하여 실제적인 실험 수행
 - 150kg미만급 무인기를 상대기로 활용
 - 임시 특별감항인증을 통한 무인기 운용자격 확보
 - 이착륙, 자동비행, 충돌회피, 장거리비행 등 핵심 요소기술 및 시나리오 검증
 - 유/무인항공기 혼용운용이 가능한 공역으로 확장하여 현재 보유 및 개발기술을 비행실험을 통해 단계적으로 검증

- 민간 무인기 운용 데이터 획득을 위한 시험운용 시나리오 수행
 - 무인항공기 비행시험 수행을 통한 비행자료 획득 및 분석
 - 무인항공기의 기본 운항절차 요소 기술 수준 평가
 - 무인항공기의 안전한 운용에 필요한 필수 요소 인식, 권장 운항절차 수립 및 검증, 사고율 검증 위한 장기적 데이터 축적
- 국토부 운항정책과가 진행 중인 민간 사업자 주도 무인기 운용 결과를 획득, 분석하여 운용 안전성, 신뢰성 등 비행시험자료 추가 확보
- 무인항공기 운항 자료 공유를 위한 국제협력 추진

구분	목적	사용기체	수행주체
시험운용	각종 운항기준 수립 등에 요구되는 항공기 운항자료 확보를 위한 비행시험	필요 기체 구입	국토부 과제 수행 연구진
통합시험운용	국토부, 미래부, 해수부 등 다부처 사업으로 추진된 결과물들을 합쳐서 종합 운용 수행	국토부, 미래부, 해수부 개발 장비 활용	국토부, 미래부, 해수부 과제 수행중인 연구진
민간 시범사업	민간의 참여로 민간 무인항공기를 활용, 실용성 높은 시나리오 수행, 무인기 효용성 분석	민간 소유 기체 (시범인증 추진)	민간 사업자 (현물/현금 참여 필요)

- 국내환경에서의 무인항공기 교통관리 모델 개발 기술
 - 무인항공기의 항로에 대한 기반조건이 전무한 국내 실정에서 저고도 공역 환경 구성 및 지형적 경계 설정(geo-fencing)을 통한 운항 환경을 설계하고 설계된 공역 내에서의 무인항공기 운용을 위한 모델을 개발함. 또한, 이를 한국실정에 맞게 적용하여 지형·지물을 비롯한 정적 장애물이 존재하는 환경 내에서 최적 경로를 탐색하는 시뮬레이션을 수행하여 개발 모델에 대한 검증을 실시함.



<그림 3-6> World Wind 프로그램 기반 무인기 최적 경로 예시

- 무인기용 초정밀 위성항법 기술 적용, 성능 평가
 - 고가의 지상장비(예: 계기 착륙 시스템, GBAS 등)를 이용하지 않는 고정밀 고신뢰성 항법을 이용한 자동 이착륙 기술 성능 평가하여 공항 내 및 근접지역에서 무인기에 탑재된 항법장치 이외에 KASS 위치 정보를 통합했을 때 가능한 항법해 정확도 향상과 운용 효율성 증대를 분석
 - SBAS에서 제공하는 무결성 정보를 이용하여 높은 확률로(10^{-7}) 실제 항공기가 존재할 수 있는 경계선을 산출할 수 있음. 따라서 KASS의 무결성 정보를 활용한 유/무인기 보호영역 및 유/무인항공기간 분리거리 도출기법을 개발하고, 이를 통해 공역효율화를 위한 효과적 대안을 제시
 - ADS-B를 통해 KASS기반 위치정보가 제공될 경우, 두 기체의 실제 위치가 존재할 수 있는 경계선을 산출할 수 있고 이를 통해 침입기가 진입해서는 안 될 보호 구역을 결정할 수 있음. 또한 이러한 보호 구역 정보를 geo-fencing 구축에 활용하여 성능 평가
- 본 사업의 모체인 다부처 사업 하 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 통합시범운용 수행
 - 미래부의 주도로 개발 중인 무인기용 통신장치, 보안/협응 기술을 시험운용을 위한 무인기에 적용, 비행실험을 통하여 검증
 - 민간 무인기의 장거리 비행 시나리오 수행 (광역 감시, 물류 배송 등 실용적 임무 수행)
 - 해수부와의 협력하여 무인기와 무인선을 협응하여 운용하는 시나리오 수행: 무인기를 활용한 광역 감시(적조 검출, 실종자 수색), 소형 무인기의 함상 이착륙을 통한 무인선 운용성 확장
 - 민간 주도 시범 사업은 현단계에서 운용기반이나 인증기반의 부재로 시행이 불가능하여 2020년 이후 사업에서 수행가능할 것으로 기대됨

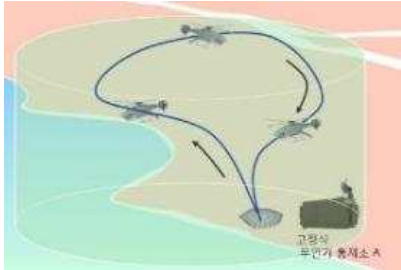
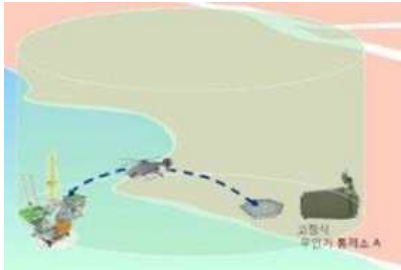
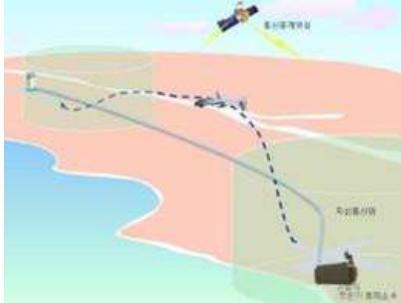

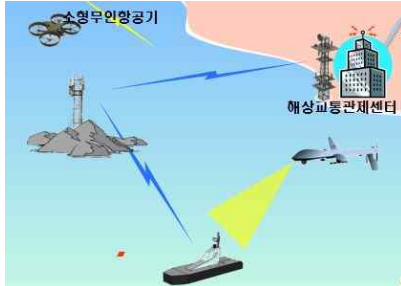


<그림 3-7> 실제 무인기를 이용한 시연 시나리오 (국토부-미래부-해수부 통합)



<그림 3-9> 국토부-해수부 통합시연 시나리오 (해상재난 대응 및 조난자 수색/구조)

< 표 3-3 > 무인 항공기 운용 개념 및 시험운용 시나리오

수행 시나리오	활용 기체	검증 내용
 <p>가시권 내(VLOS) 운용 (왕복)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 소형/중형/대형 • 고정익/회전익 무인기 대상 <p>(VTOL-S, ATOL-S, ATOL-ER, VTOL-M, CTOL-L)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 가시권 내 기본 운용 기념 • 안전한 이착륙(자동이착륙) • 경로점 비행 • Contingency planning
<p>전파가시권 내(RLOS) 운용 (oneway)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 소형/중형/대형 • 고정익/회전익 무인기 대상 <p>(VTOL-S, ATOL-S, ATOL-ER, VTOL-M, CTOL-L)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 조종권 이양 기법
<p>가시권 외 (BVLOS) 운용</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 중형/대형 • 고정익/회전익 무인기 대상 <p>(ATOL-S, ATOL-ER, VTOL-M, CTOL-L)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 통신 hand-off 기법 • 조종권 이양 기법 • 장거리 상 contingency planning • 미래부 개발 통신 모뎀 검증
<p>충돌회피 시나리오</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 중형/대형무인기 vs 다른 무인기 <p>(ATOL-ER, VTOL-M, CTOL-L 기반, 다른 소형 항공기를 상대기로 이용)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ADS-B기반/영상기반 • 정면,측면,후면 방향 접근 • 고도차 존재시 • 근접비행시 상호간섭 측정 (wake turbulence) • 충돌회피중 통신두절발생 시나리오 (contingency plan)
<p>무인기-무인선 통합운용</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 장거리 비행 무인기(고정익) • 무인선과의 협응 <p>(VTOL-S, ATOL-ER, CTOL-L활용)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 무인기/무인선 협응 미션 • 무인기/무인선 통신, 임무 할당

<표 3-4> 시험운용후보 무인 항공기의 종류와 수행 가능한 임무 시나리오

후보항공기	제원	수행 시나리오	비고
소형 쿼드로터 (VTOL-S) 	중량: < 10kg 항속거리: <10 km 최고속도: < 10m/s 고도: <500 ft 운용방식: VLOS(외부조종사), FPV-based LOS(내부조종사)	단일지점 기반운용 편도 비행 저고도 운용 경찰, 공중감시운송	동급기종 국내외 제작사 다수 구입가격 5백만원/ 대
소형 고정익 무인기 (ATOL-S) (단거리) 	중량: < 20kg 항속거리: < 30 km 최고속도: <40m/s 고도: <1000 ft 운용방식: VLOS, FPV-based LOS, BVLOS/ RLOS	단일지점 기반운용 (발사장치 이용, 배면 착륙) 편도비행 저고도, 중고도비행 경찰, 공중감시	유콘 Aeroviron ment등 구입가격 2억원/식
소형 고정익 무인기 (ATOL-ER) (중거리) 	중량: < 20kg 항속거리: < 2400 km 최고속도: <40m/s 고도: <19,500 ft (class A) 운용방식: BVLOS/RLOS, BRLOS	단일지점 기반운용 (발사장치 이용) 편도 장거리 비행 중고도/고고도 비행 경찰, 공중감시, 해상운용가능 (해수부과제)	보잉 스캔이글 구입가격 40억원/식
헬리콥터 무인기(VTOL-M) 	중량: < 100kg 항속거리: < 10 km 최고속도: < 30 m/s 고도: <5,000 ft 운용방식: VLOS, FPV-based LOS, BVLOS/ RLOS 가격: 대당 <2억원	단일지점 기반운용 편도비행 저고도, 중고도비행 경찰, 공중감시, 항공방제, 운송	성우/유콘 구입가격 1억원/대
유무인기 겸용 고정익 항공기 (CTOL-L) 	중량: > 150kg 항속거리: < 0 km 최고속도: < 70 m/s 고도: <15,000 ft 운용방식: VLOS, FPV-based LOS, BVLOS/ RLOS	단일지점 기반운용 편도 장거리 비행 (multi-hop) 저고도, 중고도비행 경찰, 공중감시,운송 *미래부개발 모뎀 탑재 가능	Flight Design사 CTLS기반 OPV 구입가격 12억원/식

□ 민간 무인항공기 시험 운용을 위한 통신, 항행, 감시 인프라 시설 구축

○ 민간 무인기 시범운용 위한 공항내 운용지원 시설 구축

- 시험장으로 국가비행시험장 활용: 국토부, 산업부가 수행예정인 비행종합시험장 과제와의 연계

- 기존 유인기용 시설공유 방안 도출

기존 유인기 운용을 위한 공항시설을 토대로 무인기 운용시설 도출
 임무상황별 필요시설 도출, 유인기 운용시설 공유가능여부 판단
 민간무인기 운용공항 확장을 위한 시설구축 총괄계획 수립절차 작성
 150kg급 이상의 민간무인기 운용 시 민간무인기 통신/통제소, 정비/유지보수, 계류장 운영/관리, 각종 환경유지, 비상발전, 임무장비 보관을 한 번에 해결할 수 있는 다목적 격납고를 기준으로 공간이 필요함



<그림 3-10 > 국가비행시험장 구축방안

○ 무인기 항행보조 및 감시시설 구축

- 민간무인기 감시를 위한 ADS-B 시설 구축

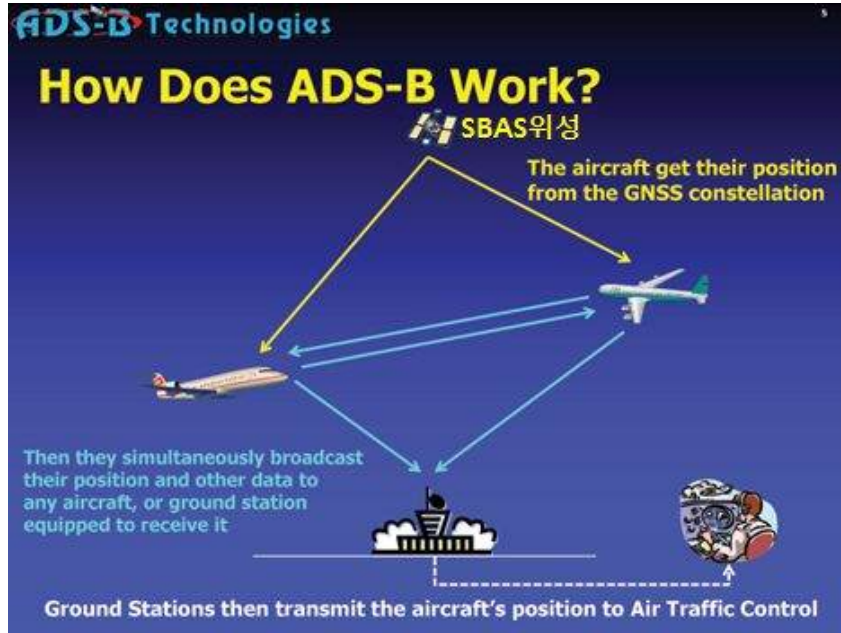
- 민간무인기를 위한 유도/항행시설 중 지상보강항법(Ground-based Augmentation System, GBAS) 시설 구축 방안 연구

○ 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 중계 시설 구축 (가시권 밖 포함)

- 민간 무인항공기의 기본적인 운용에는 CNPC 통신망의 구축이 필수적인데, 본 과제의 초기에는 활용될 무인기의 기본 통신장치를 활용

- 과제 후반부에서 미래부 지원으로 통신장치가 개발될 때에는 자체개발한 통신 장치의 성능 검증

- 본 과제에서는 BRLOS의 경우 통신장치의 성능 검증이 요구되므로 미래부 과제의 공조로 적절한 통신 중계장치의 개발이 요구됨



● ADS-B 1090 구성도

- ADS-B 1090ES 지상국 수신기(AP-GSR-2100)
- ADS-B 서버(AP-SVR-2100)
- ADS-B 모니터링 시스템(AP-MOS-2100)



● ADS-B UAT 구성도

- UAT 지상국(AP-GBT-2300)
- UAT 탑재장비(AP-UDL-978)
- ADS-B/TIS-B/FIS-B 서버(AP-SVR/TSV/FSV-2100)
- ADS-B 모니터링 시스템(AP-MOS-2100)



<그림 3-13> ADS-B 작동원리 및 구성도

CNPC용 통신중계장치의 대안으로 상용 저고도 위성 기반 통신망 및 정지궤도 위성 활용 방안 추진

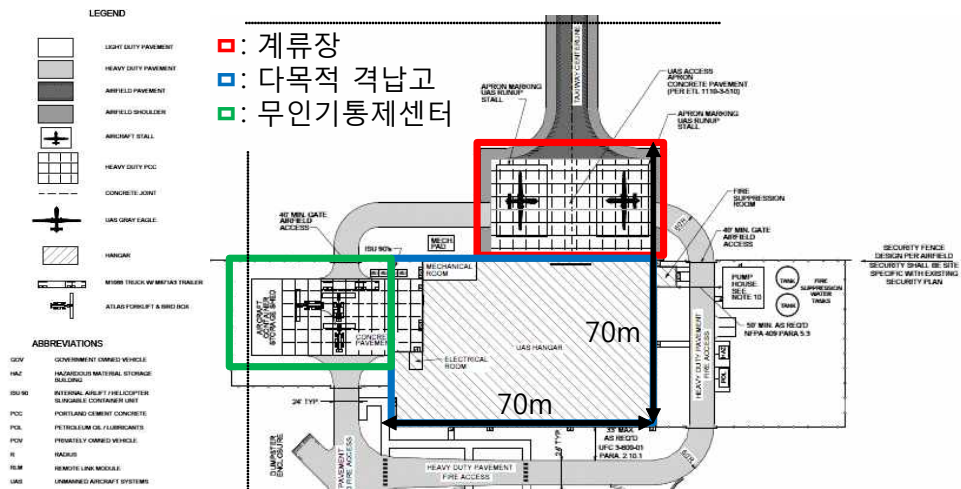
- 민간공역에서의 관제를 위한 VHF 기반 통신 기반 구축
- 시뮬레이션을 통한 민간무인기 시범운용 시설구축 적절성 연구
 - 가상 공간상에 시설물 배치하여 실제 무인기 지상/공항관제 적절성 판단
- 확보된 시설을 이용하여 민간무인기의 시험비행은 공항주변 공역 내 경로점 운용, 공항 간 이동, 계기비행시설 간 이동, 공역 내 시계비행 운용, 자동이착륙, 유/무인기 혼용운용 등 다양한 임무 시나리오를 적용하여 수행되며 이를 통해 각종 비행상태변수와 시나리오 수행에 맞는 임무상태변수를 획득하여 해당 임무수행에 대한 분석 수행
- 해당 분석결과를 통해 추가 혹은 기존시설과 공유할 수 있는 시설에 대해 재정의를 수행하고 추후 시설 및 장비도입 시 그 결과를 활용

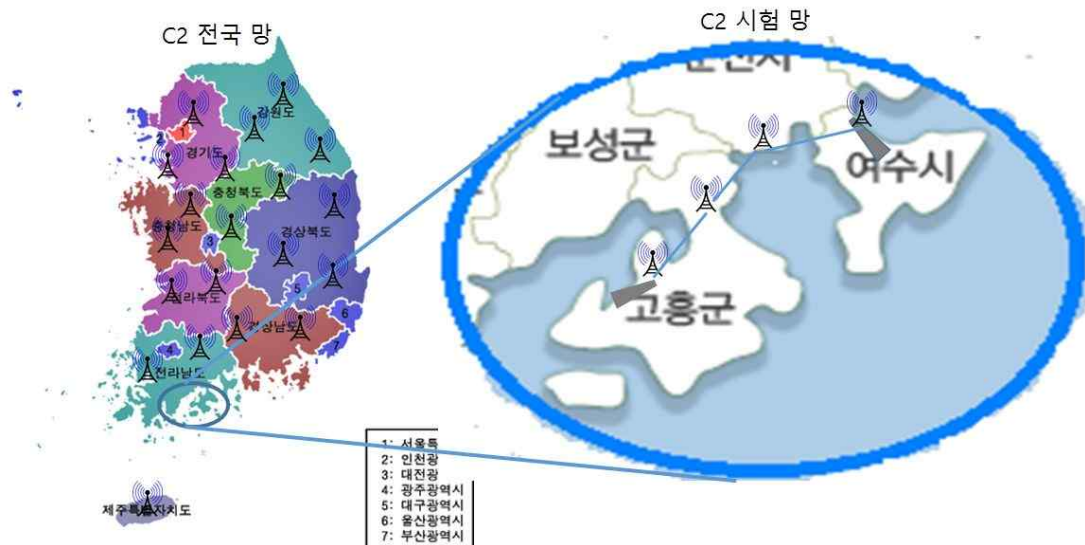
표 5 <표 2-5> 특허기반 무인항공기 기술경쟁력 분석(2012)

구축 장비	용도	사양
Q2 통신 안테나	Q2	L밴드, C밴드 등
네트워크 제어기	Q2	유선 통신
저궤도 통신위성 안테나	Q2	이리돔 모뎀 용
정지궤도 위성 안테나	Q2	무궁화 위성용
ADS-B 지상국	감시	ADS-B 1090, ADS-B UAT
무인기 계류소	무인기 정비/보관	
감시 레이더	식별, 감시, DAA	L밴드 저가 레이더 활용
무인기 정비시설	무인기 정비/유지	
통신 중계시설	Q2	장거리 통신



<그림 3-15 > CNPC 통신망 구축 방안





<그림 3-17 > 전국 규모 C2 망 설치 방안

라. 최종성과물 및 성과지표

□ 전 세계적으로 활발히 실용화가 진행 중인 무인기의 운항기준 수립, 시험 운용기반 구축과 다부처사업 성과물과의 통합시범운용

- 민간 무인항공기 운항기준 수립 및 인증방안 연구
 - 무인기 운항 기준 수립
- 무인항공기 운용 인프라 구축 방안 연구 및 시범 구축
 - 무인 항공기의 이착륙, 이동, 유지 보수 등 운용 인프라 구축
 - 무인 항공기 통제/감시 체계 구축
 - 전 국토 대상 무인이동체 통신 네트워크 구축 방안 및 기술 연구
 - 무인이동체 지상제어국 구축 기술 연구
 - 무인기 비행 핵심 기술 검증
 - 정밀 이착륙 및 항로 추종 기술 (고장진단, 다중화, 충돌회피, 복합항법 등)
- 통합 운용을 위한 테스트베드 구축 및 실용화 기술 개발 및 검증
 - 다양한 운용조건 하에서 민간 무인항공기 시험운용 자료 축적
 - 민간 무인기 운용기술기준 수립을 위한 핵심 기술 검증 요소 식별 및 검증 시나리오 개발
 - 민간 무인항공기 지상통제소, 이착륙장, 정비시설 구축
 - 시험용 무인항공기, 무인선박 등 다개체 무인이동체를 활용한 기술 실증 및 시연을 위한 통합 테스트 수행
 - 민간공역에서의 운용기술기준 개발 및 검증 (시뮬레이터/모의비행실험/실제 비

행시험)

- 국토-해양 감시, 교통/물류 등 응용 임무에서의 통합운용기술 시범 수행 (미래부, 해수부와 협력)
- 근접 감시, 물류이송, 대국민 서비스 등의 사용자 편의성을 고려 한 응용 개념 연구 (killer-app 발굴)

□ 최종 산출물

- 중간보고서 : 협약일로부터 매년 중간보고서 제출
- 최종보고서 : 협약 종료 후 45일 이내
- 무인기운항기술기준 및 보고서
- 무인기기술기준 및 보고서
- 운용인프라 구축 방안 보고서
- 민간무인기 운용시험 결과 보고서
- 민간무인비행장치 시범사업 분석보고서
- 책임보험 제도 보고서
- 운용 위험 관리 보고서

2. 추진전략

가. 기존 연구와의 중복성 배제 및 연계방안 제시

□ 국내 민간무인항공기 개발 및 관련 규정의 필요성에 대한 인식이 확대됨에 따라 이를 위한 연구가 다수 수행된 바 있으며, 최근까지 국내에서 수행된 유사 연구 현황은 다음과 같음.

- “무인항공기 안전관리제도 구축 연구”, 교통안전공단(2009.07)
 - 연구개요 : “무인항공기 안전관리제도 구축”연구는 2009년 7월부터 12월까지 교통안전공단에서 수행하였으며, 무인항공기 안전관리제도에 관한 국내외 현황 조사 및 분석을 주 내용으로 하고 있음.
 - 연구기간 : 2009.07.08. ~ 2009.12.15.
 - 연구목적 : 무인항공기 안전관리제도에 관한 국내외 현황 조사 및 분석을 통하여, 무인항공기 운용 및 설계·제작에 필요한 안전기준을 제시함으로써 무인항공기 사고예방과 공역의 안전을 확보
 - 검토결과 : “무인항공기 안전관리제도 구축 연구”는 무인경량항공기 기술기준과 무인항공기 운영기준에 대한 연구로 무인경량항공기의 기술기준(안)과 운항기술기준(안)을 작성하였으나, 기술안정성 및 공역안정성 평가가 없었으며, 최근 유럽과 미국의 유인항공기와 무인항공기의 혼합운용 로드맵을 반영하지 못하여 공역혼용의 시뮬레이션에 따른 운항기준설정에 대한 연구가 추가적으로 필요함
- “스마트무인항공기기술개발사업”, 한국항공우주연구원(2002.06)
 - 연구개요 : “스마트무인항공기기술개발사업” 연구는 ‘2002년 6월부터 2012년 3월까지 한국항공우주연구원에서 수행하였으며, 수직이착륙과 고속비행 및 장시간 비행이 가능한 스마트무인항공기 시스템 개발을 위한 기술개발사업임. 연구목적은 비롯한 연구 개요는 다음과 같음.
 - 연구기간 : 2002.06. ~ 2012.03
 - 연구목적 : 주.야간 원거리 영상정보의 실시간 획득을 위하여 자율비행, 충돌감지 및 회피 등 핵심 스마트 기능을 포함하고, 수직이착륙 및 고속 수평비행이 가능한 틸트로터형 무인항공기, 통신장비, 지상관제시스템, 지원장비 등 지능형 무인항공기시스템을 개발하고, 이를 통하여 국가적인 무인항공 시스템 기술 자립화 기반을 확보
 - 검토결과 : 지식경제부의 지식경제프론티어기술개발 사업으로 2002~2012년 수행된 스마트무인항공기 기술개발사업을 통해 무인항공기 관련 법규가 정비되지 않은 시점에서 틸트로터 비행체 기술개발을 포함하여 충돌회피 기술 등 무

인항공기의 자율비행을 구현을 위한 기초연구가 수행되었음. 공역진입 제도 구축이 준비되고 있는 시점에서 이를 반영하여 민간무인항공기 운용에 필요한 전반적인 핵심기술들을 도출하는 과제 수행이 필요함

- “상업용 민간무인항공기 보급기반 구축 기획”, 한국과학기술원(2011.12)
 - 연구개요 : “상업용 민간무인항공기 보급기반 구축 기획”연구는 국토부의 지원으로 2011년 12월부터 2012년 8월까지 한국과학기술원에서 수행하였는데, 우리나라에서 민간용 무인항공기 운용기반을 구축하는 방안을 구체적으로 강구한 첫 번째 연구이며, 이 과제를 통해 “민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구” 선행과제가 도출되었음. 이 과제는 미국이 2012년 FAA Revitalization Act를 추진하기 전에 시작되었는데 이같은 세계적 추세에 힘입어 본 과제의 결과물을 기반으로 2,000~3,000억원 규모로 전국적인 민간 무인항공기 운용기반 구축 및 인증기 시범제작 사업을 추진, 예비타당성 조사에 3차례 신청하였으나 다른 항공우주 대형과제에 비해 우선순위가 밀린다는 이유 등으로 선정되지 못한 전례가 있음
 - 연구기간 : 2011.12.13. ~ 2012.08.12.
 - 연구목적 : 우리나라 현실에 적합한 시범 인증용 무인항공기 개발 방안 및 민간무인항공기의 인증체계 개발, 운용체계 구축 방안을 마련
 - 검토결과 : 국토교통부에서는 항공선진화사업의 일환으로 상업용 민간무인항공기 보급 기반 구축에 대한 기획 연구(2011.12.13~2012.08.12)를 수행하였음. 상기의 민간무인항공기 보급기반 구축을 위한 기획연구를 통해 국내 인프라 구축의 필요성이 강조되었으며, 본 과제를 통해 국토부가 수행한 선행과제 및 다부처 사업의 수행근거가 마련되었음.
- “민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구”, 항공안전기술연구원(2013.12)
 - 연구개요 : 동 과제는 ‘2013년 12월부터 2014년 6월까지 항공안전기술연구원의 주관으로 진행되었는데, 앞서 언급한 “상업용 민간무인항공기 보급기반 구축 기획”에서 도출되어 2년간 선행연구를 수행하고 향후 6년간 약 2,000억 원 규모의 예산으로 시범인증기를 제작하고 전국적인 민간 무인항공기 운용기반을 구축하는 연구를 도출하려 하였으나 항공우주연구원에서 산업부 주관으로 “고속수직이착륙 무인기”를 독자적으로 예타 사업으로 추진하면서 인증기 제작과제가 중복성 시비로 지원되지 않을 것으로 판단하고 본 기획과제의 모체인 다부처 사업을 통해 예비타당성 조사를 요구하지 않는 규모의 후속과제를 추진하는 방향으로 진행되었음. 본 과제는 인증체계, 운용기술기준, 운용인프라 구축 등의 선행 연구를 항공우주연구원, 카이스트와 다수의 위탁연구기관의 공동연구로 법제화, 인증기준연구, 운용 인프라 구축, 유/무인기 동시운용 시나리오 개발 등 다양한 연구 결과가 도출되었음
 - 연구기간 : 2013.12.26. ~ 2015.6.25.

- 연구목적 : 무인항공기의 민간공역 운용을 위한 각종 제도 및 유형의 인프라 구축 방안 도출
- 검토결과 : 본 과제는 향후 본격적인 민간 무인항공기 운용기반 구축 본 사업의 기초가 되는 선행연구로서 큰 의의가 있는데, 과제 기획 당시의 계획과는 달리 대규모 후속과제 도출이 좌절되고 연구기간이 6개월 단축되었으며 세계적으로 ICAO등을 중심으로 본격적인 민간 무인기 운용기준 연구가 진행되면서 과제 수행 중 많은 변화를 겪게 되었음. 민간 무인항공기의 태동기에서 우리나라 무인기 연구를 세계적 발전 속도에 맞추고 동 분야의 후속 연구를 수행하는데 필요한 기본적 결과를 도출하는데 핵심적인 역할을 수행하였음



<그림 3-18> 민간 무인항공기 실용화 과제 추진 단계

- 본 사업에서는 위와 같이 기 수행된 유사 연구에 대한 검토 및 분석을 통해 본 과제를 위한 활용방안을 모색하는 한편 본 과제와의 차이점을 식별하여 ‘민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구’의 성공적인 성과 도출 위한 사업추진방안 제시에 활용하고자 함.
- 성공적인 연구과제 목표 달성을 위해 다음과 같은 연구방안을 적용함.
 - 선행사업의 기술적 성과 적극 활용
 - 선행 민/군 무인항공기 기술개발사업 성과, 참여인력 및 시설 활용
 - 항공안전기술개발사업의 성과, 참여인력 및 인증인프라 활용
 - 국내외 산학연을 연계한 협력구도 강화
 - 국내 산학연의 독자 기술력 활용 우선
 - 항공선진국/기관과의 협력체제 구축을 통하여 국제적인 연구 교류 활성화 추진
 - 개발비용/리스크 최소화 및 시범사업에 적용 가능한 인증방안 구축
 - 신 기종 개발 시의 기술적인 부담, 비용, 개발기간 및 사업리스크 증가를 고려하여 가급적 국내외 기 개발 무인항공기를 시험운용 기종으로 활용

- 국내 민간무인항공기 운용환경에 적합한 기종으로서 국내법상 150kg이상인 기체를 시범인증 기종으로 선정

□ 본 연구과제는 기존 유인항공기 개발 및 인증과제와 달리 무인항공기 인증기준 개발뿐만 아니라 기존에는 존재하지 않은 법령, 체계 등의 수립 및 운용 인프라의 구축이 병행되어야 하는 과제임.

□ 이로 인해, 기술 분야뿐만 아니라 법령체계연구, 시설구축, 인력 양성 등 다양한 분야의 통합적 연구가 요구됨에 따라 학교/연구소 주도의 컨소시엄으로 연구기관 및 연구진을 구성함

□ 연구개발의 차별화 방안

- 국내에서 진행된 무인항공기 관련 연구개발과제는 기초기술 연구 또는 군용 무인항공기 관련 연구로서, 우리나라 항공당국인 국토교통부 주도로 추진되는 본 과제의 연구개발범위와 민간무인항공기의 공역진입을 위한 새로운 제도, 절차, 규정 및 기준 등 기존 연구 성과와 차별화된 결과물 필요

- 본 과제는 민간 무인항공기 운용에 요구되는 핵심 운용기준을 도출하는 것이 주목적으로서 예컨대 충돌회피 기술을 직접 개발하는 것이 아니라 채택/활용될 기술이 만족시켜야 하는 최소 요건을 제시하는 방식으로 진행됨.

- 실제 활용될 기술 개발은 산업부 등의 기술개발과제 형태로 진행될 것이며, 공중 충돌회피 기술의 경우 산업부 과제로 '16년부터 추진될 예정임.

- 국내 민간무인항공기의 보급과 운항안전을 위하여 운항기술기준 및 인증기준을 수립하고, 충돌회피 등의 핵심기술을 민간 무인기의 시험운용을 통해 검증하고 향후 개발 방향을 제시하는 방식에 있어 기 수행된 과제 등과 차별화

- 현재까지는 무인항공기 안전과 사고에 관해 관련 법규와 제도의 보완 및 확립을 통한 기준을 마련하고자 하였으나 보다 근본적으로 각 사고 발생 요인 분석과 공학적 접근을 통해 각 요인별 예방방안을 수립하고자 함.

- 무인항공기는 유인 항공기(고정익, 회전익)에 비해 약 10배 ~ 100배 까지 사고율이 높게 나타나고 있음. 따라서 무인항공기 관련 법규 및 제도 확립뿐 아니라 좀 더 무인항공기 자체 성능의 면밀한 분석이 필요함에 따라 본 과제는 전반적인 무인 항공기 기반 조성에 관한 것이므로 기본적인 고정익 무인항공기와 틸트 로터 형식의 무인항공기 또한 정확한 성능 분석과 안정성 평가가 요구됨.

- 국가 공역에서 유무인항공기 통합 운영의 법적인 근거를 마련하기 위하여, 무인항공기 기체, 지상 통제 시스템, 통신 시스템, 안전거리유지 시스템, 그리고 (차세대) 교통관제시스템을 아우르는 모든 요소에 대한 조사와 연구가 이루어질 계획임.

□ 기존 연구개발 성과 활용 시 무인항공기의 민수화를 위해 발생될 것으로

예상되는 예산 및 개발 기간을 단축시킬 수 있음. 예를 들어, 유. 무인항공기 혼합운용 시뮬레이션 시스템을 이용하여 시각적으로 시뮬레이션 한다면, 어떠한 안전문제가 혼합운용 운항에 잠재되어 있는지를 항공운항 비전문가들도 쉽게 이해하게 될 것임

- 기존 연구개발에서 개발된 유. 무인항공기 혼합운용 시뮬레이션 시스템의 경우, 고흥, 여수 비행장 등 무인항공기 운용 및 시범비행이 가능한 공항에 대한 제한적 맵 데이터가 개발된 바, 향후 도심 내 항공 운항안전문제 등에 대한 심도 있는 시뮬레이션을 위해서는 도심 지형지물 등을 포함한 환경 요건 등의 추가적으로 연구 개발이 필요함.

나. 주요추진전략

□ 본 사업에서는 무인기 제작은 고려하고 있지 않음.

- 2013년 현재 전 세계적으로 57개국, 270개의 회사가 960종의 무인항공기가 생산 중인 것으로 알려져 있으며, 국내에서도 군용 및 민수용 무인기가 다수 개발되고 있음.

⇒ 이와 같은 현실에서 별도의 무인기를 추가로 제작하는 것은 투자의 중복이 될 가능성이 있음

- 본 사업의 결과물로서 기존에 개발된 국내외 각종 무인기를 기종 및 인증절차 준비 여부에 따라 적절한 비행허가(특별감항인증, 형식인증, 제작인증 등)를 부여하여 본 사업에서 활용 가능
- 특히, 산업자원부는 현재 “메가프로젝트”의 일환으로 고속수직이착륙무인기 사업을 계획 중인데, 이 과제가 추진될 경우 그 결과물로 개발될 무인항공기도 본 다부처 과제에서 추진 중인 인증체계 및 운용체계에 적용 가능.

□ 본 사업은 원천기술 개발부터 시스템의 구축·검증·활용까지 고려하는 사업으로서 부처 간 협력을 통한 다부처 추진이 필수

- ICT/보안기술 개발(미래부)을 기반으로 한 무인시스템 구축·활용·감시 연구(국토부·해수부)가 수행되어야 하므로 단일부처 추진은 불가능

- 사업 목적 달성을 위해서는 초기 단계부터 활용 부처들의 요구 사항을 반영하고 기존 운용체계와의 관계를 고려한 통합계획 수립·실행이 필요

- 과제 초기부터 기술 개발 부처와 기술 활용부처의 긴밀한 공조를 통해 사업 진행 시, 기술의 파급력 및 시장성 극대화 가능

※ 원천기술 개발과 활용부처 간 상세한 업무 협력체계가 사전에 구축되지 않을 경우 연구 결과가 사장되거나 중복 개발되는 선례 존재

- 본 과제는 다수의 무인시스템과 운용인프라, 이용자들을 유기적으로 결합하는데

목적이 있으며, 이로 인해 발생할 수 있는 다양한 문제에 대한 통합적 고려 필요

- 무인시스템의 일상생활 적용을 위해서는 기술의 적합성, 사회적 합의 도출, 관련 법령 및 규제 정비 등이 동반되어야하므로 관련 부처의 참여 필수

3. 성과활용방안

가. 성과물 검증방안

- 본 사업에 대한 성과로서 정책, 법안, 인증 체계, 기술 보고서, 시뮬레이션 결과 등 다양한 자료가 제시 될 수 있음
- 사업 수행에 따른 법규/절차 정책제안 및 기술 기준안, 시범인증방안에 대해서는 기술기준 검토위원을 자체적으로 구성하여 이에 대한 검토 의견을 통해 성과물을 검증할 예정
- 다양한 정책안과 기술기준안에 대해 국토부 항공기술과, 운항정책과, 항공산업과에 정책 제안 후 접수/확인 하고자 함
- 무인항공기 운영자 승인 제도(안)에 대해서는 기술기준 검토위원을 통한 검토 뿐 아니라 국내의 민간 항공사(대한항공/아시아나)의 전문가(운항담당자)와의 협의를 통해 그 결과물을 평가 검증하고자 함
- 무인항공기의 국내법 법제화에 대한 법제화 제안 사항에 대해 연구수행진 내/외의 전문가들로 구성된 평가단과 함께 공청회를 실시하여 객관적이고 실질적인 제안 법제화에 대한 평가를 받고 이에 대한 검증 수행

나. 기술수요처 및 실용화 방안

□ 민간무인기 활용 분야

- 무인항공기의 사용은 크게 공공부문과 일반 민간부문으로 나뉨
- 공공부문 : 중앙정부 각 부처와 그 산하 기관, 지방정부와 예하 조직기관들이 무인기의 잠재사용자로서 원격탐사, 강·하천의 공해물질 폐기 감시 및 해안 적조 감시 등 환경감시, 우편배달, 각종 구조활동, 산림감시·진화통제, 태풍·기상관측, 핵 발전시설 모니터링, 국경·해안 감시, 범죄 용의자 추적·수색, 폭동 진압, 교통상황 조사 및 통제, 전력선 점검, 지도제작 등에 이용이 가능
- 일반 민간부문에서는 저공위성과 같은 기능의 통신중계, 뉴스취재, 농업관리 지원, 항공방제, 사진촬영, 토지개발·건축, 해양·오일 및 광산업 등의 다양한 분야에서 매우 유용하게 이용될 수 있을 것임

- 민수용 사용은 무인기가 가지는 시스템적 특성과 제한사항으로 인하여, 국내 공공기관 중 활용이 가능할 것으로 판단되는 기관 또는 부서를 우선 조사
- 국가 공공기관의 활용 가능분야는 일반적으로 알려져 있는 수요처 및 활용분야를 포함해서 업무 연관성이 높거나 접촉조사가 가능한 기관 및 부서들을 대상
- 조사방법 : 잠재수요 공공기관들의 기능을 확인하고, 유관 업무에 대한 인터넷 탐색을 통해 확인.

다. 기술수요조사서

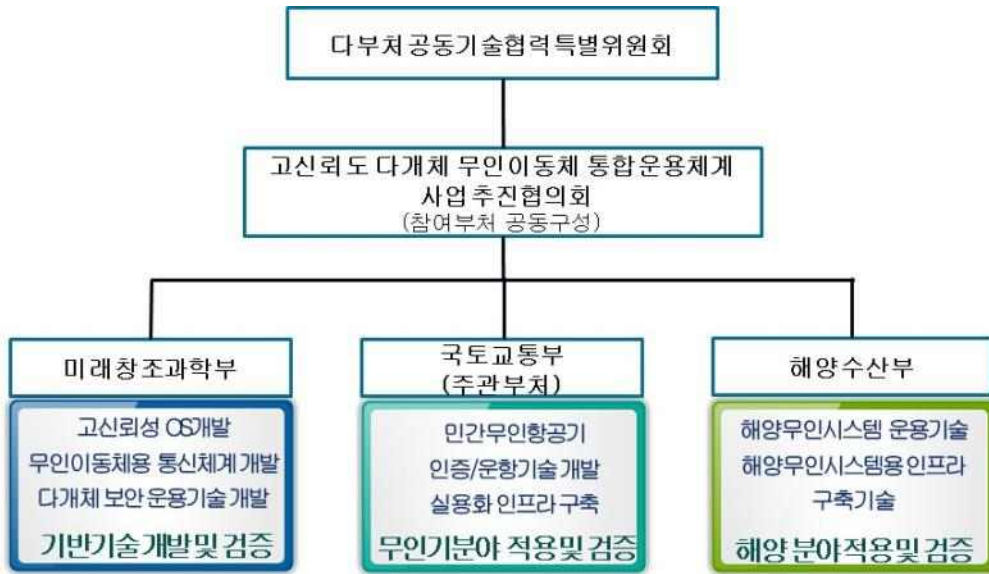
- 민수용 무인기의 가용임무는 대상기관 중에서 현재 항공기를 운용하여 임무를 수행 중이며, 향후 활용 우선순위가 높다고 판단한 제1순위 수요처인 해양경찰청, 산림청, 소방방재청 등 3개 기관을 주 대상으로 기술
 - 해양경찰청
 - 무인항공기 가용임무
 - 해역경비 활동, 불법조업 외국어선 단속, 해양테러 대응체제구축
 - 불법 소형 저인망어선 단속, 해상밀입국 단속
 - 중국어선 불법조업 감시, 독도·이어도 수역경계 등
 - 산림청
 - 무인항공기 가용임무
 - 해외산림자원 개발 확대 및 북한 황폐산림복구
 - 대형 산불 감시·예방 및 진화 통제 지원
 - 소나무 제선충 등 산림병해충 감시, 확산 저지
 - 소방방재청
 - 무인항공기 가용임무
 - 실시간 신속·정확한 재난 현장 파악으로 상황대응체계 확보
 - 지진/화산활동, 태풍/해일/호우/황사, 대형산불, 해상사고 등 재난현장 실시간 정보 공유
 - 현장상황 파악, 체계적인 피해 집계 및 복구활동 계획수립, 현장 실시간 모니터링으로 의사결정 및 신속한 복구 지원 등

- 비행속도 및 비행고도는 앞의 성능과 비교할 때에 성능이 낮아 기관별 임무수행 내용을 고려한 추가 분석 및 판단 필요
- 민수용 무인항공기 수요처 요구성능 종합판단

5절. 연구수행체계 제안

- 본 다부처 과제는 국토부의 주관 하에 미래부, 해수부의 참여로 진행.
 - 무인이동체계 실용화 주체로서 실용화에 가장 근접해 있으며 기술/시장 파급 효과가 큰 무인항공기의 각종 기술기준 및 운용인프라 구축 및 실제 운용을 직접 관장할 국토교통부가 주관부처로서 타당
 - 미래창조과학부는 다수의 이동체계의 자율화 및 협응 기술, 고속/고신뢰성 통신 기술, 무인시스템의 보안기술 등의 핵심원천기술 연구 담당.
 - 미래부 주관으로 개발하는 핵심 원천 기술들은 무인항공기(국토부), 무인수상선(해수부)에 공히 적용 가능하며, 추후 실용화될 다양한 무인이동체(무인차량 등) 뿐만 아니라 군용 무인시스템등에도 활용 가능 (민군협력)
 - 해양수산부는 무인자율선박의 응용 등 공공부문 활용 소요와 기술을 식별하고 및 관련 규제, 법령 등 기술 외적인 장애 요소를 파악 해결하기 위한 시범사업 수행
 - 기술의 성숙화 속도를 높이고 국민생활에의 빠른 접목을 위하여, 운용 및 임무 개념에 대해 소요부처가 주도적으로 활용 개념에 관한 연구를 주도하고, 이에 맞추어 원천기술의 검증이 이루어질 수 있도록 미래창조과학부에서 통신, 보안 등 담당 핵심 기술 개발추진
 - 이 과정에서 미래창조과학부는 다양한 응용/임무 상황에서의 다개체 운용에 공통적으로 활용될 수 있는 통합 운용 체계 및 인터페이스 모델을 제시하여 개발된 기술의 유연성 확보
 - 궁극적으로 무인이동체계가 기술적/사회적 장애 요소 없이 실용화 가능하도록 국토부와 해수부에서 실제적인 검증을 수행
 - 개발된 기술이 사장되지 않도록 적절한 비즈니스 모델을 개발하고 이를 토대로 시범사업 아이템 발굴 및 시행.
 - 본 과제의 연구책임자는 급속히 변화하는 민간무인항공기 분야의 기술 및 실제 운항 등 전분야에 깊은 이해를 갖고 이를 기반하여 전체과제를 총괄하고, 다부처 사업구도를 적절히 이해하여 부처간 의견을 조율하고, 본 과제의 결과 활용, ICAO등 국제기구 회의에 참여하여 얻어진 결과를 적극적으로 개진할 수 있는 능력이 요구됨

- 참여 부처 간 긴밀한 협력을 통해 과제가 원활히 진행될 수 있도록 “고신뢰도 다개체 무인이동체계 시범사업 추진협의체”를 사업별 협의회 형태로 “다부처 공동 기술협력 특별위원회” 산하에 배속하여 상시적으로 사업 추진 관련 사항을 협의·조정하는 체제 구성



<그림 3-19> 업무협의 추진 체계

□ 국내 전문가 현황, 기관 현황 분석

- 한국항공우주산업진흥협회(정회원 79사, 명예회원 11사, 컨소시엄 회원사 76사)에 참여하는 국내 무인기 관련 전문기관 현황을 토대로 실제 민간무인기 운용 시 필요한 제반사항에 대하여 조언할 수 있도록 해당기관 내 전문가 활용
- 한국무인기시스템협회에 등록된 무인기시스템 현황조사결과를 토대로 해당 무인기를 개발하는 기관 및 주관 전문가를 활용하여 민간무인기 운용 및 시설구축에 필요한 제반사항 조언이 이루어질 수 있도록 함
- 한국항공우주학회를 통해 학술적 차원에서의 교류가 이루어질 수 있도록 환경을 조성하고 매년 2회의 학회를 통해 학술적, 기술적 교류 수행
- 정부를 통한 민간무인기 관련 사업을 수행한 경험이 있는 학계의 전문가들을 별도로 초빙하여 워크샵 형태로 사업관련 학술적, 기술적 교류 수행
- 예산 내에서 산학연 전문가 활용비를 별도로 조성하여 활용함

4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가 전략적 중요성

- 무인이동체계의 운용 효율 및 활용도를 극대화하기 위해 신뢰성·보안성이 향상된 통합운용체계 개발 필요
 - 무인이동체는 원격으로 이동하면서 임무를 수행하므로 추락, 충돌 등의 사고를 발생할 수 있으며 보안성이 확보되지 않을 경우 테러 등의 용도로 활용될 수 있음
 - 무인이동체 수요의 폭발적인 증가(새로운 산업분야 생성)가 예상됨에 따라, 본격적인 보급/활용에 앞서 선제적으로 높은 신뢰도/보안성의 무인이동체 통신 및 안전 운항 체계 개발이 절실히 요구됨
 - ※ 현재 무인기의 관리방안 부재로 각종 무인기의 활용에 적절히 대응하지 못하는 것이 현실임 (2014.4. 북한발 무인항공기 발견 시 무인기 관리방안 부재로 초기 대응 혼선)
 - ※ 미국 극비리에 운용되던 군용 무인정찰기가 통신 및 GPS 교란에 의해 이란에 나포되는 사건 발생(2011).
- 대규모 무인이동체계의 실용화를 앞두고, 신뢰성·보안성 강화를 통한 통합운용체계 구축 및 글로벌 표준화 선점 필요
 - ICT를 활용한 무인이동체계는 우리나라의 기존 ICT 관련 기술력과 자동차, 조선, 항공 등의 플랫폼 기술력의 창조적인 융합을 통해 새로운 차원의 부가가치 창출 및 세계적인 기술 및 시장 선도국이 될 수 있는 분야
 - ※ 스마트 기기 등 우리나라 ICT 산업에서의 기술 경쟁력 및 정보통신 인프라는 다수 무인이동체계간의 협응 구현의 backbone으로 최적임.
- 무인이동체에 대한 기초연구의 범위를 넘어 통신망 구축 및 무인이동체계 실용화를 전제로 한 사업으로 국가 주도의 연구 수행 필요
 - 우리나라의 기존 ICT 기술력과 무인시스템을 융합하는 사업으로서 새로운 차원의 부가가치 창출 및 first-mover로서 기술·시장 선도 가능
- 무인이동체계의 핵심 통합 운용 기술 개발 및 통신, 보안, 인증과 관련된 기술은 다양한 산업 전반에서 활용 가능

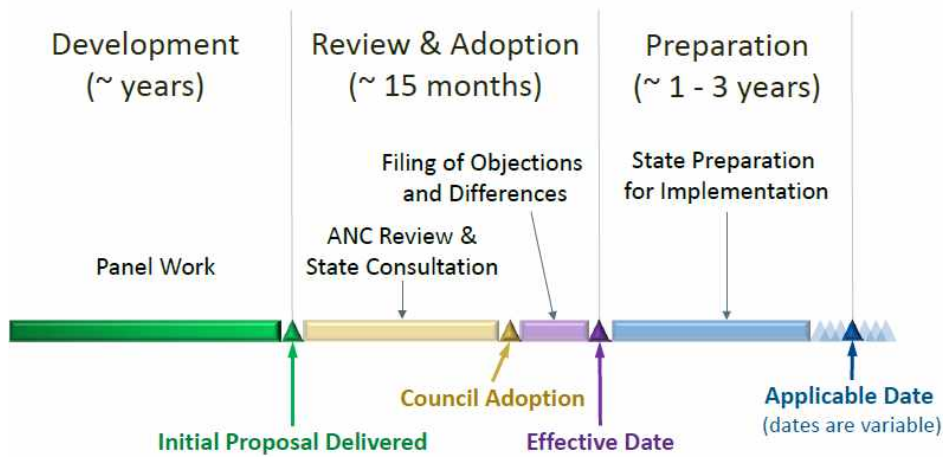
- 개별 무인이동체들은 플랫폼 레벨에서는 상이하나 상위레벨(운용, 통신, 보안) 측면에서는 유사성이 매우 높아 공용 운용체계 개발 시 다수/다종의 무인시스템에 적용 가능
- 무인항공기 관련 기술은 민간 뿐만 아니라 군용으로도 적용가능한 핵심기술인데, 우리나라의 우수한 군용 무인기 기술 및 발달된 ICT기술을 결합하여 세계적인 민간무인항공기 운용기술 및 인프라 구축 가능

2. 상위계획과의 부합성

- 정책적 일관성 분석
 - 국제민간항공기구 (ICAO)와 국내 항공법 관련
 - 우리나라의 항공법은 그 목적을 다음과 같이 규정함
 - 제1조(목적) 이 법은 「국제민간항공조약」 및 같은 조약의 부속서(附屬書)에서 채택된 표준과 방식에 따라 항공기가 안전하게 항행(航行)하기 위한 방법을 정하고, 항공시설을 효율적으로 설치·관리하도록 하며, 항공운송사업의 질서를 확립함으로써 항공의 발전과 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 한다
 - 위 목적에서 줄친 부분에서 언급한대로 우리나라는 국제민간항공조약에 따라 국제민간항공기구(ICAO)의 권고와 표준 즉 SARP을 적용하여야 함. 우리나라가 ICAO의 민간 무인항공기에 관한 SARP을 제정하여 각 국에 적용을 권고하면 조약에 따라 당국은 이행을 하여야 한다.
 - 국제민간항공기구 (ICAO)의 ASBU
 - 국제민간항공기구는 항공안전과 효율성 증대를 위해 현 CNS/ATM 기본계획을 체계화하여 위성 등을 이용한 ASBU 계획을 마련
 - ASBU는 항공교통관리 해결 방법을 개발 또는 개선하고 현재 운용중인 장비의 장점을 활용하여 전환계획을 수립하는 등 전 세계 국가 간에 상호운용을 가능하게 하는 계획체계
 - ASBU라는 개념은 전 세계 다양한 지역의 현존하는 미래계획에서 시작, 미국의 NextGen, 유럽의 SESAR, 일본의 CARATS 운영원리에 상당 부분 기반
 - ICAO의 Global Air Traffic Management Operational Concept (Doc9854)와 맥락을 같이 함
 - ASBU의 목표는 미래 계획들이 갖고 있는 핵심 기능과 성능향상 효과를 다른 지역에도 전파하여 전세계적으로 동일한 수준의 성능과 혜택을 제공하고자 함
 - ICAO는 ASBU(Aviation System Block Upgrade)의 일정에 따라 정해진 SARP의

제정 일정을 다음 그림과 같이 제안함

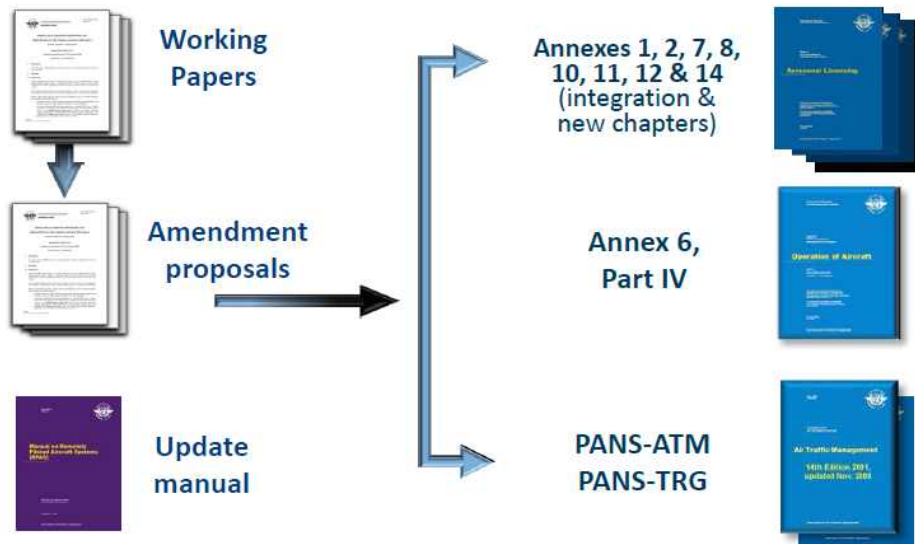
ICAO Standards Process



<그림 4-1> ICAO의 표준 작성 과정 (ICAO 2015 RPAS Symposium)

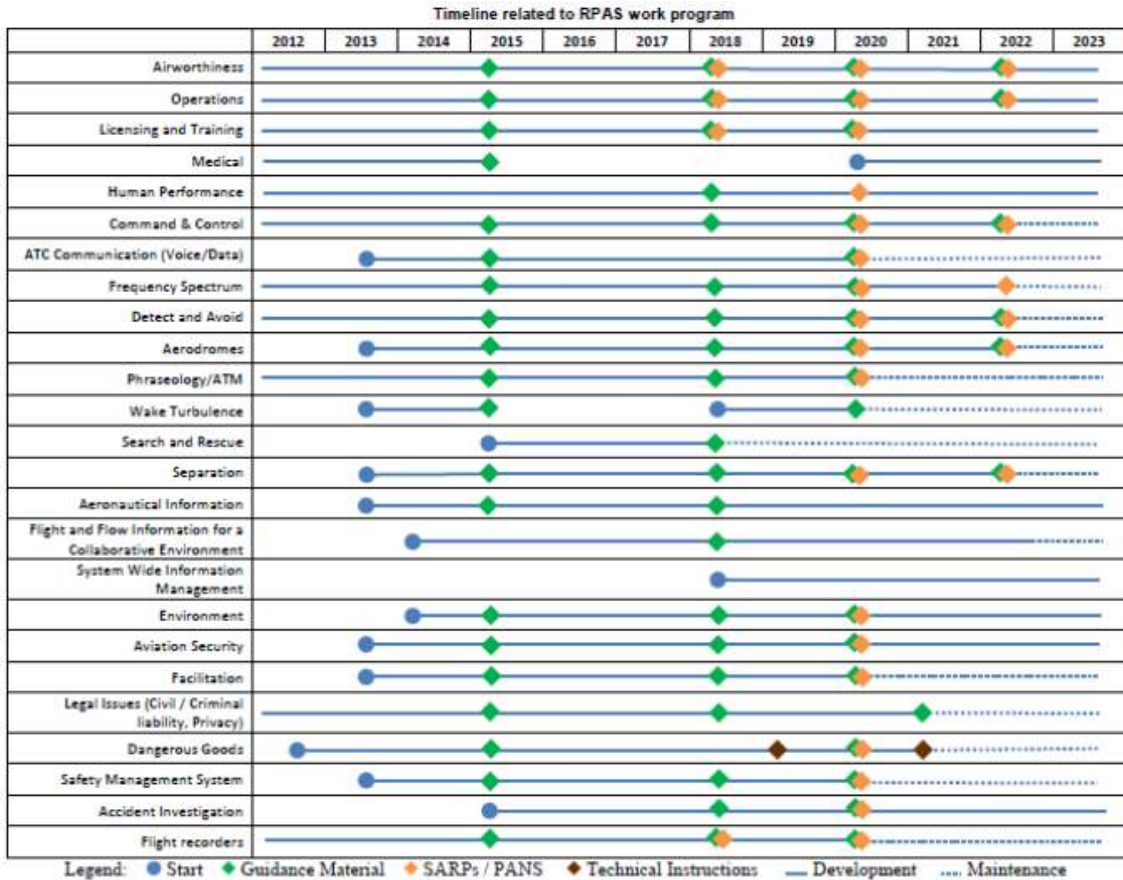
- ICAO RPASP는 2016년까지 관련 SARP 및 PANS의 제·개정을 완료할 예정이고, 그러나 조금은 늦어질 것으로 예상되나 그 이후 위 그림과 같은 일정으로 최종 적용을 계획함. 제·개정의 대상 문서는 다음 그림과 같은데 ICAO RPASP는 개정 대상으로 부속서 1, 2, 7, 8, 10, 11, 12, 14이며, 제정은 부속서 6의 PART IV이며, PANS는 -ATM과 -TRG임

Work Programme Deliverables



<그림 4-2> ICAO RPASP의 제·개정 대상 문서 (ICAO 2015 RPAS Symposium)

- 아래 그림은 SARP 관련 일정을 보여줌. 감항과 운항과 자격 등의 제정 일정을 2018년으로, 계속적으로 정비할 것을 제안하고 있음



<그림 4-3> ICAO의 RPAS 추진 일정 (ICAO 2015 RPAS Symposium)

- 우리나라는 국제민간항공조약 즉 시카고 조약의 체약국으로 2018년 ICAO가 권고하는 SARP을 우리나라의 규정으로 적용하여야 함. 또 ICAO 2015 RPAS Symposium에서 각 국과 기관들이 ICAO와 함께 SARP 및 관련 문서의 확립에 협력과 지원을 요청하고 있음. 2018년 이후 우리나라가 SARP을 적용하기 위해 우리는 이에 대비하여야 함. 기존의 유인항공과 유사하지만 민간 무인항공기에 대한 선진항공국의 규정은 ICAO와 유사한 일정을 진행되기 때문에 우리나라가 ICAO가 각국에 SARP을 적용할 것을 권고하는 시점에서 참고할 수 있는 규정을 확보하기가 어려울 것으로 예상됨. 그리고 국제 항공 사회의 일원으로 항공 선진국으로 도약하기 위해서는 ICAO를 중심으로 추진하고 있는 RPAS의 SARP 제·개정에 적극 참여하여야 함

□ 관련 법 및 법정 계획

- 국내 법제화 동향 및 실제 사례의 연구
 - 현행 우리나라 무게기준으로 구별하고 있으며 구별 기준은 무게를 중심으로 150kg 이상을 무인항공기 그 이하를 무인비행장치로 구별하고 있음.
 - 현행 국내법의 문제점 분석 및 개선 방향 제시

- 국내법 법제화 방안
 - ICAO와 주요 외국의 법제화 사례를 바탕으로 국내 항공법상 무인항공기에 관해 법제화가 필요한 부문 16개 항목을 도출함.
 - 결론으로, 국내법 3가지(항공법, 항공안전법, 항공보안법, 항공사업법) 법제화 방안 제시함.
 - 3가지 방안 중 무인항공기는 유인항공기와는 상당히 다른 운영상의 특성을 가지는 점에서 달리 취급할 필요성이 있고 새로운 법률을 제정하는 것은 입법과정의 어려운 점을 감안 제3안을 현실적인 안으로 제시함.

□ 상위 다부처과제와의 정책적 일관성 분석

- 국토교통부
 - 무인이동체계 실용화 주체로서 실용화에 가장 근접해 있으며 기술/시장 파급 효과가 큰 무인항공기의 각종 기술기준 및 운용인프라 구축하고 핵심기술 및 운용요소기술을 연구하고 국가 공역에서의 유·무인항공기 혼합운용을 위한 중장기 로드맵을 제시.
- 미래창조과학부
 - 미래창조과학부는 다수의 이동체계의 자율화 및 협응 기술, 고속/고신뢰성 통신기술, 무인시스템의 보안기술 등의 핵심원천기술 연구 담당.
- 해양수산부
 - 해양수산부는 무인자율선박의 응용 등 공공부문 활용 소요와 기술을 식별하고 및 관련 규제, 법령 등 기술 외적인 장애 요소를 파악 해결하기 위한 시범사업 수행.

3. 사업추진상의 위험요인 분석

□ 재원조달 가능성

- 총사업비 : 정부 183 억 원

(단위 : 억원)

	15	16	17	18	19	20	합계
국고	7.5	23	40	40	40	32.5	183
민간	0	0	0	0	0	0	0
총계	7.5	23	40	40	40	32.5	183

- 본 사업은 다부처 사업 구도로 추진되고 있고 2014년 6월 다부처특위의 심사를 통과하고 동년 7월 기재부의 승인을 받았으나, 이미 승인된 예산이 보장된 것은

아니므로 매년 예산의 안정적인 확보가 매우 중요함

- 본 과제는 원래 전국규모 무인기 운용 체계의 구축을 목표로 하였으나 현재 기재부의 승인을 받은 규모로는 시험장 주변 및 통합시범운용에 요구되는 정도의 인프라 구축 가능하여 이부분에 역량을 집중해야 함
 - 핵심 시험운용에 요구되는 인프라를 중점적으로 구축하고 추가적인 인프라는 추후 차기 사업을 통해 확보노력
 - 시험운용에 활용될 무인항공기는 새로 개발하지 않고 기존에 개발된 상용 무인항공기를 적극 활용. 이를 통해 과제에 소요되는 비용을 절감하고 국토부가 무인기를 직접 개발함으로써 발생가능한 부처간 소관업무에 혼선 발생 방지
- 구체적인 인증과 실용화를 목표로 하는 과제 후반부에서는 민간 무인기 사업자를 공모하여 추진하는 것이 바람직하나, 현재로서는 구축된 인프라가 전무하고 과제기간중 구축할 인프라를 통해서도 본 과제에서 계획한 무인기의 시험운영만 가능할 것으로 판단됨
 - 본 과제가 종료될 즈음에는 시험장 주변으로 무인기 운용 기본 인프라가 구축될 것으로 예상되며, 이를 기반으로 전국규모의 무인기 운용기반이 구축될 수 있을 것으로 예상되는 바, 민간 주도의 시범사업이 가능할 것으로 기대됨
- 본 사업은 다부처 사업 체계 하에 미래부, 해수부와의 협력을 통해 진행될 예정임. 하지만 서로 다른 과제 특성 및 추진 주체, 일정 등으로 인해 과제간 긴밀한 공조에 어려움이 발생할 수 있음
 - 미래부의 지원으로 개발될 통신장비의 성능, 개발 일정 등의 문제
 - 해수부와의 공조로 진행될 무인선과의 협응 기술 개발의 어려움 등
- 따라서 본 과제에서는 협의체를 구성하여 관련 부처 공무원 및 실제 연구수행 주체간의 정기적 의견 교환 및 잠재적 기술적, 행정적 문제의 조기 발견을 통해 전체 과제의 일정 지연 문제 최소화

□ 무인기 개발 기술단계 문제

- 무인기의 기술 성숙 미흡 및 핵심 무인항공기 기술 부족
 - 본 국토부 과제는 무인기 개발 과제가 아닌 운용기술 개발 과제로서 상용 무인기 적극 활용
- 미국 등 선진국의 기술 장벽 및 중국 등 후발국의 저가시장 이미 점령
 - 본격적인 무인기 시대에 앞서 항공선진국에 크게 뒤지지 않고 민간 무인기 운용을 수행함으로써 고부가가치 무인기 분야에 선제적으로 진입 가능
- 항공안전 인증 경험 부족
 - KC-100등 국내 무인기 인증경험 최대 활용

- 무인기 운용경험 적음
 - 군용 및 민간 연구용 무인항공기 개발 및 운용경험 적극 활용
 - 시뮬레이션, 대역기를 적극 활용하여 운용상 발생 가능한 비용 및 위험도 저감
 - 무인비행장치의 민간주도 시범사업 결과 적극 활용

□ 국내 시장 및 정책적 문제

- 항공 제조 산업 및 내수시장 미흡
 - 우수 무인기 운용기술 개발 및 개발 환경 조성을 통해 중대형 무인기 분야 선제적 진출 가능
- 기존 항공 인프라 부족
 - 기존 인프라의 효율적 활용 및 무인항공기 운용 특구 조기 선정
- 국토가 작고 인구가 밀집되어 있음
 - 우리나라 환경에 적합한 운용시나리오 도출 및 killer app 발굴
- 정부 지원 연구 기회/규모의 제한
- 무인 항공기에 대한 민간용 인증 체계 부재
 - 무인항공기 운용경험 축적을 통해 적절한 인증 체계 구축에 활용
- 사생활 침해, 운용자 자격 및 책임 등에 대한 법적 문제 해결 방안 부재

2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

□ 사업목표와 내용의 적절성

- 전 세계적으로 무인항공기 시장은 '14년 기준 약 7조원(64억 US달러)에서 '24년 약12조6천억 원(115억 US달러)로 연 평균 7.9%씩 성장 예상됨

※ 이 중 민간무인항공기 시장은 세계 무인항공기 시장의 약 10% 로 예상됨.

- 이와 같은 상황에서 무인기의 운항 및 기술기준을 수립하고, 비행 핵심기술들을 개발 및 검증하고, 통합 운용체계를 구축하여 이를 검증하기 위한 시나리오를 개발하여 민간공역에서의 무인기 운용기법 개발 및 검증하는 노력이 선제적으로 수행되어야 할 것으로 예상됨
- 앞으로 다가올 미래 기술을 선점하고 아울러, 국내에서 개발된 민간무인항공기 기초기술의 실용화를 유도하고 부가가치가 높은 무인항공기 산업을 미래 창조 경제 산업으로 육성하여 일자리 창출 등 항공 산업 발전에 기여할 것으로 예상
- 1단계로 각 세부사업별 연구 과제를 추진하고, 2단계 사업으로 각 세부사업의 성과를 활용한 대규모 실증 테스트 사업 추진

□ 사업추진전략의 적절성

- 가급적 기 개발된 무인항공기를 활용한 인증 및 운항기준 수립하고, 국내 여건의 면밀한 조사와 국제적 수준의 기술협력을 통한 무인항공기 운용 인프라 요건을 분석하고 문용 인프라 소요를 최적화하여 도출함.
- 기존의 확립된 유인항공기 분야 인프라와 군용 및 민간 무인기 운용 인프라에서 공통분모 도출하고, 시범운용을 염두에 둔 최적의 운용 인프라 시설 선정 및 구축방안 수립하고, 시범운용 인프라 구축을 통해 민간 활용 무인기 성능 검증.
- 연구그룹의 특성 및 잠재 능력을 최대한 발휘하도록, 아래와 같은 연구 추진 전략을 수립하여 전체 연구를 성공적으로 이끌고자 한다.

- 연구 수준의 극대화를 위한 방안

- . 연구 참여자들의 고급 이론 및 효율적인 연구 수단에 대한 지식 교육 강화
- . 국내외 우수 연구 기관의 전문가 초청 강의 참석
- . 관련 국내외 학회, 워크숍, 포럼 및 세미나에 적극적으로 참석하여 기술 동향 파악
- . 실무 경험을 얻고 산업계의 연구 발전 방향을 파악하기 위한 단기간의 인턴 및 실습 제도 도입

- 활발한 국내외 교류를 통한 연구 발전

- . 본 연구 기관 내외의 전문가로부터 고찰 및 지문을 구함
- . FAA, NASA, ICAO 등 관련 국제기관과의 협력 강화
- . 국내외 타 대학 및 연구기관의 무인시스템 관련 연구진들과 정보 교환
- . 국내외 타 대학 및 연구기관의 연구진 상호 방문

<표 4-1> SWOT 추진 전략

SWOT 분석을 통한 전략방향 도출	O(기회)	T(위협)
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 민간용 무인항공기에 대한 세계적인 수요 증대 ✓ 무인기 분야 연구역량이 세계적인 추세에 비해 그다지 낙후되지 않았음 ✓ 고부가 가치 산업 ✓ FAA, ICAO 등 항공 선진국의 적극적 노력 ✓ 민간용 무인항공기 보급에 대한 강력한 정책의 지 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 무인기의 기술 성숙 미흡 ✓ 항공 개발 분야에 대한 정부의 국가적 지원이 미흡 ✓ 무인기 기술 발전 방향의 불확실성 ✓ 미국 등 선진국의 기술 장벽 및 중국 등 후발국의 저가시장 이미 점령 ✓ 핵심 무인화 기술 부족
S(강점)	SO전략	ST전략
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 세계적 수준의 전자, IT 기술 보유국 ✓ 전자, 디스플레이, 통신 산업 활성화 및 인프라 확보 ✓ 군용 무인기 개발 및 운용 경험 있음 ✓ 국내 기 개발 무인기 체계의 기술개발 성과를 활용하여 개발 비용 및 리스크 감소 ✓ 3면이 바다인 지정학적 위치(다부처 사업) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 국내 전자, IT분야의 기술 및 인프라를 활용하고 국제협력을 통한 기술 수준 향상으로 관련 기술 조기 산업 활성화와 세계시장으로의 진출 ✓ 민간용 운용기반 구축 시 국내 기 개발 무인기 체계의 기술개발 성과를 활용하여 개발 비용 및 시간 절감 ✓ IT, 조선기술을 결합한 무인선 개발 조기에 가능(다부처 사업) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 전자, 통신 산업 등의 활용으로 항공분야 기술을 발달시켜 세계 시장에서의 상호 협력을 통한 시너지 창출 ✓ 해외 인증 전문 인력을 적극 활용하여 단기간에 인증기술 확보 ✓ 국가 주도의 선제적 개발 사업 착수
W(약점)	WO전략	WT전략
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 항공 제조 산업 및 내수 시장 미흡 ✓ 항공안전 인증 경험 부족 ✓ 기존 항공 인프라 부족 ✓ 무인기 운용경험 적음 ✓ 국토가 작고 인구가 밀집되어 있음 ✓ 정부 지원 연구 기회/규모의 제한 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 완성 항공기 자체 인증을 통한 내수시장 기회 제공 ✓ FAA, EASA 등 해외 감항 당국과 전략적 협조관계 구축을 통한 인증기술개발, 실무 적용 Know-How 습득 ✓ 국내환경에 특화된 무인기를 집중적으로 개발하여 국내외 시장에 진출 ✓ 현재 개발 중인 시장 위주로 민간 주도의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 무인기 실용화 조성을 위한 정부주도 기반/기초 연구수행으로 기술개발 기반 구축 ✓ 항공선진 해외기관과 전략적 제휴를 통한 기술개발, 인증, 상용화 Know-How 습득 후 해외시장 진출 ✓ 정부주도로 핵심 연구분야부터 연구지원 시작

□ 사업추진체계 및 절차의 적절성

- 본 과제는 다수의 무인시스템과 운용인프라, 이용자들을 유기적으로 결합하는데 목적이 있으며, 이로 인해 발생할 수 있는 다양한 문제에 대한 통합적 고려 필요
- 무인시스템의 일상생활 적용을 위해서는 기술의 적합성, 사회적 합의 도출, 관련 법령 및 규제 정비 등이 동반되어야하므로 관련 부처의 참여 필수
 ※ 사생활 침해, 무인이동체계 운행에 대한 법령, 기본 법제와의 충돌 등에 대한 판단 필요

<표 4-2> 다부처 과제의 추진 방향 및 역할 분담

	부처명	사유 및 근거	역할 분담	
			사업 수행	성과 활용
주관부처	국토교통부	무인항공기 법제화, 무인기/항행시설 주관 부처	민간무인항공기 인증 및 운항기준 개발 무인기 통합운용체계 개발 무인항공기 시범운용	민간 무인항공기 운용 기반 확립을 통한 국제수준의 상시 운용체계 개발
협력부처1	미래창조과학부	원천 기술 개발 담당	무인시스템 운용 핵심 기반기술 개발 (고신뢰성 OS, 통신 체계, 보안 및 협응 운용기법)	국토부, 해수부 주도 개발할 무인시스템에 적용
협력부처2	해양수산부	해양이동체계 운용주관 부서	무인선, 유/무인선과 무인항공기 통합운용 기술 개발 무인이동체계의 해양 분야 활용	해양 감시, 수상/항만 물류 자동화

□ 기술개발로드맵의 우수성

- 본 연구는 세계적으로 유례가 없는 무인이동체계의 종합적 연구개발을 목표로 하여 무인항공기를 중심으로 무인선박 등 이종 무인이동체를 우리나라가 자체 개발한 우리나라가 자체개발한 통신체계로 통합하며 이과정에서 전체적으로 보안을 강화함으로써 신뢰성이 높은 무인이동체계를 개발하는 것임. 참고로 미국의 NASA UTM에서도 보안체계는 고려하지 않고 있으며, 세계 각국의 로드맵은 이종 무인이동체간 통합은 고려하고 있지 않아서 우리나라의 선제적 연구가 중요한 역할을 할 것으로 기대됨
- 민간무인항공기의 인증체계 및 운항기술기준(안)의 수립을 통해 국내 민간무인항공기 시범인증 사업에 활용이 가능하며 향후 안전운항 체계 수립이 가능함

- 종사자 자격/훈련 제도(안) 및 운용자 승인제도(안)에 따라 민간무인항공기의 산업화가 가속될 수 있음.
- 사생활보호 법(안) 등은 무인항공기에 대한 국민의 인식을 호감으로 변화시킬 수 있음.
- 국제항공기구에서 진행 중인 민간무인항공기 운용 관련 국제 표준화 제정에 본 과제의 결과가 반영될 수 있으며 이를 바탕으로 국제적인 민간무인항공기의 공역통합 정책에 부합하는 국내 민간무인항공기 운용 핵심기술 개발 로드맵을 작성할 수 있음.
- 군용항공기 감항인증기준 및 프로세스연구와 군용무인항공기 기술기준요구도(USAR) 및 가용 적합성검증(MOC) 방법을 분석하고 시스템 안전 평가에 대한 기준을 제시하여 국내 민간용 무인항공기 감항 인증기술 기준 제정 및 감항 인증 체계 구축을 위한 기초자료로 유용하게 사용될 수 있음.
- 공역 시뮬레이션을 적용한 유·무인항공기 혼합 시뮬레이션은 민간무인항공기의 국가공역 진입에 대한 안정성을 검증하고, 모의 시험적 운영을 위한 테스트 베드(Test Bed) S/W로 활용할 예정이며 다음에 활용 가능함.
- 유·무인항공기 혼합 시뮬레이션은 유·무인항공기 혼합운영 기법과 절차에 대한 연구를 통하여 운항기술기준 개발 및 고시 지원을 위한 기초 자료로도 활용 가능함.
- 이러한 연구개발성과들은 2년간의 짧은 기간에 완벽하게 최종적인 목표를 성취한다기보다 향후 10여년 이상 무인항공기의 민수화가 진행되는 과정을 통해서 계속해서 진화/발전 시켜야 함 (새로운 무인항공기 기종에 따라 운용 시나리오가 새롭게 개발/변경되며, 이에 따른 혼합운용 기법 및 절차 개발 필요함.)
- 세부과제별 연구내용에 대한 전략목표와 최종성과물은 인증기술기준, 운항기술기준 등 법·제도 구축, 민간무인항공기 개발 기반 구축 등에 활용될 수 있음.

3절. 경제적 타당성

1. 경제성

- 공통 기술 적용을 통해 기술 개발 및 운용 통합에 소요되는 비용을 줄임과 동시에 고신뢰도 운용 체계를 탑재한 무인기/무인선의 상용화를 통해 기존 제품 대비 기술 경쟁력을 확보함으로써 세계 시장을 선점.
- 다부처 공동기획 사업으로 기술의 공동 활용이 가능하여 시너지 창출 및 중복 투자 방지 가능
- 무인선 및 무인선-무인기 통합 시스템에 대한 독점적 기술 지위 확보와 관련 제품의 상용화를 통한 부가가치 창출.
- 무인이동체 기술을 국가 브랜드 기술로 육성시킴으로 국부 창출 및 창조 경제에 기여
- 무인이동체 관련 원천기술을 확보하고 관련 제품의 상용화를 통해 전 세계 무인이동체 시장을 선도
- 무인 시스템 체계 도입 및 인증을 포함한 국가 정책적 지원을 통해 무인시스템 실용화 가능성을 검증함으로써 상용 제품의 세계적 경쟁력을 확보하여, 2022년 기준으로 113억 달러에 달할 것으로 예상되는 세계 무인기 시장과 2019년 기준 110억 달러에 이를 것으로 예상되는 세계 무인선 시장을 선점.
- 정부의 국방 무인화 기술 육성 정책에 따라 군으로부터의 무인기, 무인선 시스템 도입이 활발히 추진되고 있으며 본 과제의 결과물을 통해 우리나라의 무인 시스템 관련 군수 산업이 세계적 경쟁력을 갖추는데 도움이 될 것으로 기대.
- 정부 차원의 무인시스템 인프라 구축을 통해 현재에도 향후 10년 내에 1조 이상의 규모를 갖는 시장이 될 것으로 예측되는 민간 부문에서의 무인기 및 무인선 시장 발전에 안정적인 환경과 핵심적인 성장 동력을 제공하는 것이 가능.
- 현재 무인기 시장은 90% 이상이 군사용이나 무인기의 용도가 민간 영역으로 넓어지면서 엄청난 파급효과가 예상되고 있으며(민수시장 비중 연평균 35% 성장) 실용화를 통한 무인항공기산업 육성을 통해 새로운 일자리창출(약 3,400명)이 가능함.
- 무인기 분야: 항공 산업은 대표적 융복합 산업으로서 국방 및 산업 전반에 매우 높은 파급효과가 있고 특히 무인항공기 분야는 폭발적 성장이 임박한 산업으로서 세계 각국이 적극적으로 참여
- 무인기의 인증기반구축 및 운용에 의한 사업의 효과는 국토관리의 효율성 제고, 물류수송의 질적 향상, 항공 산업의 기술적 경쟁력 제고 등 다양하게 나타날 것으로 예상됨



<그림 4-4> 항공 산업의 생산유발계수 및 부가가치생산액

- 리 나라 해군 및 해경에서 운용되고 있는 고속단정들은 142척이며 이들을 무인선으로 대체하는 경우 척 당 1.4억 원의 인건비를 절감이 예상됨.
 - 현재 우리나라 영해의 해양조사에 사용되는 공공기관의 해양조사선 25척의 연간 운영비만 350억 원이며 무인선 또는 무인선-무인기 통합 운용을 통해 해양조사선의 운용시간을 줄이고 업무 효율을 높여 전체적인 운용비용을 크게 줄일 수 있음.
- 항공, 해양, 물류 자동화 시스템 산업의 발전으로 인한 국제적 산업 경쟁력 강화
- 대규모의 민간용 무인이동체계가 실용화가 되어, 제품의 판매, 영업, 생산의 효율을 극대화하고, 인력을 절감시켜 경제적 활성화 촉진가능
 - 무인기 및 무인선의 활용을 통한 EEZ, NLL 및 독도 영토 관리 지원 가능. 이를 통해 기존의 유인 시스템 운용을 대체/최소화함으로써 운용 및 위험 관리 제반에 필요한 예산을 절감
- 신기술 확보를 통한 민간 파급효과
- 관련 기반 산업 확충 및 관련 산업 성장으로 국민 삶의 질 향상에 이바지
 - 차세대 무인이동체 네트워크 시스템 시장에서 market leadership 확보
 - 개체 간 통신이 자유롭게 이루어져 유비쿼터스 시대를 앞당기고, 더욱 다양한 응용 서비스 창출 가능
- 국가 안보 역량 증대
- 원전, 송전선 등의 국가 주요 기간 시설의 감시를 통해 국가 재난 방지 및 선제적 대응 역량 확보
 - 상용 무인항공기 기술을 군용 무인기과 연계 활용하여 국가 안보 역량을 증대
 - 고신뢰성 무인이동체계 네트워크 원천기술을 활용할 경우 국방 전력화시 개발

기간 단축 및 비용절감이 가능

- (운영체제)표준 응용 프레임워크를 제공하여 개발 업체에 특화된 아키텍처에서 벗어나 무인시스템에 공통으로 적용함으로써 SW 모듈 재활용성을 높이고 개발 비용 절감 및 기간 단축



<그림 4-5> 민간무인기 부분 기대효과

2. 과학기술적 파급효과

- 무인이동체계의 통합 운용 기술은 기계/전자/전산/재료 등 다분야의 최신 기술을 종합하는 최상위 단계의 핵심 기술로 원천 기술 확보와 산업 경쟁력 제고, 개발 비용의 절감 등의 성과가 기대됨
 - 무인이동체계 원천 기술은 다양한 형태의 플랫폼에 공통적으로 적용 가능 기술로 무인 항공기, 자동차, 수상선, 잠수정을 아우르는 다양한 무인이동체계에 대해 호환 가능한 알고리즘 및 운용 기술 적용이 가능함.
 - 공통 기술의 적용을 통해 기술 개발 및 운용 통합에 소요되는 비용을 대폭 줄일 수 있음.
 - 무인이동체계의 기술경쟁력 확보를 통해 국가 브랜드 기술로 육성시킴으로써 일자리를 늘리고 국부를 창출함으로써 궁극적으로 창조 경제에 기여함.
 - 다부처 통합사업으로 기술의 공동 활용이 가능하여 시너지 효과를 얻을 수 있으며 중복투자를 피할 수 있음
- 무인이동체에 대한 기술 적용을 통한 운용 안정성 향상 및 국제적 수준의 기술 인증 체계 선점 가능
 - 향후 무인 항공기, 자동차, 수상선, 잠수정 무인 시스템이 유인 운용 공역으로의

진입 및 혼합 운용 시 유/무인 시스템에 관제에 필요한 운용 체계 확립 및 인증 기술 확보가 가능함

- 기존 유인 운용 체계에 대한 자동화 기술 적용으로 기존 시스템에 대한 효과적인 운용 능력을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 혼합운용 체계를 구축함으로써 선진국의 기술 격차를 줄이고 독보적인 기술 수준 선점이 가능함
- 국내외 표준화 활동을 통한 무인이동체 관련 국내/국제 표준화 선도

□ 기획 단계부터 활용부처와의 유기적인 연계를 통해 진행, 과제 종료 후 즉시 활용 가능토록 함으로써, 무인시스템 최적 통합운용 환경을 단기간에 적용

- 세부 기술별 성숙도에 따라 우선 실용화 대상 기술을 식별하여 빠른 성과 활용도모

□ 이종 무인시스템 간의 범용 무인화 기술을 개발, 고신뢰/보안 무인시스템 인증체계를 구축함으로써 향후 개발되는 무인시스템에 지속적이고 발전적으로 적용 가능

- 국제수준의 인증기술을 확보하게 되면 선진국 수준의 인증교육 프로그램 운영 가능

□ 무인시스템 통합운용환경을 구축함으로써 향후 무인기 설계 시 표준 도출을 위한 근거로 활용, 이를 통해 국내 무인기 기술 수준의 전반적인 향상도모

- 국가 브랜드 기술로 육성시킴으로 국부 창출 및 창조 경제에 기여 가능

□ 보안성이 확보된 무인 시스템을 항공, 해양, 농업 등 다양한 분야에서 적용, 사회적 손실 비용 발생 예방 및 효율성, 안전성 제고

- 산불, 원전사고 등 국가 재난 방재 및 국가 주요 제반시설 감시에 활용
- 환경정보, 기상정보 수집, 촬영을 통한 지적도 작성 등 다차원 측지학적 도구로 활용
- 이후 지속적인 응용개념연구를 통해 근접 감시, 물류이송 등의 사용자 편의성을 고려한 사업 연계 가능

□ 다부처 공동기획 사업으로 각 부처와의 연계를 통해 무인시스템 공동 활용을 통한 시너지 창출 및 중복투자 방지



<그림 4-6> 다부처 공동기획 과제 수행을 통한 다양한 시너지 창출

<표 4-3> 다부처 공동기획 사업을 통한 기술/경제/사회적 기대 효과

구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
과급 효과	<p>내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 무인 시스템에 대해 호환 가능한 알고리즘 및 운용 기술 적용이 가능함. ○ 무인시스템 간 통합운용기법 개발을 통해 보다 높은 자율형` 협응 원천 기술 확보가능 ○ 플랫폼 운용에 최적화된 운용 환경을 제공함으로써 무인 시스템의 운용 효율을 극대화시킬 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공통 기술의 적용을 통해 기술 개발 및 운용 통합에 소요되는 비용을 대폭 줄일 수 있음. ○ 무인 시스템의 기술경쟁력 확보를 통해 국가 브랜드 기술로 육성시킴으로써 일자리를 늘리고 국부를 창출함으로써 궁극적으로 창조 경제에 기여함. ○ 다부처 통합사업으로 기술의 공동활용이 가능하여 시너지 효과를 얻을 수 있으며 중복투자를 피할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인시스템을 공공분야에 적용하여 사회안전도 향상 가능 ○ EEZ, NLL 감시 등 국방 분야에도 활용가능 ○ 다양한 분야에서의 무인 시스템 활용을 통해 사회적 손실 비용을 줄이고 및 작업의 효율과 안정성을 높일 수 있음 ○ 무인 시스템의 적용을 통해 고령화에 따른 노동 인력 감소 및 생산성 감소에 효과적으로 대처할 수 있음.
근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인 시스템 원천 기술은 다양한 형태의 플랫폼에 공통적으로 적용 가능 기술임. ○ 플랫폼의 운용 성능은 무인 시스템이 운용되는 환경 조건에 크게 좌우됨. ○ 다수 무인시스템의 협응 기술은 세계적으로도 활발히 개발되고 있으나 실용화된 바는 거의 없는 기술임 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 플랫폼 별로 개별적인 기술 개발이 이루어질 경우 개발 비용이 높아지며 추후 통합에 많은 시간과 노력이 요구됨. ○ 무인 시스템은 우리나라가 높은 경쟁력을 갖는 IT 기술과의 융합을 통해 높은 시너지 효과를 기대할 수 있음. ○ 부처 간 협력을 적극적으로 유도할 수 있게 되어 국가적 연구결과를 효율적으로 활용가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인시스템을 활용한 상시 감시 체계 구축 가능 ○ 사고에 따른 사회적 손실 비용 증가에 따라 고위험, 고난이도 작업에 있어 로봇의 필요성이 크게 대두되고 있음. ○ 고령화에 따른 노동 인구 감소에 따라 기존 사람이 담당하던 다양한 직업군에 로봇의 활용 필요성이 커질 것으로 예상

4절. 종합평가 및 결론

- (현안 시급성) 대규모 무인이동체계의 실용화를 앞두고, 신뢰성·보안성 강화를 통한 통합운용체계 글로벌 표준화 선점 필요
 - ICAO는 2020년까지 Annex개정을 통한 민간 무인항공기의 국제운항기준 수립 예정
 - FAA, EASA뿐만 아니라 중국까지도 ICAO를 중심으로 민간 무인항공기 실용화에 박차를 가하고 있음
- (정책 타당성) 본 사업은 무인이동체계에 대한 기초연구의 범위를 넘어 광대역 통신망 활용 및 무인시스템 실용화를 전제로 한 사업으로 국가 주도의 연구 수행 필요
 - 민간무인항공기의 인증체계 및 운항기술기준(안)의 수립을 통해 국내 민간무인항공기 시범인증 사업에 활용이 가능하며 향후 안전운항 체계 수립이 가능함
 - 종사자 자격/훈련 제도(안) 및 운용자 승인제도(안)에 따라 민간무인항공기의 산업화가 가속될 수 있음.
 - 사생활보호 법(안) 등은 무인항공기에 대한 국민의 인식을 호감으로 변화시킬 수 있음.
 - 국제항공기구에서 진행 중인 민간무인항공기 운용 관련 국제 표준화 제정에 본 과제의 결과가 반영될 수 있으며 이를 바탕으로 국제적인 민간무인항공기의 공역통합 정책에 부합하는 국내 민간무인항공기 운용 핵심기술 개발 로드맵을 작성할 수 있음.
 - 군용항공기 감항인증기준 및 프로세스연구와 군용무인항공기 기술기준요구도(USAR) 및 가용 적합성검증(MOC) 방법을 분석하고 시스템 안전 평가에 대한 기준을 제시하여 국내 민간용 무인항공기 감항 인증기술 기준 제정 및 감항 인증 체계 구축을 위한 기초자료로 유용하게 사용될 수 있음.
 - 공역 시뮬레이션을 적용한 유·무인항공기 혼합 시뮬레이션은 민간무인항공기의 국가공역 진입에 대한 안정성을 검증하고, 모의 시험적 운영을 위한 테스트 베드(Test Bed) S/W로 활용할 예정이며 다음에 활용 가능함.
 - 국가공역에서 유·무인항공기 혼합운용 운항기술기준 개발 및 고시
 - 민간무인항공기 종사자 교육/자격제도 구축
 - 민간무인항공기 운영자 승인제도 구축
 - 민간무인항공기 실용화를 위한 운용개념 개발
 - 국내환경에 적합한 민간무인항공기 시범인증 대상기종 선정
 - 기종선정에 따른 고위험 요소기술 식별 및 획득방안 수립

- 유·무인항공기 혼합 시뮬레이션은 유·무인항공기 혼합운영 기법과 절차에 대한 연구를 통하여 운항기술기준 개발 및 고시 지원을 위한 기초 자료로도 활용 가능함.
 - 이러한 연구개발성과들은 2년간의 짧은 기간에 완벽하게 최종적인 목표를 성취한다기보다 향후 10여년 이상 무인항공기의 민수화가 진행되는 과정을 통해서 계속해서 진화/발전 시켜야 함 (새로운 무인항공기 기종에 따라 운용 시나리오가 새롭게 개발/변경되며, 이에 따른 혼합운영 기법 및 절차 개발 필요함.)
 - 세부과제별 연구내용에 대한 전략목표와 최종성과물은 인증기술기준, 운항기술기준 등 법·제도 구축, 민간무인항공기 개발 기반 구축 등에 활용될 수 있음.
- (투자 효율성) 무인이동체계의 핵심 통합 운용 기술 개발 및 보안/인증과 관련된 기술은 다양한 산업 전반에서 활용 가능

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	소계
책임연구원	6	7	9	9	9	9	49
연구원	2	4	5	5	5	5	26
연구보조원	50	60	70	70	70	70	390
보조원	0	0	0	0	0	0	0
합 계	58	71	84	84	84	84	465

2. 소요예산

□ 총합

(단위: 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비	321,600	720,000	796,800	777,600	816,000	796,800	4,228,800
연구장비재료비	70,000	2,981,000	2,530,000	202,000	78,000	52,000	5,913,000
기타경비	247,740	801,900	1,177,519	1,122,640	1,231,100	1,218,740	5,799,639
합계	639,340	4,502,900	4,504,319	2,102,240	2,125,100	2,067,540	15,941,439
간접비	108,688	765,493	765,735	357,380	361,267	351,481	2,710,044
총계	748,028	5,268,393	5,270,054	2,459,621	2,486,367	2,419,022	18,651,485

□ 연구주제 1: 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구

(단위: 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비	158,400	355,200	340,800	224,000	224,000	224,000	1,526,400
연구장비재료비	0	110,000	110,000	0	0	0	220,000
기타경비	223,400	501,600	498,460	469,680	469,680	469,680	2,632,500
합계	381,800	966,800	949,260	693,680	693,680	693,680	4,378,900
간접비	61,642	151,300	148,318.2	117,925.6	117,925.6	117,925.6	715,037
총계	443,442	1,118,100	1,097,578.2	811,605.6	811,605.6	811,605.6	5,093,937

□ 연구주제 2: 민간 무인기 시험 운용을 위한 시범 인프라 구축

(단위: 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비	57,600	134,400	134,400	201,600	201,600	201,600	931,200
연구장비재료비	0	770,000	1,690,000	0	0	0	2,460,000
기타경비	46,360	316,440	316,440	354,400	354,400	354,400	1,742,440
합계	103,960	1,220,840	2,140,840	556,000	556,000	556,000	5,133,640
간접비	17,673.20	207,542.80	363,942.80	94,520.0	94,520.0	94,520.0	872,718.8
총계	121,633.2	1,428,382.8	2,504,782.8	650,520	650,520	650,520	6,006,358.8

□ 연구주제 3: 민간무인기 시험운용 및 통합시범운용 수행

(단위: 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비	67,200	192,000	268,800	369,600	425,600	425,600	1,748,800
연구장비재료비	70,000	1,016,000	1,170,000	26,000	26,000	0	2,308,000
기타경비	13,440	38,400	253,760	473,920	485,120	485,120	1,749,760
합계	150,640	1,246,400	1,692,560	869,520	936,720	910,720	5,806,560
간접비	25,608.80	211,888.00	287,735.20	147,818.40	159,242.40	154,822.40	987,115.2
총계	176,248.8	1,458,288	1,980,295.2	1,017,338.4	1,095,962.4	1,065,542.4	6,793,675.2

(1) 인건비

□ 연구주제 1: 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구 (단위: 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
무인기 운용 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM에서 운용 연구	9,600	19,200	19,200	19,200	19,200	0	86,400
무인기 분류 체계 연구	14,400	28,800	28,800	19,200	0	0	91,200
항공법 등 관계 법령의 해당 조항 개정 및 입법 지원	14,400	28,800	28,800	28,800	28,800	28,800	158,400
시험 운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	57,600	144,000	144,000	144,000	144,000	144,000	777,600
RPAS 교통관제기준 및 절차 개정, 고시 지원	43,200	57,600	57,600	57,600	57,600	57,600	331,200
무인기 법적 책임 및 책임 보험 제도 수립	14,400	28,800	28,800	0	0	0	72,000
기타 과제 수행 중 파생되는 법제도화 수립 관련 연구	14,400	28,800	28,800	28,800	28,800	28,800	158,400
소계	168,000	336,000	336,000	297,600	278,400	259,200	1,675,200

□ 연구주제 2: 민간 무인기 시험 운용을 위한 시범 인프라 구축

(단위: 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년	3차년도	4차년도	5차년 도	6차년도	합계
광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 시설 설계, 구축 (가시권 밖 포함)	38,400	76,800	76,800	115,200	115,200	115,200	537,600
무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축	19,200	57,600	57,600	57,600	57,600	57,600	307,200
운용 지원 지상 시설 구축 (계류장, 정비시설)	9,600	19,200	19,200	0	0	0	48,000
소계	67,200	153,600	153,600	172,800	172,800	172,800	892,800

□ 연구주제 3: 민간무인기 시험운용 및 통합시범운용 수행

(단위: 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
민간 무인기 시험운용	57,600	153,600	230,400	230,400	230,400	230,400	1,132,800
비관제공역에서 무인기 경로 최적화 및 경로 재설정 기법 연구	19,200	38,400	38,400	0	0	0	96,000
위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구	9,600	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	201,600
다부처 사업 하 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증	0	0	0	38,400	96,000	96,000	1,430,400
소계	86,400	230,400	307,200	307,200	364,800	364,800	1,660,800

(2) 장비리스트(3천만 원 이상)

□ 연구주제 1: 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구 (단위: 천원)

주요 Activity	연구장비 명칭	단가	수량	합계
무인기 운용 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM에서 운용 연구		0	0	0
무인기 분류 체계 연구		0	0	0
항공법 등 관계 법령의 해당 조항 개정 및 입법 지원		0	0	0
시험 운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	RPS 시뮬레이션 컴퓨터	10,000	6	60,000

RPAS 교통관제기준 및 절차 개정, 고시 지원		0	0	0
무인기 법적 책임 및 책임 보험 제도 수립		0	0	0
기타 과제 수행 중 파생되는 법제도화 수립 관련 연구				
소계				60,000

□ 연구주제 2: RPAS 운용 인프라 구축 (단위: 천원)

주요 Activity	연구장비 명칭	단가	수량	합계
광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, ANPC) 시험용 시설 설계, 구축 (가시권 밖 포함)	안테나 이동 차량	50,000	4	200,000
	안테나 구조물	30,000	4	120,000
	안테나 L밴드	10,000	9	90,000
	안테나 C밴드	10,000	12	120,000
	RF 전단부 L밴드	10,000	6	60,000
	RF 전단부 C 밴드	10,000	8	80,000
	모뎀 지상 및 탑재 L밴드	10,000	6	60,000
	모뎀 지상 및 탑재 C밴드	10,000	6	60,000
	네트워크제어기 안테나/RPS	10,000	8	80,000
	위성 안테나 정지궤도	10,000	4	40,000
무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축	소형레이더 GBDA	500,000	1	500,000
	ADS-B UAT	100,000	1	100,000
	ADS-B 1090	100,000	1	100,000
운용 지원 지상 시설 구축 (계류장, 정비시설)	격납고	200,000	1	200,000
소계				1,810,000

□ 연구주제 3: 민간무인기 시험운용 및 통합시범운용 수행

(단위: 천원)

주요 Activity	연구장비 명칭	단가	수량	합계
민간 무인기 시험운용	대역기용 장비(통신, FCC)	250,000	1	250,000
	시험용 무인항공기(150kg미만 고정익)	650,000	2	1,300,000
	RPS	200,000	2	400,000
	무인항공기 시뮬레이션	50,000	1	50,000
	시뮬레이션 컴퓨터	10,000	12	120,000
	시험용 무인항공기 (150kg미만 회전익)	300,000	1	300,000
	시험용 무인항공기 (소형 회전익)	5,000	2	10,000
비관제공역에서 무인기 경로 최적화 및 경로 재설정 기법 연구		0	0	0
위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구		0	0	0
다부처 사업 하 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증		0	0	0
소계				2,430,000

(3) 시작품 제작리스트(1천만 원 이상)

연구주제 1: 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구 (단위: 천원)

주요 Activity	시작품 명칭	단가	수량	합계
무인기 운용 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM에서 운용 연구		0	0	0
무인기 분류 체계 연구		0	0	0
항공법 등 관계 법령의 해당 조항 개정 및 입법 지원		0	0	0
시험 운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	RPS 구축	50,000	2	100,000
RPAS 교통관제기준 및 절차 개정, 고시 지원		0	0	0
무인기 법적 책임 및 책임 보험 제도 수립		0	0	0
기타 과제 수행 중 파생되는 법제도화 수립 관련 연구		0	0	0
소계				100,000

연구주제 2: RPAS 운용 인프라 구축 (단위: 천원)

주요 Activity	시작품 명칭	단가	수량	합계
광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 시설 설계, 구축 (가시권 밖 포함)	C2 시스템 구축	300,000	1	300,000
	C2 시스템 구축	300,000	2	600,000
무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축		0	0	0
운용 지원 지상 시설 구축 (계류장, 정비시설)		0	0	0
소계				900,000

연구주제 3: 민간무인기 시험운용 및 통합시험운용 수행 (단위: 천원)

주요 Activity	시작품 명칭	단가	수량	합계
민간 무인기 시험운용	무인항공기시뮬레이션 (RPA/RPS 분리)	30,000	1	30,000
	무인항공기시뮬레이션 (C2 추가)	50,000	1	50,000
비관제공역에서 무인기 경로 최적화 및 경로 재설정 기법 연구		0	0	0
위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구		0	0	0
다부처 사업 하 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증		0	0	0
소계				80,000

(4) 재료구입(1천만 원 이상)

- 연구주제 1: 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구 (단위: 천원)

주요 Activity	재료비 명칭	단가	수량	합계
무인기 운용 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM에서 운용 연구		0	0	0
항공법령 개정 및 입법 지원		0	0	0
무인기 기술기준 제정 및 고시 지원		0	0	0
무인기 운항기술기준 제정 및 고시 지원		0	0	0
무인기 교통관제기준 및 절차 개정, 고시 지원		0	0	0
무인기 법적 책임 및 책임 보험 제도 수립		0	0	0
소계				0

- 연구주제 2: RPAS 운용 인프라 구축 (단위: 천원)

주요 Activity	재료비 명칭	단가	수량	합계
광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 시설 설계, 구축 (가시권 밖 포함)		0	0	0
무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축		0	0	0
운용 지원 지상 시설 구축 (계류장, 정비시설)		0	0	0
소계				0

- 연구주제 3: 실용화 검증 운용 시험 (단위: 천원)

주요 Activity	재료비 명칭	단가	수량	합계
민간 무인기 시험운용	연료비 (AVGAS)	3	10,000	30,000
	정비부품 (오일, 소모품)	200,000	5	1,000,000
비관제공역에서 무인기 경로 최적화 및 경로 재설정 기법 연구		0	0	0
위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구	연료비 (AVGAS)	3	4,000	12,000
	정비부품 (오일, 소모품)	200,000	2	400,000
다부처 사업 하 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증	연료비 (AVGAS)	3	4,000	12,000
	정비부품 (오일, 소모품)	200,000	2	400,000
소계				1,854,000

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정 방법

가. 인건비

- 해당과제 참여연구원의 인건비 산정을 목적으로 기획재정부 고시 2015년 학술 연구용역 인건비 단가를 참여율 30%기준으로 적용하였음

등급	월 임금(‘14)	월 임금(‘15) 50%기준	본 기획연구 적용단가	
			참여율 30% 기준(‘15)	1년 인건비 단가
책임연구원	월 3,018,785 원	월 3,058,029 원	약 월 1,800 천원	년 21.6백만 원
연구원	월 2,314,762 원	월 2,344,854 원	약 월 1,400 천원	년 16.8백만 원
연구보조원	월 1,547,342 원	월 1,567,457 원	약 월 900 천원	년 10.8백만 원
보조원	월 1,160,546 원	월 1,175,633 원	약 월 700 천원	년 8.4백만 원

- 주1) 본 인건비 기준단가는 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 50%로 산정한 것이며 용역 참여율을 달리하는 경우에는 기준단가를 증감시킬 수 있다.
- 주2) 본 기획연구실 적용 참여율은 30%로 산정함
- 상기 단가는 2014년도 기준단가로 계약예규 “예정가격 작성기준”제 26조 제 2항에 따라 소비자 물가 상승률(2014년 1.3%)를 반영한 단가이며 소수점 첫째 자리에서 반올림한 금액임

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인기를 국가공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위한 제도화, 운용 인프라 시험 구축 및 시범운용 연구 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 법령 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정 지원 - 무인기 시험운용 인프라 설계 및 구축 - 무인기 시험운용 및 통합시범운용 수행 ※ 본과제에서 “무인기”는 “무인항공기”와 “무인비행장치”를 의미함
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p><input type="checkbox"/> 연구개발 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 전세계적으로 다양한 무인이동체(무인항공기, 무인수상정 등)가 활발히 개발중이며, 그중 무인비행체의 경우 소형을 중심으로 국내에서도 급속도로 보급되고 있음 ○ 국내 항공법은 무인비행체를 중량에 따라 무인비행장치(>12kg, <150kg) 및 무인항공기(>150kg)로 구분되는데, 이를 통합하여 적절한 운항기준을 도출할 필요가 급증하는 상황임 ○ 국내외 무인기 관련 기술수준이 성숙해짐에 따라, 민간 무인기 수요가 폭발적으로 증가추세임 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 세계 무인기시장은 ‘16년 72억달러→’25년 125억달러로 연평균 약 6%씩 성장할 것으로 예측되며, 향후 민수 부분도 큰 비중을 차지할 것으로 예상. ○ 국내 무인기 분야는 군용/연구용 위주로 개발·운용되어 왔으나, 인증체계, 운용기준 및 관련 인프라 부재로 인하여 민수분야는 폭발적으로 수요가 증가함에도 불구하고 실용화가 지연되는 실정임 ○ 무인기는 일반 항공기에 비해 사고율이 높은 것으로 알려져 있으나, 운항이력이 일천하여 구체적인 신뢰성 수준은 정립되어 있지 않음 ○ 무인기가 국가공역으로 통합되는데 필수적인 통신, 자체적 충돌 회피(Detect-and-avoid) 관련 기반 기술 및 관련기준은 아직 갖추어져 있지 않음

- 원격으로 통제되는 무인기의 특성상 외부의 의도적인 해킹 공격 등에도 안전 보장이 가능한 보안기술이 선제적으로 적용되어야 함 (미래부와 다부처 사업이 진행중)
- 향후 민간 무인기의 보급 및 세계 민간 무인기 관련 규정 수립을 선도하기 위해서 통제된 지역에서의 무인기 운용을 통한 기반 데이터 확보가 반드시 선행되어야 함
 - ※ 군용무인기 운용경험이 풍부한 미국도 '14년부터 전국 6개소에서 FAA 주도 민간 무인기 시범사이트를 운용중
- 민간 무인항공기의 전국적인 보급 및 운용에는 유도/항행 시설, 활주/계류시설 등의 구축뿐만 아니라 향후 가시권외(BVLOS) 운용을 위한 통신망 구축 및 운용 체계 수립이 요구됨(미래부와 다부처 사업이 진행중)
- 영해 감시, 구조, 해양 사고의 초동 대처 등 해양 광역감시에 효과적인 무인기-무인선간의 협응기술의 개발이 요구됨 (해수부와 협력)
- 최근 급속도로 실용화되고 있는 무인비행장치(150kg이하)의 경우 사용이 간편하여 항공촬영 등에 다양한 분야에 널리 활용되고 있으나 현재 가시권내에서만 활용이 허용되고 있어 감시, 통제, 안전기준 정립이 시급히 요구됨
- 정부주도로 수행중인 SBAS, 국가비행시험장 등 R&D과제와 연계하여 무인기 활용 안전성 및 효율성 제고 필요

□ 기술동향

- 국내 기술 동향
 - 지난 10여 년 간 다양한 군용 무인 항공기 개발 프로그램이 수행되어 보급을 앞두고 있으며 방사청, 산업부 등의 정부주도 R&D를 통해 세계 10권내의 무인기 기술을 확보한 것으로 평가됨
 - 우리나라 무인기 연구는 군용 무인기 개발을 중심으로 발달하였으며, 최근 폭발적으로 성장한 민수용 소형 무인기 시장은 중국 제품의 우수한 성능 및 저렴한 가격으로 경쟁력이 매우 낮음
 - 국내에서도 공중 촬영, 재난 감시, 물류 이송 등 다양한 분야에서의 민간 무인항공기의 수요가 급증하고 있음
 - 최근에는 국가적 차원으로 무인이동체 연구를 양성하려는 노력이 많이 진행중
 - 무인기 플랫폼, HW/SW개발, 활용 등을 중심으로 국가주도의 개발

위주로 진행중

- 최근에는 소형 무인기를 활용한 택배 등 사업에 많은 관심이 있으나 무인기의 안전도 및 관련 법령, 기술의 부재로 실용화가 지연되고 있음
- 민간 무인기의 운용에 핵심적인 충돌감지 및 회피 기술, 통신 기술에 연구가 진행중이나 아직 실용화 단계에는 미치지 못함
- 민간 무인기의 경우 현행 국내 항공법 상 12kg 이상 150kg 미만 비행체는 “무인비행장치”, 150kg이상 비행체는 “무인항공기”로 분류
- 12~150kg 무인비행장치의 경우 교통안전공단으로부터의 안전성 인증 후 가시권내에서 비행 가능
- 무인항공기의 경우 전세계적으로 인증 및 운항기준이 부재
- 국내에서는 무인비행장치와 무인항공기를 구분하여 사용
- '08년부터 구 국토해양부 주도로 수행 중인 항공안전기술개발 사업을 통해 4인승 항공기(KC-100) 개발, 미국과 상호항공안전협정(BASA) 체결 완료하였음
- '11년 구 지식경제부 지원으로 스마트 무인기 사업 완료, 후속 사업 예비타당성 조사 진행 중('15.11 현재)
- '14년 유인기(2인승 초경량비행기) 무인화사업 성공(항우연)
- '15년 민간용 고고도 장기체공 무인기 사업 수행중(항우연)
- 국토부 민간 무인항공기 운용기반 구축 선행연구 수행 완료 ('13.12~'15.6)
- 국토부 위성기반 보강항법시스템(SBAS) 개발 과제 수행중 ('14.10~'22.10)
- 무인비행장치의 경우 민간주도 사업자 신청을 받아 국토부 시범사업 수행 추진중 ('15.9~)

○ 국외기술동향

- 전 세계적으로 무인기, 무인선박 등 다양한 무인이동체계가 활발히 개발, 실용화를 앞두고 있음
- 군용 무인기의 운용경험 축적과 기술발전으로 민간용 무인기 활용 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 미국, 유럽 등 선진국은 민간 무인기의 인증체계 및 운용인프라 구축에 박차를 가하는 중
- 무인기의 민간 활용방안이 국제기구(ICAO, EASA)등을 중심으로 논의 중이며 민간공역에서의 활용도 점차 확대되는 추세임

- ICAO는 '07년 항행위원회 산하에 UASSG(Unmanned Aircraft System Study Group)을 설립, 무인기 관련 연구를 수행하다 이를 '14년 RPAS Panel로 격상하여 국제적 상호 협력, 국제기준 및 매뉴얼 개발, 기술적 세부사항과 SARPs의 개정 연구를 활발히 수행 중
- * 특히 관제공역 내 국가 간 계기비행상황인 RPAS의 통합운용을 위해 '20년까지 관련 부속서 개정 예정
 - 국내에서도 ICAO가 발표할 SARPs에 기준하여 국내 무인기 운용 관련 규정 및 법령 개정 필요 시급함
- 기존 중대형 무인기와 별도로 최근에는 수 kg급 취미용/촬영용 무인기가 광범위하게 보급되어 새로운 시장이 창출되고 있으며 관련 규정 제정이 요구됨
- * 중국 DJI는 촬영용 소형 드론 판매로 '14년 5천억 원 규모의 매출 달성('15년 매출은 1조원 이상으로 예상됨)
- 미국은 FAA산하 UAS Integration Office를 '12년 설립, '15년까지 국가공역에 무인기 완전 통합을 목표로 법령/체계/기반 시설 구축중이며 6개소 무인기 시험장을 운영 중
- * 최근 FAA는 25kg 미만 무인기의 상업적 운용(주간 가시권내)을 허가할 방침 발표 ('15.2.15)
- 민간 무인기 감시에 핵심적인 차세대 항행시설인 ADS-B가 활발히 보급되고 있으며, 호주는 전 국토를 커버하는 ADS-B 망 구축 완료
- 캐나다는 '12년 상업용 무인기 비행시험장 완공, 본격적인 운용 중
- 유럽 EASA도 UAV Task Force Team을 구성하여 무인항공기 인증절차 및 기준 연구 중
- 프랑스는 세계최초로 민간 무인기의 가시권 외 운용 규정 마련
- 민간 무인기 통신을 위한 5GHz대 주파수가 할당되었음 (구체적인 운용 표준규약은 수립되어 있지 않음)
- NASA는 최근 급속도로 보급되고 있는 소형 무인기를 이용한 다양한 사업이 제안되고 있는데 이는 가시권 밖에서 운항이 요구되어 신개념 감시 및 통제 기법을 연구개발중

3. 연구개발내용

- 무인기 관련 법령의 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정을 위한 연구

- 무인기 운용 개념 수립 및 차세대 CNS/ATM체계에서 운용 연구
- 무인기 분류 체계 연구
- 항공법 등 관계 법령의 해당 조항 개정 및 입법 지원
- 시험운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원
 - 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 결과 활용
- 무인기 항공교통관제 기준 및 절차 개정, 고시 지원
 - 유무인 항공 통합 공역 내 교통관제 기준/절차 개정안 수립
- 무인기 법적 책임 및 책임 보험 제도 수립
- 기타 과제 수행 중 파생되는 법제도화 수립 관련 연구
 - ICAO 등 국제기구와 해외의 동향/국제표준과 연계

□ 민간 무인기 시험 운용을 위한 시범 인프라 구축

- 광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 시설 설계, 구축 (가시권 밖 포함)
- 무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축
- 운용 지원 지상 시설 구축(계류장, 정비시설)
 - * 국토부 및 산업부에서 추진중인 비행종합시험장 과제와의 연계 필요

□ 민간무인기 시험운용 및 통합 시범운용 수행

- 민간 무인기 시험운용
 - 무인기 시뮬레이션, 대역기, 실기 등을 이용하여 비행시험 수행을 통한 비행자료 획득 및 분석
 - * 가시권내/외 비행, 자동이착륙, 충돌회피 기술, 조종 통제권 이양, 비상운용절차 등을 다양한 환경조건에서 실험
- 비관제공역에서 무인기 경로 설정 및 교통흐름기법 연구
 - 비관제공역 비행 무인기의 식별, 감시, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법 연구
 - “무인비행장치 안전성시험검증 시범사업” 결과와 연계하여 운용 안전성, 신뢰성, 효용성 분석
- 위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구

- 다부처사업 아래 미래부/해수부가 개발 중인 통신장치 및 무인 수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 국내 여건의 면밀한 조사와 국제적 수준의 기술협력을 통한 무인항공기 운용 인프라 요건을 분석하고 운용 인프라 소요를 최적화하여 도출
- 기존 군용 및 민간 항공기 운용 인프라 및 선행사업의 기술적 성과의 검증을 통한 활용
 - 선행 민/군 무인기 기술개발사업 성과의 연속성 있는 활용을 통한 중복투자 방지 및 연구의 연속성 추구
- 시험운용을 통해 향후 전국적으로 무인기를 보급할 때 요구되는 무인기 관련 시설 및 운용 방안 도출
- 국토부 등 무인항공기 관련 사업과의 연계방안 도출(SBAS, 국가비행시험장 사업 등)
- ICAO 등 국제기구 및 무인항공기선진국 해당기관과의 협력체제 구축을 통하여 ICAO 이사국의 위상에 부합하는 국제적 연구개발
 - ICAO RPAS Panel 참석, 국제동향 파악 및 공조
 - NASA 무인기 연구 공조
 - EASA, 호주 CAA, JARUS 등 기관과 공조
 - ※ 미국 FAA CoE, NASA, 호주 CAA 등 기관과의 협업을 통한 조화로운 연구개발 및 아국의 무인기분야 국제적 위상 재고
- 국내 무인기 전문가 집단의 자문단 구성, 활용
- 다부처사업 체제 아래 타 부처와의 긴밀한 협력(미래부를 통한 핵심기술 확보, 해수부와의 협력하여 해양감시용 무인기 기술 및 무인선과의 협응기술 개발)
- 타 부처 무인기 관련 과제들과의 연계를 통한 중복투자 방지 및 연구 개발 공조 유지

□ 추진체계

- 공동연구팀 구성을 통한 효율적, 체계적 연구체계 구축
- 본과제는 국토부의 주관 하에 다부처사업으로 수행되므로 주관연구책임자는 “연구조정회”를 구성하고 타부처 사업으로 진행 중인 과제의 진도를 확인하고, 각 부처 과제를 수행중인 연구진간의 정기적 기술 교류를 통한 긴밀한 협력체계 유지

- 국내 무인기 전문가 집단의 다양한 의견 수렴을 위한 자문단 구성 및 운영하고, 공청회 2회 이상 개최

5. 최종성과물

- 무인기운항기술기준 및 보고서
- 무인기기술기준 및 보고서
- 운용인프라 구축 방안 보고서
- 민간무인기 운용시험 결과 보고서
- 민간무인비행장치 시범사업 분석보고서
- 책임보험 제도 보고서
- 운용 위험 관리 보고서 등

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

- 민간 무인기 인증체계 및 운항기준의 수립을 통한 국내 무인항공기의 운용기반 확보
- 민간 무인기 시험운용을 통한 민간 무인기의 전국적인 보급에 필요한 근거 데이터 확보
- 본과제 연구결과를 기반 하여 ICAO RPAS Panel에 참여, 국제 무인항공기 관련 법규 및 규정 수립과정에 적극 기여
- 무인선 등 다수/다종 무인이동체를 기반으로 한 통합 운용체계 구축
- 추후 활발히 전개될 민간주도 각종 무인기 사업 수행에 본과제를 통해 도출한 운용기준, 인증방안, 운용 인프라를 활용 가능
- 장래 전국적인 무인기 운용체계 구축 시 본 연구 결과를 확장, 적용 가능
- 전(叀) 민간공역내 무인항공기의 안전한 통합 방안 구축 및 수행

□ 기대효과

- 민간 무인항공관련 기술의 발전을 통한 항공산업 전반 및 관련 산업 경쟁력 제고
- 민간 무인기를 중심으로 한 무인선, 무인차량 등 다수/다종 무인이동체 운용기반을 구축하여 신개념 운송체계 개발

- 상시 감시, 재난 긴급 대응 등 국토 균형 개발, 국민 편익 증대
- 전 세계적으로 활발하게 진행 중인 민간무인기 관련 법령 및 규정의 조기 수립 가능
- 민간 무인기 인증 및 운용체계 구축 경험을 타 무인이동체 법제화에 적용 가능(무인수상선, 무인차량 등)

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2015.12 ~ 2021.12 (6년)
 - 1차년도 연구기간 : 2015.12 ~ 2016.6 (6개월)
 - 2차년도 연구기간 : 2016.6 ~ 2017.4 (10개월)
 - 3차년도 연구기간 : 2017.4 ~ 2018.4 (12개월)
 - 4차년도 연구기간 : 2018.4 ~ 2019.4 (12개월)
 - 5차년도 연구기간 : 2019.4 ~ 2020.4 (12개월)
 - 6차년도 연구기간 : 2020.4 ~ 2021.12 (20개월)
- 총 정부출연금 : 17,596백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 721백만원 이내
 - 2차년도 정부출연금 : 2,211백만원 이내
- ※ 전문기관 위탁수수료 제외
- ※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반과제”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 연구개발 계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 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 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 연구내용별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구기관 간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발 기술과 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 연구개발 계획서에 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 수행실적이 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 협약 시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화) 가능
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

2절. 평가기준 설정

- 무인 이동체에 대한 다부처 과제의 일환으로서, 국토부에서 기획하는 무인 항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 사업은 기술적, 산업-경제적, 그리고 연구 체계의 3가지 측면의 요소들에 대해 각각의 평가 기준을 정립하고, 이를 바탕으로 사업의 가치와 수행 여부, 그리고 그 경과를 평가하고자 함.

평가 기준	
기술적 측면	질적 특허 등록 및 논문 게재 실적 평가
	해외 전문가 Peer 리뷰(전문가 리뷰)를 통한 기술성 평가
	기존 사례 분석 및 연구 결과를 통한 기술적 타당성 제시
	향후 지속적이고 발전적 적용 가능성
산업·경제적 측면	사회문제 해결 방안 제시 및 사회적 공공성에 맞는 전달 체계를 고려한 수요 창출 방안
	법·제도 개선, 사업화 및 서비스 전달체계, 정부 주도 시장창출 방안 등에 대해 종합 고려
	고효율 고성능 인프라 구축을 통한 군/민간 분야의 기술 선점 및 국산화
연구 체계 측면	본 과제 수행을 통한 파생 기술 예측 평가
	타 국정과제와의 연계를 통해 연구 성과의 확장 및 극대화
	과제 종료 후 즉시 활용 가능한 무인시스템 최적 통합운용환경 제시

□ 기술적 측면 평가 기준

- 기획 과제의 최종 성과물 중 정량적으로 사업의 원활한 진행 여부와 그 질적 결과물을 평가하기 위하여, 사업의 진행을 통해 새롭게 획득된 특허 등록 사례와 논문 게재 실적에 대한 정량적 평가 기준을 제안 함.
- 연구 수행 결과물에 대한 정량적 평가를 위하여 관련 분야에 대한 선진 기술과 개발 사례를 보유한 해외의 저명 전문가에 대한 전문가 리뷰를 실시하고 그 검토 의견을 바탕으로 기술성을 세계 동향과 비추어 정성적으로 평가 함.
- 본 기획 보고서를 통해 새롭게 제안되는 과제가 기존에 유사 연구 사례와의 연

계를 통해 발전되고, 동시에 차별적인 우수한 연구가 수행되도록 하기 위해 기존 사례에 대한 객관적이고 정밀한 분석을 통해 그 기술적 타당성을 평가의 기준으로 함.

- 기 수행된 유사 과제의 결과물을 본 기획의 기초로 삼음과 동시에, 본 사업의 수행에 따른 결과물은 향후 무인이동체에 대한 연구 개발 및 활용에 있어 지속적이고 발전적 적용 가능성을 갖고 세계적 수준의 기술을 보유 가능하도록 함을 평가의 기준으로 함.

□ 산업-경제적 측면 평가 기준

- 본 기획 과제 및 향후 사업 수행을 통해 무인이동체의 운용을 통해 기대 할 수 있는 경제적인 효과 뿐 아니라, 동시에 발생 할 수 있는 사회적 문제에 대한 해결 방안에 대한 고려 사항을 평가 기준으로 함.
- 국토부 뿐 아니라 다부처로 확장되는 장기적 무인이동체 관련 사업과 관련하여 정부 주도의 사장 및 수요 창출 방안과 법/제도 개선에 대한 종합적인 고려 사항을 평가 기준으로 함.
- 미국 주도의 선두 기술에 대하여 세계적으로 견줄 수 있는 국산화 기술을 이룩하고 군/민간 분야의 다양한 인프라 구축 방안을 평가 기준으로 함.

□ 연구 체계 측면

- 국토부 기획 과제를 통해 파생 될 수 있는 다양한 분야의 기술을 정확하고 면밀하게 예측하고 이에 대한 발전 방향을 동시에 모색 함.
- 기존의 수행된 연구 사례 뿐 아니라 타 국정 과제와의 연계를 통해 융합적이고 체계적인 연구 성과를 창출하고, 이를 확장 가능하도록 함.
- 과제의 기획과 연구 수행이 종료 된 후에는 이에 대한 결과물을 관련 분야에 즉시 활용하여 무인 시스템의 최적 통합 운용 환경을 제시 할 수 있도록 함.

[첨부1]

1. 다부처사업 전체예산 ('14.7)

(단위: 억 원)

주요 사업	연도별 소요예산						소계
	1단계			2단계			
	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	
무인이동체계 통신 체계 연구	12	14	14	8	0	0	48
미래창조과학부	12	14	14	8	0	0	48
다수 무인이동체계 보안/협용 기술 연구	8	9	10	0	0	0	27
미래창조과학부	8	9	10	0	0	0	27
무인항공기 운항 기준 연구	8	8	8	0	0	0	24
국토교통부	8	8	8	0	0	0	24
무인항공기 인증 체계 연구	9	9	9	0	0	0	27
국토교통부	9	9	9	0	0	0	27
무인이동체 운용 인프라 구축	12	15	15	13	13	13	81
미래창조과학부	0	0	0	0	0	0	0
국토교통부	12	12	12	9	9	9	63
해양수산부	0	3	3	4	4	4	18
고신뢰성 해양 무인시스템 운용기술 연구	4	4	4	0	0	0	12
해양수산부	4	4	4	0	0	0	12
통합 검증을 위한 인프라 구축 및 실용화 기술 검증/시연	0	0	0	50	50	51	151
국토교통부	0	0	0	23	23	23	69
해양수산부	0	0	0	4	4	4	12
민 간	0	0	0	23	23	24	70
총계	53	59	60	71	63	64	370
	172			198			

- 미래창조과학부 과제 제안요구서

‘15년도 ICT R&D 사업 신규과제 RFP

관리번호	
과제명	고신뢰성 다중 무인이동체 시스템 보안/통신 기반기술 개발
2. 연구목표	<p>□ 최종목표 : 무인항공기(150kg 이상), 무인선박 등 다수/다종 무인이동체용 시스템 SW/보안/통신 기반기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무인이동체 제어용 무선통신 핵심기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다수 무인기 제어용 통신링크 무선채널 특성 연구 및 무선 인터페이스 규격개발 - 다수 무인기 제어용 송수신 알고리즘 개발 및 통신모뎀 시제품 개발 - 다수 무인이동체 운용을 위한 네트워크 구조 및 핸드오버 기술 연구 - 무인이동체 통신 플랫폼 관련 표준화 전략 수립 및 국내외 표준화 활동 ○ 다수/다종 무인이동체 상시보안 검증 및 통합운용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 무인이동체 운용체계의 보안성 확보를 위한 전반적인 취약점 분석 및 공격 가능 시나리오 도출 - 무인이동체 운용체계에 대한 신뢰성 확보 기술 개발 및 감시/대처 방안 연구 및 구현 - 무인이동체의 안전한 운용을 위해 특화된 보안 프로토콜 설계 및 기술 개발 - 다수/다종 무인이동체의 통합 운용 기술 개발 - 다수/다종 무인이동체의 다양한 운용 환경에서의 검증 기반 구축 및 시연
3. 지원기간/예산/추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 4년 이내 ○ 정부출연금 : ‘15년 30억 원 이내(총 정부출연금 80억원 이내)

- 해양수산부 과제 제안요구서

과제제안요구서(RFP)

과제명	고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운용체계 개발 (고신뢰성 해양무인시스템 운용기술 및 인프라 구축 연구)		
연구기간	총 6년 이내	정부출연 금	'15년 8억 원 이내 (총 42억 원 이내)
주관기관	제한 없음	기술료 징수여부	징수대상

□ 연구목표

(1) 최종목표

- 국내 해상에서의 무인선 활용 활성화에 필요한 관련 인프라 구축 기술과 활용 서비스를 개발하고 이를 시연하여 검증함.

(2) 세부 연구내용

- 고신뢰성 해양무인시스템 운용기술 연구
 - 다수 무인선 및 무인선-무인기 협업 운용 기술연구
 - 다수 무인선 군집 운용 최적화 기술 연구
 - 무인선/무인기 협업 운용 최적화 기술 연구
 - 해상 부유물/오염물 자율 탐지 및 추적 기술 연구
 - 다수 이종 해양무인시스템을 활용한 서비스 개발
 - 적조 이동확산 탐지 및 실시간 추적
 - 유출유 이동확산 탐지 및 실시간 추적
 - 해양사고 조난자 수색
 - 무인선용 GNSS PNT 신뢰성 향상 기반기술 연구
 - 무인선용 PNT 신뢰성 요구 성능 개발
 - 위성항법보강정보 기반 PNT 무결성 감시 기반기술 연구
- 해양무인시스템 운용을 위한 인프라 구축 기술 연구
 - 무인선 인증 기준 및 운항 규정 연구
 - 무인선 운용을 위한 통신 인프라 기본 연구
 - VTS 및 유인 선박과 무인선 관제소와의 교신을 포함한 관제 인프라 구축

연구

- 고신뢰성 해양무인시스템의 실용화 기술 적용/통합 및 검증/시연
 - 고신뢰성 통신/보안/운용 기술의 적용 및 검증
 - 이종 무인시스템(무인선-무인기) 시연 운용을 위한 시스템 구성
 - 이종 무인시스템에 의한 해양 서비스 실용화 기술 검증 및 시연

**고신뢰성 다개체 무인이동체
통합운용체계구축사업 경제성 분석**

I. 개요

1. 연구 배경 및 목적

- 전 세계적으로 무인이동체계의 실용화 연구가 활발히 진행됨에 따라 신뢰성 및 보안성을 확보한 무인이동체계 운용기반 구축 및 시범 운용 추진 필요성 대두
 - 무인항공기, 무인선박 등 전통적인 공중에서의 이동장치가 ICT 기술과 결합한 신개념 융합체계로 전환되어 관련 연구의 경쟁 가속화되고 있음
 - 무인이동체계는 조종자가 탑승하지 않고 원격으로 운용되는 이동체와 운용에 필요한 원격통제소 등의 체계를 통칭
 - 산업구조 선진화 등에 따른 인건비 및 위험관리 비용 증가, 노동인력 감소 등으로 무인이동체계의 필요성과 활용도가 지속적으로 증대되면서 관련 산업의 성장 예상
 - 무인항공기의 경우 미국을 선두로 정찰, 감시 등 공공분야와 물류 등의 민간 공역에서의 활용방안이 제시되고 있으며, 우리나라에서도 소형 항공촬영용 무인기 등으로의 활용 확산
 - 2013년 세계 무인기 총 시장은 7.6조원(66억 달러)이며, 연평균 6%의 성장²⁾
 - 이에 무인이동체 산업 성장을 견인하고 무인이동체계의 운용 효율 및 활용도를 극대화할 수 있는 '고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운용체계 구축사업'을 추진
- 국가연구개발사업은 예비타당성조사의 하나로 경제성 분석을 실시하고 있어, 추진사업의 경제성 분석을 통해 투자적합성을 파악하고자 함
 - 경제성 분석은 연구개발 성과를 미리 예측하고, 성과의 경제적 가치가 얼마인가를 분석하여 대상 연구개발사업의 추진 정당성을 판단하기 위한 절차임
 - 비용-편익 분석을 위해서 사업 시행에 따른 수요를 추정하여 편익을 산정하고, 총사업비와 해당 사업의 운영에 필요한 모든 경비를 합하여 비용을 산정함

2) Teal Group, 2013

○ 정부 연구개발사업의 경제성 분석은 해당 사업의 파급효과와 투자 적합성을 분석하기 위한 수단으로 비용-혜택 분석을 기본적인 분석방법으로 활용

- 비용-혜택 분석은 투자대상 사업을 수행할 경우 예측되는 모든 비용과 편익을 측정하고 사업의 타당성을 사전에 검증하는 방법

- 비용-혜택 분석을 통한 사업의 경제성 판단은 혜택이 비용을 초과해야 한다는 원칙 하에서 진행하기 때문에 일반적으로 B/C(Benefit/Cost) 비율이 1보다 클 경우 경제적 타당성이 있음을 의미함

□ 이에 따라 동 연구에서는 ‘고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운용체계 구축 사업’의 비용편익분석을 실시하여 경제성을 파악하고자 함

○ 동 사업의 총 투입 비용 추정 및 사업을 통해 발생하는 편익 추정

○ 비용 대비 편익 분석을 통해 경제성 확보 여부 파악

2. 연구 프레임워크

□ 동 연구는 사업의 이해를 바탕으로 방법론을 설정하고, 비용·편익 산출, 비용/편익 분석 순으로 추진



[그림 I-1] 연구 프레임워크

II. 경제성 분석 방법론

1. 비용편익 분석(cost-benefit analysis)

- (개념) 비용편익 분석(cost-benefit analysis)이란, 선택한 대안에 소요되는 비용과 해당 대안으로 인하여 발생하는 편익을 분석하여 투자할만한 가치가 있는지 판단하는 기준 의미
 - 모든 사업은 기본적으로 비용을 요구하고 편익을 창출하게 되는데, 이때 편익과 비용을 정확히 측정하여 비교함으로써 투자사업의 타당성 여부를 평가하거나 투자사업의 우선순위를 결정할 수 있음
- (절차) 비용편익분석은 ‘투자 시나리오 정의’, ‘비용분석’, ‘편익분석’, ‘결과 도출 및 해석’의 절차에 따라 수행함
 - 「투자 시나리오 정의」는 수행사업의 범위 및 대상산업 정의, 투자로드맵 설정의 순으로 수행함
 - 투자 시나리오 정의는 전문가 인터뷰 및 유관기관 협의를 통해 추진함
 - 「비용분석」은 기술개발 및 기타 비용의 항목을 도출하고 이를 토대로 총비용을 산정함
 - 비용분석은 과거 자료에 기반 하여 추정하는데, 일반적으로 유사사업 자료 원용 또는 전문가 추정에 의하여 산정함
 - 「편익분석」은 사업내용에 토대로 편익항목을 도출하고, 편익항목을 직접, 간접 편익으로 구분하여 계량화하고 이를 통해 총 편익을 산출함
 - 편익분석은 유사사업의 편익항목 분석, 내부 Brainstorming, 편익 함수 도출 및 파라미터 설정 등을 통해 수행함
 - 「결과 도출 및 해석」 단계에서는 경제성 분석 지표 설정, 비용-편익 분석 결과 도출 및 결과 해석 등을 통해 수행함

주요 활동	분석 내용	분석 방법
1 투자 시나리오 정의	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수행사업의 범위 ■ 대상산업 정의 ■ 투자 로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사업 분석 ■ 전문가 인터뷰
2 비용 분석	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비용 항목 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발비 등 - 운영 및 유지보수비 등 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과거 자료를 이용한 추정 ■ 유사사업 자료 원용 ■ 전문가 추정 자료
3 편익 분석	<ul style="list-style-type: none"> ■ 편익 항목 도출 ■ 직접 편익 산정 ■ 간접 편익 도출 및 계량화 ■ 총 편익 산정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유사사업 편익 항목 분석 ■ 브레인스토밍 ■ 편익 함수 도출, 파라미터 추정
4 결과 도출 및 해석	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경제성 분석 지표 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 순현재가, IRR, Payback 등 ■ 비용/편익 분석 결과 도출 ■ 결과해석 및 시사점 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 분석 파라미터 설정 ■ 경제성 분석 지표 산정 ■ 민감도 분석 등

[그림 II-1] 비용편익분석 절차

□ (분석 방법론)비용편익 분석에서는 경제성 분석 지표로 「순현재가치 (Discounted Cash Flow)」, 「비용-편익 비율(B/C ratio)」, 「내부수익률」 등을 활용함

- 「순현재가치」는 투자사업의 전 기간에 걸쳐 발생하는 순편익의 합계를 현재 가치로 환산한 값을 의미함
 - 순현재가치는 가장 보편적으로 인정되는 비용편익분석 기법으로, 기업이나 공공부문 각계에서 광범위하게 적용되는 방법임
 - 순현재가치법에 기반 한 비용-편익분석은 평가모형, 사업대상 및 평가주체, 평가시기 등에 따라 다양하게 구분될 수 있으며, 평가모형은 순현재가치 (NPV: net present value)를 보느냐, 비용과 편익의 상대 비율을 보느냐 등에 따라 다양함
 - 순현재가치가 0보다 크면 경제성이 있으며 0보다 작으면 경제성이 없다고 판단하며, 여러 개의 사업 중 우선순위를 설정할 경우 그 값이 클수록 선호도가 높아짐

<표 II-1> 민간사업과 공공사업에서의 순현재가치법 산출 개념 비교

구 분	목 적	정 의
민간사업	수익성 극대화	순현재가치(Private NPV)는 $PNPV = PB - PC$, 즉 사적편익(PB)에서 사적비용(PC)을 제한 것
공공사업	<ul style="list-style-type: none"> - 공익적 가치를 고려하므로 사회적 순현재가치를 산출함 - 사회적 순현재가치의 배경에는 소위 공리주의적 사고가 존재하여, 사회구성원 전체의 집계후생의 개선에 초점을 둠 	<ul style="list-style-type: none"> - 사회적 순현재가치(Social NPV)는 $SNPV = SB - SC$, 즉 사회적 편익(SB)에서 사회적 비용(SC)을 차감한 것

자료: 한국개발연구원(2004)

- 「비용-편익 비율」은 사업 추진으로 인한 총 편익과 총비용을 현재가치로 환산하고 각각의 현재가치의 상대적 비율을 산출한 것을 의미함
- 「내부수익률」은 투자 사업이 원만하게 진행된다는 전제하에 기대되는 예상 수익률로, 투자사업의 전 기간에 걸쳐 발생하는 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 일치시켜 순현재가치가 0이 되게 하는 할인율로 계산함
 - 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단하며, 다수의 사업이 있는 경우에는 내부수익률이 클수록 선호
- (지표별 특징)순현재가치, 비용-편익 비율, 내부수익률 지표별 아래와 같은 특징 및 사항을 고려하여 분석해야 함
 - 「순현재가치」를 이용하여 여러 대안의 우선순위를 결정할 때에는 다음의 사항들을 고려할 필요가 있음
 - 첫째, NPV 기준은 사업규모가 커질수록 NPV도 커지므로 소규모 사업보다 대규모 사업의 우선순위가 비현실적으로 높아질 수 있음
 - 둘째, NPV의 계산과정에는 미래에 발생하는 편익과 비용을 현재가치로 계산하는 과정이 포함되어 있기 때문에 상황에 따라 다른 결과가 나타날 수 있음
 - 셋째, NPV를 투자사업의 선정기준으로 삼을 때 사전에 할인율을 결정해야 하나, 사업간 순위가 할인율에 따라 민감하게 반응함
 - 「비용-편익 비율」은 수확체감의 법칙에 따라 거의 항상 소규모 사업이 대규모 사업에 비해 높은 비용-편익 비율을 갖게 되는 단점을 보유하고 있음

- 「내부수익률」 기준은 다른 기준과 마찬가지로 편익의 발생 시기에 큰 차이가 있을 때에는 사업의 내용 연한이 짧고 편익이 조기에 발생하는 사업이 상대적으로 유리한 사업으로 판명되는 단점을 보유하고 있음

<표 II-2> 경제성 분석기준의 장·단점 비교

분석기법	판단방법	장점	단점
순현재가치	$NPV \geq 0$	<ul style="list-style-type: none"> - 대안 선택 시 명확한 기준 제시 - 장래발생편익의 현재가치 제시 - 한계 순현재가치를 고려하고 타 분석에 이용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 대안우선순위 결정시 오류발생이 가능하고 이해하기 어려움
편익/비용	$B/C \geq 1$	<ul style="list-style-type: none"> - 이해가 용이하고 사업규모 고려 가능 - 비용편익 발생시간 고려 	<ul style="list-style-type: none"> - 편익과 비용의 명확한 구분이 어려움 - 상호 배타적 대안선택의 오류 발생 가능
내부수익률	$IRR \geq \gamma$	<ul style="list-style-type: none"> - 사업의 수익성 측정 가능 - 타대안과 비교 용이 - 평가과정과 결과에 대한 이해가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> - 사업의 절대적 규모를 고려하지 않음 - 여러 개의 내부수익률이 도출될 가능성이 존재

자료 : 한국개발연구원(2004)

2. 비용분석

- (비용추정)연구개발사업의 비용 추정 시 사업의 목적과 규모, 제반 여건에 따라 사업비를 다양하게 분류하여 연구개발사업의 비용요소로 활용할 수 있음
 - 비용요소의 적절한 분류는 비용추정 작업에 기본적인 방향을 제시하고 타당성을 부여하는 등 비용추정 작업의 기초로 활용
 - 예비타당성조사에서는 사업주체가 제시한 비용자료를 토대로 비용편익분석을 수행하되, 사업계획서에 제시된 연도별 예산집행계획을 검토하여 그 적절성여부를 파악
 - 필요시 선진국의 유사한 사업투자 사례를 검토하여 투자비용, 투자계획 등을 비교·분석함

- (비용추정의 원칙)비용은 실제 지출된 비용이 아닌 기회비용의 관점에서, 그리고 외부비용까지 포함한 사회적 비용의 관점에서 추정함
 - 비용은 연구개발사업 수행으로 발생하는 일체의 자원비용(resource cost)을 의미하므로, 투자 사업으로 인한 직접비용과 간접비용뿐만 아니라 사업이 시행됨에 따라 발생하는 외부비용(external cost)까지 포함함
 - 예를 들어, 연구센터 구축 시 부지를 무상으로 제공받는 경우 기회비용의 관점에서 부지매입 비용을 반영함
 - 기술개발로 인해 새로운 환경문제가 발생하거나 이를 악화시킬 수 있다면 환경비용이라는 외부비용도 포함함

- (비용 도출과 추정)예비타당성조사에서는 사업 수행단계에서 발생가능한 모든 비용항목들을 고려함
 - 예비타당성조사에서 검토하는 연구개발 사업비는 사업수행을 위한 초기 투자비의 형태로 제안되므로, 총 사업비에는 초기 투자비뿐만 아니라, 운영관리비 등도 포함함
 - 연구장비구축사업의 경우는 중간에 발생하는 개수비, 보수비, 재투자비용을 적절하게 포함하기도 함
 - 비용 추정 시 다음의 비용들은 분석에서 제외함
 - 세금, 은행이자, 보조금과 같은 이전지출(transfer payment)은 실제 발생한 비용이 아니라, 한 곳에서 다른 곳으로 이전되는 지출에 불과하므로 관련 비용은 제외함
 - 연구개발사업의 경제성 분석을 수행하기 이전에 발생한 매몰비용(sunk cost)도 제외함
 - 감가상각비(depreciation cost)는 기업의 회계처리상 중요한 비용항목이나 비용편익분석의 비용으로는 제외함
 - 다만, 연구 장비나 시설과 같이 분석기간이 종료한 이후에도 사업시설이 남아 있는 것이 있다면 이것의 잔존가치(salvage value)를 추정하여 이를 비용에서 차감함

3. 편익분석

- (편익의 정의) 연구개발사업의 편익은 원칙적으로 연구개발 활동의 결과로 나타나는 모든 긍정적 효과를 의미함
 - 연구개발사업의 편익의 분석은 미시적 수준에서 긍정적 효과를 구분하여 추정 한 후 거시적 수준에서 각각의 긍정적 효과를 적절하게 합산함
 - 연구개발사업으로 인해 혜택을 얻는 경제주체를 크게 소비자(또는 가계)와 생산자(기업 또는 산업)로 구분한다면, 소비자에게 발생하는 편익은 소비자 잉여의 관점에서 평가되어야 하고, 생산자에게 발생하는 편익은 부가가치의 관점에서 평가
 - 수혜의 대상을 소비자와 생산자로 뚜렷하게 구분하기 어려운 경우는 국가 전체의 부가가치 창출액으로 평가하거나 정성적으로 평가할 수 있음
 - 각각의 추정된 편익을 합산할 때는 이중계산의 문제는 없는지 또는 누락된 부분은 없는지에 대한 검토할 필요가 있음
 - 연구개발사업의 편익분석 시 경제적 편익 중에서 화폐가치로 측정할 수 있는 직접 편익만을 고려하되, 간접 편익이 중요한 경우에는 추정하여 편익에 반영
 - 편익추정은 원칙적으로 경제학적 방법에 근거해야 하는데, 이 방법을 적용하기 위해 많은 시간과 비용이 소요되거나 여러 여건상 적용할 수 없는 경우에는 대용가능한 간편법을 사용하기도 함
 - 연구개발사업의 편익을 추정하기 위해서는 원칙적으로 수요곡선 접근법이나 부가가치 접근법과 같은 경제학적 방법론에 근거해야 하나 경우에 따라 이 방법이 용이하지 않거나 분석이 불가능할 경우도 존재함
 - 이런 경우에는 국내외 분석사례를 참고하여 해당 상황에 맞게 조정하는 편익이전(benefit transfer) 작업을 수행함
 - 예를 들어, 외국에서 측정한 편익을 구매력 지수와 분석시점 등을 종합적으로 고려하여 국내 상황에 맞게 조정한 값을 이용할 수 있으나, 이러한 방법은 왜곡된 결과를 초래할 수 있으므로 주의가 필요함

□ (편익 추정) 편익의 추정은 편익의 특성에 따라 직접편익과 간접편익으로 추정함

- 직접편익은 연구성과의 사업화를 통해 시장에서 발생하는 직접적인 매출 편익을 의미하며, 간접편익은 사업화 매출 외에 연구성과 활용에 따라 발생하는 다양한 종류의 편익을 모두 포함함
- 직접편익은 일반적으로 시장에서의 매출 규모 추정, 매출에서의 이익률, 사업 기여도, R&D 기여도 등을 고려하여 추정함
 - 매출 규모는 관련 시장 규모와 시장점유율에 근거하여 추정함
 - 시장 규모는 사업화 이후 잔존가치 발생기간 동안 해당 과제로 사업화되는 목표시장의 규모 의미
 - 시장점유율은 해당 시장에서 성과물이 차지할 수 있는 비중으로 과거 점유율, 기술 수준, 마케팅 능력 등을 고려하여 잔존가치 발생기간의 점유율을 추정함
 - 매출에서의 이익률은 산업의 영업이익률, 기술수준 등을 고려하여 잔존가치 발생 기간 동안 영업이익율을 추정함
 - 그러나 실제 산업별 영업이익률 추정이 어려워 한국은행에서 발표하는 산업별 부가가치율로 대체하여 적용
 - 사업기여도는 개발된 기술이 사업화에 성공하여 실제 편익의 발생가능성을 고려한 기대값을 추정하는 것으로, 일반적으로 기존 유사분야 국가연구개발사업의 사업화 성공률을 적용함
 - R&D 비중은 편익발생에 기여하는 여러 요소 중 R&D가 잔존가치 발생기간 동안 차지하는 비중을 의미함

	시장규모	시장점유율	영업이익률	사업 기여도	R&D 기여도
규범적 해택추정 방법론	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시장 규모 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 사업화 이후 잔존가치 발생 기간 동안 해당 과제로 사업화되는 전체 시장 규모 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시장 점유율 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 과거 점유율, 기술 수준, 마케팅 능력 등 고려하여 잔존가치 발생 기간 동안의 점유율 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 영업이익률 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 산업의 영업이익률, 기술 수준 등 고려하여 잔존가치 발생 기간 동안의 이익률 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사업 비중 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 기술이 사업화에 성공하여 실제 편익의 발생 가능성을 고려한 기대값을 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ R&D 비중 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 편익발생에 기여하는 여러 요소 중 R&D가 잔존가치 발생 기간 동안 차지하는 비중
KW's의 해택추정 방법론	<ul style="list-style-type: none"> ■ 목표 시장규모 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 전문조사기관 자료 바탕으로 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시장 점유율 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 과거 점유율, 기술 수준, 마케팅 능력 등 전문가 판단 바탕으로 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 부가가치를 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 한국은행 산업연관표 2007의 부가가치를 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국가연구개발사업의 사업화율을 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 기술분야별 국가연구개발사업의 사업화 성공률 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ■ R&D의 경제성장 기여율 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 신태용(2004)의 28.1%를 활용

[그림 II-2] 직접편의 추정 방법론

○ 간접편의의 추정은 가치창출모델을 토대로 가치창출 항목별 파급효과를 분석함

- 가치창출모델은 과제별 가치창출 경로 도출을 통해 설계함
- 가치창출모델의 변수조직화 및 자료수집을 통해 가치창출모델 개별 변수별 데이터를 확보함
- 수집자료 분석을 통해 확인된 변수들을 가치창출모델에 입력하여 파급효과를 도출함
- 파급효과에 기여하는 요소(실행능력, 제품생산, 기술 등)중 기술력의 잔존가치 발생기간 동안 R&D 사업 결과물의 기여도(비중)를 추정함

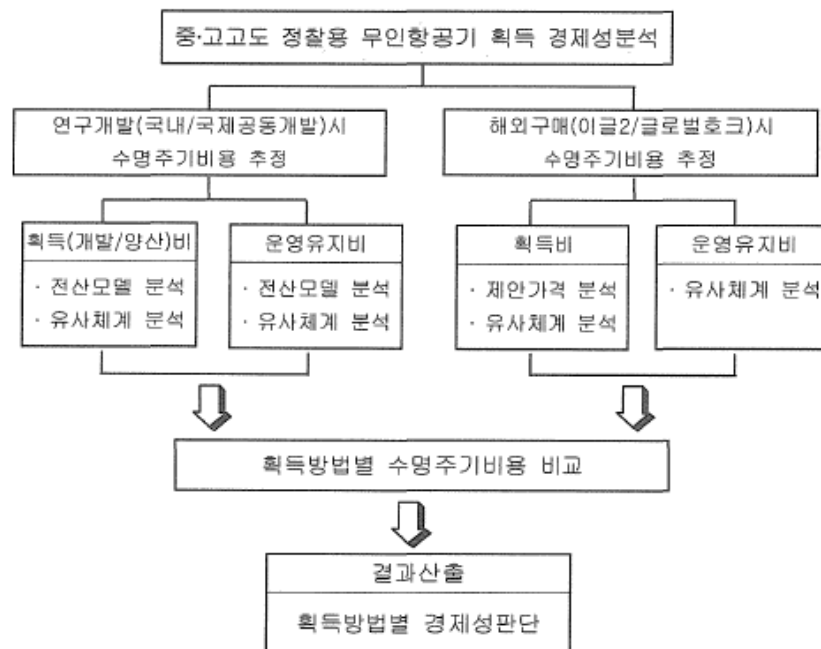
	가치창출모델 구축	변수별 자료 수집	파급효과 도출	사업 기여도	R&D 기여도
규범적 해택 추정 방법론	<ul style="list-style-type: none"> ■ 가치창출모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 과제별 가치창출 경로 도출 - 가치창출 모델 구축 - 가치창출 모델의 변수 조직화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자료 수집 <ul style="list-style-type: none"> - 가치창출 모델별 구체적 데이터 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수집된 자료 분석 통한 파급효과 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 가치창출 모델 입력 통한 파급효과 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 파급효과 중 본 사업의 기여에 따른 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 잔존가치 발생 기간 동안 본 사업이 미친 영향의 기대치 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 파급효과에 기술이 기여하는 비중 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 파급효과에 기여하는 요소(실행능력, 제품생산, 기술 등)중 기술력의 잔존가치 발생기간 동안 기여도 파악
KW's의 해택추정 방법론	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세분영역별 가치창출 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가치창출 모델 유사 과제 분류 - 가치창출 모델 상세 개발 - 가치창출 모델별 변수 조직화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자료 수집 <ul style="list-style-type: none"> - 설문조사 통한 수집 - 유사 사업 및 관련 자료, 전문가 판단을 종합하여 보완 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수집된 자료 분석 통한 파급효과 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 가치창출 모델 입력 통한 파급효과 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 본 사업 성과의 파급효과 발생 가능성 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 유사 사업의 실적을 토대로 본 사업의 파급효과 발생 가능성 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 파급효과에 기술이 기여하는 비중 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 유사 사업 등 관련 기여도 자료, 관련 전문가 통한 추정

[그림 II-3] 간접편의 추정 방법론

Ⅲ. 사례 분석

1. 중·고고도 정찰용 무인항공기 사업의 경제성 분석³⁾

- (목적) 중·고고도 정찰용 무인항공기 사업추진을 위한 사전분석 연구로 획득방법 결정을 위한 경제성 분석과 함께 국내개발 추진 필요성 및 적절성 분석
- (연구 범위) 장비개발에 따른 경제성 판단 및 수명주기 비용 분석
 - 국내 연구개발의 필요성과 개발비용에 대한 비용의 적절성 판단/분석
 - 개발 가능성 및 개발비용의 적절성
 - 개발에 필요한 핵심기술 확보 및 타 무기체계 적용여부
 - 개발대상장비와 해외개발 유사장비와의 운용개념 및 경제성 검토
 - 국내 연구개발 또는 해외구매에 따른 수명주기 비용분석
 - 국내 연구개발에 따른 수명주기 비용분석
 - 해외구매에 따른 수명주기 비용분석



[그림 Ⅲ-1] 중고고도 정찰용 무인항공기 경제성 분석 절차
자료: 국방대학교, 2003

3) 중·고고도 정찰용 무인항공기 사업추진을 위한 사전분석(국방대학교, 2003)

- (분석방법) 획득방법별 수명주기비용 추정을 통해 경제성 판단
 - 획득 방법은 국내/국제공동개발과 해외구매로 분류하고 수명주기비용은 획득(개발/양산)비용 및 운영유지비로 산정하여 연구개발과 구매비용의 차로 경제성 분석

<표 III-1> 획득방법별 수명주기 비용 비교(단위: 억원)

구분		획득비 (개발비 포함)	운영유지비 (20년)	수명주기 비용
국내연구개발		5,798	5,163	10,961
국제공동연구개발		3,010	5,658	8,668
해외 구매	Eagle-2	972	2,682	3,654
	글로벌호크	2,569	7,091	9,660

자료: 국방대학교, 2003

- 기술축적 및 파급, 사업리스크, 국가정책기여 측면의 기술적, 사회적 파급효과를 판단하고자 하였으나, 정성적으로 분석하여 경제성 분석과 함께 사업 추진 판단 여부 참고 자료로 활용

2. 무인잠수정 개발 사업의 경제적 가치 추정⁴⁾

- (목적) 2006년 한국해양연구원에서 6,000m 심해까지 들어갈 수 있는 잠수정 ‘해미래’를 개발함에 따라 사업의 실용화를 위한 경제성 분석 추진
 - 2001년부터 2007년까지 6년간 심해용 무인잠수정 시스템 설계·제작하고, 실험역 시운전을 통해 시스템의 신뢰도 향상 및 안전장치를 개발
- (분석방법) 심해용 무인잠수정 개발 사업에 대한 경제적 편익을 측정하기 위해 비시장가치를 위주로 측정하는 조건부가치추정법(CVM)을 이용
 - 전국의 만 20세에서 64세 대상으로 성별, 결혼여부, 교육수준, 소득을 변수로 설문조사를 실시하여 조건부가치추정법 추정

<표 III-2> 차세대 무인잠수정의 비시장가치 추정을 위한 표본 기본 통계

변수	평균	표준편차	최소치	최대치
제시가격	3.0000	1.4160	1	5
나이	43.6525	9.7011	20	64
성별	0.4925	0.5006	0	1
결혼여부	0.5525	0.4979	0	1
교육수준	15.4700	49.3509	2	999
소득	457.4375	288.8832	90	1500

자료: 전남대, 평택대(2011)

4) 조건부가치추정법을 이용한 무인잠수정 개발에 대한 경제적 가치 추정, 2011

○ CVM 조사 결과 지불의사액 2,094원을 전국의 총 가구수로 확대하고 5년간의 세금 납부기간을 적용하면 총 1,618억원으로 도출되어 경제적 가치가 있는 것으로 분석

- CVM 조사 결과 가구당 연평균 지불의사액은 2,094원이었으며, 95%의 유의수준에서 1,804~2,472원으로 조사됨

<표 III-3> 차세대 무인잠수정사업의 가구별 지불의사액(WTP) 추정 결과

구분	이중경계 양분선택형 모형(DBDC)	
	공변량이 없는 경우 (t-통계량)	공변량을 포함한 경우 (t-통계량)
평균 WTP	2,094원(12,4901)***	1,945원(7.2221)***
95% 신뢰구간	1,804~2,472원	1,454~2,538원

***유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미

자료: 전남대, 평택대(2011)

3. 스마트무인기 기술의 경제성 분석⁵⁾

□ (목적) 스마트무인기의 시장 성장 및 활용 확산을 위해 관련 기술의 경제적, 기술적 가치 평가를 실시

○ 스마트무인기란 기존의 무인기에 한층진화하여 고성능 및 높은 안전성을 가진 수익이착륙 비행을 하는 항공기를 지칭

○ 무인기의 시장이 급속히 성장하고 있고 광범위한 효용성과 잠재력에도 불구하고 여러 기술적 과제로 인해 대부분의 수요가 군수용에 머무르고 있어 스마트 기술개발의 경제적, 기술적 가치평가를 실시해 봄

□ (분석방법) 개발된 기술이 적용된 제품이 유입되는 시장의 미래 시장을 추정하고, 시장에서의 기술 기여도를 적용하여 가치를 분석

○ 산업연관표를 활용하여 1) 개발제품이 가져오는 가치, 2) 기술개발을 하기 위한 투입액이 가져오는 효과 3) 기술개발의 파급효과에 대한 분석 실시

○ 기술개발의 파급효과는 파급기술에 의한 잠재시장을 파악하고, 기술의 기여도를 기반으로 가치를 측정

5) 스마트무인기 기술개발의 경제적, 기술적 파급효과 분석, 항공대 박상범(2011)

- 분석 결과 무인기로 인한 산업과급효과 2조 2,729억원, 기술과급효과 9조 6,830억원의 경제효과를 거둘 수 있는 것으로 분석함

<표 III-4> 스마트무인기 기술개발의 경제적, 기술적 과급효과(단위: 억원)

구분	산업과급효과	기술과급효과	총계
회전익시스템	25	12,837	12,862
비행컴퓨터기술	117	6,654	6,771
항법장비기술	214	14,836	15,050
무인항공기전기장치기술	134	2,687	2,821
탑재회수장비기술	113	2,585	2,698
안테나/페데스탈/추적기 기술	2,007	2,964	4,971
상향송수신장비기술	3,300	2,561	5,861
영상압축/복원기술	975	6,012	6,987
통신제어장비기술	2,028	4,741	6,769
비행조정장비기술	111	5,160	5,271
영상조정 및 분석 장비기술	2,871	6,337	9,208
임무계획장비기술	178	2,704	2,882
자동이착륙유도장치기술	1,840	4,111	5,951
EO/IR기술	2,297	7,708	10,005
센서안정화 장치 기술	2,797	10,765	13,562
체계시험장비기술	3,722	3,421	7,143
총계	22,729	96,083	118,812

자료: 박상범(2011)

4. 시사점

- 선행연구에서는 무인이동체 관련 사업의 경제성 분석 방법론으로 비용절감법, 조건부가치측정법, 시장접근법을 활용
 - 무인이동체 관련 시장은 대부분 외산을 도입하여 국내에 활용하는 경우가 많아 국내기술이 적용된 무인이동체 활용 시 비용 절감 효과 분석이나 시장접근법에 의한 파급효과 분석이 많음
 - 미래 시장에 대한 전망치가 뚜렷하지 않은 점을 근거로 설문조사 기반의 조건부가치측정법을 활용하기도 함

<표 III-5> 선행연구 적용 방법론 비교

선행연구	분석 항목	분석방법
중·고고도 정찰용 무인항공기 사업추진을 위한 사전분석	개발비용, 획득비용, 운영유지비용 측면	기존 유인기의 무인기 전환을 통한 제작비용 및 유지비 절감효과 분석
조건부가치측정법(CVM)을 이용한 무인잠수정 개발에 대한 경제적 가치 추정	무인잠수정의 경제적 편익 추정	조건부가치측정법(CVM)
스마트무인기 기술개발의 경제적, 기술적 파급효과 분석	스마트무인기의 기술파급효과 및 산업 파급효과	시장접근법에 기술 및 사업 기여도를 적용

- 비용절감효과 영역의 선행연구는 통합 감항인증제도 실시에 따른 기대효과를 분석한 연구가 있으며, 동 과제의 인증 및 운용인프라 구축에 부분적인 적용 가능
 - 일정·비용 절감효과와 기존 인프라 활용을 통한 중복투자 방지 및 비용절감효과를 분석하고 있으며, 동 과제의 인증체계 및 운용인프라 구축의 기대효과 분석에 적용 가능할 것으로 판단
 - 기타 파급효과로서 감항인증제도 시행에 따른 국내 항공분야 안전기준 향상에 서 파급되는 기대효과를 언급하고 있으나, 정량적 결과 도출에 필요한 구체적 방법론은 제시하지 않고 있어 적용에 한계

- 산업 성장 및 기술 파급효과를 모두 포괄하여 분석한 실시한 경우에는 시장접근법을 활용하고 있어 동 과제에 적용 가능
- 시장접근법을 활용한 선행연구에서는 미래 무인이동체 시장에서의 사업기여도를 적용하여 산업과 기술의 파급효과를 추정
 - 시장접근법을 활용할 경우에는 객관적 관점의 미래시장 전망치가 존재하고, 전문가 그룹 등을 활용한 기여도 파악 필요

IV. 고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운영체계 구축사업 경제성 분석

1. 사업 분석

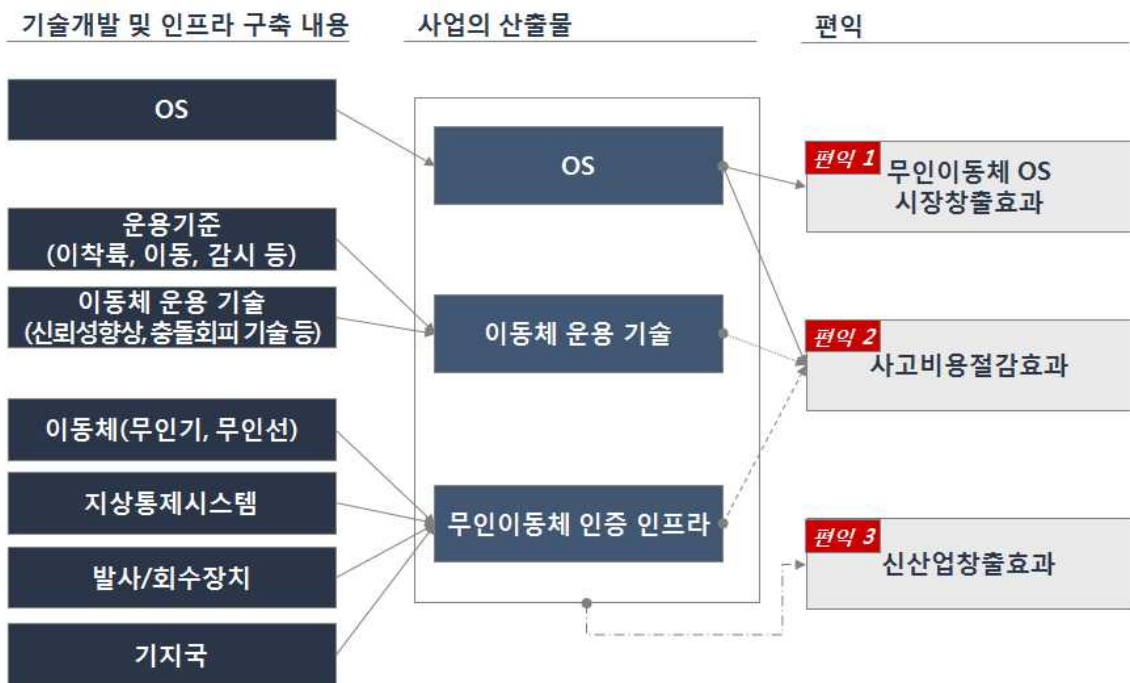
- (사업 목적) 높은 수준의 보안성, 신뢰성이 구현된 다수, 다개체 무인이동체 운영 기반 구축 및 시범운용을 통한 새로운 산업분야 개척 및 글로벌 표준화 선도
 - 신뢰성, 보안성이 향상된 통합운영체계 개발을 통해 무인이동체계의 운용 효율 및 활용도를 극대화하고 글로벌 표준화 선점을 통한 대규모 무인이동체계 실용화 대비
- (사업 내용 및 범위) 동 사업은 무인이동체 핵심기반 기술개발, 운영 기반 구축, 통합시범운용 등 추진
 - 동 사업은 '고신뢰성 다개체 무인이동체 활용을 통한 국민 편익 및 안전향상, 기술선진국 진입, 국부창출'을 비전으로 추진
 - 무인항공기, 무인선박 등 다수/다종 무인이동체의 민간 통합운영기반 구축을 목표로 함

<표 IV-1> 사업 기본 방향 및 세부 사업 구성

	기본 방향	세부사업
무인이동체 핵심기반 기술 개발	- 다수/다종 무인이동체의 고신뢰성 보안성 구현 기술개발 - 무인이동체의 원격 운용을 위한 통신기술 개발	- 무인이동체용 고신뢰 운영체제 개발 - 무인이동체용 통신체계개발 - 다개체 보안운용기술개발
민간 무인항공기 운용기반구축	- 민간 무인기 운용 법제화 - 무인기 인증 절차 사전 수립, 시범 사업용 무인기의 인증 수행	- 무인기 인증 및 운항기준 수립 - 무인기 운용 인프라 구축 - 무인기 비행핵심 기술개발 - 시범기 인증 및 운용
해양용플랫폼 및 운용기술 개발	- 해양용 무인시스템 운용기술개발 - 무인항공기와의 협응에 필요한 기술개발	- 민간 무인항공기 실용화를 위한 인증기술, 운용 기술 기준 수립 - 운용인프라 구축 - 시범기 인증 - 시범기 사업
다종 무인이동체통합시범운용	- 무인항공기/무인선박 실용화 및 시범사업 수행 - 무인기/무인선 등 이종간 무인이동체체계간의 통합 및 협응연구	- 무인기 시범운용 - 무인선 시범운용 - 무인기/무인선 협응 기법 연구

(**편익도출모델**) '고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운영체계 구축사업'은 OS개발, 운용 기준 및 기술 개발, 인프라 구축 등으로 구성되며 사업 산출물에 따른 3개의 편익을 도출

- 사업을 통한 산출물은 무인이동체 운용을 위한 OS, 이동체 운용 기술(기준 및 기술), 무인이동체 인증 인프라로 구성
- 이로 인한 편익은 OS 개발로 인한 무인이동체 SW 시장 창출, 사고비용 절감 및 신산업창출효과 발생



[그림 IV-1] 편익항목 도출 모델

3절. 비용·편익 모델링

(가) 가. 비용 모델

분석대상사업의 비용/편익 분석 모델에서 사용될 비용은 구축 비용과 운용 비용 등 편익이 산출되는데 소요되는 모든 자원으로 설정

- 동 사업은 인프라 사업이므로 사업 구축에 소요되는 사업비용과 인프라 구축 후 운용을 위한 비용 발생

비용 산출식

$$Cost = \text{통합운용체계 구축사업비} + (\text{운용비} * \text{운용기간})$$

- 구축사업비는 '15년~20년(6년간) 정부 및 민간 예산으로 투입되는 493억원
- 운용비는 인프라 운용 인건비, 경상비 등으로 구성되며, 운용 기간은 KDI 예비타당성조사 지침에 따라 20년으로 설정
 - 운영비 추정은 정지궤도복합위성개발사업의 연평균 운용비(97억원)를 적용하고, 매년 경제성장률(2%)만큼 운용비용은 증가하는 것으로 가정

(나) 나. 편익 모델

(OS 시장창출효과) 무인이동체 OS를 개발하여 통신체계에 적용할 경우 국산 OS 시장창출이 가능함에 따라 이를 아래와 같이 산출 모형 설정

- 세계 무인기 및 무인선 시장은 국내외 시장조사기관에서 발행한 자료의 시장 전망치 및 연평균성장률을 바탕으로 동사업의 편익기간까지의 미래시장규모 추정
- 동 사업은 민간 무인기 및 무인선만 해당되므로, 세계 시장에서의 민간용 비율을 언론보도 및 시장조사기관 자료를 활용하여 추정하고 민간용 시장비율이 점차 확대되는 것으로 가정함
 - 민간 무인기 시장은 언론보도를 근거로 2014년 현재 세계 시장의 10%로 추정하고 이는 2021년까지 15%를 달성하는 것으로 가정함
 - 민간 무인선 시장은 2014년 현재 세계 무인선 시장의 5%를 차지하는 것으로 가정함

로 가정하고, 매년 점유율의 5%가 증가하는 것으로 가정

- 우리나라 민간무인기 및 무인선 시장 점유율은 2017년 0.1%로 추정하고 매년 점유율의 45%의 증가를 보일 것으로 가정하여 2026년 3% 목표로 설정
- R&D 기여율은 신태영(2004), R&D 성공률은 국가연구개발사업 효과성 분석 보고서(2009)를 근거로 각각 28.1%, 32.7%로 가정
- 동사업의 기여율은 WBS사업과 동사업의 총 예산 대비 동사업의 비중인 43%를 적용

OS 시장창출효과 산출식

$$Benefit1 = \sum_{t=1}^{t=5} WM * CMS * TS * KS * \alpha * \beta * \gamma$$

WM=세계 무인기 및 무인선시장(Teal Group 자료 활용)

CMS=민간 무인기 및 무인선 시장 비율

TS=무인기에서의 통신체계 기여분 비율⁶⁾

KS=우리나라 점유율 예상치('25년 3% 목표 가정)

α =R&D 기여율(28.1%, 신태영(2004) 근거)

β =R&D 성공률(32.7%, 국가연구개발사업 효과성 분석 근거)

γ =사업기여율(43%로 가정)

(다)

- (사고비용절감효과)**인프라를 통해 무인이동체의 운용적정 수준을 확보할 수 있도록 함에 따라 사고비용절감효과를 창출하는 것으로 보고 아래와 같이 산출
- 민간용 대형무인기 대수는 Teal Group의 자료의 대수 전망치와 연평균 증가율을 활용하여 인프라 편익 기간인 2040년까지 추정
 - 민간용 무인선대수는 Visiongain(2009)에서 발표한 무인선시장규모 자료를 바탕으로 무인선 평균 대당 가격으로 나누어 대수를 추정
 - 항공사고 및 선박사고의 1건당 평균 피해비용은 한국교통공단 자료 및 한국교통연구원(2011) 자료 활용
 - 동사업은 무인이동체의 통합운용체계의 첫사례로 될 것으로 예상되나 편익기간은 20년 동안 타 인프라가 추가로 구축될 것으로 예상되므로 사업기여율은 50%로 가정

6) 상업용 민간 무인항공기 보급기반 구축 기획, 국토부, 2012

- 사고 감소율은 무인기 및 무인선의 기존 사고율이 유인기 및 유인선 사고율 수준으로 감소하는 것으로 가정하여 49%의 감소율 적용
- R&D 기여율은 신태영(2004), R&D 성공률은 국가연구개발사업 효과성 분석 보고서(2009)를 근거로 각각 28.1%, 32.7%로 가정

사고비용절감효과 산출식

$$Benefit2 = \sum_{t=20}^{t=20} KU^* AC^* \delta^* \epsilon$$

KU =우리나라의 민간용 대형 무인기/무인선 대수

AC =항공사고/선박사고 1건당 평균 피해비용(한국교통공단, 2011 자료 근거)

α =R&D 기여율(28.1%, 신태영(2004) 근거)

δ =사업 기여율(30%로 가정)

ϵ =사고감소율

(신산업 창출 효과)OS 개발, 운용 기술 개발, 인프라 구축으로 인해 국내 무인이 동체산업이 형성되는데 기여하게 됨에 따라 신산업창출효과를 아래의 모형과 같이 산출

- 국내 민간 무인기 및 무인선 시장 추정은 OS 시장창출효과 산출 기준과 동일하게 적용
- R&D 기여율은 신태영(2004), R&D 성공률은 국가연구개발사업 효과성 분석 보고서(2009)를 근거로 각각 28.1%, 32.7%로 가정
- 사업기여율은 ETRI의 CDMA 기여율(날리지웍스, 2004)과 무인기 '수리온'의 민간용 전환 개발비용을 바탕으로 26%로 가정

7) 민군통합감항인증제도 발전방안에 관한 연구, 사단법인 21세기 군사연구소, 2013 자료 활용

신산업 창출 효과 산출식

$$Benefit3 = \sum_{t=20} WM * CMS * KS * \alpha * \beta * \gamma$$

WM =세계 무인기/무인선시장(Teal Group 자료 활용)

CMS =민간 무인기/무인선 시장 비율

KS =우리나라 점유율 예상치

α =R&D 기여율(28.1%, 신태영(2004) 근거)

β =R&D 성공률(32.7%, 국가연구개발사업 효과성 분석 근거)

γ =사업기여율(26%으로 가정)

3. 비용편의 분석

가. 비용 분석

(항목별 비용)동 사업은 인프라 사업으로서 사업기간동안 투입되는 사업비와 인프라 운영기간동안 투입되는 운영비로 구성

- 동 사업기간은 2015년부터 2020년이며 6년간 총 투입비용은 410억 원이며, 그 중 정부투입 예산은 340억 원임

<표 IV-2> 사업 투입 비용 계획(단위: 억원)

사업 기간	사업예산			사업예산의 현재가치		
	정부	민간	합계	정부	민간	합계
2015년	63	-	63	59.7	-	59.7
2016년	69	-	69	62.0	-	62.0
2017년	70	-	70	59.6	-	59.6
2018년	58	23	81	46.8	18.6	65.4
2019년	40	23	63	30.6	17.6	48.2
2020년	40	24	64	29.0	17.4	46.4
합계	340	70	410	287.8	53.6	341.3

- 운영비는 인프라가 구축되는 2021년부터 2040년까지 20년간 추정 한 결과, 총 2,356.8억 원으로 도출되었으며, 이는 2014년 현재가치로 986.3억 원임

<표 IV-3> 인프라 운영비 추정(단위: 억원)

년도	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
운영비용	97.0	98.9	100.9	102.9	105.0	107.1	109.2	111.4	113.7	115.9
현재가치	66.7	64.5	62.3	60.3	58.3	56.3	54.5	52.7	50.9	49.2
년도	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
운영비용	118.2	120.6	123.0	125.5	128.0	130.5	133.2	135.8	138.5	141.3
현재가치	47.6	46.0	44.5	43.0	41.6	40.2	38.9	37.6	36.3	35.1
합계	운영비용: 2,356.8									
	현재가치: 986.3									

(총사업비)사업예산 중 정부투입 예산과 운영비용의 총합계는 2,696.8억 원이며, 2014년 현재가치로 1,274.1억 원으로 추정됨

<표 IV-4> 사업 투입 비용 계획(단위: 억 원)

구분	원가치	현재가치
정부예산	340.0	287.8
운영비용	2,356.8	986.3
합계	2,766.8	1,327.7

나. 편익 분석

(OS 시장창출효과)동 사업으로 인해 기술수명주기 7년간 세계 시장에서 우리나라 점유율이 3%에 이를 것으로 가정할 경우 11.9억원의 편익 발생 추정

- Teal Group과 Vsiongain에서 발표한 시장전망치에 따르면 세계 무인기시장은 2022년까지 7.8조원 규모로 성장할 전망이며, 무인선 시장은 2019년까지 10.8조원에 이를 전망

<표 IV-5> 세계 무인기 시장 전망(단위: 억 원)

	2013년	2022년	CAGR
세계 무인기 시장	66,607.2	77,708.4	1.7%

자료: Teal Group(2014)

<표 IV-6> 세계 무인선 시장 전망(단위: 억 원)

	2015년	2019년	CAGR
세계 무인선 시장	32,600.9	108,311.6	35.0%

자료: Vsiongain(2009)

- 우리나라 점유율은 18년 0.1%에서 매년 점유율의 25%가 증가하여 2026년 3%로 성장하는 것을 목표로 설정
 - 동 사업은 2015년부터 시작되며, 1차 년도 결과물이 Time-lag 2년을 거쳐 2018년부터 시장 효과가 발생하는 것으로 가정
 - 기술수명주기는 기가코리아사업 IT 기술수명주기 5년을 적용하여 사업의 마지막 년도인 2020년의 결과물이 Time-lag 2년을 거쳐 2023년부터 2027년까지 시장 효과가 발생하는 것으로 가정
- 통신체계 비중은 '상업용 민간 무인항공기 보급기반 구축 기획'(국토부, 2012)

자료에 따라 4.9%로 적용

<표 IV-7> 세계 무인기/무인선 시장 점유율 설정(단위: %)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
우리나라 점유율	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9	2.4	3.0	3.7

- 추정된 국내 통신체계 시장규모에서 R&D 성공률, R&D 기여율, 사업기여율을 적용한 결과 총 편익은 17.8억 원으로 산출되었으며, 이는 현재가치로 10.4억 원임

<표 IV-8> OS 시장창출효과 편익 산출(단위: 억 원)

년도	사업편익	편익의 현재가치
2018	0.2	0.1
2019	0.4	0.3
2020	0.7	0.5
2021	1.2	0.9
2022	2.1	1.4
2023	3.4	2.1
2024	3.2	1.9
2025	2.8	1.6
2026	2.3	1.2
2027	1.4	0.7
합계	17.8	10.4

(사고비용 절감효과)무인이동체 통합운용체계 인프라를 통해 인증된 무인기 및 무인선으로 발생하는 사고비용절감효과는 총 5,618.9억 원으로 분석됨

- Teal Group에서 발표한 국내 무인기 생산대수와 Visiongain에서 발표한 무인선 시장규모를 기반으로 인프라 운영기간 동안의 생산대수 추정

<표 IV-9> 무인기 및 무인선 인증대수 추정(단위: 대)

년도	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
무인기	20	26	27	27	34	36	36	44	44	48
무인선	0.3	0.7	1	2	3	4	7	11	16	21
년도	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
무인기	58	58	58	75	80	102	102	102	127	127
무인선	28	37	47	60	75	95	118	147	182	224

- R&D기여율, 사업기여율, 사고감소율을 적용하여 편익을 산출한 결과, 5,618.9억 원으로 분석되었으며, 이는 현재가치로 1,875.9억 원임

<표 IV-10> 사고비용 절감효과(단위: 억 원)

년도	편익	편익의 현재가치
2021	44.1	30.3
2022	58.9	38.4
2023	62.9	38.9
2024	65.2	38.2
2025	84.6	47.0
2026	93.7	49.3
2027	100.0	49.9
2028	128.4	60.7
2029	140.0	62.7
2030	162.7	69.1
2031	204.6	82.3
2032	223.9	85.4
2033	247.7	89.6
2034	324.8	111.3
2035	376.1	122.2
2036	486.2	149.7
2037	543.3	158.6
2038	613.0	169.6
2039	776.3	203.6
2040	882.4	219.3
합계	5,618.9	1,875.9

- (신산업창출효과)무인이동체 통합운용체계 구축을 통해 신산업이 창출되는 효과를 정량적으로 분석한 결과 5,618.9억 원의 효과가 발생할 것으로 추정됨
- 시장규모 추정 및 점유율 목표는 OS 시장 창출효과에서 적용한 수치와 동일하게 활용
 - 신산업창출효과는 5,618.9억 원으로 분석되었으며, 이는 현재가치로 1,875.9억 원임

<표 IV-11> 신산업창출효과(단위: 억 원)

년도	편익	편익의 현재가치
2021	1.4	1.0
2022	1.8	1.2
2023	2.3	1.4
2024	3.0	1.8
2025	4.0	2.2
2026	5.3	2.8
2027	7.4	3.7
2028	10.3	4.9
2029	14.6	6.5
2030	20.8	8.8
2031	29.7	12.0
2032	42.8	16.3
2033	61.9	22.4
2034	89.7	30.7
2035	130.2	42.3
2036	189.4	58.3
2037	275.8	80.5
2038	401.7	111.1
2039	585.1	153.4
2040	852.1	211.8
합계	2,729.4	773.2

(총편익)동 사업을 통한 총 편익은 8,366.0억 원이 창출될 것으로 분석되었으며, 할인율 5.5%를 적용한 현재가치는 2,659.8억 원으로 추산됨

○ 동 사업을 통한 기술개발 및 인프라 운영을 통해 OS 시장창출효과, 사고비용 절감효과, 신산업창출효과 3개 편익이 발생

○ 3개 편익의 총 편익은 8,366.0억 원으로 산출되며, 현재가치로 2,659.8억 원임

<표 IV-12> 무인이동체 통합운용체계구축사업의 총 편익(단위: 억 원)

년도	항목별 편익			총 편익	
	OS시장 창출효과	사고비용 절감효과	신산업 창출효과	총 편익	편익의 현재가치
2018	0.2	-	-	0.2	0.1
2019	0.4	-	-	0.4	0.3
2020	0.7	-	-	0.7	0.5
2021	1.2	44.1	1.4	46.8	32.2
2022	2.1	58.9	1.8	62.9	41.0
2023	3.4	62.9	2.3	68.7	42.4
2024	3.2	65.2	3.0	71.4	41.8
2025	2.8	84.6	4.0	91.4	50.7
2026	2.3	93.7	5.3	101.4	53.3
2027	1.4	100.0	7.4	108.8	54.2
2028	-	128.4	10.3	138.7	65.6
2029	-	140.0	14.6	154.6	69.3
2030	-	162.7	20.8	183.5	77.9
2031	-	204.6	29.7	234.3	94.3
2032	-	223.9	42.8	266.8	101.8
2033	-	247.7	61.9	309.5	111.9
2034	-	324.8	89.7	414.5	142.1
2035	-	376.1	130.2	506.3	164.5
2036	-	486.2	189.4	675.6	208.0
2037	-	543.3	275.8	819.0	239.0
2038	-	613.0	401.7	1014.7	280.7
2039	-	776.3	585.1	1361.4	357.0
2040	-	882.4	852.1	1734.5	431.1
합계	17.8	5,618.9	2,729.4	8,366.0	2,659.8

다. 비용/편익 분석

동사업의 사업비 및 운영비용 2,696.8억 원을 고려한 B/C Ratio는 2.09으로 도출되어 경제성이 매우 높은 것으로 분석됨

- B/C Ratio는 분석대상에 비용규모 대비 편익규모의 비율로 1보다 높으면, 경제성이 존재하는 것으로 판단 가능
- 기술개발 및 인프라 구축으로 인한 경제적 파급효과 중 동사업의 기여분만을 고려하여 산출한 결과 2.09에 이르러 경제성이 매우 높음
 - 인프라 구축비를 포함하여 투입된 사업비 및 운영비는 인프라 수명주기인 20년간 활용 시 총비용 이상의 효과를 확보할 수 있는 것으로 나타나 투자타당성이 충분한 것으로 판단됨
 - 본 분석에서는 정량화하기 힘든 경제적 효과와 증명이 어려운 효과(국가 이미지 제고 및 신뢰도 향상 등)가 포함되지 않았기 때문에 해당 내용들이 포함 될 경우 현재보다 높은 B/C Ratio 예상

<표 IV-13> 비용/편익 분석

구분	원가치	현재가치	B/C Ratio
비용	2,696.8	1,274.1	-
편익	8,366.0	2,659.5	2.09

[참고문헌]

- 21세기군사연구소(2011), 민·군 통합 감항인증제도 발전방안에 관한 연구
- 국방대학교(2003), 중·고고도 정찰용 무인항공기 사업추진을 위한 사전 분석
- 박상범(2011), 항공우주산업의 기술개발 파급효과의 특성 및 활용방안에 관한 고찰
- 신승식, 이동현(2008), 조건부가치측정법을 이용한 무인잠수정 개발에 대한 경제적 가치 추정
- 한국교통연구원(2011), 2009년 교통사고 비용 추정
- 한국건설교통기술평가원(2012), 상업용 민간 무인항공기 보급 기반 구축 기획 최종보고서
- KDI(2012), 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침
- KISTEP(2010), 차세대 중형항공기 개발사업 예비타당성조사 보고서
- KISTEP(2010), 정지궤도복합위성개발사업 예비타당성조사 보고서
- KISTEP(2011), 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구

참고자료 2. 표준용어 정리

Term	번역용어(안)	연구분야
aerodrome	비행장	
aerodynamic force	공기력	
aeroelastic instability	공탄성 불안정성	
Airborne Based Detect and Avoid (ABDAA)	탐재기반 탐지 및 회피시스템	중장기로드맵
Airborne Collision Avoidance System (ACAS)	항공기 탐재기반 충돌회피 시스템	무인기관제절차
Airborne Sense and Avoid (ABSAA)	탐재기반 공중충돌 감지 및 회피 시스템	운항기술기준
aircraft operating manual	항공기 운영교범	운항기술기준
airframe	항공기 기체	인증기준
air operator certificate	운항증명서	운항기술기준
Airport Surveillance Radar (ASR)	공항 감시 레이더	운용시설구축방안
Air Traffic Control (ATC)	항공교통관제	운항기술기준
Air Traffic Control Clearance (ATCC)	비행허가	유무인통합시물레이션
air traffic flow management	항공교통흐름관리	운용시설구축방안
air traffic management	항공교통관리	핵심기술개발계획 중장기로드맵
Air Traffic Service (ATS)	항공 교통 업무	인증기준
air space	공역	운용시설구축방안
airworthiness	감항성	인증기준
airworthiness certification	감항인증	인증기준
airworthiness release	감항성 확인	
airspeed indicator	대기속도지시계	
alternator	교류발전기	
altimeter	고도계	
ammeter	전류계	
area control center	지역관제소	무인기관제절차
authority	당국(또는 항공당국)	운항기술기준
Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B)	방송형 자동종속감시	운용시설구축방안
autopilot	자동조종시스템	
availability	유용성	운항기술기준
Beyond Line of Sight (BLOS)	비가시영역	운항기술기준
Beyond Visual Line of Sight (BVLOS)	비시계가시영역	운항기술기준
catastrophic	심각, 재난적	인증기준
Certification basis	인증 기준	인증기준
Certifying staff	감항성 확인요원	
clear	허가	
clearance delivery	허가중계	유무인시물레이션
Collaborative Air Traffic Management	협력적 항공교통관제 기술	운용시설구축방안

Term	번역용어(안)	연구분야
Technology (CATMT)		
collision avoidance	충돌 회피	운용시설구축방안
Command and Control (C2)	명령 및 통제	운용시설구축방안
Command and Control link (C2 link)	명령 및 통제 링크	운용시설구축방안
Common Data Link (CDL)	공통 데이터 링크	운용시설구축방안
Communication Navigation Surveillance (CNS)	통신, 항법, 감시	운용시설구축방안
component	구성품	
continued safe flight and landing	지속적인 안전 비행과 착륙	
continuity	연속성	운항기술기준
Control and Non-Payload Communications (CNPC)	비탑재형 무인기 통신 및 제어기술	운용시설구축방안
controller	1. (장치) 제어기, 제어장치 2. (사람) 조종사, 관제사	
cooperative	협조표적	유무인통합시물레이션
corrective action	대응 조작	
crashworthiness	내추락성	인증기준
crew	종사자, 승무원, 운용요원	종사자 자격제도
criteria	기준	
critical	중대	인증기준
critical part	중요 부품	
critical safety item	주요안전품목	인증기준
cruising speed	순항속도	
cumulative safety	누적 안전	인증기준
degraded	성능이 저하된	
Detect and Avoid (DAA)	감지 및 회피	유무인시물레이션 핵심기술개발계획
detrimental	유해한	
dispatch	운항시작/비행개시	
disposable load	소모성 하중	
Distance Measurement Equipment (DME)	거리 측정 장치	운용시설구축방안
distribute	배분하다, 분배하다, 분포하다	
electric power source	전원	
electromagnetic environment effects (E3)	전자기환경 효과	인증기준
emergency landing	비상 착륙	무인기관제절차
emergency recovery capability	비상복구능력	
equivalence	동등성	인증기준
Extended Visual Line of Sight (EVLOS)	확장시계가시영역	운항기술기준
external power	외부전원	
extremely improbable	극히 불가능한	

Term	번역용어(안)	연구분야
failure	고장	
failure condition	고장 조건	
Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis(FMECA)	고장유형, 영향 및 치명도 분석	인증기준
flight clearance	비행허가	인증기준
flight critical	비행중요도	인증기준
flight data analysis	비행자료분석	운항기술기준
flight dispatcher	운항관리사	운항기술기준
flight duty period	비행근무시간	운항기술기준
flight envelope	비행영역선도	
Flight Management System (FMS)	비행관리 시스템	운용시설구축방안
flight plan	비행계획서	운항기술기준
flight recorder	비행기록장치	운항기술기준
flight time	비행시간	운항기술기준
foaming	발포, 포밍	
forced landing	강제착륙	
foreign matter	외부물질	
foreseeable operating condition	예상가능한 운용 조건	
freeze	얼다, 얼리다	
functional baseline	기능기준	인증기준
Ground Based Augmentation System (GBAS)	위성항법 지상보강시스템	운용시설구축방안
Ground Based Sense and Avoid (GBSAA)	지상기반 공중충돌 감지 및 회피 시스템	운항기술기준 핵심기술개발계획 중장기로드맵 운용시설구축방안
Ground Control System (GCS)	지상통제시스템	무인기관제절차 종사자 자격
handoff	관제권 이양	유무인통합시물레이션
handover	통제권 이양	유무인통합시물레이션
harmful	위해한	
hazard	위험요인	
Hazard Risk Index (HRI)	위험요인 참조지표	인증기준
head-on gust	맞방향 돌풍	
heavier than air	중	운항기술기준
hot-day	폭염, 기온이 높은 날	
human performance	인적수행능력	운항기술기준
Implementation Guidance	이행지침	인증기준
improbable	가능성 없는	
inadvertently	의도하지않게, 부주의하게	
independent	독립적인	
induction system screen	흡입계통 차폐물(칸막이)	
inertia	관성(력)	

Term	번역용어(안)	연구분야
in-flight occurrence	비행 중 상황	
installation	장착	
Instrument Flight Rules (IFR)	계기 비행 규칙	무인기관제절차
Instrument Landing System (ILS)	계기 착륙 시스템	운용시설구축방안
Instrument Meteorological Conditions (IMC)	계기비행기상상태	운항기술기준
Integrity	건전성	인증기준
Interface	인터페이스	인증기준
Integrity	무결성	운항기술기준
interaction	상호작용	
item of mass	중량물	운항기술기준
knowledge test	지식심사	
label	라벨(을 붙이다)	
launch controller	이륙조종사	조종사 자격
Line of Sight (LOS)	가시영역	운항기술기준 운용시설구축방안
load reduction/alleviation	하중 감소/완화	
magnetic direction indicator	자기식 방향지시계	
main rotor	주회전익	
major	중대	인증기준
maintenance	정비	운항기술기준
malfunction	(기능)장애, 오작동	
maneuvering envelope	기동영역선도	
manifold pressure	다기관 압력	
manifold pressure indicator	다기관압력지시기/다기관압력계	
marginal	경미	인증기준
Master minimum equipment list (MMEL)	표준최소장비목록	운항기술기준
Minimum equipment list (MEL)	최소장비목록	운항기술기준
mechanic	정비사	종사자 자격
Means of Compliance (MOC)	적합성검증 방법	인증기준
minor	경미	인증기준
mishap	재난	인증기준
mission critical	임무중요도	인증기준
national airspace system	국가공역 체계	인증기준
negligible	무시	인증기준
nonabsorbent	비흡습체	
non-segregated airspace	비분리 공역	중장기로드맵
non-cooperative	비협조표적	유무인통합시뮬레이션
normal operation	정상 운영(작동)	
no safety effect	안전 영향 없음	인증기준
observer	감시자	중장기로드맵 조종사 자격

Term	번역용어(안)	연구분야
obstruct	방해	
occasional	가끔	인증기준
occurrence	발생	
operation	운항, 운영, 운영, 작동	
operational control	운항통제	운항기술기준
operational flight plan	운항비행계획서	운항기술기준
operations manual	운항교범	운항기술기준
operator	운영자, 운용자	운항기술기준
operator's maintenance control manual	정비규정	운항기술기준
Participating Member State (PMS)	참여회원국	인증기준
payload	임무장비	
peak	극치	
performance	성능	인증기준
pilot-in-command	기장	운항기술기준
point	점	
positive locking	양(+)방향 잠금	
powerplant instrument	동력장치계기	
practical test	실기시험	운항기술기준
preheater	예열기	
pressure-altitude	기압고도	운항기술기준
probable	가능/가능한	
probe	탐침	
projection	투사	
provision	수단, 규정, 요건	
psychoactive substances	향(向) 정신성 물질	운항기술기준
Quality of Service (QoS)	통신서비스 품질	운용시설구축방안
rated limit	정격 제한(범위)	
rated power	정격 출력	
rate-of-climb speed	상승률속도	
rational	합리적인	
reconfiguration	형상변경	
rating	한정 자격	종사자 자격r
relay station	무인항공기 중계국	중장기로드맵
remote control station	원격통제장비	조종사 자격
Remotely Operated Aircraft (ROA)	원격조종항공기	인증기준
Remote Pilot Station (RPS)	원격조종국	
Remotely Piloted Aircraft (RPA)	원격조종항공기	
Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)	원격조종항공기시스템	
Remotely Piloted Aircraft System	무인기 내부조종사	무인기관제절차

Term	번역용어(안)	연구분야
(RPAS) Operator		
repair	수리	운항기술기준
response	반응/응답	
rest period	휴식시간	운항기술기준
radio failure	무선통신 두절	무인기관제절차
Radio Line of Sight (RLOS)	전파가시영역	운항기술기준 핵심기술개발계획 중장기로드맵
safety critical	안전중요도	인증기준
safety management system	안전관리시스템	운항기술기준
Safety of Flight (SOF)	안전비행	인증기준
safety program	안전프로그램	운항기술기준
segregated airspace	분리 공역	중장기로드맵
self-containment	자체 봉쇄	
Sense and Avoid (SAA)	감지 및 회피	핵심기술개발계획
stability augmentation	안정성 증강	
standard Instrument Departure	표준계기출발절차	유무인통합시물레이션
standard terminal arrival route	표준계기도착절차	유무인통합시물레이션
State of Registry	등록국가	운항기술기준
steep bank	깊은 경사각	
stop	멈춤장치	
sUAS	소형무인기	핵심기술개발계획
supervising Controller	감독 조종사	
System Engineering (SE)	시스템 엔지니어링, 체계공학	인증 기준
system response	시스템 반응	
system safety	시스템 안전	인증기준
System Wide Information Management (SWIM)	통합정보관리시스템	중장기로드맵
Satellite Based Augmentation System (SBAS)	위성항법 광역보강시스템	운용시설구축방안
System Wide Information Management (SWIM)	항공 데이터 종합 관리망	운용시설구축방안
technician	정비사	종사자 자격
temperature gradient	온도구배	
Target level of safety(TLS)	안전목표수준	운항기술기준
terms of reference	위임 사항	
third parties	제3자	
traffic pattern	교통장주	유무인통합시물레이션
transmission cable	송전케이블	
transmittal	전달	
Type Certification (TC)	형식인증	인증기준

Term	번역용어(안)	연구분야
type design	형식설계	인증기준
telemetry	원격측정기술	운용시설구축방안
Ultra High Frequency (UHF)	극초단파	운용시설구축방안
Unmanned Aerial Vehicle (UAV)	무인항공기	증정기로드맵
unpopulated area	인구비밀집 영역	
Vehicle Control Functions (VCFs)	항공기 조종기능	인증기준
Very High Frequency (VHF)	초단파	운용시설구축방안
Very High Frequency (VHF) Omnidirectional Radio range (VOR)	초단파 전 방향성 무선 표지	운용시설구축방안
Visual Flight Rules (VFR)	시계 비행 규칙	무인기관제절차
Visual Line of Sight (VLOS)	시계가시영역	운항기술기준 핵심기술개발계획 증정기로드맵
Voice over Internet Protocol (VoIP)	음성 인터넷 프로토콜	운용시설구축방안
windscreen	방풍창	
wing loading	익면하중	
wire bracing	버팀줄	
withstand	견디다	

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 항공안전기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.