최종보고서(일반과제용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	무인비행체 안전지원 기술개발사업	
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명		
공고번호	공고-제00호	총괄연구개발 식별번호		-	
		연구개발과제번호		21ATRP-C108186-07	

국가과학기술 표준분류	EI0701	50%	EI0702	35%	EI0704	15%

총괄연구개발명	국문	무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용			
	영문	Flight Safety Regulation Development and Integrated Operation Demonstration for Civil RPAS			
연구개발과제명	국문	무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용			
	영문	Flight Safety Regulation Development and Integrated Operation Demonstration for Civil RPAS			
주관연구기관	기관명	한국과학기술원	사업자등록번호	314-82-01980	
	주소	(34141) 대전광역시 유성구 대학로 291	법인등록번호	114471-0000668	
주관연구책임자	성명	심현철	직위	교수	
	연락처	직장전화 042-350-7445	휴대전화	010-6607-8500	
		전자우편 hcshim@kaist.ac.kr	국가연구자번호	10171666	
연구개발기간	전체	2015. 12. 29 - 2021. 12. 28(6년 0개월)			
	1년차	2015. 12. 29 - 2016. 06. 28(0년 6개월)			
	2년차	2016. 06. 29 - 2017. 04. 28(0년 10개월)			
	3년차	2017. 04. 29 - 2018. 01. 28(0년 9개월)			
	4년차	2018. 01. 29 - 2018. 12. 31(0년 11개월)			
	5년차	2019. 01. 17 - 2019. 12. 31(0년 11.5개월)			
	6년차	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31(1년 0개월)			
	7년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 28(1년 0개월)			

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	16,459,000	0	0	-	-	-	-	16,459,000	0	16,459,000	-
1년차	721,000	0	0	-	-	-	-	721,000	0	721,000	-
2년차	2,672,000	0	0	-	-	-	-	2,672,000	0	2,672,000	-
3년차	3,059,000	0	0	-	-	-	-	3,059,000	0	3,059,000	-
4년차	3,825,000	0	0	-	-	-	-	3,825,000	0	3,825,000	-
5년차	3,787,000	0	0	-	-	-	-	3,787,000	0	3,787,000	-
6년차	1,198,000	0	0	-	-	-	-	1,198,000	0	1,198,000	-
7년차	1,197,000	0	0	-	-	-	-	1,197,000	0	1,197,000	-

공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구기관	한국교통연구원	한재현	연구위원	010-2559-8566	jhhan@koti.re.kr	2세부 책임	정부출연연
	인하대학교	이학태	부교수	010-3598-8074	haktae.lee@inha.ac.kr	1세부 참여	대학
	한서대학교	김승주	대우교수	010-3420-4790	sjkimkari04@daum.net	1세부 참여	대학
	한국전자통신연구원	이병선	실장	010-5163-9372	LBS@etri.re.kr	공동	정부출연연
	항공안전기술원	이은희	선임	010-8525-3392	eunheelee@kiast.or.kr	2세부 참여	출연연

연구개발담당자 실무담당자	성명	최서연	직위	위촉행정원
	연락처	직장전화 042-350-4461	휴대전화	010-9755-8001
		전자우편 wishwing@kaist.ac.kr	국가연구자번호	11169442

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 2 월 10 일

주관연구책임자 : 심 현 철 (직인)

주관연구기관의 장 : 한국과학기술원 이 광 형 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요 약 문 >

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="2">무인비행체안전지원기술개발사업</td><td colspan="2">총괄연구개발 식별번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">연구개발과제번호</td><td colspan="2">21ATRP-C108186-07</td></tr>
<tr><td colspan="2">국가과학기술 표준분류</td><td>EI0701</td><td>50%</td><td>EI0702</td><td>35%</td><td>EI0704</td><td>15%</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명</td><td colspan="6">무인비행체 안전지원 기술개발사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="6">무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2015. 12. 29 - 2021. 12. 28 (6년 0개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 16,459,000 천원
(정부지원연구개발비 : 16,459,000 천원, 기관부담연구개발비 : 천원,
지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="3">기초[ ] 응용[✔] 개발[ ]
기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]</td><td>기술성숙도</td><td colspan="2">착수시점 기준(4)
종료시점 목표(7)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제유형</td><td colspan="6">지정공모 [✔] 자유공모 [ ]</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제특성</td><td colspan="6">실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발목표 및 내용</td><td>최종목표</td><td colspan="6">무인항공기를 국가공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위한 제도화, 운용 인프라 시험 구축 및 시범운용 연구 수행</td></tr>
<tr><td>전체내용</td><td colspan="6">□ 민간무인항공기 운항기술기준 연구
□ 민간무인항공기 관련 법령 제·개정 사전 준비
□ 무인항공기 운용 위한 책임 보험제도 수립 방안 연구
□ 민간 무인항공기 인증방안 연구
□ 민간무인항공기 분류체계 연구
□ 국제민간항공기구 RPAS Panel에서 적극적 활동을 통한 국제동향수집 및 공조체제 구축
□ 무인기 운용시험 위한 시범용 인프라 구축 및 운용
○ 민간무인항공기 운용 위한 통신 시범 인프라 구축
○ 무인기의 감시 및 식별 시설 구축 및 활용
○ 무인기 시범운용에 필요한 제반 시설 구축
□ 무인기 운용기술기준 구축을 위한 비행자료 축적
○ 가상비행시험을 통한 유무인기 혼합운용 시나리오 개발 및 검증
○ 대역기를 이용한 무인기 운용 시나리오 수행 및 비행 데이터베이스 구축
○ 실기(OPV)를 이용한 무인기 운용 시나리오 수행 및 비행 데이터베이스 구축
□ 국제협력 및 공동연구를 추진하여 최신 연구동향 획득 (미국 NASA, RTCA, General Atomics사, Purdue 대, UNLV대, JARUS 등)
□ 비관제공역에서의 무인기 운용기법 선행연구
○ 1차년도 과제 평가 결과에 따라 기초연구 및 저고도 관제체계 과제 도출을 최종 산출물로서 2차년도에 종료하였음
□ 국토부 무인비행장치 시범 사법을 통해 수집된 비행데이터를 활용하여 무인기 운용특성 연구 및 안전한 운용방안 도출
□ 다부처사업 협력체계하에 무인이동체 통합운용 개념 검증
○ (과기정통부) 통신 및 보안 기술을 실제 무인기를 활용하여 검증
○ (해수부) 무인기 및 무인선과 통합운용 시나리오 수행</td></tr>
</table>

	연구개발목표	연구개발내용 및 방법
1년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 (기초연구)	- 무인기법령 및 기술기준 종합계획 수립 - ICAO RPAS Manual 기준 분석 - 운영자 법적 책임 부분 연구
	민간무인기 시범 인프라 구축 (사전연구단계)	- 무인기 탐지/식별 기반 레이더 기술 조사
	민간무인기 시험운용 (사례 분석 및 계획수립단계)	- 기술검증 운용시험 계획 수립 - 시험장비 도입계획 수립 및 시행 - 시험계획 전문가 검토 - UAS-NAS 해외비행시험 사례조사 및 분석
2년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정(분석단계)	- C2 단절 시나리오 정의 및 김포-제주 항로 운항 자료 분석 - ICAO RPASP 참여하여 동향 파악, 전체 패널 논의 내용 정리 및 분석 - 국제 기준 국내 반영 준비
	민간무인기 시범 인프라 구축 (연구 초기 단계)	- 무인기 식별/탐지기법 분석 및 선정 - 단일 레이더 기반 시스템 구축 시험 - 시범용 CNPC 무선국 시험 계획 수립 및 설계 - 대역기 사업제안요청서 작성 및 구매 확보
	민간무인기 시험운용 (계획수립 및 일차 시험단계)	- 운용지원 시설 및 대역기 운용 비행시험 수행 - 실기시험계획 전문가 검토 및 시험 계획 확정
3년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 (연구 발전단계)	- C2 단절 비상절차 안전도 평가 및 RPASP 발표 - C2 단절 비상절차 평가 방법론 연구 - C2 단절 비상절차 평가용 시뮬레이션 개발 - ICAO RPASP 참여하여 동향 파악, 전체 패널 논의내용 정리 및 분석 - 국제 기준 국내 반영 준비 - 무인항공기 조종자격 관리 법제체계 및 교육체계 제시
	민간무인기 시범 인프라 구축 (연구 발전단계)	- 다중채널 레이더 무인기탐지/식별시스템 구축/검증 - 실제 무인기를 활용한 실험 및 검증/시스템 안정화 - 시범용 CNPC 지상/탑재 무선국 구축 - 시범용 CNPC 무선링크 지상시험
	민간무인기 시험운용 (계획수립 및 일차 시험단계)	- 운용지원 시설 및 대역기 운용 비행시험 수행 - OPV 시험 결과 분석(가시권, 충돌회피 등) - 다부처사업 협력 통합시나리오 초기수행
4년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 및 보완 시작)	- ICAO RPASP 참여 동향 파악, 전체 패널 논의 내용 정리 및 분석 - ICAO SARPs 제정 참여 - 운용개념 수립 - 항공안전법 등 관계 법령 개정 요소 분석 - 고정익 무인기 운항기술기준 제정 초안 작성 - 유,무인항공기 항공교통관제절차 개정 초안 작성 - 무인항공기 인증체계 구성요소 검토 - 무인항공기 조종사 교육제도 관련 항공안전법 등 관계 법령 개정 요소 분석 - 무인항공기 조종사 교육제도 검토
	민간무인기 시범 인프라 구축 (시험검증단계)	- 단일셀 비행중 CNPC 자체시험,다중셀 무선국 구축 - 지상시설 통합 운용, 대역기/실제 무인기 활용 비행시험 수행 - 감시 레이더 시설 안정화
	민간무인기 시험운용 및 (다부처사업) 통합시나리오 시험(준비)	- 대역기 활용 비행시험 수행 - 대역기 시험 분석 및 데이터 확보 - 다부처사업 협력 및 통합 시나리오 시험/시범운용
5년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 개정 지원 (입법/고시지원)	- 무인항공기 관련 항공안전법 및 시행규칙 개정초안작성 - 무인항공기 보험제도(안) 마련 - 유,무인항공기 통합공역 내 무인항공기 항공교통관제절차 1차 개정

			(안) 작성 - 고정익 무인항공기 운항기술기준 1차 제정(안) 작성 - 무인항공기 감항성 국제표준 검토 및 감항기준 제정 요소 분석 - 무인항공기 인증절차기준 고시(초안) 작성 - 무인항공기 조종자격관련 법령(안) 마련 - 무인항공기 조종사 교육제도(안) 도출
		민간무인기 시범 인프라 구축 (본격검증단계)	- 다중셀 비행중 CNPC 자체시험, 다중셀 무선국 추가구축 - 충돌회피 비행시험
		(다부처사업) 통합시나리오 시범운용(계속)	- 지상시설 통합운용, 대역기/실제 무인기 활용 비행시험 - 다부처사업 시나리오 초기 검증
	6년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 보완단계)	- 항공안전법 및 그 시행규칙 개정초안 보완 및 입법지원 준비 - 유,무인항공기 통합공역 내 무인항공기 항공교통관제절차 2차 개정(안) 마련 및 고시지원 준비 - 무인항공기를 위한 운항기술기준 2차 제정(안) 마련 (ICAO Annex 6, Part 4 반영 및 수정·보완) - 무인항공기 감항성 국제표준(안)분석 및 감항기준(안) 제정방향 검토 - 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립 - 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 세부 절차 작성 및 절차(안) 확정
		민간무인기 시범 인프라 구축 (최종검증단계)	- 다중셀 CNPC에 의한 비행시험 - 전국망 구축 타당성 분석 및 보고서
		(다부처사업) 통합시나리오 시험/시범운용(최종)	- 멀티셀 무인기 통신, 무인기/무인선간 협업 시나리오 - 통합시스템의 데이터기반 성능분석 및 개선
	7년차 목표 내용	무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 보완단계)	- 항공안전법령 3차 개정(안) 마련 및 입법지원 - 유,무인항공기 통합공역 내 무인항공기 항공교통관제절차 3차 개정(안) 마련 및 고시지원 - 무인항공기를 위한 운항기술기준 고시 3차 제정(안) 보완 및 고시지원 - 무인항공기 감항성 국제표준(안)분석 및 감항기준(안) 제정 방향 제시 - 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립 - 무인항공기 인증절차기준 고시 제정(안)
		민간무인기 시범 인프라 구축 (최종검증단계)	- 가상비행시험 수행 통한 관련규정 검증 - OPV, 대역기를 이용한 비행시험으로 항공교통기술 기준 및 절차 검증 - OPV, 대역기를 이용한 충돌회피 비행시험 - 비행시험 최종보고서 도출

	성과명	정성적 성과	정량적 성과
연구개발성과	**[1세부-KAIST]** 운용 지원 지상 시설 구축 및 활용	- 이동형 지상국 1,2,3호차 구축 완료 (17,' 18, '20년 입고) - 한서대 태안비행장을 거점으로 OPV 및 지상국 운용 - 국가비행시험장 활용 장거리 비행시험 수행 완료(2021.6)	보고서 7건 인프라구축 3건
	[1세부-KAIST] 충돌회피기술 시험운용	- ICAO RPASP WG3(DAA) 활동 및 여기에서 도출한 DAA 운용기준에 맞춰 소형대역기 및 OPV의 충돌회피 기술연구 - OPV와 침입기 활용 데이터 셋 구축 및 충돌회피 시험 수행 - 차세대 인공지능 활용 우수한 성능의 검출 기술 개발 - ADS-B 및 영상기반 검출정보를 활용한 충돌예측경고시스템인 CPDS 구축 및 이를 활용한 비행시험 수행 - KLA-100에 ICAO SARPs에 의거한 영상기반 센서 시스템 개발	보고서 6건 SW 2건 논문 17편 수상 1건 국제화 1건
	[1세부-KAIST] 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험 운용	- 다부처과제인 본과제수행에 있어 과기부 해부수와 협업하여 각 과제에서 개발된 기술을 효과적으로 결합, 검증, 시연할 수 있는 시나리오 도출 및 수행 - 다부처 협의체/연구자 협의체 운영 통한 진도관리 및 방향성논의 - 해난 사고 대응 가능한 무인기+무인선 통합 시나리오 도출	보고서 1건 실제시연 2회

		- 국토부+과기부 기술 결합 1차 시연 수행(한서대, '19.10) - 국토부+과기부+해부수 협력 최종 시연 수행(평택호,20.10)	
	[1세부-KAIST] 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축	- 시스템 구축 및 테스트를 위한 자료 조사 - 다중 셀 3D scanning 레이더 구축을 위한 레이다 하드웨어 - 무인항공기 및 조류 식별을 위한 알고리즘 개발 - 효율적인 표적 탐지 및 추적을 위한 제어 소프트웨어 개발 및 구현 - 다중 셀 구축 및 운용을 통한 성능 검증(평창올림픽/실전 배치) - 드론 탐지 레이다 시스템 실용화 한국공항공사(19.4.18), 인천국제공항공사(19.4.19) 설치허가 받음 - 기술 이전 및 실증사업 계속 추진중	논문 22편 특허 9건 수상 1건 기술이전 1건 현장적용 1건 시제품 1건 보고서 5편
	[1세부-한서대] 실기 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	- Flight Design사 CTLS 기반 OPV 시스템 구입 및 운용 - NASA 비행시험보고서 등 관련 선행연구들을 검토하여 비행시험계획 수립 및 수행 - 구입된 KLA-100를 대역기, 침입기등으로 활용 - OPV, KLA-100, 세스나 활용 비행시험 수행 (총 106회) - RPA 기본 운용, 충돌회피, C2 성능시험, 국가비행장 이용 장거리 비행시험, 다부처 시나리오 수행	논문 2편 비행시험 총 106회
	[1세부-ETRI] CNPC 통신기술 개발	- 시범용 CNPC 시스템 설계 및 시험 계획 • 무인기 CNPC 시스템 설계 및 플랫폼, 안테나/RF 제작 • 무인기 CNPC 커버리지 분석 및 무선국 배치 계획 - 다중셀 CNPC 무선국 구축 및 검증 • 무인기 CNPC 지상/탑재 무선국 구축 (3개셀) • 네트워크 기능 SW : 핸드오버 시험 • 지상시험/현장시험/비행시험을 통한 검증 - 다중셀 CNPC 무선국 구축 및 검증 • CNPC 시스템 비행 시험 (가용도, 커버리지 검증) • CNPC 핸드오버/통제권이양 비행 시험 • 다중셀 CNPC 기반 비행시험 (태안-부여-고흥 왕복비행)	특허 25건 SW 5건 논문 10편
	[1세부-ETRI] 전국망 구축 타당성 분석	- 전국망 구축 타당성 분석 및 보고서 • 디지털 지형 데이터를 활용한 국내 지형 환경, 국내 공역 반영, 출력제한지역 적용, 지상국 안테나 패턴 적용 분석 • 지상 무선국추가 배치에 따른 SNR 영향 분석 시뮬레이터 개발 • CNPC 전국망 구축을 위한 지상 무선국배치(안) 제시	보고서 1건
	[1세부-인하대] HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	- 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구 • 배속성능검증 도구 선행 연구 조사 • 궤적 생성기 개발 - 무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템 • 시스템 설계/개발 - HiTL 성능검증 도구 활용 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 • 시스템 개발 및 가상 비행 시험 •시나리오에 의한 가상 비행 시험 수행	SW 4건 논문 20편 시설구축 1건 수상 2건
	[2세부-KOTI] 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원	- 국제민간항공기구(ICAO) 부속서(Annex) 최신 개정안 분석을 통해 추가 개정소요를 도출하여 무인항공기 운용을 위한 법제화 요소 및 규정사례를 연구 - 항공안전법령 개정안 및 추가 개정소요로부터 개정이슈를 정리하여 무인항공기 관련 개정이슈별 항공안전법 등 관계법령 개정안을 제시 - 개정안 작성 과정에 법률전문가를 참여시키고 공동기관, 국토교통부, 전문가 회의와 토론회를 통한 의견을 수렴하고 그 결과를 반영하여 지속적인 수정·보안을 통한 항공안전법 개정(안)을 제시함	논문 6편 정책활용2건
	[2세부-KOTI] 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	- 국제민간항공기구(ICAO) 부속서(Annex) 최신 개정안 분석을 통해 추가 개정소요를 도출하고 5차년도에는 무인항공기를 위한 운항기술기준 1차 제정(안) 및 추가 개정소요로부터 개정이슈를 정리하여 무인항공기 관련 개정 이슈별 운항기술기준의 관련조항 개정안을 제시	법령반영 2건 정책활용2건

	[2세부-KOTI] 무인기 항공교통관제 기준 및 절차 개정, 고시 지원	- ICAO RPAS 패널회의에서 논의되는 사항들과 국내 전문가 의견수렴을 통해 무인항공기시스템의 유인항공기 공역 통합운용을 위한 항공교통관제 절차 및 관련 규정 마련을 위한 분석을 수행함 - 항공안전법 시행규칙 중 항공교통관리에 해당하는 부분과 국토교통부고시인 항공교통관제절차 및 항공교통업무 운영 및 관리 규정개정(안)을 제시함	정책활용2건 법령반영 2건
	[2세부-KOTI] 국제 기준 수립 활동	- 무인항공기 관련 기준 수립을 위한 국제회의(ICAO RPAS 패널)에 참석하여 국제 동향 파악 및 국내 연구내용 현황 공유를 통해 국제기준 수립 활동에 기여함 (WP기고 및 채택) - 국제회의 결과를 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원과 공유하여 국내 무인항공기 관련정책수립에 참고자료로 활용할 수 있도록 기여 최신 국제 동향 및 국제 기준 방향을 반영한 국내 규정 제도 개선안 수립에 활용함	회기별 준비보고서 12편 결과보고서 12편 연례 보고서 6편
	[2세부-KIAST] 무인항공기 인증체계 개발	- ICAO RPAS 패널 회의, FAA-APAC UCWG 등 무인항공기 인증체계 및 감항기준 수립을 위한 국제 협력 회의에 참여하여 관련 국제동향 파악 및 국내 적용방안 수립 활동에 기여함 - ICAO, 항공 선진국(FAA, EASA)의 무인항공기 규정화 동향 분석을 통하여 관련 법령 제·개정(안)의 보완하여 국내 법제화 시 활용할 수 있도록 지원함	논문 8편

연구개발성과 활용방안 및 기대효과	□ 민간무인항공기의 활용을 통해 국민 편익 증진 및 안전성 제고 □ 장래 전국적인 무인기 운용체계 구축 시 본 연구 결과를 확장, 적용 가능 □ 추후 활발히 전개될 민간주도 각종 무인기 사업 수행에 본 과제를 통해 도출한 운용기준, 인증방안, 운용 인프라를 활용 가능 □ 안전한 민간무인항공기를 공공 및 상용 분야에 적용하여 사회 안전 향상에 기여 □ 국내 무인 항공 산업의 선도적 양성을 통한 새로운 경제 분야 창조 및 고부가가치 관련산업창출 □ 고용확대 및 기술경쟁력 향상을 통한 경제발전에 기여
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음

연구개발성과의 등록·기타 건수

논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
							생명정보	생물자원		정보	실물
81	35	78	6		17	1					

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호
KAIST	소형 고정익 무인기	Remoeye 002C	1	17.03.27	94,000	유콘시스템㈜ (042-936-2251)	KAIST	NFEC-2017-04-236964
KAIST	소형 고정익 무인기	Remoeye 006	1	17.03.27	98,000	유콘시스템㈜ (042-936-2251)	KAIST	NFEC-2017-04-236953
한서대학교	OPV 시스템 HL-C237 (이동형 지상국 1호기 포함)	Flight Design사 CTLS	1	18.10.24	2,024,000	유콘시스템㈜ (042-936-2251)	한서대학교	NFEC-2018-11-246935
KAIST	이동형 지상국 2호기		1	18.01.03	325,000	유콘시스템㈜ (042-936-2251)	KAIST	NFEC-2018-03-242740
KAIST	HL-C251	LSA KLA-100	1	19.12.02	275,000	㈜베셀 (031-8092-0787)	한서대학교 태안비행장	NFEC-2020-03-261299
KAIST	이동형 지상국 3호기		1	20.01.30	325,000	유콘시스템㈜ (042-936-2251)	KAIST	NFEC-2020-03-261303

국문핵심어 (5개 이내)	무인항공기	운항기술기준	시험운용	인프라구축	공역통합
영문핵심어 (5개 이내)	RPAS	Flight safety regulation	Test operation	Infrastructure construction	Airspace integration

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 ····· 24

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 66

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성) ····· 216

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 217

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 221

별첨자료(참고문헌 등) ····· 227

약어 정리

순 번	약 어	약어 정리
1	ACAS	Airborne Collision Avoidance System
2	ADS	Automatic Dependent Surveillance
3	ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
4	AES	Advanced Encryption Standard
5	APAC	Asia Pacific Activities Conference
6	ARS	Available Rate Service
7	ASTM	American Society of Testing and Materials
8	ATM	Air Traffic Management
9	ATS	Air Traffic Services
10	BVLOS	Beyond Visual Line-Of-Sight
11	C2	Command and Control
12	CAA	Civil Aviation Authority
13	CK	Cipher Key
14	CL	Check List
15	CNN	Convolutional Neural Network
16	CNPC	Control and Non-Payload Communication
17	CONOP	Concept of Operation
18	CPDLC	Controller-Pilot Data Link Communications
19	CPDS	Conflict Prediction and Display System
20	DAA	Detect and Avoid
21	DAQ	Data Acquisition
22	EASA	European Aviation Safety Agency
23	EO	Electro Optical
24	EO/IR	Electro Optical Infra-Red
25	ESP	Encapsulating Security Payload
26	FAR	Federal Acquisition Regulation
27	FHD	Full HD
28	FSPL	Free Space Path Loss
29	FSR	Flight Safety Regulation
30	GA	General Atomics
31	GBAS	Ground Based Augmentation System
32	GCS	Ground Control Station
33	GMSL	Giga-bit Multimedia Serial Link
34	GNSS	Global Navigation Satellite System
35	GPS	Global Positioning System
36	GRS	Guaranteed Rate Service
37	GRS	Ground Relay Station
38	GUI	Graphic User Interface

39	HD	High Definition
40	HFDF	High Frequency Direction Finder
41	HMD	Horizontal Missed Distance
42	ICAO	International Civil Aviation Organization
43	ICSUV	Integrated Control System for Unmanned Vehicles
44	IFR	Instrumental Flight Rules
45	IK	Integrity Key
46	IMSI	International Mobile Subscriber Identity
47	JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
48	JAUS	Joint Architecture for Unmanned Systems
49	LTE	Long-Term Evolution
50	MDI	Merged Doppler Image
51	MOPS	Minimum Operational Performance Standard
52	MRS	Maximum Rate Service
53	OPA	Optionally Piloted Aircraft
54	OPPAV	Optionally Piloted Personal Aerial Vehicle
55	OPV	Optionally Piloted Vehicle
56	P2P	Point-to-Point
57	PANS	Procedures for Air Navigation Services
58	PFB	Pre-Flight Briefing
59	PFD	Post-Flight Debriefing
60	PGW	Packet Gateway
61	RADAR	Radio Detection and Ranging
62	RCP	Required Communication Performance
63	RDF	Radio Detection Finder
64	RF	Radio Frequency
65	RLOS	Radio Line-Of-Sight
66	RNP	Required Navigation Performance
67	ROC	RPAS Operator Certificate
68	ROI	Region Of Interest
69	RPA	Remotely Piloted Aircraft
70	RPAS	Remotely Piloted Aircraft Systems
71	RPASP	Remotely Piloted Aircraft Systems Panel
72	RPS	Remote Pilot Station
73	RSP	Required Surveillance Performance
74	RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
75	RX	Receive
76	SARPs	Standards and Recommended Practices
77	SBAS	Satellite Based Augmentation System
78	SGW	Serving Gateway
79	SORA	Specific Operations Risk Assessment

80	SP	Safety Pilot
81	SRB	System Review Board
82	SSR	Secondary Surveillance Radar
83	SW	Software
84	TC	Tele-Command
85	TRL	Technical Readiness Level
86	TX	Transmit
87	UAM	Urban Air Mobility
88	UAS	Unmanned Aerial System
89	UAV	Unmanned Aerial Vehicle
90	UCWG	UAS Certification Working Group
91	UGV	Unmanned Ground Vehicle
92	UI	User Interface
93	USV	Unmanned Surface Vehicle
94	UTM	UAS Traffic Management
95	VHF	Very High Frequency
96	WG	Working Group

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

□ **무인항공기를 국가공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위한 제도화, 운용 인프라 시험 구축 및 시범운용 연구 수행**

○ 민간무인항공기 운항기술기준수립을 통한 국가공역 내 통합운용 기반 구축

○ 민간무인항공기의 시험운용을 위한 인프라 구축 및 전국적 인프라 구축 타당성 분석

○ 민간무인항공기의 시험운용을 통한 비행시험자료 축적 및 분석

○ 다부처사업을 통하여 이종/다수 무인이동체간 통합운용 기술 개발 및 실용화

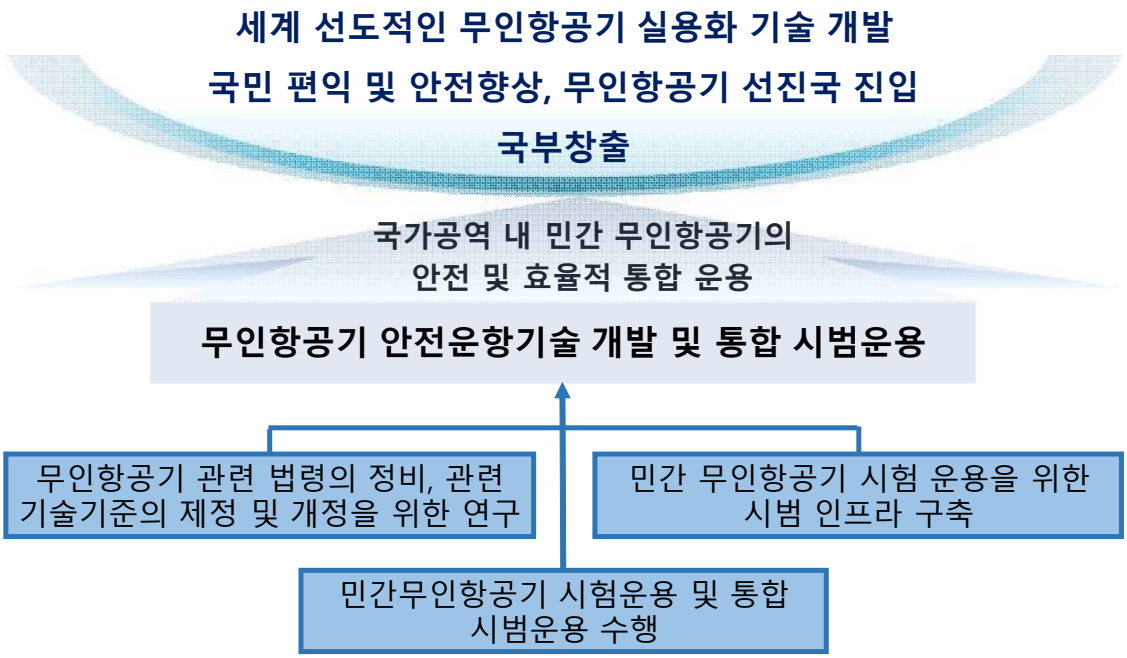


그림 1. 본 연구의 세부연구를 위한 최종목표 설정과 비전

□ 최종목표의 성격 및 설정근거

○ 지난 20여년간 무인항공기 관련기술이 비약적으로 발전하여 민간공역에서의 활용 수요가 증대

○ 이에 대비하고자 국내외적으로 다수의 관련연구가 진행되었는데, 특히 국제민간항공기구(ICAO)는 2007년부터 무인항공기 스터디그룹(UASSG)를 창설하여 연구를 수행하던중, 2014년부터 RPAS Panel을 구성, 2021년을 목표로 본격적으로 무인항공기의 민간공역 통합운용관련 규정 제정 노력을 시작하였음

○ 국내에서도 무인항공기의 잠재적 수요가 증대하고 있으나 관련 운영규정의 부재로 무인항공기 시장의 발전이 지연되고 있는바, 본 연구에서는 급속히 진행중인 국제 동향에 맞추어 무인항공기를 민간공역 내로 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위하여 민간 무인항공기의 시험 운용 인프라를 구축하고 이를 통해 무인기의 각종 시험비행을 통해 무인기 운용 자료를 축적하고 이를 분석하여 무인기 운용 기술기준, 인증기반, 운용절차를 수립하고 검증함으로써 곧 다가올 민간 무인항공기 시대를 준비하고 국내 운용경험을 기반으로 ICAO를 중심으로 추진 중인 민간 무인항공기 관련 기준 정비에 참여하고 이를 선도하였음

○ 전세계적으로 활발히 개발중인 무인선, 무인기 등 이종 무인이동체 기술을 효과적으로 개발, 통합하기 위하여 2014년 승인 다부처 사업 “고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운용 사업”의 주관부처(국토부)과제로서 과기정통부와 해수부의 연구성과를 총괄하여 무인기용 고신뢰성 통신/보안기술 검증 및 무인선/무인기 통합운용 시범사업을 수행하여 무인이동체 관련 기술 발전 및 신산업 발굴을 도모하였음



군용 무인기 운용 (1990s-)	민간무인기 제한운용 (2000s)	민간무인기 시범(제한)운용 (2010s)	민간무인기 완전 통합 (2020s)
• 군 공역에서 제한적 운용 • 군 고유의 인증체계 따름 • 운용기법, 운용체계, 인력양성 체계 수립되어 있음	• 군용 무인기등을 공공용으로 전용하여 활용 • 특별감항인증 • NASA, Dept. of Homeland Security등이 성공적으로 활용	• 제한된 공역에서 운행 • 미국은 6개 시범 운용지역 운용중 • 제한된 경우 한해 민간 무인기 활용 승인	• 민간무인기 전용 형식/감항인증 체계수립 • 민간무인기 운용기법/체계 • 기존 유인기 공역과 완전 통합

그림 2. 무인항공기의 민간공역 통합 과정

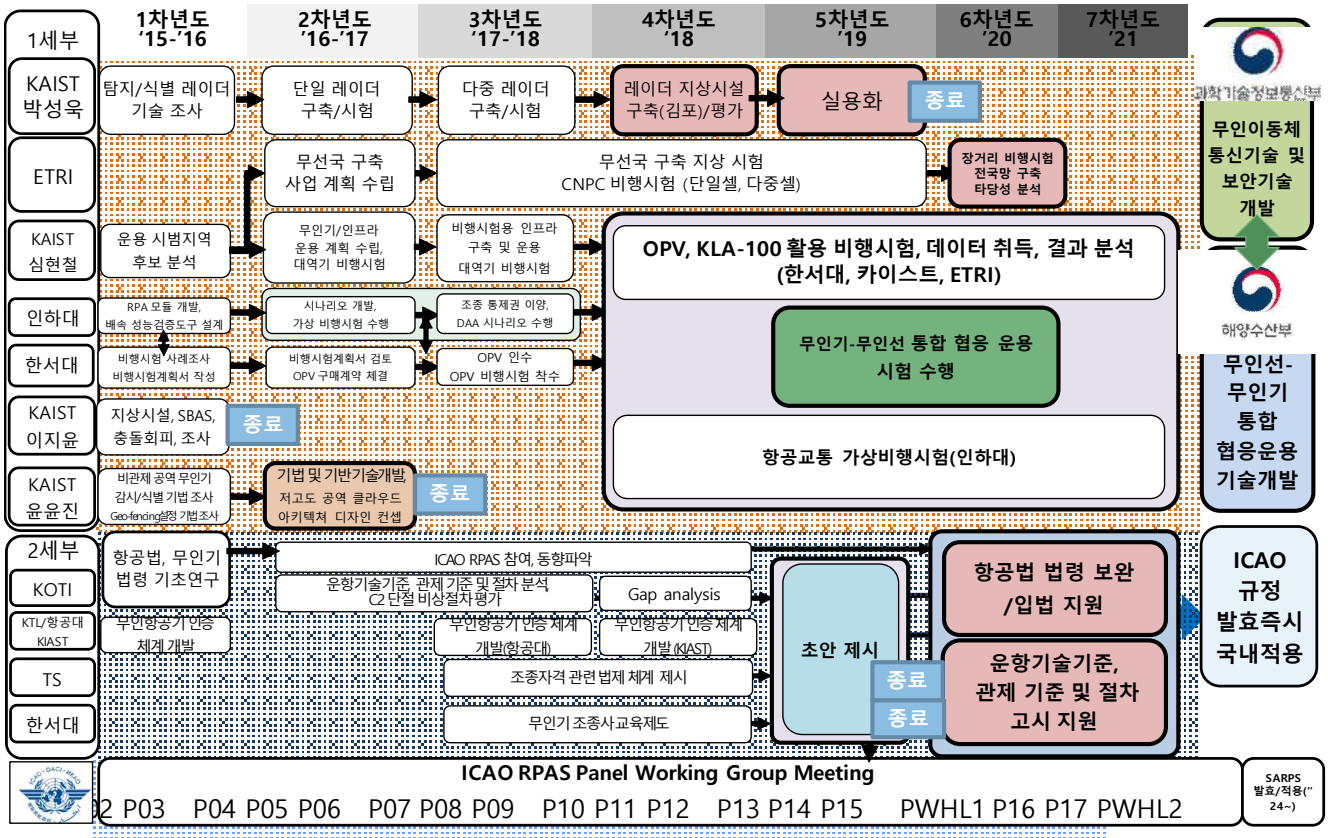


그림 3. 연차별 기관별 연구수행 내용

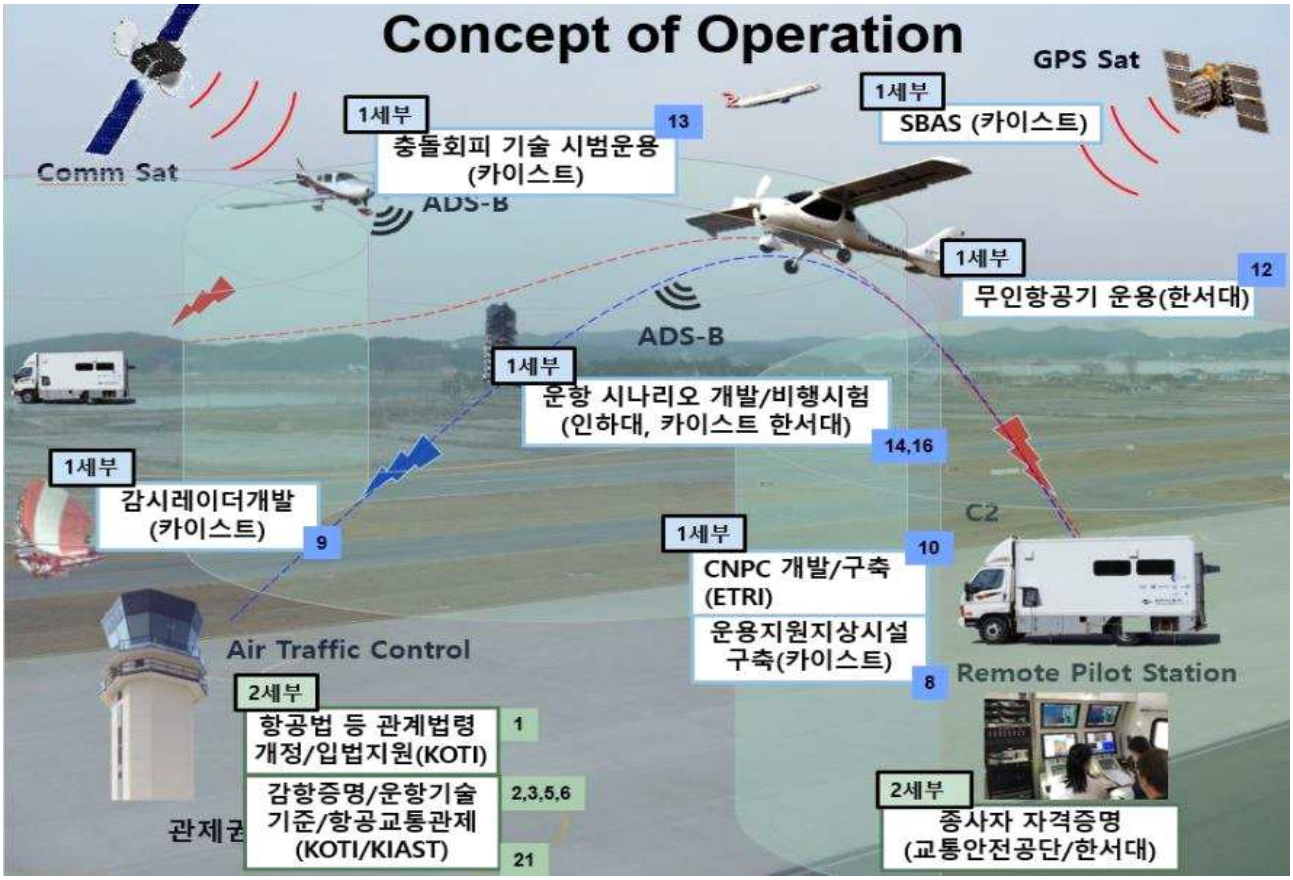


그림 4. 민간 무인항공기의 운용개념 및 과제 구성 도식 (네모안 숫자는 성과번호임)

나. 연구추진체계

○ 본 과제는 2차년도부터 연구단 체제로 개편되었음

- 1세부는 무인항공기 인프라 구축 및 시험운용 연구 수행
  - 인프라 구축 : 무인항공기 운항지원 시설, 감시시설, C2 장비 구축, 시험용 무인항공기
  - 시험운용 : 가상비행시험 수행, 소형 무인기 (대역기) 활용 비행시험, OPV 활용 비행시험
  - 시험내용 : 기본 원격통제, 충돌회피, 단일셀/멀티셀 통신시험, 다부처 통합시범운항

- 2세부의 산출 내용은 운항기술기준, 관제기술기준, 인증기반연구, 자격조건 도출임.
  - RPAS의 국내공역내 통합위한 각종 법령 및 시행령 검토 및 수정안 도출
  - 민간공역에서 RPAS를 운용하기 위한 관제기준, 운항기술기준 초안 마련
  - RPAS의 인증기준 도출 위한 기초 연구 수행
  - 국제민간항공기구 RPAS 패널의 여러 Working Group에 참여하여 동향을 파악하고 SARPs 작성에 참여

○ 1세부-2세부 간 협력 관계

- 1세부는 ICAO 등에서 제정한 RPAS 운용기준을 적용하여 그 결과를 2세부와 공유하고 2세부는 1세부의 수행 결과등을 기반으로 하여 각종 기준 마련에 활용
  - 본 과제 연구를 통해 미국 RTCA의 주도로 진행되는 C2 기술 기준 제정에 기여
  - ICAO RPASP에 Working paper 상정하여 기술제정 노력에 직접적 참여

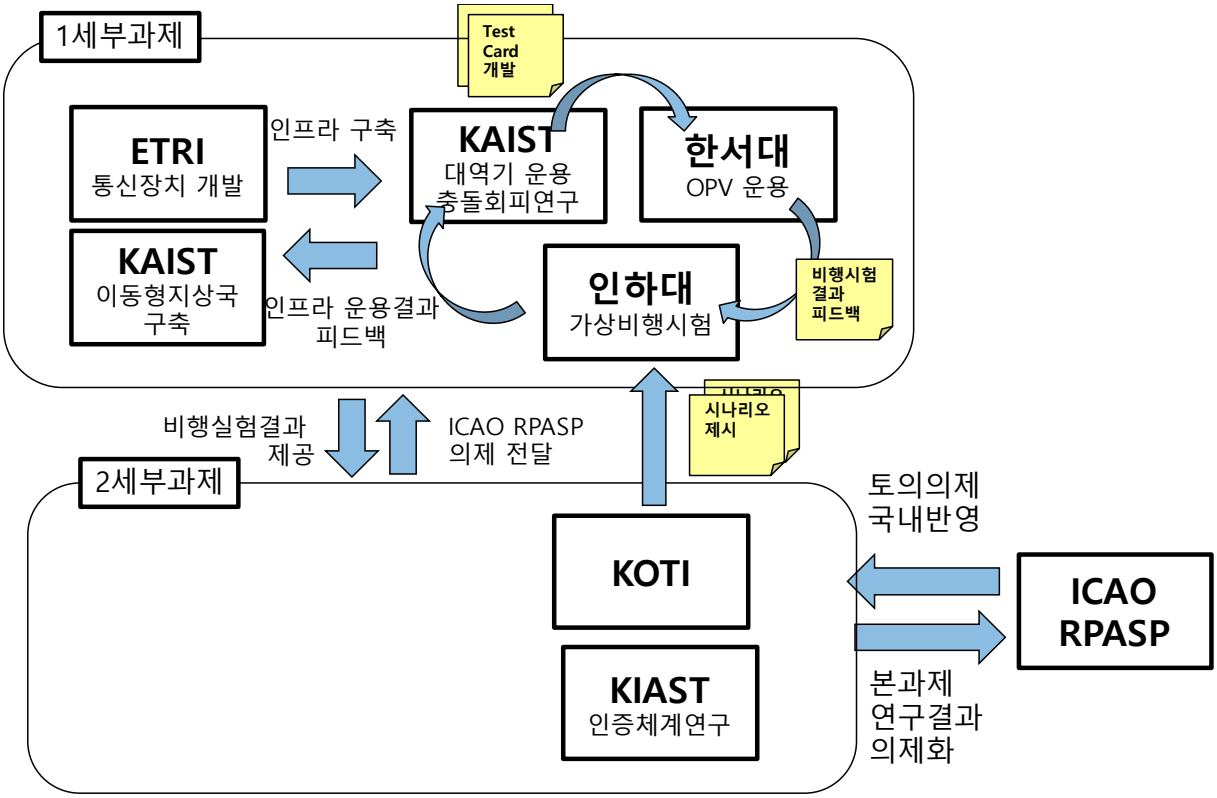


그림 5. 본 과제 구성 및 상호 관계 도식 (다부처 사업 포함)

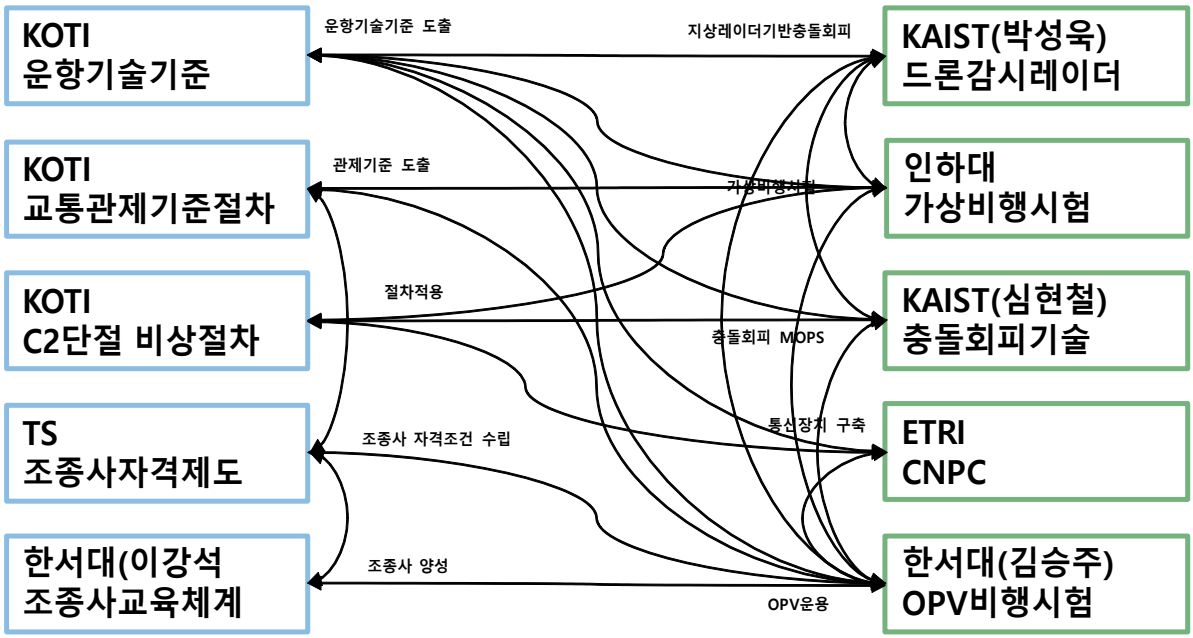


그림 6. 1세부와 2세부의 추진 협력 관계

다. 주요 성과물

- 연차별 성과물

성과물		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
KAIST	[1세부] 심현철	운용지원인프라 분석결과보고서 운용시험계획 보고서	시설구축계획 보고서 소형무인기 대역기구매 논문1건	구축결과보고서 운용시험보고서 논문2건 이동형지상국	시험운용보고서 논문 3건 이동형지상국	시험운용보고서 충돌회피운용 보고서 다부처통합시범 운용 보고서 논문6건, 특허출원2건	시험운용보고서 1건 다부처과제 통합운용 결과보고서 1건 논문 2건 S/W 2건 해외특허출원 1건 특허등록1건	시험운용보고서 1건 SW 1건
	[1세부] 박성욱 김순태	구축계획보고서 1건	시스템운용 보고서 1건 논문 2건 단일셀 HW/SW	시스템운용 보고서 1건 논문 1건, 특허 1건 다중셀 HW/SW	시스템운용 보고서 1건 논문 2건 시험레이다망 구축	실용화추진 보고서 1건	-	-
	[1세부] 윤윤진	선행연구조사 보고서1건	저고도 운용 기술요구사항 보고서 특허1건, 논문1건 저고도과제 연구방안	-	-	-	-	-
	[1세부] 이지윤	SBAS수신장비 성능조사 보고서	-	-	-	-	-	-
[1세부] ETRI		-	구축시험계획서	지상시험결과서 단일셀무선국 논문 2건 특허 1건	단일셀비행시험 결과서 2개셀 무선국 논문 2건	다중셀시험 결과서 3개셀 무선국 논문 2건 특허 1건	비행시험결과 타당성보고서 논문 2건 특허 1건	-
[1세부] 한서대		비행시험계획서 1건	비행시험계획서 1건 및 OPV 계약	OPV 시스템 입고 및 수락시험절차서 1건	인수검사서 및 비행시험보고서 각 1건 논문 1건	비행시험보고서 1건	비행시험보고서 1건 논문 2건	비행시험보고서 1건
[1세부] 인하대		시스템요구도	성능검증도구 시스템개발	성능검증도구 운용	가상비행시험 보고서1건 논문 1건	가상비행시험 보고서1건 논문 1건	가상비행시험 보고서1건 논문 1건	가상비행시험 보고서1건 논문 1건
[2세부] KOTI		선행연구조사 보고서 논문 1건	C2 링크 단절 비상절차 시나리오 보고서 ICAO RPASP 동향 보고서 1건	C2링크 단절 비상절차 평가 보고서 무인기 관제/운항 개정방안 보고서 ICAO RPASP 동향 보고서 논문 1건 WP 1건	무인항공기 운항기술기준 (안)연구보고서 무인항공기 항공교통관제 절차 개정(안) 연구 보고서 ICAO RPASP 동향 보고서 국제학술회의 발표 1건	무인항공기관련 항공안전법 등 관계법령 개정초안 및 관련 보고서 1건 무인항공기 운항기술기준 (안) 1차 초안 및 관련 보고서 1건,	무인항공기 관련 항공안전법 등 관계 법령 개정(안) 관련 보고서 1건, 무인항공기 운항기술기준 (안) 2차 초안 관련 보고서 1건,	무인항공기 관련 항공안전법 등 관계 법령 개정(안) 관련 보고서 1건, 무인항공기 운항기술기준 (안) 3차 제정안 관련 보고서 1건,

					무인항공기 항공교통관제절차 개정(안) 1차 초안 및 관련 보고서 1건, ICAO RPASP 동향 보고서 1건, 무인항공기 책임보험 제도 연구보고서 1건 논문 1건	무인항공기 항공교통관제절차 개정(안) 2차 초안 관련 보고서 1건, ICAO RPASP 동향 보고서 1건	무인항공기 항공교통관제절차 3차 개정(안) 관련 보고서 1건, ICAO RPASP 동향 보고서 1건
[2세부] 한국교통안전공단	-	-	무인항공기 조종자격 제도 보고서 1건	무인항공기 조종자격 제도 보고서 1건	무인항공기 조종자격 제도 보고서 1건, 발표 1건	-	-
[2세부] 한서대	-	-	무인항공기 조종사교육제도 보고서1건	무인항공기 조종사교육제도 보고서1건	무인항공기 교육과정 커리큘럼(안)	-	-
[2세부] 항공안전기술원	-	-	-	무인항공기 인증 동향 분석 보고서, 논문 2건	무인항공기 인증기준/체계 구성요소 분석 보고서 1건, 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 1차 초안, 논문 2건	무인항공기 인증체계 및 감항기준 수립 방안 보고서 1건, 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 2차 초안, 논문 2건	국제 무인항공기 감항표준(안) 검토 및 감항기준(안) 방향 수립 보고서 1건, 무인항공기 인증체계 구축(안) 보고서 1건, 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 1건, 논문 1건
[2세부] 한국 항공대학교	-	-	국내무인항공기 인증체계 개발 전략 보고서 1건, 논문1건	-	-	-	

2) 연구개발과제의 연차별 목표

[1세부]

[KAIST (심현철 교수)]

○ 1차년도
- 민간무인항공기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축
  시범사업지역 분석 및 이동형 운용지원 인프라 요건분석
- 소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립
  무인기 실용화 기술검증 운용시험 세부계획 수립 보고서
  소형 무인기 비행성능 검증 및 운용시험 계획 수립 보고서
  자동이착륙, DAA 최소성능 획득방안 수립 보고서

○ 2차년도
- 이동형 운용지원 지상시설 개념 및 상세설계
- 소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립
  시나리오 기반 임무수행절차 수립
  시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행
  무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행

○ 3차년도
- 이동형 운용지원 지상시설 구축 및 초기 시험운용
- 소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립
  시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행
  무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행
  비행자료 획득, 축적 및 통계적 분석

○ 4차년도
- 이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완
- 소형 소형무인항공기 비행시험 수행
- 충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석

○ 5차년도 : 무인기 비상상황이 포함된 HiTL 가상 비행시험 수행
- 시나리오 생성을 위한 비행계획 추정 알고리즘 개발
- 김포공항 무인기 C2링크 두절 비상절차가 포함된 시나리오 생성
- 관련 업무 전/현직 종사자들이 참여한 HiTL 가상 비행시험 수행 후 결과 분석

○ 6차년도 : HiTL 성능검증 도구 실용적 개선 및 가상 비행시험 적용
- DO-365 MOPS Test Vector 추가 가상 비행시험 수행
- 무인기의 충돌 초우 회피 후 복귀를 위한 조종사 의사결정 모델 개발
- 전문가 의견을 통한 통합 운용 시스템 검증

○ 7차년도 : 무인기의 다양한 운용환경에서의 HiTL 가상 비행시험 수행
- 무인기 장거리 비행에 대한 가상 비행시험 수행
- 현직 관제사들이 참여하는 인천공항 무인기 C2링크 두절 비상절차 가상 비행시험 수행
- 현직 조종사 및 관련 전문가들이 참여한 충돌 회피 가상 비행시험 수행

[KAIST (박성욱 교수)]

○ **1차년도** : 탐지 / 식별 레이더 기술 조사
- 무인기 탐지/식별 기반 레이더 기술 조사 및 국내외 사례 분석
- 소형무인항공기&조류 감시 레이더 목표 사양 및 설계 방안 확립

- 무인항공기 운항 특성 분석 및 시설 구축 방안 연구

○ **2차년도** : 단일 레이더 구축 / 시험
- 단일셀 Micro-Doppler multi-static 레이더 시스템 개발
- 저고도 소형무인항공기 및 조류 구분 및 탐지 방안 연구
- 시스템 구축 및 테스트를 위한 자료 조사 (김포 공항 전파 환경 측정 실험)

○ **3차년도** : 공공기관 내 시범 구축을 위한 소형 무인항공기 & 조류 식별 레이더 시스템
- 다중 셀 3D scanning 레이더 구축을 위한 레이더 하드웨어 시스템 및 안테나 제작/테스트.
- 2차원 회전식 GPS 누설파 탐지 수신기 및 소프트웨어 개발 및 운용 실험
- Chirp pulse radar를 이용하여 드론의 target fluctuation model 추정 및 최적의 integration방법 검증
- 새 모형 드론의 micro-Doppler signature (MDS) 측정 및 드론의 MDS와 비교 분석

○ **4차년도** : 공공기관 내 시범 구축을 위한 소형 무인항공기 & 조류 감시 레이더 시스템 최종 성능평가
- 다중 셀 구축 및 운용 (평창올림픽 3D scanning Radar 다중 셀 운용)
- 3D scanning 레이다 개발을 위한 안테나 및 모터 구동부 개발 완료
- 3D scanning 레이다의 공항 설치/운용을 위한 한서대 태안비행장 인근 실전 테스트
- 소형무인항공기 GPS leakage 탐지 레이다의 수신 감도 향상을 통한 탐지거리 개선
- 소형무인항공기 및 조류 탐지/식별을 위한 알고리즘 개발 및 실외 테스트
- 효율적인 표적 탐지 및 추적을 위한 제어 소프트웨어 개발 및 구현

○ **5차년도** : 공공기관 내 시범 구축을 위한 무인항공기 감시 레이더 시설 최종 성능 평가
- 드론 탐지 레이더 시스템 실용화를 위한 수요처 의견 반영 및 개선
- 소형무인항공기 감시 레이다 실용화

[인하대]

○ 1차년도 : HiTL 성능검증 도구 개발
- 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구 개발
- 무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템 개발

○ 2차년도 : 실제 통합 운용을 통한 HiTL 성능검증 도구 개선
- 유무인 통합운용 검증 시나리오 기반 실제 운용 후 검증
- 검증 결과 및 전문가 자문을 바탕으로 시스템 개선

○ 3차년도 : HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험
- 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 시스템 개발
- 조종 통제권 이양이 포함된 가상 비행시험 시나리오 개발
- 실증을 위한 HiTL 가상 비행시험 수행

○ 4차년도: 무인기 충돌회피 검증 시나리오 기반 통합 운용 HiTL 가상 비행시험
- 실 운용을 위한 무인 지상 조종시스템 개선(RPAS 개발)
- DO-365 MOPS Test Vector 기반의 충돌 조우 검증 시나리오 개발
- 실시간 및 비실시간 가상 비행시험을 통한 RPAS의 최소 성능 기술기준의 일부 검증

○ 5차년도 : 무인기 비상상황이 포함된 HiTL 가상 비행시험 수행
- 시나리오 생성을 위한 비행계획 추정 알고리즘 개발
- 김포공항 무인기 C2링크 두절 비상절차가 포함된 시나리오 생성
- 관련 업무 전/현직 종사자들이 참여한 HiTL 가상 비행시험 수행 후 결과 분석

○ 6차년도 : HiTL 성능검증 도구 실용적 개선 및 가상 비행시험 적용
- DO-365 MOPS Test Vector 추가 가상 비행시험 수행
- 무인기의 충돌 초우 회피 후 복귀를 위한 조종사 의사결정 모델 개발
- 전문가 의견을 통한 통합 운용 시스템 검증

○ 7차년도 : 무인기의 다양한 운용환경에서의 HiTL 가상 비행시험 수행

- 무인기 장거리 비행에 대한 가상 비행시험 수행
- 현직 관제사들이 참여하는 인천공항 무인기 C2링크 두절 비상절차 가상 비행시험 수행
- 현직 조종사 및 관련 전문가들이 참여한 충돌 회피 가상 비행시험 수행

[한서대(김승주 교수)]

○ 1차년도 : 비행시험 계획 초안 작성
- 무인기 또는 Optionally Piloted Vehicle 등을 이용한 비행시험 해외 자료수집 및 사례분석
- 해외사례 분석을 통한 비행시험계획서 초안 작성

○ 2차년도 : OPV 이용 비행시험계획 보완 및 OPV 시스템 구매 계약
- 대역기 이용 해외 비행시험 사례 조사 및 비행시험계획서 보완
- OPV 시스템 시방서 작성 및 OPV 구매계약 체결

○ 3차년도 : NASA 비행시험보고서 번역 및 OPV 시스템 인수 준비
- NASA FTR #3 비행시험 자료 분석 및 번역서 발간
- OPV 시스템 구축결과보고서 및 수락시험절차서 작성

○ 4차년도 : OPV 비행시험 허가 취득 및 수락비행시험
- 무선국허가, 항공기 등록, 항공기 보험 가입
- 국토교통부 항공기술과 시험비행 허가
- NASA FTR #4 비행시험 자료 분석 및 번역서 발간
- 수락시험 실시 및 수락시험보고서 발간
- 비행시험 착수 및 비행시험보고서 작성

○ 5차년도 : 비행시험 수행 및 이종 무인이동체 협업 시연
- 유인모드/무인모드 충돌회피 비행시험
- CNPC 통제권 이양 시험
- 무인선과 조난자 수색/구조 협업 비행시험
- 전년도 비행시험보고서 보완

○ 6차년도 : 비행시험 수행 및 이종 무인이동체 협업 시연
- KLA-100을 침입기로 활용, GA사 CPDS S/W 이용 무인모드 충돌회피 및 CNPC 통제권 이양 시험
- 평택호에서 무인선과 조난자 수색/구조 협업 비행시험
- 전년도 비행시험보고서 보완

○ 7차년도 : 비행시험 수행 및 최종 비행시험보고서 작성
- KLA-100 활용 충돌회피, CNPC 통제권이양 및 통신두절/회복 비행시험 실시
- 최종 비행시험보고서 작성 및 발간

[ETRI]

○ 2차년도 : CNPC 무선국 시험 계획 수립 및 시범용 무선국 설계
- 시범용 CNPC 무선국구축 및 시험 계획서
- 안테나서브시스템/무선국설계 및 제작

○ 3차년도 : CNPC 지상/탑재 무선국 구축 및 CNPC 무선링크 지상시험
- 무인기CNPC 시스템 구축 및 시험 절차/결과서

○ 4차년도 : 단일셀 비행 CNPC 자체시험 및 다중셀 CNPC 무선국 구축 (2개셀)
- 단일셀 CNPC 통신 비행 시험
- 다중셀 CNPC 무선국구축 (2개셀)

○ 5차년도 : 다중셀 비행 CNPC 자체 핸드오버 시험 및 다중셀 무선국 추가 구축
- 다중셀 CNPC 자체 핸드오버 시험 (2개셀)
- 다중셀 무선국 추가구축 (3개셀)

○ 6차년도: 다중셀 CNPC 기반 비행 운항 시험 및 전국망 구축 타당성 분석
  - 다중셀 CNPC 기반 비행 운항 시험 (3개셀)
  - 전국망 구축 타당성 분석 및 보고서

[KAIST (윤윤진 교수)]

○ 1차년도 : 비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법
  - 무인비행 장치 안전운항을 위한 기하학적 경계(Geo-fencing) 설정 기법 개발
○ 2차년도 : 비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉
  - 클라우드 아키텍처 기본 디자인 컨셉
(2차년도로 종료/저고도 과제로 이관)

[KAIST (이지윤 교수)]

○ 1차년도 : 무인기용 SBAS 효용성 분석
  - 무인항공기용 SBAS 수신장비 성능조사
(1차년도로 종료)

[KOTI] (2세부)

○ 1차년도:무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 (기초연구)
  - 무인항공기 운용을 위한 법제화 요소 및 규정사례 연구
  - 무인항공기 항공교통관제절차 개정, 고시 지원을 위한 연구
  - 무인항공기 운영자의 법적책임보험 제도 연구

○ 2차년도: 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 (분석단계)
  - ICAO RPASP 참여하여 동향 파악, 전체 패널 논의 내용 정리 및 분석
  - 국제 기준 국내 반영 준비
  - C2 단절 시나리오 정의 및 김포-제주 항로 운항 자료 분석

○ 3차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 (연구 발전단계)
  - C2 단절 비상절차 안전도 평가, 비상절차 평가 방법론 연구 (ICAO RPASP WP 상정, 채택)
  - C2 단절 비상절차 평가용 시뮬레이션 개발(인하대와 공동 추진)
  - ICAO RPASP 참여하여 동향 파악, 전체 패널 논의 내용 정리 및 분석
  - 국제 기준 국내 반영 준비(무인항공기 인증체계 국내 적용 방향 제시)
  - 무인항공기 조종자격 관리 관련 법제체계 및 교육 체계 제시
  - 글로벌 스탠다드 국내 무인항공기 인증 체계 개발을 위한 전략 제시

○ 4차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 및 보완 시작)
  - ICAO RPASP 참여하여 동향 파악, 전체 패널 논의 내용 정리 및 분석
  - 무인기 운용개념 수립
  - 항공안전법 등 관계 법령 개정 요소 분석
  - 고정익 무인항공기 운항기술기준 제정 초안 작성
  - 유,무인항공기 항공교통관제절차 개정 초안 작성
  - 무인항공기 인증체계 구축을 위한 기술 현황 및 인증체계 구성요소 검토
  - 국제적인 무인항공기 감항기준(안) 검토
  - 항공선진국(FAA, EASA) Working Group 참여 및 현황 검토/분석
  - 무인항공기 조종사 교육제도 관련 항공안전법 등 관계 법령 개정 요소 분석
  - 무인항공기 조종사 교육제도 검토 및 이를 위한 이해관계자 의견수렴

○ 5차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 개정 지원(입법/고시지원)
  - 무인항공기 관련 항공안전법 및 그 시행규칙 개정초안작성
  - 무인항공기 보험제도(안) 마련

- 유,무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 1차 개정(안) 작성
- 고정익 무인항공기에 관한 운항기술기준 1차 제정(안) 작성
- 무인항공기 감항성에 대한 국제표준 검토 및 감항기준 제정 요소 분석
- 무인항공기 인증체계 구성요소 분석
- 무인항공기 인증절차 검토 및 인증절차기준 고시(초안) 작성
- 무인항공기 조종자격관련 법령(안) 마련
- 무인항공기 조종사 교육제도(안) 도출

○ 6차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 보완단계)
- 항공안전법 및 그 시행규칙 개정초안 보완 및 입법지원 준비
- 유,무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 2차 개정(안) 마련 및 고시지원 준비
- 무인항공기를 위한 운항기술기준 2차 제정(안) 마련 (ICAO Annex 6, Part 4 반영 및 수정·보완)
- 무인항공기 감항성 국제표준(안) 분석 및 감항기준(안) 제정 방향 검토
- 위험기반접근법을 고려한 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립
- 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 세부 절차 작성 및 절차(안) 확정

○ 7차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 보완단계)
- 항공안전법령 3차 개정(안) 마련 및 입법지원
- 유,무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 3차 개정(안) 마련 및 고시지원
- 고정익 무인항공기를 위한 운항기술기준 고시 3차 제정(안) 보완 및 고시지원
- 회전익 무인항공기 운항기술기준 고시 제정(안) 제시
- 항공안전법 인증 관련 개정(안) 마련 및 입법지원
- 무인항공기 감항기준(안) 제정 방향 제시
- 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립
- 무인항공기 인증절차를 위한 무인항공기 형식증명절차 지침서 제정(안) 마련

[KIAST(항공안전기술원)]

○ 4차년도 : 인증 관계 법령 및 각종 기준 개정(항공안전기술원)
- 무인항공기 인증체계 구축을 위한 기술 현황 분석 및 인증체계 구성요소 검토
- 국제적인 무인항공기 인증 기술기준(안) 검토
- 국제기준수립 활동(ICAO RPAS 패널(WG1) 참석)

○ 5차년도 : 인증 관계 법령 및 각종 기준 개정(항공안전기술원)
- 무인항공기 감항성 국제표준 검토 및 감항기준 제정 요소 분석
- 무인항공기 인증체계 구성요소 분석
- 무인항공기 인증절차기준(안) 초안 작성
- 국제기준수립 활동(ICAO RPAS 패널(WG1) 참석)

○ 6차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 보완단계)
- 국제적인 무인항공기 감항기준(안) 종합 검토 및 무인항공기 감항기준 국제화 방안 수립
- 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립
- 무인항공기 인증절차기준(안) 보완
- 국제기준 수립활동(ICAO RPAS 패널(WG1) 참석)

○ 7차년도 : 무인항공기 관련 법령정비 및 기술기준 제정/개정 지원 (입법/고시지원 보완단계)
- 무인항공기 감항성 국제표준(안) 분석 및 감항기준(안) 제정 방향 제시
- 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립
- 무인항공기 인증절차기준 제정(안)(형식증명절차 지침서)
- 국제기준 수립활동(ICAO RPAS 패널(WG1) 참석)

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2015)	민간무인항공기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축 (카이스트 심현철 교수)	시범사업지역 분석 및 이동형 운용지원 인프라 요건분석	군용 무인항공기, 무인비행장치용 운용시설은 있으나 국내 민간무인항공기용 운항시설은 일부 연구용 외에는 구축 전무	요건분석 보고서 1건	1차년도 평가후 국토부 담당관과 과제목표 조정미팅을 통해 본 연구의 개발방향 설정 후 결정하였음	12
	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설구축 (카이스트 박성욱 교수)	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서	해외 레이다 시스템은 뛰어난 성능을 자랑하나, 국내 산악지형에서의 성능 시험이 요구	특허출원 1건 구축계획보고서 1건	원천기술개발 및 실제 구현을 목표로 세부과제 연구방향 설정하였음	10
	소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립 (카이스트 심현철 교수)	무인기 실용화 기술검증 운용시험 세부계획 수립 소형 무인기 비행성능 검증 및 운용시험 계획 수립 DAA 최소성능 획득방안 수립	소형 무인기 (<150kg)는 군, 민간용으로 널리 활용중이고 기술수준도 향상되어 연구용이나 실용적 목적으로 널리 활용중	운용시험보고서 1건		12
	비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 결로 설계 및 최적화 기법 (카이스트 윤윤진 교수)	무인비행장치 감시/식별 시스템 평가 시뮬레이터 경로 최적화 및 경로 재설정의 확률적 알고리즘	다수 소형 무인기를 택배등으로 활용하고자 하는 노력이 미국 NASA를 중심으로 시작됨(UTM)	연차실적계획서 대체		12
	무인기용SBAS 효용성분석결과 및 용방안 (카이스트 이지윤 교수)	SBAS 수신장비 성능조사 및 검증 보고서	GPS의 정밀도를 향상시키기 위한 SBAS, GBAS 시스템이 일본 등 국가들에서 진행되었으며, 국내에서도 SBAS 실용화 연구가 '14년 시작됨	성능조사보고서 1건		5
	무인기 운용 배속 항공교통 성능검증	배속성능검증도구 선행 연구 조사	국내에서는 공역 등 이유로 실제	요구도 설계 1건	-	5

	도구 개발(인하대)	궤적생성기 개발	항공기 활용 불가. 실속/고속 가상비행시험 통해 실제로 수행 어려운 시험 가능			
	무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템 개발 (인하대)	시스템 설계 시스템 개발		요구도 설계 1건	-	12
	실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)	비행시험계획서 초안	미국의 경우 MQ-9 무인기, 유럽 SESAR 에서는 유인기 개조 무인기활용하여 비행시험 수행. 국내에서는 항우연이 LSA기반 OPV개발수행경력 있음.	시험계획보고서 1건		12
	민간무인항공기 운용개념수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차 개정 (KOTI)	항공법 등 관련 법령 개정	ICAO는 2007년부터 UASSG결성 민간무인기 실용화 관련 사전 연구 수행, 2014년 ICAO RPAS Panel 결성, 본격적 실용화 노력 시작함	보고서 1건		15
		무인항공기 관제 절차 개정		보고서 1건		
		무인항공기 법적 책임 보험제도		보고서 1건		
	무인기 인증 및 운항 기술기준 연구 (KTL)	무인기 인증기술기준의 제정(안) 및 고시 지원		보고서 1건		5
2년차 (2016)	민간무인항공기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축 (카이스트 심현철 교수)	이동형 운용지원 지상시설 개념 및 상세설계	ICAO는 민간공역 운항 무인기는 기존 유인기 운항기준을 최대한 따르기로 결정함.	구축계획보고서 1건		15
	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설구축 (카이스트 박성욱 교수)	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서		SCI국외 1건 비SCI국내 1건 시스템운용보고서 1건		15
	소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	시나리오 기반 임무수행절차 수립 시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행 무인기 기능별		비SCI국내1건 운용시험보고서 1건		10

	(카이스트 심현철 교수)	최소요건 연구관련 비행시험 수행				
	CNPC 무선국 시험 계획 수립 및 시범용 무선국 설계 (ETRI)	시범용 CNPC 무선국구축 및 시험 계획서	당시 무인기용 통신장치는 표준규약이 없어 proprietary 규격따라 개발. 민간용 통신 표준은 당시 정립되어 있지 않았음 미국 NASA에서 RTCA MOPS 표준 기반 proto type 개발 및 비행시험 진행	미국 RTCA CNPC MOPS 표준 준용	국제 ICAO SARPS 표준으로 RTCA MOPS 표준 채택 예정	15
		안테나서브시스템/무선국설계 및 제작			국제 ICAO SARPS 표준으로 RTCA MOPS 표준 채택 예정	
	비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 결로 설계 및 최적화 기법 (카이스트 윤윤진 교수)	무인비행장치 감시/식별 시스템 평가 시뮬레이터	소형 무인기 활용도가 증대됨에 따라 국내에서도 UTM기술 필요성 증대	특허출원1건 비SCI국내1건 연차실적계획서 대체	별도과제로 수행이 결정됨에 따라 본 과제에서의 역할 축소됨	5
	실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)	비행시험계획서 보완 OPV 시스템 구매		비행시험계획서 1건		15
	무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템 개발 (인하대)	유무인 통합운용 검증 시나리오 기반 실제 운용 후 검증	-	전문가 평가 1건	-	10
	민간무인항공기 운용개념수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차 개정 (KOTI)	검증 결과 및 전문가 자문을 바탕으로 시스템 개선		보고서 1건		15
		무인항공기 운항기술기준의 제정(안) 및 고시 지원		보고서 1건		
		무인항공기 관제 절차 개정		보고서 1건		
		C2 단절 비상절차 평가(김포-제주 항로 교통량 분석)		보고서 1건		
		C2 단절 비상절차 평가(비상절차 시나리오)		보고서 1건		
3년차	민간무인항공기	이동형 운용지원		구축결과보고서		12

	시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축 (카이스트 심현철 교수)	지상시설 구축 및 초기 시험운용		1건		
	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설구축 (카이스트 박성욱 교수)	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서		특허등록1건 비SCI국내1건 SW1건 시스템운용보고서1건		13
	소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립 (카이스트 심현철 교수)	시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행 무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행 비행자료 획득, 축적 및 통계적 분석		비SCI국외1건 운용시험보고서 1건		10
	CNPC 지상/탑재 무선국 구축 및 CNPC 무선링크 지상시험 (ETRI)	무인기CNPC 시스템 구축 및 시험 절차/결과서				15
(2017)	무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템 개발 (인하대)	무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 시스템 개발 조종 통제권 이양이 포함된 가상 비행시험 시나리오 개발 실증을 위한 HiTL 가상 비행시험 수행	-	통합 운용 시스템 (별책 보고서 통합) 전문가 평가 보고서 (별책 보고서 통합) 가상 비행시험 수행 보고서 (별책 보고서 통합)	-	10
	실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)	OPV 시스템의 항공기 및 지상통제장비 개발완료 및 지상통합시험 수행		NASA FTR #3 비행시험보고서 OPV 시스템 구축결과보고서 OPV 시스템 수락시험절차서		15
	민간무인항공기 운용개념수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차 개정 (KOTI)	무인항공기 운항기술기준의 제정(안) 및 고시 지원(ICAO RPAS 패널 참석 및 국제기준 동향 파악)	ICAO RPAS/P 7,8,9차 회의	보고서 1건		15
		무인항공기 관제기준 및 절차 개정(ICAO		보고서 1건		

		RPAS 패널 참석 및 국제 기준 동향 파악)				
		C2 단절 비상절차 평가(OPV용비상절차 시나리오 작성)		보고서 1건		
		C2 단절 비상절차 평가(비상절차 안전도 평가 방법론 연구)		보고서 1건		
		C2 단절 비상절차 평가(비상절차평가용 시뮬레이션 수행)		보고서 1건		
		무인항공기 조종사 교육제도 연구(무인항공기 조종사 교육제도 연구)		보고서 1건		
		(위탁-한서대) 무인항공기 조종사 교육제도 연구		보고서 1건		
	무인항공기 시스템 통합운용 및 안전비행을 위한 연구(항공대)	글로벌스탠더드 무인항공기 인증체계개발(국내 원격조종항공기시스템(RPAS)의 인증체계 개발전략 수립)		보고서 1건		5
	무인항공기 조종 자격 제도 연구(한국교통안전공단)	조종자격제도초안마련(Annex 1 및 PANS-TRG 개정안 분석)	ICAO RPASP WG4(조종자격) 활동이 끝나고 Annex 1, PANS-TRG가 완성됨	보고서 1건		5
		조종자격제도초안마련(국내 법제체계 마련)		보고서 1건		
4년차 (2018)	민간무인항공기 시험운용 위한 공항내 운용지원 인프라 구축 (카이스트 심현철 교수)	이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완		구축결과보고서 1건		10
	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설구축 (카이스트 박성욱 교수)	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서		SCI국외1건 비SCI국내1건		11
	소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	소형 소형무인항공기 비행시험 수행		비SCI국내1건 비SCI국외1건 운용시험보고서 1건		5

	(카이스트 심현철 교수)					
	충돌회피 기술 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석	미국은 NASA UAS in NAS, 유럽은 SESAR 과제 진행중 미국은 Ihkana무인기 민간공역에서 실제 충돌회피 실험 수행 국내 산업부 충돌회피과제가 진행(ICAO규정와 불일치)	충돌회피연구 보고서 1건		7
	HiTL 성능 검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 (인하대)	실 운용을 위한 무인 지상 조종시스템 개선(RPAS 개발) DO-365 MOPS Test Vector 기반의 충돌 조우 검증 시나리오 개발 실시간 및 비실시간 가상 비행시험을 통한 RPAS의 최소 성능 기술기준의 일부 검증	-	RPAS 시스템 가상 비행시험 수행 보고서 (별책 보고서 통합) 가상 비행시험 결과 분석보고서 (별책 보고서 통합)	-	9
	실기 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)	비행시험 허가 유콘 비행시험 한서대 수락시험 비행시험 수행		비SCI국내1건 NASA FTR#4 비행시험보고서 수락비행시험 보고서 비행시험보고서		11
	단일셀 비행 CNPC 자체시험 및 다중셀 CNPC 무선국 구축 (2개셀), (ETRI)	단일셀 CNPC 통신 비행 시험	RTCA C2 MOPS설정완료 C2는 지상기반과 위성기반으로 진행하기로 함	미국 RTCA CNPC MOPS 표준 준용		10
		다중셀 CNPC 무선국구축 (2개셀)				
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (KOTI)	무인항공기 운항기술기준의 제정(안) 및 고시 지원(무인항공기 운항기술기준 제정 초안 작성)		보고서 1건		13
		무인항공기 관제기준 및 절차 개정(무인기		보고서 1건		

		관제절차 개정 초안 작성)				
		국제기준수립 활동(ICAO RPAS 패널 참석)	ICAO RPAS/P 10,11,12차 회의	보고서 1건		
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (한국교통안전공단)	조종자격제도 초안마련(항공선진국 사례 현지조사 및 벤치마킹)		보고서 1건		5
		조종자격제도 초안마련(무인기 조종자격 법제안 제시 및 입법화)		보고서 1건		
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (한서대)	무인항공기조종사 교육제도(안)(무인기 운항기술기준 제정 초안 작성)		보고서 1건		5
	무인항공기 인증체계 개발 (KIAST)	무인항공기 인증기준 제정 방안 수립 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립	Annex 8 (Airworthiness) SARPs 초안발표	보고서 1건		7
	다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	다종 무인이동체 시스템 초기 기능위주 시험운용	무인기, 무인선 등 다양한 무인이동체 연구가 진행되고 있으나 이들을 통합운용하는 연구는 진행된 바 없음 본 과제 시작 이후 다양한 무인이동체 개발을 목표로 하는 항우연 주도 무인이동체 사업 진행중	시험운용보고서 1건		7
5년차 (2019)	민간무인항공기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축 (카이스트 심현철 교수)	이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완 (계속)		운용결과보고서 1건		10
	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설구축 (카이스트 박성욱 교수)	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서		시스템운용보고서1건		11
	소형 무인기의	소형무인항공기		특허출원1건		5

	시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립 (카이스트 심현철 교수)	비행시험 수행		SCI국외1건 비SCI국외1건 운용시험보고서 1건		
	충돌회피 기술 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석	RPAS운용개념이 정립되면서 충돌회피 기술(DAA) 개발방향이 정립되었음. 트랜스폰더, ADS-B, 탑재 레이다를 활용한 충돌감지 및 회피 시스템을 개발하며, 회피 조작은 원격 조종사의 책임하에 수행됨	비SCI국내1건 DAA비행시험보고서 1건		7
	HiTL 성능 검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	시나리오 생성을 위한 비행계획 추정 알고리즘 개발 김포공항 무인기 C2링크 두절 비상절차가 포함된 시나리오 생성 관련 업무 전/현직 종사자들이 참여한 HiTL 가상 비행시험 수행 후 결과 분석	논문 1건	비행계획 추정 알고리즘 초기버전 가상 비행시험 결과 분석 논문 가상 비행시험 수행 보고서	50	9
	OPV 비행시험 (한서대)	OPV 시스템 비행허가 충돌회피 및 CNPS 인프라 비행시험		비행시험결과보고서 1건		11
	다중셀 비행 CNPC 자체 핸드오버 시험 및 다중셀 무선국 추가 구축 (ETRI)	다중셀 CNPC 자체 핸드오버 시험 (2개셀)		미국 RTCA CNPC MOPS 표준 준용		10
		다중셀 무선국 추가구축 (3개셀)		미국 RTCA CNPC MOPS 표준 준용		
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (KOTI)	무인기 운항기술기준 개정 초안 작성		보고서 1건		13
		무인기 관제절차 개정 초안 작성		보고서 1건		

		ICAO RPAS 패널 참석	ICAO RPAS/P 13,14,15차 회의	보고서 1건		
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (한국교통안전공단)	항공안전법 등 관계법령의 해당 조항 개정(안)(조종자격 관련 항공안전법 등 개정(안) 제시)		보고서 1건		5
		무인항공기운항기술기준 제정(안) 및 고시지원(무인항공기 운항기술기준 제정(안) 내 조종자격 관련 부분 작성)				
	관계 법령 및 각종 기준 개정(한서대)	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안)(무인항공기 조종사 교육훈련 관련 항공안전법 등 내 개정(안) 현안연구)		보고서 1건		5
		무인기운항기술기준 제정(안) 및 고시지원(무인항공기 조종사 교육제도(안) 작성)				
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (KIAST)	무인항공기인증체계개발(무인항공기기술기준(안) 방향 제시)		보고서 1건		7
		무인항공기인증체계개발(무인항공기인증체계 구축(안) 수립)				
		무인항공기인증체계개발(무인항공기인증절차기준 고시(초안))		제안 1건		
		국제기준수립 활동(ICAO RPAS 패널 참석)		보고서 1건		
	다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	단일 시나리오 기반 다종 무인이동체 시스템 시험운용		시험운용보고서 1건		7
6년차 (2020)	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축	이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완 (계속)		운용결과보고서 1건		10

	(카이스트 심현철 교수)					
	충돌회피 기술 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석	RTCA SC-228 Phase 2 진행중 미국은 ACAS-Xr, Xu등 진보된 충돌회피 기술 개발중	SW2건 DAA비행시험보고서 1건		12
	HiTL 성능 검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 (인하대)	DO-365 MOPS Test Vector 추가 가상 비행시험 수행 무인기의 충돌 초우회피 후 복귀를 위한 조종사 의사결정 모델 개발 전문가 의견을 통한 통합 운용 시스템 검증		무인기 충돌 회피 기준을 적용한 가상 비행 시험 조종사 의사 결정 모델 알고리즘 전문가 평가 보고서		12
	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	OPV 시스템/KLA-100 비행허가 및 운용관리 CNPS 인프라 및 공중충돌회피 비행시험 이종의 무인 이동체 연계 비행시연 수행		비SCI국내2건 비행시험결과보고서 1건		13
	다중셀 CNPC 기반 비행 운항 시험 (3개셀) (ETRI)	다중셀 CNPC 기반 비행 운항 시험 (3개셀) 다중셀 장거리 비행시험	미국 NASA에서 RTCA MOPS 표준 기반 proto type 개발 및 비행시험 진행	미국 RTCA CNPC MOPS 표준 준용	국제 ICAO SARPS 표준으로 RTCA MOPS 표준 채택 예정	13
	전국망 구축 타당성 분석 및 보고서 (ETRI)	전국망 구축 타당성 분석	전국 단위의 구축 타당성 최초 진행	국내 지형 기반으로 구축 타당성 분석	무인기 CNPC 커버리지 분석 및 무선국 배치	8
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (KOTI)	항공안전법 등 관계법령의 해당 조항 개정(안)(항공안전법 개정 초안 보완)		보고서 1건		12
		무인항공기운항기술기준 제정(안) 및 고시지원(무인항공기 관련 운항기술기준 2차 제정안 작성)		보고서 1건		
		무인항공기 관제절차 개정(무인항공기 관제절차 1차 개정안 보완)		보고서 1건		

		국제기준수립활동(ICAO RPAS 패널 참석)		보고서 1건		
	무인항공기 인증체계 개발 (KIAST)	무인항공기 인증체계개발(무인항공기 감항성 국제표준(안) 분석 및 감항기준(안) 제정 방향)		보고서 1건		7
		무인항공기 인증체계개발(무인항공기 인증체계 구축(안))				
		무인항공기 인증체계개발(무인항공기 인증절차기준 고시(안) 보완)		고시(초안) 2차		
		국제기준 수립활동(ICAO RPAS 패널 참석)	ICAO RPAS/PWHL1, P!6 (코로나로 인해 화상회의로 진행)	보고서		
	다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	단일 시나리오 기반 다종 무인이동체 시스템 시험운용		시험운용보고서 1건		13
7년차 (2021)	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축 (카이스트 심현철 교수)	이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완 (계속)	ICAO RPAS 운용개념확립되었음. 2026년말 RPAS관련규정 적용 시한 맞춰 세계각국 노력 진행중	운용결과보고서 1건		5
	충돌회피 기술 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석	sUAS, RPAS등 다양한 신개념 비행체(AAM)의 충돌회피 기술 규격인 ACAS-Xr 연구 시작	DAA비행시험보고서 1건		17
	HiTL 성능 검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 (인하대)	무인기 장거리 비행에 대한 가상 비행시험 수행 현직 관제사들이 참여하는 인천공항 무인기 C2링크 두절 비상절차 가상	-	가상 비행 시험 결과서 1건 논문 1건	- -	18

		비행시험 수행 현직 조종사 및 관련 전문가들이 참여한 충돌 회피 가상 비행시험 수행				
	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)	충돌회피 시험 CNPC 시험 비행시험결과보고		비행시험결과보 고서 1건		22
	관계 법령 및 각종 기준 개정 (KOTI)	항공안전법 등 관계법령의 해당 조항 개정(안)(항공안전법 3차 개정안 작성)		보고서 1건		26
		무인항공기운항기술기 준 제정(안) 및 고시지원(고정익 무인항공기 관련 운항기술기준 3차 제정안 및 회전익 무인항공기 운항기술기준안 작성)		보고서 1건		
		무인항공기 관제절차개정(무인항 공기 관제절차 3차 개정안 작성)		보고서 1건		
		국제기준수립활동 (ICAO RPAS 패널 참석)	ICAO RPAS/P 17,18차 화상회의로 진행	보고서 1건		
	무인항공기 인증체계 개발 (KIAST)	무인항공기 인증체계개발 (무인항공기 인증체계 구축(안) 수립)		연구보고서		12
		무인항공기 인증체계개발(무인항 공기 감항기준(안) 제정 방향 제시)		연구보고서		
		무인항공기 인증체계개발(무인항 공기 인증절차기준 고시 제정(안))		고시(안)		
		국제기준 수립활동(ICAO RPAS 패널 참석)		패널보고서		

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

□ **배경 및 목적**

- 최근 전 세계적으로 민간 무인항공기를 국가공역내로 통합, 운용하기 위한 노력이 활발히 진행 중

  ※ ICAO는 RPAS Panel을 통해 국가간 민간 무인항공기의 관제공역 내 계기비행을 허가하기 위한 Annex 개정 작업을 2022년 1월 현재 완료하고 항행위원회(ANC)의 승인 절차 및 체약국의 수용 및 시행을 앞두고 있음 (일부 규약의 경우 각 체약국의 이행이 진행중)

- 우리나라에서도 다양한 분야에서 민간 무인기의 활용수요가 급속히 증가중이나 이를 위한 운용기반이나 관련 법령제정은 본 과제 착수 당시 전무한 실정이었음

- 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 완성되면 이를 우리나라 항공법에 적절히 반영하는 절차(tailoring)가 요구됨.

- 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 반영하는 기회를 얻어 우리나라의 관련 분야 주도권을 확보하고 국내 항공관련 역량 증대 기회

○ 국제민간항공기구의 RPAS 관련 부속서 개정의 적용(application)시점이 2026년으로 확정되어 일정대로 진행중이며, 그중 SARPs가 가장 일찍 완성된 PANS-TRG에 의거한 RPAS 운용 인력 교육 프로그램 수행등에 대한 체약국의 이행상황이 ICAO에 의해 모니터링되는 등, RPAS의 실용화는 그간 유인기만을 대상으로 진행되어 왔던 민간항공분야에 큰 변화를 일으킬 역사적인 사건으로 진행되고 있음.



그림 7. RPAS 관련 Annex 개정 계획(안)

○ 국제민간항공기구(ICAO)는 2022년 1월 현재 기본적인 부속서 초안은 각 WG에서 초고를 마무리한 상태이고 후속 과제로 RPAS 매뉴얼을 작성 중이며, 주요 일정 변경 사항으로는 ICAO Annex 개발 성숙도 등을 고려하여 모든 Annex 의무 적용을 기존 2024년에서 2026년으로 연기하였음.

- effective date: 체약국이 원안대로 이행할지 수정/반대안을 제시할 것인가에 대한 시한.
  * ICAO 창립이래 effective date가 미뤄진 적은 한번도 없다고 함

- application date: 체약국이 규정안을 이행을 시작해야 하는 시한

○ 최근 무인항공기 뿐 아니라 소형드론을 포함한 국내 관련 산업의 활성화를 위하여 “드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률(법률 제16420호, 시행 2020.5.1.)” 이 제정되었으며, 이와 같은 정책의 실행을 위해서는 안전성 확보 및 이를 위한 무인항공기 인증의 고려가 필요함.

○ 첨단항공과에서 드론안전법(가칭) 제정 연구가 진행되면서 무인항공기 관련 규정을 드론안전법(가칭)에 포함시킬지 항공안전법에 포함시킬지 등에 대한 이슈가 국토교통부 내부에서 관련 부서 간 협의가 진행중임.

○ 현재 우리나라에서는 국토부를 중심으로를 위하여 소형 무인비행기시스템 인증기술개발 사업, 미래형 자율비행 개인항공기 인증 및 안전운항기술 개발 사업 등 무인항공기 관련 연구 과제가 다양하게 진행중에 있음.

○ 최근 전세계적으로 Urban Aerial Mobility (UAM)의 개발이 활발히 진행되고 있으며, 우리나라에서도 2021년 11월 김포공항에서 독일에서 개발한 Volocopter를 활용한 실제 시연이 진행되는등 드론 택시 개발 노력이 빠르게 진행되고 있음. UAM이 궁극적으로 지향하는 바는 완전 자율비행으로서 ICAO가 현수준에서 실용화하고자 하는 RPAS의 운용개념과 다른 미래에 개발될 기술이고 UAM의 발전단계의 중간 과정인 원격조종과는 관련이 높음. UAM은 충분한 비행시간이 확보된 안전한 기체의 개발이 선행되어야 하고 인증, 운항기준, 관제체계 개발 등 해결해야 할 문제들이 산적한 상태임. 향후 UAS와 RPAS의 운용개념을 발전시킨 차세대 관제기법이 적용될 수 있을 것으로 기대하고 있음.

○ 본 과제는 2014년부터 기획된 “고신뢰성 다개체 무인이동체” 다부처 사업의 일환으로 진행되었으며, 과제 개요는 다음과 같음

- (사업목적) 무인항공기, 무인선박 등 다종 무인이동체의 안전하고 효율적인 통합운용체계 개발을 위한 보안, 통신 등 핵심기술 개발 및 무인이동체의 실용화에 필요한 인증절차, 운항기준, 운용기법 개발 및 체계 구축으로 국민 편익 및 안전을 향상시키고 무인이동체 기술의 선진국 수준 진입

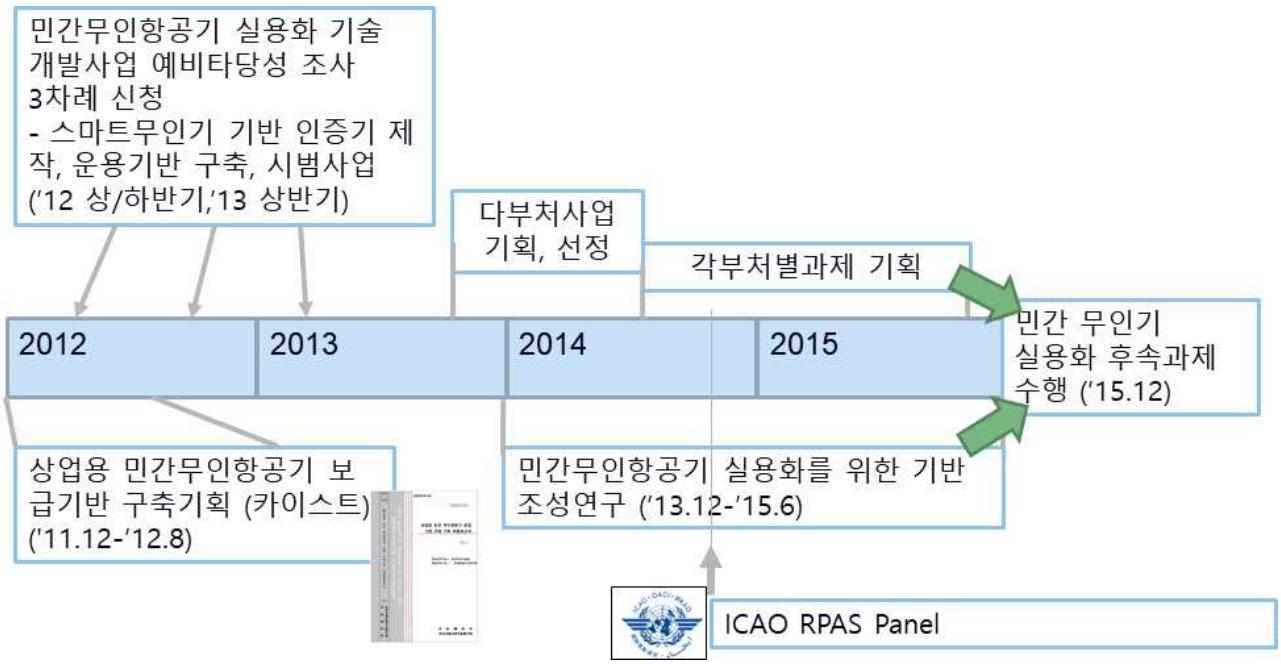


그림 8. 본 과제 추진 타임라인

- 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 신뢰성, 통신, 보안 관련 핵심기술을 개발하고 이증체계, 운항기준을 수립하고 시범기를 이용한 무인이동체계의 고신뢰성 운용체계를 선제적으로 구축 필요
- 이를 위하여, 국토교통부, 과기정통부, 해양수산부가 각각의 필요에 맞는 기술개발 및 검증을 진행하고 있음.
  - 국토교통부 : 민간무인항공기 인증/운항기술 개발 실용화 인프라 구축
  - 과기정통부 : 무인이동체용 통신체계개발, 다개체 보안운용기술 개발
  - 해양수산부 : 해양무인시스템 운용기술, 해양무인시스템용 인프라 구축 기술
- 국토부는 타 부처 과제을 통합하여 다부처 시연 시나리오를 도출하고 시연을 총괄하는 역할을 수행함



그림 9. 다부처 과제 구성

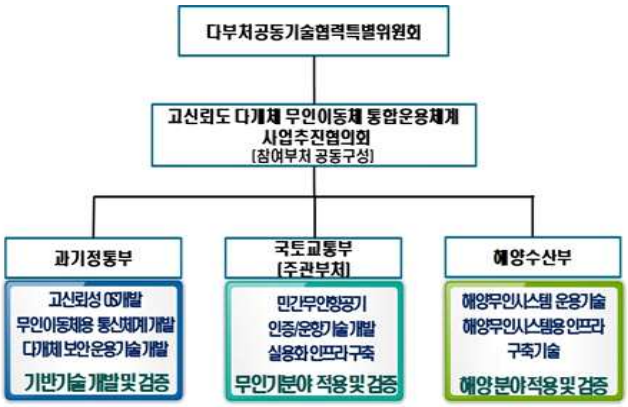


그림 10. 다부처 과제 운영 조직도

□ 연구단 수행체계 (6차년도 기준)

연구개발과제	
과제명	무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용

총 참 여 연 구 원
주관연구책임자 심현철 외 49명

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	0	0	50
대 학	3	32	
국공립(연)	0	0	
출 연 (연)	3	18	
기 타(해외위탁)			

주 관 연 구 기 관
한국과학기술원(KAIST)

참 여 연 구 원
주관연구책임자 심현철 외 7명
책임급 1명, 선임급 0명, 원급 7명

담당연구개발내용	
과제명	민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용
- 무인기 통신/통제, 식별/감시, 운용 인프라 구축 - 민간 무인기 시험운용 - 지상 제어용 통신(CNPC)활용 비행시험 - 다부처사업 연계 통합 시험운용	

협 동 연 구 기 관
한국교통연구원(KOTI)

참 여 연 구 원
협동연구책임자 한재현 외 3명
책임급 1명, 선임급 0명, 원급 3명

담당연구개발내용	
과제명	관계 법령 및 각종 기준 개정
- 항공안전법 개정(안) - 무인기 항공교통관제 기준/절차(안) - 운항기술기준 제정(안) - 무인항공기 인증절차기준 제정(안)	

공 동 연 구 기 관
한서대학교

참 여 연 구 원
공동연구책임자 김승주 외 16명
책임급 2명, 선임급 0명, 원급 12명, 기타 3명

담당연구개발내용	
과제명	실기기반 무인기운용시험 검증 및 평가
- 비행시험계획서 작성 - OPV 확보 및 비행시험 수행 - 항공교통관제 기준/절차 검증비행시험 - CNPC 이용 조종통제권 이양시험 - 충돌회피 시험 - 이종 무인 이동체 통합 운용시연	

공 동 연 구 기 관
인하대학교

참 여 연 구 원
공동연구책임자 이학태 외 6명
책임급 1명, 선임급 0명, 원급 6명, 기타 0명

담당연구개발내용	
과제명	유무인기 통합검증 HiTL 성능검증 도구
- 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구 FATES-RPAS 개발 - 무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 시스템 INTEGRATES - RPAS	

공 동 연 구 기 관
한국전자통신연구원 (ETRI)

참 여 연 구 원
공동연구책임자 이병선 외 6명
책임급 5명, 선임급 1명, 원급 1명, 기타 0명

담당연구개발내용	
과제명	통신시설 구축 및 운용
- 무인기 지상 CNPC 시범 통신장치 구축 및 시험 - 지상 제어용 통신 전국망 구축 타당성 연구	

공 동 연 구 기 관
항공안전기술원 (KIAST)

참 여 연 구 원
공동연구책임자 이은희 외 6명
책임급 1명 , 선임급 1명, 원급 5명, 기타 0명

담당연구개발내용	
과제명	무인항공기 인증체계 개발
- 무인항공기 감항성 국제표준(안) 분석 및 감항기준(안) 제정 방향 - 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립 - 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 제안	

□ (총괄)연구책임자

가. 인적 사항

성명	국 문	심현철 (한문) 沈鉉哲	생년월일(성별)	1969.02.20.(남)
	영 문	Hyunchul Shim	과학기술인등록번호	10171666
직장	기 관 명	KAIST	전화번호	042-350-7445
	부 서	전기및전자공학부	휴대전화번호	010-6607-8500
	직 위	교수	전자우편	hcshim@kaist.ac.kr
	주 소	(우: 34141) 대전광역시 유성구 대학로 291 E4 C304호		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
1995 ~ 2000	University of California, Berkeley	Mechanical Eng	Ph.D.	Shankar Sastry
1991 ~ 1993	서울대학교	기계설계학	석사	이교일
1987 ~ 1991	서울대학교	기계설계학	학사	이건우

(최종 학위 논문명)

Hierarchical Flight Control System Synthesis for Rotorcraft-based Unmanned Aerial Vehicles

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
상업용 민간무인항공기 보급기반 구축기획	민간무인기 인증, 운항기준, 인프라, 비행시험 등 수행 위한 기획 연구	2011.12.13. ~ 2012.08.12	카이스트	연구원	국토교통부	
민간무인항공기 실용화를 위한 기반조성연구	무인기 관제기법, 운항인프라 도출, 기획과제 수행	2013.12.26. ~ 2015.06.25	카이스트	공동연구 책임자	카이스트/ 국토교통부	
인공지능기반 복잡한 실내환경 비행용 자율드론 개발	복잡한 실내환경에서 장애물을 회피하면서 목적지까지 이동가능한 드론개발	2019.07.01. ~ 2020.12.31	카이스트	연구책임자	과기정통부	

라. 대표적 논문/저서 실적(최근 5년간 실적, 5개 이내로 작성)

구분	논문명/저서명	게재지 (권, 쪽)	게재 연도 (발표연도)	역할	비고 (피인용 지수)
1	A Mission Management System for Complex Aerial Logistics by Multiple Unmanned Aerial Vehicles in MBZIRC 2017	Journal of Field Robotics, v.36, no.5, pp.919-939	2019.8	교신저자	4.345
2	Robotic Herding of a Flock of Birds Using an Unmanned Aerial Vehicle	IEEE Transactions on Robotics, v.34, no.4, pp.901-915	2018.8	공저자	3.063
3	Perception, Guidance, and	IEEE Robotics	2018.7	교신저자	3.6

	Navigation for Indoor Autonomous Drone Racing Using Deep Learning	and Automation Letters			
4	A Direct Visual Servoing-based Framework for 2016 IROS Autonomous Drone Racing Challenge	Journal of Field Robotics, v.35, no.1, pp.146-166	2018.1	교신저자	4.345
5	An Autonomous Aerial Combat Framework for Two-on-Two Engagements Based on Basic Fighter Maneuvers	Aerospace Science and Technology, Vol 72, pp.305-315	2018.1	교신저자	2.829

마. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구비	
드론캅 기체/요소기술 및 운용시스템 개발	카이스트	2021.04	45	20.61%
과기부/원천기술개발사업	세부책임	2025.12	250,000	
인공지능기반 복잡한 실내환경 비행용 자율드론 개발	카이스트	2021.01	24	25.52%
과기부/정보통신방송연구개발사업	주관책임	2021.12	769,000	
5G 기반 집배원 고중량 이동형 배달지원 기술개발 및 상용화 실증	카이스트	2021.01	12	6.63%
과기부/정보통신방송연구개발사업	세부책임	2021.12	200,000	
AI 조종사 강화학습 모델 연구	카이스트	2021.04	26	2.1%
리얼타임비쥬얼	용역사업	2023.06	181,818	

□ 협동 · 공동 · 위탁 연구책임자

□ KOTI 한재현 박사 (2세부 연구책임자)

가. 인적사항

성명	**국 문**	한재현 (한문) 韓在賢	**생년월일(성별)**	1964.04.24.(남)
	영 문	HAN JAE-HYUN	**과학기술인등록번호**	10538808
직장	**기 관 명**	한국교통연구원	**전화번호**	044-211-3211
	부 서	항공교통본부	**휴대전화번호**	010-2559-8566
	직 위	연구위원	**전자우편**	jhhan@koti.re.kr
	주 소	세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 과학인프라동		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
2004~2005	프랑스 뚤루즈 경영대학원	항공경영학	석사 (MBA)	Prof. Tournut
1989~1995	영국 맨체스터 대학교	항공우주공학	박사	Prof. Poll
1985~1987	서울대학교	항공우주공학과	석사	조경국 교수
1981~1985	한국항공대학교	기계공학과	학사	
(최종 학위 논문명) An Experimental Study on Real Gas Effects in High Speed High Temperature Flows				

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
운송용 항공기 사고예방 기술개발 기획	항공사고 예방을 위한 기술개발 방안 연구	'12.12 ~ '13.10	한국교통연구원	연구책임자	한국건설교통기술평가원	
차세대 지능형 공항시스템 개발	공항시설 안전관리 기술 개발	'07.12 ~ '12.05	한국교통연구원	연구책임자	한국건설교통기술평가원	
다목적 전공역 위성항법 보정시스템 기획 연구	SBAS 기술 개발을 위한 구축 방안 연구	'11.08 ~ '12.02	한국교통연구원	연구책임자	한국건설교통기술평가원	

라. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구비	
-	-	-	-	-
-	-	-	-	

□ 한서대 김승주 교수

가. 인적사항

성명	국 문	김승주 (한문) 金承柱	생년월일(성별)	1953. 10. 22(남)
	영 문	Kim, Seung Joo	과학기술인등록번호	10094351
직장	기 관 명	한서대학교	전화번호	041-671-6306
	부 서	무인항공기학과	휴대전화번호	010-3420-4790
	직 위	대우교수	전자우편	sjkimkari04@daum.net
	주 소	(우: 32158) 충남 태안군 남면 곰섬로 236-49 한서대학교 태안캠퍼스 무인항공기학과		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
1984 ~ 1988	VPI & SU	항공우주공학	박사	Dr. Paul Kaplan
1982 ~ 1984	Univ. of Florida	항공우주공학	석사	
1973 ~ 1977	서울대학교	항공공학	학사	
(최종학위 논문명) Analysis of the Wake behind a Propeller Using the FEM with a Two-Equation Turbulence Model				

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
유·무인 복합체계 발전방안 연구	미래전 대비 유인기 및 무인기의 복합 운용에 대한 연구	'19.07 ~ '19.11	한서대학교	연구책임자	방위사업청	
무인항공기 산업 기술추세 및 미래발전 방향	전략사업으로 무인기사업의 방향성과 목표정립용 정보 제시	'16.04 ~ '16.12	한서대학교	연구책임자	대한항공	
장기체공형 전술타격 무인기 개념연구	후사면 또는 갱도내의 화력을 타격하기 위한 장기체공형 무인기 운용개념 및 형상설계	'15.12 ~ '17.06	한서대학교	연구책임자	국방과학 연구소	

□ ETRI 이병선 그룹장

가. 인적사항

성명	국문	이병선 (한문) 李炳宣	생년월일(성별)	1963.5.1.(남)
	영문	LEE BYOUNG-SUN	과학기술인등록번호	10090991
직장	기관명	한국전자통신연구원	전화번호	042-860-4903
	부서	무인이동체연구실	팩스번호	042-860-6949
	직위	실장	휴대전화번호	010-5163-9372
	주소	(34129)대전시 유성구 가정로 218		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
1995.09-2001.02	연세대학교 대학원	천문우주	박사	최규홍
1986.03-1988.02	연세대학교 대학원	천문기상	석사	최규홍
1982.03-1986.02	연세대학교 이과대학	천문기상	학사	최규홍
(최종 학위 논문명) 동일한 정지궤도 구간을 공유하는 위성군의 위치유지				

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
Space Internet Development for Korean Lunar Exploration	달탐사 우주통신인터넷	2016	ETRI	연구원	미래창조과학부	
East-West Station-Keeping maneuver strategy for COMS satellite using iterative process	천리안위성위치 유지조정	2011	ETRI	과제책임자	미래창조과학부	SCI

라. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구비	
425위성 지상체 관제소 구축 및 운용을 위한 설계 및 개발 지원	한국전자통신연구원	2019 06. 07	77	20
(주)솔탑	사업책임자	2025. 10. 25	5억원	
실감공간 CPS 원천기술 개발	한국전자통신연구원	2018. 01. 01	60	20
과학기술정보통신부	참여	2023. 12. 31	62억원	

□ 항공안전기술원 이은희 선임

가. 인적사항

성명	국 문	이 은 희	생년월일(성별)	1972.07.22
	영 문	Eunhee Lee	과학기술인등록번호	1127-2519
직장	기 관 명	항공안전기술원	전화번호	032-727-5860
	부 서	항공기인증실	휴대전화번호	010-8525-3392
	직 위	선임연구원	전자우편	eunheelee@kiast.or.kr
	주 소	(22851) 인천 서구 로봇랜드 155-11 로봇R&D센터 2층		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
2002. 02	KAIST	컴퓨터공학	석사	이동만
1999. 08	동의대학교	컴퓨터공학	학사	이종극
(최종 학위 논문명) A Scalable Predictive Concurrency Control Management for Networked Virtual Environments Supporting Various Navigation Speeds				

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
항공기 및 장비품 설계·제작 인증 인프라 기술개발사업 기획	항공기 및 장비품 인증 인프라의 국제 동등 수준 확대 구축(안) 도출	2016.08 ~ 2018.06	항공안전기술원	연구원	국토교통과학기술진흥원	
성능에 기반한 소형비행기 기술기준 정비방안 마련 연구	국제수준에 부합하는 KAS Part 23 개정(안) 도출	2017.04 ~ 2017.10	항공안전기술원	연구원	국토교통부	
소형항공기 BASA 체계구축 및 시범인증	KC-100항공기 시범사업 및 BASA 확대	2015.04 ~ 2016.12	항공안전기술원	연구원	국토교통과학기술진흥원	

라. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구비	
회전익항공기 국제협정을 위한 인증체계 개발 및 인프라 구축	항공안전기술원	2017.04.29	57	20
민수헬기인증기술개발사업	연구원	2021.12.31	17,228,000	

□ 인하대 이학태 교수

가. 인적사항

성명	국 문	이학태 (한문) 李鶴泰	생년월일(성별)	1974. 04. 13. (남)
	영 문	Hak-Tae Lee	과학기술인등록번호	11275140
직장	기 관 명	인하대학교	전화번호	032-860-8929
	부 서	항공우주공학과	휴대전화번호	010-3598-8074
	직 위	부교수	전자우편	haktae.lee@inha.ac.kr
	주 소	(우: 402-751) 인천광역시 남구 인하로 100 인하대학교 항공우주공학과		

나. 학력(대학 이상 기재)

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
2001.01 ~ 2006.01	Stanford University	Aeronautics and Astronautics	박사	Ilan M. Kroo
1999.09 ~ 2000.12	Stanford University	Aeronautics and Astronautics	석사	Ilan M. Kroo
1993.03 ~ 1999.08	서울대학교	항공우주공학	학사	
(최종 학위 논문명) Computational Investigation of Miniature Trailing Edge Effectors				

다. 주요 연구수행 실적(3개 이내)

연구 제목	연구 내용	연구 기간	연구 수행 당시의 소속 기관	역할(연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급 기관	비고
민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구	민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구	2014 ~ 2015	인하대학교	연구책임자	국토교통부	
무인기공역통합	무인기의 공역통합에 필요한 기술 연구	2011 ~ 2013	NASA	연구원	NASA	
무인기안전	무인기운용의 안전성의 확률적 분석	2010 ~ 2011	NASA	연구원	NASA	

라. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구비	
항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구	인하대학교	2014. 10. 31	72	20
국토교통부/항공안전기술개발	위탁연구책임자	2020. 08. 31	116,000	

□ 한서대- 이강석 교수 **[2세부]**

가. 인적사항

성명	**국문**	**이강석 (한문)** 李康碩	생년월일(성별)	65.10.06
	영문	Lee, Kang seok	과학기술인 등록번호	1008 3274
직장	**기관명**	한서대학교	전 화	041.671.6221
	부서	항공교통물류학부	F A X	041.671.6228
	직위	정교수	휴대전화	010.7191.0414
	주소	(31962) 충청남도 서산시 해미면 한서1로 46	E-mail	kasulee@hanseo.ac.kr

나. 학 력

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
2000. 8	한국항공대학교	항공교통	박사	홍순길
1993. 2	한국항공대학교	항공교통	석사	홍순길
1991. 2	한국항공대학교	항공경영, 항공관리	학사	홍순길

(최종 학위 논문명)

항공안전이 항공이용자 행동에 미치는 영향 연구

다. 주요연구실적

연구 제목	연구 내용	연구 기간	발표 서적 또는 학술지명 (연호, 권호 포함)	연구 수행 당시의 소속 기관	역할 (연구책임자 또는 연구원)	연구개발비 지급 기관	비고
공항의 민간위탁 방안연구	공기업인 공항의 효율적인 민간위탁 방안연구	6개월	연구보고서	한서대학교	책임연구원	국토해양부	
항공정비기술 개발기획	항공정비 기술의 효율적 개발 방안 연구	1년	연구보고서	한서대학교	책임연구원	국토해양부	

라. 현재 수행중인 타 과제 현황

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	**참여 유형**	**참여 종료일**	**해당 연도 연구개발비**	
공항수하물자동처리시스템 핵심부품 기술 및 Self Bag Drop 시스템개발	한서대학교	2014.09.26	40	29%
항공안전기술개발사업	책임 연구원	2018.03.29		

[성과목록]

성과 번호	성과명	수행기관	수행내용	수행기간
1	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원	KOTI, KIAST, KOTSA	항공안전법령에 무인항공기를 유인 항공 체계에 안전하게 통합 운용을 위한 무인항공기 관련 조항의 개정 및 추가를 통한 개정안 수립 및 입법 지원	1~7차년도
2	무인항공기 인증체계(안) 개발	KOTI, KIAST, KOTSA	민간 무인항공기의 안전성을 확보하기 위한 무인항공기 인증체계 구축 및 국제적인 표준에 부합하는 기술기준 제정 방안 수립	1~7차년도
3	무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	KOTI, KIAST, KOTSA	민간 무인항공기의 유인 항공 체계 내에서 안전한 운용을 보장하는 무인항공기 운항기술기준의 수립	1~7차년도
4	무인항공기 법적 책임 및 책임 보험 제도(안)	KOTI	무인항공기를 유인 항공 체계에 안전하게 통합 운용을 위한 법적 제도화의 구축	1~7차년도
5	무인항공기 항공교통관제 기준 연구 (4차년도부터 기준/절차 연구)	KOTI	무인항공기가 유인 항공 체계로 통합되어서 운용될 경우 무인항공기의 특성을 고려한 항공교통관제 기준의 수립	1~7차년도
6	무인기 항공교통관제 절차 개정	KOTI		1~3차년도 (성과5로 합쳐짐)
7	C2 단절 비상절차 평가	KOTI	C2가 단절되어서 지상 관제 및 통제가 불가능할 시에 대비한 비상절차를 연구하고, 그의 실행에 따른 안전도 평가	2-4차년도
8	운용지원 지상시설 구축	카이스트 심현철 교수	민간무인기 시험운용 위한 이동형 운용지원 인프라 구축	1-7차년도
9	소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축	카이스트 박성욱 교수	소형무인항공기 탐지를 위한 레이다 지상 시설 구축	1-5차년도
10	민간무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크(CNPC) 인프라 구축	ETRI	민간무인기의 시험운용을 위한 무인기 지상 제어용 무선통신링크 인프라 구축 및 비행시험을 통한 무인기 제어용 통신링크 안정적 운용 가능성 검증	2-6차년도
11	무인기 제어용 통신(CNPC) 전국망 구축 타당성 분석	ETRI	무인기 지상 제어용 무선통신링크 (CNPC) 인프라를 이용한 비행시험 결과와 ICAO 및 RTCA 규정/기술 기준을 바탕으로 전 국토 대상 무인기 CNPC 네트워크 구축 타당성 분석	6차년도
12	민간무인기(소형 대역기)시험/시범운용	카이스트 심현철 교수	소형 무인기의 시험/시범운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	1-5차년도
13	충돌회피 기술 비행시험 및 평가	카이스트 심현철 교수	무인항공기 충돌회피 기동에 관한 성능검증 및 OPV를 활용한 무인기의 충돌회피 기동 연구	4-7차년도
14	OPV기반 무인기 운용 시험 검증 및 평가	한서대 김승주 교수	유/무인 혼용항공기(OPV)와 원격통제장비(RPAS) 시스템 구축 OPV 이용 공역통합을 위한 비행시험 수행 및 이종의 무인이동체와 통합 시험운용 시연	1-7차년도

15	무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구	인하대	HiTL 실시간 성능검증 도구가 필요한 운용환경을 도출 위한 국가 공역 내 항적 데이터를 이용하여 대용량의 배속 성능검증 도구	1차년도 (성과16과 통합수행)
16	HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	인하대	유무인기 통합 시범 운용 검증에 대한 실증을 위한 가상 비행 시험을 수행	1-7차년도
17	비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법	카이스트 윤윤진 교수	비관제공역 무인기의 안전운항을 위해 무인기 경로 설계 및 최적화 기법을 연구, 개발하고 저고도공역 무인비행장치 운영시스템의 기술적 요구사항 보고서 작성	1-2차년도 수행후 별도과제로 분리
18	비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉	카이스트 윤윤진 교수	무인비행장치 시스템 운용 시 공역에서 충돌/추락 방지, 기상/지형지물 인지, 비행 계획 제출 관계 당국과 규제 및 이해관계 당사자들과의 협응 연구를 통해 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 개념도를 바탕으로 비관제공역 무인기 운용개발의 효율성을 높임	2차년도 수행후 별도과제로 분리
19	무인기용 SBAS 효용성 분석결과 및 활용방안	카이스트 이지윤 교수	무인기용 SBAS 효용성에 관한 분석 기법 및 성능검증 도구, 분석 SBAS 활용방안 연구	1차년도 수행후 종료
20	다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험운용	카이스트 심현철 교수	다종 무인이동체 통합기반 시험운용을 통한 관련 요소 및 핵심기술 검증	4-6차년도
21	국제기준수립 활동	KOTI	국제민간항공기구(ICAO)의 무인항공기 패널(RPASP)에 어드바이저로 참여하여 국제 기준 수립에 일조 및 국토교통부와 정보 공유	2-7차년도

[성과 1] 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원 (2세부)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

그림 11. ICAO RPAS Manual</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">항공안전법령에 무인항공기를 유인 항공 체계에 안전하게 통합 운용을 위한 무인항공기 관련 조항의 개정 및 추가를 통한 개정안 수립 및 입법 지원</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">무인항공기의 통합 운용을 위해서 관련 법의 정비가 필요하며, 국제민간항공기구의 기준 및 규제에 맞추어 우리나라 법도 개정이 필요하므로 과업의 핵심성과로 설정</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">무인항공기를 유인 항공체계에 안전하게 통합 운용하기 위한 법적 제도화의 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 2, 항공안전법 내 무인비행장치 관련 조항(UTM 과제에 이관)
(개발기술 수준) TRL 6, 항공안전법 내 전 무인항공기 영역의 관련 조항 제정</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">1-2차년: 김상현 박사(한국교통연구원)
3-4차년: 김상현 박사(한국교통연구원), 이강준 박사(한국교통안전공단)
5차년: 한재현 박사(한국교통연구원), 이강준 박사(한국교통안전공단) 이강석 교수 (한서대학교)
6-7차년: 한재현 박사(한국교통연구원), 이은희 선임(항공안전기술원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2015. 12. - 2021. 12. (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">핵심성과</td><td rowspan="7">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 학회발표</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 간담회 시행하여 의견수렴</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서,
법령(안)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 5건
법령(안)1건</td></tr>
</table>

[성과 2] 무인항공기 인증체계 개발 (2세부)

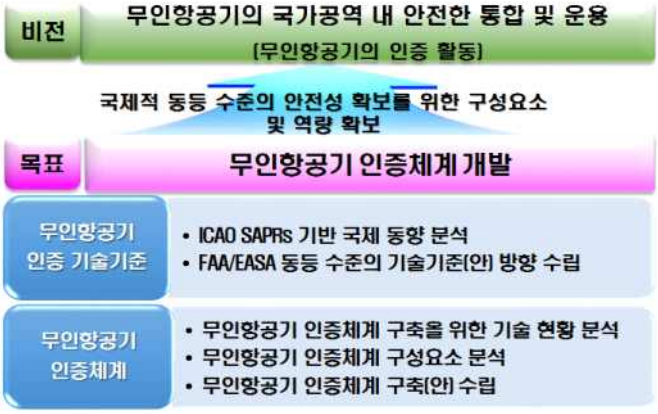
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="8"> 

그림 12. 무인항공기 인증체계 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="8">민간 무인항공기의 안전성을 확보하기 위한 무인항공기 인증체계 구축 및 국제적인 표준에 부합하는 기술기준 제정 방안 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="8">- 무인항공기의 공역내 운용을 위해서는 설계, 제작 운용의 라이프사이클에서 체계적인 안전성 확보을 위한 기술기준의 제정이 필수적임
- ICAO RPAS 패널에서 시스템의 구성 요소 별로 국제표준이 되는 안전성 확보 방안을 연구 중임
- 미국, 유럽연합을 포함한 각국에서는 무인항공기 운용을 위하여 법령에 의한 감항당국의 책임과 권한, 감항기준, 인증절차 등의 기반을 구축하기 위한 연구를 진행하고 있음
- 우리 법령체계에 무인항공기 인증 관련 법 제/개정 및 인증체계 구축이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="8">미래 항공교통에서 세계적으로 발전하고 있는 무인항공기의 국가공역 내 운용을 위한 안전성 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="8">(기존기술 수준) TRL 3, 유인기의 분류를 따른 기술기준
(개발기술 수준) TRL 6, 무인항공기 기술기준 제정 및 인증체계 구축 기반 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="8">1차년도: 조정현 (KTL)
3차년도: 강자영 교수 (한국항공대학교)
4-7차년도: 이은희 선임 (항공안전기술원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="8">2015.12.-2016.6.(KTL), 2017.4.-2018.1.(항공대), 2018.02-2021.12(KIAST) (총4년)</td></tr>
<tr><td rowspan="11">핵심성과</td><td rowspan="7">달성
확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="7">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="7">-</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="7">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="7">전문가 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널, FAA/EASA UAS WG 등) 참여</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="7">전문가 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널, FAA/EASA UAS WG 등) 참여</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="7">전문가 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널, FAA/EASA UAS WG 등) 참여</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="7">전문가 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널, FAA/EASA UAS WG 등) 참여</td></tr>
<tr><td rowspan="4">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>학술대회</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0,
등록 0</td><td>국내 0,
국외 0</td><td>국내 0,
국외 0</td><td>국내 0,
국외 0</td><td>-</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>학술대회</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0,
등록 0</td><td>국내 0,
국외 0</td><td>국내 0,
국외 0</td><td>국내 0,
국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>학술대회</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
</table>

			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 1, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	보고서 1
		4차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	학술대회	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	보고서 1
		5차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	학술대회	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	국내 2, 국외 0	-	보고서 1
		6차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	학술대회	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	국내 2, 국외 0	-	보고서 1
		7차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	학술대회	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	국내 1, 국외 0	-	보고서 2, 고시(안)1건
		계	특허	SCI 논문	비SCI논문	학술대회	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 1, 국외 0	국내 3, 국외 0	-	보고서 6건, 고시(안)1건

[성과 3] 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원 (2세부)

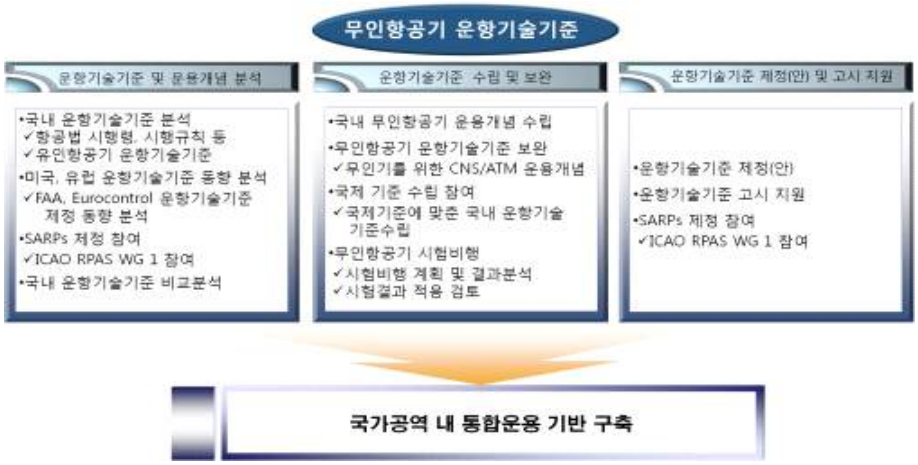
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

그림 13. 무인항공기 운항 기술기준 제정</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">민간 무인항공기의 유인 항공 체계 내에서 안전한 운용을 보장하는 무인항공기 운항기술기준의 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">무인기의 안전 운용을 보장하는 운항기술기준을 수립하여 국토교통부 고시를 제안하는 성과물로서, 과업의 핵심성과로 설정</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">민간 무인항공기의 운영자 자격, 종사자 자격 및 교육제도, 비행 등의 기준의 수립을 통한 무인 항공기의 운송, 사용사업 신산업 창조</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 3, 유인항공기의 운항기술기준의 원용
(개발기술 수준) TRL 6, 무인항공기 고유의 특성 반영 고시 가능한 수준</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">1-4차년: 김상현 박사(한국교통연구원)
3-4차년: 김상현 박사(한국교통연구원), 이강준 박사(한국교통안전공단), 이강석 교수(한서대학교)
5차년: 한재현 박사(한국교통연구원), 이강준 박사(한국교통안전공단), 이강석 교수
6-7차년: 한재현 박사(한국교통연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2015. 12. - 2021. 12. (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">핵심성과</td><td rowspan="7">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 고시지원(주무부처 요청시)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서, 고시(안)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서 7건,고시(안) 1건</td></tr>
</table>

[성과 4] 무인항공기 법적 책임 및 책임 보험 제도(안) (2세부)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

그림 14. 무인항공기 운용관련 법제도 개념도와 추락사고</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">무인항공기 사고는 공중충돌이라든지 지상에 추락하여 제3자의 인명이나 재산상에 손해를 발생시키는 제3자 피해가 주가 될 것이며 소형 무인항공기라도 결과에 따라서는 막대한 손해를 발생시킬 수 있으므로 이에 대한 대비책을 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">무인항공기를 유인 항공 체계에 안전하게 통합 운용을 위한 법적 제도화의 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">무인항공기 사고가 발생 시 이를 보전하는 무인항공기 보험제도를 갖춤으로써 무인항공기 운영(사업)의 활성화에 기여하고 국민의 인명과 재산을 보호</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 2, 보험회사의 자의적인 보험금 책정
(개발기술 수준) TRL 6, 객관적인 자료에 근거한 보험금 책정 및 의무가입 법적 근거 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">1차년: 김상현 박사(한국교통연구원)
5차년: 한재현 박사(한국교통연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2015. 12. - 2021. 12. (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="11">핵심성과</td><td rowspan="2">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 연구종료</td></tr>
<tr><td rowspan="9">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 2건</td></tr>
</table>

[성과 5] 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정 (2세부)

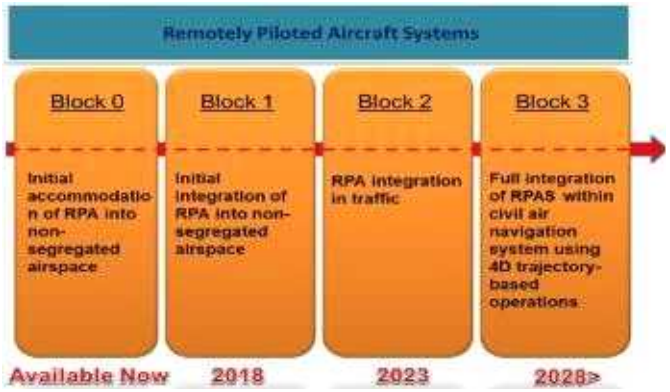
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

그림 15. ICAO의 무인항공기 통합운용 계획</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">무인항공기가 유인 항공 체계로 통합되어서 운용될 경우 무인항공기의 특성을 고려한 항공교통관제 기준의 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">무인항공기를 유인 항공 체계에 안전하게 통합 운용을 위한 법적 제도화의 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">C2와 제한적인 상황인식과 같은 무인기의 특성을 고려함과 동시에 기존의 관제 기준에 부담을 주지 않는 통합 관제 기준의 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 4 - 유인항공기의 항공교통관제 기준
(개발기술 수준) TRL 6 - 유무인항공기 통합운용의 항공교통관제 기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자</td><td colspan="6">1-4차년: 김상현 박사(한국교통연구원)
5-7차년: 한재현 박사(한국교통연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2015. 12 - 2021. 12 (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">핵심성과</td><td rowspan="7">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 고시지원(주무부처 요청시)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">양적 성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서,
고시(안)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>-</td><td>보고서 7건,
고시(안) 1건</td></tr>
</table>

[성과 6] 무인항공기 항공교통관제 절차 개정 (2세부)

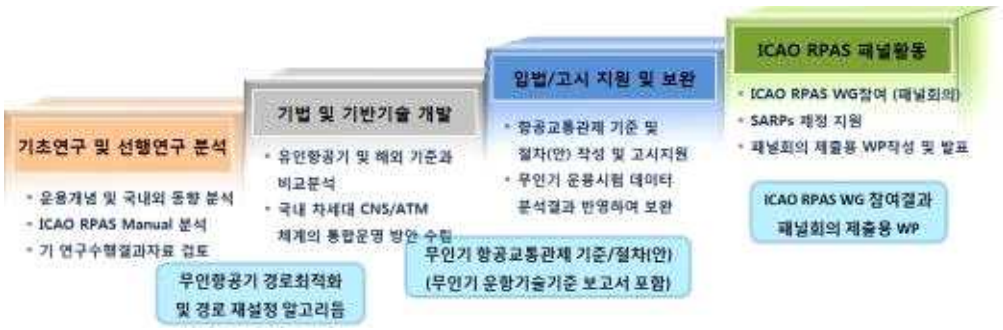
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

그림 16. 무인기 항공교통관제 기준/절차 개정연구 전략</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">무인항공기가 유인 항공 체계로 통합되어서 운용될 경우 무인항공기의 특성을 고려한 항공교통관제 절차의 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">무인항공기를 유인 항공 체계에 안전하게 통합 운용을 위한 법적 제도화의 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">C2와 제한적인 상황인식과 같은 무인기의 특성을 고려함과 동시에 기존의 관제 절차에 부담을 주지 않는 통합 관제 절차의 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 4 - 유인항공기의 항공교통관제 절차
(개발기술 수준) TRL 6 - 유무인항공기 통합운용의 항공교통관제 절차</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">1-3차년: 김상현 박사(한국교통연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2015. 12 - 2017. 12 (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="11">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), 국제회의(ICAO RPAS 패널) 참석</td></tr>
<tr><td rowspan="8">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 3건</td></tr>
</table>

[성과 7] C2 단절 비상절차 평가 (2세부)

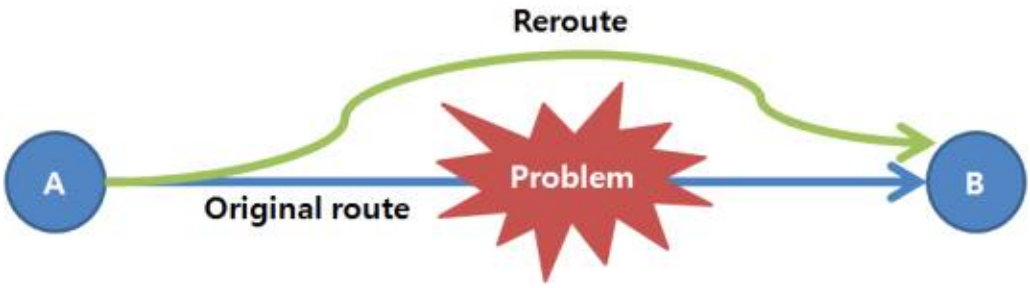
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

그림 17. C2 단절 시 비상절차</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">C2가 단절되어서 지상 관제 및 통제가 불가능할 시에 대비한 비상절차를 연구하고, 그의 실행에 따른 안전도 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">무인항공기와 유인항공기가 가장 크게 다른 부분이 C2 링크의 존재이며, C2 링크가 단절되었을 경우 무인항공기는 통제가 되지 않는 위험한 상황에 놓이게 됨.
ICAO에서도 주요 논의 사항이나, 구체적인 데이터에 기반한 절차는 제시하지 못함</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">유무인기 통합공역 운영을 위한 기술로서, 본 기술 개발을 통해 관제공역 내 비상상황 발생 시 운항 안전성 수립이 가능하게 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 4 – 유인항공기의 통신 단절 절차
(개발기술 수준) TRL 5 – 비상상황에 안전하게 대처가능한 절차 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">김상현 박사
(한국교통연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2016. 8 – 2019. 4 (2년 8개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="13">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>2차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서)</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(연차보고서), WP 발표</td></tr>
<tr><td rowspan="10">양적성과</td><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td colspan="2">보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>–</td><td colspan="2">보고서, WP</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>–</td><td colspan="2">보고서 3건, WP 1건</td></tr>
</table>

[성과 8] 운용 지원 지상 시설 구축 (1세부)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7">   
그림 18. 지상국 차량 1,2,3호차 (왼쪽부터)</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">민간무인기 시험운용 위한 이동형 운용지원 인프라 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">원활한 민간무인기 시험/시범운용을 위해 이동형 운용지원 시설이 필수적으로 필요하다는 판단에 따라 연구주제 설정</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">• 무인기 운용을 위한 지상국, 통신 장치 구축
• 향후 전국적 인프라 구축을 위한 후보지 선정 평가를 위하여 이동 가능한 인프라 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 3
(개발기술 수준) TRL 6</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="7">심현철 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2015. 12 - 2021. 12 (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">핵심
성과</td><td rowspan="7">달성
확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">• 시범사업지역 분석 및 이동형 운용지원 인프라 요건분석결과 보고서 작성
• 전문가 자문단의 보고서 검토 및 평가</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">• 이동형 운용지원 지상시설 개념 및 상세설계
• 전문가 자문단의 설계결과 평가</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">• 이동형 운용지원 지상시설 구축 및 초기 시험운용
• 전문가 자문단의 구축결과 평가</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">• 이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완
• 전문가 자문단의 운용시험결과 평가</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">• 이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완 (계속)
• 전문가 자문단의 운용시험결과 평가</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="6">• 이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완 (계속)
• 전문가 자문단의 운용시험결과 평가</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="6">• 이동형 운용지원 지상시설 통합운용 및 실환경 운용, 시스템 보완 (계속)
• 전문가 자문단의 운용시험결과 평가</td></tr>
<tr><td rowspan="8">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">분석결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">구축계획보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">구축결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">구축결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">운용결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>1</td><td colspan="2">운용결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">운용결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 2, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">보고서 7건</td></tr>
</table>

[성과 9] 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축 (1세부)

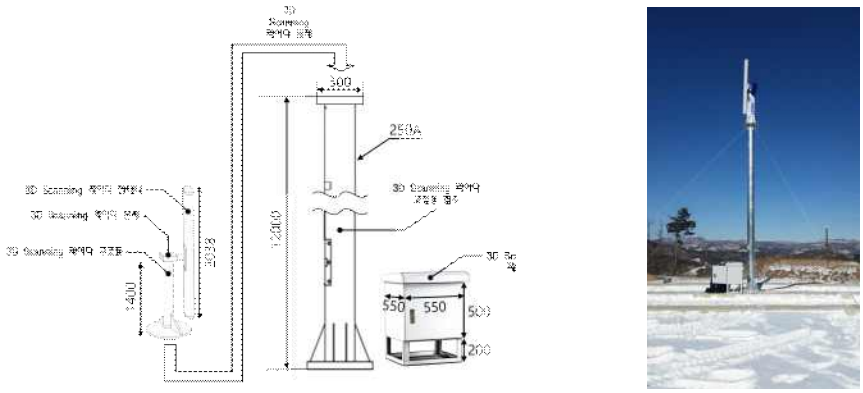
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

그림 19. 3D Scanning 레이다 시스템 도면(좌), 실제 설치 모습 (우)</td></tr>
<tr><td>정 의</td><td colspan="7">소형무인항공기 탐지를 위한 레이다 지상시설 구축</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="7">• 최근 드론 시장의 급속한 성장으로 인해 드론 기술이 발전을 거듭하고 있고, 일반인들에게도 취미용으로 상용화됨으로써 여러 비행 안전 위협이 발생
• 의도적이든 비의도적이든지 간에, 드론으로 인한 항공기 충돌은 막대한 인명 피해 및 재산피해를 낼 수 있음
• 공항 반경 2km 비행 금지 법안을 적용 중이지만, 이를 감시할 수 있는 수단이 국내엔 전혀 없는 상황
• 따라서 드론을 사전에 탐지하여, 여러 위협을 미리 대처할 수 있도록 하는 감시 레이다 시스템이 요구됨</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="7">드론을 사전에 탐지하여 드론이 줄 수 있는 위협을 미리 대비할 수 있도록 하는 레이다 시스템의 개발 및 실용화</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준)
- 일반적인 항공감시용 레이다로는 드론의 RCS 한계로 탐지하지 못함
- 현재 공항에는 드론을 통합적으로 탐지하는 레이다 시스템이 없는 상황
(개발기술 수준) TRL3 - TRL7
- 드론 반경 1.2km 실시간 탐지
- Azimuth 360°, Elevation 90° 반구 형태의 탐지 범위
- 24/7 동작, 작동 온도 -20℃~50℃</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">박성욱 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="7">2015. 12 - 2019. 12 (4년)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">핵심 성과</td><td rowspan="5">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">소형무인항공기&조류 감시 레이더 목표 사양 및 설계 방안 확립</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">단일 레이더 기반 시스템 실내외 소형 무인항공기&조류 탐지 실험</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">소형 무인항공기&조류 감시 레이더 시스템 김포공항 내 시범 시설 구축</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">김포공항 내 소형무인항공기&조류 감시 레이더 지상시설 최종 성능평가</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">소형무인항공기 감시 레이다 실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="11">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 1, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">구축계획보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">시스템운용보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 1</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>1</td><td colspan="2">시스템운용보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">시스템운용보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">시스템운용보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 1, 등록 1</td><td>국내 0, 국외 2</td><td>국내 3, 국외 0</td><td>1</td><td colspan="2">보고서 5건</td></tr>
</table>

[성과 10] 민간무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크(CNPC) 인프라 구축 (1세부)

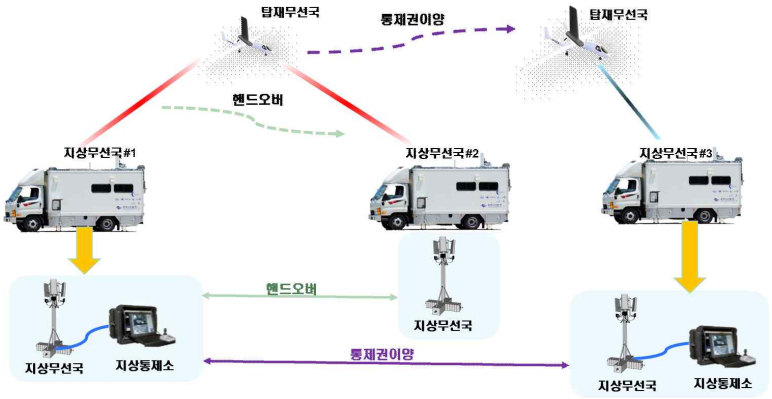
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

그림 20. 무인기 CNPC 인프라 구축 및 비행시험</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">민간무인기의 시험운용을 위한 무인기 지상 제어용 무선통신링크 인프라 구축 및 비행시험을 통한 무인기 제어용 통신링크 안정적 운용 가능성 검증</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">본 사업은 “무인기 안전운항기술 및 통합 시범운용“을 목적으로 하고 있어 무인기 시범운용을 위한 무인기 제어용 통신(CNPC) 인프라 구축이 요구되는 무인기 CNPC 인프라 구축을 핵심성과물로 선정하였음</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">무인기 지상 제어용 무선통신링크 구축 및 시험을 통해 무인기 제어용 통신링크 인프라 구축 및 통신운용 기술 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 4 - 무인기 1대 제어(P2P), 1개 통신셀 내에서만 무인기 제어
(개발기술 수준) TRL 6 - 2대 이상 다수 무인기 제어(P2M), 2개 통신셀 이상에서 무인기 제어</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="7">이병선
(한국전자통신연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2016.06 - 2020.12 (5년)</td></tr>
<tr><td rowspan="13">핵심성과</td><td rowspan="5">달성
확인방법</td><td>2차년도</td><td colspan="6">CNPC 무선국 시험 계획 수립 및 시범용 무선국 설계</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">CNPC 지상/탑재 무선국 구축 및 CNPC 무선링크 지상시험</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">단일셀 비행 CNPC 자체시험 및 다중셀 CNPC 무선국 구축 (2개셀)</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">다중셀 비행 CNPC 자체 핸드오버 시험 및 다중셀 무선국 추가 구축 (3개셀)</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="6">다중셀 CNPC 기반 비행 운항 시험 (3개셀)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">양적성과</td><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원0, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원0, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내2, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원0, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내2, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원1, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내2, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원1, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내1, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원2, 등록0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내7, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">-</td></tr>
</table>

[성과 11] 무인기 제어용 통신(CNPC) 전국망 구축 타당성 분석 (1세부)

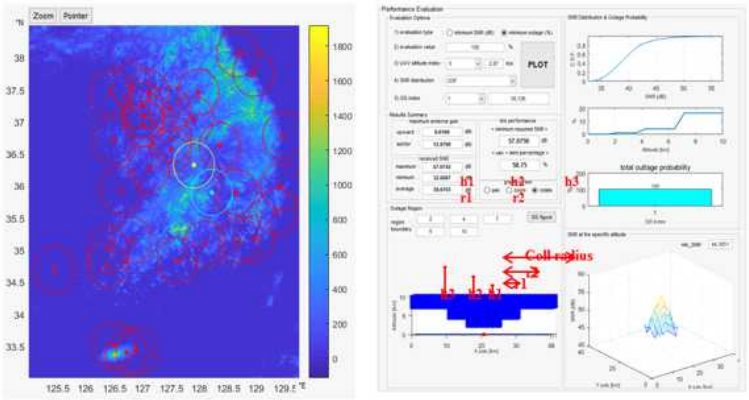
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

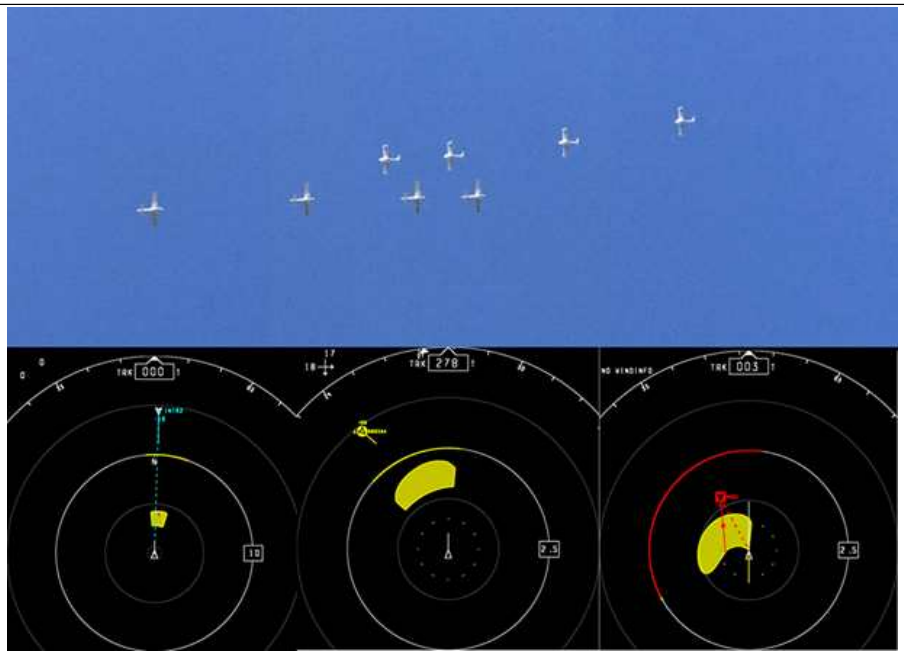
그림 21. 무인기 CNPC 전국망 구축 타당성 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">무인기 지상 제어용 무선통신링크 (CNPC) 인프라를 이용한 비행시험 결과와 ICAO 및 RTCA 규정/기술 기준을 바탕으로 전 국토 대상 무인기 CNPC 네트워크 구축 타당성을 분석함</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">본 사업은 “무인기 안전운항기술 및 통합 시범운용 “을 목적으로 하고 있으며, 추후 국가 공역에서 무인기 운용에 대비하여 전 국토 대상 CNPC 네트워크 구축을 위한 타당성 분석이 필요하여 핵심성과물로 선정하였음</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">전 국토 대상 무인기 CNPC 네트워크 구축 타당성을 분석함으로써 향후 무인기 CNPC 전국망 구축을 위한 정책 수립에 활용</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 3 - 네트워크형 CNPC 무선국을 기반한 전국망 구축 타당성 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">이병선
(한국전자통신연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2020.01 - 2020.12</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심성과</td><td rowspan="2">달성 확인방법</td><td>6차년도</td><td colspan="6">전국망 구축 타당성 보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="3">양적성과</td><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원0, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내1, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 1건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원0, 등록 0</td><td>국내0, 국외 0</td><td>국내1, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 1건</td></tr>
</table>

[성과 12] 민간무인기(소형 대역기) 시험/시범운용 (1세부)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
그림 22. 소형 민간무인기 시험/시범운용 시나리오 도출결과</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">소형 무인기의 시험/시범운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">• OPV를 이용하여 시험하기 어려운 시나리오 평가를 위하여 소형 무인기를 대역기로 시험/시범운용을 수행함으로써 비행데이터를 획득, 축적 및 통계적 분석을 수행
• 이 결과를 무인항공기와 관련된 항공법 개정(안) 도출, 무인항공기 인증/운항 기술기준(안) 제정, 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정(안) 도출에 활용하기 위함
• ICAO 패널활동을 통한 국제 무인항공기 관련 기준/절차제안 시 근거로 제시하여 실효성 높은 국제수준의 기준/절차제정에 기여하기 위함</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">소형 무인기 기본 요소기술, 통신/통제권 이양 및 충돌회—피 기술검증을 위한 시나리오 기반 시험/시범운용을 통해 데이터 획득, 분석수행 및 운용위험 관리절차 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 2-3
(개발기술 수준) TRL 5-6</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">심현철 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2015. 12 - 2019. 12 (5개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">핵심 성과</td><td rowspan="5">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">• 무인기 실용화 기술검증 운용시험 세부계획 수립
• 소형 무인기 비행성능 검증 및 운용시험 계획 수립
• DAA 최소성능 획득방안 수립
• 전문가 자문단의 계획 및 방안수립결과 검토 및 평가</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">• 시나리오 기반 임무수행절차 수립
• 시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행
• 무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행
• 전문가 자문단의 비행시험 수행참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">• 시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행
• 다부처사업 산출물 탑재 후 비행시험 수행
• 무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행
• 비행자료 획득, 축적 및 통계적 분석
• 전문가 자문단의 비행시험 수행참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="5">• 시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행
• 다부처사업 산출물 탑재 후 비행시험 수행
• 무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행
• 비행자료 획득, 축적 및 통계적 분석
• 전문가 자문단의 비행시험 수행참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="5">• 시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행
• 다부처사업 산출물 탑재 후 비행시험 수행
• 무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행
• 비행자료 획득, 축적 및 통계적 분석
• 전문가 자문단의 비행시험 수행참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td>양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>운용시험계획보고</td></tr>
</table>

							서
		2차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 1, 국외 0	-	운용시험보고서
		3차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 1	-	운용시험보고서
		4차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 1, 국외 1	-	운용시험보고서
		5차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			출원 1, 등록 0	국내 0, 국외 1	국내 0, 국외 1	-	운용시험보고서
		계	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			출원 1, 등록 0	국내 0, 국외 1	국내 2, 국외 3	-	보고서 5건

[성과 13] 충돌회피 기술 비행시험 및 평가 (1세부)

관련 그림 / 사진	 그림 23. 충돌회피 비행시험과 충돌예측/경고 시스템
정 의	무인항공기 충돌회피 기동에 관한 성능검증 및 OPV를 활용한 무인기의 충돌회피 기동 연구
설정사유	• 무인항공기 충돌회피 성능검증 도구 및 실기 시험에 관한 보고서를 통하여 무인항공기 통합시범 운용의 가능성을 제시 가능함 • 무인항공기 대역기 비행시험 보고서를 통하여, 대형 무인기에 대한 충돌회피 운용의 적절성을 제시 가능함
목 적	• 최근 무인항공기가 유인기 공역으로 진출함에 따라 무인항공기 또한 유인기 수준의 충돌회피 능력을 요구한다. 이에 무인항공기에 탑재 가능한 ADS-B 시스템을 선정/분석하고 이를 토대로 충돌회피 기동에 관한 정량적인 목표치를 제시한다. 더불어, 무인항공기의 운용개념인 RPAS를 위하여 항공기의 충돌을 예측/경고하여 RPS 내부의 조작자가 회피에 대한 판단과 기동을 할 수 있도록 한다. • 무인항공기를 위한 충돌회피기술 개발은 최소기술운용성능기준을 도출하기 위함이다. 본 과제에서의 충돌회피기술개발은 협력적/비협력적 항공기를 탐지하기 위한 센서를 탑재/비행시험을 진행하여 충돌회피를 위한 센서요구도를 도출하며, 또한 회피기동을 위하여 필요한 최소 회피성능요구도를 도출하여 안전한 무인항공기의 통합운용의 초석을 마련한다.
성능목표	(기존기술 수준) 국내 TRL 3단계, 국외 TRL 6단계 현재 최고사양의 GA급 비행체 탐지능력은 미국 Air Force Lab사 기준으로 충돌인지 방위각 -15/+85 충돌인지 고도각 ±15 수준이며, 이러한 탐지시스템을 기반으로 미국 MITRE는 1×10^5회의 무인항공기의 출동회피 성능검증 도구를 수행한 보고서가 있다. 유럽 MIDCAS 및 미국 NASA에서 충돌회피에 관한 비행시험을 수행하고 보고서를 작성한 바 있으나, 충돌회피 기동에 관한 정량적인 수치를 제시한 바는 없다. 대형 무인항공기를 대상으로 충돌회피에 대한 비행시험의 경우, MITRE에서는 시뮬레이터를 개발하여 SAA 알고리즘 검증을 위해 수백만회 성능검증 도구를 수행하였고, NASA에서는 SR-22 4인승 항공기를 무인화한 Surrogate 항공기로 150회 이상의 비행시험을 수행하였다. 이러한 연구들은 LD-CAP (Limited Deployment-Cooperative Airspace Project)의 일환으로 2011년에서 2014년까지 11.4백만 달러(약 130억 원)이 투입되었으며, FAA는 2020년까지 관련연구를 지속적으로 지원할 계획이지만, 현재

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="6">국내에서는 이러한 대형 무인항공기의 충돌회피 비행시험에 관한 연구가 전무하다.
(개발기술 수준)
TRL 6단계
본 과제를 통하여 상용 TCAS(PCAS) 및 ADS-B 시스템을 분석/활용하여 무인항공기에 적용 및 탑재 가능한 수준을 제시하며, 충돌회피 기동을 수행하고 타당성을 검증한다. 현재 민간연구팀에서 150Kg이상의 대형무인기의 운용 및 비행시험은 사실상 불가능하며, 현재 국내에서는 이러한 대형 무인항공기의 충돌회피 비행시험에 관한 연구가 전무하다. 이에 본 연구팀은 무인기의 한 분류인 OPV에 활용되는 경비행기를 대형 무인기로 간주하여 대역기로서 활용한다. 이는 경비행기가 OPV 무인항공기(원격조종항공기)의 플랫폼으로 활용되기에 이를 대형 무인항공기의 대역기로 보는 것은 타당하며, 실제로 항공우주연구원에서는 2인승 경비행기 CTLS를 기반으로 무인화에 관한 연구가 진행 중이며, 최근 비행시험에 성공하였다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="6">심현철 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2017. 12 - 2021. 12 (4개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="11">핵심
성과</td><td rowspan="4">달성
확인
방법</td><td>4차년도</td><td colspan="5">• GA-ASI 제공 CPDS 프로그램 이동형지상국 설치 연동
• 소형무인기(성과12) 운용결과 기반 OPV 충돌회피 비행실험 계획 도출</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="5">• ADS-B/영상탐지 기반 충돌예측 상황 비행시험 진행
• 비행시험결과 분석 및 보고서 작성</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="5">• ADS-B/영상탐지 기반 충돌예측 상황 비행시험 계속</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="5">• ADS-B/영상탐지 기반 충돌예측 상황 비행시험 계속
- 충돌회피 기술 최소 운용성능(MOPS) 기반 비행시험 진행
• 비행시험결과 분석 및 보고서 작성</td></tr>
<tr><td rowspan="7">양적
성과</td><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>CPDS 구축
보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>DAA 비행시험
보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>2</td><td>DAA 비행시험
보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>DAA 비행시험
보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 3건</td></tr>
</table>

[성과 14] OPV기반 무인기 운용 시험 검증 및 평가 (1세부)

관련 그림 / 사진	  그림 24. 시험비행중인 OPV, 운용중인 지상국(RPS)
정 의	• 유/무인 혼용항공기(OPV)와 원격통제장비(RPAS) 시스템 구축 • OPV 이용 공역통합을 위한 비행시험 수행 및 이종의 무인이동체와 통합 시험운용 시연
설정사유	• 민간 무인기로서 150kg을 상회하는 신뢰성 있는 무인항공기 시스템이 국내에 없는 상황에서 OPV는 공역통합을 위한 항공교통 관련하여 제정 및 개정되는 규정 및 절차를 비행시험으로 검증하는데 적정한 장비로 판단되며, 본 사업 종료 후에도 유사한 비행시험의 테스트베드로서 활용 가능성이 큼. • 민간공역 내 유/무인기 혼용운용 시 발생하는 공중충돌 등 다양한 상황을 비행시험으로 재현하고, 시험결과를 데이터베이스로 구축 및 통계적 분석을 수행하기 위함. • 또한 이종의 무인이동체와 통합시연을 위한 무인기의 역할도 수행.
목 적	• 민간 무인기 시대에 대비한 규정 및 절차 개발을 위하여 유무인 혼용 항공기(OPV)를 이용한 비행시험을 통하여 기초자료를 구축하고, 획득한 시험자료를 바탕으로 국제적 기관과 협의를 통하여 국내에 적합한 규정 및 절차의 제정 및 개정에 초석을 마련함 • 실제 비행시험을 통해 새로 작성되는 무인항공기 운항기술기준을 검증하고, 다수 이종 무인이동체와 통합운용을 통하여 신기술 구현
성능목표	(기존기술 수준) • TRL 5 (항공우주연구원에서 동일 항공기 무인화에 성공) • 항공우주연구원에서 개발한 무인화한 항공기는 OPV가 아니고, 순수 무인기임. • 비행체 중량 150kg을 초과하는 민간 무인기나 대역기를 이용한 비행시험으로 시계내외 비행, 충돌회피, 공중 조종통제권 이양 및 비상운용 절차 등에 대한 일체의 경험과 자료가 없음. 해당 분야는 군에서 축적한 자료가 있으나 취합 및 정리가 되지 않고 민간기관과 협력이 곤란함. (개발기술 수준) • TRL 6 • OPV를 이용하여 다양한 비행시험결과를 D/B형태로 구축하고, 통계적 분석을 통하여 운항기술기준, 항공교통관제 기준 및 절차, 무인기 운용을 위한 식별과 감시 등 지상시설 구축, 위성보강항법 등을 이용한 정밀항법 적용, 및 무인 수상선과의 연계운용 등, 새로 개발되는 연관 기술과 인프라 구축을 위한 다양한 시험의 수행을 통하여 민간 무인기 운용을 위한 규정과 절차에 필요한 기초자료 획득. • 진정한 의미의 OPV 개발과 이를 활용하여 다양한 비행시험 결과로 D/B를 구축함. • 비행 간 무인기가 비정상 작동 시 탑승한 조종사가 즉시 유인기로 전환 ◦ 이륙중량 : 600 kg ◦ 운용고도 : 4km ◦ 체공시간 : 6시간 ◦ 운용거리 : 50 km ◦ 자동복귀 기능 ◦ 비행 데이터 저장기능

<table>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="7">김승주 교수
(한서대학교)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2015. 12 - 2021. 12 (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">핵심성과</td><td rowspan="7">달성
확인
방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">비행시험 계획 수립하여 보고서 작성</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">비행시험계획서 보완하여 보고서 작성
OPV 시스템 구매 RFP 및 계약
비행시험 계획에 대한 전문가 자문단의 검토 및 평가</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">OPV 시스템의 항공기 및 지상통제장비 개발완료 및 지상통합시험 수행
(OPV 시스템 구축결과 보고서)
OPV 시스템 인수를 위한 수락시험계획서 작성
NASA 비행시험보고서 검토(번역본 인쇄제본)</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">안전성인증 획득 및 무선국 허가
OPV 시스템 수락시험 수행 및 수락비행시험보고서 작성
비행시험 착수 및 안전운용
비행시험보고서 발간</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">OPV 시스템 비행허가 및 운용관리
충돌회피 및 CNPS 인프라 비행시험
비행시험보고서 보완 발간</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="6">OPV 시스템/KLA-100 비행허가 및 운용관리
CNPS 인프라 및 공중충돌회피 비행시험
이종의 무인 이동체 연계 비행시연 수행 및 결과보고서 작성지원
비행시험보고서 보완 발간</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="6">OPV 시스템/KLA-100 비행허가 및 운용관리
충돌회피 등 타 과제 요청 잔여 비행시험
비행시험보고서 최종본 발간</td></tr>
<tr><td rowspan="8">양적
성과</td><td>1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">시험계획보고서
(초안)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">비행시험계획서
보완 및 OPV
시스템 구매 계약</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">NASA FTR#3
비행시험보고서,
OPV시스템
구축결과보고서,
OPV시스템
수락시험절차서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">NASA FTR#4
비행시험보고서
수락비행시험보고서
비행시험보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">비행시험
결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 2, 국외 0</td><td>-</td><td colspan="2">비행시험
결과보고서</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
</table>

			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	비행시험 최종결과보고서
		계	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			출원 0, 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 3, 국외 0	-	보고서 11건

[성과 15] 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구 (1세부)

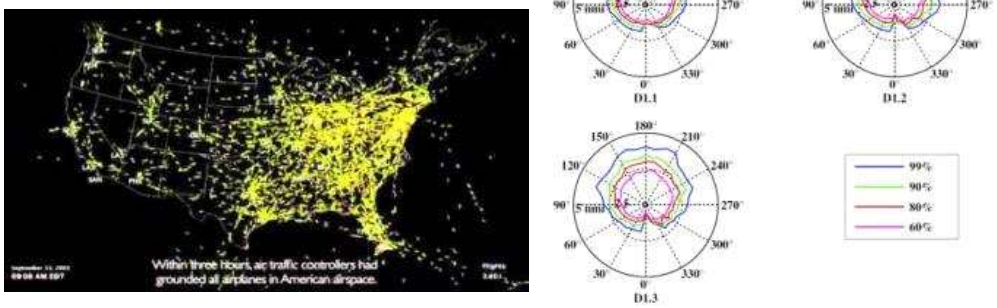
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

그림 25. NASA에서 ACES를 이용한 LOWC 근처에서의
두 항공기간 방위각의 차이 분석 결과</td></tr>
<tr><td>정 의</td><td colspan="7">HiTL 실시간 성능검증 도구가 필요한 운용환경을 도출하기 위한, 국가 공역 내 항적 데이터를 이용하여 대용량의 배속 성능검증 도구.</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="7">HiTL 실시간 성능검증 도구가 필요한 운용환경을 도출 필요</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="7">수요가 제기되는 다수의 무인기와 현재의 유인기 항적데이터를 포함한 대용량의 배속 성능검증 도구로 전반적인 신기술과 운용개념의 타당성을 검토하고 HiTL 실시간 성능검증 도구가 필요한 상황(시나리오)를 도출한다.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준)
TRL 3단계, 실 유인기 항적데이터 운용 가능
(개발기술 수준)
TRL 5단계, 실 비행 데이터를 효율적으로 데이터베이스화 하며 30일 이상의 대용량의 데이터를 통해 배속 성능검증 도구 수행 가능 수준</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="7">이학태 교수
(인하대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="7">2015. 12 - 2016. 06 (1차년)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심 성과</td><td>달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">선행 연구 조사 및 분석 보고서를 통해 확인</td></tr>
<tr><td rowspan="3">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

[성과 16] HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 (1세부)

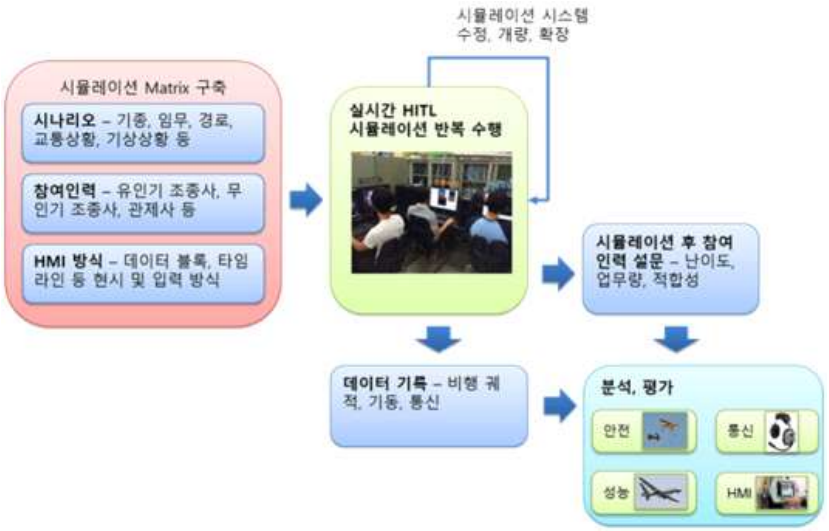
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td>


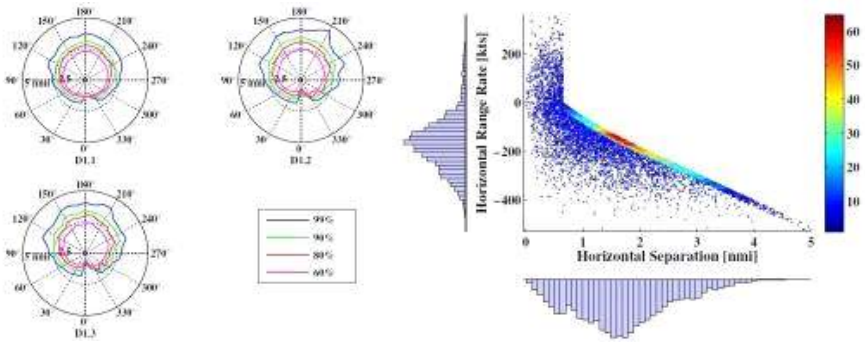
그림 26. 가상 비행 시험 수행 및 분석 구조


그림 27. 비실시간 모드에서의 최소 성능 기준 분석</td></tr>
<tr><td>정 의</td><td>유무인기 통합 시범 운용 검증에 대한 실증을 위한 가상 비행 시험을 수행</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td>실제 비행 시험으로 실증할 수 없는 다양한 경우의 수에 대하여, 무인항공기가 유인항공기와 차이를 보이는 성능, 통신, 분리, HMI에 대하여 실시간 및 비실시간 가상 비행 시험을 통하여 종합적인 영향을 평가.
실제 비행 시험에 대한 사전 준비 및 운용 인력 교육 숙달을 위한 가상 비행 시험.</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td>무인기를 국가 공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위하여 무인기가 전체 교통 시스템에 끼치는 영향을 평가하고 무인기에 필요한 최소 성능 요건을 평가 및 검증한다.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td>(기존기술 수준)
TRL 3단계, 시나리오에 맞춰 HiTL 성능검증 도구 수행 및 분석 가능

(개발기술 수준)
TRL 5단계, 무인기 지상 조종사의 운용 환경 및 관제 시스템 등이 향후 적용 될 실제 환경과 유사한 수준으로 현실적인 시나리오를 바탕으로 관제사와 조종사 등 실제 운용 인력이 참여하여 성능검증 도구 수행. 기록된 항적 데이터와 참여인력 설문을 통한 결과의 정량적 분석 가능 수준

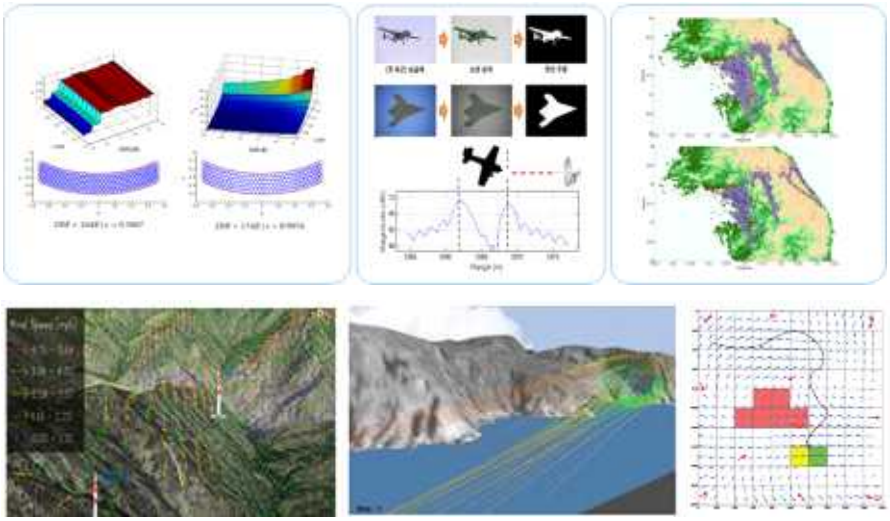
-가상 비행 시험을 위한 시나리오 개발
항적 자료와 ADS-B 수신기를 통해 수집되는 자료를 바탕으로, 실제 통합 운용에 대한 가상 비행 시험을 할 경웨 필요한 배경 교통의 시나리오를 개발

- 가상 비행 시험 시스템 개발
국토부 기반조성 선행과제에서 개발되었던 성능검증 도구 시스템의 시제품을 기반으로</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="6">시스템의 안정화, 지상 주행, 관제사 알림, 조종통제 이양, 관제 이양 등의 기능 개선 및 추가. 대용량의 교통을 분석할 수 있는 비실시간 모드 추가.

-가상 비행 시험 수행
무인기의 비행 성능, 통신, 분리, HMI의 영향을 평가할 수 있는 실시간 및 비실시간 가상 비행 시험 수행 및 분석. 실제 비행 시험을 모사하는 가상 비행 시험 수행 및 분석. 타 기관에서 개발된 DAA 성능 기준과 알고리즘에 대한 검증 가상 비행 시험 수행 및 분석.</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자
(소속기관)</td><td colspan="6">이학태 교수
(인하대학교)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2015. 12 - 2020. 04 (6개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="16">핵심성과</td><td rowspan="7">달성
확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">개선된 시스템 기능을 추가하기 위한 요구도 설계를 통해 확인</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">성능검증 도구 시스템 개발 보고서를 통해 확인</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">성능검증 도구 운용 보고서를 통해 확인</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="5">도출 된 시나리오를 HiTL 성능검증 도구로 수행한 논문과 보고서를 통해 확인</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="5">HiTL 성능검증 도구 수행 후 전문가 평가가 포함된 분석 결과를 제시한 논문과 보고서로 확인</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="5">HiTL 성능검증 도구 수행 후 전문가 평가가 포함된 분석 결과를 제시한 보고서로 확인</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="5">HiTL 성능검증 도구 수행 후 전문가 평가가 포함된 분석 결과를 제시한 보고서로 확인</td></tr>
<tr><td rowspan="9">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>가상 비행 시험보고서 1건,
논문 1건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>가상 비행 시험보고서 1건,
논문 1건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>가상 비행 시험보고서 1건,논문1건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>가상 비행 시험보고서 1건,논문1건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 4, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 4건
논문 4건</td></tr>
</table>

[성과 17] 비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법 (1세부)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td> 
그림 28. 무인기 식별, 최적화 경로 설정 계획 결과 예시</td></tr>
<tr><td>정 의</td><td>비관제공역 무인기의 안전운항을 위해 무인기 경로 설계 및 최적화 기법을 연구, 개발하고 저고도공역 무인비행장치 운영시스템의 기술적 요구사항 보고서 작성</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td>국내외로 비관제공역 무인기 관리방안이 미흡한 상태에서 비관제공역 무인기 활용도와 운용 안정성을 보장하기 위한 기법/기술 연구개발이 필수적임</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td>- 비관제공역 무인기 시험운용을 위한 안전운항기술로써 무인기 경로 설계 및 최적화 기법 개발을 통해 비관제공역 내 무인기 운항 안정성 수립과 효율성 증대
- 비관제공역에서의 전역/지역 무인기 운용에 필요한 감시/식별 시스템의 유형별 분석/평가 기술을 확보함
- 비관제공역에서의 무인비행장치 운영시스템 수립 시 기술적 요구사항을 제안함.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td>(기존기술 수준) TRL 3 - 무인기 운영체계 실험적 증명 단계
- 국내외로 비관제공역인 저고도(1000ft-Class G)에서의 25kg 이하의 무인비행장치에 대한 관리방안이 전무한 상황에서 2014년부터 NASA Ames Research Center에서 저고도 공역 무인기의 활용도와 안정성을 보장하기 위한 프로젝트를 진행 중임
- 복수의 무인비행장치 운용 시 경로설정과정에서 시간에 따른 위치변화를 고려하지 않고 있으며, 감시/식별 시스템의 통합된 분석/평가 기술에 대한 구체적 명세가 보고된 바 없음

(개발기술 수준) TRL 5 - 무인기 운영체계 기술시범 단계
- 경로 설계/최적화 기법을 개발하고, 이를 기반으로 하는 복수의 무인비행장치 운용이 가능한 운용체계 구축을 위한 기반 기술

> 무인비행 장치 안전운항을 위한 기하학적 경계(Geo-fencing) 설정 기법 개발
> 무인비행장치 운영제어 기반 알고리듬 개발
> 저고도공역 무인비행장치 운영시스템의 기술적 요구사항 보고서
: 다부처 사업으로 진행되는 저고도공역 무인비행장치 연구과제와의 연계를 위해 기술적 요구사항 제안</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td>윤윤진, 최한림 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td>2015. 12 - 2017. 04 (2년)</td></tr>
<tr><td>핵심 달성</td><td>1차년도 | 선행연구 조사목록 보고서</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="7">성과</td><td>확인방법</td><td>2차년도</td><td colspan="5">특허출원</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 1, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 1, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>0</td><td>보고서 2건</td></tr>
</table>

[성과 18] 비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 (1세부)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 



그림 29. 해외 무인비행장치 운영시스템 클라우드 아키텍처 예시</td></tr>
<tr><td>정 의</td><td colspan="6">비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 도출</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">무인비행장치 시스템 운용 시 공역에서 충돌/추락 방지, 기상/지형지물 인지, 비행 계획 제출 그리고 관계 당국과 규제 및 이해관계 당사자들과의 협응을 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 개념도를 바탕으로 비관제공역 무인기 운용개발의 효율성을 높임</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">- 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉
- 무인비행장치 운영체계 개발 시 참고자료로서 활용</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 해당 없음
- 무인비행장치 분야의 하드웨어 및 소프트웨어 관련 기술력이 급속하게 성장하여 본격적인 산업화를 앞두고 있는 가운데, 아마존, 구글 등 글로벌 IT 기업에서 무인비행장치를 활용한 배달 서비스, 인터넷 제공 서비스 등을 준비하고 있고, NASA Ames Research Center('14-'18)와 중국 Aircraft Owners and Pilots Association of China('16-'18)에서 무인비행장치 운용체계 수립 프로젝트를 진행 중에 있음
(개발기술 수준) TRL 해당 없음
- 이에 따라, 국내의 기상/지리적 영향, 관계 당국 및 이해 관계자, 무인비행장치 비행계획 설정, 복수의 데이터 링크 접속 설정 등 획득 가능한 자료를 활용 및 반영한 개념도를 통해 운용개발에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">윤윤진 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2016. 06 - 2017. 04</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심성과</td><td>달성 확인 방법</td><td>2차년도</td><td colspan="5">클라우드 아키텍처 기본 디자인 컨셉</td></tr>
<tr><td rowspan="3">양적성과</td><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
</table>

[성과 19] 무인기용 SBAS 효용성 분석결과 및 활용방안 (1세부)

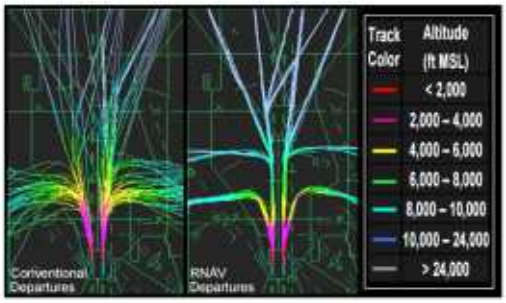
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

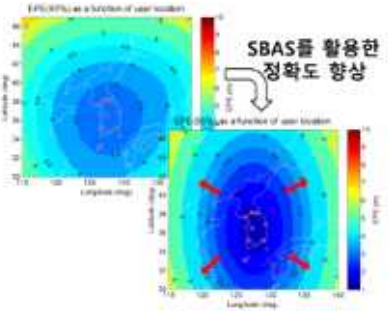
그림 30. BAS를 활용한 공역효율화 성능검증 도구 예시


그림 31. SBAS 효용성 분석결과 예시</td></tr>
<tr><td>정 의</td><td colspan="6">무인기용 SBAS 효용성에 관한 분석 기법 및 성능검증 도구, 분석 결과와 SBAS 활용방안 연구</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">한국형 SBAS (KASS)는 2019년 공개서비스 시험운용을 시작으로 2022년 APV-I급 SoL서비스를 목표로 개발 중임. 이러한 SBAS 인프라는 국내 민간 무인항공기 실용화에 있어 국가공역 내 항법성능을 향상시키는 중대한 역할을 할 것임. 따라서 민간 무인항공기 실용화에 앞서 무인항공기에서의 SBAS/KASS 효용성 검증 및 활용방안 도출이 필요함.</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">무인항공기에서의 SBAS기반 항법성능을 분석하고 SBAS 가용으로 인한 항법성능향상을 검증함. 이를 통해 무인기용 SBAS 효용성 분석 및 평가를 수행함. 또한 2019년 공개서비스 시험운용을 시작으로 2022년 APV-I급 SoL서비스를 목표로 개발 중인 한국형 SBAS (KASS)기반의 무인항공기 항법성능을 테스트하고 활용 방안을 도출함.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) TRL 4
국제적으로 유인기용 SBAS는 널리 사용되고 있으나 SBAS의 무인기항법 활용에 대한 연구는 진행된 바 없거나 매우 미비함. 국내에서도 무인기용 SBAS 항법성능에 대한 분석/평가는 보고된바 없음. 현재 KASS 사업이 시작 단계에 있으며 무인항공기에서의 KASS 가용성/효용성 분석이 진행된 적 없음.

(개발기술 수준) TRL 6
무인항공기에 사용 가능한 SBAS 수신장비의 정확성 계측.
MSAS/KASS를 이용한 무인기용 SBAS의 항법성능향상 검증.</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">이지윤 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">2015. 12 - 2016. 06(10개월, 1년차),</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심성과</td><td>달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">무인항공기용 SBAS 수신장비 성능조사 보고서 작성</td></tr>
<tr><td rowspan="3">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td></td><td></td></tr>
</table>

[성과 20] 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험운용 (1세부)

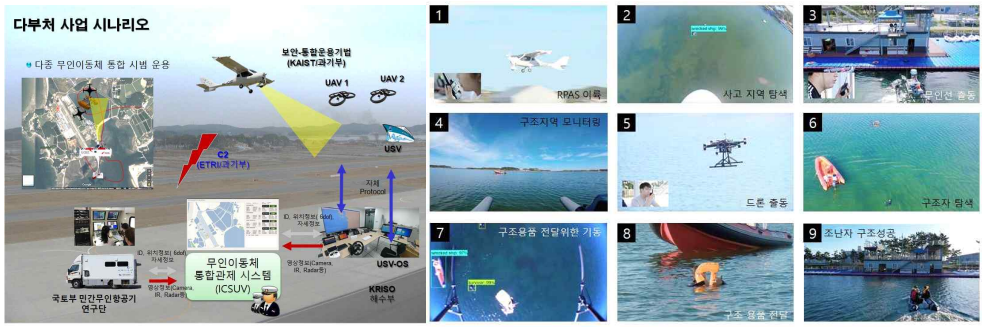
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 

그림 32. 다부처 통합운용 시나리오</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">다종 무인이동체 통합기반 시험운용을 통한 관련 요소 및 핵심기술 검증</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">본 과제의 핵심 산출물인 운용인프라, 요소기술 최소요건 및 운항/인증 기술기준(안)이 적용된 환경 하에서 다부처사업 산출물인 CNPC 통신기술, 보안기술, 무인선-무인기 협응기술의 원활한 통합 시험운용을 위해 설정</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">다부처 사업 시험운용을 통해 관련 소요 및 핵심기술 검증
과기정통부를 통한 통신/통제 핵심기술 검증
해수부와의 협력하여 해양감시용 무인선-무인기 협응기술 검증</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 2-3
(개발기술 수준) TRL 6</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">심현철 교수
(카이스트)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2018. 04 - 2020. 12 (3개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="9">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>4차년도</td><td colspan="6">다종 무인이동체 시스템 초기 기능위주 시험운용
전문가 자문단의 참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">단일 시나리오 기반 다종 무인이동체 시스템 시험운용
전문가 자문단의 참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="6">통합 시나리오 기반 다종 무인이동체 통합시스템 시험/시범운용
전문가 자문단의 참관 및 데이터 분석결과 평가</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>시험운용 보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 1</td><td>-</td><td>시험운용 보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>2</td><td>시험운용 보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>국내 2, 국외 1</td><td>2</td><td>보고서 3건</td></tr>
</table>

[성과 21] 국제기준수립 활동 (2세부)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 



그림 33 ICAO RPAS Panel 미팅</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="7">국제민간항공기구(ICAO)의 무인항공기 패널(RPASP)에 어드바이저로 참여하여 국제 기준 수립에 일조 및 국토교통부와 정보 공유</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="7">본 연구단은 1차년부터 ICAO RPAS 패널에 참여하여 국제 기준 수립에 기여하고 있었으나, 개별 성과에 포함되어있었음. 하지만 본 연구는 국제 기준에 맞게 국내 제도를 마련하는 것이 핵심이므로, 국제기준수립 활동을 독립적인 성과로 구분하여 보다 체계적으로 성과를 측정 및 평가하고자 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="7">국제 무인항공기 기준수립에 일조하여 아국의 위상 고취 및 국내 적용을 위한 정확한 정보를 수집하여 글로벌 스탠다드에 맞는 국내 무인항공기 제도 마련</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">(기존기술 수준) TRL 1 - 정부 측 멤버 1인 참석
(개발기술 수준) TRL 7 - 국제 기준 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">1-4차년: 김상현 박사(한국교통연구원)
5-7차년: 한재현 박사(한국교통연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">2015. 12 - 2021. 12 (7개년)</td></tr>
<tr><td rowspan="22">핵심성과</td><td rowspan="7">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(패널활동 보고서)</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(패널활동 보고서)</td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(패널활동 보고서)</td></tr>
<tr><td>5차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(패널활동 보고서</td></tr>
<tr><td>6차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(패널활동 보고서)</td></tr>
<tr><td>7차년도</td><td colspan="6">전문가 자문단의 검토 및 평가(패널활동 보고서)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>출원 0, 등록 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>보고서 6건</td></tr>
</table>

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

[성과 1] - KOTI: 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원 (2세부)

□ 성과개요

○ 국제민간항공기구 부속서 최신 개정안 분석을 통해 추가 개정소요 도출

○ 항공안전법령 개정안 및 추가 개정소요로부터 개정이슈를 정리하여 무인항공기 관련 개정이슈별 항공안전법 등 관계법령 개정안을 제시함

○ 항공안전법 등 관계 법령의 개정안 작성 과정에 법률전문가를 참여시키고 공동기관, 국토교통부, 산학연 전문가들의 의견을 수렴하여 결과를 반영함

□ 주요 연구내용

○ 개정이슈에 따른 개정안 수립과정

- (추가 개정소요 파악) 최신 국제기준 부속서 개정안 내용 분석을 실시하여 추가 개정소요파악
- (개정이슈 도출) 항공안전법 개정안(6차년도)과 최신 국제기준 부속서 개정안으로부터 개정소요들을 그룹화하여 개정이슈를 도출함
- (개정안 수립) 개정이슈에 따라 '개정사유', '관련 국내 조항', '개정방안', '개정안 작성', '개정에 따른 타조항(법) 개정'을 작성하여 항공안전법령(법, 시행령, 시행규칙) 제3차 개정안을 도출함
- 7차년도에는 6차년도에 그룹화한 개정이슈별로 현재시점에서 무인항공기의 안전운항을 위한 필수조항을 선별하여 조항별 개정안을 확정함

○ 개정이슈별 주요 개정내용은 다음과 같음

- (정의) 무인항공기 정의 관련 이슈

  * 현행 무인항공기 정의를 '사람이 탑승하지X -> 조종사가 탑승하지X'으로 개정 및 독립적인 호로 신설

- (감항) 무인항공기 형식증명 법적 근거 수립

  * 무인항공기의 형식증명을 위한 항공안전법 제20조 형식증명 문구 개정

- (원격조종사) 원격조종사 자격증명 법적 근거 수립 및 운항승무원 관련 조항 적용

  * 항공종사자 자격증명 종류에 원격조종사추가, 자격증명 한정, 업무범위 등 관련 조항에 적용성검토

  * 승무원 탑승을 전제로 한 조항들을 무인항공기에도 적용될 수 있도록 개정안 제시

- (연료) 연료에 태양열, 전기 등 석유 외 다양한 에너지도 고려할 수 있도록 관련 조항 개정안 제시

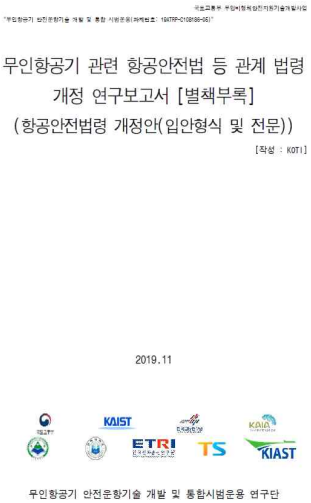
○ 국제민간항공기구(ICAO) 부속서(Annex) 최신 개정안 분석을 통해 추가 개정소요를 도출하여 무인항공기 운용을 위한 법제화 요소 및 규정사례를 연구하고 5차년부터 항공안전법령 개정안 및 추가 개정소요로부터 개정이슈를 정리하여 무인항공기 관련 개정이슈별 항공안전법 등 관계법령 개정안을 제시하고 개정안 작성 과정에 법률전문가를 참여시키고 공동기관, 국토교통부, 산학연 전문가들과 여러차례의 회의와 토론회를 통한 의견을 수렴하고 그 결과를 반영하여 지속적인 수정·보안을 통한 항공안전법 개정(안)을 제시함

<table>
<tr>
<td>

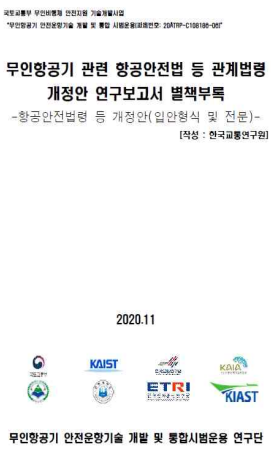


무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범 운용 보고서
</td>
<td>


무인항공기 관제/운항 관련 국내 규정 개정방안 보고서
</td>
<td>


(5차년도)무인항공기 관련 항공안전법 등 관계법령 개정 연구보고서
</td>
</tr>
<tr>
<td>


(5차년도) 항공안전법령 개정안(입안형식 및 전문)
</td>
<td>


(6차년도) 무인항공기 관련 항공안전법 등 관계법령 개정안 연구보고서
</td>
<td>


(6차년도) 항공안전법령 등 개정안 (입안형식 및 전문)
</td>
</tr>
<tr>
<td>


(7차년도) 무인항공기 관련 항공안전법령 등 최종연구보고서
</td>
<td>


(7차년도) 항공안전법령 등 개정안(입안형식 및 전문)
</td>
<td>


무인항공기 책임보험제(안) 연구보고서
</td>
</tr>
</table>

[성과 2] - KIAST : 무인항공기 인증체계 개발

□ 성과개요

○ 무인항공기의 민간 공역 운용 요구가 증대함에 따라 안전성 확인을 위한 제도 마련이 필요하며, 국제적 무인항공기 인증체계 개발 동향 및 국제표준 검토를 통하여 국내 무인항공기 인증체계 구축 방안을 제시

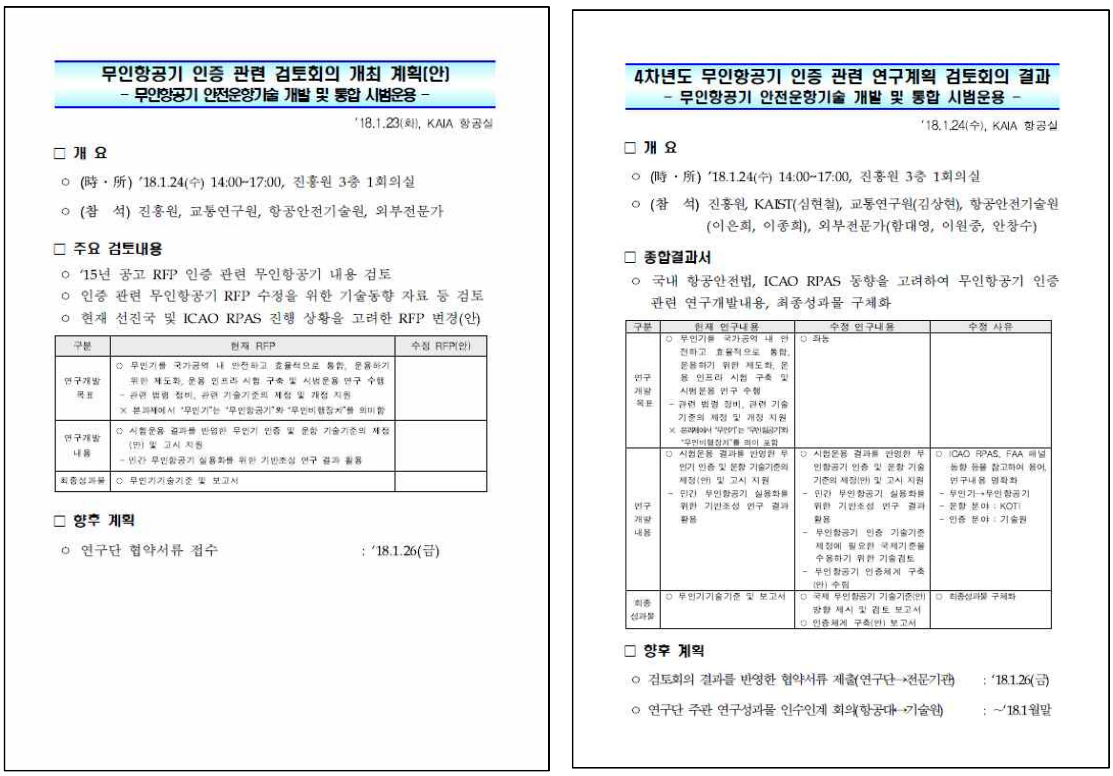
□ 주요 연구내용

○ 항공기 인증체계는 무인항공기의 안전한 공역 통합을 위한 기초라 할 수 있어 산업적 기술 및 운용 요구의 증가뿐 아니라 안전성 확보를 위한 관련 기술 성숙도에 대한 고려가 함께 이루어져야 함

○ 유인항공기가 운용되고 있는 민간 공역 내에 무인항공기를 통합 운용하기 위한 근간은 감항성 확인 및 유지를 위한 현행의 제도를 통한 현행의 항공 안전성을 저해하지 않는 제도 수립이며, 이는 제도적 측면 뿐 아니라 산업 기술 성숙도와 안전성을 확인하기 위한 안전성 확보 방안 등에 대한 기술 성숙 또한 필수적인 고려사항이라 할 수 있음

○ 국제민간항공기구(ICAO)는 이를 고려하여 무인항공기시스템의 일부인 원격조종항공기시스템에 국한한 관련 부속서 개정을 추진하고 있으며, 초기 계획 대비 최종 적용 시점을 탄력적으로 재조정하고 있으며 현재는 2026년 말 관련 부속서 전체의 적용을 목표로 추진하고 있음

○ 이에 무인항공기 인증체계 개발 연구는 아래 그림에서 나타낸 바와 같이 국제적 진행 현황을 고려하여 외부전문가를 포함한 무인항공기 인증 관련 검토회의를 통하여 최종성과물 구체화 등 인증 관련 RFP를 수정하여 4차년도 이후 무인항공기 인증체계 및 무인항공기 감항기준 제정 방향 수립에 대한 연구를 진행하였으며 이는 국내 무인항공기 안전 공역 통합을 위한 인증 제도 수립의 기반이 될 수 있을 것임



무인항공기 인증 관련 검토회의 개최 계획(안)
- 무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용 -

'18.1.23(화), KAIA 항공실

□ 개 요

○ (時・所) '18.1.24(수) 14:00~17:00, 진흥원 3층 1회의실

○ (참 석) 진흥원, 교통연구원, 항공안전기술원, 외부전문가

□ 주요 검토내용

○ '15년 공고 RFP 인증 관련 무인항공기 내용 검토

○ 인증 관련 무인항공기 RFP 수정을 위한 기술동향 자료 등 검토

○ 현재 선진국 및 ICAO RPAS 진행 상황을 고려한 RFP 변경(안)

구분	현재 RFP	수정 RFP(안)
연구개발 목표	○ 무인기를 국가공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위한 제도화, 운용 인프라 시험 구축 및 시범운용 연구 수행 - 관련 법령 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정 지원 ※ 본과제에서 "무인기"는 "무인항공기"와 "무인비행장치"를 의미함	
연구개발 내용	○ 시험운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원 - 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 결과 활용	
최종성과물	○ 무인기기술기준 및 보고서	

□ 향후 계획

○ 연구단 협약서류 접수 : '18.1.26(금)

4차년도 무인항공기 인증 관련 연구계획 검토회의 결과
- 무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용 -

'18.1.24(수), KAIA 항공실

□ 개 요

○ (時・所) '18.1.24(수) 14:00~17:00, 진흥원 3층 1회의실

○ (참 석) 진흥원, KAIST(심현철), 교통연구원(김상현), 항공안전기술원(이은희, 이종희), 외부전문가(함대영, 이원중, 안창수)

□ 종합결과서

○ 국내 항공안전법, ICAO RPAS 동향을 고려하여 무인항공기 인증 관련 연구개발내용, 최종성과물 구체화

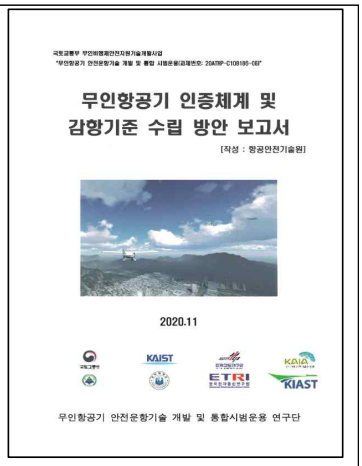
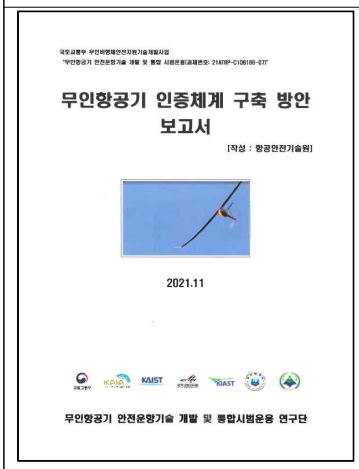
구분	현재 연구내용	수정 연구내용	수정 사유
연구개발 목표	○ 무인기를 국가공역 내 안전하고 효율적으로 통합, 운용하기 위한 제도화, 운용 인프라 시험 구축 및 시범운용 연구 수행 - 관련 법령 정비, 관련 기술기준의 제정 및 개정 지원 ※ 본과제에서 "무인기"는 "무인항공기"와 "무인비행장치"를 의미함	○ 좌동	
연구개발 내용	○ 시험운용 결과를 반영한 무인기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원 - 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 결과 활용	○ 시험운용 결과를 반영한 무인항공기 인증 및 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원 - 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구 결과 활용 - 무인항공기 인증 기술기준 제정에 필요한 국제기준을 수용하기 위한 기술검토 - 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립	○ ICAO RPAS, FAA 레널 동향 등을 참고하여 용어, 연구내용 명확화 - 무인기→무인항공기 - 운항 분야 : KOTI - 인증 분야 : 기술원
최종성과물	○ 무인기기술기준 및 보고서	○ 국제 무인항공기 기술기준(안) 작성 제시 및 검토 보고서 ○ 인증체계 구축(안) 보고서	○ 최종성과물 구체화

□ 향후 계획

○ 검토회의 결과를 반영한 협약서류 제출(연구단→전문기관) : '18.1.26(금)

○ 연구단 주관 연구성과물 인수인계 회의(항공대→기술원) : ~'18.1월말

그림 34. 무인항공기 인증관련 연구계획 검토회의 개최 계획 및 결과

		
4차년도 무인항공기 인증 동향 분석 보고서	5차년도 무인항공기 인증기준/체계 구성요소 분석보고서	6차년도 무인항공기 인증체계 및 감항기준 수립 방안 보고서
		
7차년도 무인항공기 인증체계 구축 방안 보고서	7차년도 국제 무인항공기 감항표준(안) 검토 및 감항기준(안) 제정 방향수립 보고서	

○ 무인항공기 인증체계는 항공안전법을 시작으로 항공기기술기준 등 고시 및 훈령에 이르기까지 제도적 수립을 위한 검토가 필요하여 현행의 인증 관련 법령 검토를 통한 개정 방안을 제안하였으며, 국제적 동등 체계를 동시적 수립을 위하여 국제민간항공기구(ICAO)의 RPASP 뿐 아니라 미연방항공청(FAA), 유럽연합항공안전청(EASA) 등 국외 감항당국과의 협력 및 관련 제도 수립을 위한 계획 등 동향에 대한 검토를 수행하였음

<국제 무인항공기 감항표준(안) 검토 및 감항기준(안) 방향수립>

□ 성과개요

○ 국제민간항공기구(ICAO)의 원격조종항공기시스템(RPAS)를 반영하기 위한 부속서 8 개정 내용의 감항표준(안)을 검토하고, 이를 준용하면서 국내 무인항공기 감항성 확인을 위한 감항기준(안) 방향을 제시함

○ 감항성 국제표준(안)인 부속서 이외 국외 감항당국의 무인항공기 감항기준 제정 방안을 분석하여 국제 실정을 고려한 무인항공기 감항기준(안) 제정 방향을 제시함

□ 주요 연구내용

○ 무인항공기의 안전한 공역 통합을 위한 통합적 방안의 일환으로 무인항공기 감항기준 제정을 위한 방법을 검토를 위하여 국제민간항공기(ICAO)의 원격조종항공기시스템 패널(RPASP)의 WG1(감항성)에 참여하였으며, 원격조종항공기 감항성 국제표준 제정 방향성을 검토 및 분석하였음

○ 국제민간항공기구(ICAO)의 부속서 8 개정 작업 방향성은 다음 그림에서 나타낸 바와 같이 현행의 유인항공기에 대한 감항성 국제표준을 기반으로 공통적 요건을 유지하고 원격조종항공기 및 원격조종실 고유 요건을 추가 식별하여 개발하였음

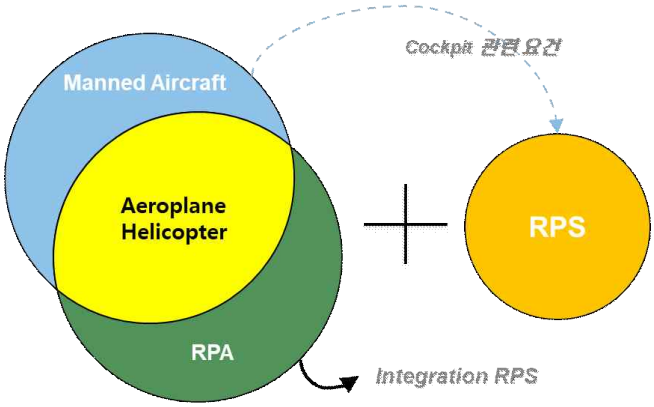


그림 36. Annex 8 개정 작업 방향성

○ 미연방항공청(FAA), 유럽연합항공안전청(EASA) 등 국외 감항당국의 관련 활동을 모니터링하고 협력 회의체의 참여를 통하여 항공선진국을 비롯한 국외 감항당국의 무인항공기 감항기준 제정 방향성을 검토하였음

○ 유럽연합항공안전청(EASA)은 특별분류를 규정 내에서 정의하고 있지 않고 있어 산업 수요 및 요구에 따라 특수기술기준(SC, Special Condition) 형태로 먼저 고시하고 향후 정제화된 감항기준(CS, Certification Specification)을 제정할 계획을 제시함

○ 미연방항공청(FAA)은 무인항공기 형식증명을 위한 정책서를 발표하고 14 CFR Part 21.27(b)에 근거하여 특별분류(Special Class)를 적용하여 무인항공기 형식증명을 수행하도록 안내함. 또한 산업 및 인증제도의 기술 및 안전성 확보 기술 성숙도에 따라 무인항공기 감항기준 제정은 장기적 계획이 필요함을 발표하였음. 즉, 개별 무인항공기 인증과제를 통하여 적용가능한 감항성 요건을 식별하고 이에 대한 누적을 통한 공통의 감항기준을 식별할 필요가 있음을 나타냄

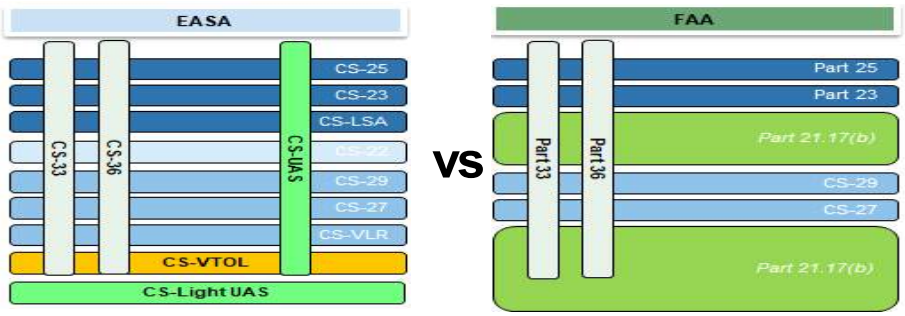


그림 37. 국외 감항당국 무인항공기 감항기준 제정 방향성 비교(FAA vs EASA)

○ 우리나라는 항공선진국인 미국, 유럽 등에 비하여 무인항공기 체계 수준의 산업 규모가 적어 관련 개발 및 인증 과제가 상대적으로 부족하므로, 단기적인 목표로 무인항공기 감항기준을 제정하기 보다는 미연방항공청(FAA)의 계획과 같이 개별적인 인증과제 경험을 누적하고 국제적인 감항기준 수립 성숙도를 모니터링하여 장기적으로 무인항공기 감항기준을 제정할 것을 제안함

○ 구체화된 감항성 요건의 제정은 어려우나, 무인항공기 감항기준의 구성은 현행의 항공기 감항기준(항공기기술기준)과 동등한 수준으로 제안함. 다음 그림에서 나타낸 바와 같이 현행의 감항기준의 구성을 준용하고 무인항공기 고유 특성을 고려 및 추가적인 요건을 정의할 장절을 추가하는 구성 방안을 제시함

표 1. 무인항공기 감항기준 구성(Subpart) 방안

Subpart	Title	비고
A	일반(General)	현행 유지
B	비행(Flight)	
C	구조(Structure)	
D	설계 및 제작(Design and Construction)	
E	동력장치(Powerplant)	
F	시스템 및 장비(System and Equipment)	
G	운용제한사항(Operating Limitations)	
I	Control Station 통합(Control Station Integration)	추가 고려 사항
J	무인항공기 고유 특성 (Unmanned Aircraft Unique Consideration)	

<무인항공기 인증체계 구축(안) 수립>

□ 성과개요

○ 국제민간항공기구(ICAO)의 부속서 8에 부합하고 무인항공기를 고려한 인증 제도 마련을 위한 항공안전법 등 법령 개정 방안을 제시함

○ 주요 항공선진국(FAA, EASA)의 무인항공기 인증체계 구축 및 법제화 정책을 분석하여 국내 체계 구축 수립 방안을 제시함

○ 국제적 무인항공기 인증체계 개발 방법인 위험 기반 접근법을 검토하여 국내 적용을 위한 위험 모델 방안을 제시함

□ 주요 연구내용

○ 무인항공기 인증체계는 현행의 형식증명, 제작증명, 감항성 유지 등 항공기 인증체계 내 무인항공기를 통합 반영하기 위한 노력으로 법, 제도 개선 방안을 제시하였음

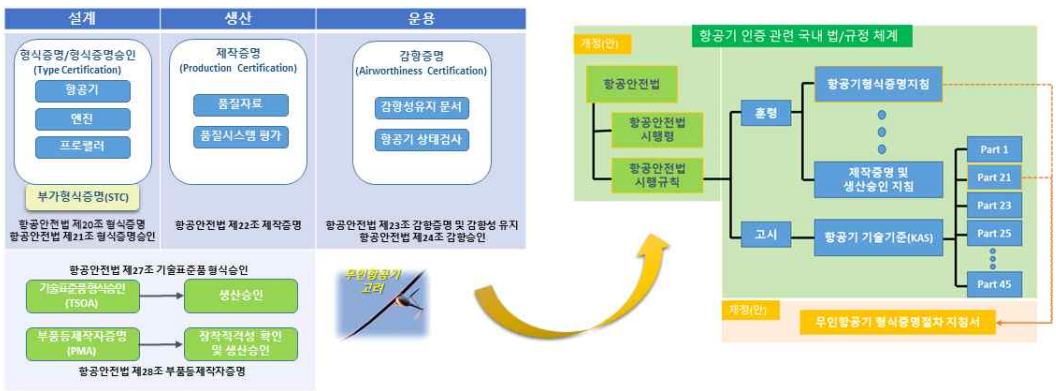


그림 38. 무인항공기 인증체계 구축(안)

○ ICAO 부속서 8을 국내 법령 내 반영하기 위한 검토를 통하여 무인항공기 정의, 형식증명 등 등 관련 조항의 개정(안)을 검토하였으며, KAS Part 21 및 형식증명지침 등 현행의 훈령, 고시 등에 대한 개정 필요성을 검토하였음

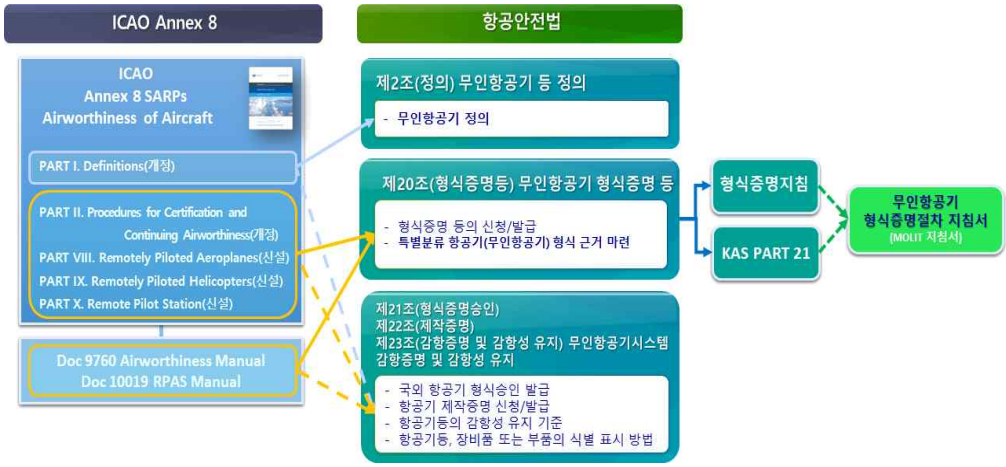


그림 39. 무인항공기 인증을 위한 법/제도 개정(안)

○ 현행의 유인항공기 인증체계는 오랜 운항 이력 등을 통하여 항공기 형태, 운용 분류, 감항 분류 등이 국제적으로 정형화되어 이를 기반하여 인증 방안이 체계화 되어 있음

○ 이에 반하여 무인항공기의 경우는 민간 공역 내 통합 운용에 대한 요구가 증가하고 있으나 관련 운항 이력, 기술 성숙도 등은 미흡한 현황으로 감항 분류 등의 인증체계의 기본이 될 수 있는 국제적으로 정형화된 공통적인 분류 정의가 어려운 실정으로 위험 기반 접근법(Risk-based Approach)을 적용하는 방안이 국제적 합의안으로 진행되고 있음

○ 유럽연합항공안전청(EASA)는 이의 적용으로 운용기반 분류(Open, Specific, Certified)를 정의하고 제도화를 마련하고 있으며, 미연방항공청(FAA)는 위험기반접근법에 대한 적용을 교통법규체계 내에 명문화하여 제도 마련을 추진하고 있음

○ 위험 기반 접근법은 다음 그림에서 나타낸 바와 같이 지상 위험과 공중 위험의 관계에 기반한 2차원 매트릭스의 위험 모델을 통하여 위험 등급(고(Red), 중(Yellow), 저(Green))에 따라 인증 수준을 다르게 규정하는 것으로 현행 법령의 영향성을 최소화하고 국제적 동등 수준을 확보하기 위한 검토를 통하여 국내 적용을 위한 위험 모델(안)을 제안하였음

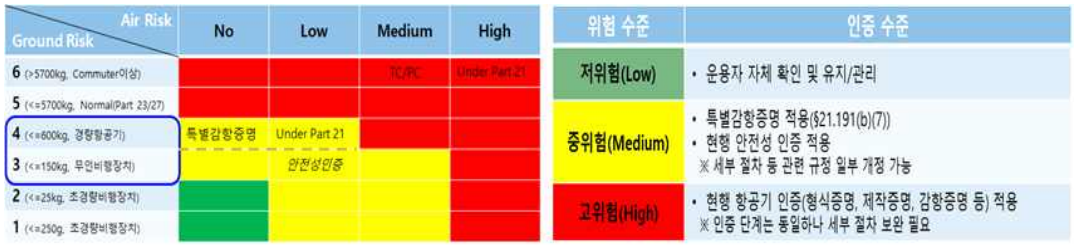


그림 40. 위험 모델 적용(안)

<무인항공기 인증절차기준 고시(안) 제안>

□ 성과개요

○ 무인항공기를 고려한 형식증명 절차 마련을 위하여 현행 형식증명절차를 분석하고 무인항공기 고유 특성을 반영한 개정 방안을 제시함

○ 국내외 무인항공기 안전성 확인을 위한 제도 개발 동향을 검토하여 국토교통부 지침서를 통한 인증절차 안내 방안을 제시함(무인항공기 형식증명절차 지침서(안))

○ 국제적 무인항공기 제도 마련 현황을 고려하여 운용 위험 등을 제시하기 위한 CONOPS 작성 요건을 제시함

□ 주요 연구내용

○ 무인항공기 인증을 위한 형식증명은 현행의 형식증명 절차를 대다수 준용하게 될 것이나 현행의 형식증명절차에서는 고려되지 않고 있는 무인항공기 고유 특성에 대한 고려가 필요함

○ 감항 분류 등에 대한 전형적인 분류의 정의가 어려우므로 특별분류(Special Class) 적용을 위한 규정 개정(안)을 검토하였고, 국제적인 동향을 검토하여 CONOPS 승인 등 추가적인 절차 보완 방안 검토를 통하여 다음의 그림에서 나타낸 바와 같은 무인항공기 형식증명 흐름(안)을 제안하였음

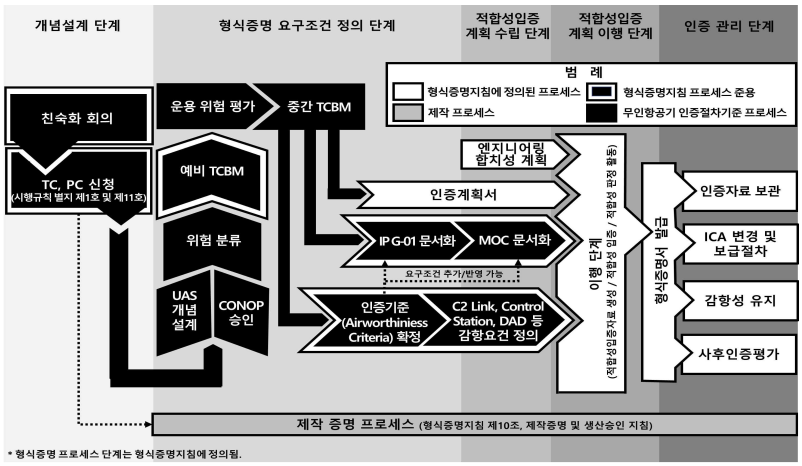
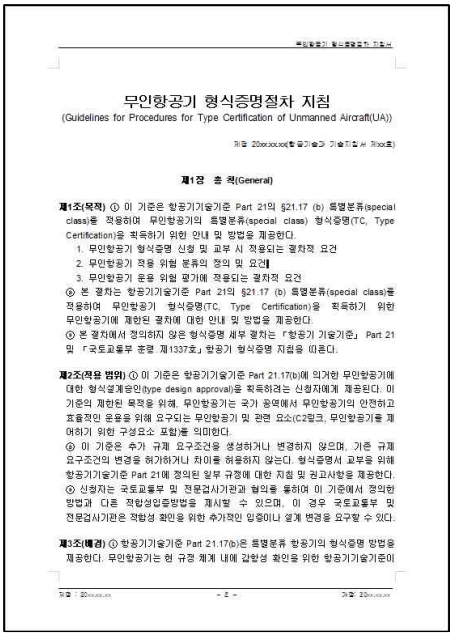


그림 41. 무인항공기 형식증명 흐름도

○ 국제적 협의체 참여 활동을 통하여 검토한 바로 무인항공기 인증절차기준을 제도화 내에 바로 고시하기는 보다 정제화된 검토가 필요함을 판단하였으며, 이에 다음 그림에서 나타낸 바와 같이 우리나라 감항당국인 국토교통부 항공기술과(MOLIT)의 지침서로 발표할 것을 제안함



무인항공기 형식증명절차 지침
(Guidelines for Procedures for Type Certification of Unmanned Aircraft(UA))

제정 20xx.xx.xx(항공기술과 기술기준서 제xxx호)

제1장 총 칙(General)

제1조(목적) ① 이 기준은 항공기기술기준 Part 21의 §21.17 (b) 특별분류(special class)를 적용하여 무인항공기의 특별분류(special class) 형식증명(TC, Type Certification)을 획득하기 위한 안내 및 방법을 제공한다.
1. 무인항공기 형식증명 신청 및 교부 시 적용되는 절차적 요건
2. 무인항공기 적용 위험 분류의 정의 및 요건
3. 무인항공기 운용 위험 평가에 적용되는 절차적 요건

② 본 절차는 항공기기술기준 Part 21의 §21.17 (b) 특별분류(special class)를 적용하여 무인항공기 형식증명(TC, Type Certification)을 획득하기 위한 무인항공기에 제한된 절차에 대한 안내 및 방법을 제공한다.

③ 본 절차에서 정의하지 않은 형식증명 세부 절차는 「항공기 기술기준」 Part 21 및 「국토교통부 훈령 제1337호」 항공기 형식증명 지침을 따른다.

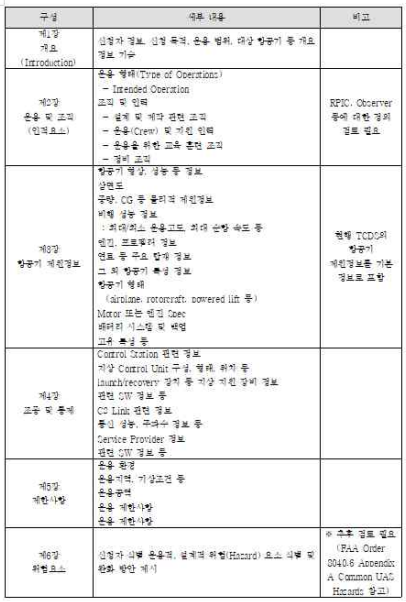
제2조(적용 범위) ① 이 기준은 항공기기술기준 Part 21.17(b)에 의거한 무인항공기에 대한 형식설계승인(type design approval)을 획득하려는 신청자에게 적용된다. 이 기준의 제한된 목적을 위해, 무인항공기는 국가 공역에서 무인항공기의 안전하고 효율적인 운용을 위해 요구되는 무인항공기 및 관련 요소(C2링크, 무인항공기를 제어하기 위한 구성요소 포함)를 의미한다.

② 이 기준은 추가 규제 요구조건을 생성하거나 변경하지 않으며, 기존 규제 요구조건의 변경을 허가하거나 차이를 허용하지 않는다. 형식증명서 교부을 위해 항공기기술기준 Part 21에 정의된 일부 규정에 대한 지침 및 권고사항을 제공한다.

③ 신청자는 국토교통부 및 전문검사기관과 협의를 통하여 이 기준에서 정의한 방법과 다른 적합성입증방법을 제시할 수 있으며, 이 경우 국토교통부 및 전문검사기관은 적합성 확인을 위한 추가적인 입증이나 설계 변경을 요구할 수 있다.

제3조(해경) ① 항공기기술기준 Part 21.17(b)은 특별분류 항공기의 형식증명 방법을 제공한다. 무인항공기는 현 규정 체계 내에 감항성 확인을 위한 항공기기술기준이

제정 : 20xx.xx.xx - 1 - 개정: 20xx.xx.xx



구성	세부 내용	비고
제1장 개요 (Introduction)	신청자 정보, 신청 목적, 운용 범위, 대상 항공기 등 개요 정보 기술	
제2장 운용 및 조직 (인적요소)	운용 형태(Type of Operations) – Intended Operation 조직 및 인력 – 설계 및 제작 관련 조직 – 운용(Crew) 및 지원 인력 – 운용을 위한 교육 훈련 조직 – 정비 조직	RPIC, Observer 등에 대한 정의 정보 필요
제3장 항공기 제원정보	항공기 형상, 성능 등 정보 감항도 구성, CG 등 물리적 제원정보 비행 성능 정보 – 최대속도, 운용고도, 최대 순항 속도 등 엔진, 프로펠러 정보 연료 등 주요 탑재 정보 그 외 항공기 특성 정보 항공기 형태 (airplane, rotorcraft, powered lift 등) Motor 또는 엔진 Spec 배터리 시스템 및 연료 고유 특성 등	현행 TCDS의 항공기 제원정보를 기본 정보로 포함
제4장 교통 및 통제	Control Station 관련 정보 지상 Control Unit 구성, 형태, 위치 등 launch/recovery 장치 등 지상 지원 장비 정보 관련 S/W 정보 등 C2 Link 관련 정보 통신 성능, 주파수 정보 등 Service Provider 정보 관련 S/W 정보 등	
제5장 제한사항	운용 환경 운용지역, 기상조건 등 운용공역 운용 제한사항 운용 제한사항	
제6장 위험요소	신청자 식별 운용적, 설계적 위험(Hazard) 요소 식별 및 완화 방안 제시	※ 추후 검토 필요 (FAA Order 8040.6 Appendix A Common UAS Hazards 참고)

그림 42. 무인항공기 형식증명절차 지침(안) 및 CONOPS 작성요건부록

○ 무인항공기 형식증명절차 지침(안)은 현행의 형식증명지침을 준용하되 무인항공기 적용을 위한 위험 모델을 포함하여, G-1 인증기준확정 전 신청자로 하여금 운용개념서(CONOPS)을 제출하고 이에 대한 승인 절차를 추가하도록 제안하였음. 또한 이를 위한 CONOPS 작성요건을 부록에 포함함

○ 이는 국제적으로 공통된 절차가 확정되기 전 국내 산업이 무인항공기 형식증명을 받기 위한 기반으로 우리나라 감항당국과 관련 산업의 인증 활동을 위한 기초가 될 수 있을 것으로 기대함

[성과 3] - KOTI: 무인항공기 운항기술기준의 제정(안) 및 고시 지원

□ 성과개요

○ 국제민간항공기구의 부속서 최신 개정안 분석을 통해 추가 개정소요 도출

○ 6차년도 무인항공기를 위한 운항기술기준 2차 제정(안) 및 추가 개정소요로부터 개정이슈를 정리하여 무인항공기 관련 개정 이슈별 운항기술기준의 관련조항 개정안을 제시함

○ 운항기술기준의 제정안 작성 과정에 실무 경험자를 참여를 통한 기술적 검토 및 공동기관, 외부전문가들의 의견을 수렴하여 결과를 반영함

○ 운항기술기준의 3차 제정안 도출에 산업계, 학계, 연구계 전문가들의 의견 수렴 및 결과를 반영

○ 7차년도에는 고정익, 회전익으로 구분하여 추가적으로 회전익 무인항공기 운항기술기준 초안을 마련함

□ 주요 연구내용

○ 개정이슈에 따른 개정안 수립과정

- (추가 개정소요 파악) 최신 국제기준 부속서 개정안 및 최신 고정익항공기를 위한 운항기술기준 개정안 내용 분석을 통한 추가 개정소요 파악
- (개정이슈 도출) 운항기술기준 2차 제정안(6차년도)과 최신 국제기준 부속서 개정안으로부터 개정소요들을 분석하여 개정이슈를 도출함
- (개정안 수립) 개정이슈에 따라 '개정사유', '관련 국내외 조항', '개정방안', '개정안 작성'을 통해 무인항공기를 위한 운항기술기준 3차 제정안을 도출함
- 항공안전법령 개정안을 반영하여 항공안전법에서 변경된 용어를 7차년도 운항기술기준에 공통 적용함으로써 연구의 방향을 통일함
- 7차년도에는 국제민간항공기구(ICAO) 부속서(Annex)6, part4 개정안을 기반으로 고정익과 회전익무인항공기를 구분하여 본 연구에서는 추가적으로 고정익 무인항공기 운항기술기준 3차 제정(안)과 함께 회전익 무인항공기 운항기술기준도 추가적으로 제정(안)을 제시하였으며 제정안 도출 및 작성에 공동기관, 외부전문가, 산업계, 학계, 연구계, 국토교통부와 토론회를 2차례 진행하여 의견 수렴 및 결과를 도출함

○ 개정이슈 별 주요 개정내용은 다음과 같음

- (정의) 무인항공기 정의 관련 이슈

  * C2링크(C2Link), 탐지 및 회피(Detect and Avoid : DAA), 원격조종실(RPS) 등 무인항공기의 특성을 반영한 용어를 신설한 제정안을 반영함

- (자격증명) 무인항공기 원격조종사의 자격증명 수립

  * 항공기관사, 운항관리사 등 무인항공기에 없거나, 무인항공기에만 존재하는 것이 아닌 종사자의 자격증명을 삭제하는 등 관련 조항에 적용성 검토

- (훈련기관) 훈련기관, 과정, 시설 등 훈련기관 관련 근거 수립

  * 훈련과정에 객실승무원 훈련과정, 항공정비훈련과정 등 관련 조항에 적용성 검토

- (등록 및 등록부호 표시) 무인항공기 등록부호 및 표시 관련 조항 수립

  * 무인기의 구조 및 기타 기술적인 이유로 등록부호 표시의 규정 불이행 등에 대비한 예외조항 마련

- (감항성) 무인기 시스템의 지속적인 감항성 유지를 위한 정비, 예방정비, 수리·개조 및 검사요건 수립

  * 관련 규정에 원격조종실(RPS)을 포함시키거나, 무인항공기시스템에 대한 형식증명 등 감항성 유지 요건에 무인항공기의 특성을 추가하여 제정안을 반영함

- (정비조직의 인증) 항공안전법의 일관성 및 객관성을 제고하고 무인항공기 안전성 확보를 도모하기 위해, 정비조직인증을 위한 기준 수립

  * (무인항공기 특성 반영) 적용, 품목 등 무인항공기시스템(무인항공기, 원격조종실(RPS),C2링크)을 반영한 제정안을 제시

* (연료) 연료에 태양열, 전기 등 석유 외 다양한 에너지도 고려할 수 있도록 관련 조항 제정안 제시

* (인적요인) 정비조직절차교범에 인적요인관련 규정 수립

- (계기 및 장비) 무인항공기운영자가 무인항공기를 운항에 사용하고자 하는 경우 무인항공기시스템에 갖추어야 할 계기 및 장비 등에 관한 최소요건을 수립

* (무인항공기 범주) 본 연구의 대상인 150KG 초과, 고고도 국제 IFR비행 가능 무인항공기시스템을 반영하여 IFR방식에 한한 계기 및 장비 규정 수립

* (무인항공기 특성 반영) 조종석의 와이퍼관련 규정을 무인항공기 영상센서와이퍼 관련 규정 등으로 변경함으로써, 기존 유인기와는 달리 무인항공기(RPA)와 원격조종실(RPS)의 분리로 인한 장착 및 탑재 계기 · 장비에 대한 규정 수립

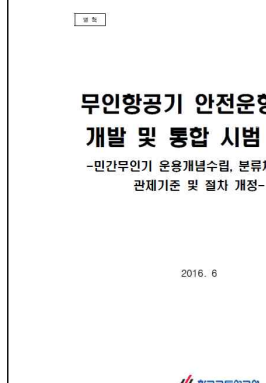
- (운항) 무인항공기 운항을 위한 요건 수립

* 무인항공기운항증명을 위한 요건 및 무인항공기운항증명소지자가 준수해야 할 제반요건 관련 규정

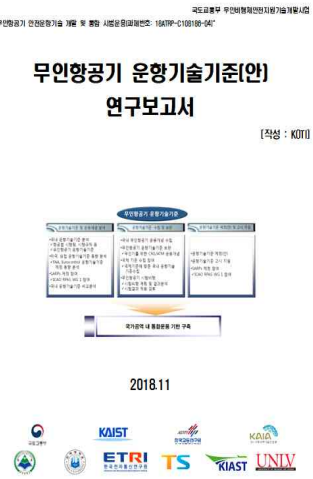
* 무인기시스템 기록장치 등 기존 고정익항공기의 비행기록장치에 무인기 특성을 반영한 개정안 수립 등

- (운항증명) 항공운송사업의 무인항공기운항증명을 위한 요건 및 무인항공기운항증명소지자가 준수해야 할 요건 수립

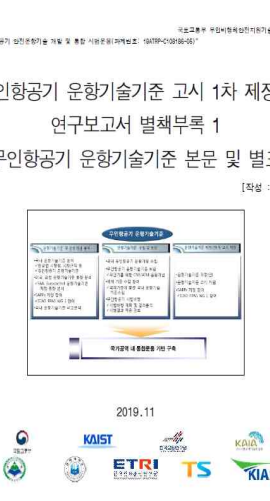
* 원격조종실의 안전운영 등 무인항공기운항증명을 위한 조항에 무인항공기 특성을 반영한 제정안 수립

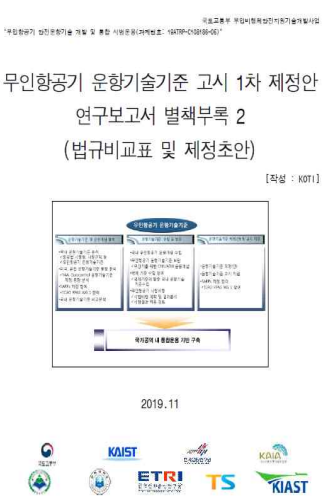
<table>
<tr>
<td> 

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범 운용 보고서</td>
<td> 

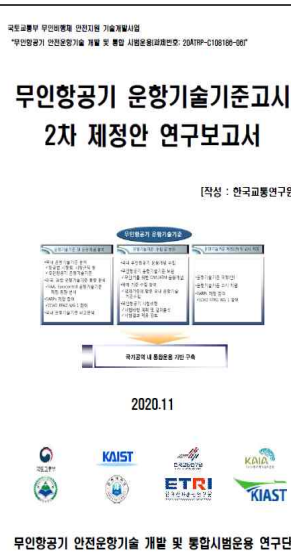
무인항공기 관제/운항 관련 국내 규정 개정방안 보고서</td>
<td> 

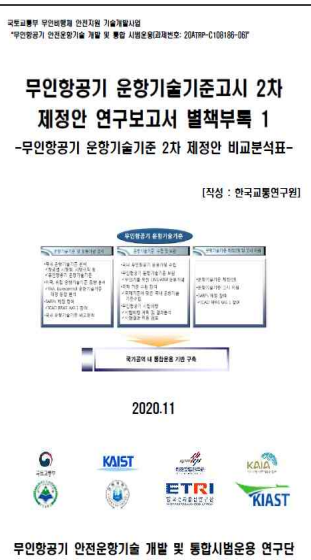
무인항공기 운항 기술기준(안) 연구보고서</td>
</tr>
<tr>
<td> 

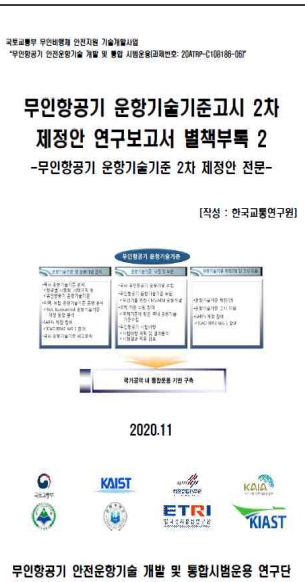
(5차년도) 무인항공기 운항기술기준 고시1차 제정안 연구보고서</td>
<td> 

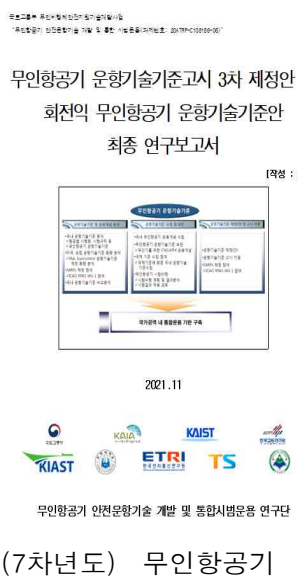
(5차년도) 무인항공기 운항기술기준 본문 및 별표</td>
<td> 

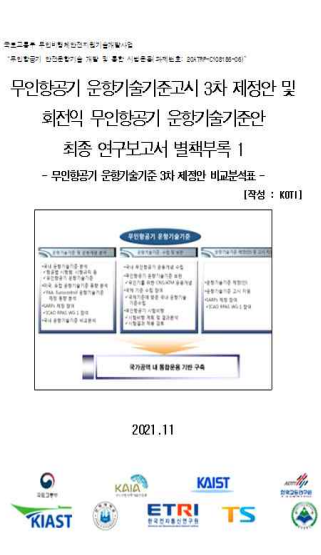
(5차년도) 법규비교표 및 제정초안</td>
</tr>
</table>

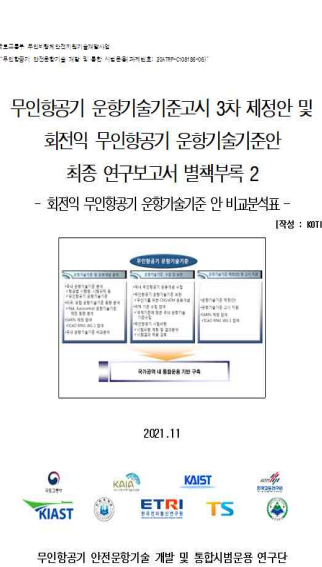
<table>
<tr>
<td> 

(6차년도) 무인항공기 운항기술기준고시 2차 제정안 연구보고서</td>
<td> 

[(6차년도) 무인항공기 운항기술기준 2차 제정안 비교분석표</td>
<td> 

(6차년도) 무인항공기 운항기술기준 2차 제정안 전문</td>
</tr>
<tr>
<td> 

(7차년도) 무인항공기 운항기술기준고시 3차 제정안 및 회전익 무인항공기 운항기술기준안 최종 연구보고서</td>
<td> 

(7차년도) 무인항공기 운항기술기준 3차 제정안 비교분석표</td>
<td> 

(7차년도) 회전익 무인항공기 운항기술기준 안 비교분석표</td>
</tr>
<tr>
<td> 

(7차년도) 무인항공기운항기술기준 3차 제정안 전문및별표</td>
<td> 

(7차년도) 회전익 무인항공기 운항기술기준 초안 전문</td>
<td></td>
</tr>
</table>

[성과 5] - KOTI: 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정

□ 성과개요

○ ICAO RPAS 패널회의에서 논의되는 사항들과 국내 전문가 의견수렴을 통해 무인항공기시스템의 유인항공기 공역 통합운용을 위한 항공교통관제 절차 및 관련 규정 마련을 위한 분석을 수행

○ 항공안전법 시행규칙 중 항공교통관리에 해당하는 부분과 국토교통부고시인 항공교통관제절차(국토교통부고시 제2020-715호) 및 항공교통업무 운영 및 관리 규정(국토교통부고시 제2019-245호)의 개정(안)을 제시

□ 주요 연구내용

○ 항공안전법 시행규칙 중 항공교통관리 관련부분 개정사항 검토

- (개정)무선설비: RPAS는 IFR 비행을 전제로 하며, 비행하고자 하는 공역의 항행성능에 따라 해당 성능을 준수할 수 있는 계기장비를 탑재하고 비행할 수 있어야 하므로 현행 항공안전법 시행규칙의 무인항공기에 대한 일부 계기장비에 대한 장착 예외 조항의 개정안 제시

- (개정) 사고예방장치: RPAS DAA 장치는 유인항공기시스템의 ACAS 장치와 같이 공중충돌경고기능을 수행하며, ACAS와 동일한 수준에서 관리될 필요가 있으므로, 항공기에 탑재가 요구되는 사고예방장치에 DAA 장치를 추가하도록 개정안 제시. 향후 DAA 장치의 유인기 탑재 가능성을 고려하여 DAA 장치 장착은 무인기에 한정하지 않음.

- (개정) DAA 회피기동 절차 관련 : ACAS와 마찬가지로 항공기가 다른 항공기 등과의 충돌 위험이 있는 경우 DAA 장치는 회피기동정보를 발행할 수 있음. 조종사는 DAA 회피기동 조언을 준수하도록 하며, 관제사는 이에 반하는 관제지시를 내리지 않도록 관련조항 개정안 제시

- (개정) 무인항공기 비행허가: ICAO의 이행목표인 RPAS의 통상적인 항공교통시스템 구성요소로의 편입을 위해, 무인항공기 비행 금지조항 및 비행허가 조건에 대해 개정안 제시

- (신설) C2링크 : Annex 2 개정초안에 근거하여 RPAS 안전운용을 위한 C2링크 연결 및 유지에 대한 의무사항과, C2링크 두절 시 무인항공기 운영 절차 및 원격조종사의 조치사항, 체약국의 RPAS C2링크 두절 절차 발행에 대한 사항을 신설할 것을 제안

○ 항공교통관제절차 개정사항 검토

- (개정)공중충돌경고장치 회피조언: Doc 4444 개정초안에 근거하여 ACAS 회피조언 절차와 동일한 수준에서 DAA 회피조언 절차를 규정할 것을 제시

- (개정)항공기 호출부호: 관제사의 상황인식을 향상시켜 무인항공기의 특성에 의해 수행이 불가능한 관제지시를 발행하지 않도록 첫 호출시 무인기임을 나타내는 접미어 Unmanned를 사용하도록 제안

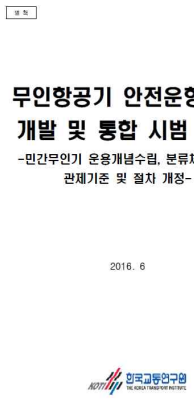
- (개정)RPAS C2링크 연결두절: '20년 10월 개정된 항공교통관제절차에 무인항공기의 연결두절과 관련된 조항 및 링크두절 트랜스폰더 코드(7400)가 등장하지만 ICAO의 표준용어를 사용하지 않고 있으므로, 해당조항을 표준용어로 수정하고, 같은 문서의 C2링크 두절 절차를 수행하도록 개정할 것을 제시

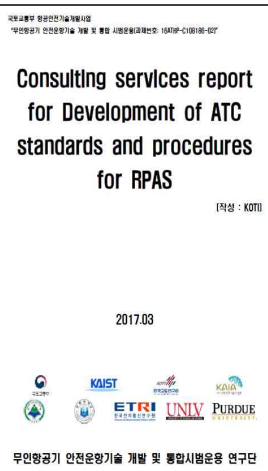
- (신설)C2링크 두절: 항공안전법 시행규칙 개정안에 근거하여 RPAS가 C2링크 두절을 선언했을 때, 항공교통관제사가 취해야 하는 조치사항에 대해 명시하는 조항 신설을 제안

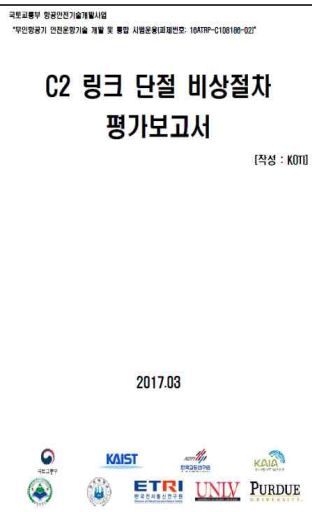
○ 항공교통업무 운영 및 관리 규정 개정사항 검토

- (신설)C2링크 두절 절차: 항공안전법 시행규칙 개정안에 근거하여, 공대지 통신두절과 동일한 수준으로 C2링크 두절에 따른 조치사항에 대해 규정할 것을 제시

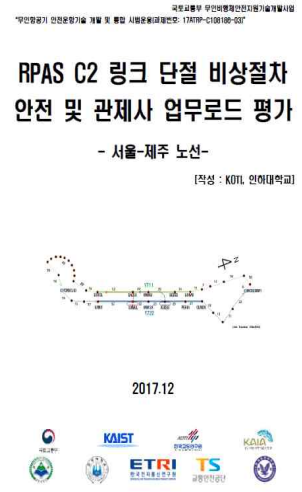
- (개정)항공교통관제 우발상황: Doc 4444 개정초안에 근거하여 공중충돌경고장치 장착 항공기에 관한 절차를 ACAS와 DAA 장착 항공기 모두에 대해 적용할 수 있도록 개정안을 제시

<table>
<tr>
<td>


무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범 운용
</td>
<td>


Consulting services report for Development of ATC standards/ procedures
</td>
<td>


C2 링크 단절 비상절차 평가보고서
</td>
</tr>
<tr>
<td>


무인항공기 관제/운항 관련 국내 규정 개정방안 보고서
</td>
<td>


RPAS C2 링크 단절 비상절차 안전 및 관제사 업무로드 평가 보고서
</td>
<td>

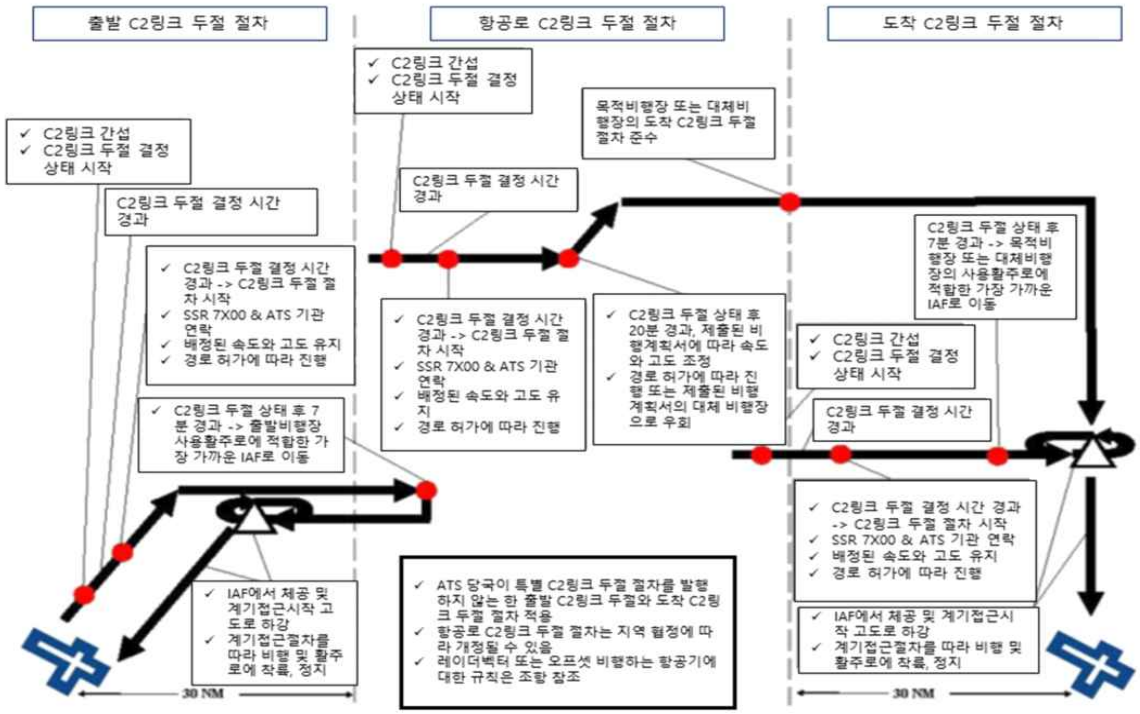

무인항공기 항공교통관제 관련 국내 규정 개정 연구 보고서
</td>
</tr>
<tr>
<td>


(5차년도) 무인항공기관련 항공교통관제절차 개정안 연구 최종보고서
</td>
<td>


(5차년도) 항공교통 관제절차 법규비교표
</td>
<td>


(6차년도)무인항공 기관련 항공교통관제절차 2차 개정안 연구 보고서
</td>
</tr>
</table>

국토교통부 무인비행체안전지원기술개발사업 "무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용과제번호: 21ATRP-C158186-07)" 무인항공기관련 항공교통관제절차 3차 개정안 최종연구보고서 [작성 : KOTI]  2021.11 무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단 (7차년도) 무인항공기관련 항공교통관제절차 3차 개정안 최종연구보고서		



자료: ICAO RPASP/16-WP/15 「Progress on Lost C2 Link and Detect And Avoid(DAA) Procedures」 (2020.09.24.)

그림 43 비행단계별 C2링크 두절 절차

[성과 6] - KOTI: 무인기 항공교통관제 절차 개정

□ 성과 6은 성과 5로 합쳐짐

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용지원 지상시설 구축

□ 무인항공기 시범운용 위한 인프라 구축 계획 수립

○ 본 연구는 과제 착수당시에는 150kg미만 무인비행장치 및 150kg이상 무인항공기를 모두 아우르는 과제로 출범하였고, 따라서 1차년도에는 국내외 무인비행장치 시범운용 사이트 및 국가 비행시험장 활용을 모두 고려하였음

○ 국제민간항공기구의 RPAS 패널이 2014년 발족하여 활동을 시작하고 본 과제가 1차년도 평가를 거쳐 과제 내용이 크게 수정되면서 2차년도 부터는 150kg이상 무인항공기만을 연구대상으로 선정함

- 150kg미만 소형 무인기 (무인비행장치)는 별도 과제에서 수행하기로 함

○ 국제민간항공기구에서 발간한 DAA Manual의 내용을 숙지하고 이를 150kg 이상 무인항공기의 운용에 필요한 인프라 구축 방안 연구

- 150kg이상 무인항공기는 활주로를 활용하는 일반적인 항공기 형태라서 기존 공항 시설 이용 필요
  * 본 과제 참여 한서대 태안비행장 활주로, 격납고, 운영지원시설 활용
- 150kg이상 무인항공기는 비가시권 비행이 기본운영개념이기 때문에 내부조종사가 통제할 수 있는 지상국 개발 필요

  * 향후 3개셀 활용 장거리 비행, 전국망 구축 시험등을 위해 2.5톤이상 트럭에 구축된 이동형 지상국 3대를 구축하기로 함
- 150kg이상 무인항공기의 감시(surveillance)는 기존 항공기 감시용 레이다 및 트랜스폰더를 이용한 레이다 (각각 PSR, SSR) 및 최근 미국을 시초로 실용화 중인 ADS-B를 활용

  * 무인비행장치의 경우 기존 항행 감시 시설 활용이 불가능하여 UTM과 같은 별도 감시 시스템 개발

  * 최근 미국 RTCA 주도로 제도화되는 것과 같이 지상 감시 레이다를 이용하여 RPA의 충돌회피를 수행하는 기술도 실용화되고 있는데, 이를 위해 드론 감시 레이다 과제는 본 과제에서 계속 수행하였음



그림 44. 한서대학교 태안비행장 및 RPAS 설치 예정지

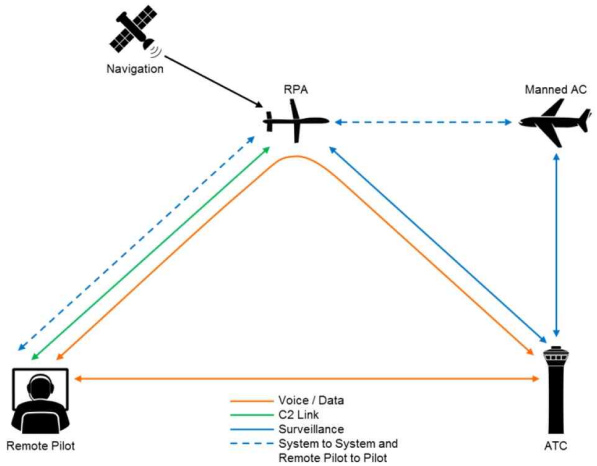


그림 45. ICAO RPAS Panel의 RPAS 운용 개념

□ 이동형 지상국 구축

○ 이동형 지상국은 착수 당시 국내에 기 구축되어 활용중인 항우연 지상국의 구성을 조사하여 본 연구에 필요한 성능을 정의하는데 참조하였음.

○ 이동형 2016년 (2차년)에는 위에서 언급된 운용개념에 의거, 차량형 지상국 1호차 발주

○ 본 차량은 대당 부가세 포함 3억 3천만원으로서 공정한 입찰, 발주과정을 거쳐 구입하였음



그림 46. 이동형 지상국 제작 (1호차,2016년)



그림 47. 이동형 지상국 내부 (1호차)

○ 이동형 지상국은 2대의 시현 장치, 조종간, 원격자동조종장치 입력장치, 통신장비, 전원장치, 공조장치 등으로 구성됨.

○ 이동형 지상국 1호차는 한서대에서 구입, 3차년도 초에 입고되어 본 연구진이 2018년 이후 운용하는 OPV의 통제에 지속적으로 활용되었음

○ 비행체 제어를 위한 이동형 지상국은 비행체와 통신장비에 대한 제어명령을 생성하고 상태를 도시하는 기능과 임무계획을 수립하고 분석하는 기능을 수행하는데, 비행체 탑재장치에 초기화 자료를 입력하거나 자기진단(BIT: Built In Test) 기능을 사용하여 탑재장치를 포함한 비행체나 지상장비의 이상 유무를 판단 할 수 있음. 또한 지상통제장비의 이상이 발생할 때 비행통제의 기능 연속성을 유지하기 위하여 이중화 기능을 보유함.



그림 48. 실시간처리컴퓨터 소프트웨어 구조도



그림 49. 이동형 지상국 제작 (2호차,2017년)

○ 4차년도에 OPV와 기구축된 1호차 지상국을 이용하여 다양한 항목의 테스트를 수행하고 이 경험들을 통해 본 OPV 시스템에 필요로 하는 요소들을 개선/수정

○ 상기 수정사항은 2호기와 3호기에 반영/개선/수정 중이며 앞으로 지속 반영 예정

○ 이동형 지상국 2호차는 3차년도에 발주, 제작되어 4차년(2018년)에 입고됨.

- 1호차와 통신장치를 제외하고는 동일하며, 다만 ETRI가 개발한 통신장치가 추후 별도 설치

* 이동형 지상국 1호차는 ETRI가 개발하지 않은 proprietary 통신 장치가 설치되어 있음

○ 특히 이동형지상국 3호기의 제작은 기존에 구축된 1,2호기가 기본적 운영에는 큰 지장이 없으나 각종 시연이나 추가 인원들이 탑승할 경우 공간이 협소하다는 의견이 많아 3호차는 3.5톤 트럭을 개조하여

제작하였음

○ 이동형 지상국 3호기는 2019년 12월 입고 예정에서 '20.1월 입고 지연

* 지연 사유: 쉘터제작을 위한 계약 업체의 경영 어려움으로 업체 변경 제작

- 기존 계약(12월 24일) 대비 약 두달 늦은 납품

- 3호기 이동형지상국은 6차년도 하반기부터 이용예정이었기 때문에 연구일정에는 차질 없었음



그림 50. 지상국 3호차 (20.1.31 입고)

□ 이동형 지상국 활용

○ 이동형 지상국 1호차는 한서대에 상주, OPV 비행시험에 항상 활용

○ 이동형 지상국 2호차는 2셀간 통신 handover 실험을 위해 2019년 부터 활용

○ 이동형 지상국 3호차는 2/3셀간 통신 handover 실험을 위해 2020년부터 활용하였으며, 특히 2021년에는 태안-부여-고흥간 3개 셀에 걸쳐 통신 handover 및 c2 단절/회복 대응 절차 수행 실험에 활용하였음

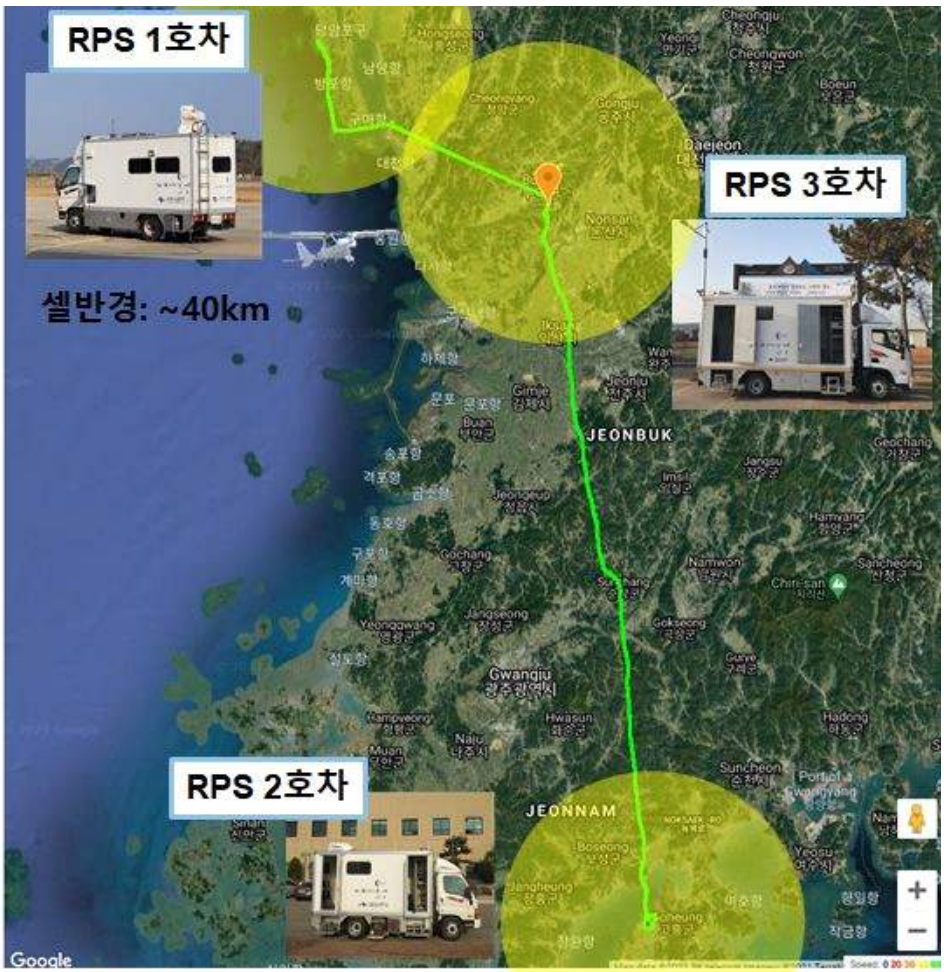


그림 51. 태안-부여-고흥 간 다중셀 handover 장거리 비행시험 ('21.6.5)

[성과 9] - 카이스트 (박성욱, 김순태 교수): 소형 무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축

[1 차 년도] : 탐지 / 식별 레이더 기술 조사

○ 무인항공기 탐지/식별 기반 레이더 기술 조사 및 국내외 사례 분석 수행
- 산악지형이 많은 국내 상황에 부합하는 저비용 고효율의 무인항공기 감시 레이다 개발 필요성을 확인

○ 소형무인항공기&조류 감시 레이더 목표 사양 및 설계 방안 확립
○ 무인항공기 운항 특성 분석 및 시설 구축 방안 연구

[2 차 년도] : 단일 레이더 구축 / 시험

○ 단일셀 Micro-Doppler multi-static 레이더 시스템 개발
- 단일 레이더 기반 시수템 구축을 위한 드론 탐지 알고리즘 연구 개발
- 상용 하드웨어 선정 및 개발 (레이더 IQ De-modulator 개발)
- FMCW 방식을 이용한 소형무인항공기 탐지 레이더 구축
- Micro Doppler 검출 및 탐지 알고리즘 연구
- 단일셀 레이더 탐지 범위 확장을 위한 넓은 빔폭의 안테나 설계
- 실내외 실험 및 시스템 검증

○ 저고도 소형무인항공기 및 조류 구분 및 탐지 방안 연구
- Micro-Doppler 분석을 통한 목표물 특성 Visualization
- 다중 편파 Micro-Doppler 기반의 Deep learning을 활용한 탐지 기법 연구 수행
○ 시스템 구축 및 테스트를 위한 자료 조사
- 김포 공항 전파 환경 측정 실험

[3 차 년도] : 공공기관 내 시범 구축을 위한 소형 무인항공기 & 조류 식별 레이더 시스템

○ Chirp pulse radar를 이용하여 드론의 target fluctuation model 추정 및 최적의 integration방법 검증.
- 드론의 RCS는 aspect angle에 따라 RCS의 fluctuation이 심함. 따라서, 드론의 target fluctuation (Swerling) model을 추정하고 추정된 model에 맞는 최적의 integration 방법을 적용하는 것이 필요.
○ 새 모형 드론의 micro-Doppler signature (MDS) 측정 및 드론의 MDS와 비교 분석.
- 드론과 새의 식별을 위해 각 표적에 반사되어 수신된 신호의 차이를 확인해야 함. 두 표적의 레이다 수신 신호에 섞여 나오는 micro-Doppler 신호를 image로 가공하고 식별에 이용하기 위해 MDS의 차이를 확인.
- 실제 새를 포획하여 실험하기엔 한계가 있으므로, 새와 매우 유사한 행동 패턴을 가진 새 모형 드론을 측정하여 MDS를 측정하고, 드론의 MDS와 비교하여 차이점을 확인함으로써 새와 드론의 식별 가능성을 검증함.
○ Chirp pulse 방식 기반 소형무인항공기 탐지 소프트웨어 개발
- 소형 무인기 탐지 시스템이 받은 신호에서 소형 무인기 신호와 여러 잡음 신호를 구별하는 알고리즘 개발
- 탐지 신호를 바탕으로 Convolution 방식을 적용, 잡음 신호를 제거하고 소형무인기 신호만 포착
- 레이다에 의해 탐지된 무인기를 사용자에서 시각적 정보로 표현하여 현재 레이다의 운용 상황을 효과적으로 전달하는 소프트웨어 개발
- 두 개의 회전축을 갖는 3차원 회전 레이다 하드웨어를 바탕으로, 3차원 좌표 공간상에서 탐지된 목표물의 위치를 계산해내는 알고리즘 개발
- 3차원 회전을 위해 추가적으로 구성된 모터를 동작시키기 위한 구현
- 계산된 3차원 상 좌표를 바탕으로 탐지된 무인기가 레이다 탐지 범위 밖으로 사라지거나, 명시적으로 접속을 해제하기 전 까지 탐지 목표를 지속적이고 실시간으로 화면상에 출력
○ 영월/평창/강릉에서 3D scanning 레이더의 성능 검증.
- 실제 산악, 도심 환경 속에서 3D scanning 레이더의 성능을 검증하기 위해 영월과 평창, 강릉에서 실외 테스트를 진행.
- 특히 평창/강릉에서는 평창 동계 올림픽에서 혹시 발생할 수 있는 테러의 위협에 대비하여 폭발물 모형을 장착한 여러 종류의 상용 드론을 탐지. 이는 공항에서 발생할 수 있는 위협에 대비하여 레이더를 테스트해 보기 위한 모의실험으로써의 의의가 큼.

- 영월에서는 DJI 社, Inspire 1의 탐지를 1.8 km까지 성공하였고, 평창/강릉에서는 DJI 社 Inspire 1, 2를 1.2~1.4 km 까지, Phantom(Inspire보다 작음)을 700~900 m 까지, Mavic(Phantom보다도 작음)을 500~700 m 까지 탐지해냈음.



(a) 폭발물 모형 장착 드론들



(b) Chirp pulse radar의 드론 측정 결과



(c) 실험 장소 왼쪽부터 알펜시아 스키점프센터, 평창올림픽 메인 스타디움, 강릉 스피드 스케이팅 경기장

그림 52. 평창/강릉 동계올림픽 장소에서의 3D scanning 레이다 탐지 실험

○ 다중 셀 3D scanning 레이더 구축을 위한 레이더 하드웨어 시스템 및 안테나 제작/테스트.
- 최종 단계인 김포공항 다중 셀 레이더 구축을 위해, 3대의 레이더 하드웨어 시스템 제작 및 테스트.
- 새로 제작된 레이더 시스템의 성능을 테스트하기 위해 평창에서 실외 실험을 진행하여, DJI 社, Inspire 1를 1W의 송신 전력만으로도 1.1 km 까지 탐지함. 후처리를 통해 1.3 km까지도 탐지 거리를 확보할 수 있음을 확인.

○ 2차원 회전식 GPS 누설파 탐지 수신기 개발 및 운용 실험
- 2차 년도에 개발된 소형무인항공기의 GPS 누설파 탐지 장치를 발전시켜 360도 회전식 S-band GPS 누설파 탐지 수신기를 개발함.
- 다양한 전파 환경에서 2D GPS 누설파 탐지 수신기를 이용하여 최대 380~500m 거리의 소형무인기를 탐지하는데 세계 최초로 성공함.

○ GPS 누설파 신호를 이용한 S-band 소형무인항공기 탐지 수신기용 소프트웨어 개발
- C++와 Qt를 이용해 GPS 누설파 신호를 통해 얻게 된 Raw data는 사람의 눈에 의지를 해야 하므로 보지 못하고 지나가는 경우가 발생할 수 있으며 노이즈와의 차이가 크지 않을 경우 잡아내지 못할 수 있음.
- 이를 방지하기 위해 Raw data를 가공하여 원하는 무인기의 신호를 찾아내고 이를 시각화하여 이용자가 편하게 감지할 수 있도록 함.
- 사용자가 눈으로 확인하기 위해서 DB scale로 Raw data를 변환하고 내부적으로 adaptive하게 noise를 고려하여 threshold가 자동적으로 조정되도록 함. 따라서 signal level이 전체적으로 상승해도 문제없이 동작 가능함.
- 레이더 하드웨어가 주는 Raw data는 받는 신호의 세기만 나오고 각도를 알 수 없음. 로터리 인코더를 이용해서 안테나가 회전하는 각도를 해석하여 어느 방위에서 신호가 들어오는지 알아냄.
- 각각의 정보를 Visualization 프로그램에서 취합하여 사용자에게 최종적으로 보여줌.

[4 차 년도] : 공공기관 내 시범 구축을 위한 소형 무인항공기 & 조류 감시 레이더 시스템 최종 성능평가

○ 다중 셀 구축 및 운용

- 개발한 3D scanning 레이다의 설치 및 운용에 대해 평창올림픽 대테러안전대책본부 측과 협의
- 3D scanning 레이다 2기를 각각 평창올림픽플라자 뒤편 언덕과 평창 알펜시아 스키 점프 센터에 설치
- 실제 운용 전 레이다 테스트 및 주위 환경 (클러터 등)에 대한 Calibration 작업 진행
- 2018 평창동계올림픽 기간 (2018. 02. 09 ~ 2018. 02. 25) 및 패럴림픽 기간 (2018. 03. 09 ~ 2018. 03. 18) 동안 정상 운용. (대관령면 2월 최저 기온 -23.4 ℃ 극복)
- 평창 동계 올림픽 폐막식 때 진행 됐던 드론 퍼포먼스 (수호랑)에 사용된 드론들 탐지
- 평창 올림픽 플라자 뒤편에 설치 및 운용했던 3D scanning 레이다에서 군집 드론 퍼포먼스에 사용된 다수의 드론 탐지



그림 53. 평창올림픽 3D scanning Radar 다중 셀 운용

○ 3D scanning 레이다 개발을 위한 안테나 및 모터 구동부 개발 완료
- 3D scanning 레이다의 수직 및 수평 회전으로 반구 형태의 탐지 Coverage를 위한 고이득 안테나 개발
- 개발한 안테나를 수직 및 수평으로, 보다 효율적이고 안정적으로 회전시킬 수 있게 하고, 슬립링에 손상이 가지 않도록 모터 구동부 개선
- 기존 내부에서 외부로 연결되었던 시스템을 하드웨어 변경으로 내부에서 만으로도 통신할 수 있게 변형
- 무게 중심 및 회전으로 인해 발생할 수 있는 외력에 대한 안정성과 수평 방향의 압력에 대한 안정성을 위해 이중 베어링으로 교체

○ 소형무인항공기 및 조류 탐지/식별을 위한 레이다를 김포공항에 구축하기 위한 주파수 승인 협의 및 레이다 지상시설 김포공항에 구축
- 3D scanning 레이다를 김포공항에 구축하기에 앞서 주파수 대역 승인 협의 문제로 다각적인 접촉 시도
- 국내 정부 기관 및 공항 공사는 항공기에 치명적인 사고를 초래할 수 있는 전파 방해 및 간섭에 의한 계기 착륙 시설 등의 오작동을 우려하여 주파수 허가를 꺼리는 상황임

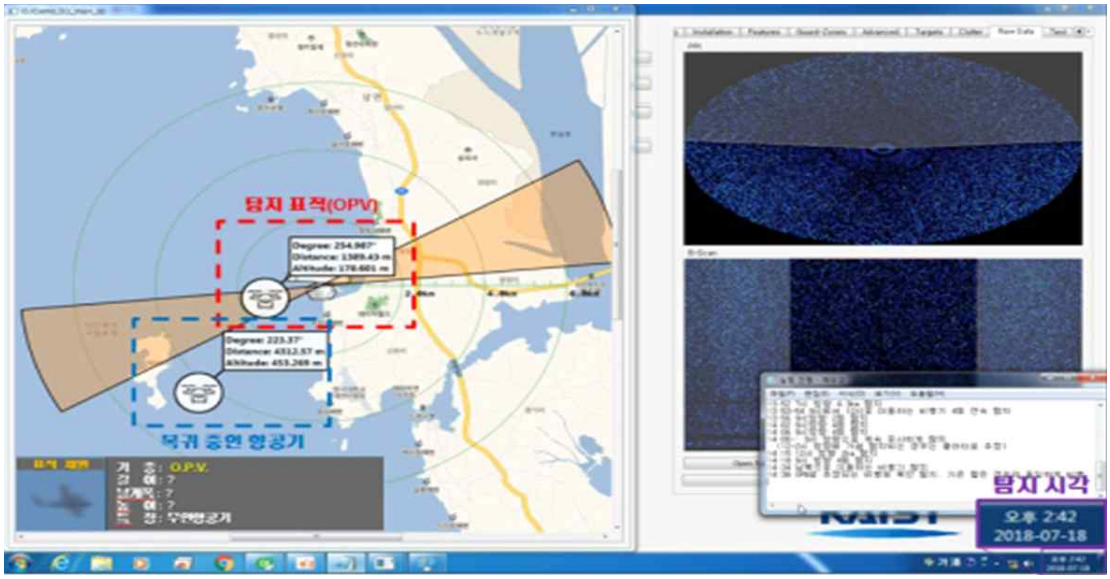


그림 54. 한서대 태안비행장 인근에서 야외테스트 중인 3D scanning 레이다 탐지 화면

○ 3D scanning 레이다의 공항 설치/운용을 위한 한서대 태안비행장 인근 실전 테스트
- 한서대학교 태안비행장에서 시행된 OPV 무인항공기 테스트 중, 비행장으로부터 약 3km 떨어진 곳에서 3D scanning 레이다를 이용하여 이착륙비행 또는 공역비행 중인 항공기들의 야외 탐지 테스트를 진행함
- 약 1.4km 거리에서 비행 중인 OPV 무인항공기의 레이다 탐지에 성공하였고, 육안 확인은 불가능하지만 약 4.3Km 거리에서 복귀 중인 항공기를 동시 탐지 성공

○ 소형무인항공기 GPS leakage 탐지 레이다의 수신 감도 향상을 통한 탐지거리 개선
- 3차 년도에 개발된 소형무인항공기의 GPS 누설파 탐지시스템에 자체 LO 탑재 후 이를 연동한 360도 회전식 S-band GPS 누설파 탐지 수신기를 개발
- 다양한 전파 환경에서 2D GPS 누설파 탐지 수신기를 이용하여 안정적으로 380~500m 거리의 소형무인기의 탐지가 가능하며. 특정 방향으로 신호의 averaging 없이 최대 1km 이상의 원거리 탐지가 가능함.
- 근거리에서 Micro-Doppler 신호를 탐지함으로써 드론 신호 검출의 신뢰성을 높임

○ 소형무인항공기 및 조류 탐지/식별을 위한 알고리즘 개발 및 실외 테스트
- 소형무인항공기 및 조류의 식별을 위한 2D Convolutional Neural Network (CNN) 기반의 딥러닝 알고리즘 개발
- 3차년도에서 확보했던 드론 및 새 모형 드론이 가지는 Merged Doppler Image (MDI)를 개발된 2D CNN 알고리즘에 적용해봄으로써 식별 성능을 확인
- 실외 테스트를 진행하며 기존 보다 더 다양한 종류의 드론을 사용하여 새로운 데이터를 확보
- 실시간 처리에 유리한 경량 1D CNN 개발

○ 효율적인 표적 탐지 및 추적을 위한 제어 소프트웨어 개발 및 구현
- C++와 Qt를 사용하여 Main GUI 프로그램을 개발하였고, DAQ에서 제공하는 API를 통해서 DAQ의 환경변수 설정 가능
- 수직 모터는 Main GUI 프로그램에 바로 적용 가능한 API를 이용하여 속도를 제어하며 및 모니터링을 하여 3차원 좌표계산에 사용함
- 수평 모터는 인버터 제어 프로그램을 통해 모터 회전 속도를 제어하고, Rotary Encoder를 이용하여 모터의 각도를 알아낸 후, 3차원 좌표계산에 사용함
- Main GUI 프로그램이 신호처리를 담당하는 프로그램을 호출하여 결과를 받은 형식으로 구현함으로써, 신호처리부에서 여러 응용 및 업그레이드에 용이하도록 함

[5 차 년도] : 공공기관 내 시범 구축을 위한 무인항공기 감시 레이더 시설 최종 성능 평가

○ 드론 탐지 레이다 시스템 개선
- 기존 3D Scanning 컨셉의 레이다의 경우, 레이다가 수평 및 수직 방향으로 모두 회전하며, 반구 형태의 커버리지를 형성하기 때문에 탐지 범위 측면에서는 좋으나, 같은 영역을 다시 스캔하기까지 걸리는 시간

이 느리기 때문에, 실시간으로 드론을 탐지하여 추적하거나 그 흔적을 남기기에 어려움. 수요처의 위와 같은 발의 사항을 고려하여, 기존 드론 탐지 레이다 시스템을 개선.

- 수평 방향으로 360°를 빠르게 스캐닝(2D Scanning) 하는 컨셉을 추가하여 실시간으로 드론을 탐지/추적하거나 그 흔적을 기록 함. 레이다의 윗부분의 영역으로 드론이 오기 전에, 이미 드론을 먼 거리에서부터 탐지하기 시작하여 추적 및 자취를 파악. 따라서 수요처에서 요구하는 측면에서의 실효성을 더 높임.
- 3D Scanning 모드 및 2D Scanning 컨셉을 모두 확보한 상태로, 상황에 따라 적절한 컨셉을 적용하여 운용할 수 있음.
- Chirp Pulse 레이다에서 NLFM 신호를 생성함으로써 Pulse Compression을 수행할 때, 발생하는 신호의 Side-Lobe level을 줄일 수 있음. 여러 수신된 신호들의 Side-Lobe level이 낮아지며, 일종의 노이즈 층이 낮아지는 효과를 볼 수 있어, 드론 탐지를 개선함.
- 클러터 제거 및 드론 Trail 생성 알고리즘을 개발하고 적용함으로써 전반적인 신호처리 속도 및 정확도를 향상하고 드론 탐지 능력을 개선함.
- 실제 환경에서 개선된 드론 탐지 레이다가 DJI社의 Inspire 2를 최대 약 3.0 km 거리까지의 탐지 능력을 검증함.

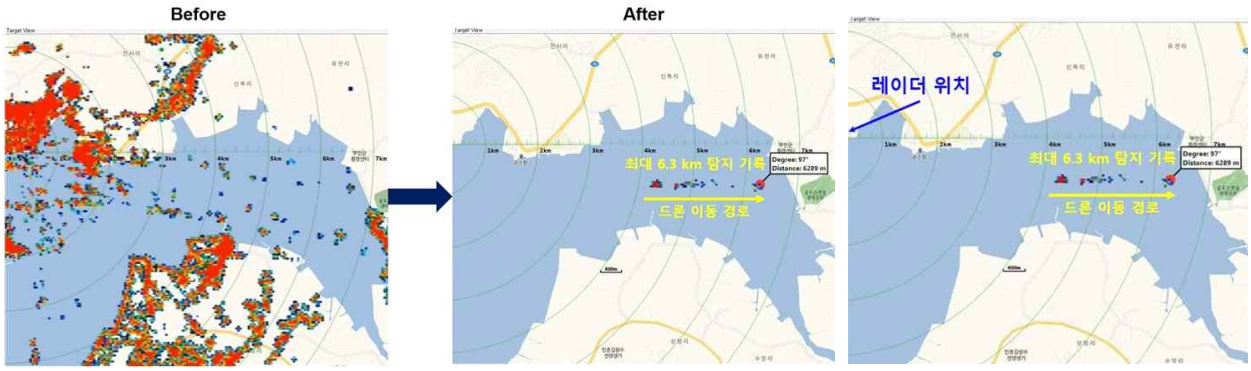


그림 55. 클러터 제거 및 드론 Trail 생성 알고리즘 적용 전(좌), 후(중) / 드론 최대 탐지 거리(우)

○ 드론 탐지 레이다 시스템 실용화

- 2019년 2월 말 ~ 4월 초 기간 동안 드론 탐지 레이다의 실용화를 위해 수요처인, 한국공항공사와 인천국제공항공사 관계자들과 검토회의를 진행. 수요처의 의견을 반영하여, 드론 탐지 레이다 시스템 개선.
- 검토 회의 결과, 2019년 4월 18일에 한국공항공사로부터 드론 탐지 레이다 시스템의 설치 허가를 받음.
- 이어서 2019년 4월 19일에 인천국제공항공사로부터 드론 탐지 레이다 시스템의 설치 허가를 받음
- 드론 탐지 레이다의 공항 내 실용화를 위해서는, 장소 허가 뿐만 아니라 드론 탐지 레이다의 주파수를 사용할 수 있도록 허가를 받아야 하므로, 주파수 허가를 받기 위해, 4월 중순에, 공공용 주파수 이용 계획서를 이용하여 주파수 허가 신청.
- 이후, 한국방송통신전파진흥원(KCA)에서 이후에 직접 연락이 와, 논의 후 실험국으로서 전자민원센터를 통해 신청하는 방법으로 안내하여, 5월 말에 주파수 허가를 위한 실험국 신청 완료.
- 서울전파관리소, KCA 측에서 요구한 추가 보완 사항들 대응.
- 2019년 8월 8일, 공공용 주파수 및 실험국 개설 허가를 위한 일환으로 KCA에서 주관한 드론 탐지 레이다의 공공용 주파수 이용 계획에 대한 세부사항 발표 및 논의가 진행됨.
- 드론의 위협과 드론 탐지 레이다는 현재 세계적으로 큰 이슈이기 때문에, KCA, 서울전파관리소, 국립전파연구원, 과학기술정보통신부에서 내부적으로 계속 논의를 반복함.
- 드론 탐지 레이다가 공항 내/외에 있는 전자기기에 영향을 미치지는 않는지, 또한 드론 탐지 레이다가 영향을 받지는 않는지를 확인하기 위한 전파 혼/간섭 테스트 진행.
- 김포국제공항 인근에 개선된 드론 탐지 레이다 시스템을 설치하고, 저녁 및 새벽 시간에 매일 간헐적으로 운영.
- 혼/간섭 테스트 결과, 드론 탐지 레이다는 공항 내/외에 있는 전자기기에 영향을 미치지 않으며, 드론 탐지 레이다가 영향을 받지도 않음을 검증.
- 성공적인 전파 혼/간섭 테스트로, 최종적으로 김포 국제공항 내로 1국을 신청했던 곳에 실험국 허가 결정. (서울전파관리소, 2019년 11월 7일, 실험국 1국 허가.)

[성과 10] - ETRI: 무인기 제어용 통신(CNPC) 시범 인프라 구축 및 시험 운용

□ 민간무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크(CNPC) 인프라 구축

- 다중셀 연동을 위한 CNPC 시범인프라 구축 및 비행 중 무인기 CNPC 핸드오버 시험과 GCS 통제권이양 비행 시험을 성공적으로 실시함으로써 민간 무인기의 국가 공역 내 통합운용 목표를 실현

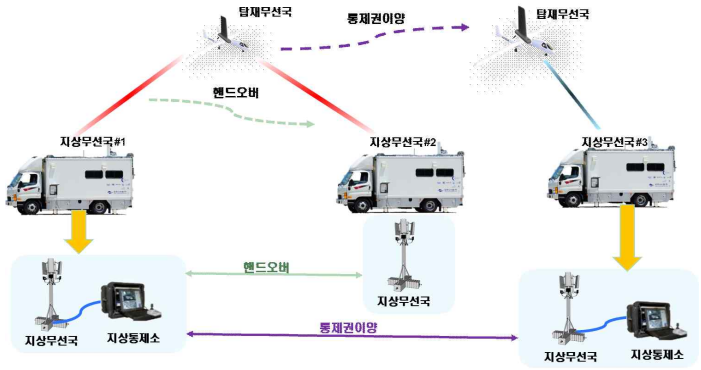


그림 56. 무인기 CNPC 시범인프라 최종 구축안

표 2. CNPC 시험 일정 및 항목

	시험 개요	준비 형상	시험 항목
3차년도	지상 시험	탑재국#1 탑재국#2 지상국#1 지상국#2	- OPV 내의 노이즈 측정 - 무선 경로 손실 측정 - 수신 신호 품질 측정 - 링크 성능 측정(CRC 에러율) - 주파수 옵셋 추정 성능 측정 - GPS 동기 획득 시간 측정
4차년도	1개셀 비행 시험	탑재국#2 지상국#2 지상국#3	- 무선 경로 손실 측정 - 수신 신호 품질 측정 - 링크 성능 측정 - 무선국 수신감도 측정 및 커버리지 산정
5차년도	2개셀 핸드오버 비행 시험	탑재국#2 지상국#2 지상국#3 지상국#4	- 무선 경로 손실 측정 - 수신 신호 품질 측정 - 링크 성능 측정 - 핸드 오버시의 CRC 에러율, 신호 품질 확인 - 2번 지상국으로의 핸드오버 후의 경로 손실, 신호 품질, 링크 성능 확인
6차년도	3개셀 통제권 이양 비행 시험	탑재국#2 지상국#2 지상국#3 지상국#4	- 무선 경로 손실 측정 - 수신 신호 품질 측정 - 링크 성능 측정 - 핸드 오버시의 CRC 에러율, 신호 품질 확인 - 2번 지상국으로의 핸드오버 후의 경로 손실, 신호 품질, 링크 성능 확인 - 통제권이양 직전의 CRC 에러율, 신호 품질 확인 - 통제권이양 직후의 CRC 에러율, 신호 품질 확인 - FCS-GCS IF : GCS 모니터링, 무인동작 시험
	3개셀 장거리 비행 시험	탑재국#2 지상국#2 지상국#3 지상국#4	- 태안 : 논산 : 고흥 장거리 비행시험 - 링크 성능 측정 - 무선국 수신감도 측정 및 커버리지 측정 - 지상 무선국 간 핸드오버 및 지상통제국 간 통제권 이양 비행 시험

- 무인기 CNPC 시스템 설계
  - ✓ CNPC 지상 무선국 설계
    - D-IF기반 다중채널 송수신 지원
    - P2P/P2MP 송수신 지원
    - 7개 섹터 안테나 기반 3D 셀 지원
    - 송수신 Antenna Diversity 지원
  - ✓ CNPC 탑재 무선국 설계
    - P2P/P2MP 송수신 지원
    - Multiple 중심주파수 및 BW 지원
    - 이중 안테나 지원
    - 송수신 Antenna Diversity 지원

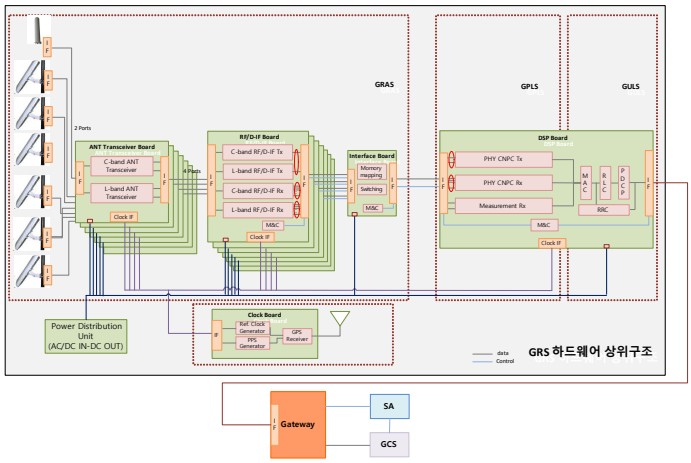


그림 57. 무인기 CNPC 지상무선국 하드웨어 상위 구조

- 무인기 CNPC 무선국 제작
  - ✓ 지상무선국 : 440 x 112 x 135 mm (W x D x H), 10kg
    - 차량탑재를 고려한 소형/경량화 제작
    - GCS 인터페이스 기저대역 정합
    - 보드제작, 자체 시험, 통합시험 완료
  - ✓ 탑재무선국 : 95 x 112 x 135 mm (W x D x H), 0.75kg
    - 무인기 탑재를 고려한 SWaP(소형/경량/저전력)
    - FCC 인터페이스 블록 기저대역 정합
    - 보드제작, 자체 시험, 통합시험 완료



탑재무선국	탑재무선국 OPV 장착	지상무선국	지상무선국 차량 탑재

그림 58. 무인기 CNPC 무선국

- CNPC 무선링크 지상 시험
  - ✓ CNPC 무선링크 실험실 시험을 통한 무선국 동작 검증
    - OPV 내의 CNPC 밴드 내에서의 노이즈 측정
    - 무선 경로 손실 측정(수신 전력)
    - 수신 신호 품질 측정

- 링크 성능 측정(CRC 에러율)
- 주파수 옵셋 추정 성능 측정
- GPS 동기 획득 시간



그림 59. CNPC 차량 및 OPV 탑재 지상링크 시험

✓ CNPC 무선링크 현장 시험을 통한 무선국 동작 검증
- 무선 경로 손실 측정(GPS 위치와 수신 전력 로그)
- 수신 신호 품질 측정(GPS 위치와 수신 품질 로그)
- 링크 성능 측정(GPS 위치와 수신 CRC 에러율 로그)
- 링크 커버리지 확인



그림 60. CNPC 무선 링크 현장 시험

- CNPC 무선링크 비행 시험(단일셀)

✓ 한서대학교 태안 비행장 - 부여군 석성면 인근(~70km)
- Uplink TestFSPL ≈ 143 dB(@70km)
  - GRS TxP= 40 dBm, ARS RxP@70km ≈ -103 dBm
  - ARS sensitivity ≈ -106 dBm
- Downlink Test FSPL ≈ 143 dB(@70km)
  - ARS TxP= 40 dBm, GRS RxP@70km ≈ -103 dBm
  - GRS Sensitivity ≈ -110 dBm

✓ CNPC 비행 시험 결과
- Optimum Antenna Selection 정상 동작 확인
- 수신신호 세기는 자유 공간 경로 손실(FSPL)과 유사함 확인
- Minimum sensitivity level 유효 확인
- 전체 비행 시간 동안 99.8% 가용도 만족

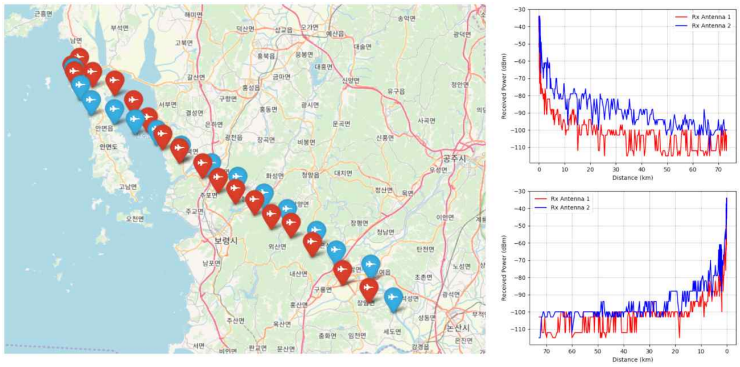


그림 61. CNPC 무선 링크 단일셀 비행 시험

- CNPC 핸드오버/통제권이양 비행 시험
  - ✓ 한서대학교 태안 비행장
    - 지상국#1, 지상국#2: 차량형 GCS 장착
    - 탑재국 : OPV 장착
    - 사용 주파수
      - GRS#1 : 5,059 MHz, GRS#2 : 5,055 MHz
      - ARS : 5,059/5,055 MHz
      - 수신감도 GRS : -105 dBm, ARS : -100 dBm
    - 이동국 차량 1에 GRS#1 장착 /이동국 차량 2에 GRS#2 장착
      - SNRest#1@ARS = 12dB
      - SNRest#2@ARS = 18dB
      - SNRest#2 > SNRest#1 + 6dB
    - 통제권 GRS#1에서 GRS#2로 이양

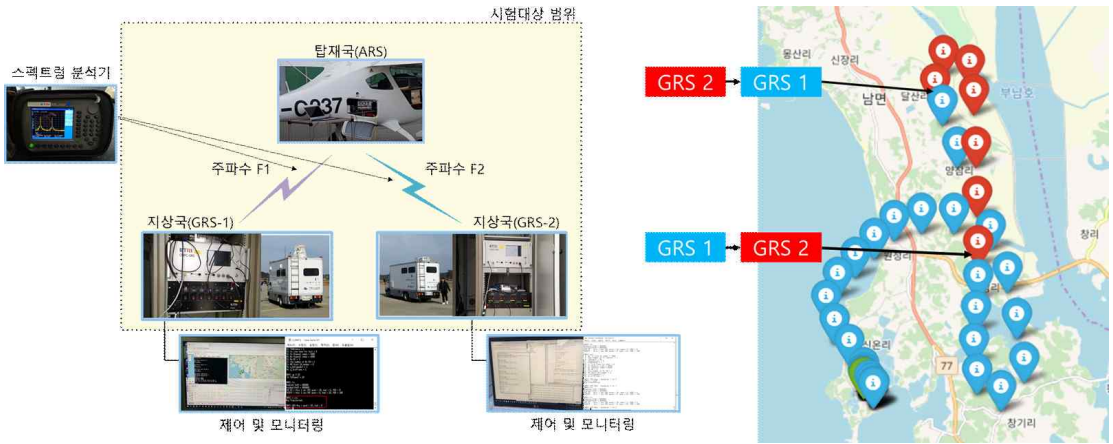


그림 62. CNPC 무선링크 통제권 이양 비행 시험

- 다중셀 CNPC 핸드오버/통제권 이양 비행 시험
  - ✓ 3개셀구축 : 지상국차량 3대에 각각 탑재
    - 지상국차량 #1 : 한서대 비행장 활주로
    - 지상국차량 #2 : 한서대학내 주차장
    - 지상국차량 #3 : 몽산포 해수욕장
  - ✓ 지상국간 핸드오버/통제권 이양 시험
    - 지상국#1 → 지상국#2 : 핸드오버 시험 확인
    - 지상국#1 → 지상국#3 → 지상국#1 : 통제권 이양 시험 동작 확인
  - ✓ FCS-GCS 인터페이스 시험
    - GCS #1 → OPV : En-Route 무인 모드동작(12분 이상)
    - GCS #1 / GCS #2 /GCS #3 : OPV 비행 모니터링 확인

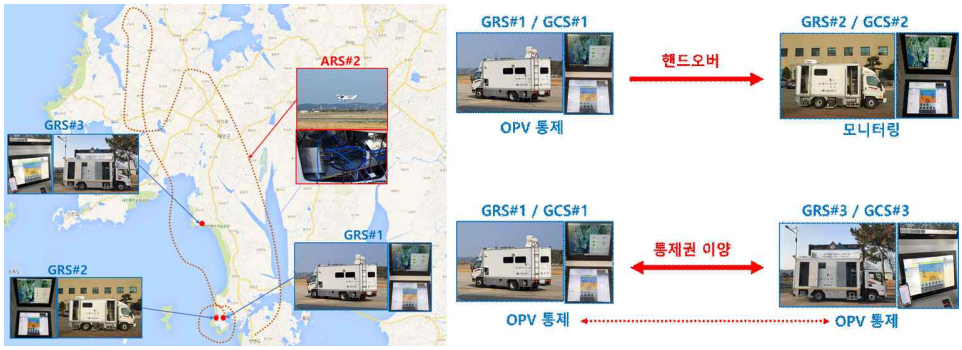


그림 63. 다중셀 CNPC 핸드오버/통제권이양 비행 시험

- 다중셀 CNPC 장거리 비행 시험

✓ 다중셀 CNPC 비행시험/시연(2021년 6월 5일)

- 다중셀(3개셀) 비행시험 환경 구축
- 다중셀 CNPC 장거리 비행 시험(태안 - 논산 - 고흥)
- 무인기 CNPC 통합 비행 시험(핸드오버/통제권 이양)

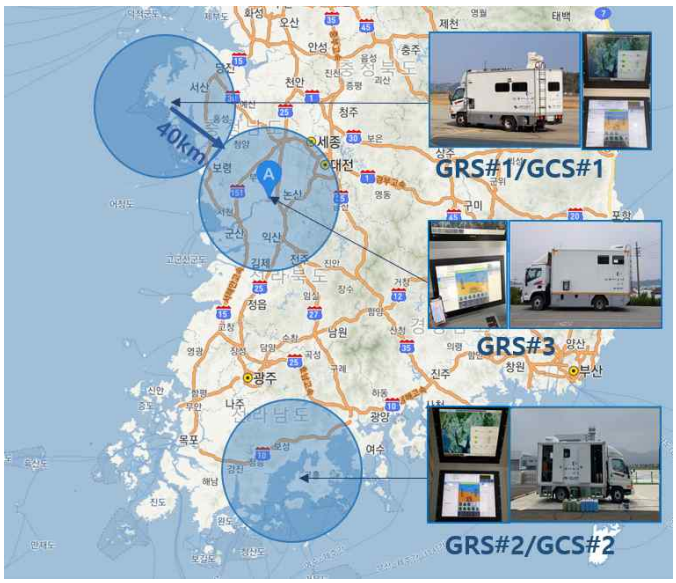


그림 64. 태안 - 고흥 장거리 CNPC 다중셀 비행 시험

✓ GRS#1 무인 동작(지상 IP에 의한 OPV 동작)

- 태안 한서대비행장 OPV 이륙(09:23)
- 지상 IP에 의한 무인 모드 동작(09:30) 시작
- 침입기 가정(09:46), 500 피트 상승, NOTAM(유인->무인)
- 무인모드 동작 종료(09:51)

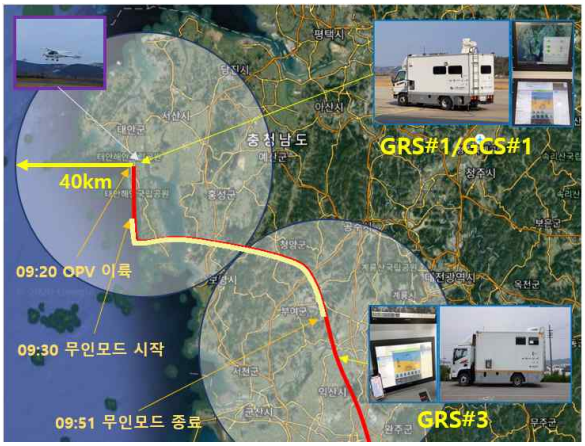


그림 65. CNPC GRS#1 무인동작 시험

✓ CNPC 통신 반경 시험

- GRS#1 : 82km 거리에서 안정적 통신 유지(이후 수신 오류 발생 빈도 증가)
- GRS#3 : 반경 50km 지점에서 수신 - 반경 75km 지점까지 안정적 수신
- GRS#2 : 반경 70km 지점에서 수신
- CNPC 통신반경 : 비행고도/지형/OPV 진행 방향에 따라 차이가 있으나 최소 50km 이상 지원 확인



그림 66. CNPC 각 셀별 통신 거리

○ ICAO RPASP WG2 표준화 참여

- ICAO RPASP WG2 표준화 활동에 참가하여, WG2에서 표준화하고 있는 ICAO C2 link SARPs 표준화 동향을 파악하고 국내 개발 기술 및 국내 정책과의 일치 여부 확인 및 반영

- WG2 회의 개요 및 요약

✓ 주요 표준화 내용 : RPAS C2 링크 관련 SaRPs 제안서 개발 및 관련 ICAO 부속서/매뉴얼 제·개정

✓ 기간 및 장소 :

- 8차 회의 : '17.06.19.(월) ~ '17.06.23.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 9차 회의 : '17.06.19.(월) ~ '17.06.23.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 10차 회의 : '18.03.12.(월) ~ '18.03.16.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 11차 회의 : '18.06.18.(월) ~ '18.06.22.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 12차 회의 : '18.10.29.(월) ~ '18.11.02.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 13차 회의 : '19.03.11.(월) ~ '19.03.15.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 14차 회의 : '19.06.17.(월) ~ '19.06.21.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 15차 회의 : '19.10.28.(월) ~ '19.11.01.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- WGWHL/1 회의: '20.06.22.(월) ~ '20.06.26.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올
- 16차 회의: '20.10.26.(월) ~ '20.10.30.(금) (5일간), 캐나다 몬트리올

✓ 주요 참석자: 미국 FAA, 유럽 EUROCONTROL, 미국 RTCA 등 총 15명 내외(한국: ETRI 김희욱)

- 작업 일정 계획

✓ ICAO의 '30년까지 6년 단위로 이루어지는 항공시스템 블록 업그레이드 작업에 맞추어 RPASP WG2에서는 2018년 및 2022년 표준 개발 작업 마무리 목표

✓ 관련 RPASP WG2의 C2 표준화 작업 일정 계획은 다음과 같음

- ~ '18년 초: 기술 중립적 상위 레벨 1차 SARPs 제안서 개발 완료
- ~ '22년 초: 구체적 기술 레벨 2차 SARPs 및 C2 링크 매뉴얼 초안 개발 완료 및 RPAS 매뉴얼 업데이트(지상 네트워크 기반 RLOS 및 BRLOS 운용 포함)

- 회의 주요 이슈사항 및 논의 결과:

✓ C2 링크 SARPs(기술 세부적 2차 SARPs) 관련 ICAO 부속서 10에 대한 개정 작업

- 기술 세부적 C2 링크 SARPs 제안서 초안 개발 작업 지속: 기술 세부적 C2 링크 SARPs를 정의하는 ICAO 부속서 10 Vol. 6의 Part 2 초안 개발 작업을 지속
  - 미국 RTCA 표준 기반 C대역 지상 C2 링크(미국/한국) : 현재 RTCA에서 Phase 2 MOPS 표준화 마무리 단계에 있음
  - 유럽 EUROCAE 표준 기반 C대역 위성 C2 링크(프랑스) : 현재 EUROCAE에서 관련 표준화 작업이

지속되기 어려울 수 있음을 알림

- FSS대역 위성 C2 링크(미국, 독일) : 현재 프랑스의 WRC-15 결의 기반의 FSS대역 위성 C2 링크 SARPs 개발 반대에 따른 논의가 지속 중
- Airborne Relay기반 C2 링크 (일본) : 현재 RTCA에서 진행 중인 지상 C2 링크 Phase 2 MOPS에 반영 예정
- ICAO 부속서 10 Vol. 6 Part 1는 C2 링크의 기술 중립적 SARPs를 포함하고 있으며, ICAO Council의 222차 세션에서 채택되어 2021년 Q3부터 유효함
- 현재 WG2에서는 기술 세부적 C2 링크 SARPs를 포함하는 ICAO 부속서 10 Vol. 6 Part 2에 대한 초안을 18차 RPASP Plenary에서 승인 목표로 개발 진행 중
- 러시아에서 제안한 Self-organized airborne systems 기술은 해당 기술에 세부 기술 SARPs를 제안하지 않아 삭제하기로 함
- Inmarsat의 요청에 따라 Inmarsat의 L 대역 시스템을 C2 링크 후보 기술로 포함할지 여부는 금년 6월에 최종 결정하기로 함.
- C대역 위성 C2 링크 시스템 기술 또한 현재 EUROCAE에서 관련 표준화가 지연되는 상황으로, 관련 기술을 부속서 10에 포함할지 여부를 추후에 결정하기로 함

- 후보 기술별 SARPs 초안 개발 중
  - Mandatory 부분: 물리계층, Optional 부분: 상위계층(C대역 위성 C2 링크 경우)
- 구체적 내용은 MOPS RTCA/EUROCAE 등) 표준 인용, 부가적인 정보나 절차 등은 C2 링크 매뉴얼에 정의하기로 함

✓ RPAS 매뉴얼(Doc. 10019) 업데이트 및 C2 링크 매뉴얼 개발 작업

- RPAS 매뉴얼은 2개의 Vol.으로 구성(Vol. 1: C2 링크 일반사항, Vol.2: 구체적 절차 포함)
- C2링크 매뉴얼의 목적은 Annex 10에 포함되지 않은 보다 상세한 C2 링크 개념 및 솔루션에 대한 정보 제공임
- C2링크 매뉴엘에는 RLP 요구사항, C2링크 서비스 제공 절차, Lost C2링크 절차, FSS MOPS, 링크 관리 및 모니터링 절차 등 포함

✓ C2 링크 RLP 관련 논의

- C2 링크 RLP와 체약국의 Responsibility 사이의 상관관계에 대한 구체적 내용은 C2 링크 매뉴얼에 포함하기로 하고, RLP 정의 절차에 대한 표준은 RTCA와 EUROCAE 문서를 참조하기로 함
- 현재까지 논의된 RLP 도출을 위한 방법론은 RTCA DO-377 표준 기반임
- QoSD와 QoSE에 대한 정의 또한 C2 링크 매뉴얼에 포함하기로 함

- WG2 회의 ETRI 기고 내용

✓ 개발 CNPC 시스템 및 한국의 무인기 관련 정책을 고려하여 C2 링크 관련 ICAO 부속서 10 Volume VI 개정 초안에 대한 한국 검토의견 제안 기고서 제출

- 기능 및 성능, 링크 보안, Lost C2 링크, 통신 서비스 제공자, 주파수 등 C2 링크 관련 상위 요구사항에 대한 ETRI 주요 의견 반영 완료

✓ 한국의 무인기 C2 링크 기술 개발 현황 발표 기고서 제출

- 한국의 무인기 C2 링크 기술 및 표준화 현황, 비행시험 일정 소개
- ICAO Phase 2 무인기 C2 링크 SARPs의 후보 기술 중 하나로 고려 가능 언급
  - C대역 지상 C2 링크 SaRPs 개발에 미국과 협력하기로 함

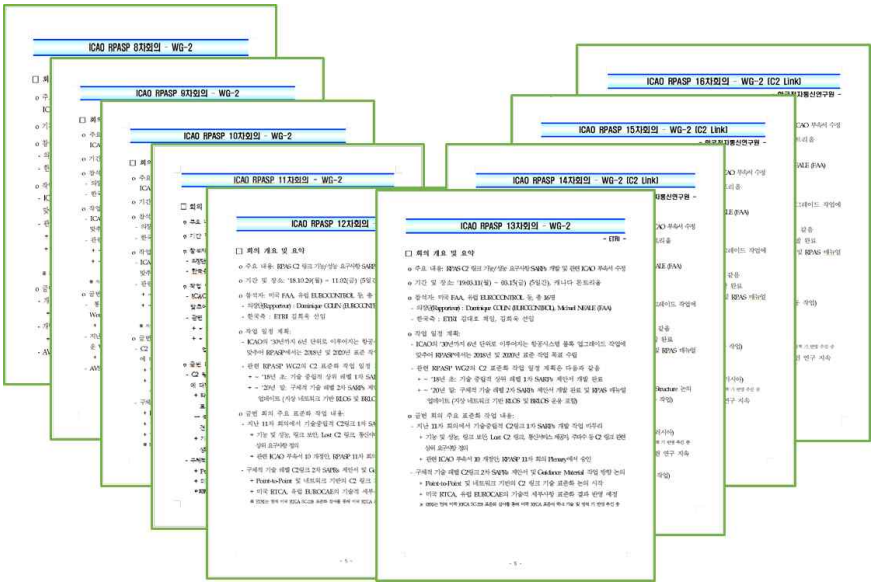


그림 67. ICAO RPASP WG2 표준화, 국토부 경과보고 자료

[성과 11] - ETRI: 무인기 제어용 통신(CNPC) 전국망 구축 타당성 연구

□ 전국망 구축 타당성 분석 시뮬레이터

○ 분석 환경

- 디지털 지형 데이터를 활용한 국내 지형 환경 반영
  - 디지털 지형 데이터를 활용하여 직선 경로의 고도 정보를 추출하고 경로 단면의 기하학적 모형을 분석함으로써 채널 모델을 선택하는 방법을 통하여 국내 지형정보를 SNR 분석에 반영
- 국내 공역 반영
  - 국내 지형환경을 고려하기 위한 방법으로 SNR 측정위치를 설정하는 기준으로 공역 정보를 반영
- 출력 제한 지역 적용 :
  - 공항 기준 출력 제한 지역의 정보를 반영
- 지상국 안테나 패턴
  - CNPC 지상국 안테나는 6개의 섹터안테나와 상공을 향하는 한 개의 upward sector로 구성

○ 지상 무선국 추가 배치에 따른 SNR 영향 분석 시뮬레이터

- 추가적인 지상 무선국의 SNR 영향을 분석
- SNR 기존대비 증가율, outage 위치 확인, 중첩지역 SNR 개선 위치 확인, 고도별 SNR 분포 등의 결과를 분석
- Airspace를 적용하여 특정 Class 결과 제외 적용하여 해당 결과를 비교하는 기능도 추가

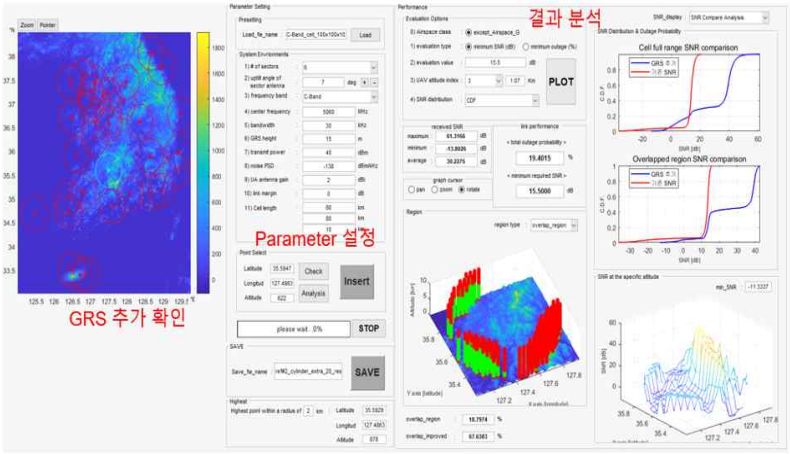


그림 68. 지상 무선국 추가 배치에 따른 SNR 영향 분석 시뮬레이터

- 시뮬레이터 활용 방안
  - SNR 사전 계산은 기존 공항 위치에 대한 정보를 알고 있으므로 공항의 SNR을 사전에 계산하고 저장한 뒤 이를 시뮬레이터에서 바로 적용시키는 방법
  - 사전 계산 결과를 바탕으로 추가 GRS를 설정 또는 사전 계산 없이 SNR 측정 구간만 설정한 후 사용자 임의의 추가 GRS를 처음부터 설정

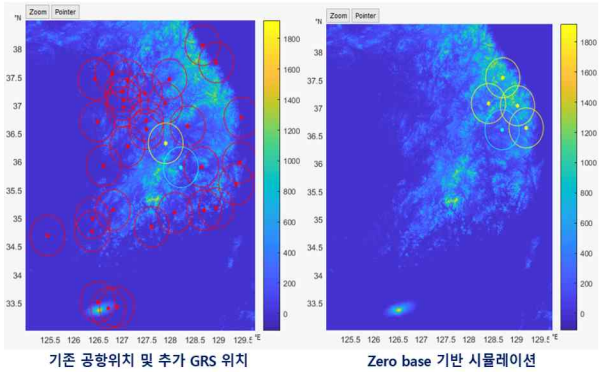


그림 69. 시뮬레이터의 활용 방안

○ 설정 범위 내 SNR 분석 시뮬레이터

- 사용자가 사전에 설정한 범위 내에 해당하는 SNR 결과들을 확인하는 목적
- 전국 단위의 SNR에 대한 CDF 및 PDF 분석 및 두 결과에 대한 비교 가능
- 서로 다른 순서 및 기준을 통해 전국에 배치한 지상 무선국으로 인한 SNR 결과를 비교 분석

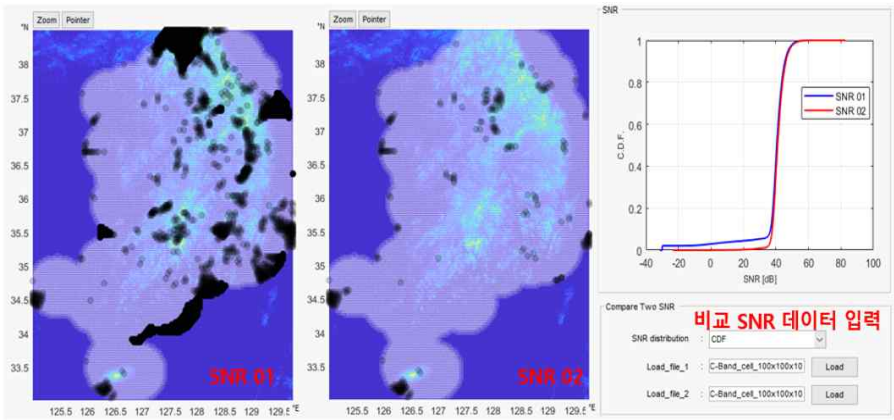


그림 70. 지상 무선국 배치 결과에 따른 SNR 분석

- 시뮬레이터 활용 방안
  - 전국 단위의 outage를 확인 가능하므로 지상 무선국 배치 과정에서 어느 부분이 취약한지 확인하거나 셀 범위 밖에 위치하는 지역이 있는지 확인하는 것을 가능

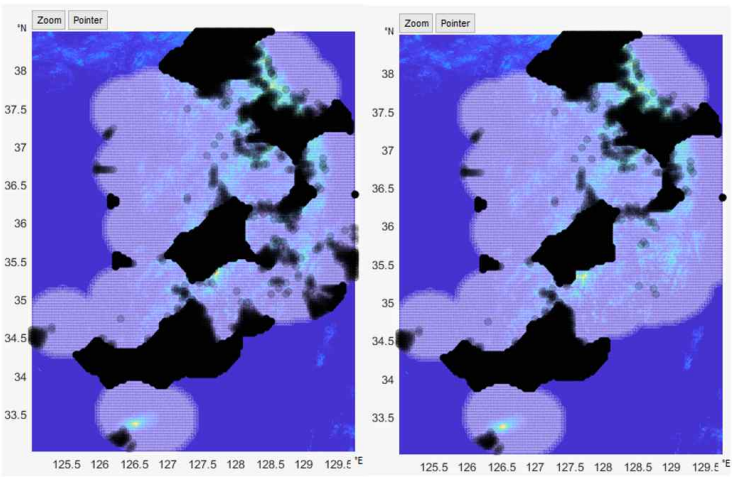


그림 71. 지상 무선국 추가에 따른 Outage 변화 분석

- 그림과 같이 우측 하단에 발생하는 outage 지역을 해결하기 위하여 해당 부근에 지상 무선국 추가 배치 시 outage 영역이 줄어든 모습을 확인

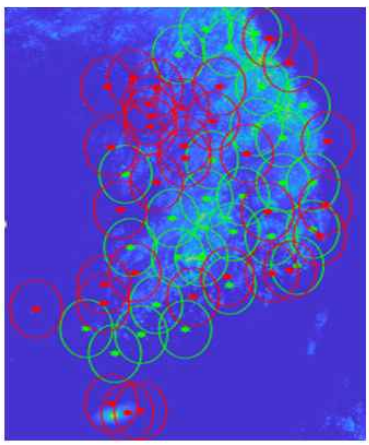
□ CNPC 전국망 구축을 위한 지상 무선국 배치(안)

○ 구축 위치 제약 미고려시, 지상 무선국배치(안)

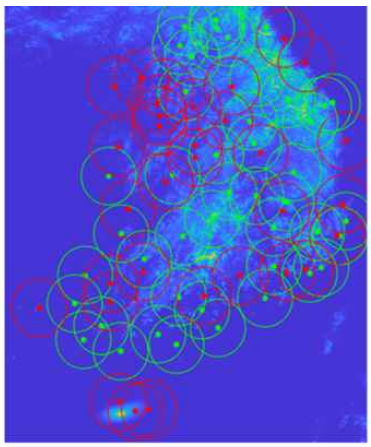
- 실질적 설치 가능 여부를 고려하지 않고, 높은 고도에 배치하여 outage가 발생을 줄여 최소한의 지상 무선국배치
- 61개의 GRS 구축 배치 시 무인기CNPC 시스템 전국망구성이 가능

○ 구축 위치 제약 고려 시, 지상 무선국배치(안)

- 실제로 구축 가능한 위치 중 최적 위치 추출
- 4G LTE 기지국의 위·경도를 추출하고 해당 위치 중 지상 무선국배치(안)을 도출
  - 반경 2km내의 높이 순으로 3개의 LTE 기지국 위치를 추천
  - 3개의 outage를 분석 1개를 선택
- 총 77개의 지상 무선국 배치가 필요



<지리적 제약 미고려 시, 배치(안) : 61개>



<지리적 제약 고려 시, 배치(안) : 77개>

그림 72. 지상 무선국 배치(안)

○ 지리적 구축 제약 고려 시, 지상 무선국 배치(안)

- 실제로 구축 가능한 위치 중 최적 위치를 찾는 방안
- 국내 설치된 4G LTE 기지국의 위·경도를 추출하고 해당 위치 중에서 지상 무선국 위치를 정하는 방식으로 지상 무선국 배치(안)을 도출
  - 반경 2km내의 높이 순으로 3개의 LTE 기지국 위치를 추천하고 이 3개의 outage를 분석하여 1개를 선택하여 배치하는 방안 : 총 77개의 지상 무선국 배치가 필요

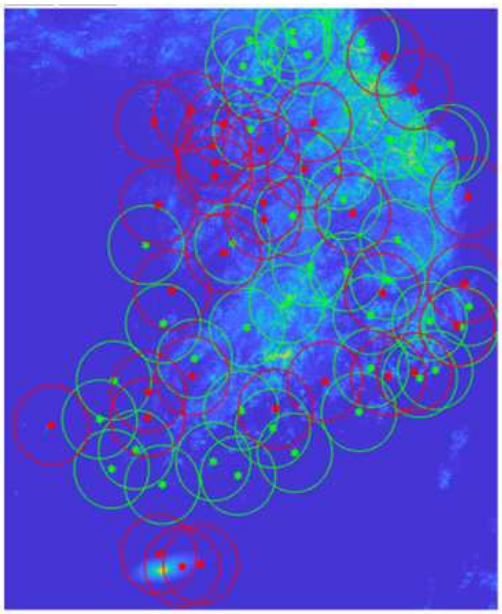


그림 73. 지리적 제약 고려 시, 지상 무선국 배치 (안)

[성과 12] - 카이스트 (심현철 교수) : 민간무인기 (소형 대역기) 시험/시범운용

□ 소형무인기 활용 비행시험

○ 본 연구진은 2018년 2월부터 독일 Flight Design사 CTLS 기반 OPV를 운영하기 전까지 약 2년간 무인항공기 운용 시험을 실제와 가까운 환경에서 시행하기 위해 인하대의 가상비행시험 환경과 함께 소형 고정익 무인항공기를 활용한 비행시험을 수행하기로 과제 기획단계부터 준비하였음

○ 소형 대역기의 비행시험 시나리오는 OPV의 비행시험 계획과 소형 대역기의 기체 특성을 고려하여 개발하여 소형 대역기의 비행데이터는 OPV 비행시험의 선험적인 데이터를 축적하기 위함이며 이는 추후 OPV의 비행시험 절차를 검증/수정에 활용 가능

- 또한 소형 대역기를 활용하여 비행시험을 수행함으로서 OPV 비행시험 sortie의 최소화 가능

○ 1차년도에는 가시권 내/외 비행, 충돌회피, 조종 통제권 이양, 비상운용절차 등 필요 요소 비행시험을 검증하기로 상정함.

○ 1차년도를 지나면서 ICAO RPAS 패널 활동을 통해 RPAS의 운용 개념 및 필요 기술 개발 동향에 대해 자세히 파악하면서 기존 유인기 대비 무인항공기(RPAS)에서 새롭게 반드시 개발해야할 새로운 기술은 C2(통신)과 DAA(충돌회피)임을 확인하였음.

- 자동이착륙은 조종사의 탑승 유무와 관련 없이 기존 유인기에서의 기술과 근본적인 차이가 없음.

- 따라서 소형 무인기는 민간무인항공기의 요소기술 중 가장 중요한 기본인 충돌 감지 및 회피기술 (DAA) 의 최소성능도출 및 검증에 활용하는 것으로 설정함

○ 따라서 본 연구에서는 소형 무인기를 통해 실제 실험을 수행하기에는 위험도가 비교적 높은 충돌회피기술의 초기 연구를 위해 소형 고정익 무인기 (아래 사진) 2대를 확보하고 이를 운용하여 연구를 수행하고자 하였음



그림 74. 소형무인기 비행시험에 사용한 리모아이 002와 006

○ 소형 대역기 구매: 본 연구진은 2차년도 비행시험을 위해 소형 고정익 무인기를 2식(4kg급 1식, 7kg급 1식)을 16년 10월부터 구매 절차에 들어가 16년 12월 계약을 완료함.

○ 2017년 3월 20일(2차년도) 리모아이 2식을 유콘으로부터 납품 받았으며 납품 전 2017년도 1월부터 제작사인 유콘으로부터 동일 리모아이를 대여하여 비행시험을 시작하였음.

○ 본 소형 무인기를 활용하여 충돌회피 기술 검증에 요구되는 기본 파라미터들을 선정하고 실제 실험을 수행하였음



그림 75. 소형 무인기 비행 시험 절차

[소형무인기 운용을 위한 Well clear 정의]

○ FAA의 Detection and Avoidance MOPS에서 정의된 well clear는 아래와 같은 상황에서 loss of well clear가 선언되고 이외에는 well clear라 할 수 있음. 아래의 조건과 Modified tau 계산식을 통해 well clear를 최신 민항기인 보잉787의 스펙으로 분석을 하였으며 3차년도 별책보고서에서 상세히 다루었음

○ 민항기에서 Projected Horizontal Missed Distance (HMD)는 4,000ft의 기준을 가지고 있으며 보잉 737 (순항속도 913km/h)을 기준으로 4.8초간 비행 가능한 거리임. 순항속도 55km/h의 속도를 가지고 있는 소형무인기 리모아이가 4.8초간 비행거리는 약 243ft 이기 때문에 소형무인기에서의 DMOD는 243ft로 정의함. 따라서 243ft의 DMOD로 well clear를 다시 계산하게 되면 아래의 그림과 같은 결과를 얻을 수 있음.

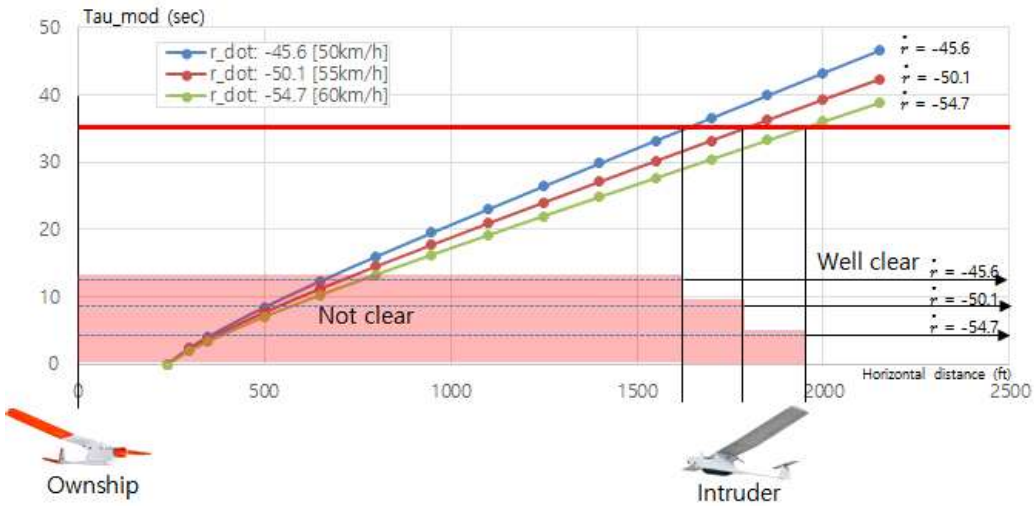


그림 76. 소형무인기를 위해 스케일 조정된 well clear 분석

○ 위와 같은 scale-down된 파라미터를 활용하여 비행중 타 항공기에 근접하는 시나리오를 상정하고 이를 실제 실험하여 확보한 데이터는 아래와 같음

- Projected Horizontal Missed Distance (HMD)는 4,000ft 이하
- 비행기간 수직거리가 450ft 이하

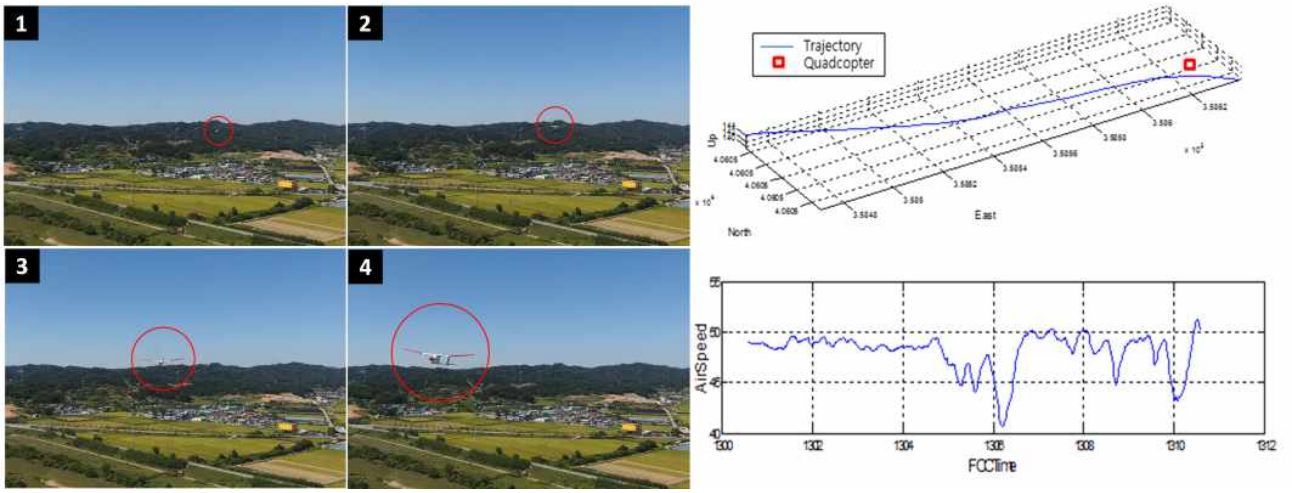


그림 77. 비행실험 충돌 모사 촬영영상(좌), 비행실험 로그 데이터(우)

○ well clear와 Modified tau 분석과 비행시험을 통하여 소형무인기를 위한 기준을 새로 정의하였으며 앞으로의 비행시험에 반영하기 위하여 상세 비행시험 카드를 작성하였음. 충돌회피를 위한 19번의 비행시험계획이 own aircraft과 Intruder로 나뉘어 작성(3차년도 별책보고서)되었음

○ 4차년도의 비행시험을 위하여 22개의 비행시나리오를 3회씩 반복 진행함. 22개의 비행시나리오는 별책보고서 '소형무인기 시험시범운용 보고서' 에 포함되어 있음.



그림 78. 소형무인기 비행시험카드

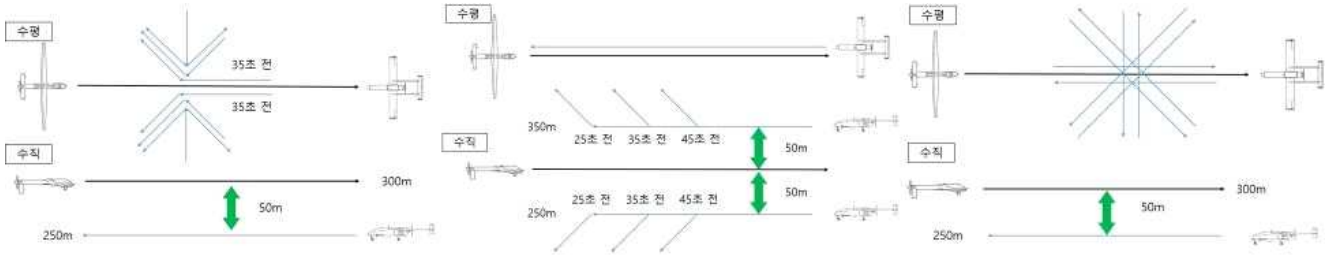


그림 79. 소형무인기의 충돌예측시간 분석을 위한 22개의 비행 시나리오

○ 다양한 충돌위험 비행시험을 진행하여 충돌경고시간에 따른 Loss of well clear(충돌상황)과 충돌회피 기동을 모사하였고 이렇게 비행시험을 통하여서 OPV를 위한 비행시험계획을 진행함.



그림 80. 충돌회피 시나리오를 위한 소형대역기이용 비행시험

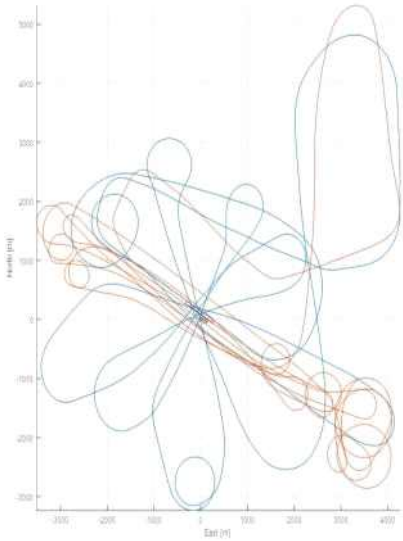


그림 81. 비행시험 데이터

□ OPV를 위한 비행시험카드 작성

○ 소형무인기의 비행시험을 통하여 한서대 태안비행장에서 실시할 비행시험카드를 작성

○ 회피기동에 필요한 시간을 간접적으로 소형무인기를 통하여 알 수 있음

○ 소형무인기의 비행시험결과를 한서대 김승주 교수, 박수복 교수와 분석/논의 진행

○ OPV 비행시험의 고도 분리는 300ft로 결정. Head-on 상황시 수평분리도 300ft로 결정 진행

○ 22개 비행시나리오에 대한 비행카드를 모두 OPV를 위해 작성

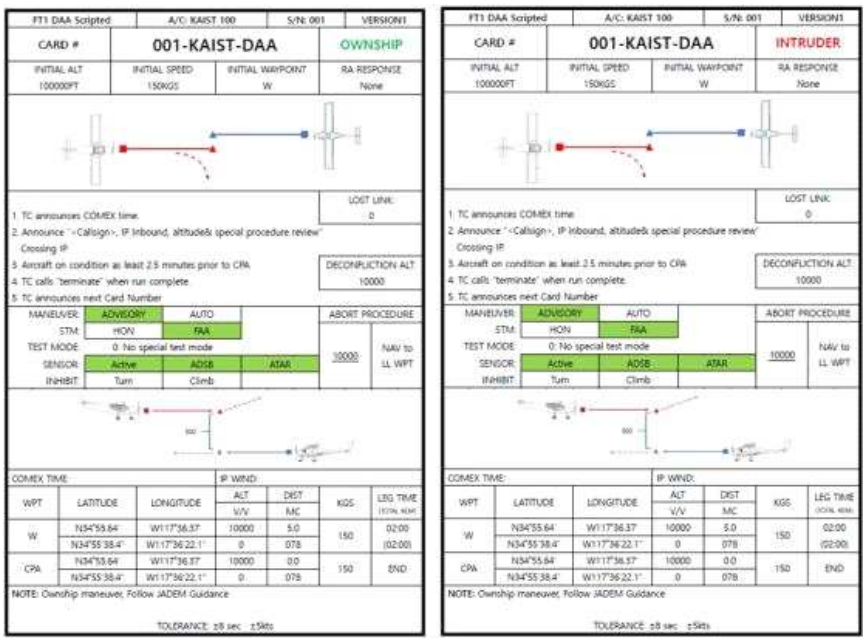


그림 82. GA 항공기(OPV)를 위한 비행시험 카드 작성

□ 소형 대역기 비행 시험

○ 4차년도 충돌회피 OPV 비행시험을 통하여 차기 비행시험을 선진적으로 테스트진행

○ 충돌회피를 위한 40개의 비행시나리오 반복 비행시험 진행

○ 그 외 가시권 내/외 비행, 조종 통제권 이양, 비상운용절차 등 필요 요소 비행시험을 계획/비행

○ 소형 대역기를 활용한 비행시험은 5차년도로 종료하며, 6차년도부터는 OPV를 활용한 비행시험으로 진행하였음.

[성과 13] - 카이스트 (심현철 교수) : 충돌회피 기술 시험 운용

□ 충돌회피 기술의 중요성

○ 국제민간항공기구는 2007년부터 UAS Study Group (UASSG)를 발족, 진행하면서 무인항공기의 분류 및 기존 공역에 무인기를 어떤 방식으로 통합할 것인지에 대해 고찰하고 특정성능을 만족하는 무인기는 기존 유인기와 같은 공역에서 통합운용(integration)할 수 있다고 결정하였음.

○ 이같은 무인기는 조종사가 탑승하지 않으므로 항공기의 상태를 원격으로 파악하고 조종명령을 전달하기 위한 새로운 통신기술의 개발이 요구되며, 또한 항공기에 탑승한 조종사의 역할중 주변 항공기 등 장애물을 인식하고 이를 회피하는 기술 (detect-and-avoid)의 개발이 요구됨을 식별함

- 무인기에도 카메라를 탑재하여 주변 상황을 인식할 수 있으나 화질 및 기타 QoS가 지상에서 원격 영상을 보고 장애물 인식 및 회피를 수행하는 것은 불가능함.

○ 따라서 ICAO RPASP는 RPAS가 주변 타 항공기의 위치를 트랜스폰더, ADS-B와 같은 협응적 감시기술과 함께 탑재된 레이다(due-regard radar)를 이용한 비협응적 방식 모두 활용하여 주변 항공기의 감지, 충돌예측 그리고 회피까지 고려한 시스템을 활용하여 충돌회피를 수행하는 것으로 결정하였음 (미국 RTCA SC-228의 연구결과가 크게 반영됨)

- 협조적인 항공기의 정보를 수신하기 위하여 ADS-B 정보를 수신하기 위한 ADS-B 리시버와 비협조적인 항공기를 탐지 하기 위한 EO 센서를 탑재

- ADS-B 정보는 통상적으로 1초의 주기로 송수신되기 때문에 ADS-B 정보로 수신된 협조적인 항공기조차 영상을 통하여 추적하기 위한 알고리즘 또한 포함

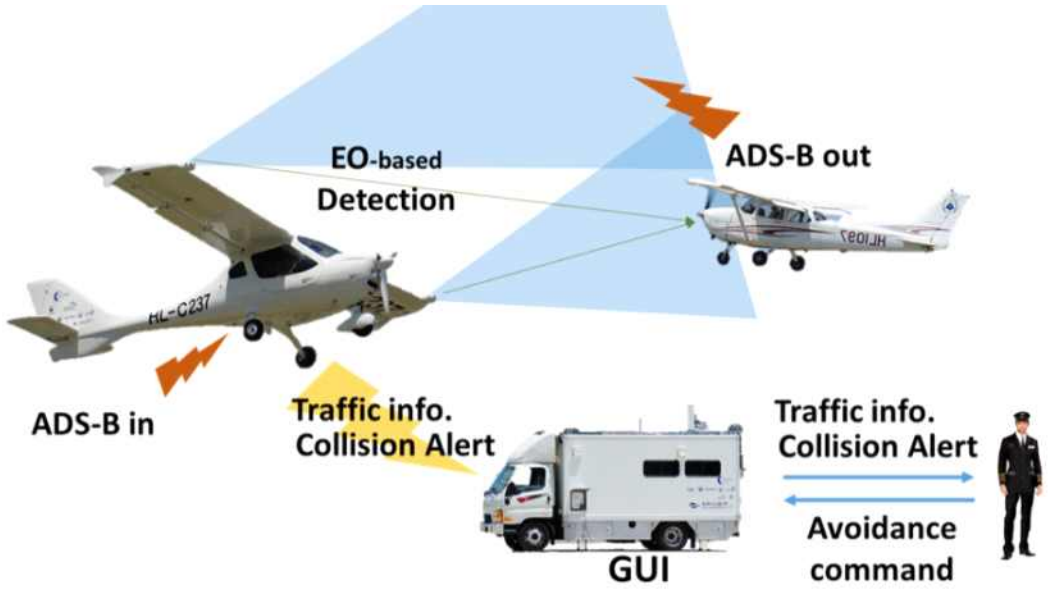


그림 83. 본 과제에서 개발한 충돌회피 시스템 개요

○ 이같은 전제하에 본 성과항목에서는 4차년도부터 7차년도까지 다음과 같은 연구를 수행함

- 후보 충돌회피 기술 적용 및 구현
- 기존 충돌회피 분석 (충돌회피 성능 검증 툴 사용)
- 미국 ACAS, 유럽 MIDCAS 비교 분석 및 ICAO RPASP WG3의 연구결과 반영
- OPV를 활용한 충돌회피 시험 수행계획 및 자료 분석
- 본연구진이 GA사와 체결한 MOU에 기반하여 GA사가 제공한 CPDS (Conflict Prediction and Display System) 소프트웨어 OPV 시스템에 통합하고 이를 활용하여 충돌회피 비행시험 수행
- 충돌회피 기술 최소 운용성능(MOPS) 도출을 위한 분석
- 충돌회피를 위한 sensing 범위 기준 분석

표 3. 충돌회피기술 개발 일정 (4~7차년도)

<table>
<tr><th colspan="4">4차년도(2018)</th><th colspan="4">5차년도(2019)</th><th colspan="4">6차년도(2020)</th><th colspan="4">7차년도(2021)</th></tr>
<tr><td>1 분기</td><td>2 분기</td><td>3 분기</td><td>4 분기</td><td>1 분기</td><td>2 분기</td><td>3 분기</td><td>4 분기</td><td>1 분기</td><td>2 분기</td><td>3 분기</td><td>4 분기</td><td>1 분기</td><td>2 분기</td><td>3 분기</td><td>4 분기</td></tr>
<tr><td colspan="4">하드웨어 구성/설치</td><td colspan="4" rowspan="2">충돌회피 비행시험 진행
비행시험 데이터 획득 및 분석</td><td colspan="4" rowspan="2">충돌회피 비행시험 진행
비행시험 데이터 획득 및 분석</td><td colspan="4" rowspan="2">충돌회피 비행시험 진행
비행시험 데이터 획득 및 분석</td></tr>
<tr><td colspan="4">영상탐지 알고리즘 개발/수정</td></tr>
<tr><td colspan="4">ADS-B 수신/개발</td><td colspan="4">ADS-B 수신/개발</td><td colspan="4">ADS-B 수신/개발</td><td colspan="4">ADS-B 수신/개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">하드웨어 업그레이드</td><td colspan="4">하드웨어 업그레이드</td><td colspan="4">하드웨어 업그레이드</td><td colspan="4">하드웨어 업그레이드</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td colspan="4">CPDS 통합</td><td colspan="4">CPDS 통합</td><td colspan="4">CPDS 통합</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td colspan="4">충돌회피 비행시험</td><td colspan="4">충돌회피 비행시험</td><td colspan="4">충돌회피 비행시험</td></tr>
</table>

□ 충돌회피 시스템 구축

○ EO기반 항공기 탐지 하드웨어 탑재/데이터 획득

○ ADS-B 데이터 EO 탐지결과와 퓨전, 강건한 항공기 탐지 알고리즘 구현(보완6,7)

○ ICAO와 RTCA에서 제시한 ADS-B와 레이더/영상처리 기반 탐지센서를 활용한 비행시험 진행(보완6,7)

○ NASA 제공 DAIDALUS 알고리즘 결합하여 충돌경고 시스템 구현

□ ICAO 제시 충돌회피 시스템의 요구조건(보완4)

○ ICAO는 RPAS가 협력적/비협력적인 항공기 모두를 감시하도록 규정

○ 협력적충돌회피는 Mode S 트랜스폰더와 ADS-B 사용

○ 비협력적 충돌회피는 PSR 레이더 혹은 EO/IR을 탑재 센서로 활용 가능하며

○ 추후 지상레이더를 활용한 충돌회피기능도 보완가능 (Ground-based DAA)



ICAO Annex 10 Vol. 4.

Aeronautical Telecommunications

CHAPTER 3. TRAFFIC SURVEILLANCE FUNCTION

3.1.1. [Standard] The DAA system shall be capable of detecting cooperative and non-cooperative aircraft.

3.1.2. [Standard] The DAA system shall provide surveillance coverage sufficient for the operational approval of the ownship.

3.2.1.2.1.1 [Standard] The DAA system shall use passive surveillance of cooperative aircraft, as contained in Annex 10 Volume 4 Part 1 § 4.5, to the greatest extent possible.

3.2.1.2.1.2 [Recommended Practice] The DAA system should contain a Class A3 **ADS-B capability** as described in Annex 10 Vol 4 Part 1 § 5.1.1.2.

3.2.1.2.1.3 [Standard] The DAA system shall receive Mode S extended squitter with the coverage not less than +/- 180 degrees in azimuth and +/-15 degrees in elevation relative to the ownship aircraft pitch plan (find the reference in part 1).

3.2.2 Surveillance of non-cooperative aircraft

3.2.2.1 Detection and tracking requirements

Sensors will be a part of the DAA system to detect and track non-cooperative aircraft to support the collision avoidance function and remain well clear function. The use of sensor(s) to detect and track non-cooperative aircraft will contribute to the overall performance of the DAA in all airspace.

3.2.2.2 Airborne primary surveillance radar equipped ownship

3.2.2.3 Electro Optical

3.2.3 Consideration for ground based surveillance

3.2.2.2 [Recommended Practice] Ground-based surveillance should augment airborne surveillance in conditions where airborne surveillance cannot provide the required performance.

ICAO는 RPAS가 협력적/비협력적 방법 모두 다른 항공기를 감시하도록 규정

협력적충돌회피에는 Mode S 트랜스폰더(강제)와 ADS-B 사용(권장)

비협력 감시에는 PSR 레이더, EO/IR을 탑재센서로 활용

지상레이더를 활용하여 충돌회피기능 보완 가능

그림 84. ICAO Annex 10 vol 4. Aeronautical Telecommunications

□ Low-Size, Weight and Power 항공기 탐지 시스템 구성

○ 본 과제에서는 항공기 탐지를 위하여 ADS-B뿐 아니라 비협조적인 항공기의 탐지를 위하여 최근 국제적으로 연구되고 있는 대표적인 Low-SWaP 센서인 EO 센서를 이용한 항공기 탐지를 진행

○ ADS-B를 이용한 협조적인 항공기 인식이 가장 이상적이지만 ADS-B나 TCAS와 같은 장비를 탑재하지 않은 항공기를 고려해야 함

○ FAA에서 충돌회피를 위한 DAA MOPS(Minimum Operational Performance Standard)문서에서 최소 수평 +- 110도, 고도 +- 15도를 탐지 만족해야 함. 본 과제에서는 HD급 EO 센서 총 4개를 탑재하여 조건을 만족

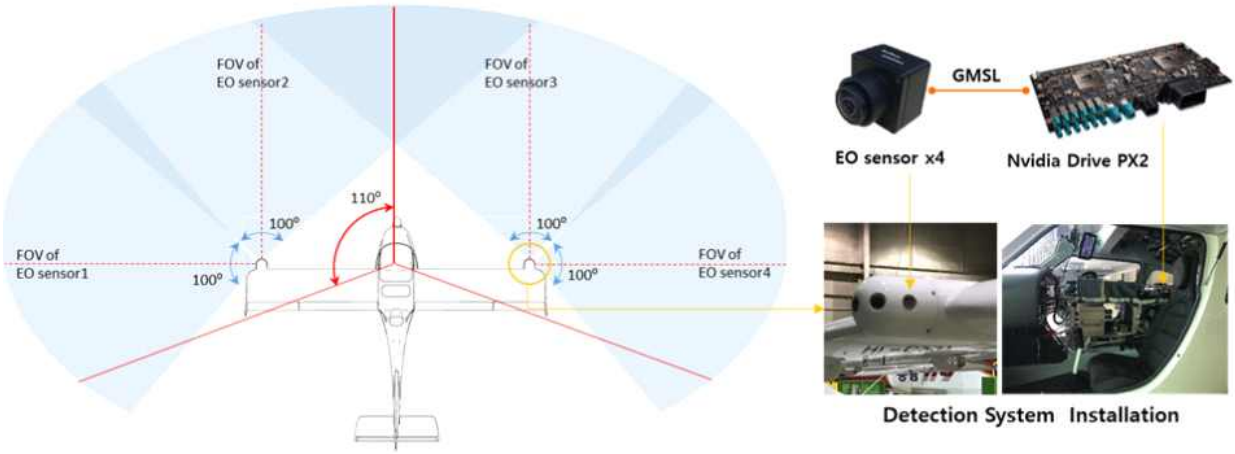


그림 85. OPV 탑재 EO센서

○ DAA MOPS를 만족하는 EO 센서기반 항공기 탐지시스템을 구축. 영상처리를 위하여 GPU가 탑재된 nVidia 사의 DrivePX2 컴퓨터를 설치



그림 86. OPV 탑재 EO 센서

□ 영상기반 항공기 검출 및 위치 예측

○ 비협조적인 항공기를 탐지하기 위해 레이더를 사용한 탐지가 가장 좋은 성능을 보여주는 것은 일반적으로 알려진 사실이지만 항공기만큼이나 비싼 가격과 크고 무겁고 큰 전력소모가 필요로 하여 일반적인 항공기에 사용이 쉽지 않기 때문에 EO 센서를 통해 수신된 영상과 항공기 탐지 알고리즘을 통하여 침입기를 탐지/추격함

○ 영상기반 항공기 탐지는 능동 센서인 레이더와 달리 수동(passive) 센서이기 때문에 낮/밤과 같은 빛의 양, 지상의 복잡한 뒷배경, 구름/안개/비와 같은 기상상황 등 다양한 변수가 탐지결과에 영향

○ 최근 딥러닝을 통한 물체 탐지가 뛰어난 결과를 보여주고 있지만 복잡한 배경 속에 항공기가 있는 경우 그리고 거리가 멀어 항공기의 형태가 불분명한 경우 탐지율이 급격히 떨어짐



그림 87. EO기반 항공기 탐지 결과 (OPV시스템 획득 영상)

○ 본 연구에서 제시하는 영상기반 항공기 탐지 알고리즘은 단순한 비행기의 형태 탐지가 아닌 움직임과 positive/negative contrast 부분을 ROI(Region of Interest)로 제시

○ 제시된 ROI를 통해 딥러닝 기반의 항공기 검출을 추가적으로 진행하여 항공기를 확실하게 검출/확인 하도록 알고리즘을 제시

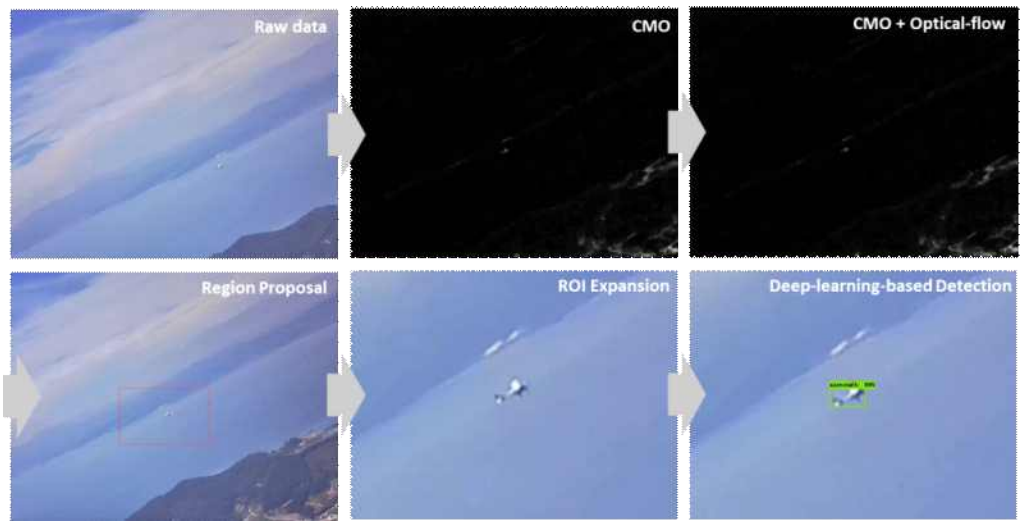


그림 88. 제시된 영상기반 항공기 탐지 알고리즘 (순서도)

○ 본 영상기반 항공기 탐지 알고리즘은 영상을 통한 항공기 탐지의 한계를 극복하기 위하여 원본 영상 속 움직임이 다른 한 ROI를 제안하고 딥러닝을 통하여 항공기로 확실하게 인식/탐지할 수 있도록 함

○ 영상기반 항공기 검출장치 구축

- 현재 ICAO RPASP에서 작성중인 DAA (Detect and Avoid)는 ADS-B와 due-regard 레이다를 활용하는 것으로 규정됨
- 본 연구에서도 레이다를 활용하는 것이 바람직하나 항공기의 크기, 중량, 전력, 비용 등의 이유로 활용 불가
- 따라서 본 연구에서는 카메라를 활용하여 주변의 항공기를 검출하는 연구를 수행중
- 영상기반 항공기 검출은 현재 미국 RTCA SC-228에서 Phase 2에서 항공기 검출 방법으로 연구를 진행

하고 있어, 본 연구진이 구축한 데이터셋 및 연구 결과를 활용하여 국제기준 제정에 참여/기여 가능

- 본 연구진은 **ICAO RPAS 패널 WG3 (DAA)에서 도출한 검출범위 기준(Annex 10 Vol. IV Part 2, 3.2.2.1.5,에 의거, 수평방향 ±110도, 수직방향 ±15도 이상 영역을 탐지해야함)을 적용한 카메라 시스템을 KLA-100 항공기에 설치**하고 이를 활용하여 다양한 조건에서의 조우 상황을 만들고 이를 데이터셋으로 구축하였음



그림 89. KLA-100 및 EO센서 마운트 (국내 특허출원 2건, 1건 등록, 1건 해외특허 출원 완료)

○ 충돌회피 데이터 확보 위한 비행시험 수행

- 300ft 수평분리 및 1km, 1.5km, 2km 등의 접근거리를 두고 충돌위험 시나리오 설정
- Head-on 및 45° , 90° , 135° 등의 다양한 조우각에서의 충돌예측시간 설정하여 충돌/조우 상황 수행
-

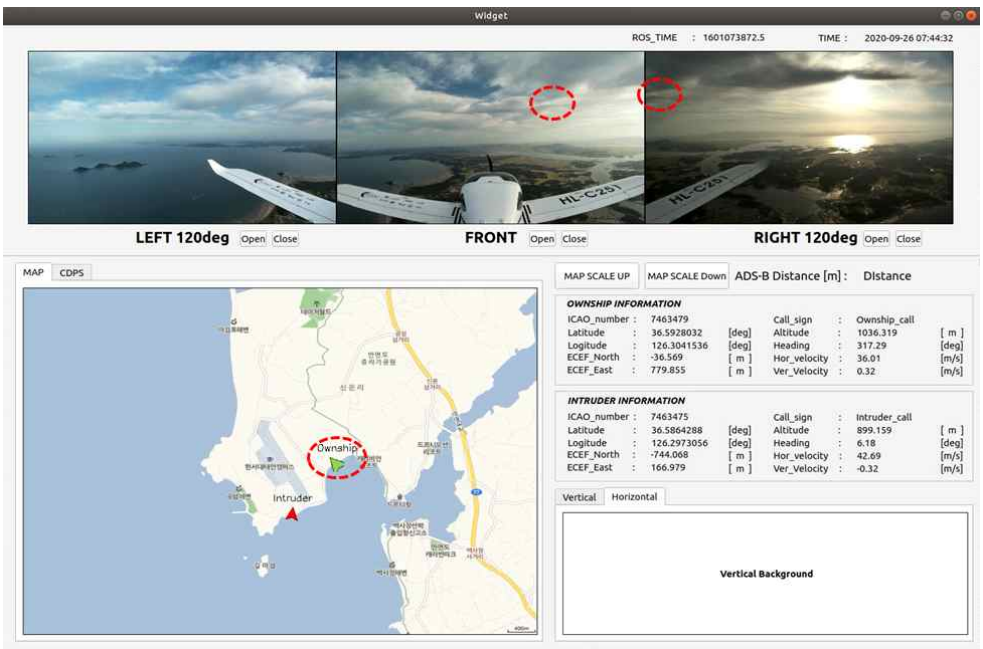


그림 90. 충돌회피 비행시험결과 가시화 프로그램

○ 딥러닝 기반 항공기 탐지 모델을 학습시키기 위해서는 대량의 데이터를 확보하는 것이 매우 중요하기 때문에 다양한 조건에서 여러차례 비행시험을 수행하여 기본 데이터 자체의 확보에 노력하였음. 또한 획득된 데이터의 효용성을 증대시키기 위해 데이터 증분(Data augmentation)을 진행하여 실직적인 학습 데이터셋의 규모를 15배로 증가시켰음. 이는 학습시 발생할 수 있는 과적합(Overfitting)을 줄일 수 있는 효과도 가져오는 장점이 있음.

- 영상 기반 검출위해 본 연구단이 보유한 OPV, KLA-100을 활용하여 학습 및 검증용 데이터셋 구축.
- 심층학습용으로 인터넷에 공개되어 있는 항공기 사진들은 근거리에서 촬영된 것들로서 본 연구에서

필요한 원거리에서의 다양한 검출상황은 구하기 어려움. 따라서 본 연구단이 구축한 자료는 매우 가치있는 자료이며, 이를 활용하여 양질의 연구수행이 가능하고 향후 국제 기준 도출 과정에 실질적인 기여가 가능할 것으로 기대함

표 4. 항공기 인식 데이터 셋 구성 현황

데이터 번호	원본 프레임 수	선별 프레임 수	증분 후 프레임 수	데이터 번호	원본 프레임 수	선별 프레임 수	증분 후 프레임 수
1	242	61	915	33	398	57	855
2	595	54	810	34	325	54	810
3	562	51	765	35	118	59	885
4	280	56	840	36	209	52	780
5	259	52	780	37	297	60	900
6	192	64	960	38	173	58	870
7	224	56	840	39	81	80	1200
8	197	66	990	40	225	56	840
9	700	50	750	41	384	55	825
10	23	23	345	42	605	51	765
11	27	27	405	43	310	52	780
12	299	60	900	44	356	51	765
13	132	66	990	45	409	51	765
14	296	59	885	46	907	51	765
15	293	59	885	47	392	56	840
16	77	76	1140	48	475	53	795
17	202	51	765	49	437	55	825
18	380	55	825	50	379	54	810
19	298	60	900	51	368	53	795
20	290	58	870	52	270	54	810
21	728	52	780	53	199	66	990
22	698	54	810	54	372	53	795
23	709	51	765	55	706	51	765
24	186	62	930	56	1008	51	765
25	97	96	1440	57	810	51	765
26	255	51	765	58	170	57	855
27	119	59	885	59	934	52	780
28	282	57	855	60	80	79	1185
29	227	57	855	61	229	57	855
30	110	55	825	62	575	53	795
31	246	62	930	63	989	52	780
32	349	58	870	64	10	10	150
	선별 프레임 수				증분 후 프레임 수		
총 계	3562				53430		

○ 인공지능을 활용한 영상기반 항공기 검출 및 위치 추정

- 본 실험에는 OPV와 KLA-100에 각각 설치된 GMSL 카메라를 활용하여, 이들 카메라는 Full-HD 영상을 초당 24프레임으로 저장된 이미지들을 활용하며, 각각 항공기에 설치된 센서시스템을 활용하여 항공기의 위치, 속도, 자세, 방향각을 측정함.
- 2020년도에는 28개 충돌회피 비행시험 진행 (총 12개 비행시험 카드)
- 항공기 검출에 있어 일반적으로 널리 사용되는 one-stage 객체 인식기인 single-shot detector (SSD)대신 two-stage 객체 인식기인 faster R-CNN과 interception v2를 혼합한 네트워크를 활용.
- 검출대상 항공기는 연속적인 운동을 하므로 이미지 내에서 갑자기 점프하는 등의 거동을 할 수 없으므로, 항공기의 운동모델을 포함하는 칼만필터를 활용하여 검출 정확도 향상 가능.
- 항공기 탐지 알고리즘에서는 원거리에 존재하는 작은 항공기를 사전에 검출해내는 것이 무엇보다 중요하기 때문에 작은 항공기 영역의 후보군을 인식하고 분류 가능한 Two-stage detector를 적용하였음.
- 대표적인 Two-stage 방법 중 하나인 R-CNN은 프레임에서 항공기가 있을 법한 후보 영역을 뽑아내는 Region proposal 알고리즘과 항공기 후보 영역을 분류하는 CNN을 사용함. 이때 proposal을 만들어내는 데에는 selective search라는 비신경망 알고리즘이 사용되며. 이후에 항공기 후보 영역의 classification과 bounding box의 regression을 위해 신경망을 사용함.

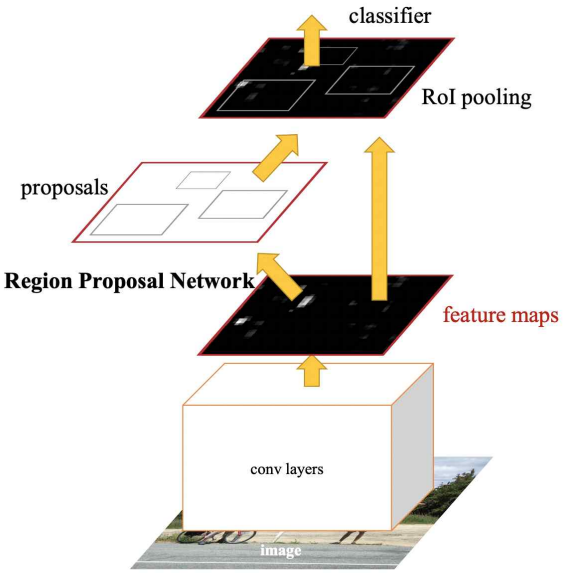


그림 91. Faster R-CNN 구조

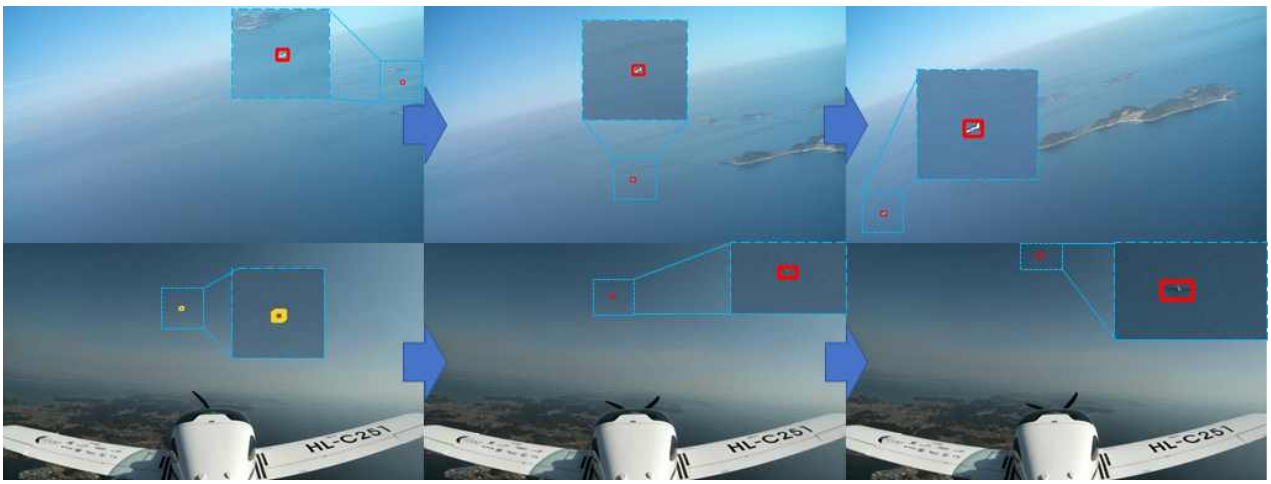


그림 92. 영상기반 항공기 탐지 알고리즘 결과: OPV 시스템(위), KLA-100 시스템(아래)

ㅇ 7차년도 충돌회피 비행시험에서는 총 10회의 충돌회피 비행시험을 통해 정면과 측면 조우 및 추월을 포함한 각 상황으로부터 63번의 회피 및 미회피 기동에 대한 시험을 진행하였으며, 이때 얻어진 데이터에 대한 항공기 검출율은 78.7%로서 전년도 결과 (~68%)에 비해 보다 발전된 수준을 보였음

표 5. 영상기반 항공기 탐지율 정리

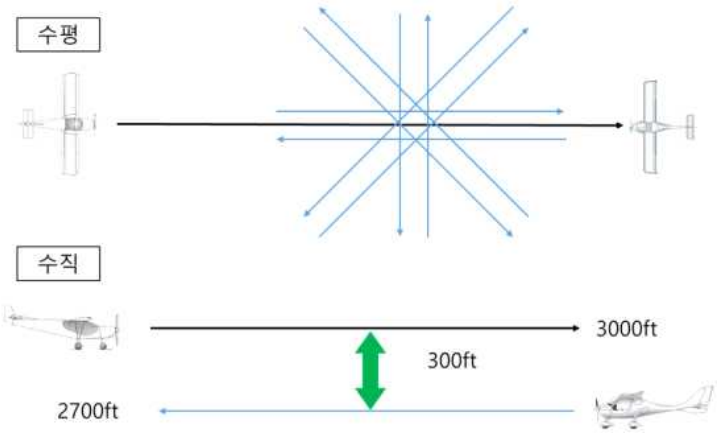
탐지거리	영상 프레임 수			
	총 프레임 수	탐지	미탐지	오탐지
0 - 1 km	5,873	5,628 (95.8%)	227 (3.9%)	18 (0.31%)
1 - 2 km	7,094	6,485 (92.2%)	498 (9.5%)	111 (1.82%)
2 - 3 km	4,539	3,428 (75.5%)	809 (17.8%)	302 (6.65%)
3 - 4 km	1,338	693 (51.8%)	515 (38.5%)	130 (9.71%)
Negative	1,976	-	-	89 (4.50%)
총 계	20,820	16,234 (78.8%)	2,049 (17.4%)	338 (4.60%)

□ 충돌회피 비행시험 설계 및 진행

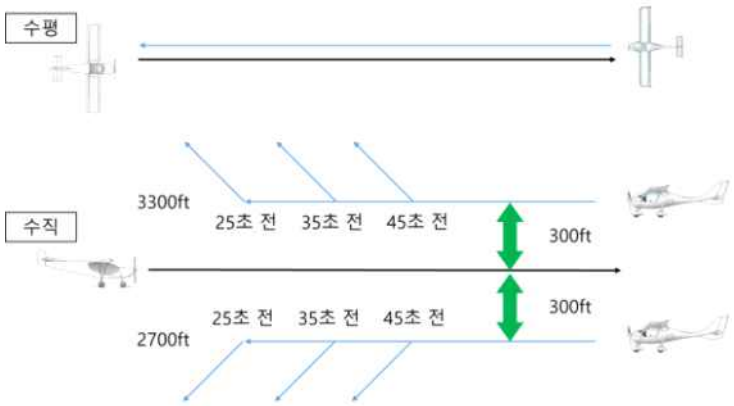
○ 충돌회피 기술 연구에서는 구축된 OPV 시스템과 침입기 (세스나) 1기를 추가하여 충돌/충돌회피 모사 비행시험을 진행

○ 비행시험을 통하여 영상/비행 데이터를 획득/분석을 진행하였고 별책 보고서에 자세히 기술하였음

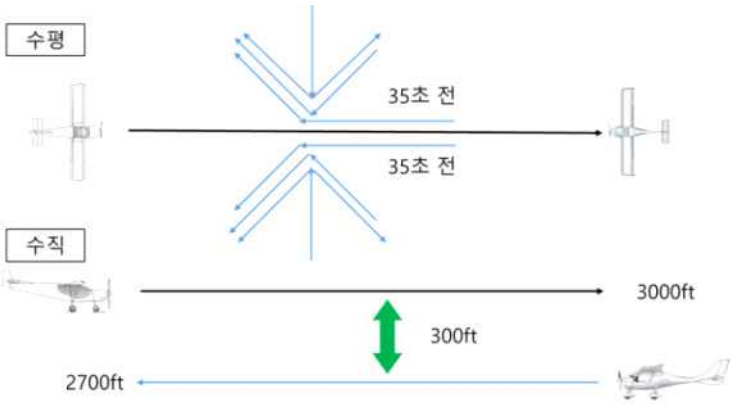
- 충돌예측시간 분석을 위한 다양한 충돌각 조우 모사(8개 시나리오)



- 수직 충돌회피 기동 모사 (6개 시나리오)



- 수평 충돌회피 기동 모사 (8개 시나리오)



□ 비행 시험 데이터 분석

○ 4차년도 비행시험을 통하여 얻어진 GPS 로깅 데이터를 통하여 진행된 총 6차례, 22개 충돌회피 시나리오를 분석

○ 파란색 비행궤적은 본 과제의 OPV(Own aircraft)를 나타내며 빨간색 비행궤적은 침입기(Intruder)를 나타냄.시간에 따른 GPS 데이터를 토대로 충돌예측시간을 Modified Tau를 통하여 계산하며, 비행시험을 진행하고 Well clear 유지비행과 충돌예측 비행(Loss of well clear)을 관찰

표 6. 충돌예측시간에 따른 충돌경고 단계

Alert Type	Preventive Alert	Corrective Alert	Warning Alert	Loss of Well Clear
Alert Time	55 sec.	55 sec.	25 sec.	0 sec.
Modified Tau	35 sec.	35 sec.	35 sec.	35 sec.
DMOD, HMD	4,000 ft	4,000 ft	4,000 ft	4,000 ft
수직 거리	700 ft	450 ft	450 ft	450 ft

○ Loss of well clear가 선언되기 전 55초에 Preventive Alert와 Corrective Alert를 주며 이 둘은 침입기의 고도에 따라 나뉨. Loss of well clear가 선언되기 25초 전에 Warning Alert가 발생하며 Modified Tau가 35초 이하가 되면 Loss of well clear 선언. 경고의 단계를 비행시험 로깅 데이터를 통하여 분석

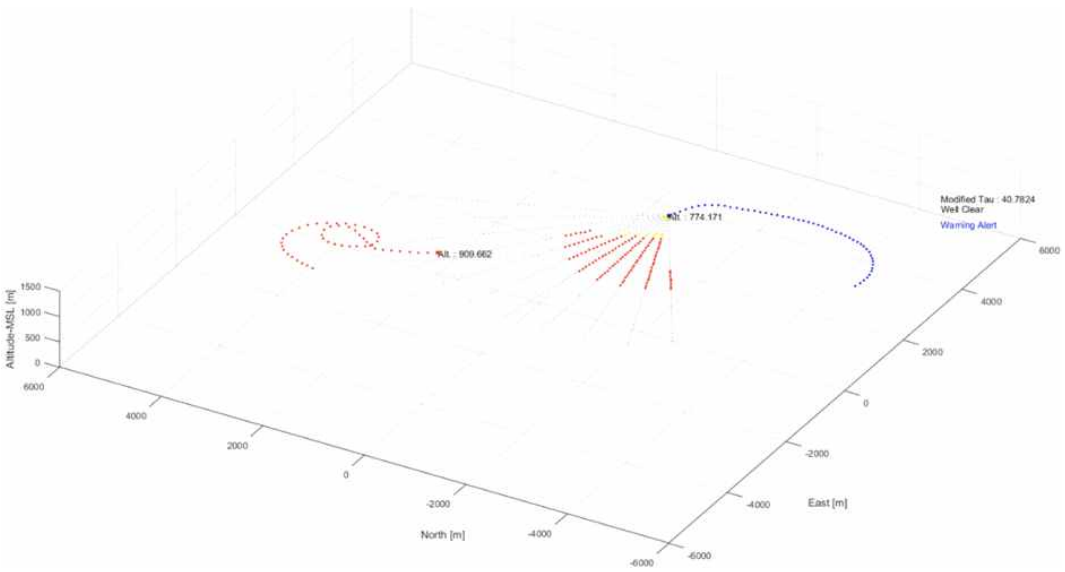


그림 93. Warning Alert 안내

○ 4차년도에 얻어진 비행시험 데이터는 다양한 방법으로 분석되어, 충돌회피경고/회피경로안내 등의 기술적인 접근과 ICAO, FAA 등의 무인기 DAA 기술에 관한 문건들을 확인하는 방법으로 접근

○ 22개 비행시나리오를 통해 회피 예측의 경로에 대한 분석을 4차년도에 진행하였고 충돌 알람시 가장 위험한 비행경로와 가장 안전한 비행경로를 Modified Tau를 기준으로 결정

○ 5차년도에는 4차년도의 비행시험 데이터 분석을 통하여 얻어진 가장 안전한 비행경로 검증의 비행시험을 추가하여 진행

○ 5차년도 이후에는 ADS-B 장치를 이용하여 비행시험시 지상에서 비행시험을 직접 VHF를 통하여 명령하여 정확한 비행시험을 진행

○ 5차년도에 4차년도에 개발한 충돌회피에 필요한 요소기술들을 통합하여 지상 조종사가 회피기동을 구현할 수 있는 GUI를 제작/운용

○ 4차년도에 시작된 충돌회피기술 개발은 5차년도에 마무리되며 기술개발뿐 아니라, ICAO, FAA 등 국제기준/규정 등을 향후 반영한 비행시험을 통하여 충돌회피의 필요조건/안전운항 조건 등을 확인

□ 충돌예측 및 경고시스템 통합 운용 기반 충돌회피 비행시험

○ 충돌예측 및 경고시스템(CPDS: Conflict Prediction and Display System) 구축 및 운용

- 한서대에서 운용하는 RPAS와 침입기의 ADS-B 데이터를 수신하여 CDPS를 동작 할 수 있도록 RPS내부에 CPDS 시스템 설치/비행시험 운용
- CPDS의 충돌경고를 통하여 RPS 내부의 Operator가 회피를 판단하고 기동을 결정함.



그림 94. 연구단 RPS에 설치된 충돌예측경보시스템(CPDS)

○ 충돌회피 비행시험 수행

- ’ 20.2.18 OPV와 세스나 활용 충돌회피 시험 수행
- 본 연구단과 MOU를 체결한 미국 General Atomics사 인사들 2명 방문, 비행시험 참관
- 다양한 조건하에서 항공기 조우 상황을 만들고 비행 시험 수행
- CPDS의 정보를 이용하여 원격조종모드로 충돌회피 비행 시험 수행

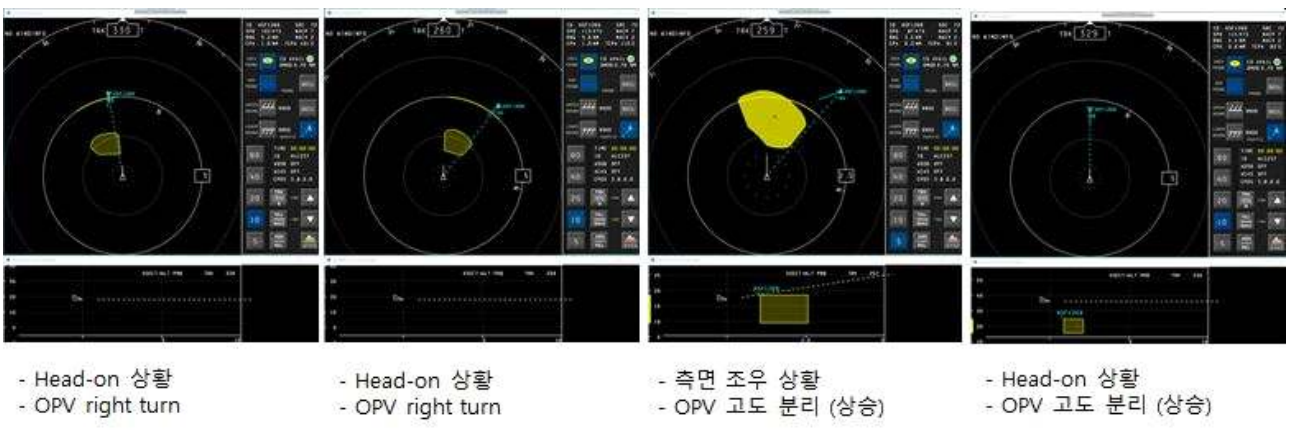


그림 95. ADS-B 정보를 활용한 충돌예측경보시스템 통합 비행시험 (‘20.02.18)



그림 96. 45° 방향으로 조우 중인 OPV와 KLA-100 (2021.5.23)

○ DASC 2020 논문 게재 및 수상 (2020년 10월 11일 ~ 16일)

- 위 연구에서 수행한 결과는 항전분야에서 주요학회인 DASC 2020에 발표되었으며, Best of Session Award를 수상함
- Vision-based State Estimation and Collision Alerts Generation for Detect-and-Avoid by J. Lee, H. Lee, D. H. Shim
- 본 논문은 영상센서를 활용하여 항공기를 검출하고 이를 활용하여 타 항공기를 안전하게 회피할 수 있도록 하는 알고리즘을 개발하고 이를 CPDS에 통합한 결과를 제시하였음.

○ ICAO RPASP WG3 활동

- ICAO 부속서 2(Annex 2)에서 조종사의 충돌회피 의무를 명시하였음
- 유인기의 경우 조종사가 탑승하여 육안 및 계기등을 활용하여 충돌회피 업무를 수행해야 하나, 무인기의 경우 이 의무를 어떻게 수행해야 할지가 명확하지 않음
- 원격통제기(RPAS)의 충돌회피도 여전히 유인조종사에 해당하는 원격조종사의 책임으로 수행됨
- 유인조종사의 “See-And-Avoid”의 개념을 무인기(RPAS)에 그대로 적용하기에는 “see”라는 단어가 부적절함. 따라서 이를 “Detect-And-Avoid”(DAA)라고 부르기로 함.
- DAA의 수행주체인 원격조종사는 100%의 QoS를 제공하는 것이 아닌 C2를 통해 원격으로 DAA를 수행하기 때문에 SAA의 요건을 그대로 적용하기엔 곤란한 점이 많아 새로운 체계를 고안해야 할 필요가 있음
- 대형 유인기의 경우 TCAS가 있는데 이를 무인기에 그대로 적용하는데는 어려움이 있음
- 유인조종사가 탑승하여 관제사와의 협응을 통해 충돌회피 기동을 수행하는데 이는 RPAS 시스템 설계에 많은 도움이 될수는 있으나 운용개념, 성능 등이 달라 RPAS에 적용 불가능
- 미국 유럽등 항공선진국에서는 RPAS의 충돌회피 기술연구를 각각 수행하였는데, 미국의 ACAS-Xu가 가장 완성된 기술로서 현재 ICAO가 작성중인 DAA 관련 SARPs의 기준이 되었음
- 항공기는 공항에서 공항으로 이동하면서 크게 다음 5가지의 대상을 회피해야 함

  - 비행중인 타 항공기 (traffic)
  - 공항 지상의 다양한 물체들(지상차량, 지원인원, 계류/이동중인 타 항공기 등)
  - 위험한 기상조건 (우박, 대형 구름, 낙뢰지역 등)
  - 화산재
  - 지상물체 (건물, 지형, 송전탑 등)

- 현재 ICAO RPAS WG에서 고려하는 충돌 감지 대상은 여러 가지 이유로 국가간 관제공역에서 계기비행하는 RPAS만이므로 비행중인 타 항공기(traffic)만을 대상으로 함
- 명시적으로는 고정익 및 회전익 항공기(헬리콥터)를 모두 고려하고 있으나, 현재까지 도출된 규정은 주로 중대형 고정익 항공기를 염두에 두고 있음.
- 미국은 FAA, NASA, General Atomics, RTCA, MIT Lincoln Lab등의 협업으로 ACAS-X와 무인기 버젼인 ACAS-Xu의 Phase 1을 완료하였음. 이는 ICAO RPAS WG에서 지향하는 국가간- 관제공역에서의 -계기비행을 목적으로 함. Phase 2에서는 비관제공역-VFR 조건을 고려중
- DAA의 수행에는 다양한 방법이 있겠으나 현재로서는 Transponder, ADS-B를 장착하고 추가로 due-regard radar를 장착하는 구성을 기본으로 채택함
- 원격조종사는 RPA에서 C2를 통해 송신된 RPA 주변 상황을 실시간으로 감시하고 충돌이 예측되면 적절한 조작을 취해야 함.
- 자동 회피도 가능하나 원격조종사의 통제가 반드시 가능해야 함.
- 예외적인 경우로서 충돌회피가 요구되는 상황에서 C2단절시 자동적으로 회피하는 기능 가능
- 관제사는 RPAS에 대해서도 기본적으로 유인기와 같은 관제절차를 적용하나, C2 단절시에 한해 특수 절차를 적용할 필요가 있음
- 기존에 없었던 DAA 기능이 RPAS에 적용됨에 따라 조종사의 관련 기능 교육, 관제사의 관련 절차 신규 교육, DAA장비의 인증 기준 절차 및 감항인증, 타 유인조종사들의 RPAS DAA 절차 교육 등이 요구됨
- 현재 조종사의 DAA임무에 대해 언급하는 Annex 2, 6, 10 초안 작성을 거진 완료하였으며, 신설하는 Annex 10 Vol. IV Part2는 초안을 완성하여 RPASP/16에 제출하였으며 현재 검토중
- 지난 회기부터는 DAA Manual 작성중

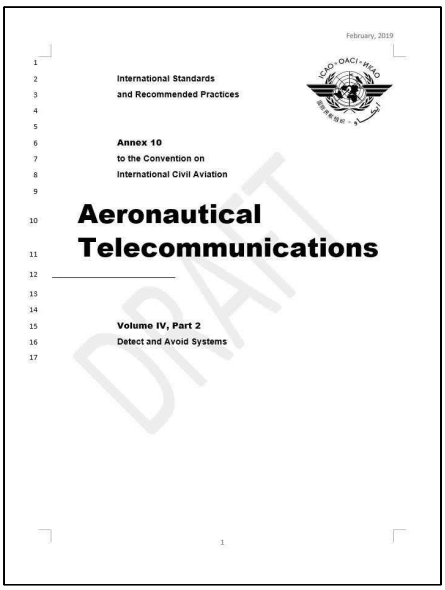


그림 97 WG3가 작업중인 SARPs:
Annex 10 Vol. IV, Part 2

[성과 14] - 한서대: OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

□ 공역통합 해외 비행시험 사례 조사 및 분석

○ NASA 비행시험보고서 조사, 분석, 번역 및 인쇄발간

- Flight Test Series 4 Flight Test Report
- 2016. 4. 12 착수, 2016.6. 30 종료 21회 비행 212회의 각본에 따른 조우상황 제공



대한민국 과학기술정보통신부
MINISTRY OF SCIENCE & ICT REPUBLIC OF KOREA

무선국허가증(RADIO STATION LICENSE)

V 항공기국(AIRCRAFT STATION)
항공기지구국(AIRCRAFT EARTH STATION)

1. 허가번호 (Number) : 46-2018-50-0000005
2. 허가일자 (Date of License) : 2018.02.21
3. 허가유효기간 (Period of Validity) :
V 무기한(Unlimited)
준공전사증명서 교부일부터 - 년(years from the date of issue for inspection certificate)
4. 준공기한 (Period of Construction) : 2018.05.31
5. 시험전파발사기간 및 내용 (Permission for Test Emission) :
00:00 - 24:00 항공기 안전비행을 위한 보신

「전파법」 과 「국제전기통신연합 전파 규칙」 에 의하여 다음과 같이 무선국을 허가합니다.
In accordance with the Radio Waves Act of Republic of Korea and the Radio Regulations complemented to the Constitution and Convention of International Telecommunication Union, this authorization is herewith issued as specified below.

항공기의 국적과 등록표시 Nationality and Registration Mark of the Aircraft	호출부호(명칭) 또는 기타 식별부호 Call Sign or Other Identification	항공기형 Type of Aircraft	시설자명 Owner of Aircraft
HL-C237	HLEHZ	CTLS	한서대학교 산학협력단

무선설비 Details of Radio Facilities	형 식 Type of Model	공중선(Antenna) 출 력 Power	공중선(Antenna) 형식·구성 이득 Type Configration Gain	전파형식 Class of Emission	주파수대역 또는 주파수 Frequency Band or Frequencies

<< 무선국 허가증 빈칸 >>

2018년(year) 02월(month) 22일(day)

대전전파관리소장 (직인)
Director-General of Daejeon Radio Management Office

그림 98. 항공기 무선국 허가증



대한민국
국토교통부
The Republic of Korea
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

등록증명서
Certificate of Registration

Nationality and registration mark	Manufacturer and manufacturer's designation of aircraft	Aircraft serial no.
HL-C237	Flight Design GmbH CTLS	F-16-10-51

Name of Owner : 한서대학교 산학협력단
Name of Lessee : N/A
Address of Owner : 서산시 해미면 대곡리 360 한서대학교 내
Address of Lessee : N/A
Date of Issue : 2018. 02. 13

국 토 교 통 부 장 관
Minister of Ministry of Land, Infrastructure and Transport

그림 99. OPV 등록증명서 HL-C237

□ OPV 비행시험 허가

○ 항공기 등록

- 항공기술과 2018. 2. 13
  - 등록증명서 번호 :2018-C007
  - 등록번호 : HL-C237

○ 무선국 사용허가

- 대전전파관리소 2018. 2. 21
  - 호출부호 : HLEHZ
  - 허가번호 : 46-2918-50-00000005



무선종사자 기술자격증 4-055310
National Technical Qualification Certificate

자격번호: 18-32-5-0198
자격종목: 제한무선통신사
성 명: 김승주
생년월일: 1953.10.22.
합격연월일: 2018.04.18.
위 사람은 「전파법」에 따른 기술자격을 취득하였음을 증명함.
과 학 기 술 정 보 통 신 부
※본 국가기술자격증은 「전파법」 제 78조에 따라 과학기술정보통신부장관의 위탁을 받은 수탁기관의 장이 확인·발급함.
2018.04.18.
KCA 한국방송통신전파진흥원장

그림 100 제한무선통신사 자격증

○ 무인기 주파수 사용허가

- 대전전파관리소 2017. 12. 18
  - 함주학원 한서대학교 명의
  - 준공기한 2018. 3. 31
- 시설자 지위승계 인가신청 2018. 2. 1
  - 함주학원 한서대학교 → 한서대학교 산학협력단

- 무선국 허가증 위득 2018. 2. 19

- 한국방송통신전파진흥원충청본부 검사불합격 : 2018. 4. 2
  - 검사 : 2018. 3. 27
  - 불합격 사유 : 무선종사자 미 배치 + 안테나 구성 상이

- 사용허가 취득 : 2018. 2. 19 소급
  - 제한무선통신사 자격증 취득 : 김승주(2018. 4. 18)
  - 안테나 구성 상이 : 제출문서 수정
  - 재검사 합격 : 2018. 4. 23



무 선 국 허 가 증

대전전파관리소장

그림 101. 무인기 주파수 허가증



보험가입증명서

보험종목 : 항공보험

보험기간 : 2018년 04월 25일 ~ 2019년 04월 25일

2018. 04. 23

농협손해보험주식회사

그림 102. 보험가입증명서

○ OPV 보험가입

- 경량항공기 기준 : 2018. 4. 23
  - 항공우주연구원 사례 : 무인화 CTLS기
  - 대인/대물에 조종사 인적보험 별도
  - 항공가액 2.7억 기준(무인장치 일부만 포함)

□ 비행시험 체제 준비

○ 상황실 구축

- 활주로 인근 건물 1층
- 충돌회피 등 비행상황 실시간 파악 : 영상 및 음향 제공
- 필요 시 비행통제
- 연구단 회의실로도 겸용

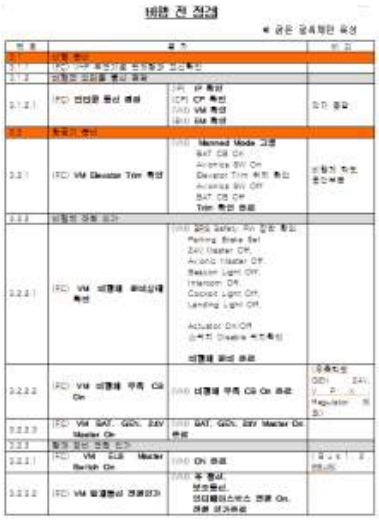


그림 103. 비행 전 점검표



그림 104. 한서대 내 비행 상황실

○ 비행시험 절차 구축

- SRB→PFB(Flight Card+Check List)→비행 전 점검→비행→ 비행 후 점검 +비행시험 일지→PFD
- 단계별 한서대학교 표준양식 작성
  - SRB(System Review Board)
  - PFB(Pre-Flight Briefing)
  - Flight Card
  - Check List(해당사항이 있는 경우)
  - 비행 전 점검
  - 비행 후 점검
  - 비행시험 일지
  - PFD(Post-Flight Debriefing)

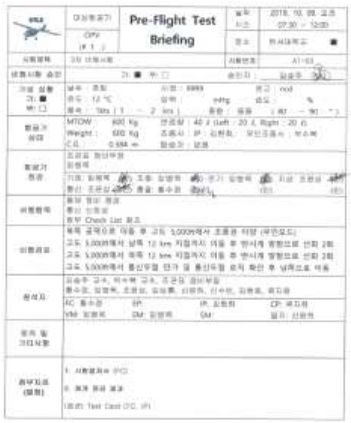


그림 105. 비행 전 브리핑

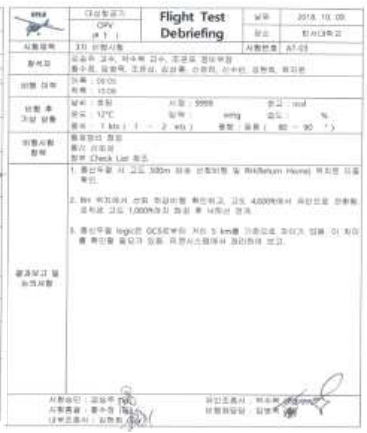


그림 106. 비행 후 브리핑



그림 108. Flight Card



그림 109. 비행 후 점검표



그림 107. SRB Chart 일부



그림 110. 시험일지 사례

○ OPV 추가장치 장착

- 충돌회피 시험용
  - ADS-B : Garmin GTX 345
  - VHF2 : 관제 및 침입기 조종사 교신

□ OPV 수락비행시험

○ 유콘+한서대 2단계 수행

- 태안비행장 교육훈련 공역 이용

○ 유콘시스템 자체비행

- 2018. 4. 24 - 7. 7
- 시험목적
  - 시스템 완성도 및 신뢰성 확인
  - 운용절차 확립
  - 한서대학교 학생 운용자 교육훈련
- 11회 7시간 46분 비행

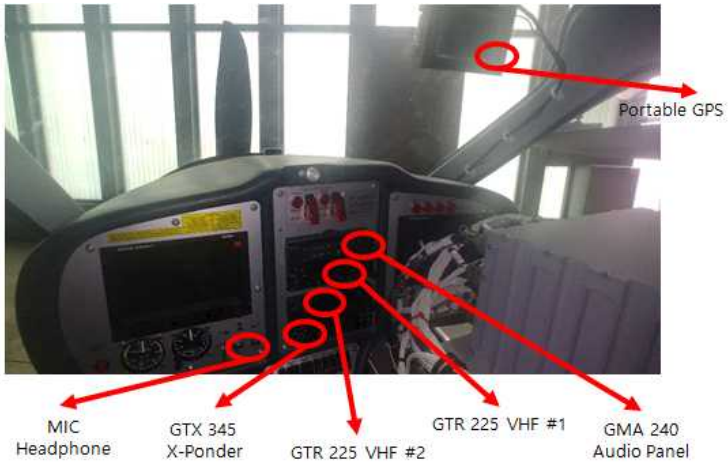


그림 111. ADS-B와 VHF 추가 계기판 수정

○ 한서대학교 수락비행

- 2018. 9. 13 - 10. 9
- 시험목적
  - 거리와 항공기 자세에 따른 통신감도에 대한 데이터 확보
  - 통신두절 및 회복 절차
  - 유콘시스템 주관 비행시험 시 문제가 되었던 엔진누유 확인
- 3회 2시간 55분 비행

□ OPV 비행시험 허가 연장

○ 비행시험 허가

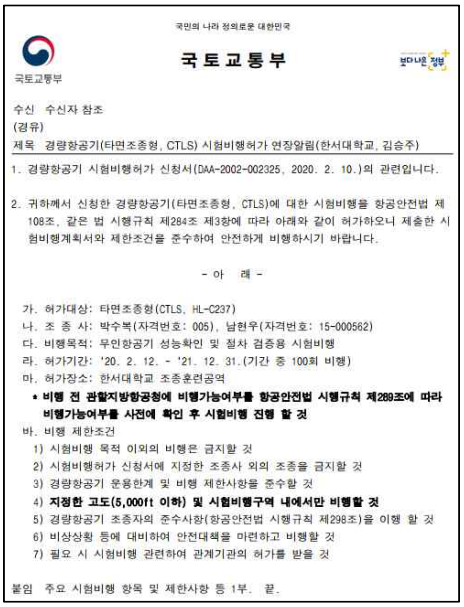
- 시험비행허가 신청 : 2020. 2. 6
- 시험비행허가 공문접수 : 2019. 2. 12
  - 허가기간 : 2020. 2. 12 ~ 2021. 12. 31(2년, 기간 중 100회 비행)
  - 허가대상 : 타면조종형(CTLS, HL-C237)
  - 조종사 : 박수복(자격번호 :005), 남현우(자격번호 15-000562)
  - 허가장소 : 한서대학교 조종훈련공역
  - 이외 7가지 비행제한조건 부여

○ 무인기 주파수 사용허가

- 한국방송통신전파진흥원 충청본부
  - 검사 : 2020. 3. 31
  - 허가기간 : 1년
  - 차기 검사일 : 2021. 1. 1 ~ 2. 28

○ OPV 보험가입 연장

- 경량항공기 기준 : 2020. 4. 24 ~ 1년
- 보험내용
  - 보험기간 : 1년
  - 기체 및 제3자 배상책임
  - 조종사 상해



국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

국 토 교 통 부

보다나은 정부

수신 수신자 참조
(경유)
제목 경량항공기(타면조종형, CTLS) 시험비행허가 연장알림(한서대학교, 김승주)

1. 경량항공기 시험비행허가 신청서(DAA-2002-002325, 2020. 2. 10.)의 관련입니다.

2. 귀하께서 신청한 경량항공기(타면조종형, CTLS)에 대한 시험비행을 항공안전법 제108조, 같은 법 시행규칙 제284조 제3항에 따라 아래와 같이 허가하오니 제출한 시험비행계획서와 제한조건을 준수하여 안전하게 비행하시기 바랍니다.

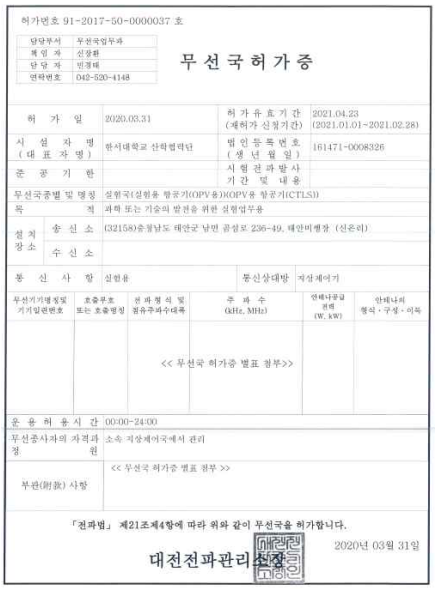
- 아 래 -

가. 허가대상: 타면조종형(CTLS, HL-C237)
나. 조 종 사: 박수복(자격번호: 005), 남현우(자격번호: 15-000562)
다. 비행목적: 무인항공기 성능확인 및 절차 검증용 시험비행
라. 허가기간: '20. 2. 12. - '21. 12. 31.(기간 중 100회 비행)
마. 허가장소: 한서대학교 조종훈련공역
- **비행 전 관할지방항공청에 비행가능여부를 항공안전법 시행규칙 제289조에 따라 비행가능여부를 사전에 확인 후 시험비행 진행 할 것**

바. 비행 제한조건
1) 시험비행 목적 이외의 비행은 금지할 것
2) 시험비행허가 신청서에 지정한 조종사 외의 조종을 금지할 것
3) 경량항공기 운용한계 및 비행 제한사항을 준수할 것
4) **지정한 고도(5,000ft 이하) 및 시험비행구역 내에서만 비행할 것**
5) 경량항공기 조종자의 준수사항(항공안전법 시행규칙 제298조)을 이행 할 것
6) 비상상황 등에 대비하여 안전대책을 마련하고 비행할 것
7) 필요 시 시험비행 관련하여 관계기관의 허가를 받을 것

붙임 주요 시험비행 항목 및 제한사항 등 1부. 끝.

그림 112. 비행시험 허가서



허가번호 91-2017-50-0000037 호

담당부서	무선국업무과
책 임 자	신장환
담 당 자	민경태
연락번호	042-520-4148

무 선 국 허 가 증

허 가 일	2020.03.31	허가유효기간 (재허가 신청기간)	2021.04.23 (2021.01.01~2021.02.28)
시 설 자 명 (대 표 자 명)	한서대학교 산학협력단	법인등록번호 (생 년 월 일)	161471-0008326
준 공 기 한		시험전파발사 기간 및 내용	
무선국종별 및 명칭	실험국(실험용 항공기(OPV용))(OPV용 항공기(CTLS))		
목 적	과학 또는 기술의 발전을 위한 실험업무용		
설치장소	송 신 소	(32158)충청남도 태안군 남면 곰섬로 236-49, 태안비행장 (신온리)	
	수 신 소		
통 신 사 항	실험용	통신상대방	지상제어기

무선기기명칭및 기기일련번호	호출부호 또는 호출명칭	전파형식 및 점유주파수대폭	주 파 수 (kHz, MHz)	안테나공급전력 (W, kW)	안테나의 형식·구성·이득
			<< 무선국 허가증 별표 첨부>>		

운 용 허 용 시 간 00:00~24:00
무선종사자의 자격과 정 원 소속 지상제어국에서 관리
부관(附款) 사항 << 무선국 허가증 별표 첨부 >>

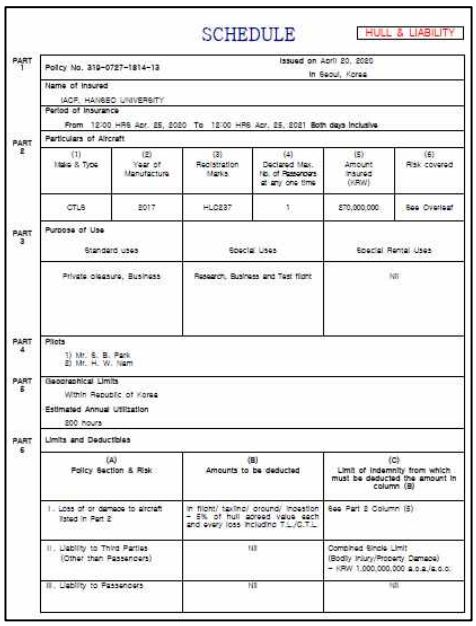
「전파법」 제21조제4항에 따라 위와 같이 무선국을 허가합니다.

2020년 03월 31일

대전전파관리소장

그림 113. 무선국 허가서

- 항공가액 2.7억원 기준(무인장치 일부만 반영)



SCHEDULE HULL & LIABILITY

PART 1
Policy No. 319-0727-1814-13 Issued on April 20, 2020 in Seoul, Korea
Name of Insured
IACF, HANSEO UNIVERSITY
Period of Insurance
From 12:00 HRS Apr. 25, 2020 To 12:00 HRS Apr. 25, 2021 Both days inclusive

PART 2
Particulars of Aircraft

(1) Make & Type	(2) Year of Manufacture	(3) Registration Marks	(4) Declared Max. No. of Passengers at any one time	(5) Amount Insured (KRW)	(6) Risk covered
CTLS	2017	HL0237	1	270,000,000	See Overleaf

PART 3
Purpose of Use

Standard uses	Special Uses	Special Rental Uses
Private pleasure, Business	Research, Business and Test Flight	Nil

PART 4
Pilots
1) Mr. S. B. Park
2) Mr. H. W. Nam

PART 5
Geographical Limits
Within Republic of Korea
Estimated Annual Utilization
200 hours

PART 6
Limits and Deductibles

(A) Policy Section & Risk	(B) Amounts to be deducted	(C) Limit of indemnity from which must be deducted the amount in column (B)
I. Loss of or damage to aircraft listed in Part 2	In flight/ taking/ ground/ Inception - 5% of hull agreed value each and every loss including T.L./C.T.L.	See Part 2 Column (5)
II. Liability to Third Parties (Other than Passengers)	Nil	Combined Single Limit (Bodily Injury/Property Damage) - KRW 1,000,000,000 a.o.a./a.o.c.
III. Liability to Passengers	Nil	Nil

그림 114. 항공보험 증서

□ 비행시험 수행 (자세한 내용은 비행시험보고서 참조)

○ 한서대학교에서 비행시험 수행에 영향을 주는 주요소

- 일기 및 시정
- SP(Safety Pilot) 박수복/남현우 교수 일정 및 시간
- 한서대학교 학생들 수업시간
- 시스템의 준비상태
- SP와 학생들 수업시간 고려 매주 월/금요일과 주말 및 공휴일에 비행가능

○ 비행시험으로 검증이 필요한 과제

표 7. 비행시험으로 검증이 필요한 공동연구과제

과제번호	과제명	수행기관	진행 현황
5	무인기 항공교통관제 기준 및 절차 개정	KOTI	• 비행시험 시나리오 접수 • IFR 항법에 필요한 계기의 부재로 시험진행 어려움 봉착
7	C2 단절 비상절차 평가	KOTI	• 실제 C2 단절 시험은 이루어지고 있으나, 표준절차는 없는 상태임. • 비행모의장치시험으로 대체
10	무인기 제어용 통신(CNPC) 시범 인프라 구축 및 시험운용	ETRI	• CNPC 비행거리와 항공기 자세에 따른 통신감도 시험 실시 • RPS간 통제권 변경시험 실시 예정
13	충돌회피 기술 시험운용	KAIST	• 유인 및 무인 모드 시험 • 정면, 추월 및 측면(45/90/135도) 조우 시험 • 회피기동 및 무회피 비행 • 수평 또는 수직 Offset 설정
20	다부처 연계 기반 다종 무인이동체 통합 시험운용	KAIST/ KRISO	• 평택호 해역에서 OPV-무인선 조난자구조 협업 시연 수행

○ 비행시험 종합

표 8. 2018년 이후 비행시험 종합

시험 항목	비행횟수	수행 비행횟수			비 고 (합 계)
		2018	2019	2020	
시스템 확인/기본성능	12	14	3	2+8	• 2020년 KLA-100 점검비행 및 관숙비행(8) 포함
공중충돌 회피	48	6+6 (49)	7+7 (49)	6+5 (28)	• 2020년 침입기 - 세스나 1회 - KLA-100 4회 • ( ) : 조우 회수
CNPC 인프라	6	2	2	6	• 부여-태안간 공중통제권 이양시험 실시 • 고흥-태안간 공중통제권 이양시험 준비 중
비상상황	22				• 비행모의장치 시험으로 대체
SBAS 효용성	6				• 연구주제 삭제
이종 무인이동체 통합시연	6	0	2	1	• 선박해양플랜트연구소 협업
합 계	100	28	21	28	**총 77회 비행**
	비행시간 (OPV + Cessna + KLA-100)	19:36 (15:49 +3:47)	14:11 (8:53 +5:18)	17:16 (11:00 +0:44 +5:32)	• 총 51시간 03분 비행 (OPV + 세스나 + KLA-100)

○ CNPC 통신시험

- 2018. 10. 31 21분 비행

• OPV 전원시스템에 대한 이해부족으로 이륙지연

- 21km까지 비행
  - 분석결과 40km 이상 운용가능
  - OPV 자세에 따른 수신 감도변화 별로 없음
- 통신거리는 11월 25일 재 시험예정

○ 충돌회피 시험
- 2018. 11. 4 - 11. 18 6회 229분 비행
- 침입기로 세스나 172S 활용
- 시험항목
  - 고도 Offset 무 회피기동 2회
  - 정면 조우 수직 회피기동 2회
  - 정면 및 측면(45/90/135도) 조우 수직 회피기동 2회
- 충돌회피 로직 등 ADS-B 활용하는 시험 내년에 재개

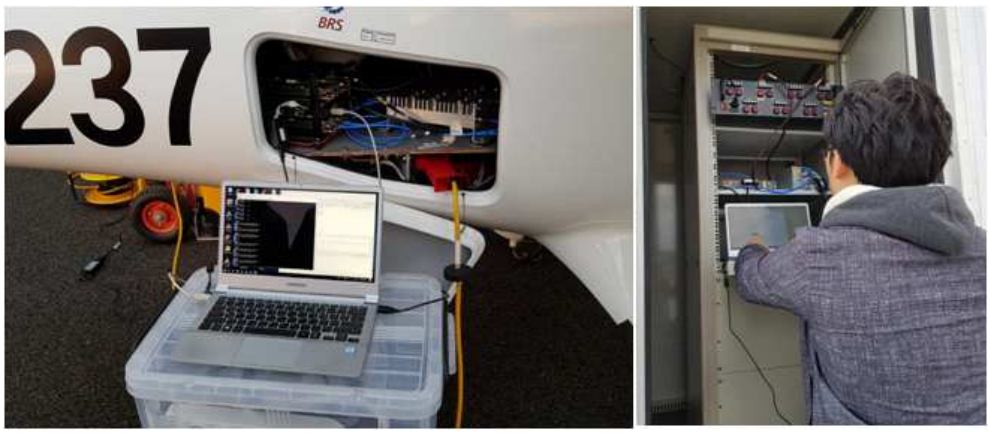


그림 115. CNPC OPV 기상부 및 RPS 지상부 탑재

-



그림 116. 충돌회피 비행시험을 위한 탑재장치들과 장착위치

○ CNPC 시범 인프라 구축 및 시험운용

- 비행시험 업무
  - 유콘시스템의 통신장비를 탑재한 RPS 및 OPV를 ETRI CNPC 통신장비로 교체하는 과정에서 RPS의 통신제어부를 수정하고, OPV의 비행조종컴퓨터(FCC)와 통신규격을 맞추는 작업의 수행
  - 이후 RPS 3조의 정상작동을 비행시험으로 확인하고, 이들을 격리 배치하여 2조간 및 3조간 공중통제권 이양 실시 예정



그림 117. OPV(청)와 세스나 172기(황) 공중충돌 비행사진 및 비행경로

- 2020. 9. 24 : 23분 비행
  - CNPC Power Amp의 전력 과소모로 Battery 전력 소진에 의한 Reset 발생으로 시험 진행 무의미로 중단.
  - CNPC용 별도의 Battery 필요성 확인
- 2020. 10. 8 : 47분 비행
  - CNPC 거리와 자세에 따른 통신감도 시험으로 고도 4,500ft에서 45km까지 통신 양호 확인
- 2020. 10. 26 : 40분 비행
  - CNPC 거리와 자세에 따른 통신제어 확인비행
  - 40Km까지 5Km마다 통신감도 측정
  - FCC와 통신 Format 불일치로 Up/Down 통신(조종면)제어 불가. 유인모드 비행 수행
  - CNPC용 Onboard 배터리 용량 불안
- 2020. 10. 31 : 42분 비행
  - CNPC 거리와 자세에 따른 통신제어 확인비행
  - 40Km까지 5Km마다 통신감도 측정
  - FC와 통신 Format을 맞추었으나 Data Buffering 현상으로 20Hz의 일정한 시간에 규칙적인 명령 데이터가 인가되지 않아 조종면 떨림 현상으로 유인모드 비행 수행
  - 교체된 CNPC용 Onboard 배터리 용량 확인(3시간 비행가능)
- 2020. 11. 15 : 39분 비행
  - Data Buffering 문제 해결 및 CNPC 통신을 이용한 무인비행 수행
  - RPS 2(활주로 건물 뒤)와 RPS 3(몽산포) 배치 및 Downlink 수신 확인
  - 공중 통제권 이양시험 기술적 점검 완료
- 2020. 12. 5 : 71분 비행
  - 태안(RPS 1)-부여(RPS 2)-고남(RPS 3) 배치 후 태안-부여 간 비행
  - 비행 중 무인모드 변환 시 RPS 제어불능 상태로 빠져 무인모드 조종은 시행하지 못함.
  - ETRI와 원인 분석 중이며, 해결 시 12/12(토) 고흥비행장 왕복비행 수행예정
- CNPC 비행시험 종합

표 9. 2018년 이후 CNPC 비행 요약

연 도	비행횟수	비행시간(분)	비 고
2018	2	79	
2019	2	70	
2020	5	190	• 공중 통제권이양 시험준비 중
합 계	9	339	



그림 118. 공중통제권 이양시험을 위한 OPV와 CNPC 탑재 RPS 2대

○ 충돌회피 시험

- 시험항목 및 조건
  - OPV 및 침입기 ADS-B In/Out On 상태
  - Head-on, Takeover 및 좌우 45/90/135도 Abeam
  - 회피비행 시 시험에 따라 상대거리 1.0/1.5/2.0/3.0/4.0km 또는 충돌 전 15/25/35/45초전에 기동
  - 회피기동 또는 무 회피기동
  - 수평(통상 500ft) 또는 수직(300~500ft) Offset
  - 상대기 Insight 상태에서 접근
- 2020. 2. 18 : 44분 비행
  - General Atomics사 방문 데모비행 및 GA사 제공 CPDS 기능확인 시험
  - 3회의 조우
- 2020. 5. 29 : 22분 비행
  - 영상 Tracking을 위한 비행시험
  - KLA-100 최초의 충돌회피 시험비행
  - KLA-100 VHF 교신 불량으로 인한 시험진행 곤란으로 20분 비행 후 시험중단
- 2020. 9. 10 : 49분 비행
  - 영상 Tracking을 위한 비행시험
  - 접근거리(1.0/1.5/2.0/3.0 km)에 따른 45도 Abeam
  - 9회의 조우
- 2020. 9. 17 : 65분 비행
  - 영상 Tracking을 위한 비행시험
  - 접근거리(1.0/1.5/2.0/3.0 km)에 따른 좌우 90도 Abeam
  - 9회의 조우
- 2020. 9. 26 : 59분 비행
  - 영상 Tracking을 위한 비행시험
  - 접근거리(1.0/1.5/2.0/3.0 km)에 따른 좌우 135도 Abeam
  - 7회의 조우
- 2020. 9. 26 : 26분 비행
  - 영상 Tracking을 위한 비행시험

- Head-on 및 Takeover 시험
- 충돌 15/25/35/45초전 수평회피 기동
- KLA-100 엔진과열로 이륙실패. OPV 센서확인 비행시험 후 종료

- 충돌회피 비행시험 종합

표 10. 2018년 이후 OPV 비행 요약

연 도	비행횟수	조우횟수	비행시간(분)	비 고
2018	6	44	229	
2019	7	49	330	
2020	6	28	265	• 세스나 1회 • KLA-100 4회 • 영상장비 기능확인 1회
합 계	13	121	824	

표 11. 2018년 이후 침입기 비행 요약

연 도	침입기	비행횟수	비행시간(분)	비 고
2018	세스나	6	227	
2019	세스나	7	318	
2020	세스나	1	44	• 영상 Tracking을 위한 영상취득
	KLA-100	4	186	
합 계		18	775	

○ 무인기-무인선 통합 비행시연 지원

- 일자 : 2020. 10. 9(금)
- 장소 : 평택만 해역. 태안비행장 북동쪽 직선거리 60 ㎞
- 협업기관 : KRISO(선박해양플랜트연구소)
- 시나리오 구성
  - 해역 내에 조난선과 조난자 2명 배치
  - OPV가 조난 신고를 접수하고 수역으로 접근하여 탑재 카메라로 조난자 수색 및 위치파악
  - 조난자 좌표 무인선에 제공 후 OPV 복귀. 80분 비행
  - 무인선 2대와 드론 2대 위치로 이동 및 수색
  - 무인선 조난자 구조

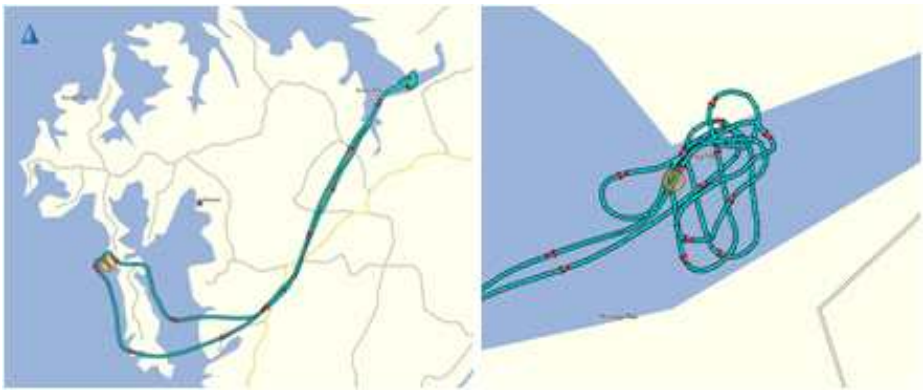


그림 119. 다부처 비행시험시 태안비행장-평택만간 비행궤적 (20.10.9)



그림 120. 조난자 상공 비행 (평택호)

표 12. 2019년과 2020년 통합시연 비행 요약

연 도	비행횟수	비행시간(분)	비 고
2019	2	33	• 태안 한서대 해양스포츠교육원 수역
2020	1	80	• 평택만 수역 • 태안↔평택만 왕복
합 계	13	Invalid formula	

□ OPV 주기정비 및 시스템 확인비행 2회

- 2020. 2. 18 : 연간정비 및 시스템 확인 비행
- 2020. 4. 26 : 배터리 상태 및 좌우 날개 연료탱크 연료 균등사용 확인 비행

□ KLA-100 충돌회피 비행시험에 침입기 역할로 투입, 12회 5:32 비행 (2020. 11. 16 현재)

- 시스템 점검비행 : 5회
- 한서대 조종사 관숙비행 : 3회
- 충돌회피 시험비행 : 4회



그림 121. 본 연구진이 확보한 KLA-100

□ 최종 비행 시험 횟수 종합

표 13. 항공기 비행임무별 비행횟수 및 시간

비행임무	OPV		KLA-100		세스나		합 계	
	Sortie	시간	Sortie	시간	Sortie	시간	Sortie	시간
시스템 점검 /안전성인증	20	13:37	11	3:33	-	-	31	17:10
충돌회피	29	22:04	12	9;20	16	11:23	57	42:47
CNPC 인프라	13	10:55	-	-	2	3:23	15	14:18
무인선 협업	3	1:53	-	-	-	-	3	1:53
합 계	65	48:29	23	12:53	18	14:46	106	76:08

[성과 15] - 인하대학교 (이학태 교수): 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구

○ [성과 15] 인하대: 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구

- 국내외 선행연구 조사

  - NASA는 미국 National Airspace System(NAS)의 항공 교통 수용량과 안전성을 높이기 위해 2002년 Virtual Airspace Modeling and Simulation(VAMS) 프로젝트를 수행하였으며, 그 일환으로 Fast-Time NAS 성능검증 도구인 Airspace Concept Evaluation System(ACES)을 개발하여 이후 항공 교통 성능검증 도구, 공항 지상 운용 등 다양한 분야의 연구에 사용되고 있음.

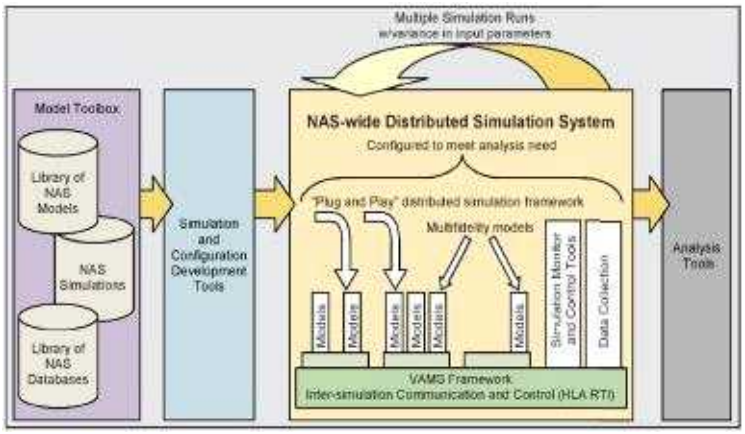


그림 122. VAMS Simulation System Overview

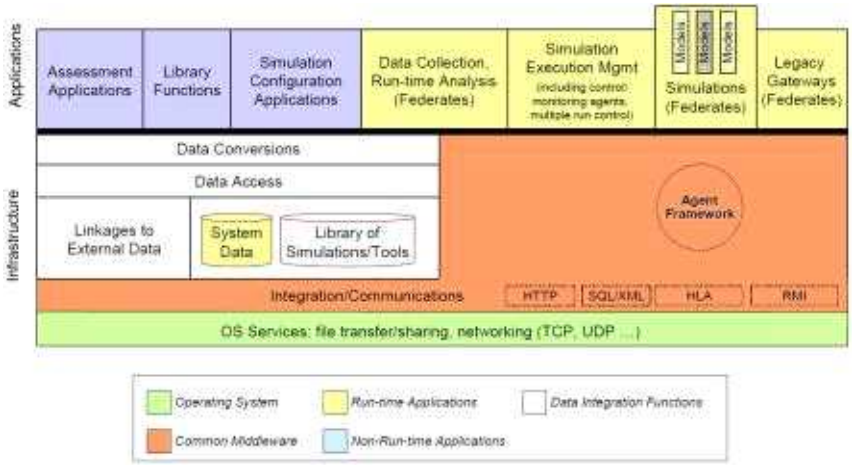


그림 123. ACES 성능검증 도구 시스템 구조

  - Eurocontrol Experimental Centre(EEC)는 배속 성능검증 도구로 상용 소프트웨어인 AirTop, RAMS Plus, TAAM, CAST를 이용하여 공항 지상 운용, 접근 관제 및 En-route 성능검증 도구, 공역 운용 성능검증 도구, gate-to-gate 성능검증 도구, 공항 통합 운영 시스템 연구 등을 수행하고 있음.

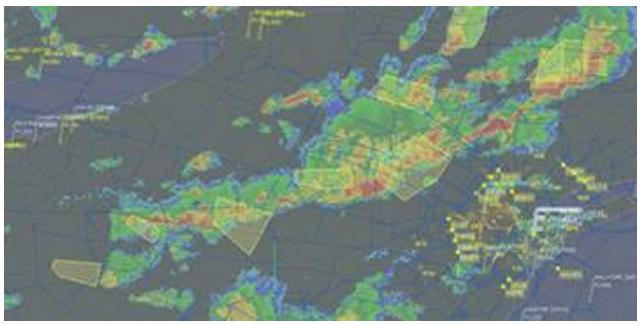


그림 124. AirTop Fast Time Simulator



그림 125. CAST Terminal

- 배속성능검증 도구의 핵심 기술인 궤적 생성기 개발
  - 본 과제에서 개발할 배속 성능검증 도구는 항적 데이터와 다양한 비행계획을 이용해 대용량의 항공교통 성능검증을 수행할 수 있어야 하며, 입력된 비행계획으로부터 항공기의 비행 궤적을 실궤적과 유사하게 생성할 수 있는 궤적 생성 모듈이 필요함.

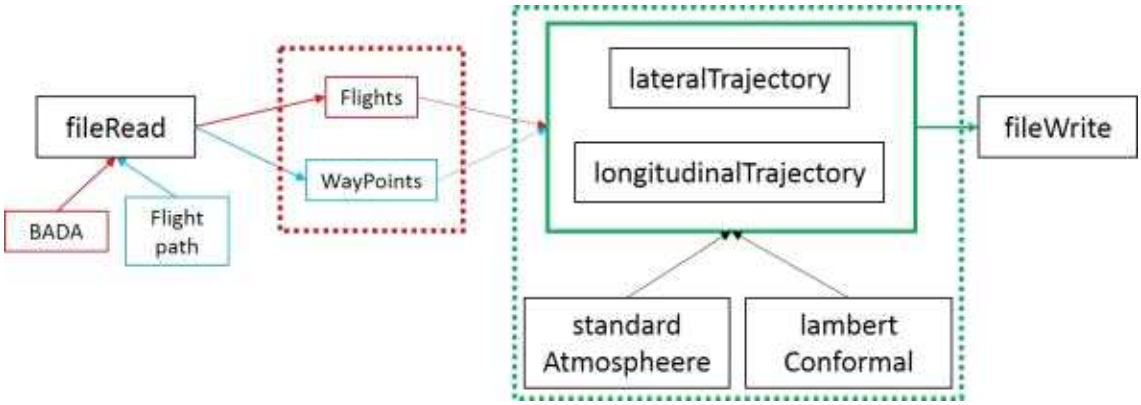


그림 126. 궤적 생성 모듈 클래스 구조

  - BADA를 이용한 항공기 성능 데이터 추출
    - 궤적 생성에 필요한 항공기 성능 데이터는 BADA를 기초로 하여 추출한다. BADA는 표 4와 같이 여섯 종류의 파일로 구성되어 있으며, 본 궤적 생성 모듈은 Synonym, OPF, APF 파일로부터 BADA의 모든 항공기 성능 데이터를 추출하여 저장함.

표 14. BADA 파일

파일	내용
Synonym files	BADA에서 지원하는 모든 항공기 리스트 (.LST, .NEW, _ALL.LST)
__.OPF	항공기 운용 성능 데이터
__.APF	비행 구간(상승, 순항, 하강)별 비행 속도(CAS) 제한
__.PTF	비행 구간별 비행 고도에 따른 비행 속도(TAS) 및 연료 소모량 변화
__.PTD	비행 고도에 따른 항공기 성능 변화
__.GPF	통상적으로 쓰이는 항공기 성능 데이터

    - 항공기 비행 궤적 생성은 세로 방향/가로 방향 궤적으로 나누어 고려해야 함.
    - 세로 방향 궤적은 항공기 속도와 상승률에 따른 비행 거리와 고도 변화량을 매 시간마다 누적 계산하여 생성됨.
    - 가로 방향은 경로점에서의 항공기 뱅크각(bank angle), 비행 속도에 의해 결정되는 항공기 선회율(turn rate)을 이용해 계산해 그 궤적을 도출하며, 항공기의 성능 파라미터들은 앞서 언급한 OPF 파일로부터 추출한 데이터들을 이용해 매 시간마다 그 값을 갱신함.

  - 항공기 궤적 생성기는 가로 궤적 생성 모델, 세로 궤적 생성 모델로 나누어 개발함.
  - 각 방향 궤적 모델은 뱅크 각(Bank angle)로 연동되어 있으며, 주어진 경로점이 모든 정보를 가지고 있을 경우, 그 경로점을 추종하는 궤적을 생성할 수 있음.
  - 또한, 경로점 정보가 누락된 경우에도 'Constant CAS-MACH' 모델을 이용하여 자체적으로 '상승-순항-하강' 의 궤적을 생성할 수 있도록 함.

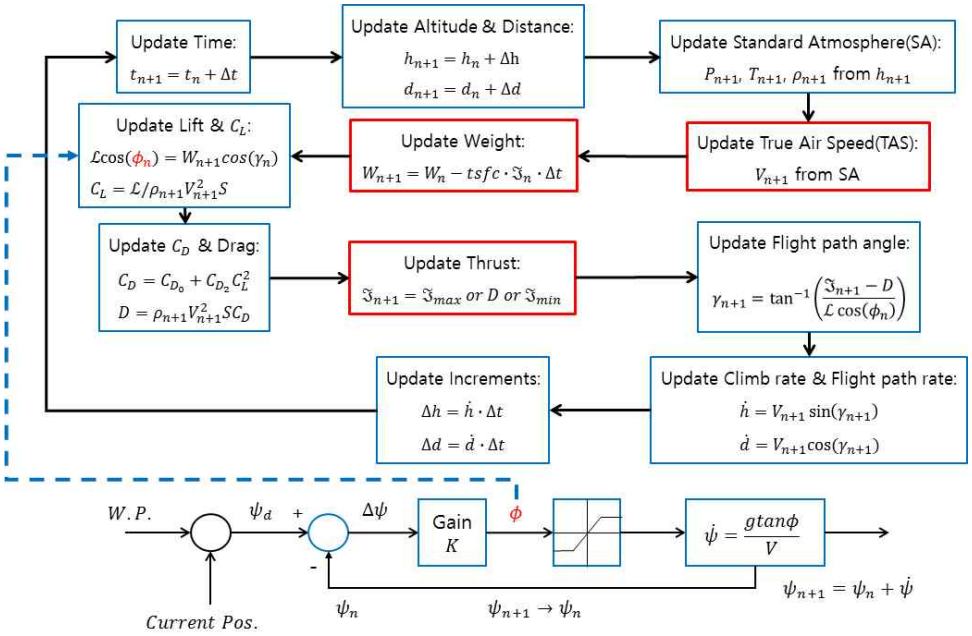


그림 127. 항공기 궤적 생성기 블록 선도

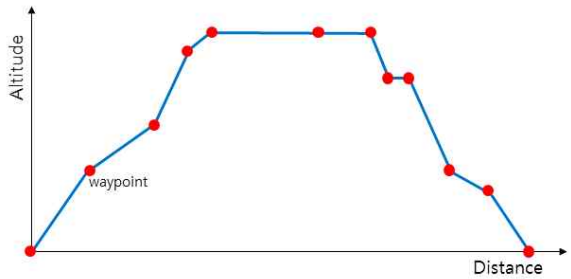


그림 128. 경로점 추종 궤적 생성

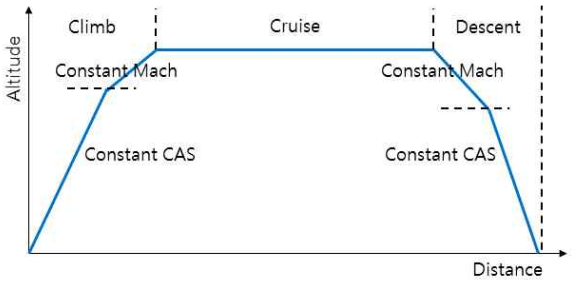


그림 129. Constant CAS-MACH 궤적 생성

- 인하대에 설치한 ADS-B 수신기를 이용해 축적한 실 궤적 데이터를 바탕으로 항공기 기종에 따른 다양한 경로점을 추출하였고, 이를 이용하여 궤적 생성기를 검증함.
- 아래 그림은 경로점을 추종하는 총 8대의 항공기 궤적을 생성하여 항공기 출발 시간에 관계없이 한 그래프에 나타낸 것이며, 실궤적과 생성 궤적을 비교한 것임.

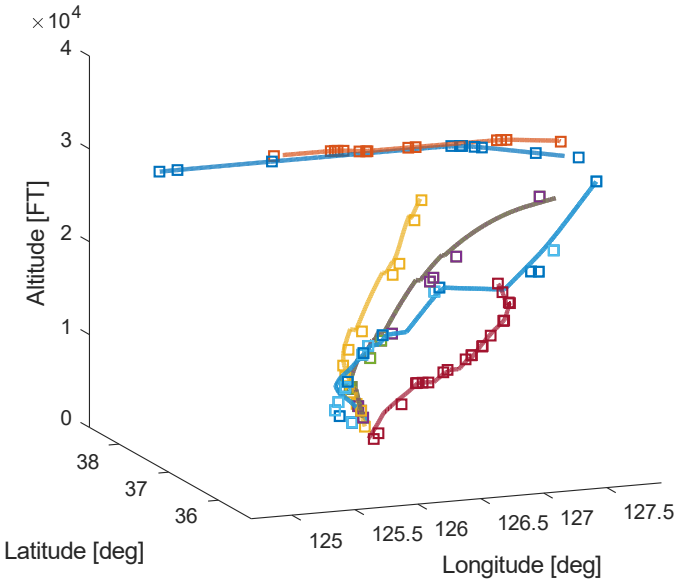


그림 130. 경로점에 따라 생성한 3차원 항공기 궤적

[성과 16] - 인하대학교 (이학태 교수): HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

- 확장성을 고려한 외부 모듈과의 혼합운용
  - 본 연구에서 중점 사항인 확장성을 고려하여 다른 이동체와의 혼합 운용이 가능해야함.
  - 인하대학교의 성능검증 도구는 다음과 같은 구조로 되어 있으며, 선행 연구에서 외부 모듈(부산대학교, 세종대학교 등)과 연동 성능검증을 수행한 사례가 있음.
  - 따라서 본 시스템은 외부모듈과의 개발 및 운용이 용이함.

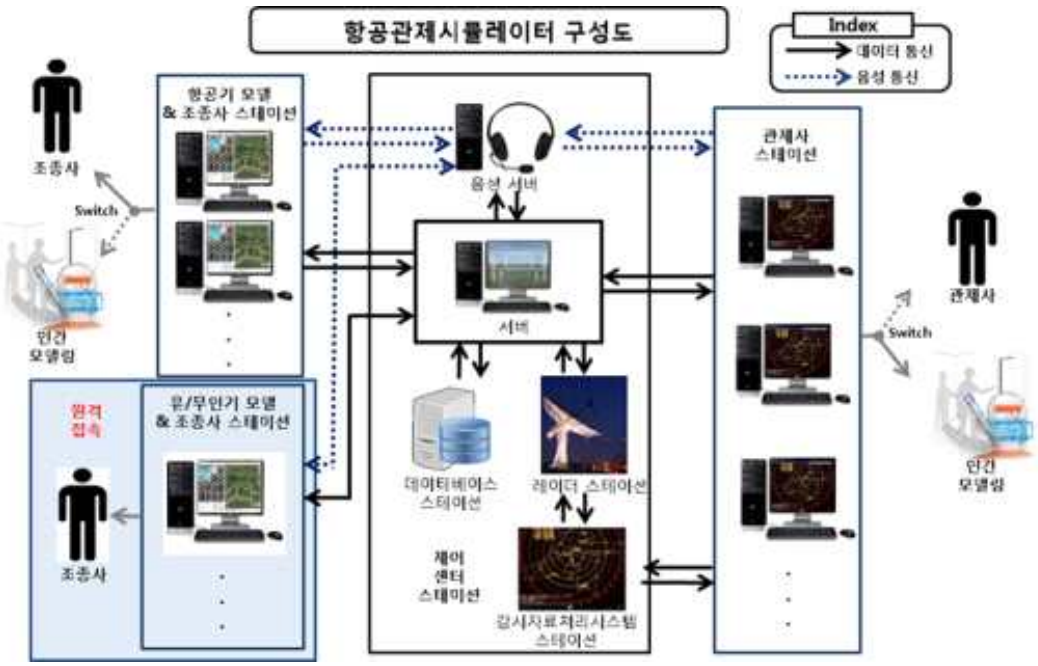


그림 131. 인하대학교 성능검증 도구 시스템 통신 구성도

- 조종사 모듈(Pseudo Pilot) 개발
  - TBO(Trajectory Based Operation) 시스템 운용을 위한 알고리즘을 추가하고 조종사 모듈 UI 추가로 구성.

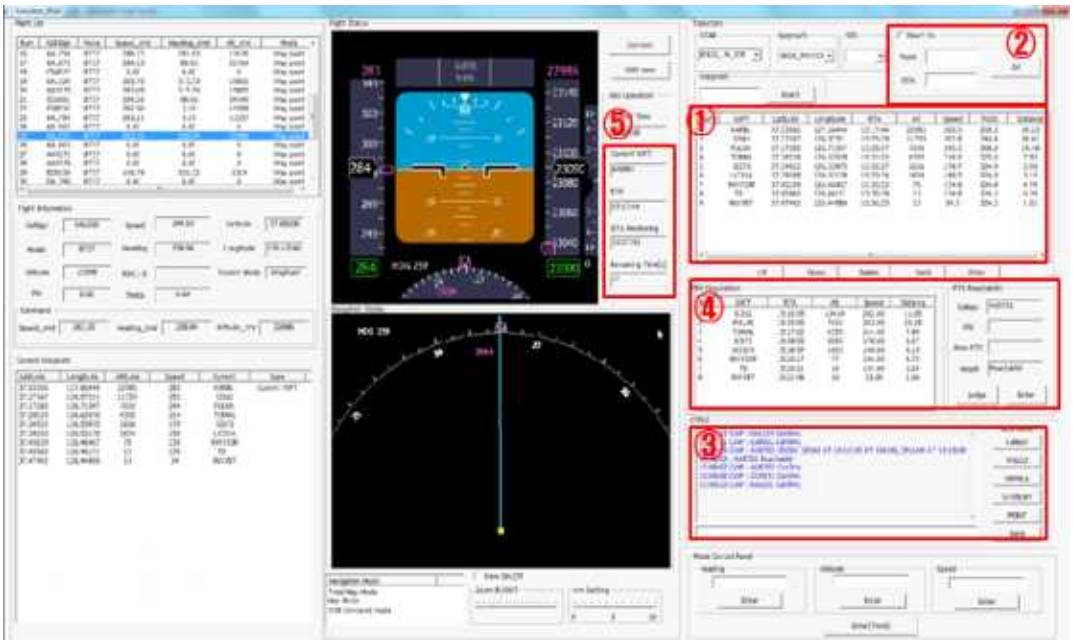


그림 132. 조종사 UI 및 개선 부분

- 연속강하접근 적용
- 각 항공기 별 Initial Trajectory 생성 및 수정
- 지정한 Fix로 Direct 비행 기능
- 조종사와 관제기관과의 CPDLC(Controller-Pilot Data Link Communication) 기능
- TBO절차 수행을 위한 조종사와 관제기관과의 협의에 활용
- 모든 관제사와 조종사 통신 내용을 시간 순서대로 표시
- Trajectory - CPDLC 자동 치환 기능을 통한 궤적 입력 시간 감소
- 생성된 Trajectory 확인 및 적용을 위한 관제 기관 전시 및 협의 기능
- Trajectory상 각 Fix별 예상 도착 시각 감시 기능
- 기존 가상 비행 시험에서 일부 나타나는 고도 오차를 전문가 의견을 반영하여 50ft 이내로 오차 개선
- 속도 변경 시 나타나는 음의 추력으로 인한 비현실적 중량 증가 현상을 확인하였으며, BADA의 추력 범위 테이블을 적용하여 문제점 해소
- 항공기의 비상절차 시 Squawk 코드를 변경할 수 있는 기능을 추가하여 CWP와 연동을 통해 관제사가 상황인식을 할 수 있도록 개선 (예: C2링크 단절시 7500으로 코드 변경)
- 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험을 위한 CTLS급 C172S 항공기 5자유도 운동 모델의 착륙 구간 개선 작업을 수행.
- 개선 작업은 FAF (Final Approach Fix) 이후에 Glide slope를 추종하게 하는 Glide Path 제어기를 구성하였으며, 착륙 직전 노즈 기어의 보호와 감속을 위해 기수를 조금 올려 착륙할 수 있게 하는 Flare 제어기를 구성.
- 개발한 모델을 검증하기 위하여 C172의 착륙을 위한 접근 절차 및 공항의 AIP (ILS Procedure)를 참고하여 시나리오를 구성하였으며, IAF (Initial Approach Fix)에서의 속도 변화를 주어 모델의 속도 추종 성능을 추가적으로 확인함

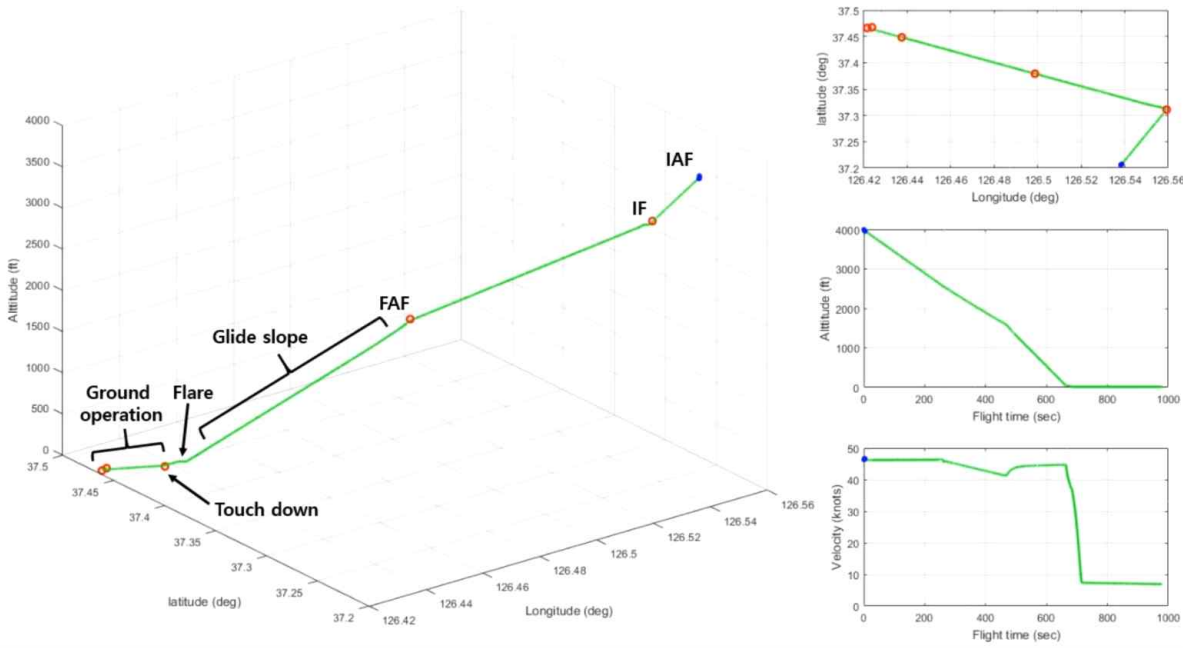


그림 133. 개선된 5자유도 운동 모델의 가상 비행 시험 결과



그림 134. Pilot 시연 장면

- 무인기 지상조종 시스템(RPAS) 개발
  - 조종계 구성
    - 조종계는 RPAS을 조종하기 위한 장비로 조종성능검증 세트와 조이스틱을 이용하여 가상의 항공기 조종면을 제어할 수 있도록 함.
  - 환경 구성
    - 환경은 성능검증에 이용하는 기본구성과 조종계를 제외한 기자재 및 가구류 일체임.
    - 기본구성 장비 일체를 설치하기 위한 책상과 조종사가 착석하기 위한 의자 등의 가구류가 있고 조종사가 위험상황을 식별하기 위한 장비인 알람장비가 있음.
    - 통신
      ▷ 소프트웨어는 TCP/IP 통신을 이용하여 외부에서 접속이 가능하도록 구현.
      ▷ 이때 제공하는 ICD에 맞추어 입출력을 일치해야 하며, ICD상에는 항공기 상태정보를 표현할 수 있어야 하고 조종명령을 넘겨줄 수 있어야 있도록 구성.
    - 화면 구성
      ▷ PFD: PFD는 기본적으로 항공기의 자세정보와 고도정보, 방위각, 속도 등의 운동정보를 가시화 하는 것으로, 이외 사전에 요구한 정보(통신률, 미션정보, 연료잔량, 배터리잔량 등)를 출력하도록 함.
      ▷ MAP: MAP은 INS나 GPS등을 이용한 위치정보를 바탕으로 출력함. MAP은 확대 및 축소가 가능하고 원점 이동이 가능하며, MAP상에 속도, 방위각 등의 정보를 이용하여 항공기의 진행방향을 확인할 수 있음. 또한 특정한 Waypoint정보, Navigation정보 등을 확인. 항공기간 위치를 확인할 수 있는 경우 상대 항공기의 위치를 출력함.
      ▷ ND 및 기본 계기: 항공기의 항로, 다른 항공기와의 거리등을 가시화 한다. 방위각, 속도, GS등의 정보를 추가적으로 출력함.
      ▷ DAA View: DAIDALUS 기반으로 DAA 경보를 표현하며, 충돌 위험을 해소하기 위한 기동방향을 표시
      ▷ ETRI의 통신 하드웨어와 부합하는 UI 설계. RPAS 모듈에 조종통제권 이양 기능 구현
      ▷ 3D View: 인천공항 및 태안 비행장의 3-D 모델과 국내 공역 내의 지형 렌더링



그림 135. GCS 화면 구성



그림 136. RPAS 시연 화면

- 관제사 모듈(CWP) 개발
  - 실제 CWP(인천항공교통관제소)와 유사한 UI로 개발
  - 항공기간 안전 분리 위반 경보를 확인 할 수 있도록 CIP, DWC 계산기능 탑재
  - 항로, 비행절차 등을 선택적으로 가시화 할 수 있도록 설정 기능 탑재
  - 항공기 정보표현(진출방향, Trajectory), Hand/Take Over 명령기능 탑재
  - 항공기별 명령(헤딩, 고도, 속도, 경로점) 메모 기능 탑재
  - Multi-CWP 구현을 위한 가상의 감시 데이터 처리 시스템(SDPS)탑재

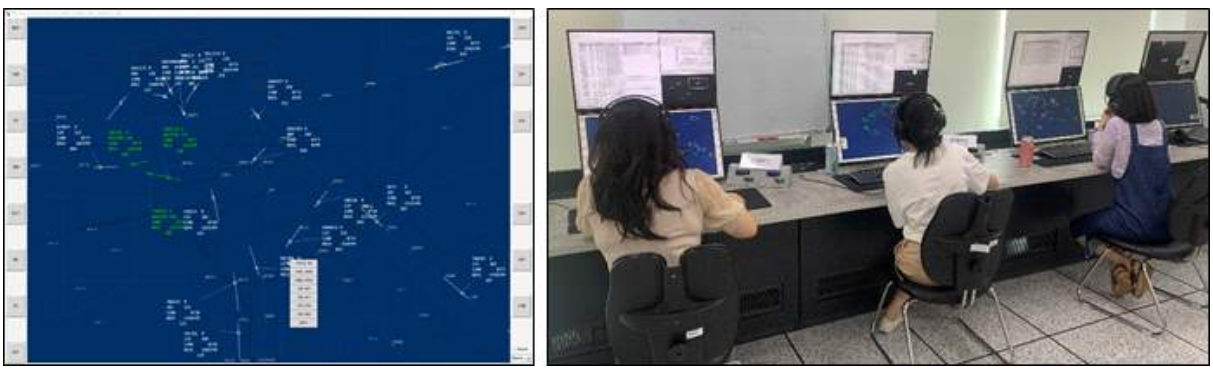


그림 137. CWP 시연 장면

- HiTL 성능 검증 도구 분석 방법 제시
  - 위험도 측정 방법
    - 위험도 측정 방법 Conflict Intrusion Parameter (CIP) : class A 공역에서 사용하기 위해 만들어진 안전 지표로 고도 1,000ft, 수평거리 5nmi을 기준으로 위험도를 측정.
    - Well Clear (WC) : TCAS로부터 DAA 시스템을 위해 만들어진 기준으로 RTCA와 SaRP에 의해 제정되었으며, 다음 표와 같이 위험도를 5 단계로 구분.

표 15. well clear 기준

		Proximate Traffic	Preventative Alert	Corrective Alert	Warning Alert	LOWC (Los of well clear)
Alert Level		Advisory	Caution	Caution	Warning	Danger
Must Alert Threshold	Within Time	60sec	55sec	55sec	40sec	35sec
	τ_mod	35sec	35sec	35sec	35sec	-
	DMOD, HMD	2.0nmi	0.66nmi	0.66nmi	0.66nmi	0.66nmi
	h*	1,200ft	700ft	450ft	450ft	450ft

- Arrival delay
  - 계획되지 않은 기동은 착륙 지연과 연료소모를 유발하기에 착륙 지연이 클수록 전체 교통 흐름에 안 좋은 영향을 주었으며, 효율적인 관제는 이를 최소화하는 것임.
- Controller workload
  - Instantaneous Self-Assessment (ISA) : 성능검증이 수행되는 2분마다 관제사는 본인의 workload를 1~5점으로 평가.
  - NASA Task Load Index (TLX) : 성능검증이 끝난 후 바로 6가지의 다음 카테고리에 대해 관제사가 평가.

- 항공 배경교통 시나리오를 위한 ADS-B 항적 데이터베이스 구축
  - ADS-B 데이터의 수신은 최대반경 200NMI까지의 항공기들의 궤적 정보를 받아 올 수 있으며, 최적의 수신범위를 얻기 위해서는 안테나의 설치 위치를 고려하여 설치 후보 지역들에 대하여 수신 테스트를 진행함.
  - 최종 설치장소는 인하대학교 4호관 옥상으로 상대적으로 건물의 위치가 낮아 최대 수신범위에는 미치지 못하지만 운용 가능성과 편의성을 고려해 선정함.
  - ADS-B 데이터는 시간당 평균 1만 8천개의 행으로 구성된 데이터가 수신되며, 이를 서버 내 저장을 위한 데이터 수신 프로그램을 제작하였음.
  - ADS-B 데이터베이스 구축은 날짜별 테이블 분리와 테이블 내부 열을 시간/ ICAO address/ CallSign 등으로 분리하여 데이터를 저장함으로써 데이터의 관리와 열람 편의성을 위해 위 그림과 같이 데이터베이스 계층 구조로 구축하였음.

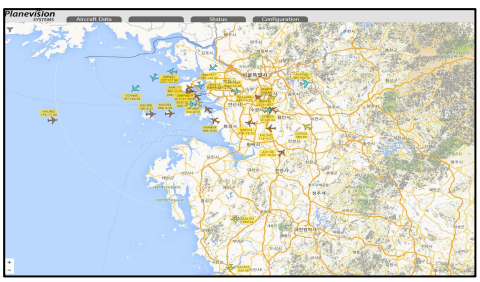


그림 138. Planevision Live 2D Output

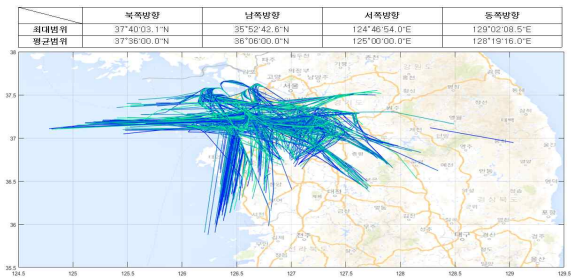


그림 139. ADS-B데이터 실제 수신 범위

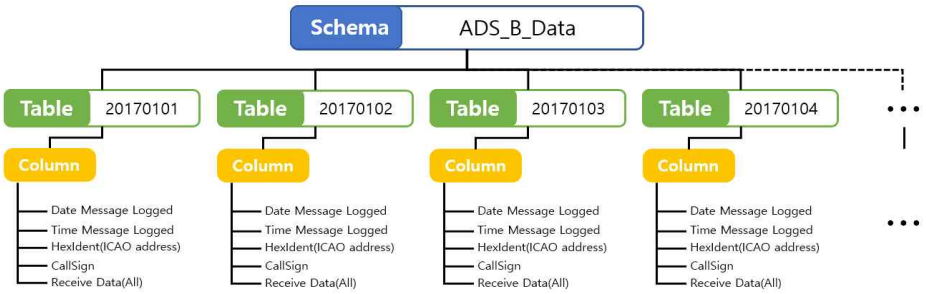


그림 140. 데이터베이스 계층구조

- ADS-B 데이터 기반 경로점 추출을 통한 HiTL 가상 비행 시험을 위한 시나리오 생성 도구 개발
  - 경로점 추출을 통해 이루어진 실제 궤적데이터가 시나리오에 적용되기 위해 단순화 알고리즘을 적용함.
  - 단순화에 사용된 기법으로 RDP(Ramer-Douglas Peucker) 알고리즘을 사용하였고, 항적 데이터 별 임계값을 자동적으로 선정해주기 위한 방법으로 임계값에 따른 경로점 수의 변화를 통해 다음 오른쪽 그림의 방법을 고안하였으며, 모든 궤적데이터에 적용할 수 있는 자동화 도구를 개발하였음.
  - 시나리오 생성 툴로 제작된 결과는 항공기 모델, CallSign, 각 경로점의 이름과 위치, 속도, 도착시간이 포함되어있음.

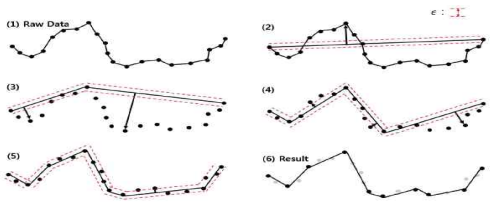


그림 141. RDP 알고리즘의 데이터 단순화

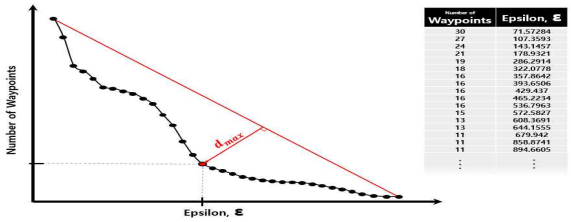


그림 142. 임계값(ε) 선정 방법

- 비행 계획 추정 알고리즘 기반의 HiTL 가상 비행 시험을 위한 시나리오 생성 도구 개발
  - 비행 계획 추정 알고리즘을 개발하여 기록된 ADS-B 데이터로부터 항공기의 기존 비행 계획을 추정하여 가상 비행 시험 시나리오를 생성하는 자동화 도구 개발
  - 비행 계획 추정 알고리즘은 공역관제사의 관리가 포함된 항적데이터로부터 관리 영향이 제거된 원래의 위험도가 나타나는 실제 공역의 시나리오를 생성 가능하게 함
  - 비행 계획 추정을 통해 획득한 항로 경로점(Fix)에 항공기의 비행 성능을 고려(BADA 적용)하여 시나리오가 생성되며, 다양한 가상 비행 시험에 적용할 수 있음

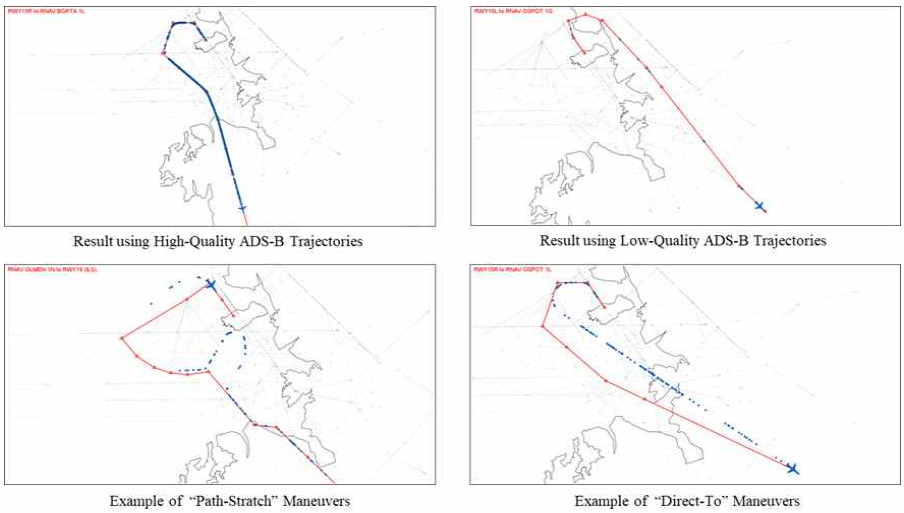


그림 143. ADS-B 항적데이터(파란색 점)로부터 찾아낸 기존 계획 항로(붉은 선)

- 국내 무인항공기 운용에 요구되는 DAA 기준 분석 연구 수행
  - 무인항공기 운용을 위한 DAA 최소 센서 요구 범위 연구 수행
  - DAA Parameter 조율을 통해 위험도 분석에 따른 국내 무인항공기 운용 기준 연구 수행

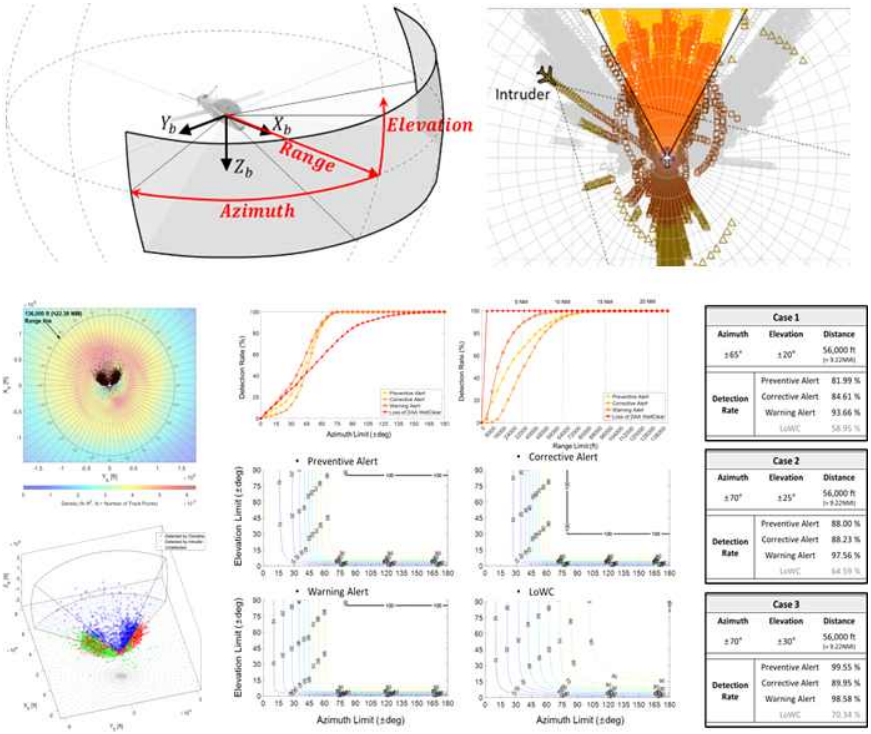


그림 144. DAA Parameters & Sensor 요구조건 연구

- 무인항공기의 DAA를 위한 조종사 의사결정 모델 개발
  - 충돌 감지 및 회피 기동 후 원래의 비행계획 복귀까지의 전 구간을 자동비행하기 위한 연구 수행
  - NASA DAIDALUS 기반의 조종사 의사결정 모델 개발

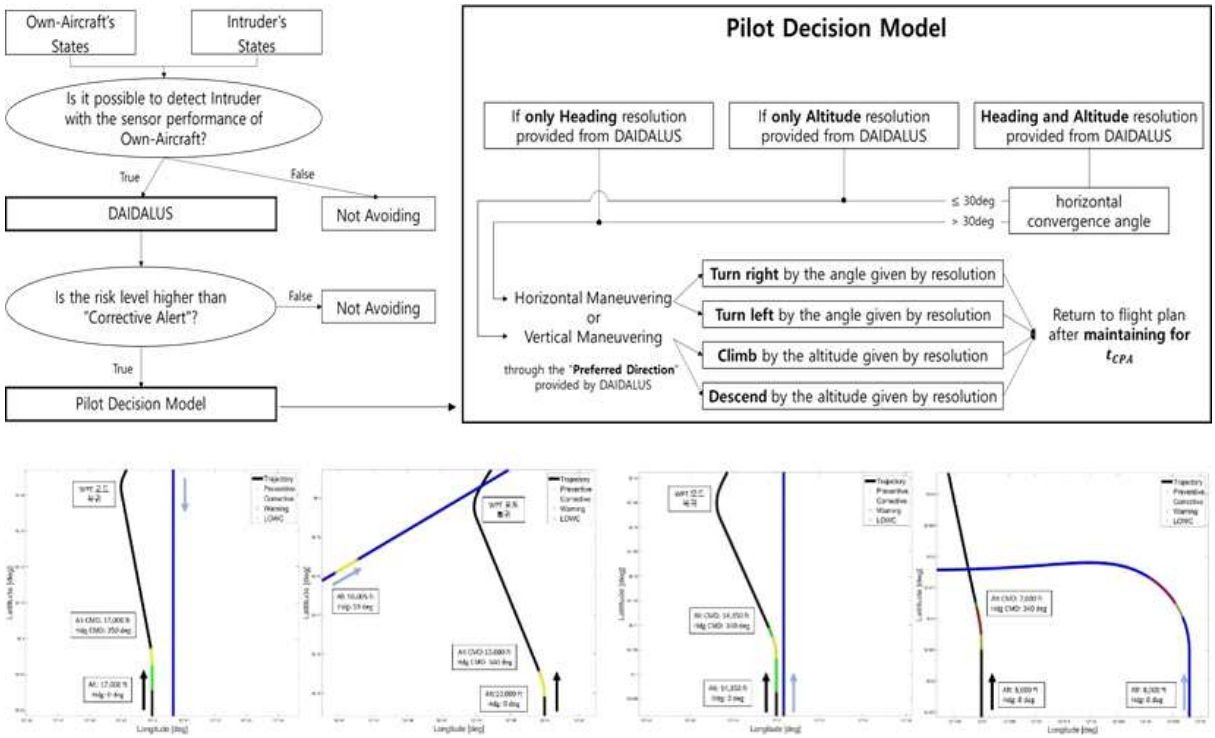


그림 145. 조종사 의사결정 모델 개요

- HiTL 가상 비행시험 주요 수행내용
  - 비상운용절차 검증을 위한 HiTL 가상 비행 시험 (2017.08.31. 3차년도 별책보고서 참조)
  - 가상 비행 시험을 통한 RPAS의 최소 성능 기술 기준의 일부 검증(2018.10.19. 4차년도 별책보고서 참조)
  - RPAS C2 링크 두절 시 비상절차에 따른 관제사 업무로드 평가(2019.11.22. 5차년도 별책보고서 참조)
  - 인천공항 C2링크 두절 상황 발생에 대한 가상비행 시험(2021.08.19. 7차년도 별책보고서 참조)
  - 무인항공기 충돌회피 검증 시나리오를 통한 충돌 회피 가상 비행 시험(2021.12.29. 7차년도 별책보고서 참조)

2017.08.31 C2단절 비상운용절차(서울-제주)
- **현직관제사 2명, 학생관제사 1명 참여**

2017.11.24 인천공항 주변 유/무인기 통합운용
- **학생관제가 3명 참여**

2018.10.19 RPAS 최소 성능 기술 기준 검증
- **학생관제사 2명 참여**

2019.11.22 C2단절 비상운용절차(김포도착)
- **현직관제사 2명, 전직관제사 1명 참여**

2020.08~2020.12 무인항공기 충돌 조우 회피
- **내부 가상비행시험 수행**

2021.06.05 C2단절 장거리비행 충돌회피시험
- **내부 가상비행시험 수행**

2021.08.19 C2단절 비상운용절차(인천도착)
- **현직관제사 3명 참여**



그림 146. HiTL 가상 비행시험 수행내용

- 전문가 자문 수행 내역 (전체 연구 기간)
  - [2차년도] 연구개발 실적 및 달성도 자문 평가
    - 전문가: 한국항공대학교 이금진 교수
  - [3차년도] 국내 공역 위험도 분석 결과에 대한 자문 평가
    - 전문가1: 전 NASA 연구원 박천기 박사
    - 전문가2: 회사 보안 규정에 따른 정보 공개 불가 (10년 이상 경력의 관련분야 연구원)
  - [3차년도] 연구개발 실적 및 달성도 자문 평가
    - 전문가1: 아시아나항공 부기장 이기준
    - 전문가2: 전 NASA 연구원 박천기 박사
    - 전문가3: 한국항공우주연구원 팀장 전대근
    - 전문가4: 한국항공우주연구원 연구원 김소윤
  - [4차년도] 연구개발 실적 및 달성도 자문 평가
    - 전문가: 한국항공대학교 이금진 교수
  - [7차년도] HiTL 가상비행시험 시스템 자문평가
    - 전문가1: 항공우주산학융합원 연구소장 문우춘 박사
    - 전문가2: ㈜루다시스 대표 김진호.
    - 전문가3: ㈜루다시스 연구소장 김지환
    - 전문가3: ㈜루다시스 전임연구원 황예승

[성과 17] - 카이스트 (윤윤진 교수) : 비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법

○ 비관제공역 비행 무인기 경로 설정 및 교통흐름기법

- 무인비행장치의 안전운항을 위한 기하하적 경계(geo-fencing) 설정 기법 개발
- 무인비행장치 수요 증대에 따라 저고도 공역 무인비행장치의 활용도와 안정성을 보장하기 위한 기하학적 경계설정(Geo-fencing)기법 개발
- 저고도 공역 무인비행장치 운영시스템의 기술적 요구사항 보고서
- 개발 범위
  - 무인비행장치 교통 혼잡도 예측 분석
  - 무인비행장치 교통 혼잡도 및 충돌위험에 대한 효율적 제어를 위한 기하학적 경계설정 기반 공역 개념 제안
  - 무인비행장치 운영제어 기반 알고리즘 개발

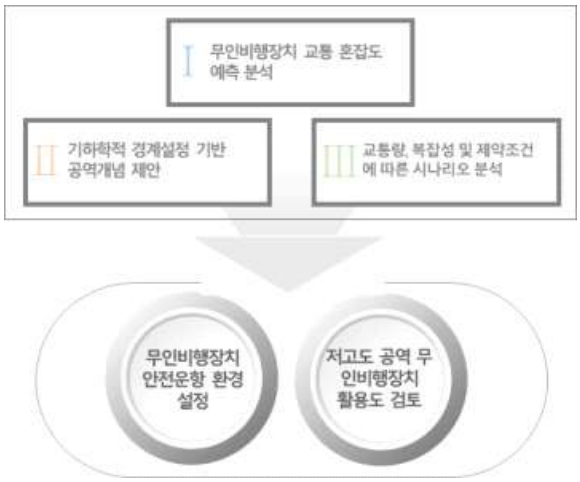


그림 147. 무인비행장치 교통 혼잡에 따른 시나리오

[성과 18] - 카이스트 (윤윤진 교수) : 비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 (1세부)

○ 개발 내용

- 저고도 공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 기본 컨셉 도출

○ 개발 범위

- 전역, 지역 운용을 위한 관계 당국 및 이해 관계자, 무인비행장치 비행계획 설정, 복수의 데이터 링크 접속 설정 등 획득 가능한 자료 조사
- 안전성과 운용범주를 고려한 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 도출
- NASA의 UTM 프로젝트와 중국 AOPA의 UAS-Cloud 등 무인비행장치 운영시스템 클라우드 아키텍처 조사

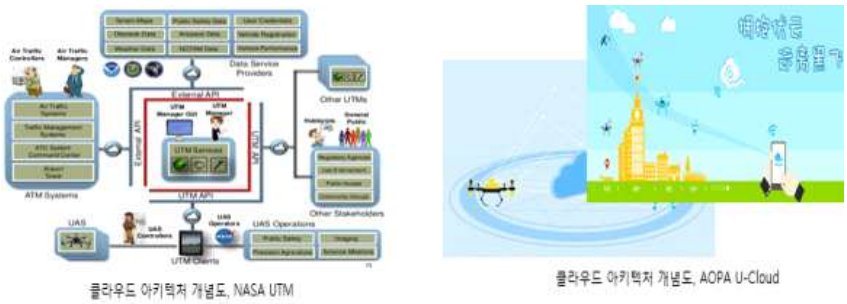


그림 148. 해외 무인비행장치 운영시스템 클라우드 아키텍처 예시

[성과 19] 카이스트 (이지윤 교수) : 무인기용 SBAS 효용성 분석결과 및 활용방안 (1세부)

□ SBAS 성능 조사 및 분석

○ 미국의 WAAS는 2009년 서비스를 시작하여 가장 먼저 운용된 SBAS이며, 현재 미국 본토지역에 한해 CAT-I급 정밀접근 서비스를 제공하고 있다. 유럽의 EGNOS는 2011년 서비스를 시작하여 현재 APV-I급 정밀접근 서비스를 제공한다. 인도의 GAGAN은 가장 최근에 서비스를 시작한 SBAS이며 현재 APV-I급 정밀접근 서비스를 제공하고 있다. 일본의 MSAS는 2013년 서비스를 시작하여 현재 비정밀 접근절차에 한해 서비스 제공이 가능하다. 한국형 SBAS (KASS)의 성능 목표는 EGNOS 및 GAGAN과 같은 APV-I 급의 서비스 제공이며, 2019년 시험운용을 시작으로 서비스의 확산을 계획 중이다.

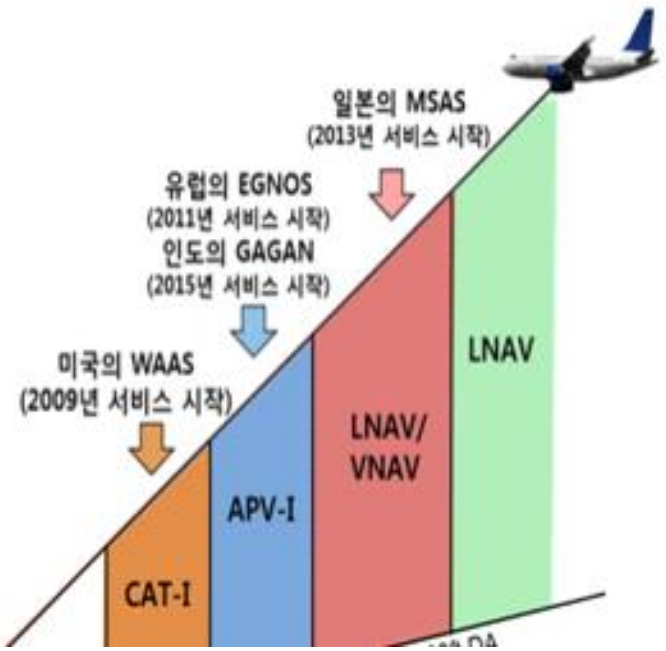


그림 149. SBAS 성능 개발 현황 및 한국형 SBAS 목표성능

□ WAAS 수신 장비 성능 요구조건 조사 및 분석

○ 미연방항공청(FAA)에서는 WAAS 사용을 위한 항공기의 탑재장비 성능 요구조건을 TSO (Technical Standard Orders) C145와 TSO C146a에서 명시하고 있다. RTCA DO-229D 에서는 항공용 WAAS 수신 장비를 기능에 따라 Class Beta, Class Gamma, Class Delta로 분류하여 명시하고 있으며 각 Class 별 상세 내용은 다음과 같다.

- Class Beta 수신기는 사용자의 위치정보와 무결성 정보만을 제공한다.
- Class Gamma 수신기는 사용자의 위치정보와 무결성 정보를 생성하고, 이를 기존에 입력된 데이터베이스상의 항로 및 경로점 정보와 결합하여 화면을 통해 사용자에게 항법 및 유도정보와 경보를 제공한다.
- Class Delta 수신기는 ILS와 같이 최종접근 단계에 대한 정보만을 제공하며, 때로는 Class Beta, Class Gamma 수신기와 같이 사용된다.

  • RTCA DO-229D 에서는 항공용 WAAS 수신 장비를 성능에 따라 Class 1, Class 2, Class 3, Class 4로 분류하고 있으며, 각각의 Class는 항공기의 활주로 접근단계의 수준에 따라 다음과 같이 분류된다.

  ▷ Class 1 수신기는 En Route/Terminal 및 LNAV 접근에 사용할 수 있다.

  ▷ Class 2 수신기는 Class 1 수신기의 전 기능과 LNAV/VNAV 접근에 사용할 수 있다.

  ▷ Class 3 수신기는 Class 2 수신기의 전 기능과 LP/LPV 정밀접근에 사용할 수 있다.

  ▷ Class 4 수신기는 Class Delta에 해당하는 성능수준으로 정밀접근 단계에서만 사용할 수 있다.

표 29. 항공기 접근절차별 정확도 및 무결성 요구도

Phase	정확도 95%		무결성	결정고도
	수평	수직		
LNAV	556 m	-	1x10^-7/h	400 ft
LNAV/VNAV	556 m	46 m	1x10^-7/h	350 ft
APV-I	16 m	20 m	1~2x10^-7/h	300 ft
CAT-I (LPV-200)	16 m	4 m	1~2x10^-7/h	200 ft

- RTCA DO-229D의 항공용 WAAS 수신장비의 기능 및 성능 Class를 종합한 수신 장비 분류 예시는 다음 그림과 같다.



그림 150. RTCA DO-229D 기준으로 분류한 Class와 수신 장비 제품 예시

□ SBAS 수신 장비 성능 테스트 절차 조사

○ 항공용 SBAS 수신 장비의 경우, 수신 장비의 성능을 인증하는 절차로서 기능 및 Class에 따라 다양한 성능 테스트 과정을 거친다. 성능 테스트는 RTCA DO-229D 표준문서에 수록된 내용과 절차를 따른다. 여러 테스트 종류 중 필수적으로 수반되어야 할 테스트는 정확도와 무결성 성능 테스트이다. 정확도 성능 테스트는 GNSS 위성신호로부터 측정하는 거리영역과, 계산된 위치영역에서의 테스트로 진행된다. 무결성 성능 테스트는 가용성 테스트, 오프라인 FDE (Fault Detection and Exclusion) 테스트, 오경보율 성능 테스트, 온라인 검증 테스트로 구성된다.

□ 무인기 운용 시나리오 분류 및 인프라 구축 방안 분석

○ 조사 및 분석한 SBAS 수신 장비를 바탕으로 실제 운용에 적합한 탑재장비를 선정하기 위하여, 다양한 무인기 운용 시나리오를 아래의 그림과 같이 분류하였다.

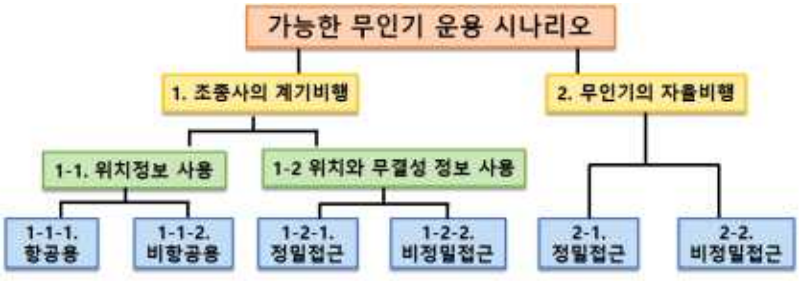


그림 151. 무인기 운용 시나리오 분류

- 먼저 가장 큰 분류로써 무인기 조종사가 무인기와의 통신을 통한 계기비행을 하는 시나리오 1과, 무인기가 자율 비행하는 시나리오 2로 분류하였다. 시나리오 1의 경우, 무인기의 항행은 전적으로 외부 조종사의 조종에 따라 이뤄지므로 기체 내에 항법 컴퓨터와 화면이 없는 Class Beta 수신 장비의 탑재가 고려된다. 또한 시나리오 1은 SBAS 수신 장비로부터 위치정보만을 사용하는 시나리오 1-1과, 위치정보와 무결성 정보를 모두 사용하는 시나리오 1-2로 세분화되며, 각 시나리오별 세부내용은 다음과 같다. 무인기의 위치정보만을 수신하고자 할 때, 무인기 탑재장비가 무결성 정보를 제공하지 않아도 되기 때문에 Class Beta 항공용 SBAS 수신 장비뿐만 아니라 비항공용 수신 장비를 탑재하는 것이 가능하다.
- 시나리오 1-2는 지상국에서 무인기의 위치정보와 무결성 정보를 수신하여 계기 비행하는 상황으로, 수직유도를 동반한 정밀접근이 가능하고, 따라서 비정밀접근과 정밀접근 모두 고려하여 탑재장비를 선정해야 한다.
- 시나리오 1-2의 경우 무인기의 탑재장비로서 Class Beta의 수신 장비를 사용할 수 있으며, 외부조종사의 정밀접근 유도를 위한 정보를 생성하는 항법 컴퓨터와 이를 표기하는 화면(Display)이 지상국에 구축되어야 한다.
- 시나리오 2는 조종사의 직접적인 조종이 없는 무인기의 자율비행 상황이며, 이 경우 무인기 자체적으로 항로와 경로점에 대한 정보를 가지고 비행해야 하므로 Class Gamma 항공용 수신 장비를 탑재해야 한다. 시나리오2 또한 접근 단계에서 비정밀접근을 사용하는 경우와 정밀접근을 사용하는 경우로 세분화할 수 있다.
- 비정밀 접근의 경우 Class Gamma-1의 수신 장비를 탑재하여도 무방하지만, 상용 제품군이 없기 때문에 실질적으로 Class Gamma-3의 수신 장비를 탑재하여야 한다.

[성과 20] - 카이스트 (심현철 교수) : 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험 운용

□ 과기부-해수부 시험 운용 방안 기초 연구

○ 과기부 다개체 통합기법 시험

- 과기부지원으로 에트리에서 개발한 통신원천기술을 국토부에서 운용할 OPV에 적용 중
- 카이스트에서 개발한 보안 기술, 협응 기술을 복수의 무인이동체에 적용

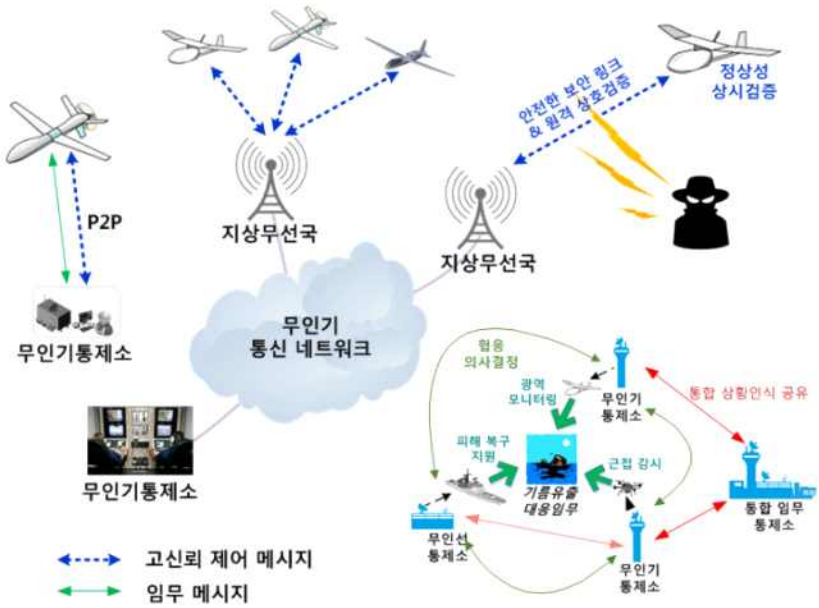


그림 152. 지상 CNPC 무선 인터페이스 및 보안 SW 기술 개념도
(과기부 수행 과제)

○ 해수부 무인선-무인기 통합시범 시험

- 해수부의 무인이동체 협업운용 기술은 무인선 군집운용 최적화 기술, 무인선/무인기 실시간정보 통합 활용 기술, 무인선/무인기 협업운용 최적화 기술로 구성됨.
- 무인선 군집 운용을 위해서는 군집 경로계획 기술, 군집 운동제어 기술, 상호 정보교환 기술 등 다양한 요소기술 개발이 요구되며, 무인선의 운동 특성과 무인선이 운용되는 해양환경의 특수성의 고려가 필요
- 무인기는 무인선에 비해 높은 고도에서 넓은 시야의 확보가 가능하므로 단시간 내에 넓은 영역을 효과적으로 조사할 수 있고, 무인선은 무인기에 비해 장시간 지속적 운항이 가능하고 여유 있는 적재용량을 가지므로 다양한 센서와 장비의 탑재가 가능하다는 장점을 지니고 있음
- 무인선과 무인기는 상호보완적인 운용 특성을 가지므로 최적화 기술의 적용을 통해 서로의 단점을 보완하고 장점을 활용하여 전체 무인시스템의 유용성과 협업 운용 성능을 극대화할 수 있음
- 무인이동체는 플랫폼 레벨에서는 상이하나 상위 레벨에서의 협업 운용 기법 및 알고리즘 측면에서는 유사성이 크므로 무인선과 무인기에 공통 기술을 적용하여 협업 운용 효율과 운용 호환성을 유지함으로써 운용 효율을 높일 수 있음

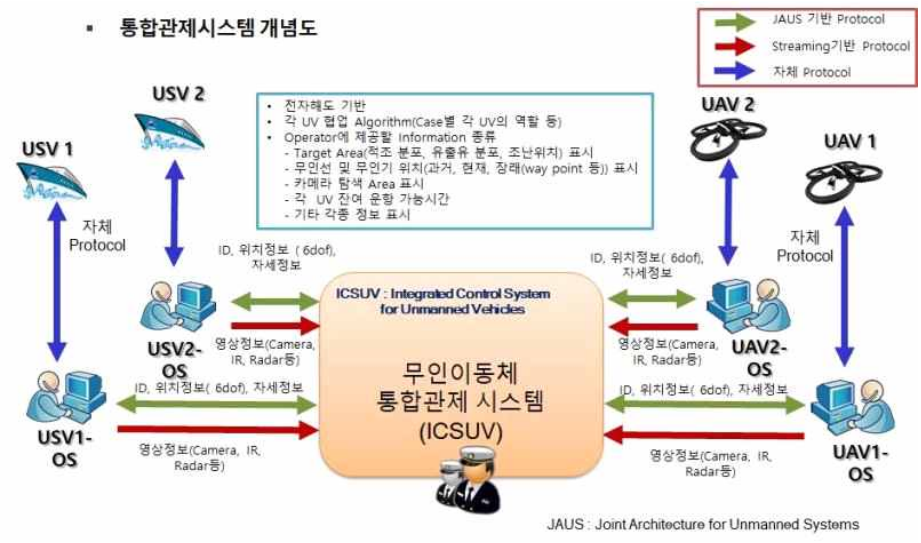


그림 153. 복수 무인수상선-무인항공기 통합운용체계 개념도
(해수부 수행 과제)

□ 다부처 과제 진도 조율을 위한 지속적인 회의 개최

○ 연구자 협의회 개최 (‘18.11.13)

참석자: KAIST 심현철 연구단장 (국토부 과제 책임자/다부처 연구자 협의회 책임자)

ETRI안재영 본부장 (과기정통부 과제 책임자)

KRISO 김선영 본부장 (해수부 과제 책임자)

주요 논의 사항

- 각 부처 과제 진행 상황
- 부처간 협력 사항
- 다부처 통합시연 시나리오 내용
- 다부처 통합시연 기법 연구



그림 154. 다부처 협의회 회의 (‘18.11.13) 및 논의된 시나리오 (조난자 수색)

□ 과기부 과제 연구자회의

○ OPV 비행허가지역을 중심으로 시연내용 논의 (카이스트 내, 18.4.10)

다수의 드론 및 수상선을 이용한 비행시험 수행 예정

□ 해수부 과제 4차년도 kick-off (18.4.19)

○ OPV 비행허가지역을 중심으로 시연내용 논의

○ 해상 구조시연 논의

○ ’ 18 4분기 무인선과 다수의 드론을 연계한 비행시험 수행 중

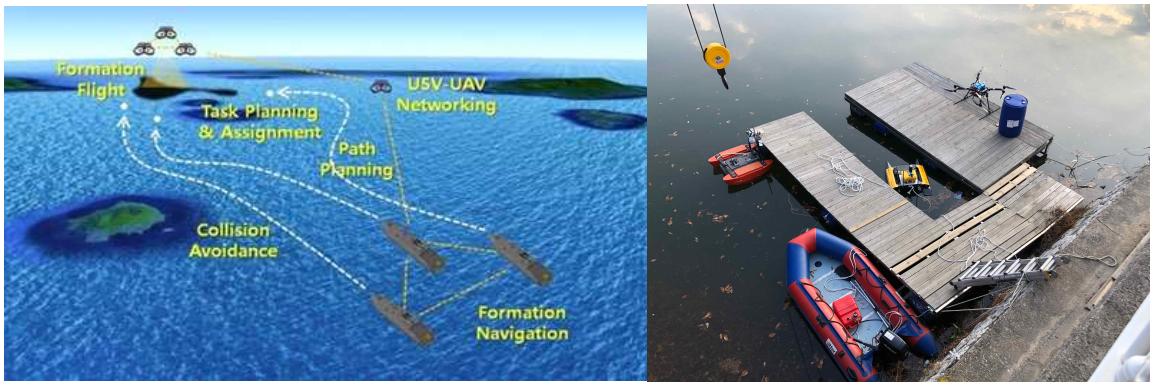


그림 155. 해수부 시나리오 (오염지역 수색) 및 무인선-드론을 활용한 협응 실험 (‘18.11)

○ 연구자 협의회 개최 ('19.10.23)

참석자: KAIST 심현철 연구단장 (국토부 과제 책임자/다부처 연구자 협의회 책임자)

KRISO 김선영 본부장 (해수부 과제 책임자)

※ 과기부 과제는 2018년에 종료하였음

주요 논의 사항

- 각 부처 과제 진행 상황 공유

국토부 과제 진행상황 논의: ‘19.10.9에 수행한 다부처 시나리오 수행 결과 공유

해수부 과제 진행상황 논의: 무인선 개발 진도 논의

- 부처간 협력 사항 논의

해수부 과제는 2020년에 종료되므로 국토부 과제의 다부처 사업은 2020년까지 완료 합의

- 다부처 통합시연 시나리오 내용 논의

2020년에는 해수부가 현재 개발중인 무인선을 실제 시연에 활용하기로 함



그림 156. 다부처 사업 연구자 협의회 개최 및 해수부 무인선-드론 연계 시험 (‘19.10.23, 대전 방동저수지 시험장)

□ 다종 무인이동체 통합시험운용 1차 수행 (2019.10.9)

○ 다종 무인이동체 통합운용 프로그램 제작

- 다종 무인이동체의 미션수행을 위한 조난자 탐지 지역을 공유하는 GUI 제작
- 통합운용 프로그램을 통하여 다종 무인이동체의 출동과 미션 수행 단계를 모니터링
- 무인선, 드론은 WiFi 활용 UDP 통신기반, RPAS는 ADS-B를 통한 위치공유 시스템을 구성

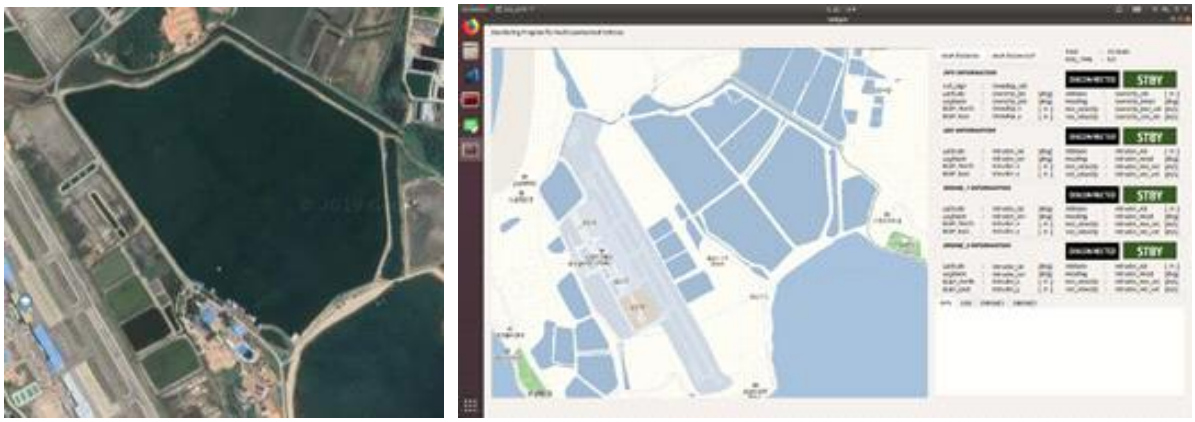


그림 157. 다부처 무인이동체 통합시험운용 실험장소
(한서대 태안비행장)과 통합운용프로그램

○ 해양 조난자 구조 시나리오 기반 다종 무인이동체 통합운용

- 장소 : 한서대 해양스포츠교육관
- 시간 : 2019.10.9.(수)
- 참여기관 : KAIST, 한서대
- 진행 내용:
  1. 조난자 신고접수 → OPV 이륙 → 조난지역 탐색 → 조난지역 공유 → 무인선 출동 → 조난지역 영상 송출 → 드론 출동 → 조난자 탐색 및 위치 전달 → 드론2호기 출동 → 구조용품 전달 → 119 대원 출동하여 조난자 구출

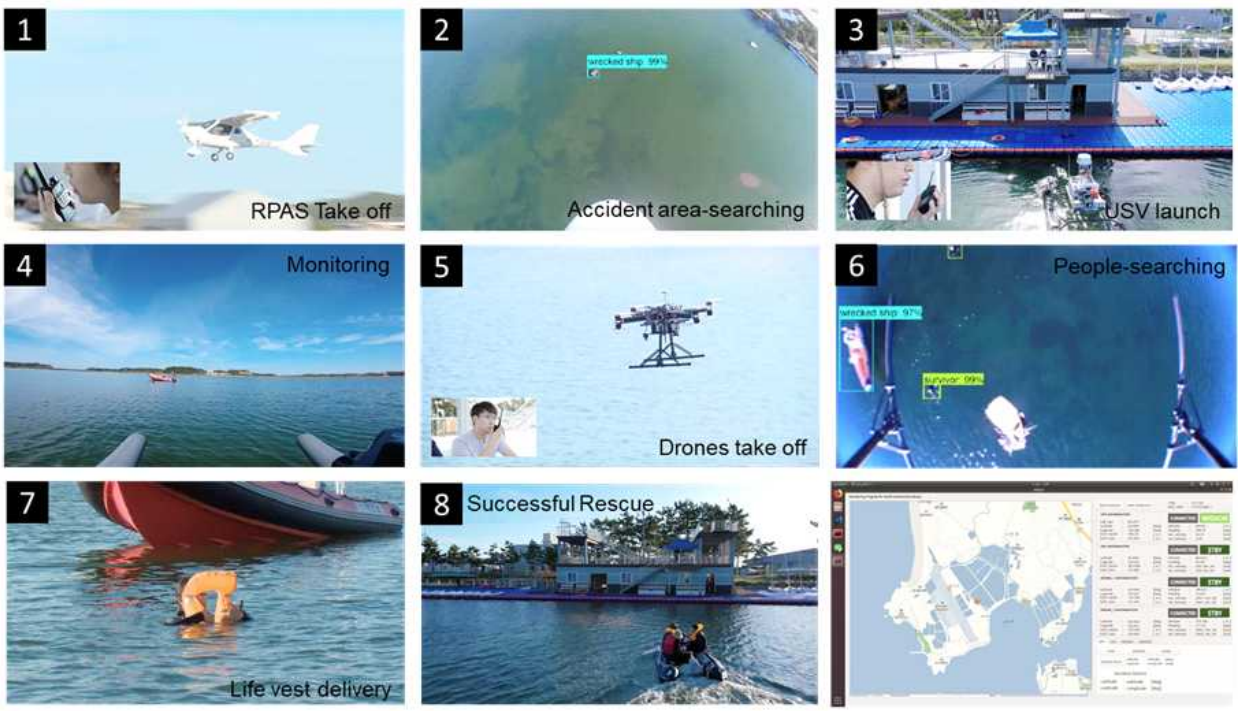


그림 158. 다부처 다종 무인이동체 통합시범운용 (19.10.29), 우측하단 통합운용모니터링 프로그램

□ 다종 무인이동체 통합시범운용 협의 (‘20.06.16(화))

○ 다종 무인이동체 통합운용 공동시연의 시나리오를 논의하기 위해여 회의 진행

○ 주요 논의사항

- 과기부 과제는 4차년도로 종료, 해수부과제는 2020년 종료, 국토부과제는 2021년 종료 예정임에 따라 다부처 실험은 본 6차년도인 2020에 완료하는 것으로 협의
- 해수부의 무인선, 드론 통합 운용기술은 국토부 OPV와 연계하여 운용하기로 함
- 과기부의 무인이동체 통신 원천기술은 국토부 OPV에 적용, 검증 및 실용화 중
- 수행 일정 및 장소 관련 논의
  공동시연은 9월에 진행하며, 장소는 평택호로 선정
- 해수부에서 활용중인 평택호에 국토부 OPV 항공기 진입 가능, 하지만 당일 진입 공역의 NOTAM 확인 필요
- 1차로 9월 11일(금)에 시도하였으나 한서대 주변 해무로 인해 OPV 이륙불가.
- 2차로 10월 9일(금)에 시도, 시험에 성공함



그림 159. 다부처사업 개념검증 최종 시연 시나리오

○ 통합시범운용 수행 시나리오

- 국토부 OPV가 평택호 높은 고도에서 초기 수색을 수행하고 일차적 예상위치 계산
- 탐색 결과를 해수부가 개발한 통합관제시스템에 전달하여 소형 드론이 실종자를 정밀 수색
- 최종적으로 무인선이 실종자에 접근하여 구명동의 투하
- 실제 사람을 해상에 투입하고 이를 무인선으로 끌어내는 방식으로 추진

□ 다종 무인이동체 통합시험운용 수행

○ 다종 무인이동체 통합운용 프로그램 제작

- 기존 다종 무인이동체의 미션수행 위치 공유 GUI 수정/개선
- 무인선 2대 및 드론 2대는 WiFi 활용 UDP 통신기반, RPAS는 ADS-B 장착

- 통합운용 프로그램을 통하여 해양 조난자 구조 시나리오 기반 다종 무인이동체의 출동과 미션 수행 단계 모니터링 수행

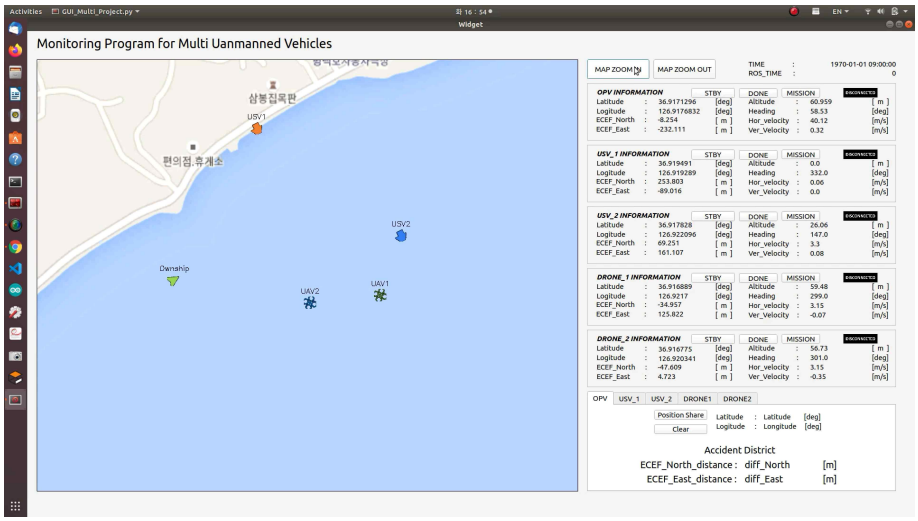


그림 160. 통합운용모니터링 프로그램

○ 해양 조난자 구조 시나리오 기반 다종 무인이동체 통합운용

- 장소 : 평택호 경기도요트협회 인근
- 시간 : 2020.10.9.(금)
- 참여기관 : KRISO, KAIST 심현철 교수, KAIST 김진환교수(해수부), 한서대
- 진행 내용

  조난자 신고접수 → OPV 태안 한서대 이륙 → 평택호 상공 집입 → 조난지역 수색(고도500ft) → OPV 활용 조난자 발견 → 조난지역 공유 → 드론 1,2호기 발진 → 조난지역 영상 송출 → 조난자 탐색 및 위치 전달 → 조난자 위치로 무인선 발진 → 무인선으로 구조용품 전달 → 119 대원 출동하여 조난자 구출



그림 161. 다부처 비행시험 현장 (경기도 평택호, 20.10.09)

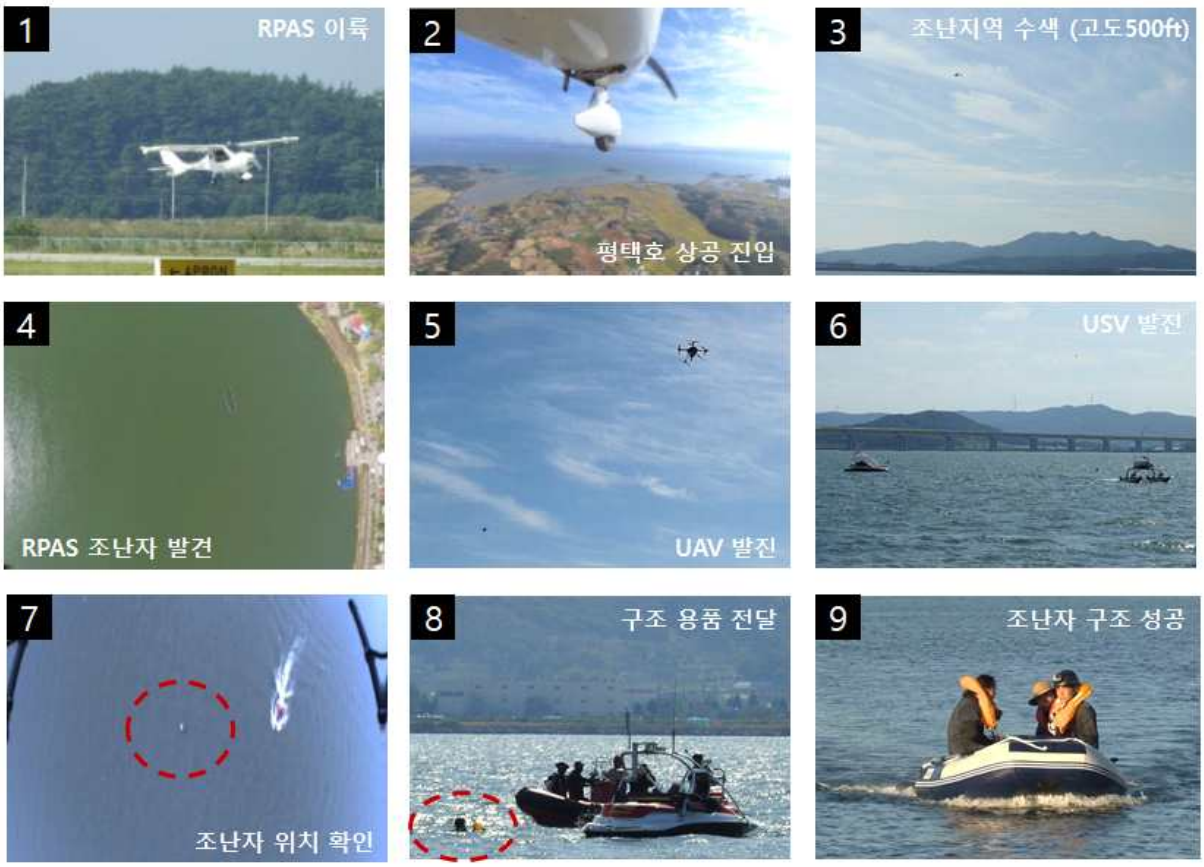


그림 162. 다부처 다종 무인이동체 통합시범운용 (20.10.09)



그림 163. OPV, 소형드론 2대, 무인선 2대를 활용한 구조 시연장면 (20.10.09)

[성과 21] - KOTI, KAIST, KIAST, ETRI: 국제기준수립 활동

□ 2021년 ICAO RPASP 주요 이슈

- ’21년 3월, 8월에 코로나19 팬데믹으로 인해 2차례 화상회의방식으로 진행
- 본 연구진은 ‘19년 연구결과를 Working Paper로 작성하여 RPAS/16에 제출하였으며(RPASP/16-WP10) 채택되어 상정되었음

□ WG1 감항(Airworthiness) 동향

○ 17차 패널회의

- ICAO Doc 9760(Airworthiness Manual) 개정(안) 관련 사무국 의견 검토
- 법제화를 담당하는 것은 각 국가의 감항당국이므로, Rational ‘Self-regulation’보다 ‘Self-administering’로 변경하는 것을 제안
- ICAO Doc 9760(Airworthiness Manual) Part IV 개정(안) 작성
- Vol.I 작업 지연으로 ICAO Doc 10019(RPASP Airworthiness Manual) 개정 관련 WGWHL/2에서 제출

○ 18차 패널회의

- Annex 6 Part IV 개정(안) 제출에 따라 Annex 8 내 Annex 6 참조 조항 반영
- WP/15 - 감항성 인증(Certificates of Airworthiness) 등에 대한 체약국간 상호 인정
- FAA의 내용은 Low-Risk의 운용으로 ICAO RPASP에서 고려하고 있는 국제운항의 범위는 아니나, 이를 기반으로 향후 국제 운항 등을 고려한 Large UA로 확장할 예정

□ WG2 C2링크 동향

○ 17차 패널회의

- (WP/6, 캐나다) C2 링크 매뉴얼에 포함될 RLP(Required Link Performance) 검증을 위해 고려되어야 하는 SMS(Safety Management System)와 Safety 감시 관련 CAA 요구사항을 제시함
- C2링크 매뉴얼 개발 논의

□ WG3 탐지 및 회피(DAA) 동향

○ 17차 패널회의

- WP5(Compliance with Annex 3) 상정
  * RPAS도 Annex 3를 준수할 의무가 있으므로 이를 심층적으로 논의할 태스크포스를 구성할 것으로 전체 패널에 요청하였으며, 의장단은 이를 받아들여 METP/5 미팅에서 협의하고 적절한 공동 태스크포스를 구성할 WP를 다음 회기에 상정하기로 하였음
- Annex 10 Vol. IV Part 2 관련 외부 그룹들의 의견 검토 및 정리
- ACAS Manual 7.3절 검토

○ 18차 패널회의

- WP11 "DAA CONOPS & DAA Manual Status" 상정
- DAA Manual은 DAA의 기본적인 규정이 제시된 Annex 10 Vol. IV Part 2에 대한 세부적인 설명을 제시
- 국가간 운항하는 원격조종항공기가 타 항공기 조우시 회피하는 좁은 의미의 DAA에만 계속 집중하기로 함
- DAA기술을 유인기에 확장하는 방안 논의 (ACAS III)



WORKING PAPER

REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEMS PANEL (RPASP)

SIXTEENTH MEETING

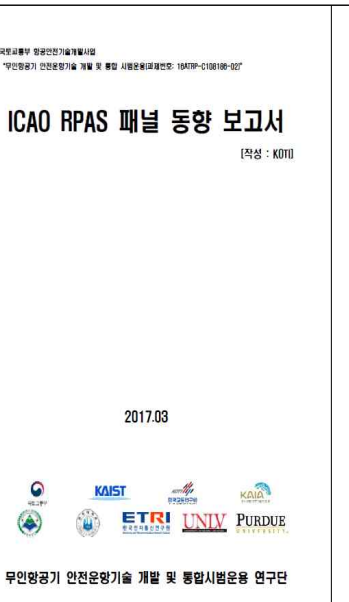
Montreal, Canada, 16 to 20 March 2020

LOST C2 LINK CONTINGENCY PROCEDURES FOR SEOUL TMA AND ASSESSMENT ON SAFETY AND CONTROLLER WORKLOAD

SUMMARY

1 INTRODUCTION

(6차년도)RPAS/ 16 본연구진이 제출한 WP



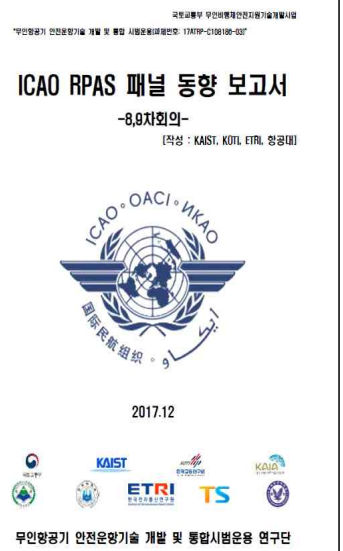
ICAO RPAS 패널 동향 보고서

[작성 : KOTI]

2017.03

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단

(2차년도) ICAO RPAS 패널 동향 보고서



ICAO RPAS 패널 동향 보고서

-8,9차회의-

[작성 : KAIST, KOTI, ETRI, 항공대]

2017.12

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단

(3차년도) ICAO PRAS 패널 동향 보고서



ICAO RPAS 패널 동향 보고서

-10,11,12차회의-

[작성 : KOTI,KAIST,ETRI,KIAST]

2018.11

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단

(4차년도) ICAO RPAS 패널 동향 보고서



ICAO RPAS 패널 동향 최종보고서

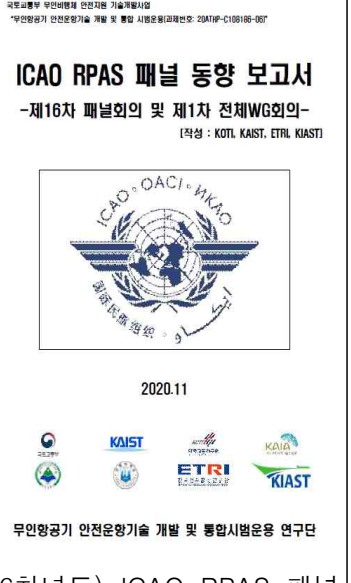
-제 13, 14, 15차 회의-

[작성 : KOTI, KAIST, ETRI, KIAST]

2019.11

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단

(5차년도) ICAO RPAS 패널 동향 보고서



ICAO RPAS 패널 동향 보고서

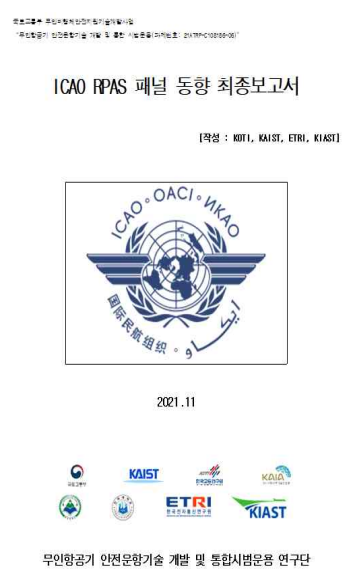
-제16차 패널회의 및 제1차 전체WG회의-

[작성 : KOTI, KAIST, ETRI, KIAST]

2020.11

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단

(6차년도) ICAO RPAS 패널 동향 보고서



ICAO RPAS 패널 동향 최종보고서

[작성 : KOTI, KAIST, ETRI, KIAST]

2021.11

무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합시범운용 연구단

(7차년도) ICAO RPAS 패널 동향 최종보고서

□ WG5 운항(Operations) 동향

○ 17차 패널회의

- ICAO RPAS Panel WG 5 의장 선출
- ICAO RPAS Panel의 Annex 6 Pt IV(Version G)의 comment 검토
  * 위험평가(risk assessment)는 항목들 고려
  * “RPA” 용어는 “RP aeroplanes”로 바뀜
  * 특별 VFR 비행을 제외한 IMC에서 등급별 성능의 RP Helicopter의 운용의 추가 요구조건 등 논의
- ICAO RPAS Panel의 WG5에서 Volume II of Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems(RPAS)(Doc 10019) 및 관련자료 개정안 작업방안 협의

○ 18차 패널회의

- 완전자율비행기 운항, 초저고도(very low levery), 초고고도(very high level, e.g. above FL600), 여객운송, 체약국내 운항 배제함
- RPAS 운용자는 RPAS 운항전체 책임(운항, 정비, 교육훈련 책임 포함)
- RPAS 구성요소 : RPA, RPS, C2링크, 기타 구성품
  * 기타 구성품(ATC 통신 및 감시장비, 항법장비, 발사/회수 장비, 비행통제컴퓨터, 모니터링장비, 비행종결시스템 혹은 기타 비상복구장치 등 포함)
- RPAS의 분산 특성으로 설계 승인 범위는 RPA 자체에서 확장하여 RPS(다양한 유형 가능), 적절한 경우 C2 링크 및 모든 비행 단계에서 안전한 운항을 위한 기타 구성 요소를 포함함
- RPA가 인증되면(형식증명 및 CofA) 인증서에는 모든 구성 요소가 포함됨. RPA는 RPA 형식증명 및 관련 형식설계(TD, Type Design)를 기반으로 전체 RPAS에 대한 감항증명서(CoA)를 받음

□ WG6 ATM 동향

○ 17차 패널회의

- WP/9 Lost C2 Link SSR Code 7400 승인에 따른 관련 문서(부속서 2, PANS-ATM, PANS-OPS)의 개정
- 부속서 2 Chapter 1 DEFINITIONS, 3.6.6 C2 Link 개정
- PANS-ATM(Doc 4444) 일부 개정

○ 18차 패널회의

- Folding wing tip 항공기를 위한 개정을 케이스 스터디로 하여 새로운 형태의 항공기를 도입하기 위한 프로세스 검토
- RPAS SAR(Search and Recovery) 관련 RPAS 매뉴얼에 관련 내용 삽입
  * 부속서6, part 4 근거, RPAS에 탑승객이 없는 경우 우선순위가 낮아짐
- Pre Flight Plan: 비행계획서상 “remote” 표기, LC2L 절차 및 대체공항 표기, 비행계획 이전 단계에서 공항 운항 가능 여부 확인 또는 공시(예, RPAS Capable) 가능 여부, 공시된 필수요건을 따르지 못하는 경우 “특별 승인” 여부, 비행계획서 18번의 표준화된 기입 양식 마련

(2) 정량적 연구개발성과

가. 정량적 연구개발 성과 및 평가방법

[기관별/연차별 성과물 목록]

성과물		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
KAIST	[1세부] 심현철	운용지원인프라 분석결과보고서 운용시험계획 보고서	시설구축계획 보고서 소형무인기 대역기구매 논문1건	구축결과보고서 운용시험보고서 논문2건 이동형지상국	시험운용보고서 논문 3건 이동형지상국	시험운용보고서 충돌회피운용 보고서 다부처통합시범 운용 보고서 논문6건, 특허출원2건	시험운용보고서 1건 다부처과제 통합운용 결과보고서 1건 논문 2건 S/W 2건 해외특허출원 1건 특허등록1건	시험운용보고서 1건 SW 1건
	[1세부] 박성욱 김순태	구축계획보고서 1건	시스템운용 보고서 1건 논문 2건 단일셀 HW/SW	시스템운용 보고서 1건 논문 1건, 특허 1건 다중셀 HW/SW	시스템운용 보고서 1건 논문 2건 시험레이다망 구축	실용화추진 보고서 1건	-	-
	[1세부] 윤윤진	선행연구조사 보고서1건	저고도 운용 기술요구사항 보고서 특허1건, 논문1건 저고도과제 연구방안	-	-	-	-	-
	[1세부] 이지윤	SBAS수신장비 성능조사 보고서	-	-	-	-	-	-
[1세부] ETRI		-	구축시험계획서	지상시험결과서 단일셀무선국 논문 2건 특허 1건	단일셀비행시험 결과서 2개셀 무선국 논문 2건	다중셀시험 결과서 3개셀 무선국 논문 2건 특허 1건	비행시험결과 타당성보고서 논문 2건 특허 1건	-
[1세부] 한서대		비행시험계획서 1건	비행시험계획서 1건 및 OPV 계약	OPV 시스템 입고 및 수락시험절차서 1건	인수검사서 및 비행시험보고서 각 1건 논문 1건	비행시험보고서 1건	비행시험보고서 1건 논문 2건	비행시험보고서 1건
[1세부] 인하대		시스템요구도	성능검증도구 시스템개발	성능검증도구 운용	가상비행시험 보고서1건 논문 1건	가상비행시험 보고서1건 논문 1건	가상비행시험 보고서1건 논문 1건	가상비행시험 보고서1건 논문 1건
[2세부] KOTI		선행연구조사 보고서 논문 1건	C2 링크 단절 비상절차 시나리오	C2링크 단절 비상절차 평가 보고서	무인항공기 운항기술기준 (안)연구보고서	무인항공기관련 항공안전법 등 관계법령	무인항공기 관련 항공안전법 등	무인항공기 관련 항공안전법 등

		보고서 ICAO RPASP 동향 보고서 1건	무인기 관제/운항 개정방안 보고서 ICAO RPASP 동향 보고서 논문 1건 WP 1건	무인항공기 항공교통관제 절차 개정(안) 연구 보고서 ICAO RPASP 동향 보고서 국제학술회의 발표 1건	개정초안 및 관련 보고서 1건 무인항공기 운항기술기준 (안) 1차 초안 및 관련 보고서 1건, 무인항공기 항공교통관제절 차 개정(안) 1차 초안 및 관련 보고서 1건, ICAO RPASP 동향 보고서 1건, 무인항공기 책임보험 제도 연구보고서 1건 논문 1건	관계 법령 개정(안) 관련 보고서 1건, 무인항공기 운항기술기준 (안) 2차 초안 관련 보고서 1건, 무인항공기 항공교통관제절 차 개정(안) 2차 초안 관련 보고서 1건, ICAO RPASP 동향 보고서 1건	관계 법령 개정(안) 관련 보고서 1건, 무인항공기 운항기술기준 (안) 3차 제정안 관련 보고서 1건, 무인항공기 항공교통관제절 차 3차 개정(안) 관련 보고서 1건, ICAO RPASP 동향 보고서 1건
[2세부] 한국교통 안전공단	-	-	무인항공기 조종자격 제도 보고서 1건	무인항공기 조종자격 제도 보고서 1건	무인항공기 조종자격 제도 보고서 1건, 발표 1건	-	-
[2세부] 한서대	-	-	무인항공기 조종사교육제도 보고서1건	무인항공기 조종사교육제도 보고서1건	무인항공기 교육과정 커리큘럼(안)	-	-
[2세부] 항공안전 기술원	-	-	-	무인항공기 인증 동향 분석 보고서, 논문 2건	무인항공기 인증기준/체계 구성요소 분석 보고서 1건, 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 1차 초안, 논문 2건	무인항공기 인증체계 및 감항기준 수립 방안 보고서 1건, 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 2차 초안, 논문 2건	국제 무인항공기 감항표준(안) 검토 및 감항기준(안) 방향 수립 보고서 1건, 무인항공기 인증체계 구축(안) 보고서 1건, 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 1건, 논문 1건
[2세부] 한국 항공대학교	-	-	국내무인항공기 인증체계 개발 전략 보고서 1건, 논문1건	-	-	-	

[연차별 정량성과]

구분		1차년도 계획/달성	2차년도 계획/달성	3차년도 계획/달성	4차년도 계획/달성	5차년도 계획/달성	6차년도 계획/달성	7차년도 계획/달성	총계 계획/달성
국외 논문 게재	SCI	-	-/3	-/1	-	1/4	1/-	-/1	2/9
	비SCI (학회포함)	-	-/2	-/4	1/4	2/5	-/3	-/1	4/19
	계	-	-/4	-/1	1/7	3/10	1/2	-/1	6/28
국내 논문 게재	SCI	-	-	-	-/1	-	-	-	-/1
	비SCI (학회포함)	1/3	-/6	5/13	7/13	7/8	4/6	-/3	24/52
	계	1/3	2/5	5/12	7/13	7/9	6	-/2	24/53
특허 출원	국내	-/1	-//1	1/2	-/4	3/12	2/2	-/-	5/22
	국외	-	-	-	-/1	-/2	-/4	-/1	-/7
	계	-/1	-/1	1/2	-/5	3/14	2/6	-/1	5/29
특허 등록	국내	-/1	-	1/2	-	-/2	1/1	-/3	2/9
	국외	-	-	-/1	-	-/1	-/3	-	-/5
	계	-/1	-/1	1/3	-	-/3	1/4	-/3	2/14
인력 양성	석사	-	-/8	-/10	-/1	-/8	-/3	-/3	-/33
	박사	-	-	-/2	-/4	-/2	-/3	-/3	-/14
	계	-	-/8	-/12	-/5	-/10	-/6	-/6	-/47
기술 이전	계약건수	-	-	-	-	-	-	-	-
	계약액	-	-	-	-	-	-	-	-
	징수액	-	-	-	-	-	-	-	-
국제 표준 화	기고서 제출	-	-	-	-	-	-/1	-/1	-/2
	기고서 채택	-	-	-	-	-	-/1	-/1	-/2
	표준안 채택	-	-	-	-	-	-	-	-/4
국내 표준 화	기고서 제출	-	-	-	-	-	-	-/2	
	기고서 채택	-	-	-	-	-	-	-	
	표준안 채택	-	-	-	-	-	-	-	
등록 · 기탁 대상 성과 물	보고서 원문	6/6	9/10	9/14	13/16	12/16	9/11	8/11	66/78
	연구시설 · 장비	-	2/2	1/1	2/3	3/3	-	-	8/9
	기술요약정보	-	-	-	-	-	-	-	-
	생명 자원 생명정보	-	-	-	-	-	-	-	-
	생명 자원 생물자원	-	-	-	-	-	-	-	-
	생명 자원 신품종	-	-	-	-	-	-	-	-
	소프트웨어	-	-	1/1	-	-	2/7	-	3/8
	화학물	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	시제품	-	-	-	-	-	-	-	-
	성과 홍보	-	-	-	-	-	1	-	-/1
	일자리 창출	-	-	-	-	-	-	-	-

[구축장비 현황]

보유기관	연구시설 · 장비명	규격	수량	용도	활용용도 및 시기
KAIST	KLA-100	LSA	1	비행시험 항공기	6～7차년
KAIST	지상통제장비 (RPS 2,3호기)	트럭탑재	2	비행시험 통제	6～7차년
한서대	유무인복합기(OPV)	LSA	1	비행시험 항공기	4～7차년
한서대	지상통제장비(RPS 1)	트럭탑재	1	비행시험 통제	4～7차년
인하대	관제시뮬레이터 (서버PC)	Linux 2.6 i5-3570 CPU7.6GB Memory	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (서버관리 모니터)	24인치 모니터	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (관제사 PC-본체)	Intel i7 3.40GHz 16GB Memory	3	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (관제사 모니터)	27인치 모니터	4	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (조종사 PC-본체)	Dell - Intel i7 3.60GHz 16GB Memory 급	4	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (조종사 모니터)	24인치 모니터	4	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (음성서버 PC-본체)	라이젠 2700 8GB Memory	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (음성서버 모니터)	24인치 모니터	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (RPAS 모듈)	i7-3.6GB 8GB 2대, LG 27인치 모니터 4대, 호타스 조종간 세트, 세이텍 러더	2	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (대형 모니터)	삼성 60인치 UHD 디스플레이	3	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (HDMI 분배기)	HDMI 4in - 2out 이상급	3	대형모니터 가시화장치 분배기	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (관제용 헤드셋)	David Clark H10-135	4	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (뇌파측정장치)	EEG sensor 14 channels 3axis+/-4g accelerometer	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	관제시뮬레이터 (심박센서)	Polar OH1 Armband POL1AR0	1	가상비행시험	1~7차년도

인하대	ADS-B Receiver	1090MHz USB stick type 300km range	1	실 비행데이터 분석 및 가상비행시험	1~7차년도
인하대	ADS-B Receiver	Linux SBC 1GHz CPU 512MB Memory	1	실 비행데이터 분석 및 가상비행시험	1~7차년도
인하대	ADS-B 관리 PC-본체	Intel i5 3.00GHz 8GB Memory	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	ADS-B 관리 모니터	24인치 모니터	1	가상비행시험	1~7차년도
인하대	NAS	IPtime NAS2 dual, Synology DS918+	2	소프트웨어 저장 및 버전관리	1~7차년도
인하대	서버 PC	Linux 2.6 i5-3570 CPU7.6GB Memory	1	관제시뮬레이터 노드 관리 서버	1~7차년도
인하대	네트워크 허브장비	ACCIED TELESIS AT-GS950 24Port	2	관제시뮬레이터 모듈 허브장치	1~7차년도
인하대	관제 통신 수신기	0.1- 1309.995MHz AM, FM, WFM mode 1300 Memory Ch	2	가상비행시험	1~7차년도
인하대	항공 관제 시뮬레이션 시스템	-	1	HiTL 가상비행시험	1~7차년도
인하대	LDRA	-	1	알고리즘 검증	1~7차년도
인하대	Flightgear	-	1	알고리즘 검증	1~7차년도
인하대	PILS 시스템 시뮬레이터	-	1	알고리즘 검증	1~7차년도
인하대	비행조종시뮬레이터	-	1	알고리즘 검증	1~7차년도
인하대	6DOF 시뮬레이션 프로그램	-	1	알고리즘 검증	1~7차년도
인하대	ACODE	-	1	제어기 설계	1~7차년도

[1차년도]

□ 민간무인항공기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용(카이스트)

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축

[성과 9] - 카이스트 (박성욱,김순태 교수): 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축

[성과 12] - 카이스트 (심현철 교수): 민간무인기(소형 대역기) 시험/시범운용

[성과 17] - 카이스트 (윤윤진 교수): 비관제 공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법

[성과 18] - 카이스트 (윤윤진 교수): 비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉

[성과 19] - 카이스트 (이지윤 교수): 무인기용 SBAS 효용성 분석결과 및 활용방안

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준								예산 (백만원)	양적 성과목표	달성치
					질적 성과지표		목표치	달성치	보고서제목	측정방법	검증방법	가중치			
주관 - 카이스트	A	민간무인항공기 시험운용 위한 공항내 운용지원 인프라 구축	A-1	시범사업지역 분석 및 이동형 운용지원 인프라 요건분석	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건	시범사업지역분석 및 이동형 운용지원 인프라 요건분석 보고서	발행 건수	보고서	4	20	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W: 0건	-
	B	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설 구축	B-1	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서	①	전문가 평가	1건	연차실적계획서 1건	연차실적 계획서 대체	발행 건수	보고서	3	50	특허 : 출원 1건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건	출원0건 (출원 진행중) 국내학술발표 1건 초과달성
	C	소형 무인기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	C-1	무인기 실용화 기술검증 운용시험 세부계획 수립	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건	무인기 실용화 기술검증 운용 계획서	발행 건수	보고서	3	20	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건	-
			C-2	소형 무인기 비행성능 검증 및 운용시험 계획 수립	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건		발행 건수	보고서	2	20		
			C-3	자동이착륙, DAA 최소성능 획득방안 수립	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건	요소기술 최소성능 획득 시험계획서	발행 건수	보고서	2	21		
	D	비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 결로 설계 및 최적화 기법	D-1	무인비행장치 감시/식별 시스템 평가 시뮬레이터	①	선행기술 조사목록 도출	1건	연차실적계획서 1건	연차실적 계획서 대체	작성 여부	보고서	3	70	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건	-
			D-2	경로 최적화 및 경로 재설정의 확률적 알고리즘	①	선행연구 조사목록 도출	1건			작성 여부	조사목록보고서	2	70		
	F	무인기용 SBAS 효용성 분석결과 및 활용방안	F-1	SBAS 수신장비 성능조사 및 검증	①	요구도 설계	1건	연차실적계획서 1건	연차실적 계획서 대체	발행 건수	보고서	2	40	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건	-

□ 무인기 인증 체계 개발 (KTL)

[성과 2] - KTL : 무인항공기 인증체계(안) 개발

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준								예산 (백만원)	양적 성과목표	달성치
					질적 성과지표		목표치	달성치	보고서제목	측정방법	검증방법	가중치			
위탁 - KTL	A	무인기 인증기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	A-1	무인기 인증기술기준 고시(안)	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건	국내외 무인기 인증기술 분석 보고서	발행 건수	보고서	20	60	특허 :출원0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 0건 S/W 0 건	-

□ 민간무인항공기 운용개념수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차 개정 (KOTI)

[성과 3] - KOTI :운항기술기준 제정(안)

[성과 4] - KOTI :책임보험법(안)

[성과 5] - KOTI :무인기 항공교통관제 기준/절차 개정

[성과 6] - KOTI :무인기 항공교통관제 절차 개정 (성과 5로 합쳐짐)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준								예산 (백만원)	양적 성과목표	달성치
					질적 성과지표		목표치	달성치	보고서제목	측정방법	검증방법	가중치			
공동 - KOTI	A	항공법 등 관련 법령 개정	A-1	항공법, 시행령, 시행규칙 개정(안)	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건	민간무인항공기 운용개념수립 분류체계제정 관제기준 및 절차 개정	발행 건수	보고서	8	20	특허 : 출원0건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W 0건	논문1건 (100%)
	B	무인기 관제 절차 개정	B-1	관제 기준 및 절차 개정	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건		발행 건수	보고서	9	140	특허 : 출원0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W 0 건	-
	C	무인기 법적 책임 보험제도	C-1	법적 책임 보험제도	①	전문가 평가	1건	성과 보고서 1건		발행 건수	보고서	3	20	특허 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W 0 건	-

□ 유무인기 통합검증 HiTL 성능검증 도구 (인하대)

[성과 15] - 인하대: 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구

[성과 16] - 인하대: HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준								예산 (백만원)	양적 성과목표	달성치
					질적 성과지표		목표치	달성치	보고서제목	측정방법	검증방법	가중치			
공동3 - 인하대	A	무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구	A-1	배속성능검증 도구 선행 연구 조사	①	요구도 설계	1건	연차실적계획서 1건	연차실적 계획서 대체	발행 건수	보고서	5	30	특허: 출원0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품: 0건 S/W : 0건	-
			A-2	궤적 생성기 개발	①	전문가 평가	1건			발행 건수	보고서	5	30		
	B	무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템	B-1	시스템 설계	①	요구도 설계	1건			발행 건수	보고서	1	35	특허: 출원0건 등록 0건 논문: 0건 시제품: 0건 S/W: 0건	국내학술 발표 1건 초과 달성
			B-2	시스템 개발	①	개발 보고서	1건			발행 건수	보고서	2	25		

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - 한서대: 0PV기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준								예산 (백만원)	양적 성과목표	달성치
					질적 성과지표		목표치	달성치	보고서 제목	측정방법	검증방법	가중치			
공동4-한서대	A	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	비행시험계획	①	전문가 평가	1건	성과보고서 1건	비행시험 계획서	발행 건수	보고서	20	50	특허: 출원 0건 등록 0건 논문: 0건 시제품: 0건 S/W: 0건	-

[2차년도]

□ 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용 (카이스트)

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축

[성과 9] - 카이스트 (박성욱,김순태 교수): 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축

[성과 12] - 카이스트 (심현철 교수): 민간무인기(소형 대역기) 시험/시범운용

[성과 17] - 카이스트 (윤윤진 교수): 비관제 공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법

[성과 18] - 카이스트 (윤윤진 교수): 비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치		
주관 - 카이스트	A	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축	A-2	이동형 운용지원 지상시설 개념 및 상세설계	①	전문가평가	1건	발행건수	보고서	2	카이스트	600	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0 건
	B	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이더 시설 구축	B-1	무인항공기 감시 레이더 시설 설계 보고서	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	1	카이스트	340	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 2건 시제품 : 0건 S/W : 0건
	C	소형 무인기의 시험/시범운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	C-4	시나리오 기반 임무수행절차 수립	①	전문가평가	1건	발행건수	보고서	1	카이스트	20	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건
			C-5	시나리오 기반 소형 무인기 비행시험 수행	①	전문가 평가	1건	시연횟수	현장 평가 (시범사업 지역)	3		41	
					②	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	2		20	
			C-6	무인기 기능별 최소요건 연구관련 비행시험 수행	①	요구도 산출결과 전문가 평가	1건	발행건수	보고서	2		30	
	D	비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 결로 설계 및 최적화 기법	D-2	경로 최적화 및 경로 재설정의 확률적 알고리즘	①	전문가 평가	1건	출원건수	특허	1	카이스트	120	특허 : 출원 1건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건
				저고도 공역 무인비행장치 운영시스템의 기술적 요구사항 도출	②	저고도공역 무인비행장치 운영시스템의 기술적 요구사항 보고서	1건	작성여부	기술적 요구사항 보고서	1		40	
	E	비관제공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉	E-1	저고도 공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 도출	①	기본개념도	1건	전문가 평가	보고서	1	카이스트	60	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
계										20		1,271	특허 : 출원 1건 등록 0건 논문 : 4건 시제품 : 0건 S/W : 0건

□ 민간무인기 운용개념수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차 개정 (KOTI)

[성과 3] - KOTI :운항기술기준 제정(안)

[성과 4] - KOTI :책임보험법(안)

[성과 5] - KOTI :무인기 항공교통관제 기준/절차 개정

[성과 6] - KOTI :무인기 항공교통관제 절차 개정 (성과 5로 합쳐짐)

[성과 7] - KOTI :C2 단절 비상절차 평가

[성과 21] - KOTI,KAIST,ETRI,항공대 : 국제기준수립 활동 (3차년 계획에 없었으나, 3차년 연구 진행 과정에서 별도 구분 필요)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
협동-KOTI	A	무인기 인증기준의 제정(안) 및 고시 지원	A-1	ICAO RPAS 패널 국제 기준 동향 파악 및 분석	①	전문가 평가	1건	발행 건수	보고서	10	한국 교통 연구원	20	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
	B	무인기 운항기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	B-1	ICAO RPAS 패널 참석 및 국제 기준 동향 파악	①	전문가 평가	1건	발생 건수	보고서	10	한국 교통 연구원	35	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
	C	무인기 관제 절차 개정	C-1	ICAO RPAS 패널 참석 및 국제 기준 동향 파악	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	10	한국 교통 연구원	35	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
	D	C2 단절 비상절차 평가	D-1	김포-제주 항로 교통량 분석	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	30	한국 교통 연구원	80	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
			D-2	비상절차 시나리오 연구	②	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	40	한국 교통 연구원	80	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
계										100		250	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건

□ 통신/통제시설 구축 및 운용 (ETRI)

[성과 10] - 무인기 제어용 통신 (CNPC) 시범 인프라 구축 및 시험 운용KOTI :운항기술기준 제정(안)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
공동2-ETRI	A	민간 무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크 (CNPC) 인프라 구축	A-1	CNPC 시범 인프라 시험계획	①	CNPC 시험계획서	1건	발행건수	보고서	20	ETRI	300	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
계										20		300	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건

□ 가상 비행시험 통한 무인기 운용 시험

[성과 16] - HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합운용 가상 비행 시험

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	정량목표
					질적성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
공동3 - 인하대	A	HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	A-1	시스템 개발	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	20	인하대	221	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
계										20		221	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	정량목표
					질적성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
공동4 - 한서대	A	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	비행시험계획	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	5	한서대	100	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건
			A-2	OPV 및 RPS 확보	①	제안요청서	1건	발행건수	요청서	10		500	
					②	구매계약서	1건	발행건수	계약서	10			
계										20		600	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건

[3차년도]

□ 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용 (카이스트)

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축
[성과 9] - 카이스트 (박성욱,김순태 교수): 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축
[성과 20] - 카이스트 (심현철 교수): 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험 운용

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증 방법	가중치			
주관 - 카이스트	A	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축	A-1	이동형 운용지원 지상시설 구축	①	이동형 운용지원 지상시설 구축 및 운용	1건	발행 건수	보고서	30	카이스트	300	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	B	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이다 시설 구축	B-1	무인항공기 감시 레이다 시설 설계 보고서	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	40		500	특허 : 출원 0 건 등록 1 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 1 건
	C	소형 소형무인항공기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	C-1	소형 소형무인항공기 비행시험 수행	①	소형 대역기 운용시험 보고서	1건	발행 건수	보고서	30		268	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		1,068	특허 : 출원 0 건 등록 1 건 논문 : 3 건 시제품 : 0 건 S/W : 1 건

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - 한서대: OPV기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심연구성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	정량목표
					질적성과지표		목표치	측정방법	검증 방법	가중치		
공동4 - 한서대	A	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	비행시험계획	①	NASA 비행시험 보고서(번역본)	1건	발행건수	보고서	30	한서대	100	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	수락시험	①	수락시험 절차서	1건	발행건수	보고서	70		800	
계										100		900	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 가상 비행시험 통한 무인기 운용 시험 (인하대)

[성과 16] - 인하대: HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		3차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	정량목표
					질적성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
공동3 - 인하대	A	HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	A-1	시스템 개발 및 가상 비행 시험	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	100	인하대	231	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		231	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 통신/통제시설 구축 및 운용 (ETRI)

[성과 10] - ETRI: 무인기 제어용 통신(CNPC) 시범 인프라 구축 및 시험 운용

구분	**핵심성과** (level1)		**단위성과** (level2)		3차년도 성과점검기준					**해당 기관**	**예산** (백만원)	**양적 성과목표**
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
공동2 - ETRI	A	민간 무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크 (CNPC) 인프라 구축	A-1	CNPC 시범 인프라 지상 시험	①	CNPC 시험절차/결과서	1건	발행건수	보고서	100	ETRI	600	특허 : 출원 1 건 등록 0 건 논문 : 4 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		600	특허 : 출원 1 건 등록 0 건 논문 : 4 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 민간무인기 운용개념수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차 개정 (KOTI)

[성과 3] - KOTI :운항기술기준 제정(안)
[성과 4] - KOTI :책임보험법(안)
[성과 5] - KOTI :무인기 항공교통관제 기준/절차 개정
[성과 6] - KOTI :무인기 항공교통관제 절차 개정 (성과 5로 합쳐짐)
[성과 7] - KOTI :C2 단절 비상절차 평가
[성과 21] - KOTI,KAIST,ETRI,항공대 : 국제기준수립 활동 (3차년 계획에 없었으나, 3차년 연구 진행 과정에서 별도 구분 필요)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
협동-KOTI	A	무인기 운항기술 기준의 제정 (안) 및 고시 지원	A-1	ICAO RPAS 패널 참석 및 국제 기준 동향 파악	①	전문가 평가	1건	발행 건수	보고서	10	한국교통연구원	10	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	B	무인기 관제 기준 및 절차 개정	B-1	ICAO RPAS 패널 참석 및 국제 기준 동향 파악	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	10		10	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	C	C2 단절 비상절차 평가	C-1	OPV용비상절차 시나리오 작성	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	10		10	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			C-2	비상절차 안전도 평가 방법론 연구	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	30		40	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			C-3	비상절차평가용 시뮬레이션 수행	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	20		30	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	D	무인기 조종사 교육제도 연구	D-1	무인기 조종사 교육제도 연구	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	20	위탁(한서대)	35	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		135	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 무인항공기 시스템 통합운용 및 안전비행을 위한 연구 (한국항공대)

[성과 2] - 항공대: 글로벌 스탠더드 무인항공기 인증 체계 개발

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		3차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만)	정량목표
						질적성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동4-항공대	A	글로벌 스탠더드 무인항공기 인증 체계 개발	A-1	국내 원격조종 항공기 시스템(RPAS)의 인증체계 개발전략 수립	①	전문가 평가	1건	발행 건수	보고서	100	한국항공대학교	80	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		80	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 무인항공기 조종 자격 제도 연구 (한국교통안전공단)

[성과 1] - 한국교통안전공단: 무인항공기 조종자격제도 법제 체계(안)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동-한국교통안전공단	A	조종자격 제도 초안마련	A-1	Annex 1 및 PANS-TRG 개정안 분석	①	전문가평가	1건	발행건수	보고서	30	한국교통안전공단	15	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	국내 법제체계 마련	①	전문가평가	1건	발행건수	보고서	70		30	
계										100		45	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

[4차년도]

[1세부]

□ 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용 (카이스트)

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축
[성과 9] - 카이스트 (박성욱,김순태 교수): 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축
[성과 20] - 카이스트 (심현철 교수): 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험 운용

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
주관 - 카이스트	A	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축	A-1	이동형 운용지원 지상시설 구축	①	이동형 운용지원 지상시설 구축 및 운용	1건	발행 건수	보고서	20	카이스트	300	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	B	무인항공기 탐지 및 식별을 위한 레이다 시설 구축	B-1	무인항공기 감시 레이다 시설 설계 보고서	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	40		610	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	C	소형 소형무인항공기의 시험/시범운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	C-1	소형 소형무인항공기 비행시험 수행	①	소형 대역기 운용시험 보고서	1건	발행 건수	보고서	20		300	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	D	충돌회피 기술 시험운용	D-1	충돌회피 기술 CPDS 프로그램 OPV 시스템 통합/분석	①	충돌회피 기술 CPDS 프로그램 구축 보고서	1건	발행 건수	보고서	20		273	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		1,483	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 4 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - 한서대: OPV기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	정량목표
						질적성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동4 - 한서대	A	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	OPV 시스템 인수	①	수락비행시험 보고서	1건	발행건수	보고서	20	한서대	600	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	비행시험 수행	①	비행시험보고서	1건	발행건수	보고서	10		300	
계										30		900	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 통신/통제시설 구축 및 운용 (ETRI)

[성과 10] - ETRI: 무인기 제어용 통신(CNPC) 시범 인프라 구축 및 시험 운용

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동2 - ETRI	A	민간 무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크 (CNPC) 인프라 구축	A-1	CNPC 지상 무선국 구축 및 시험	①	탑재 무선국 지상 무선국	1건	구축확인	구축 장비 시연	70	ETRI	350	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	CNPC 시범 인프라 비행 시험	①	CNPC 비행시험 결과서	1건	발행건수	보고서	30		150	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		500	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험 (인하대)

[성과 16] - 인하대: HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	정량목표
						질적성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동3 - 인하대	A	HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	A-1	시스템 개발 및 가상 비행 시험	①	가상 비행 시험 결과서	1건	발행건수	보고서	50	인하대	110	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
						논문	1건	발행건수	학술대회 및 학술지	50	인하대	102	
계										100		212	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

[2세부]

□ 관계 법령 및 각종 기준 개정 (KOTI)

[성과 1] - KOTI,KOTSA,한서대 :항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원
[성과 3] - KOTI,KOTSA :무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원
[성과 5] - KOTI :무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정
[성과 21] - KOTI,KAIST,ETRI,KIAST : 국제기준수립 활동 (3차년 계획까진 없었으나, 3차년 연구 진행 과정에서 별도 구분)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
협동 - KOTI	A	무인기 운항기술기준의 제정(안) 및 고시 지원	A-1	무인기 운항기술기준 제정 초안 작성	①	전문가 평가	1건	발행 건수	보고서	40	한국교통연구원	100	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	B	무인기 관제 기준 및 절차 개정	B-1	무인기 관제절차 개정 초안 작성	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	30		90	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	C	국제기준수립활동	C-1	ICAO RPAS 패널 참석	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	30		90	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		280	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 관계 법령 및 각종 기준 개정 (한국교통안전공단)

[성과 1] - KOTI,KOTSA, 한서대 :항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동-한국교통안전공단	A	조종자격 제도 초안마련	A-1	항공선진국 사례 현지 조사 및 벤치마킹	①	전문가평가	1건	발행건수	보고서	40	한국교통안전공단	50	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	무인기 조종자격 법제안 제시 및 입법화	①	전문가평가	1건	발행건수	보고서	60		100	
계										100		150	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 관계 법령 및 각종 기준 개정 (한서대)

[성과 1] - KOTI,KOTSA,한서대 : 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동 - 한서대	A	무인항공기 조종사 교육제도(안)	A-1	무인기 운항기술기준 제정 초안 작성	①	전문가 평가	1건	발행 건수	보고서	100	한서대	100	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		100	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 인증체계(안) 개발

[성과 2] - 항공안전기술원: 무인항공기 인증 체계 개발

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동-항공안전기술원	A	무인항공기 인증체계 개발	A-1	무인항공기 기술기준(안) 방향 제시	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	50	항공안전기술원	100	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	무인항공기 인증체계 구축(안) 수립	①					20		60	
	B	국제기준 수립 활동	B-1	ICAO RPAS 패널 참석	①	패널 보고서	1건	발행건수	보고서	30		40	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		200	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

[5차년도]

[1세부]

□ 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용 (카이스트)

[1세부] 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축
[성과 9] - 카이스트 (박성욱,김순태 교수): 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축
[성과 20] - 카이스트 (심현철 교수): 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험 운용

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		5차년도 성과점검기준					해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
주관 카이스트	A	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축	A-1	이동형 운용지원 지상시설 구축	①	이동형 운용지원 지상시설 구축 및 운용	1건	발행 건수	보고서	10	카이스트	480	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	B	소형무인 항공기 감시 레이다 지상시설 구축	B-1	소형무인항공기 탐지를 위한 레이다 지상시설 구축	①	전문가 평가	1건	발행건수	보고서	30		240	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건 보고서 : 1 건
	C	소형 소형무인 항공기의 시험/시범 운용을 통한 데이터 분석 및 운용위험 관리절차 수립	C-1	소형 소형무인항공기 비행시험 수행	①	소형 대역기 운용시험보고서	1건	발행 건수	보고서	10		200	특허 : 출원 1 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	D	충돌회피 기술 시험운용	D-1	충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석	①	충돌회피 기술 비행시험 보고서	1건	발행 건수	보고서	40		700	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
	E	다종무인기 통합시험 운용	E-1	다종무인기 통합시험운용 협의/계획	①	다종무인기 통합시험운용 보고서	1건	발행 건수	보고서	10		100	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		1,720	특허 : 출원 2 건 등록 0 건 논문 : 6 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - 한서대: OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		5차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동 한서대	A	실기 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	비행시험 수행	①	비행시험 횟수	30회 /14회 (11/27 기준)	OPV 이착륙 회수	비행 데이터	80	한서대	600	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	비행시험 수행	①	비행시험보고서	1건 /1건	발행 건수	보고서	20		160	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		760	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 통신/통제시설 구축 및 운용 (ETRI)

[성과 10] - ETRI: 무인기 제어용 통신링크(CNPC) 시범 인프라

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		5차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동 ETRI	A	민간 무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크 (CNPC) 인프라 구축	A-1	다중셀 CNPC 무선국 구축 및 시험	①	다중셀 구축	1건	구축확인	구축장비 시연	40	ETRI	250	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	다중셀 CNPC 무선링크 비행 시험	①	다중셀비행시험 결과서	1건	발행건수	보고서	60		150	특허 : 출원 1 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계										100		400	특허 : 출원 1 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

□ 가상 비행시험 통한 무인기 운용 시험 (인하대)

[성과16] - 인하대 :HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		5차년도 성과점검기준						해당기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
공동 인하대	A	HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	A-1	시나리오에 의한 가상 비행 시험 수행	①	가상 비행 시험 결과서	1건	발행건수	보고서	50	인하대	207	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건 보고서 : 1 건
					②	논문	1건	발행건수	학술대회 및 학술지	50			
계										100		207	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

[2세부] 관계 법령 및 각종 기준 개정

[성과 1] - KOTI,KOTSA,한서대: 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원
[성과 3] - KOTI,KOTSA,한서대: 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원
[성과 4] - KOTI: 무인기 법적 책임 및 책임 보험 제도(안)
[성과 5] - KOTI: 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정
[성과 21] - KOTI,KAIST,ETRI,KIAST : 국제기준수립 활동

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		5차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)		목표치/ 달성치	검증방법	가중치			
협동 한국교통연구원	A	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안)	A-1	항공안전법 개정 초안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	20	한국교통연구원	40	보고서 : 1건/1 건
	B	무인기운항 기술기준 제정(안) 및 고시지원	B-1	고정익 무인항공기 관련 운항기술기준 1차 제정안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	30		70	보고서 : 1건/1 건
	C	무인항공기 관제절차개정	C-1	무인항공기 관제절차 1차 개정안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	30		100	보고서 : 1건/1 건 논문 : 1건/1 건
	D	책임보험제도(안)	D-1	책임보험제도 (안) 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	5		40	보고서 : 1건/1 건
	E	국제기준수립활동	E-1	ICAO RPAS 패널 참석	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	15		50	보고서 : 1건/1 건
계									100		300	보고서 : 5건/5 건 논문 : 1건/1 건

[성과 1] - KOTSA, 한서대 :항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원
[성과 3] - KOTSA, 한서대 :무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		5차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)		목표치/ 달성치	검증방법	가중치			
공동 한국교통안전공단	A	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안)	A-1	무인항공기 조종자격 관련 항공안전법 등 개정(안) 제시	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	70	한국교통안전공단	56	보고서 : 1건/1 건
	B	무인기운항 기술기준 제정(안) 및 고시지원	B-1	무인항공기기 운항기술기준 제정(안) 내 조종자격 관련 부분 작성	①			전문가 평가	30		24	
계									100		80	보고서 : 1건/1건

[성과 1] - KOTI,KOTSA,한서대: 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원
[성과 3] - KOTI,KOTSA,한서대: 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		5차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)		목표치/ 달성치	검증방법	가중치			
공동 한서대	A	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안)	A-1	무인항공기 조종사 교육훈련 관련 항공안전법 등 내 개정(안) 현안연구	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	50	한서대학교	30	보고서 : 1건/1 건
	B	무인기운항 기술기준 제정(안) 및 고시지원	B-1	무인항공기 조종사 교육제도(안) 작성	①			전문가 평가	50		90	
계									100		120	보고서 : 1건/1건

□ 인증체계(안) 개발

[성과 2] - 항공안전기술원: 무인항공기 인증 체계 개발

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		5차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)		목표치/ 달성치	검증방법	가중치			
공동 항공안전기술원	A	무인항공기 인증체계개발	A-1	무인항공기 기술기준(안) 방향 제시	①	보고서(발행건수)	보고서 1건/1건	전문가 평가	30	항공안전기술원	60	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
			A-2	무인항공기 인증체계 구축(안) 수립	①				40		100	
			A-3	무인항공기 인증절차기준 고시(초안)	①	보고서(제안건수)	제안 1건/1건		30			
	B	국제기준수립 활동	B-1	ICAO RPAS 패널 참석	①	패널보고서	보고서	보고서	20		40	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건
계									100		200	특허 : 출원 0 건 등록 0 건 논문 : 1 건 시제품 : 0 건 S/W : 0 건

[6차년도]

[1세부] 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축

[성과 13] - 카이스트 (심현철 교수): 충돌회피 기술 시험운용

[성과 20] - 카이스트 (심현철 교수): 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험 운용

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		6차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	달성치	시스템 내 성과 입력	
					질적목표 (측정방법)		목표치 / 달성치	검증 방법	가중치				완료	미완료
1세부	A	민간무인기 시험운용 위한 공항 내 운용지원 인프라 구축	A-1	이동형 운용지원 지상시설 구축	①	이동형 운용지원 지상시설 구축 및 운용	1건	보고서	20	카이스트	44	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 0건 시제품: 0건 S/W: 0건 보고서: 1건	0건 0건 0건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건
	B	충돌회피 기술 시험운용	B-1	충돌회피 비행시험 분석 OPV 시스템 통합/분석	①	충돌회피 기술 비행시험 보고서	1건	보고서	60		130	특허:출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 0건 S/W: 1건	1건 1건 1건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 1건
	C	다종무인기 통합시험운용	C-1	다종무인기 통합시험운용 협의/계획	①	다종무인기 통합시험운용 보고서	1건	보고서	20		44	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 0건 시제품: 0건 S/W: 1건 보고서: 1건	0건 0건 0건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 1건 1건
계									100		218	특허:출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품 : 0건 S/W: 2건 보고서: 2건	1건 1건 1건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 2건 2건

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - 한서대: OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		6차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	달성치	시스템 내 성과 입력	
					질적목표 (측정방법)		목표치 / 달성치	검증방법	가중치				완료	미완료
1세부	A	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	비행시험 수행	①	비행시험 회수	18/24	이착륙 횟수	100	한서대	200	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 2건 시제품: 0건 S/W: 0건 보고서: 1건	0건 0건 2건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건
					②	무인선 협업시연	2/1	시험 횟수						
			A-2	비행시험 결과보고	①	비행시험보고서	1건/1건	발행			30			
계							1		100		230	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 2건 시제품: 0건 S/W: 0건 보고서: 1건	0건 0건 2건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건

□ 통신/통제시설 구축 및 운용 (ETRI)

[성과 10] - ETRI: 무인기 제어용 통신링크(CNPC) 시범 인프라

[성과 11] - ETRI: 무인기 제어용 통신(CNPC) 전국망 구축 타당성 연구

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		6차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	달성치	시스템 내 성과 입력	
						질적목표 (측정방법)	목표치 / 달성치	검증 방법	가중치				완료	미완료
1세부	A	민간 무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크 (CNPC) 인프라 구축	A-1	다중셀 CNPC 비행 시험 및 시연	①	3개셀 비행시험 / FCS-GCS 인터페이스	1건/1건	보고서	70	ETRI	120	특허:출원 3건 등록 2건 논문: 1건 시제품: 0건 S/W: 5건 보고서: 1건	3건 2건 1건 0건 5건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건
			A-2	네트워크 구축 방안 포함	②	전국망 구축 기지국 배치 (안) 포함	1건/1건	보고서	30		80	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 0건 시제품: 0건 S/W: 0건 보고서: 1건	0건 0건 0건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건
계							1		100		200	특허:출원 3건 등록 2건 논문: 1건 시제품: 0건 S/W: 5건 보고서: 2건	3건 2건 1건 0건 5건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 2건

□ 가상 비행시험 통한 무인기 운용 시험 (인하대)

[성과16] - 인하대 :HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		6차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	달성치	시스템 내 성과 입력	
						질적목표 (측정방법)	목표치 / 달성치	검증 방법	가중치				완료	미완료
1세부	A	HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	A-1	무인기 충돌 회피 기준을 적용한 가상 비행 시험	①	가상 비행 시험 결과서	1건	발행 건수	50	인하대	50	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 1건 시제품: 0건 S/W: 0건 보고서: 1건	0건 0건 1건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건
					②	논문	1건	발행 건수	50					
계							1		100		50	특허:출원 0건 등록 0건 논문: 1건 시제품: 0건 S/W: 0건 보고서: 1건	0건 0건 1건 0건 0건 0건	0건 0건 0건 0건 0건 1건

[2세부] 관계 법령 및 각종 기준 개정

[성과 1] - KOTI: 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원
[성과 3] - KOTI: 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원
[성과 5] - KOTI: 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정
[성과 21] - KOTI,KAIST,ETRI,KIAST : 국제기준수립 활동

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	달성치	시스템 내 성과 입력	
						질적목표 (측정방법)	목표치 / 달성치	검증 방법	가중치				완료	미완료
2세부	A	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안)	A-1	항공안전법 개정 초안 보완	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	전문가 평가	45	한국교통연구원	135	보고서 (개정안 포함): 1 건 논문: 1 건	개정안 1 건 논문 1 건	개정안 0 건 논문 0 건
	B	무인기운항 기술기준 제정(안) 및 고시지원	B-1	무인항공기 관련 운항기술기준 2차 제정안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	전문가 평가	35		105	보고서 (제정안 포함): 1 건	제정안 1 건	0 건
	C	무인항공기 관제절차개정	C-1	무인항공기 관제절차 1차 개정안 보완	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	전문가 평가	15		45	보고서 (개정안 포함): 1 건	개정안 1 건	0 건
	D	국제기준수립활동	D-1	ICAO RPAS 패널 참석	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	전문가 평가	5		15	보고서 : 1 건	0 건	1 건
계							1		100		300	보고서 (제,개정안 포함) : 4 건 논문: 1 건	3 건 1 건	1 건 0 건

□ 인증체계(안) 개발

[성과 2] - 항공안전기술원: 무인항공기 인증 체계 개발

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	달성치	시스템 내 성과 입력	
						질적목표 (측정방법)	목표치 / 달성치	검증 방법	가중치				완료	미완료
2세부	A	무인항공기 인증체계 개발	A-1	무인항공기 감항성 국제표준(안) 분석 및 감항기준(안) 제정 방향	①	연구보고서	1건	전문가 평가	30	항공안전기술원	70	보고서 : 1 건 논문 : 2 건	0 건 2 건	1 건 0 건
			A-2	무인항공기 인증체계 구축(안)	①				30		70			
			A-3	무인항공기 인증절차기준 고시(안) 보완	①	고시(초안) 2차	1건	전문가 평가	20		40			
	B	국제기준수립활동	B-1	ICAO RPAS 패널 참석(WG1)	①	보고서(발행건수)	1건	보고서	20		20	보고서 : 1 건	0건	1 건
							1		100		200	보고서 : 1 건 논문 : 2 건	0 건 2 건	2 건 0 건

[7차년도]

[1세부] 민간무인기 시범 인프라 구축, 시험운용 및 통합 시범운용

[성과 8] - 카이스트 (심현철 교수): 운용 지원 지상 시설 구축

[성과 13] - 카이스트 (심현철 교수): 충돌회피 기술 시험운용

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		당해단계 성과목표					해당기관	예산 (백만원)	실적목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
1세부	A	민간무인기 시험운용 위한 운용지원 인프라 구축	A-1	이동형 운용지원 지상시설 구축	①	이동형 운용지원 지상시설 구축 및 운용	1건	발행 건수	보고서	40	카이스트	152	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
	B	충돌회피 비행시험	B-1	충돌회피 비행시험	①	충돌회피 비행시험 보고서	1건	발행 건수	보고서	60		225	특허 : 출원 0건 등록 1건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
계										100		377	특허 : 출원 0건 등록 1건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 2건

□ 실기기반 무인기 운용시험 검증 및 평가 (한서대)

[성과 14] - 한서대: OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표
					질적목표(측정방법)		목표치/달성치	검증방법	가중치			
1세부	A	OPV 기반 무인기 운용시험 검증 및 평가	A-1	비행시험 준비	①	항공보험, 무선국 허가	2	건	100	한서대	20	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
			A-2	비행시험 수행	②	비행시험 회수	20	OPV/ KLA-100 이착륙 회수			200	
			A-3	비행시험 결과보고	③	비행시험보고서	1건	보고서 발행		한서대	50	
계							1		100		270	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건

□ 가상 비행시험 통한 무인기 운용 시험 (인하대)

[성과16] - 인하대 :HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표
					질적목표(측정방법)		목표치/ 달성치	검증방법	가중치			
1세부	A	HiTL 성능검증도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상 비행 시험	A-1	무인기 충돌 회피 기준을 적용한 가상 비행 시험	①	가상비행시험 결과서	1	발행 건수	50	인하대	50	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
					②	논문	1	발행 건수	50			
계							1		100		50	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건

[2세부] 관계 법령 및 각종 기준 개정 (KOTI)

[성과 1] 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원

[성과 3] 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시 지원

[성과 5] 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정

[성과 6] 무인기 항공교통관제 절차 개정 (성과 5로 합쳐짐)

[성과 21] 국제기준수립 활동 (3차년 계획까진 없었으나, 3차년 연구 진행 과정에서 별도 구분)

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표
					질적목표(측정방법)		목표치	검증방법	가중치			
2세부	A	항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안)	A-1	항공안전법 3차 개정안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	보고서	9	한국교통연구원	135	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
	B	무인기운항 기술기준 제정(안) 및 고시지원	B-1	무인항공기 관련 운항기술기준 3차 제정안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	보고서	7		105	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
	C	무인항공기 관제절차개정	C-1	무인항공기 관제절차 3차 개정안 작성	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	보고서	3		45	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
	D	국제기준수립활동	D-1	ICAO RPAS 패널 참석	①	보고서(발행건수)	보고서 1건	보고서	1		15	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
계							4		20		300	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 4건

□ 인증체계(안) 개발

[성과 2] 무인항공기 인증체계 개발 (항공안전기술원)

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	실적목표(예시)
					질적목표(측정방법)		목표치	검증방법	가중치			
2세부	A	무인항공기 인증체계 개발	A-1	무인항공기 인증체계 구축(안) 수립	①	연구보고서	1건	전문가 평가	35	항공안전기술원	70	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 2건
			A-2	무인항공기 감항기준(안) 제정 방향 제시	①	연구보고서	1건		35		70	
			A-3	무인항공기 인증절차기준 고시 제정(안)	①	고시(안)	1건	보고서	20		50	
	B	국제기준 수립활동	B-1	ICAO RPASP 패널 참석	①	패널보고서	1건	보고서	10		10	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 0건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 1건
계							3		100		200	특허 : 출원 0건 등록 0건 논문 : 1건 시제품 : 0건 S/W : 0건 보고서 : 3건

[연구개발비 총괄표]

1) 연차별 총괄

(단위: 천원)

구분		1차년도 (2015)		2차년도 (2016)		3차년도 (2017)		4차년도 (2018)		5차년도 (2019)		6차년도 (2020)		7차년도 (2021)		합계
		금액	%	금액	%	금액	%	금액	%	금액	%	금액	%	금액	%	
정부출연금		721,000	100%	2,672,000	100%	3,059,000	100%	3,825,000	100%	3,787,000	100%	1,198,000	100%	1,197,000	100%	16,459,000
기업부담금	현금	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0
	현물	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0
	소계	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0
정부 외 출연금		0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0
합계		721,000	100%	2,672,000	100%	3,059,000	100%	3,825,000	100%	3,787,000	100%	1,198,000	100%	1,197,000	100%	16,459,000

2) 기관별 연구비 현황

(단위: 천원)

구 분		주관기관 KAIST	공동기관 ETRI	공동기관 한서대 (김승주 교수)	공동기관 인하대	협동기관 한국교통 연구원	공동기관 항공대	공동기관 교통안전 공단	공동기관 한서대 (이강석 교수)	공동기관 항공안전 기술원	합계
1차 년도 (2015)	연구비	371,000	0	50,000	120,000	180,000	0	0	0	0	721,000
	사용액	349,315	0	42,321	113,097	176,231	0	0	0	0	680,964
	잔액	21,685	0	7,679	6,903	3,769	0	0	0	0	40,036
	집행률	94.2%	-	84.6%	94.2%	97.9%	-	-	-	-	94.4%
2차 년도 (2016)	연구비	1,301,000	300,000	600,000	221,000	250,000	0	0	0	0	2,672,000
	사용액	1,294,301	281,670	589,666	217,945	219,907	0	0	0	0	2,603,489
	잔액	6,699	18,330	10,334	3,055	30,093	0	0	0	0	68,511
	집행률	99.5%	93.9%	98.3%	98.6%	88%	-	-	-	-	97.4%
3차 년도 (2017)	연구비	1,068,000	600,000	900,000	231,000	135,000	80,000	45,000	0	0	3,059,000
	사용액	1,067,650	555,883	881,698	230,374	131,104	71,265	20,393	0	0	2,958,367
	잔액	350	44,117	18,302	626	3,896	8,735	24,607	0	0	100,633
	집행률	100%	92.6%	98%	99.7%	97.1%	89.1%	45.3%	-	-	96.7%
4차 년도 (2018)	연구비	1,483,000	500,000	900,000	212,000	280,000	0	150,000	100,000	200,000	3,825,000
	사용액	1,261,948	487,709	887,678	202,311	252,743	0	58,734	77,762	143,883	3,372,768
	잔액	221,052	12,291	12,322	9,689	27,257	0	91,266	22,238	56,117	452,232
	집행률	85.1%	97.5%	98.6%	95.4%	90.3%	-	39.2%	77.8%	71.9%	88.2%
5차 년도 (2019)	연구비	1,720,000	400,000	760,000	207,000	300,000	0	80,000	120,000	200,000	3,787,000
	사용액	1,717,232	368,196	740,975	191,619	299,209	0	50,250	95,594	196,158	3,659,233
	잔액	2,768	31,804	19,025	15,381	791	0	29,750	24,406	3,842	127,767
	집행률	99.8%	92%	97.5%	92.6%	99.7%	-	62.8%	79.7%	98.1%	96.6%
6차 년도 (2020)	연구비	218,000	200,000	230,000	50,000	300,000	0	0	0	200,000	1,198,000
	사용액	217,862	185,396	228,433	44,335	254,699	0	0	0	188,149	1,118,874
	잔액	138	14,604	1,567	5,665	45,301	0	0	0	11,851	79,126
	집행률	99.9%	92.7%	99.3%	88.7%	84.9%	-	-	-	94.1%	93.4%
7차 년도 (2021)	연구비	377,000	0	270,000	50,000	300,000	0	0	0	200,000	1,197,000
	사용액	334,949	0	227,077	46,262	281,718	0	0	0	196,207	1,086,213
	잔액	42,051	0	42,923	3,738	18,282	0	0	0	3,793	110,787
	집행률	88.8%	-	84.1%	92.5%	93.9%	-	-	-	98.1%	90.7%
합계	연구비	6,538,000	2,000,000	3,710,000	1,091,000	1,745,000	80,000	275,000	220,000	800,000	16,459,000
	사용액	6,243,257	1,878,854	3,597,848	1,045,943	1,615,611	71,265	129,377	173,356	724,397	15,479,908
	잔액	294,743	121,146	112,152	45,057	129,389	8,735	145,623	46,644	75,603	979,092
	집행률	95.5%	93.9%	97%	95.9%	92.6%	89.1%	47.0%	78.8%	90.5%	94.1%

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	항공교통관제 시뮬레이션을 위한 개선된 5 자유도 항공기 운동 모델 개발 및 검증방안 연구	한국항행학회논문지	강지수	20권 4호	대한민국	한국항행학회	비SCIE	2016.11	dx.doi.org/10.12673/jant.2016.20.5.387	100%
2	Human-in-the-Loop Simulation Analysis of Integrated RPAS Operations in Trajectory Based Operations Environment	International Journal of Aeronautical and Space Sciences (IJASS)	오혜주	17권 4호	대한민국	the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences	SCIE	2016.12	dx.doi.org/10.5139/IJASS.2016.17.4.604	100%
3	Drone Classification Using Convolutional Neural Networks With Merged Doppler Images	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	Byung Kwan Kim	Vol.14 No.1	미국	IEEE	SCIE	2017.01	DOI:10.1109/LGRS.2016.2624820	100%
4	A Distributed FMCW Radar System Based on Fiber-Optic Links for Small Drone Detection	IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement	Dong-Hun Shin	Vol.66 No.2	미국	IEEE	SCIE	2017.02	DOI:10.1109/TIM.2016.2626038	100%
5	Drone-Based External Calibration of a Fully Synchronized Ku-Band Heterodyne FMCW Radar	IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement	Jun-Seuk Suh	Vol.14 NO. 8	미국	IEEE	SCIE	2017.04	DOI:10.1109/TIM.2017.2687518	100%
6	소형 무인항공기의 충돌회피를 위한 영상 기반 비행체 검출 기술 동향	제어 로봇 시스템학회지	황선유	3	한국	제어 로봇 시스템 학회	비SCIE	2017.09	1976-4529	100%
7	Experimental analysis of small drone polarimetry based on micro-Doppler signature	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	Byung Kwan Kim	VOL. 14 NO. 10	미국	IEEE	SCIE	2017.10	DOI: 10.1109/LGRS.2017.2727824	100%
8	무인항공기 C2링크 단절 비상절차:서울-제주 항로를 대상으로	교통연구	홍혜정	24(4)	대한민국	한국교통연구원	비SCIE	2017.12	DOI : 10.34143/jtr.2017.24.4.11	100%
9	항공기 디지털 네트워크 시스템 보안 문제점과 사이버 대응 전략	한국항행학회	임인규 강자영	제21권 제6호	대한민국	한국항행학회	비SCIE	2017.12	DOI : https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.633	100%

10	소형 무인 항공기 탐지를 위한 인공 신경만 기반 FMCW 레이다 시스템	대한 임베디드 공학회 논문지	Myeong Jae Jang	12월 호에 게재 예상	한국	IEMEK	비SCIE	2018.12	DOI : https://doi.org/10.14372/IEMEK.2018.13.6.289	100%
11	Drone detection with chirp-pulse radar based on target fluctuation models	ETRI Journal	Byung Kwan Kim	VOL. 40 NO. 2	한국	ETRI	SCIE	2018.04	DOI: 10.4218/etrij.2017-0090	100%
12	Safety and Workload Assessment of Lost C2 Link on Seoul-Jeju Route	Journal of Aerospace Information Systems	Kang Jisoo			JAIS	SCIE	2019.02	2327-3097	100%
13	Leakage Mitigation in Heterodyne FMCW Radar For Small Drone Detection with Stationary Point Concentration Technique	IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques	Junhyeong Park	12월 호에 게재 예상	미국	IEEE	SCIE	2019.03	DOI:10.1109/TMTT.2018.2889045	100%
14	Safety and Workload Assessment of Lost C2 Link on Seoul-Jeju Route	Journal of Aerospace Information Systems	강지수	16권 4호	미국	JAIS	SCIE	2019.04	DOI: 10.2514/1.I010670	100%
15	A mission management system for complex aerial logistics by multiple unmanned aerial vehicles in MBZIRC 2017	Journal of Field Robotics	이재현	Vol.36 No.5	미국	WILEY	SCIE	2019.08	DOI: 10.1002/rob.21860	100%
16	무인항공기 운용을 위한 보험제도 개정방향	항공우주정책·법학회지	이창재	34(2)	대한민국	항공우주정책·법학회지	비SCIE	2019.12	1598-8988	100%
17	드론 무선 통신 기술	한국통신학회지 정보와 통신	김희욱	37권 6호	대한민국	한국통신학회	비SCIE	2020.06	1226-4725	100%
18	무인항공기 안전운용을 위한 항공안전법 개정방향에 대한 연구	항공우주정책·법학회지	홍혜정	35(3)	대한민국	항공우주정책·법학회지	비SCIE	2020.10	1598-8988	100%
19	무인항공기를 위한 운항기술기준 제정 방향에 대한 연구	항공우주정책·법학회지	박유림	36(2)	대한민국	항공우주정책·법학회지	비SCIE	2021.06	1598-8988	100%
20	무인항공기 운항의 배속 시뮬레이션을 위한 조종사 의사결정 모델 연구	한국항행학회논문지	박승현	25권 1호	대한민국	한국항행학회	비SCIE	2021.01	1226-9026	100%
21	Extracting Flight Plans from Recorded ADS-B Trajectories	International Journal of Aeronautical and Space Sciences	이현웅	투고완료	대한민국	the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences	SCIE	투고완료	투고완료	50%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2016 한국항공우주학회 춘계학술대회	항공 교통 관제 시뮬레이션 정확도 향상을 위한 BADA를 적용한 5자유도 항공기 운동 모델 개발 및 검증방안 연구	강지수	2016.04	강원도 고성군	대한민국
2	2016 한국항공우주학회 춘계학술대회	SAR Imaging을 위한 Ku-band FMCW Radar 시스템에 관한 연구	정대환	2016.04	강원도 고성군	대한민국
3	2016 한국항공우주정책법학회 춘계학술대회	무인항공기 국내법 법제화(입법) 방향	김종복	2016.04	충남 태안군	대한민국
4	2016 SICE Annual Conference	Improving the Accuracy of Air Traffic Simulation Using a 5-DOF Aircraft Dynamic Model with BADA	강지수	2016.09	Tsukuba International Congress Center (Tsukuba)	일본
5	2016 한국항행학회 종합학술대회	ADS-B 기반 항적 데이터를 활용한 항공기 경로점 추출 기법	이현웅	2016.10	한국과학 기술회관	대한민국
6	2016 한국항행학회 종합학술대회	BADA를 활용한 단순 항공기 궤적 생성 모델	박배선	2016.10	한국과학 기술회관	대한민국
7	2017 SciTech Annual Conference	Human-in-the-Loop Simulation of Trajectory Based Operation Concept for Remotely Piloted Aircraft System Integration	강지수	2017.01	Gayloard Texan, Grapevine, Texas	미국
8	2017 한국로봇학회 한국로봇종합학술대회	다양한 시나리오 기반의 비행시험을 위한 복수 무인기 통합운용 환경 개발	이재현	2017.02	강원도 하이원스키장	대한민국
9	2017 한국항공우주학회 춘계학술대회	항공관제 시뮬레이터용 패킷처리 API 자동 생성 기법	임은광	2017.04	대명리조트 삼척 쏠비치	대한민국
10	ISMOT 2017	Mitigation of Leakage in FMCW Radar with Simple Metal Baffle Structure	박승운	2017.06	Kbiz Conference Hall(Seoul)	대한민국
11	2017 한국전자파학회 하계종합학술대회	드론 탐지를 위한 FMCW Radar Chirp 합성 기법	김도훈	2017.08	제주 라마다호텔	대한민국
12	2017 한국전자파학회 하계종합학술대회	X 밴드 FMCW 레이더를 이용한 드론 및 마이크로 도플러 측정	박승운	2017.08	제주 라마다호텔	대한민국
13	APISAT 2017	Analysis of Conflict Risk in Terminal Maneuvering Area using Recorded ADS-B Trajectories	이현웅	2017.10	서울 올림픽 파크텔	대한민국
14	2017 한국항행학회 종합학술대회	민간 무인항공기의 공역 통합을 위한 충돌회피 기법 기술동향	이재현	2017.10	서울	대한민국
15	International Conference on ICT Convergence 2017	Standardization activities for RPAS CNPC systems	김희욱	2017.10	제주	대한민국
16	2017 ISAP Conference	Ku-band Car-borne FMCW stripmap synthetic aperture radar	정대환	2017.10	Phuket Graceland Resort & SPA,Thailand	태국
17	2017 ISAP Conference	Configuration of an X-band FMCW radar targeted for drone detection	박승운	2017.11	Phuket Graceland Resort & SPA, Thailand	태국
18	2017 ISAP Conference	A down-conversion method for attenuation of leakage signal in FMCW radar	박준형	2017.11	Phuket Graceland Resort & SPA, Thailand	태국
19	Asia Pacific Microwave Conference 2017	Optimum Antenna Beam Pattern Design for Point-to-MultiPoint GRS of UAS CNPC	김희욱	2017.11	Kuala Lumpur	말레이지아
20	2017 추계 한국항공우주학회	학습기반 DAA 기술을 위한 다수 비행체 시뮬레이션	황선유	2017.11	제주 라마다호텔	대한민국

21	2018 한국통신학회 동계학술대회	무선 통신 시스템의 구현에서 송수신기의 경로 테스트에 대한 분석 연구	황현구	2018.01	정선	대한민국
22	2018 한국통신학회 동계학술대회	무인기 제어용 통신을 위한 초기 채널 설정 방법에 관한 연구	홍태철	2018.01	정선	대한민국
23	2018 한국통신학회 동계학술대회	C 대역 고속 디지털 통신용 무선부 설계 및 구현에 관한 연구	김대호	2018.01	정선	대한민국
24	2018 AIAA SCITECH	Path-planning with collision avoidance for operating multiple Unmanned Aerial Vehicles in same airspace	이재현	2018.01	플로리다	미국
25	2018 한국항공우주학회 춘계학술대회	소형무인기를 활용한 충돌회피 비행시험을 위한 well clear 정의	이재현	2018.04	제주	대한민국
26	2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference	Safety and Controller Workload Assessment of Lost C2 Link Contingency Procedures for Seoul-Jeju Route	강지수	2018.06	Atlanta, Georgia	미국
27	European Conference on Synthetic Aperture Radar (EuSAR) 2018	Experimental Demonstration of Ku-band FMCW Automobile-based SAR in Stripmap Mode	정대환	2018.06	Eurogress Aachen	독일
28	2018 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP)	Antenna Gain Enhancement using Double Dielectric Layered Thin Planar Lens	Rao Shahid Aziz	2018.10	Paradise Hotel Busan	대한민국
29	2018 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP)	Wide-beam choke horn antenna for small drone detection	MINZ LAXMIKANT	2018.10	Paradise Hotel Busan	대한민국
30	2018 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP)	Single Channel Linear Rotary Joint at X-band	AZIM MUHAMMAD TAYYAB	2018.10	Paradise Hotel Busan	대한민국
31	2018 대한전기학회 정보 및 제어 학술대회	무인기 제어용 통신을 위한 핸드오버 방법 연구	홍태철	2018.10	평창	대한민국
32	37th Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Consideration of Airborne Detection System for DAA Technology in Remote Pilot Aircraft Systems	이재현	2018.10	런던	영국
33	37th Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Analysis of ADS-B Trajectories in the Republic of Korea with DAA Well Clear Metrics	이현웅	2018.10	런던	영국
34	2018 한국항행학회 종합학술대회	기상데이터를 이용한 항공기 궤적 정확도 향상 연구	김다혜	2018.11	서울 여의도	대한민국
35	2018 한국항공우주학회 추계학술대회	충돌회피기술을 위한 광학센서를 이용한 원/근거리 딥러닝기반 항공기 검출	이재현	2018.11	강원도	대한민국
36	항공우주시스템공학회 추계학술대회 2018	무인기의 충돌 회피를 위한 수평/고도 분리 결정	이재현	2018.11	경주	대한민국
37	항공우주시스템공학회 추계학술대회 2018	무인항공기 안전운항을 위한 OPV 시스템 개발 및 비행시험	현정욱	2018.11	경주	대한민국
38	항공우주시스템공학회 추계학술대회 2018	무인항공기(RPAS)관련 국제민간항공기구의 부속서 8 표준 및 권고(SARPs) 개발 동향에 대한 고찰	이승근	2018.11	경주	대한민국
39	항공우주시스템공학회 추계학술대회 2018	무인항공기 시스템의 인증체계 구축 동향에 대한 고찰	하상남	2018.11	경주	대한민국
40	한국항공우주학회 추계학술대회 2018	무인기 제어용/임무용 통신을 위한 LTE 활용 방안 연구	홍태철	2018.11	제주	대한민국
41	2019 한국항공우주학회 춘계학술대회	Flight Goggles 시뮬레이터의 모델 분석 및 움직이는 가상의 목표를 이용한 자율 비행	위인환	2019.04	전북 부안군	대한민국

42	2019 한국항공우주학회 춘계학술대회	스마트폰 기반 비행제어 시스템 초기 개발	박승현	2019.04	전북 부안군	대한민국
43	2019 제어로봇시스템학회	쿼드로터 무인기를 위한 궤적 생성 및 추종 제어 시스템 개발	이다솔	2019.05	경주	대한민국
44	2019 AIAA Aviation Forum	Low-SWaP EO sensor-based Robust Aircraft Detection for DAA Technology in UAS Integration	이재현	2019.06	Dallas	미국
45	The 11th International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Waveform Design for UAV Payload Communication in C-band	김희욱	2019.07	Zagreb	크로아티아
46	2019 한국전자파학회 하계종합학술대회	소형 Drone 탐지를 위한 Chirp pulse 레이다 시스템	배경빈	2019.08	제주	대한민국
47	2019 한국전자파학회 하계종합학술대회	Threshold Detection Model을 적용한 24Ghz K-Band 레이다 연구	최재현	2019.08	제주	대한민국
48	38th Digital Avionics Systems Conference 2019 (DASC)	Electro-Optical Sensor Selection based on Flight Test for Detect-and-Avoid in Phase Two UAS	이재현	2019.09	San Diego	미국
49	38th Digital Avionics Systems Conference 2019 (DASC)	Analysis of Alerting Criteria and DAA Sensor Requirements in Terminal Area	이현웅	2019.09	San Diego	미국
50	2019 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP 2019)	Drone Detection with Linear Chirp Pulse Radar using Coherent Pulse Integration	배경빈	2019.10	Xi'An Paradise Resort	중국
51	2019 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP 2019)	Micro-Drone Detection with FMCW Radar Based on Stationary Point Concentration Technique	박준형	2019.10	Xi'An Paradise Resort	중국
52	2019 19th International Conference on Control, Automation and Systems	Comparison of Visual Inertial Odometry using FlightGoggles Simulator for UAV	이응창	2019.10	제주	대한민국
53	2019 한국항공우주학회 추계학술대회	끊김 없는 무인기 제어용 통신 제공을 위한 핸드오버 방안 분석	홍태철	2019.11	제주	대한민국
54	2019 한국항행학회 종합학술대회	스마트폰 기반 비행제어 시스템을 위한 롤각 제어기 개발	박승현	2019.11	서울 여의도	대한민국
55	2019 한국항공우주학회 춘계학술대회	무인항공기 인증을 위한 해외 감항성 요건에 대한 분석	하상남	2019.04	대명리조트 변산	대한민국
56	2019 한국항공우주학회 추계학술대회	국제민간항공기구(ICAO)의 무인비행기 국제표준 및 권고(안)에 대한 분석	이은희	2019.12	라마다프라자제주 호텔	대한민국
57	African Drone Forum 2020	의제 2: 무인항공기 안전운항을 위한 법제도 개정방향 연구	한재현	2020.02	키갈리 컨벤션 센터	르완다
58	39th Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Lost C2 Link Contingency Procedures for Seoul TMA and Assessment on Safety and Controller Workload	이현웅	2020.10	온라인	미국
59	39th Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Vision-based State Estimation and Collision Alerts Generation for Detect-and-Avoid	이재현	2020.10	온라인	미국
60	2020 한국항공우주학회 추계학술대회	OPV 시스템 최적화 및 공역통합 비행시험	유재훈	2020.11	제주	대한민국

61	2020 한국항공우주학회 추계학술대회	OPV 시스템을 이용한 충돌회피 비행시험	이다인	2020.11	제주	대한민국
62	2020 추계 항공우주시스템공학회	무인항공기용 충돌 감지 및 회피(Detect And Avoid) 시스템의 인증 동향	권오현	2020.12	여수	대한민국
63	2020 추계 항공우주시스템공학회	국제민간항공기구(ICAO)의 원격조종실(Remote Pilot Station) 형식증명 절차 개발 동향 조사	이승근	2020.12	여수	대한민국
64	40th Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Investigation of DAA System Effectiveness with a Pilot Decision Model and Realistic Sensor Performance Limits	박승현	2021.10	온라인	미국
65	항공우주시스템공학회 추계학술대회 2020	위험 기반 접근법을 적용한 무인항공기 인증체계	이은희	2021.11	경주 The-K 호텔	대한민국
66	항공우주시스템공학회 추계학술대회 2020	미국 M2 무인항공기 형식증명을 위한 소음인증기준 적용에 관한 고찰	김진희	2021.11	경주 The-K 호텔	대한민국

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
1	1차년도	[KAIST] 시범사업지역분석 및 이동형 운용지원 인프라 요건분석 보고서	2016.05	-
2	1차년도	[KAIST] 요소기술 최소성능 획득 시험 계획서	2016.05	-
3	1차년도	[한서대] 비행시험계획서(1차년도)	2016.05	-
4	1차년도	[한서대] 무인기 실용화 기술검증 운용 계획서	2016.05	-
5	1차년도	[KTL] 국내외 무인기 인증기술 분석 보고서	2016.05	-
6	1차년도	[KOTI] 민간무인항공기 운용개념 수립, 분류체계제정, 관제기준 및 절차개정	2016.05	-
7	2차년도	[KAIST] 소형무인기 비행시험·운용지원인프라 구축 계획 보고서	2017.03	-
8	2차년도	[KAIST] 저고도 무인기 탐지용 레이다 시스템 개발	2017.03	-
9	2차년도	[KAIST] 무인비행장치 운용시스템의 기술적 요구사항 보고서	2017.03	-
10	2차년도	[한서대] 비행시험계획서(2차년도)	2017.03	-
11	2차년도	[한서대] OPV 시스템 제작 시방서	2017.03	-
12	2차년도	[인하대] HiTL 가상 비행 시험 시스템 개발 및 전문가 평가 보고서	2017.03	-
13	2차년도	[ETRI] CNPC 시스템 시범인프라 구축 및 시험계획서	2017.03	-
14	2차년도	[KOTI] ICAO RPASP 패널 동향 보고서	2017.03	-
15	2차년도	[KOTI] C2 링크 단절 비상절차 평가보고서	2017.03	-
16	2차년도	[KOTI] Consulting services report for Development of ATC standards and procedures for RPAS	2017.03	-
17	3차년도	[KAIST] OPV 운용지원을 위한 이동형지상국 구축 보고서	2017.12	-
18	3차년도	[KAIST] 소형 대역기 시험시범운용 보고서	2017.12	-
19	3차년도	[KAIST] 소형무인항공기 감시 레이더 시스템 운용 보고서	2017.12	-
20	3차년도	[한서대] OPV 시스템 수락시험절차서	2017.12	-
21	3차년도	[한서대] OPV 시스템 구축결과 보고서	2017.12	-
22	3차년도	[한서대] NASA 비행시험보고서 #3	2017.12	-

23	3차년도	[한서대] 무인항공기 훈련체계 수립 -ICAO PANS-TRG 분석을 중심으로-	2017.12	-
24	3차년도	[KOTI] RPAS C2 링크 단절 비상절차 안전 및 관제사 업무로드 평가 서울-제주 노선-	2017.12	-
25	3차년도	[인하대] HiTL 성능 검증 도구를 통한 운용검증 가상비행시험 및 전문가평가보고서	2017.12	-
26	3차년도	[항공대] 글로벌 스탠더드 무인항공기 인증 체계 개발 성과 보고서	2017.12	-
27	3차년도	[ETRI] 무인기 CNPC 시스템 구축 및 시험 절차/결과서	2017.12	-
28	3차년도	[KOTI] 무인항공기 관제/운항 관련 국내 규정 개정방안	2017.12	-
29	3차년도	[KOTI] IAO RPAS 패널 동향 보고서 -8, 9차 화의-	2017.12	-
30	3차년도	[KOTSA] 무인항공기 조종자격 국제기준 분석 보고서	2017.12	-
31	4차년도	[KAIST] 충돌회피기술 개발보고서	2018.11	-
32	4차년도	[KAIST] 소형 대역기 시험시범운용 보고서	2018.11	-
33	4차년도	[KAIST] 다종 무인이동체 통합시험운용계획	2018.11	-
34	4차년도	[KAIST] GA-ASI & CR2CENT Joint Workshop	2018.11	-
35	4차년도	[KAIST] 소형무인항공기 감시 레이다 시스템 운용 보고서	2018.11	-
36	4차년도	[KAIST] OPV 운용지원을 위한 이동형지상국 구축 보고서	2018.11	-
37	4차년도	[인하대] HiTL 성능 검증 도구를 통한 가상 비행 시험 수행 및 결과 보고서	2018.11	-
38	4차년도	[KOTI] 무인항공기 운항기술기준 제정(안) 연구보고서	2018.11	-
39	4차년도	[KOTI] 무인항공기 항공교통관제 관련 국내 규정 개정 연구	2018.11	-
40	4차년도	[KOTI] ICAO RPAS 패널 동향 보고서 -10, 11, 12차회의-	2018.11	-
41	4차년도	[한서대] 무인항공기 조종사 교육제도	2018.11	-
42	4차년도	[KIAST] 무인항공기 인증 동향 분석 보고서	2018.11	-
43	4차년도	[ETRI] 무인기 CNPC 시스템 구축 및 비행시험 결과서	2018.11	-
44	4차년도	[KOTSA] 무인항공기 조종자격 연구 보고서	2018.11	-
45	4차년도	[한서대] NASA 비행시험보고서 #4	2018.11	-
46	4차년도	[한서대] 비행시험보고서(4차년도)	2018.11	-
47	5차년도	[KAIST] OPV 운용지원을 위한 이동형지상국 구축 보고서	2019.11	-
48	5차년도	[KAIST] 충돌회피기술 개발 및 비행시험 운용 보고서	2019.11	-
49	5차년도	[KAIST] 다종 무인이동체 통합시험운용 보고서	2019.11	-
50	5차년도	[KAIST] GA-ASI & CR2CENT 4th Joint Workshop	2019.11	-
51	5차년도	[KAIST] 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축 보고서	2019.11	-
52	5차년도	[인하대] 가상 비행 시험 수행 및 결과 보고서	2019.11	-
53	5차년도	[ETRI] 무인기 CNPC 핸드오버 시험 결과서	2019.11	-
54	5차년도	[한서대] 비행시험보고서(5차년도)	2019.11	-
55	5차년도	[KOTI] 무인항공기 관련 항공안전법 등 관계 법령 개정 연구보고서	2019.11	-
56	5차년도	[KOTI] 무인항공기 운항기술기준 고시 1차 제정안 연구보고서	2019.11	-
57	5차년도	[KOTI] 무인항공기 책임보험제도(안) 연구	2019.11	-
58	5차년도	[KOTI] 무인항공기관련 항공교통관제절차 개정안 연구 최종보고서	2019.11	-
59	5차년도	[KOTI] ICAO RPAS 패널 동향 보고서 -13, 14, 15차회의-	2019.11	-
60	5차년도	[KIAST] 무인항공기 인증기준/체계 구성 요소 분석 보고서	2019.11	-

61	5차년도	[KOTSA] 무인항공기 조종자격제도 수립 연구보고서	2019.11	-
62	5차년도	[한서대] 무인항공기 교육훈련 제도(안) 연구보고서	2019.11	-
63	6차년도	[KAIST] 시험운용보고서	2020.11	-
64	6차년도	[KAIST] 다부처 다종 무인이동체 통합시험운용 보고서	2020.11	-
65	6차년도	[ETRI] 다중셀 무인기 CNPC 비행시험 보고서	2020.11	-
66	6차년도	[ETRI] 무인기 CNPC 전국망 구축 타당성 분석 보고서	2020.11	-
67	6차년도	[한서대] 비행시험 보고서	2020.11	-
68	6차년도	[인하대] HiTL 성능 검증 도구를 통한 가상 비행 시험 수행 및 결과 보고서	2020.11	-
69	6차년도	[KOTI] 무인항공기 관련 항공안전법 등 개정안 연구보고서	2020.11	-
70	6차년도	[KOTI] 무인항공기 운항기술기준 고시 2차 제정안 연구보고서	2020.11	-
71	6차년도	[KOTI] 무인항공기 관련 항공교통관제절차 2차 개정안 연구 보고서	2020.11	-
72	6차년도	[KOTI] ICAO RPAS 패널 동향 보고서-제16차 패널회의 및 전체 WG회의	2020.11	-
73	6차년도	[KIAST] 무인항공기 인증체계 및 감항기준 수립 방안보고서	2020.11	-
74	7차년도	[KAIST] 시험운용보고서	2022.02	-
75	7차년도	[KAIST] 충돌회피 시험 보고서	2022.02	-
76	7차년도	[한서대] 비행시험 보고서	2022.02	-
77	7차년도	[인하대] HiTL 성능 검증 도구를 통한 가상 비행 시험 수행 및 결과 보고서	2022.02	-
78	7차년도	[KOTI] 무인항공기 관련 항공안전법령 등 최종연구보고서	2022.02	-
79	7차년도	[KOTI] 무인항공기 운항기술기준고시 3차 제정안 및 회전익 무인항공기 운항기술기준안 최종 연구보고서	2022.02	-
80	7차년도	[KOTI] 무인항공기관련 항공교통관제절차 3차 개정안 최종 연구 보고서	2022.02	-
81	7차년도	[KOTI] ICAO RPAS 패널 동향 최종보고서	2022.02	-
82	7차년도	[KIAST] 국제 무인항공기 감항표준(안) 검토 및 감항기준(안) 방향수립 보고서	2022.02	-
83	7차년도	[KIAST] 무인항공기 인증체계 구축(안) 보고서	2022.02	-

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	GPS 누설파를 이용한 소형무인항공기 감지 방법 및 시스템	대한민국	-	-	-	KAIST	2017.01.05	10-1695547		
2	특허	지상 무선국 장치 및 탑재 무선국 장치	대한민국	한국전자통신연구원	2017.01.31	10-2017-0014066	한국전자통신연구원	2019.12.03	10-2053769	100	미활용
3	특허	격자 기반 무인비행장치 경로 리스크 산정 기법	대한민국	KAIST	2017.03.28		-	-	-		

4	특허	UNMANNED AERIAL VEHICLE DETECTION METHOD USING GLOBAL POSITIONING SYSTEM LEAKAGE SIGNAL AND SYSTEM THEREFOR	미국	-	-	-	KAIST	2017.05.02	9,638,802	100	활용중
5	특허	GROUND RADIO STATION (GRS) APPARATUS AND RADIO STATION APPARATUS INCLUDED IN UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)	미국	한국전자통신연구원	2017.05.19	15/600,044	-	-	-	100	미활용
6	특허	드론의 다각적 판별 시스템 및 그 방법	대한민국	KAIST	2017.06.13	10-2017-0073669	-	-	-	100	미활용
7	특허	무인 항공기 감지를 위한 주파수 변조 연속파 레이더 시스템 망	대한민국	-	-	-	KAIST	2017.05.26	10-1742868	100	활용중
8	특허	동기 무선 통신 시스템에서의 충돌 회피 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2018.01.25	10-2018-0009332	한국전자통신연구원	2019.10.15	10-2034529	100	미활용
9	특허	무인 이동체 제어 시스템의 데이터 전송 방법 및 장치	대한민국	한국전자통신연구원	2018.07.02	10-2018-0076408	-	-	-	100	미활용
10	특허	METHOD AND APPARATUS FOR TRASMITTING DATA OF UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL SYSTEM	미국	한국전자통신연구원	2018.09.25	16/141,763	-	-	-	100	미활용
11	특허	인공 신경망 기반 FMCW 레이다 드론 추적 기법	대한민국	KAIST	2018.10.08	10-2018-0119737	-	-	-	100	미활용
12	특허	FMCW 레이더에서의 누설 신호 감쇄 방법 및 그 레이다 시스템	대한민국	KAIST	2018.11.01	10-2018-0132837	-	-	-	70	미활용
13	특허	무선 분산 통신 시스템에서 톤 채널 이용 방법 및 장치	대한민국	한국전자통신연구원	2019.01.29	10-2019-0011435	-	-	-	100	미활용
14	특허	동기식 시분할다중접속 시스템에서 톤 채널을 이용한 단말 동작 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2019.01.29	10-2019-0011434	-	-	-	100	미활용
15	특허	무선 분산 통신 시스템에서 복수 채널을 이용한 서비스 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2019.01.29	10-2019-0011433	-	-	-	100	미활용
16	특허	RADAR SYSTEM AND METHOD FOR MITIGATING LEAKAGE SIGNAL IN FMCW RADAR	미국	KAIST	2019.02.01	16/264,785	-	-	-	70	
17	특허	영상 처리를 기반으로 한 비행체의 충돌 방지 방법	대한민국	KAIST	2019.02.28	10-2019-0023835	KAIST	2020.10.22	10-2171043	100	미활용
18	특허	무선 분산 통신 시스템에서 ACK 응답을 수행하는 일대다 통신 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2019.02.22	10-2019-0021036	-	-	-	100	미활용

19	특허	무선 분산 통신 시스템에서 단말의 동작 제어 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2019.02.22	10-2019-0021033	한국전자통신연구원	2021.09.29	10-2309336	100	미활용
20	특허	무선 분산 통신 시스템에서 단말의 주소 설정 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2019.02.22	10-2019-0021034	-	-	-	100	미활용
21	특허	무선 분산 통신 시스템에서 다대다 통신 방법 및 장치	대한민국	한국전자통신연구원	2019.02.22	10-2019-0021037	-	-	-	100	미활용
22	특허	사물 자동 인식 및 제어 방법	대한민국	한국전자통신연구원	2019.02.22	10-2019-0021035	-	-	-	100	미활용
23	특허	영상 처리를 기반으로 한 비행체의 충돌 방지 시스템 및 이를 포함하는 비행체	대한한국	KAIST	2019.02.28	10-2019-0023834	KAIST	2021.04.02	10-2237970	100	미활용
24	특허	레이다 시스템의 객체 탐지 방법 및 장치	대한민국	KAIST	2019.03.28	10-2019-0036112	KAIST	2021.06.22	10-2269732	100	미활용
25	특허	METHOD FOR AVOIDING COLLISION IN SYNCHRONOUS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM	중국	한국전자통신연구원	2019.08.26	201880014047.X	-	-	-	100	미활용
26	특허	FMCW 레이더에서의 누설 신호 감쇄 방법 및 이를 적용한 레이더 시스템	대한민국	KAIST	2019.10.11	10-2019-0126204	-	-	-	50	미활용
27	특허	Image Processing-Based Collision Avoidance System for Flight Vehicle and Flight Vehicle Including Same	미국	KAIST	2020.02.28	16/805,240	-	-	-	100	미활용
28	특허	GROUND RADIO STATION (GRS) APPARATUS AND RADIO STATION APPARATUS INCLUDED IN UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)	미국	-	-	-	한국전자통신연구원	2020.02.11	10,560,180	100	미활용
29	특허	동기식 무선 분산 통신 시스템에서 톤 신호 수신 방법 및 장치	대한민국	한국전자통신연구원	2020.06.10	10-2020-0070230	-	-	-	100	미활용
30	특허	METHOD AND APPARATUS FOR RECEIVING TONE SIGNAL IN SYNCHRONOUS WIRELESS DISTRIBUTED COMMUNICATON SYSTEM	미국	한국전자통신연구원	2020.06.26	16/913,617	-	-	-	100	미활용
31	특허	METHOD AND DEVICE FOR OPERATING TERMINAL IN DISTRIBUTED WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM	인도	한국전자통신연구원	2020.08.13	202017034895	-	-	-	100	미활용

32	특허	METHOD FOR CONTROLLING OPERATION OF TERMINAL IN WIRELESS DISTRIBUTED COMMUNICATION SYSTEM	일본	한국전자통신연구원	2020.08.20	2020-544274	-	-	-	100	미활용
33	특허	METHOD FOR AVOIDING COLLISION IN SYNCHRONOUS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM	미국	한국전자통신연구원	2020.08.23	16/488,478	-	-	-	100	미활용
34	특허	METHOD AND APPARATUS FOR TRANSMITTING DATA OF UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL SYSTEM	미국	-	-	-	한국전자통신연구원	2020.10.20	10,810,885	100	미활용
35	특허	METHOD FOR AVOIDING COLLISION IN SYNCHRONOUS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM	미국	-	-	-	한국전자통신연구원	2021.07.06	11,057,933	100	미활용

ㅇ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	범용 소프트웨어 무선 장치를 이용한 무인기 탐지용 레이다 소프트웨어	2017.12.01	박성욱	2018.11.29	C-2018-034222	KAIST	100
2	비행시험 모니터링 프로그램	2019.12.12	이재현	2019.12.26	C-2019-041364	KAIST	100
3	항공기 충돌예측경고를 위한 통신 프로그램	2019.12.12	이재현	2019.12.26	C-2019-041365	KAIST	100
4	항공기 탐지 영상처리 프로그램	2019.12.12	이재현	2019.12.26	C-2019-041366	KAIST	100
5	다종 무인이동체 모니터링 프로그램	2019.12.12	이재현	2019.12.26	C-2019-041363	KAIST	100
6	고정익항공기의 제저알고리즘 검증용 시뮬레이션	2019.12.12	이재현	2019.12.26	C-2019-041362	KAIST	100
7	항공기 충돌 회피 시험 모니터링 프로그램	2020.10.10	김동휘	2020.11.19	C-2020-043358	KAIST	100
8	다중 무인 이동체 조난자 구조 실험 모니터링 프로그램	2020.10.10	김동휘	2020.11.19	C-2020-043357	KAIST	100
9	비행계획추정	2019.12.27	이학태	2019.12.27	C-2019-043649	인하대학교	100

	알고리즘을 이용한 가상비행시험 시나리오 생성도구					산학협력단	
10	PhyGeo (단위,표준,기하,지리 라이브러리)	2019.12.27	이학태	2019.12.27	C-2019-043652	인하대학교 산학협력단	100
11	DAA Viewer	2019.12.27	이학태	2019.12.27	C-2019-043651	인하대학교 산학협력단	100
12	가상비행시험을 위한 음성통신프로그램	2019.12.27	이학태	2019.12.27	C-2019-043650	인하대학교 산학협력단	100
13	핸드오버 시험 수행을 위한 유저 인터페이스	2019.11.01	문권한	2020.01.06	C-2020-001268	한국전자통신연구원	100
14	무인기 송수신 라디오 프리퀀시 처리를 위한 필터링 테스트 코드	2019.07.18	문권한	2020.01.06	C-2020-001264	한국전자통신연구원	100
15	무인기 제어용 통신 가우시안 최소편이 변복조	2019.11.30	강군석	2020.01.06	C-2020-001253	한국전자통신연구원	100
16	무인기 제어용 통신 시간 및 주파수 동기	2019.11.30	강군석	2020.01.06	C-2020-001254	한국전자통신연구원	100
17	연판정 비터비를 이용한 무인기 제어용 통신 신호 위상편이 검출	2019.11.30	강군석	2020.01.06	C-2020-001252	한국전자통신연구원	100

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

□ 표준화

ㅇ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

ㅇ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자
1	WD	ACTIVITES ON TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR C2 LINK SYSTEM IN KOREA	ICAO	RPASP	X	X	기타	김희욱	RPASP/12-IP/3	2018.09.30

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	2D/3D scanning Radar	2019	KAIST	김포공항	드론탐지	5년		

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	드론탐지레이다	2018평장동계올림픽 / 패럴림픽	대테러안전대책본부	KAIST	평창올림픽플라자 뒤편 언덕/ 알펜시아 스키점프센터 인근

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
1	특허	드론의 다각적 판별 시스템 및 그 방법	주식회사 루프	2021.02.25	2021	22,000

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
합계						

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
1	법률	개정	항공안전법	제2조, 제20조, 제34조, 제35조, 제53조, 제62조, 제91조, 제132조, 제138조, 제143조, 제149조 및 제151조	예정	국토교통부 (항공안전정책관/ 미래드론교통담당관)	민간영역에서의 무인항공기 운용에 대한 가능성의 대두로 국제민간항공기구(ICAO)는 원격조종항공기시스템(RPAS) 패널회의에서 무인항공기 운용에 대비한 국제 기준의 개정 작업을 진행 중인바, 이러한 국제적인 흐름에 발맞추기 위하여 우리나라 또한 향후 민간무인항공기 운용에 대비하여 항공안전법을 정비할 필요가 있음
2	시행규칙	개정	항공안전법	제92조, 제107조, 제110조, 제111조, 제114조, 제119조 및 제262조	예정	국토교통부 (항공안전정책관/ 미래드론교통담당관)	항공안전법이 개정되어 무인항공기 관련 규정이 신설·개정이 예상됨에 따라, 위 법률에서 국토교통부령으로 위임한 사항 및 위 법률을 구체화할 수 있는 사항을 정하기 위함
3	고시	제정	고정익 무인항공기를 위한 운항기술기준(가칭)	전문	예정	국토교통부 (항공정책실)	향후 무인항공기 운용 시, 무인항공기는 기존의 유인항공기와 함께 통합된 공역에서 안전하게 운용될 수 있어야 하며, 이를 위해 도출된 무인항공기 운항기술기준이 현행 제도와 충돌하지 않고, 안전한 통합 운용을 지원하기 위함
4	고시	제정	회전익 무인항공기를 위한 운항기술기준(가칭)	전문	예정	국토교통부 (항공정책실)	기존 고정익항공기를 위한 운항기술기준을 중심으로 제정되었던 「고정익 무인항공기를 위한 운항기술기준 제정(안)」에 대한 전문가 검토 결과, 회전익항공기 반영의 필요성이 제시되어 추가적으로 회전익 무인항공기를 위한 운항기술기준 제정(안)을 제시함
5	고시	개정	항공교통관제 절차	1-2-6, 2-1-28, 5-2-9, 9-4-5 등	예정	국토교통부 (항공정책실 항공교통과)	ICAO 원격조종항공기시스템패널(RPASP)에서 원격조종항공기시스템의 안전운항을 위한 부속서 및 관련 문서의 개정 작업을 진행하고 있음에 따라, 이러한 내용을 반영한 원격조종항공기시스템의 민간 유인항공기 공역 통합운용에 필요한 항공교통관제 관련 국내 규정의 개정안을 제시함
6	고시	제정	무인항공기 인증절차기준(안)(가칭)	전문	예정	국토교통부 (항공기술과)	무인항공기 인증을 위한 형식증명은 현행의 유인항공기의 형식증명 절차를 대다수 준용하게 될 것이나 현행의 형식증명절차에서는 고려되지 않고 있는 무인항공기 고유 특성에 대한 고려가 필요함으로써 무인항공기를 위한 인증절차기준(안)을 제시함

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	ICAO 부속서 1 개정에 따른 이행현황 조사	국토교통부 (항공안전정책과)	2021.6	RPAS 관련 SARPS 미이행 항목 88개의 항목중 63개의 PRAS 관련 규정으로 항공안전법/운항기술기준/항공교통관제절차 제 · 개정(안)으로 제시함
2	제안	회전익 무인항공기 운항기술기준(안) 토론회	국토교통부 (미래드론교통담당관)	2021.07	「부속서 6, PT4. G 버전」과 「무인항공기를 위한 운항기술기준 2차 제정안」 및 기존 「회전익항공기 운항기술기준」을 토대로 「회전익 무인항공기 운항기술기준 초안」을 제시함
3	제안	고정익무인항공기 운항기술기준 제정(안) 토론회	국토교통부 (미래드론교통담당관)	2021.10	「부속서 6, PT4. I 버전」과 '국내 관련 법규[항공안전법령(법, 시행령, 시행규칙), 고정익항공기를 위한 운항기술기준]' 를 비교, 분석하여 "고정익무인항공기 운항기술기준 제정(안)" 을 제시함
4	제안	유·무인항공기 통합운영을 위한 항공안전법 개정(안) 토론회	국토교통부 (미래드론교통담당관)	2021.11	국토부, 항공사, 공항공사, 학계, 업계 및 유관기관 전문가들의 토론회에서 유 · 무인항공기 통합운영을 위한 항공안전법/시행령/시행규칙 개정(안)을 제시함
5	제안	유·무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 개정(안) 토론회	국토교통부 (미래드론교통담당관)	2021.11	국제민간항공기구 원격조종항공기시스템 패널(ICAO RPASP) WG6(ATM)의 업데이트된 국제기준과 현행 항공안전법 및 그 하위법령, 항공교통관제절차 등 관련 규정을 비교분석하여 유 · 무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 개정(안)을 제시함
6	제안	항공안전법 시행규칙 개정(안) 검토	국토교통부 (서울지방항공청)	2022.1	항공안전법 시행규칙 제206조 및 제308조 개정(안)에 대한 연구단 검토의견 제시함

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	인하대	2016	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0
2	인하대	2017	0	4	0	0	3	1	4	0	0	0	0
3	KAIST	2017	2	13	0	0	14	1	0	15	0	0	0
4	KAIST	2018	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
5	인하대	2018	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
6	한서대	2018	0	1	2	0	3	0	0	3	0	0	0
7	KAIST	2019	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0

8	인하대	2019	1	2	0	0	3	0	3	0	0	0	0
9	한서대	2019	0	2	2	0	1	3	0	4	0	0	0
10	KAIST	2020	2	2	0	0	4	0	0	3	0	0	1
11	인하대	2020	1	6	0	0	4	3	7	0	0	0	0
12	한서대	2020	0	0	10	0	8	2	0	10	0	0	0
13	KAIST	2021	1	4	0	0	4	1	2	2	0	0	1
14	인하대	2021	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
15	한서대	2021	0	0	6	0	4	2	0	6	0	0	0

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
1	2021	국방과학연구소	미래도전기술	자연어 처리 지식베이스 기반 인간형 로봇 조종사 개발	심현철	5,846,800
2	2021	국토교통부	도심항공교통 제도화	한국형도심항공교통(K-UAM) 제도화 방안 연구	한재현	188,000

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
1	파견	2019.6~9	미국	박사	항공우주공학	미국 General Atomics사 여름 인턴

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	신문기사 기고	중앙일보	조종사 없는 수송기 여객기 늦어도 10년 뒤 날아다닌다	2020.10.19

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	우수논문	Best of Session (UAS-2) Award	상장	이재현	2020.10	DASC,IEEE
2	우수논문	Best of Session (UAS-2) Award	상장	이현웅	2019.10	DASC,IEEE
3	우수논문	Best of Session (UTM-2) Award	상장	이현웅	2020.10	DASC,IEEE
4	우수논문	우수논문상	상장	배경빈	2019.08	한국전자파학회 하계종합학술대회
5	2019 International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP 2019)	Best Student Paper Award	Micro-Drone Detection with FMCW Radar Based on Stationary Point Concentration Technique	Junhyeong Park	2019.10.29	ISAP 2019

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
1	KAIST	소형 고정익 무인기	리모아이 002C	X	○	NFEC-2017-04-236964	17.03.20	94,000	KAIST
2	KAIST	소형 고정익 무인기	리모아이 006	X	○	NFEC-2017-04-236953	17.03.20	98,000	KAIST
3	한서대	OPV 시스템 (이동형 지상국 1호기 포함)	Flight Design사 CTLS기반 OPV HL-C237	X	○	NFEC-2018-11-246935	18.10.24	2,024,000	한서대학교 태안비행장
4	KAIST	이동형지상국 (2호기)		X	○	NFEC-2018-03-242740	18.01.03	325,000	한서대학교 태안비행장
5	KAIST	2인승 경스포츠항공기	베셀사 KLA-100	X	○	NFEC-2020-03-261299	19.10.30	275,000	한서대학교 태안비행장
6	KAIST	이동형지상국 (3호기)		X	○	NFEC-2020-03-261303	19.12.24	330,000	한서대학교 태안비행장
7	인하대	HiTL 가상 비행 시험 시스템	가상 비행 시험실	O	X	X	21.12.25	산정불가	인하대학교 항공우주융합캠퍼스

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

General Atomics사와의 MOU체결 통한 연구협력 수행

□ 추진 배경

○ General Atomics(이하 GA)사는 현대 무인기 시대를 본격적으로 열었던 Predator무인기의 제작회사임

○ GA사는 Predator무인기를 기반으로 한 민간용 무인기 Ikhana를 활용, 인증기 개발 및 충돌회피, C2 실험을 수행중

○ GA사에서 민간 무인기 충돌시험 분야의 책임자인 Mr. Brandon Suarez와는 ICAO RPAS Panel내 Working Group 3에서 만나 협력관계를 구축하였음

○ 연구단에서 2017.07.10.에 GA-ASI에 방문하여 최근 UAS Integration을 위한 연구동향을 나누며 향후 MoA에 대한 구체적 내용 논의, Factory tour를 하며 GA의 최신 민간 무인기 MQ-9에 대한 지식 습득

○ GA사는 2017.10.18에 한국에 방문하여 ADEX에서 민간 RPAS의 연구내용 교류 및 기술지원 MoA를 체결하였으며, 2017.10.19.에 KAIST를 방문하여 DAA 기술, UAS Integration에 대한 강연을 진행하였음

○ GA사 Mr. Suarez의 협력으로 RTCA SC-228에 가입, DAA부분에서 미국측 인사들과 기술적 교류를 진행하였음

○ GA사는 특히 충돌회피 부분에 많은 연구성과를 내었는데, GA사는 본 과제에서 개발한 충돌회피용 console program 인 Conflict Prediction and Display System(CPDS)을 제공하여 본과제의 이동형 지상국내에 설치/운용 하였음

○ GA사와는 충돌회피 기술 등 국제협력을 추진하여 2020년초까지 연 1회이상 상호 방문 및 국제공동워크샵등을 수행하였음(이후 Covid19로 인해 국제 협력이 중단됨)

○ GA사 Mr. Suarez의 협력으로 RTCA SC-228에 가입, C2 및 DAA부분에서 미국측 인사들과 기술적 교류를 진행하였음



그림 164. 연구단 & GA-ASI의 MoA 체결



그림 165. ADEX (2017.10.18.)에서 GA-ASI와 연구단의 연구내용 교류와 KAIST방문(2017.10.19.)

○ GA사 초청으로 일본 이키섬(후쿠오카 근방)에 Sky Guardian 비행시험 참관(18.5.20-21)



그림 166. General Atomics사 무인기 실제 비행시험 참관

○ ADEX2017 기간 중 GA사와 2nd Joint Workshop을 인천송도에서 진행하여 연구단, 국토부, 다수연구소 및 기업이 참여하여 GA-ASI 연구내용과 한국과의 협업 등을 소개(18.7.19), 한서대 태안비행장에서 OPV 비행시험 진행(18.7.18)과 GA&연구단 내부회의를 진행(18.7.20)



그림 167. 연구단 2018년도 GA-ASI와의 Workshop 진행

○ GA사는 2019.10.18.에 한국에 방문하여 ADEX기간 중 제 4회 국제공동워크샵을 개최하여 GA사와 연구단의 연구내용을 발표하며 교류하였음



그림 168. 제 4회 국제 워크샵 (GA-ASI & 연구단)

○ 2019.7부터 2019.9까지 카이스트 이재현 연구원이 미국 샌디에고의 GA-ASI에 인턴으로 지내며 GA사의 충돌예측경고시스템인 CPDS를 제공받아 본 연구단의 RPAS와 연결하기 위한 연구를 진행함. 총 2달반의 인턴기간동안 충돌회피 통신규격인 ARINC-735B의 지식을 습득하고 프로그램을 제작하여 본 연구단에서 활용할 수 있도록 하였으며, 한국에 귀국 뒤 연구단 RPAS에 적용하여 비행시험을 성공리에 수행하였음

○ GA에서 제공받은 CPDS를 이용하여 본 연구단에서 개발한 영상기반 항공기 탐지모듈을 적용하여 영상데이터를 이용한 충돌예측 및 경고를 생성하는데 성공함

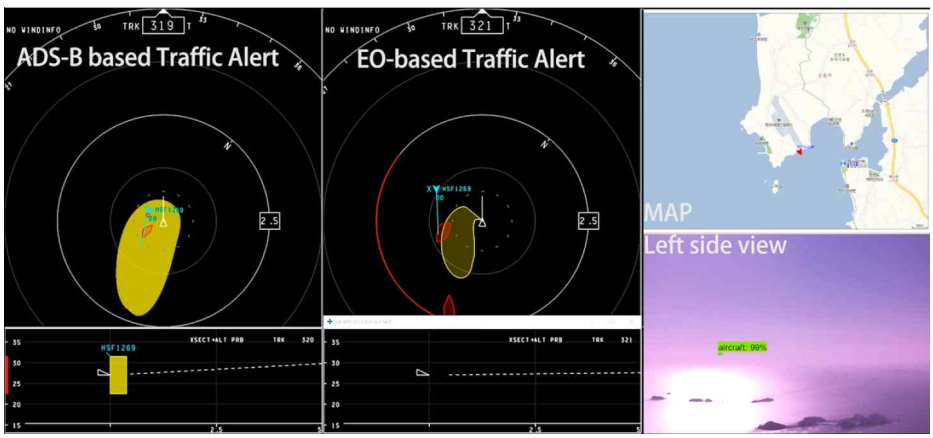


그림 169. GA사의 CPDS를 적용한 영상기반 충돌예측/경고 실험수행결과

○ GA사 인사들은 2020년 2월 18일 한국을 방문하여 한서대에서 CPDS를 활용한 충돌회피 비행시험을 참관하고 기술자문을 수행하였음

○ 2020년에도 국제워크샵을 수행하려 하였으나 CoVid19로 시행하지 못하였는데, 7차년 말 상황이 호전되는 듯 하여 개최를 추진하였으나 코로나 재확산으로 결국 추진을 포기하게 되었음



그림 170. '20.02.18. GA사 연구원 방문 및 충돌회피 비행시험 참관

NASA와의 국제워크샵 수행

□ 추진 배경

○ 심현철 연구단장은 General Atomics사와 협력하여 RTCA SC-228('17.2)참석중 미국 NASA에서 수행중인 "UAS in NAS" 과제 부책임자인 Davis Hackenberg와 접촉하여 본 과제와의 국제 협력 방안을 제안하고 NASA Aeronautics분야의 부책임자인 Ed Waggoner, Noble Lee와 면담하여 국제 공동협력 방안을 합의함



그림 171. 미국 NASA의 UAS-in-NAS과제 (민간 공역에 무인항공기를 통합 목적)

○ 당시 미국 NASA의 Aeronautics분야의 책임자인 신재원 박사(현재 현대자동차 사장)와의 접촉을 통해 본 연구단, NASA, GA사와의 국제 워크샵 개최

- 국제 무인기 워크샵 자체 행사 (2017.05.22., Grand Hyatt 호텔)
- 국제 무인기 워크샵 공개 행사 (2017.05.23., 전경련 회관)



그림 172.국제 무인기 워크샵 자체(좌), 공개(우) 행사진행

○ 2017.07.12-13, 미국 NASA Armstrong 방문, ACAS-Xu 실험 참관

- 본 행사에서는 2017년 5월 NASA와의 공동 워크샵 수행이후 수속조치로 진행되어 미국 NASA Armstrong 센터에서 진행중인 Ihkana무인기를 이용한 충돌회피 시험을 참관하였음.
- 본 방문에는 심현철 단장, 김승주 교수, 이재현 연구조원이 참여하였음
- 본 시험에서는 Ihkana무인기를 이용하여 실제와 같은 비행조건에서 다른 항공기와의 조우상태에서 개발된 장비를 활용하여 충돌회피를 수행하였음
- 비행장소가 상당히 떨어져 있어 육안으로 항공기를 관측하는 것이 불가능해서 Ihkana무인기에서 송출되는 실시간 영상을 관측할 수 있었음



그림 173.NASA Armstrong 방문 (2017.07.12.)과 비행시험 참관(07.13)



그림 174. NASA Armstrong 충돌회피 시험용 항공기 MQ-9B (‘17.7.13)

□ NASA 비행자료 분석

○ NASA는 다음과 같은 4개 분야에 대해 비행시험을 수행중 (통합시범운용, HRI, 충돌회피, 통신)

- NASA는 2016년까지 수행된 Phase 2 비행시험단계에서 충돌회피 및 통신 2개분야를 중점 수행함

- 미국은 지난 20여년간 다양한 군용 무인기 운용경험을 축적하여 기본적인 비행 분야 기술 및 표준은 이미 확보하였으므로 민간공역 통합에 관련되어 현재까지 기술이 충분이 개발되지 않은 부분만 중점적으로 수행하는 것으로 판단됨

* 반면 본 연구진은 국내에 민간 무인기의 운항관련 자료가 전무하여 민간 무인기의 기본적 비행부터 수행하여 비행 데이터 및 경험 축적 필요

○ NASA는 2017년에 Phase I을 완료하고 2018년부터 비관제공역(G 공역)에서 연구를 확장, 2020년까지 하고 특히 기존 유인기 공역에 Chase plane없이 실제와 아주 유사한 방식으로 무인기 운용을 수행하였음

* 2020년까지 비행시험을 수행할 경우 본 연구단 추진 일정과 겹치게 되어 보다 유기적 상보적 공조 가능 (비행시험장 방문, 본 연구진의 비행자료 공유 등 상호협력 추진 예정) 워크샵은 매년 진행될 계획이며, 일본과의 협력을 추진하는데도 좋은 시발점이 될 것으로 기대함

□ ICAO RPAS Symposium/3 초청 발표 (중국 청두, 2018.9.10-13.)

○ ICAO RPAS Panel 주요인사 참석 (Stephen Creamer, Leslie Cary, Mike Gadd등)

○ 무인기의 분류, 규정 제정현황, 운용자격조건, 활용현황, 관련 신기술 동향 등 발표

○ Emerging Technology 세션 초청 발표(심현철 단장)



그림 175.연구단 심현철 단장의 세션 초청 발표

□ RTCA EO/IR 세션 발표 진행 (미국 시애틀, 2018.7.9-13.)

○ RTCA SC-228 참여 Face-to-face meeting

○ 참석: 심현철 단장, 김희욱, 이재현

○ EO/IR 세션 발표 진행(심현철 단장)

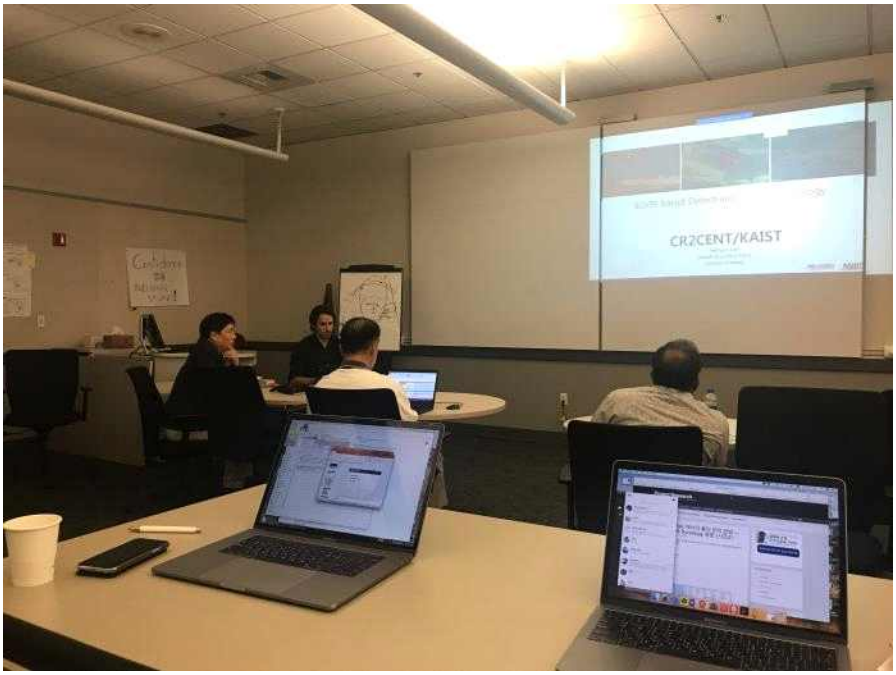


그림 176.심현철 연구단장의 EO/IR 세션 발표

□ JARUS 2018 (미국 샌디에고, 2018.10.29.-11.2.)

○ ‘17년 과제 평가시 유럽 인사와의 협력 강화 주문에 따라 JARUS 회의에 참석

- JARUS는 유럽 중심의 소형 무인기 관련 규정 제정기구로서 참여 인사 구성이 ICAO 주요 인사와 중복성 높아 교류가 용이함

- ICAO 측 인사들과 협력을 강화하려면 JARUS와도 정기적으로 교류하는 것이 필요

○ 미국 General Atomics사 주최

○ JARUS 현황, SORA 제정 현황 및 활용방안, Cyber security 이슈, JARUS 법적 지위 문제 논의

○ JARUS에서 다루는 소형무인기 및 RPAS 관련 내용들이 ICAO에 추후 상정되는 경우가 많음

○ JARUS는 소형 무인기 뿐만 아니라 일반 무인기 분야에도 영향력이 커지고 있음.

JARUS의 무인기 구분 기준(Open, Specific, Certified)이 ICAO에서 채택되었음



그림 177. 미국 JARUS 미팅 (‘18.10)

○ ICAO RPASP/16-WP/10 (ICAO Wor ing Paper 제출, 2020.06.23)

- LOST C2 LINK CONTINGENCY PROCEDURES FOR SEOUL TMA AND ASSESSMENT ON SAFETY AND CONTROLLER WORKLOAD

□ 드론레이다 실제 활용 성과

○ 2018 평창 동계올림픽 및 패럴림픽에 구축/운용된 3D scanning 레이더에 대한 청와대, 대통령 경호처, 국무조정실, 전자신문에서 관련 내용 보도.



평창 올림픽, KAIST에서 개발된
드론 탐지 레이다 설치 기사

보 도 자 료

2018년 2월 4일 (일)
[즉시 보도 가능]

기 관	2018 평창 동계올림픽대회 및 동계패럴림픽대회 경호안전본부
담 당	공보상황팀
담당자	김 수 명
연락처	010-4770-9940

과학경호로 평화올림픽 이끈다

평창 동계올림픽 국빈 경호 총괄하는 경호안전통제단의 선진화된 경호 조치

□ 이렇게 경호장비로 활용되는 드론이 신종 테러 무기로 사용되는 상황에도 대비하고 있다. 평창올림픽 안전을 총괄하는 대테러안전대책본부는 지난달 31일 한국과학기술원(KAIST)에서 개발한 드론 탐지 레이더를 드론 출몰 예상지로 꼽히는 평창 일대의 특정지역에 설치했다. 만일 레이더 탐지범위(반경 1.2km)에 들어오면 미인가 드론을 탐지하는 레이더가 감지한 것을 경호안전통제단 종합상황실 모니터로 파악해 각종 차단 장비로 대응하여 접근을 막는다.

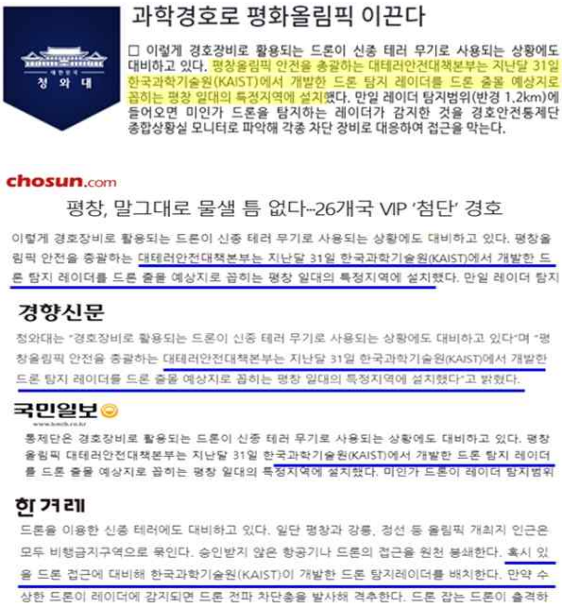
국무조정실 국무총리비서실 보 도 자 료 (배포) 2018. 3. 5(월)

3월 5일(월) 16:30(회의종료) 이후 사용

담당	국무조정실 대테러센터	부장 이진원, 사무관 송강일 (02-2100-2032, 2041)

평창 동계패럴림픽, 올림픽 보다 안전한 대회로 만들겠습니다.
- 평창 동계패럴림픽 대비 테러대책실무위원회 개최, 테러대비태세 강화 -

□ 이울러, 평창올림픽에서 호평을 받은 △드론 탐지 레이더 및 전파 차단, △테러위험인물 지문검색, △얼굴인식시스템 등 최첨단 장비를 패럴림픽에도 투입하여 테러대비태세를 강화하고,



청와대

과학경호로 평화올림픽 이끈다

□ 이렇게 경호장비로 활용되는 드론이 신종 테러 무기로 사용되는 상황에도 대비하고 있다. 평창올림픽 안전을 총괄하는 대테러안전대책본부는 지난달 31일 한국과학기술원(KAIST)에서 개발한 드론 탐지 레이더를 드론 출몰 예상지로 꼽히는 평창 일대의 특정지역에 설치했다. 만일 레이더 탐지범위(반경 1.2km)에 들어오면 미인가 드론을 탐지하는 레이더가 감지한 것을 경호안전통제단 종합상황실 모니터로 파악해 각종 차단 장비로 대응하여 접근을 막는다.

chosun.com

평창, 말그대로 물샐 틈 없다~26개국 VIP '첨단' 경호

이렇게 경호장비로 활용되는 드론이 신종 테러 무기로 사용되는 상황에도 대비하고 있다. 평창올림픽 안전을 총괄하는 대테러안전대책본부는 지난달 31일 한국과학기술원(KAIST)에서 개발한 드론 탐지 레이더를 드론 출몰 예상지로 꼽히는 평창 일대의 특정지역에 설치했다. 만일 레이더 탐지

경향신문

청와대는 "경호장비로 활용되는 드론이 신종 테러 무기로 사용되는 상황에도 대비하고 있다"며 "평창올림픽 안전을 총괄하는 대테러안전대책본부는 지난달 31일 한국과학기술원(KAIST)에서 개발한 드론 탐지 레이더를 드론 출몰 예상지로 꼽히는 평창 일대의 특정지역에 설치했다"고 밝혔다.

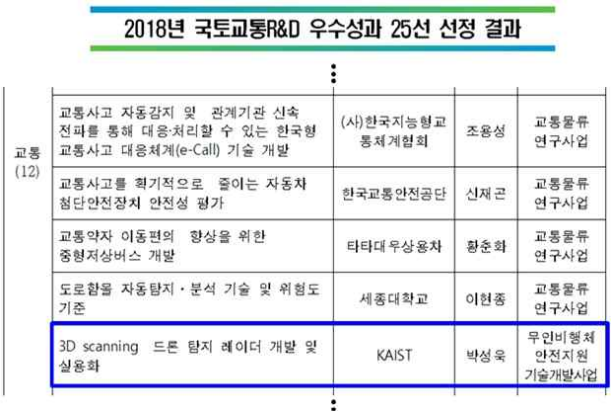
국민일보

통제단은 경호장비로 활용되는 드론이 신종 테러 무기로 사용되는 상황에도 대비하고 있다. 평창올림픽 대테러안전대책본부는 지난달 31일 한국과학기술원(KAIST)에서 개발한 드론 탐지 레이더를 드론 출몰 예상지로 꼽히는 평창 일대의 특정지역에 설치했다. 미인가 드론이 레이더 탐지범위

한겨레

드론을 이용한 신종 테러에도 대비하고 있다. 일단 평창과 강릉, 정선 등 올림픽 개최지 인근은 모두 비행금지구역으로 묶인다. 승인받지 않은 항공기나 드론의 접근을 원천 봉쇄한다. 혹시 있을 드론 접근에 대비해 한국과학기술원(KAIST)이 개발한 드론 탐지레이더를 배치한다. 만약 수상한 드론이 레이더에 감지되면 드론 전파 차단총을 발사해 격추한다. 드론 잡는 드론이 출격하

○ 2018년 국토교통 R&D 우수성과 25선 선정



2018년 국토교통R&D 우수성과 25선 선정 결과

교통 (12)	교통사고 자동감지 및 관계기관 신속 전파를 통해 대응·처리할 수 있는 한국형 교통사고 대응체계(e-Call) 기술 개발	(사)한국지능형교통체계협회	조용성	교통물류 연구사업
	교통사고를 획기적으로 줄이는 자동차 첨단안전장치 안전성 평가	한국교통안전공단	신재곤	교통물류 연구사업
	교통약자 이동편의 향상을 위한 중형저상버스 개발	타타대우상용차	황순화	교통물류 연구사업
	도로함몰 자동탐지·분석 기술 및 위험도 기준	세종대학교	이현종	교통물류 연구사업
	3D scanning 드론 탐지 레이더 개발 및 실용화	KAIST	박성욱	무인비행체 안전지원 기술개발사업



KAIA

국토교통 R&D 우수성과

연구기관명 : 한국과학기술연구원
연구책임자 : 박 성 욱

성과명 : 3D scanning 드론 탐지 레이더 개발 및 실용화

귀 연구진은 우수한 연구성과를 창출하여 국토교통 기술발전에 이바지하였기에 2018년 국토교통 R&D 우수성과로 선정합니다.

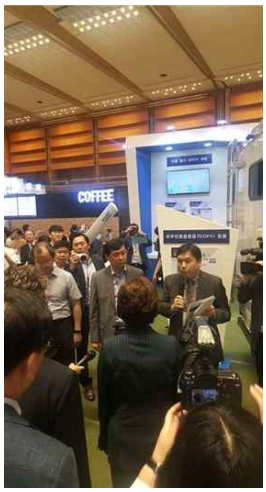
2018. 12.

국토교통과학기술진흥원
원장 손 ● 통 수

2018 국토교통기술대전 전시 및 홍보 (2018.06.07. ~ 08)







○ 2019 국토교통기술대전 전시 및 홍보 (2019.06.07. ~ 08)







○ Seoul ADEX 2019 홍보 (2019.10.15. ~ 18)







(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

□ **스포츠 경항공기 KLA-100 도입**

- ㅇ 본 연구진은 민간공역에 무인항공기를 통합운용하기 위한 기본적 법칙을 도출하기 위하여 감항, 통신, 충돌회피, 비상절차 운용 등 다양한 비행 시험을 수행해야 하였음
- ㅇ 이같은 목적을 달성하기 위하여 본 연구진은 소형 무인비행장치급의 대역기 2대 및 LSA급 항공기에 기반한 OPV 1대를 구입하여 비행시험을 수행할 계획을 수립하였음
- ㅇ 본 연구 착수시 다부처과제의 특성상 예산의 제약으로 우선 1대의 OPV만 구입하는 것으로 계획을 수립하였으나 미국 NASA와 협력관계를 수립한 후 수집된 UAS-in-NAS 과제 정보에서 보는 것과 같이 민간무인항공기 실용화에는 상당히 많은 횟수의 비행시험이 소요되는 것으로 파악하였음
  - 미국 NASA의 경우 군용 무인항공기로 잘 알려진 General Atomics사의 Reaper를 민간용으로 개조하여 활용하고 있는데, 이는 매우 높은 수준의 신뢰성을 갖는 군용 무인항공기임
  - NASA UAS-in-NAS과제의 경우 군용무인기를 활용, 수십회의 비행시험을 수행하였음에도 불구하고 충분한 비행자료를 획득하지 못하여 원래 2016년으로 종료하기로 한 과제를 2021년까지 연장하여 수행
- ㅇ 본 과제에서 활용할 OPV의 기본 기체는 독일 Flight Design사의 CTLS이며, 항공우주연구원이 수행한 OPV 과제의 연구결과를 이전받은 업체가 판매중 (대당 약 20억원)
- ㅇ Flight Design사의 CTLS를 기반으로 한 OPV의 경우 기체 자체 및 추가장착된 자동비행장치의 신뢰성이 아직 충분히 검증된 바 없음
- ㅇ OPV의 추가 구매가 바람직하나 현재로서는 추가 예산이 확보 불가
- ㅇ 따라서 본 연구진은 **최근 국토부 "2인승 경항공기 개발 사업"의 결과물로 개발된 KLA-100을 1대 구입**하고 이를 수동 및 제한적 자동비행모드로 운용하여 본연구의 수행에 절실히 요구되는 다양한 운용조건에서의 비행자료 축적을 수행하는 것을 제안하였음

□ **KLA-100 제원**

- ㅇ KLA-100은 국토교통부에서 추진한 2인승 경스포츠급 항공기 개발 사업으로 개발된 항공기로서 건국대에서 주관하고 Vessel사에서 제작을 총괄하였음
- ㅇ KLA-100은 CTLS와 비교시 주익의 위치가 동체아래 부착된 저익형 항공기라는 차이가 있으나 그 외에는 대부분 유사한 성능임
- ㅇ **KLA-100 개발 사업은 2017년 완료되었음**



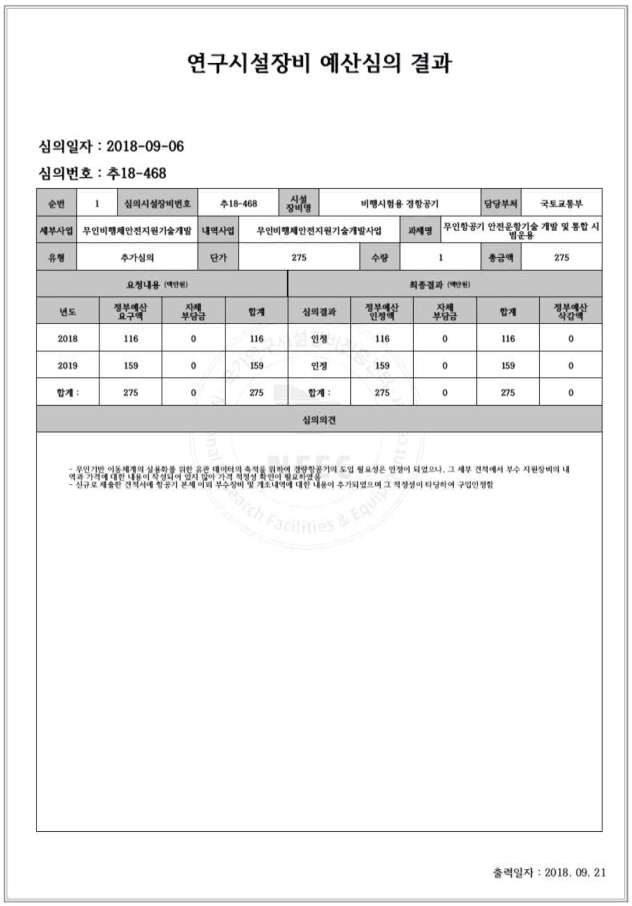
그림 178. 국토교통과학기술대전(2018)에 전시된 KLA-100 외형 및 제원

□ **KLA-100활용 방안**

- ㅇ KLA-100은 우선 자동모드가 필요없는 기본 비행시나리오 검증, 충돌회피 실험시 상대기, OPV 자동비행 중 chaser plane등으로 즉시 활용가능
- ㅇ OPV의 비행시험 부하를 저감하기 위하여 기본관제절차 검증, 비상절차 수행, C2장치 기본 검증에 우선 활용 가능
- ㅇ 향후 자동비행장치의 추가 장착으로 경로점 자동비행 등 무인기로서의 동작기능 확보시 OPV의 역할을 분담 가능 (본과제 종료후 별도과제 수행에서 개발할 계획임)

▢ **소요예산 및 확보 방안**

- ㅇ KLA-100은 세금포함 2억 7천5백만원으로 국가장비심사를 받음
- ㅇ KLA-100은 19년 10월 30일 납기로 구매를 진행
- ㅇ KLA-100의 기본 운용기간은 2018년 하반기부터 2020년까지 예상됨(납기 2018년 11월)
- ㅇ 기체 구입비용외 유지/보수비 (정비, 보관료, 안전성 인증검사) 및 운용비 (공항 사용료, 연료, 조종사 비용 등)
- ㅇ 추가 장비 (통신, ADS-B, 카메라) 장착 개조 수행 (제작사 수행, 개조비용 필요)
- ㅇ 카메라, 계측용 온보드 컴퓨터 등 시험용 탑재장비 탑재하여 충돌회피시험 데이터셋 수집 실험에 활용



연구시설장비 예산심의 결과

심의일자 : 2018-09-06

심의번호 : 추18-468

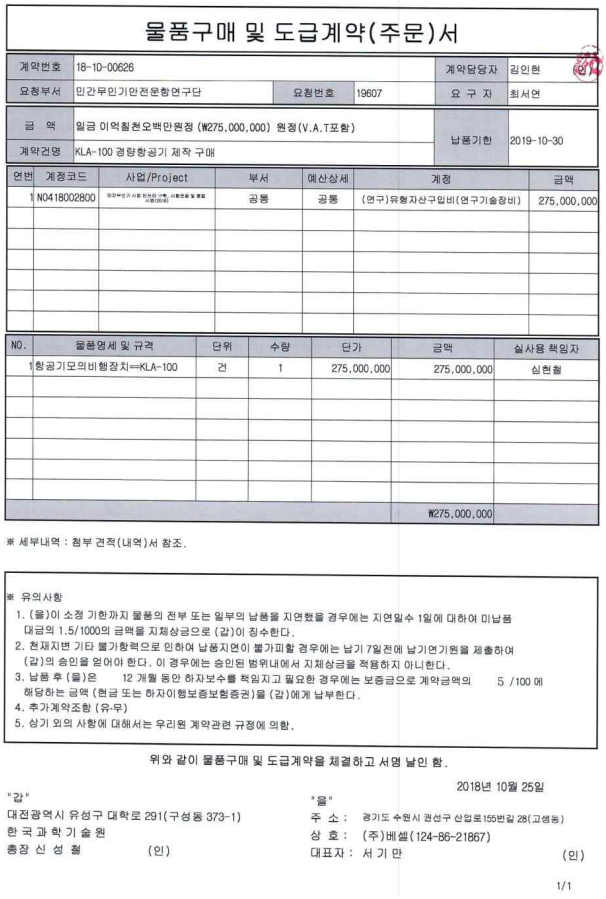
순번	1	심의시설장비번호	추18-468	시설장비명	비행시험용 경항공기	담당부처	국토교통부
세부사업	무인비행체안전지원기술개발	내역사업	무인비행체안전지원기술개발사업	과제명	무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용		
유형	추가심의	단가	275	수량	1	총금액	275

요청내용 (백만원)				최종결과 (백만원)				
년도	정부예산 요구액	자체 부담금	합계	심의결과	정부예산 인정액	자체 부담금	합계	정부예산 삭감액
2018	116	0	116	인정	116	0	116	0
2019	159	0	159	인정	159	0	159	0
합계 :	275	0	275	합계 :	275	0	275	0

심의의견

- 무인기반 이동체계의 성능확보를 위한 운전 데이터의 축적을 위하여 경항항공기에 도입 필요성은 인정이 되었으나, 그 세부 견적에서 부수 지원장비의 내역과 가격에 대한 내용이 작성되어 있지 않아 가격 적정성 확인이 필요하였음
- 신규로 제출한 견적서와 항공기 본체 이외 부수장비 및 정보내역에 대한 내용이 추가되었으며 그 적정성이 타당하여 구입인정함

출력일자 : 2018. 09. 21



물품구매 및 도급계약(주문)서

계약번호	18-1D-00626			계약담당자	김인현
요청부서	민간무인기안전운항연구단	요청번호	19607	요 구 자	최서연
금 액	일금 이억칠천오백만원정 (₩275,000,000) 원정(V.A.T포함)			납품기한	2019-10-30
계약건명	KLA-100 경량항공기 제작 구매				

연번	계정코드	사업/Project	부서	예산상세	계정	금액
1	N0418002800		공통	공통	(연구)유형자산구입비(연구기술장비)	275,000,000

NO.	물품명세 및 규격	단위	수량	단가	금액	실사용 책임자
1	항공기모의비행장치==KLA-100	건	1	275,000,000	275,000,000	심현철
					₩275,000,000	

※ 세부내역 : 첨부 견적(내역)서 참조.

※ 유의사항
1. (을)이 소정 기한까지 물품의 전부 또는 일부의 납품을 지연했을 경우에는 지연일수 1일에 대하여 미납품 대금의 1.5/1000의 금액을 지체상금으로 (갑)이 징수한다.
2. 천재지변 기타 불가항력으로 인하여 납품지연이 불가피할 경우에는 납기 7일전에 납기연기원을 제출하여 (갑)의 승인을 얻어야 한다. 이 경우에는 승인된 범위내에서 지체상금을 적용하지 아니한다.
3. 납품 후 (을)은 12 개월 동안 하자보수를 책임지고 필요한 경우에는 보증금으로 계약금액의 5 /100 에 해당하는 금액 (현금 또는 하자이행보증보험증권)을 (갑)에게 납부한다.
4. 추가계약조항 (유·무)
5. 상기 외의 사항에 대해서는 우리원 계약관련 규정에 의함.

위와 같이 물품구매 및 도급계약을 체결하고 서명 날인 함.

2018년 10월 25일

"갑"
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동 373-1)
한 국 과 학 기 술 원
총장 신 성 철 (인)

"을"
주 소 : 경기도 수원시 권선구 산업로155번길 28(고색동)
상 호 : (주)베셀(124-86-21867)
대표자 : 서 기 만 (인)

1/1

▢ 확보 결과

- KLA-100은 2019년 10월 30일 카이스트 및 한서대 연구진과 인도식 개최 (고흥 국가비행시험장)
- 2020년 4월 한서대로 이동후 OPV와 충돌회피 비행시험의 상대기로 활용
- 본 과제 종료후에는 KAIST의 소유로 기확보된 타 과제에 활용할 계획임



그림 179. 본 연구진이 확보한 KLA-100 (한서대 태안비행장)

2) 목표 달성 수준

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
[성과 1] 항공안전법 등 관계 법령의 해당 조항 개정(안) 및 입법 지원 (KOTI)	○ 무인항공기 운용을 위한 법제화 요소 및 규정사례 연구 - 무인항공기 운용을 위한 법제화 요소 세부연구 - ICAO 및 주요국의 법 규정사례 비교 연구 - ICAO RPASP 참여하여 동향을 파악하여 국제 기준 국내 반영 준비 ○ 무인항공기 조종자격 관리 관련 법제체계 및 교육 체계 제시 - 무인항공기 조종사 교육제도 검토 - 무인항공기 조종사 교육제도(안) 검토를 위한 이해관계자 의견수렴 - 무인항공기 조종사 교육제도(안) 도출 ○ 항공안전법 등 관계 법령 개정 요소 분석 ○ 무인항공기 관련 항공안전법, 시행령 및 시행규칙 개정초안작성 - 항공안전법, 시행령 및 시행규칙 개정(안) 작성&보완 및 입법지원을 위한 법률자문을 통해 입안형식 및 전문 작성 ○ 항공안전법령 1, 2, 3차 개정(안) 마련 및 입안형식 및 전문 작성 (보고서)	100%
[성과 2] 무인항공기 인증체계 개발 (KIAST)	○ 국제 기준 국내 반영 준비(무인항공기 인증체계 국내 적용 방향 제시) ○ 글로벌 스탠다드 국내 무인항공기 인증체계 개발을 위한 전략제시 ○ 무인항공기 인증체계 구축을 위한 기술 현황 분석 ○ 국제적인 무인항공기 감항기준(안) 검토 ○ 무인항공기 인증체계 구성요소 검토 ○ 무인항공기 감항성에 대한 국제표준 검토 및 감항기준 제정 요소 분석 ○ 무인항공기 인증절차 검토 및 인증절차기준 고시(초안) 작성 ○ 무인항공기 감항성 국제표준(안) 분석 및 감항기준(안) 제정 방향 검토 ○ 위험기반접근법을 고려한 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립 ○ 무인항공기 인증절차기준 고시(안) 세부절차작성 및 절차(안) 확정 ○ 항공안전법 인증 관련 개정(안) 마련 ○ 무인항공기 감항기준(안) 제정 방향 제시 ○ 무인항공기 인증체계 구축(안) 수립 ○ 무인항공기 인증절차를 위한 무인항공기 형식증명절차 지침서 제정(안) 마련	100%
[성과 3] 무인항공기 운항 기술기준의 제정(안) 및 고시지원 (KOTI)	○ 고정익 무인항공기에 관한 운항기술기준 1, 2, 3차 제정(안) 작성 (ICAO Annex 6, Part 4 반영 및 수정·보완) ○ 회전익 무인항공기 운항기술기준 제정(안) 제시	100%
[성과 4] 무인항공기 법적 책임 및 책임 보험 제도(안) (KOTI)	○ 무인항공기 운영자의 법적책임보험 제도 연구 - 무인항공기 운영자의 법적책임과 보험과의 관계연구 - 무인항공기 사고와 보험에 관한 이론적 연구 ○ 무인항공기 책임보험제도(안) 마련	100%
[성과 5] 무인항공기 항공교통관제 기준/절차 개정 (KOTI)	○ 무인항공기 항공교통관제절차 개정, 고시 지원을 위한 연구 - 무인항공기시스템의 국제적 안전관리 동향 분석 - RPAS 매뉴얼 분석	100%

	- 실용화기반조성 연구에서 제시한 관제절차 분석 ○ 유,무인항공기 항공교통관제절차 개정 초안 작성 ○ 유,무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 1, 2, 3차 개정(안) 작성	
[성과 6] 무인항공기 항공교통관제 절차 개정 (KOTI)	- [성과 5]로 합쳐짐	-
[성과 7] C2 단절 비상절차 평가 (KOTI)	○ C2 단절 시나리오 정의 및 김포-제주 항로 운항 자료 분석 - C2 링크 및 단절 정의 - 서울-제주 운항자료 분석 - C2 링크 단절 비상절차 시나리오 ○ C2 단절 비상절차 안전도 평가 및 RPASP 발표 ○ C2 단절 비상절차 평가 방법론 연구 ○ C2 단절 비상절차 평가용 시뮬레이션 개발(인하대와 공동 추진) ○ OPV활용 태안-고흥 왕복 비행시험 통해 실제 환경에서 검증	>100%
[성과 8] 운용 지원 지상시설 구축 (카이스트 심현철 교수)	○ 이동형 지상국 1,2,3호차 구축 완료 (17,’ 18, ‘20년 입고) ○ 한서대 태안비행장을 거점으로 OPV 및 지상국 운용 ○ 국가비행시험장 활용 장거리 비행시험 수행 완료(2021.6)	>100% (KLA-100 추가 구축)
[성과 9] 소형무인항공기 감시 레이다 지상시설 구축 (카이스트 박성욱 교수)	○ 무인기 탐지/식별 기반 레이더 기술 조사 및 국내외 사례 분석 ○ 단일셀 레이더 시스템 개발 ○ 시스템 구축 및 테스트를 위한 자료 조사 - 김포 공항 전파 환경 측정 실험 ○ 다중 셀 3D scanning 레이더 구축을 위한 레이더 하드웨어 - RF front-end 및 IQ de-modulator, 안테나 자체 제작 ○ 무인항공기 및 조류 식별을 위한 알고리즘 개발 ○ 3D scanning 레이다 개발 및 안테나 및 모터 구동부 개발 - 새 모형 드론의 micro-Doppler signature (MDS) 측정 및 드론의 MDS와 비교 분석 및 이를 이용하여 실시간 처리에 유리한 경량화된 1D CNN 알고리즘연구 및 실외 테스트 - 효율적인 표적 탐지 및 추적을 위한 제어 소프트웨어 개발 및 구현 - 다중 셀 구축 및 운용을 통한 성능 검증(평창올림픽/패럴림픽 실전 배치) ○ 2차원 회전식 GPS 누설파 탐지 수신기 및 소프트웨어 개발 및 운용 실험 검증 실시. ○ 드론 탐지 레이다 시스템 개선 - 수평 방향으로 360° 를 빠르게 스캐닝(2D Scanning) 하는 컨셉을 추가하여 실시간으로 드론을 탐지/추적하거나 그 흔적을 기록 하도록 기존 드론 탐지 레이다 시스템을 개선. - 실제 환경에서 개선된 드론 탐지 레이다가 DJI社의 Inspire 2를 최대 약 3.0 km 거리까지의 탐지 능력을 검증함. ○ 드론 탐지 레이다 시스템 실용화 - 2019년 4월 18일에 한국공항공사로부터 드론 탐지 레이다 시스템의 설치 허가를 받음. - 2019년 4월 19일에 인천국제공항공사로부터 드론 탐지 레이다 시스템의 설치 허가를 받음 - 김포 국제공항 내로 1국을 신청했던 곳에 실험국 허가 결정. (서울전파관리소, 2019년 11월 7일, 실험국 1국 허가.)	>100% (평창 올림픽 등 실제환경에서 활용, 성공적으로 검증됨. '18년 국토교통부 우수연구로 선정)

[성과 10] 민간무인기의 시험운용을 위한 지상 제어용 통신링크(CNPC) 인프라 구축 (ETRI)	○ 시범용 CNPC 시스템 설계 및 시험 계획 - 무인기 CNPC 시스템 설계 - 무인기 CNPC 무선국제작 : 플랫폼, 안테나/RF 제작 - 무인기 CNPC 커버리지 분석 및 무선국 배치 계획 ○ 다중셀 CNPC 무선국 구축 및 검증 - 무인기 CNPC 지상/탑재 무선국 구축 (3개셀) - 네트워크 기능 SW : 핸드오버 시험 - 지상시험/현장시험/비행시험을 통한 검증 ○ 다중셀 CNPC 무선국 구축 및 검증 - CNPC 시스템 비행 시험 (가용도, 커버리지 검증) - CNPC 핸드오버/통제권이양 비행 시험 - 다중셀 CNPC 기반 비행 운항 시험 (FCS-GCS IF 검증) - 다중셀 CNPC 장거리 비행 시험	100%
[성과 11] 무인기 제어용 통신(CNPC) 전국망 구축 타당성 분석 (ETRI)	○ 전국망 구축 타당성 분석 및 보고서 - 분석환경 : 디지털 지형 데이터를 활용한 국내 지형 환경, 국내 공역 반영, 출력 제한 지역 적용, 지상국 안테나 패턴 적용 - 지상 무선국추가 배치에 따른 SNR 영향 분석 시뮬레이터 개발 - CNPC 전국망 구축을 위한 지상 무선국배치(안) 제시	100%
[성과 12] 민간무인기 (소형 대역기) 시험/ 시범운용 (카이스트 심현철 교수)	- 소형 대역기 2식 구매, OPV 활용전 선험적 비행시험 데이터 구축 - 소형무인기에 맞춘 충돌회피 기준 수립 및 비행 시험 수행 - OPV 비행시험에 활용할 비행시험카드 작성	100%
[성과 13] 충돌회피 기술 비행시험 및 평가 (카이스트 심현철 교수)	- 무인항공기 관련 기준 수립을 위한 국제회의(ICAO RPAS 패널)에 참석하여 국제 동향 파악 및 국내 연구내용 현황 공유를 통해 국제 기준 수립 활동에 기여함 - 국제회의 결과를 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원과 공유하여 국내 무인항공기 관련 정책 수립에 참고자료로 활용할 수 있도록 기여함 - 최신 국제 동향 및 국제 기준 방향을 반영한 국내 규정 제도 개선안 수립에 활용함	100%
[성과 14] OPV기반 무인기 운용 시험 검증 및 평가 (한서대)	- ICAO RPAS 패널 회의, FAA-APAC UCWG 등 무인항공기 인증 체계 및 감항기준 수립을 위한 국제 협력 회의에 참여하여 관련 국제 동향 파악 및 국내 적용 방안 수립 활동에 기여함 - 항공 선진국(FAA, EASA)의 무인항공기 규정화 동향 분석을 통하여 관련 법령 제·개정(안)의 보완하여 국내 법제화 시 활용할 수 있도록 지원함 - ICAO의 감항성 국제표준 및 해외 감항당국 등의 무인항공기 감항기준 제정 방안 분석을 통하여 국내 무인항공기 감항기준 제정 방향을 제시함 - 국제협력체계를 통한 위험 기반 접근법의 적용을 위하여 국내 적용 무인항공기 인증을 위한 위험 모델(안)을 제시함	100%
[성과 15] 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구 (인하대)	○ 무인기 운용 배속 항공교통 성능검증 도구 - 배속성능검증 도구 선행 연구 조사 - 궤적 생성기 개발	성과16과 통합수행
[성과 16] HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합	○ 무인기 통합 운용 검증 HiTL 성능검증 도구 시스템 - 시스템 설계	100%

운용 검증 가상 비행 시험 (인하대)	- 시스템 개발 ○ HiTL 성능검증 도구를 통한 무인기 통합 운용 검증 가상비행시험 - 시스템 개발 - 시스템 개발 및 가상 비행 시험 - 시나리오에 의한 가상 비행 시험 수행	
[성과 17] 비관제공역 비행 무인기 식별, 감지, 통제, 경로 설계 및 최적화 기법 (카이스트 윤윤진 교수)	- 무인기 교통제어 관련 연구, 정책 동향 조사 및 기반 기술 검토 - NASA 등 항공선진국 기술 동향 조사 및 검토 - 무인비행장치 운항환경 설정을 위한 지형경계 설정(geo-fencing) 기법 선행연구 조사 - 지형경계 설정 기법 및 시간 축을 고려한 경로설정(4D trajectory operation) 기법 선행연구 조사 - 경로최적화 기법 및 확률모델기반 경로 재설정 기법 선행연구 조사	별도과제로 이관하여 수행
[성과 18] 비관제공역 무인 비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍처 디자인 컨셉 (카이스트 윤윤진 교수)	- 저고도공역 무인비행장치 운영시스템 기술적 요구사항보고서 - 저고도 공역 무인비행장치 운영시스템의 클라우드 아키텍쳐 동향 조사 및 기본 컨셉 도출	별도과제로 이관하여 수행
[성과 19] 무인기용 SBAS 효용성 분석결과 및 활용방안 (카이스트 이지윤 교수)	- 무인기용 SBAS 수신 장비 요구도 조사 - 무인기용 SBAS 수신 장비 인프라 구축방안 분석 - SBAS수신기 탑재 무인항공기 운용 시나리오 정립 및 요구조건 도출	평가의견에 따라 1차년도로 종료
[성과 20] 다부처사업 연계기반 다종 무인이동체 통합 시험운용 (카이스트 심현철 교수)	- 다부처과제인 본과제수행에 있어 과기부 해부수와 협업하여 각 과제에서 개발된 기술을 효과적으로 결합, 검증, 시연할 수 있는 시나리오 도출 및 수행 - 다부처 협의체/연구자 협의체 운영 통한 진도관리 및 방향성논의 - 해난 사고 대응 가능한 무인기+무인선 통합 시나리오 도출 - 국토부+과기부 기술 결합 1차 시연 수행(한서대, '19.10) - 국토부+과기부+해부수 협력 최종 시연 수행(평택호, '20.10)	100%
[성과 21] 국제기준수립 활동 (KOTI)	○ ICAO RPASP 참여하여 동향 파악, 패널 논의 내용 정리 및 분석 - WG1 감항은 국토교통부 첨단항공과 원정윤 주무관이 패널 멤버로 참석하고 있으며, 2017년 항공대가 연구단에 참여하여 RPASP/8, 9 회의에 참석하였으나 2018년부터는 무인항공기 감항기준 연구를 항공안전기술원(KIAST)이 진행하게 되면서 RPASP/10 회의부터는 KIAST 이은희 선임연구원과 이승근 선임연구원이 참석 - WG2 통신은 RPASP/7회의부터 ETRI 김희욱 선임연구원이 참석 - WG3 탐지/회피는 KAIST 심현철 교수가 참석 - WG4 자격은 RPASP/5회의에서 개정안(부속서 1)을 도출하였으며, RPASP/6회의를 마지막으로 종료됨 - WG5 운항은 RPASP/7회의부터 RPASP/11까지 KOTI 이준규 연구원이 참석하였으나, 연구진 변경으로 RPASP/13부터는 KOTI 한재현 연구위원이 참석 - WG6 ATM은 RPASP/7회의부터 RPASP/11까지 KOTI 김상현 부연구위원이 참석하였으나, 연구진 변경으로 RPASP/13부터는 KOTI 박보미 전문연구원이 참석 - WG7 인적요인은 워킹그룹에는 별도의 연구진이 참석하고 있지는 않으나 전체 패널 차원에서 관련 내용을 검토	100%

	- WG8은 RPASP 매뉴얼 개정을 위해 2019년에 신설된 워킹그룹으로, 해당 그룹에는 별도의 연구진이 참석하고 있지는 않으나 전체 패널 차원에서 관련 내용을 검토 ○ ICAO SARPs 제정 참여 - Working paper 3회 상정, 채택됨	

3) RFP 대비 목표 달성 내용

RFP 요구내용	성과 내용	달성여부
광역 무인기 운용을 위한 통신(ATC, CNPC) 시험용 시설 설계, 구축 (가시권 밖 포함)	국제기준 (ICAO, RTCA)기준에 부합한 통신체계(C2) 개발 및 구현 통신 중계차량 (3대) 구축 및 검증완료	○
무인기 식별, 감시 시범 시설 설계, 구축	RPA감시는 기존 항행체계 이용 소형 무인기 식별 감시 위한 레이다 개발 및 검증	○
운용 지원 지상시설 구축(계류장, 정비시설) * 국토부 및 산업부에서 추진중인 비행종합시험장 과제와의 연계 필요	무인기 통제차량 3대 구축 및 운용 국가비행시험장(고흥)까지 RPA 장거리 비행 성공적 수행('21.6)	○
무인기 시뮬레이션, 대역기, 실기 등을 이용하여 비행시험 수행을 통한 비행자료 획득 및 분석	시뮬레이션 시스템 구축(인하대) 대역기(소형 고정익 무인기, 카이스트), 실기(CTLS기반 RPA, 한서대) 기반 비행자료 획득 및 분석완료	○
가시권내/외 비행, 자동이착륙, 충돌회피 기술, 조종 통제권 이양, 비상운용절차 등을 다양한 환경조건에서 실험	비행시험 수행 완료(실제106회>계획94회) 조종통제권이양, 비상운용절차(C2단절시) 수행 완료	○ (자동이착륙은 OPV 인증문제로 수동이착륙 수행)
비관제공역에서 무인기 경로 설정 및 교통흐름기법 연구	비관제공역에서의 무인기 연구는 2017년 별도과제("저고도 과제")로 분리되어 수행중	별도과제로 분리
위성보강항법 등을 이용한 정밀항법기술 연계 및 적용 연구	위성보강항법은 ILS를 이용하지 않는 RPA의 정밀이착륙 등에 활용가능하나 보강항법과제의 진도 및 완성시점이 본 과제 종료시정 이후(2022년이후)이므로 본 과제 수행 범위에서 제외되었음(5차년도 평가의견)	평가의견에 의거 1차년도로 종료
다부처사업 아래 미래부/해수부가 개발중인 통신장치 및 무인수상선 등과의 협업 시나리오 개발 및 실제 적용을 통한 검증	과기부 과제에서 개발한 통신원천기술(ETRI주관)과 해수부 과제에서 개발한 무인수상선 운용기술을 결합하여 해상구난시나리오 성공적 수행('20.10.9)	○

4. 목표 미달 시 원인분석(해당시 작성)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○ 본 연구 과제에서 모든 추진 목표를 100%달성하였음

- 일부 무인비행장치관련 성과 (17,18)들은 별도과제가 시작되면서 이관되었음

- 성과 19 (SBAS)는 별도로 추진중인 SBAS과제의 일정과 본 과제의 일정이 불일치하여 1차년도로 종료

2) 자체 보완활동

○

-

○

-

3) 연구개발 과정의 성실성

○

-

-

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

□ **본 과제의 의의 (요약)**

- 본 과제는 2011년부터 민간무인기 실용화를 위해 시작된 기획과제(2011~2012), 선행과제(2013~2015)를 이어 국내에서 무인항공기 (>150kg)의 시범운항기반 구축 및 운용, 관련 법제화등을 구체적으로 수행한 첫번째 과제임

-(선도성) 2014년부터 시작된 다부처 사업의 첫번째 사례로서 국토부-과기부-해수부의 협업으로 진행
→현재 진행중인 무인이동체 사업, 저고도 무인기 사업등의 선행과제로서 의의

-(시의적절성) 2015년부터 본격적으로 시작된 ICAO RPAS Panel 활동과 맞춰 2021년까지 진행된 ICAO RPAS Panel의 SARPs작성 기간에 딱 맞춰 진행되어 이 기간동안 ICAO RPASP 및 RTCA의 규정제정상황을 파악하고 본 과제에서 연구한 결과를 Working paper로 발표하여(3건) 국제기준제정에 직접적 기여

- (신기술개발) RPAS 운용에 필수적인 통신장비(C2), 충돌회피 기술(DAA) 개발

- (규정제정) 본과제 산출물인 운항기술기준(안), 교통관제기준(안)활용 법제화 수행

- (파급효과) 현재 진행중인 저고도과제는 본과제에서 도출, 분리 수행중이며, 소형무인기 인증사업 등 향후 RPAS실용화에 본 과제의 연구결과를 직접 적용 가능

□ **본 과제의 우수성/창의성**

- 본 과제는 무인항공기(>150kg)가 유인항공기의 공역에 안전하게 통합하기 위한 국토부의 유일한 과제로서 그 중요도가 매우 높고 시의적절한 과제였다고 판단함.
- 이 과제에서는 무인항공기 식별, 전용 CNPC 무선통신장비, 무인기 운용계획과 비행시험 준비, 유무인기 혼합 공역 비행에 대한 가상비행 모사 연구, 실제 무인항공기와 OPAV를 투입하는 비행시험 준비, 항공법과 국내 항공교통망 자료에 근거한 자료 분석 연구, 무인기에 대한 국제적 협의체 활동에 국가를 대표하는 정기적 참여 등 매우 중요한 일을 수행하였음
- 본 과제에서 수행하는 OPV를 이용한 실제 비행시험은 항공선진국인 미국과 유럽 국가를 제외하고 거의 유례가 없으며, 특히 아시아 권에서는 중국과 일본보다도 앞서 미국 NASA, RTCA등의 기관과 협력 관계를 구축할 수 있었으며, 무인기 분야에서 세계최고 기업인 General Atomics와의 MOU를 체결함으로서 통해 국내 역량만으로 이룰 수 있는 한계를 넘어설 수 있는 연구과제로 발전하였음
- 특히 본 연구에서 개발된 드론 감시 레이더는 개발이 완성되어 국가 주요행사 보안에 성공적으로 활용된 바 있으며, 주요시설에서 실증을 수행하여 외산 대비 가격 및 성능면에서 우수한 성능을 보이고 있음.
- 본 연구에서 개발한 C2 통신장비는 외국에서 아직 상용화되지 않은 지상통신망 구축용 핵심 기술로서 NASA 및 ICAO에서도 비상한 관심을 갖고 자료 및 협력을 요청하고 있는데, 이는 우리나라의 독자기술이 세계 항공분야의 발전에 직접적으로 기여하는 매우 의미있는 사례임.
- 본 연구에서 수행한 인공지능 활용 영상기반 충돌회피 기술은 미국에서도 현재 활발히 연구되고 있는 분야로서 향후 시계비행 환경에서의 충돌회피 기술에 활용될 수 있음. 또란 드론감시 레이다도 ground-based DAA (GBDAA)에 연계해 활용가능함.
- 본 연구에서 개발된 가상비행시험장치를 활용하여 인하대와 KOTI가 공동연구를 수행한 결과물에 기반하여 세계적으로 가장 밀집된 항로에서의 C2단절시 비상절차는 ICAO 패널회의에서 working paper로 제시되어 본 과제의 연구결과가 ICAO의 정책결정 방향에 기여하였음

□ 연구목표의 도전성, 파생성과의 공헌도

- 본과제는 우리나라 항공기 분야에서 국제적 공조에 체계적, 지속적으로 참여한 중요한 사례임
(ICAO RPASP 6년간 참여, Working paper 4건 제안, 채택)

- 드론탐지 레이다는 2018년 국토교통부 25대 우수연구로 선정, 실제환경에서 활용중
- 본 과제는 국내에서 수행된 민간 무인항공기의 첫번째 실용화 과제로서 수행되었으며 소형 무인기 인증사업, AAM등 미래 이동체 실용화의 초석으로 이미 기여중
- 딥러닝 활용 영상기반 충돌회피 기술은 미국에서도 현재 연구개발중인 기술(RTCA SC-228 Phase)로서 세계적 흐름에 앞서간 우수한 사례임 (2020년 우수논문상 수상)

□ **본 과제의 파급효과**

- 본 과제는 미래 항공교통의 새로운 주역으로 떠오를 민간무인항공기의 국내운용기반구축으로서 본 과제를 수행하지 않으면 항공선진국보다 5년이상 무인항공기 활용이 지연되었을 것임.
- 본 과제를 통해 우리나라가 무인항공기 운용, 활용 등 모든 분야에 선진국 수준으로 접근할 것이며 이를 통한 관련 산업의 발전이 기대됨.
- 본과제의 산출물은 최근 시작한 국토부의 소형무인기 인증사업과 미래 신개념 비행체(AAM)등 연구에 본 연구과제의 성과를 직접적으로 적용할 수 있음.
- 또한 본 과제는 다부처 사업으로 추진중인 “고신뢰성 다개체 무인이동체 과제”의 전체를 아우르는 과제로서 과기부가 개발한 통신/보안/협응기술과 해수부의 무인선박 통합운용체계와 결합하여 신개념 무인시스템의 실용화 시나리오를 금년도에 성공적으로 수행함으로서 향후 무인이동체 통합운용기술 개발에 선도적 역할을 할 것임.

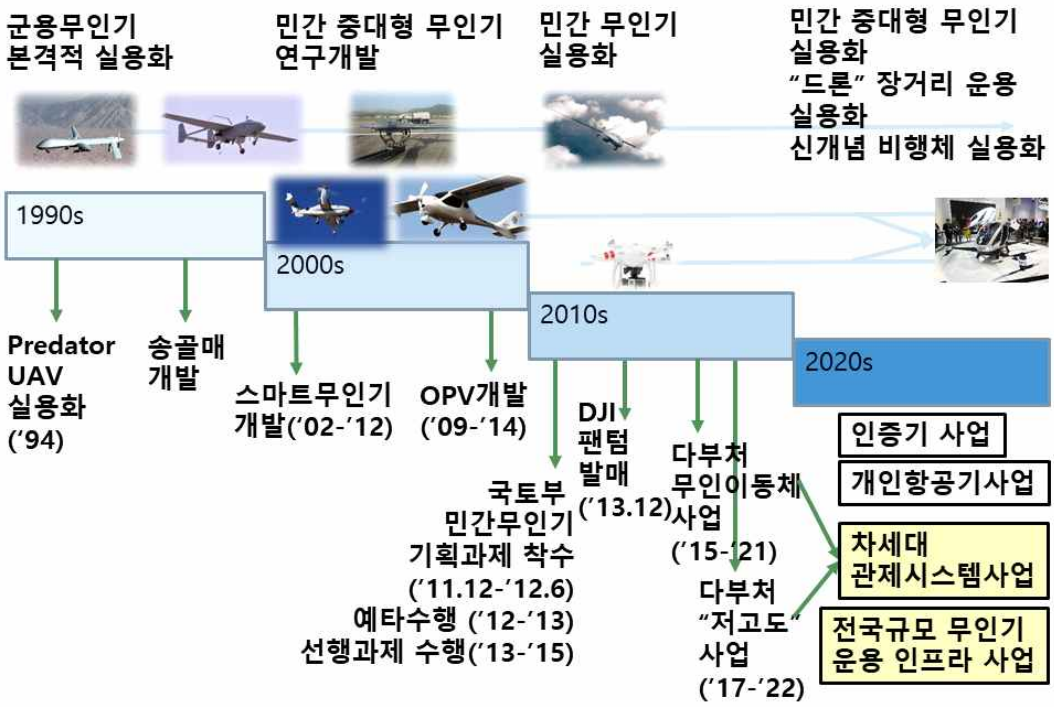


그림 180. 국내 민간무인항공기 과제 발전 방향

□ 기술적 측면

○ 전 세계적으로 급격한 시장 확대 및 수요 창출이 예상되는 무인기 분야의 제도/법령의 마련 및 핵심 기술의 검증을 수행함으로써, 무인기 관련 국제적인 규정 정립에서 선도적 위치를 확립하고 이를 통해 국가 이미지 제고 예상됨

○ 무인기 시험운용을 위한 지상 인프라 및 핵심 운용 자료를 구축/확보함으로써, 추후 무인기의 운용에 관련된 국책 사업 추진에서의 소요 비용을 절감하고, 위험 부담을 감소함

○ 국내적으로 민간 무인기 운용 관련 법령과 제도의 조속한 정립을 가능케 함으로써, 무인기 기반 관측, 물류, 운송 등의 산업의 창달을 위한 기반을 마련함

○ 무인항공기 시험운용을 위한 지상 인프라 및 핵심 운용 자료를 구축/확보함으로써, 추후 무인항공기의

운용에 관련된 국책 사업 추진에서의 소요 비용을 절감하고, 위험 부담을 감소함

○ 전 세계적으로 실용화가 임박한 민간 무인항공기의 선제적 실용화 연구를 통해 민간 무인항공기의 핵심 운용 기술 확보, 민간 무인항공기의 운용을 위한 시범 인프라 구축 경험 확보 및 이를 통해 향후 민간 무인항공기의 전국적 운용 인프라 구축 및 운용 기술 확보 가능

○ 다양한 분야에서의 무인항공기의 활용을 통해 국민 편익 증진 및 안전성 제고, 안전한 민간 무인항공기를 공공 및 상용 분야에 적용하여 사회 안전 향상에 기여, 민간 무인항공관련 기술 발전을 통한 항공산업 및 관련 산업 경쟁력 제고, 상시 감시, 재난 긴급 대응 등 국토 균형 개발, 국민편익 증대, 공통 기술적용을 통해 기술 개발 및 통합에 소요되는 비용 효율화 가능

○ 본 연구단에서 구축한 인프라를 활용하여 지속적인 민간 무인항공기 연구 수행 가능

○ 항공산업 후발국으로 국내외 기술수준 측면에서 우리나라의 항공기 제작 및 인증기술은 미국의 61% 수준으로 10년 이상의 기술격차를 보이는 것으로 조사되고 있음. 무인항공기는 기술적 파급효과는 높으나 신성장 기술로 안전성 확보를 위한 관련 인증기술 및 체계를 새로 정립하고 있는 영역으로 국제적 발전 방향과 함께 국내 무인항공기 인증체계 구축(안)을 수립함으로써 국내 인증체계의 선진화 및 경쟁력 확보

○ 무인항공기 산업은 비행체 뿐만 아니라 다양한 분야에서의 활용가치가 높으므로 인증체계, 감항기준(안) 및 인증절차기준(안) 수립을 통하여 항공분야 발전을 위한 기반 마련

□ 경제적 측면

○ 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 달러로 추정되는 세계 무인선 시장을 선점

○ 정부의 국방 무인화 기술 육성 정책에 따라 군으로부터의 무인기, 무인선 시스템 도입이 활발히 추진되고 있으며 본 과제의 결과물을 통해 우리나라의 무인시스템 관련 군수 산업이 세계적 경쟁력 확보에 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 동력 제공 가능

○ 현재 무인기 시장은 90% 이상이 군사용이나 무인기의 용도가 민간 영역으로 넓어지면서 엄청난 파급효과가 예상되고 있으며 실용화를 통한 무인항공기산업 육성을 통해 새로운 일자리창출이 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

○ 무인항공기 시장은 취미용 드론의 확산과 상업용 무인기 시장의 잠재력 등으로 향후 시장 성장에 대한 기대가 높으므로 국제 발전 동향에 따른 무인항공기 인증체계 구축 방향 제시를 통하여 공역 통합 문제 등의 방안 제시 가능

○ 상대적 우위를 점하고 있는 국내 ICT 기술과 항공산업의 기반 기술 경쟁력을 무인항공기 산업에 활용하기 위한 인증체계 기반을 마련함으로써 세계 무인항공기 산업 진출을 위한 경쟁력 확보할 수 있을 것으로 예상

○ 우리나라 해군 및 해경에서 운용되고 있는 고속단정들은 142척이며 이들을 무인선으로 대체하고 다종 무인이동체 시스템으로 구축하는 경우 척 당 1.4억 원의 인건비 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

○ 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

○ 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 Mobile IoT 시대를 앞당기고, 다양한 서비스 창출 가능

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

□ 본 사업을 통해서 무인항공기의 민간 활용을 위해 필요한 기술적, 법제적, 정책적 성과물이 생성되었음.

□ 법/제도 측면에서는, 민간 무인항공기를 위한 운항기술기준(안), 관제기준(안)과 인증 방안이 도출되어 추후 입법화 과정을 위한 기초가 마련됨

○ 국제적인 무인항공기 인증기준 동향 분석 연구를 통하여 항공기 인증 전문기관의 무인항공기 인증 역량 확보 및 무인항공기 감항기준(안) 방향 제시를 위한 기반 마련

○ 제시되는 정책안과 기술기준안은 국토교통부 항공기술과, 운항정책과, 항공산업과에 정책 제안을 하고 접수/확인함으로써, 단순한 제안에서 머무르지 않고 실제적으로 법제화될 수 있도록 적극적으로 노력할 계획임

○ 현 시점에서 국내외 규정 개정 및 제정이 완전하게 마무리되지 못한 상황이므로 향후 법제화에 필요한 지속적인 입법 지원이 필요

- ICAO Annex 1 적용 시점이 '22년 4분기로 다가옴에 따라 지난 '21년 5월 국토교통부 국제민간항공기구전략기획팀의 요청으로 이행 현황 점검하고 국토교통부 미래드론교통담당관과 개정반영결과를 공유한 바 있음

- ICAO Annex 2, Annex 6 Part 4, Annex 8, Annex 10, Annex 11의 개정안(draft)는 '21년 12월 기준 대부분 완료되었음

- ICAO 부속서 개정안은 '26년 말에 체약국별 적용 예정이지만 ICAO 항행위원회 및 이사회에서 채택, 발효 과정의 기간일뿐 이미 개정초안이 작성되어 본 연구에 반영하여 연구를 진행함

- 이와같이 연구종료 시점인 '21년 12월 기준으로 ICAO의 부속서 개정내용을 반영하여 항공안전법 등 관계법령 개정안을 작성하였으며 '22년 3월 중 연구성과물 항공안전법 등 관계법령 개정안 보고서& 입안형식 및 전문, 무인항공기(고정익, 회전익) 운항기술기준 제정안 보고서&비교표, 항공교통관제절차 개정안 보고서, 무인항공기 감항표준 제정 방향수립 보고서, 무인항공기 인증체계 구축 방안 보고서, ICAO RPAS 패널 동향 보고서 등을 국토교통과학기술진흥원을 통해 국토교통부 미래드론교통담당관에 제출하여 항공안전정책관에 전달할 예정임

- 최근 국토교통부 항공안전정책과에서 발주예정인 "신 모빌리티 환경대비 항공안전제도 연구"에서 무인항공기(RPAS)를 포함한 신 모빌리티에 대비한 항공안전제도 연구를 통해 법제화가 예상되므로 국토교통부 요청시 필요한 지원 예정임

□ 향후 ICAO RPAS panel 활동에 지속적인 세부 참여 계획/인력 지원에 대한 상세 계획

- [추가지원] 연구가 종료되었음에도 불구하고 '22. 3. 21.~ 25. 진행하는 제19차 ICAO RPAS panel 회의에 본 연구진들이 참여하여 결과보고를 국토교통부에 제출할 예정임

- [문제점] 하지만 추후 ICAO RPAS panel에 본 연구진이 어드바이저로 참여여부는 국토교통부의 RPASP 담당의 요청이 필요함

- [대안] 국토교통부 항공안전정책과 후속과제 "신 모빌리티 환경대비 항공안전제도 연구"가 '22년 3월부터 수행예정인바, 후속과제 수행기관이 RPASP에 참여하는 것이 바람직할것으로 판단됨(∵ 후속과제 수행내용에 ICAO 현황분석 포함됨)

□ 기술적으로는, 무인기의 통합 시험 운용을 통해 무인기의 운항, 운용에 관련된 핵심 기술과 자료의 확보/검증이 가능하고, 이를 위한 지상 인프라 구축 방안 또한 제시되어 구현됨

○ 시험 운용을 통해 얻어진 자료는, 추후 다양한 분야의 민간 무인기 활용에서, 통제/관제/운용에 대한 기준 자료가 될 것으로 기대함

○ 본 사업에서의 기술적 성과의 효과적 활용을 위해, 공공과 일반 민간 부문에서의 무인기 활용 분야를 다변화/발굴하는 노력도 경주할 예정임

○ 예상되는 공공 활용 방안은, 원격탐사 (국토교통부, 환경부), 강/하천의 공해물질 폐기 감시 (국토교통부) 및 해안 적조 감시 (해양수산부)등 환경감시 (환경부), 우편배달 (과기정통부), 각종 구조 활동 (국민안전처), 산림감시 (농림축산식품부), 진화통제 (소방방재청), 태풍/기상관측 (환경부), 핵 발전시설 모니터링 (산업통상자원부), 국경/해안 감시 (국토교통부), 범죄 용의자 추적/수색 (안전행정부), 교통상황 조사 및 통제 (안전행정부), 전력선 점검 (산업통상자원부), 지도제작 (국토교통부) 등에 이용이 가능

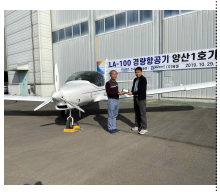
○ 민간부문에서는 저궤도 위성과 같은 기능의 통신 중계, 뉴스취재, 농업관리 지원, 항공방제, 사진 촬영, 토지개발/건축, 해양/오일 및 광산업 등 다양한 분야에서 매우 유용하게 이용될 수 있음

□ 본 과제 종료후 인프라 활용 방안

○ 본 과제에서는 아래 표와 같은 인프라를 구축 완료하였음

- 독일 FlightDesign사의 CTLS(2인승 LSA) 기반 유무인 겸용기 (OPV) 1대
- 국내업체가 개발한 KLA-100(2인승 LSA) 1대
- 원격통제 및 통신장비가 갖춰진 원격통제차량 3대
- C2 통신체계: 지상 통신장치/안테나 (3셋), 항공기 탑재용 통신장치/안테나 (1셋)
- 드론 감시 레이다

<본 과제에서 구축완료한 운용인프라>

				
유무인겸용기 FlightDesign사 CTLS기반 OPV 1대	2인승 항공기 베셀 KLA-100 LSA 1대	원격통제소 (3대)	C2 통신체계	드론감시 레이다

○ 본 과제에서 구축된 인프라는 OPV와 원격통제소 1호차는 한서대, 통신체계는 ETRI, 그 외 장비는 카이스트의 소유로 등록되어 있으며, 과제 종료후에는 연구관리 규정에 따라 주관기관(카이스트)의 소유로 전환될 예정임

○ 본 과제에서 구축된 인프라 중 항공기의 경우 매년 보험료, 보관료, 유지 보수등에 지속적인 비용이 필요함.

○ OPV+지상국(1대)는 향후 국내에서 수행이 필요한 무인항공기 운용인력 양성프로그램에 활용가능

- 현재 ICAO를 중심으로 준비하고 있는 유인항공기와 최대이륙중량 150kg 이상의 무인항공기를 같은 국가공역에서 운용하기 위한 공역통합에 대한 규정과 절차가 2026년에 적용되면, 무인항공기의 국제적, 지역적 운용이 점증될 것으로 예상되므로 우리나라도 관련법의 개정·보완과 함께 무인항공기의 운용을 위한 조종사, 관제사 및 정비사들에 대한 교육체계 구축 및 시행이 시급한 상황임
- 국제적 운용은 대형 무인항공기를 이용한 화물운송이 우선적으로 예상되는바, 우리나라 공항으로 들어오는 무인항공기들을 적절히 통제(관제사)하고 필요한 경우 입출항 및 이착륙 지원(조종사)과 항공기 점검(정비사)이 필요할 것으로 예상됨
- 이러한 운용요원을 양성하는 것은 단기간에 이루어질 수 있는 것이 아니므로 정부의 지원 아래 시간을 가지고 미리 교육훈련을 통한 운용자 양성이 필요한 상황임
- ICAO가 2022년 말부터 RPAS를 운용인력 양성 제도 수립을 요구하고 있는 시급한 상황에서, 본 과제에

참여한 한서대는 RPAS 운용인력 교육 프로그램을 수립하고 운영하기에 유리한 조건을 갖고 있음.

- 한서대에서는 무인항공기 내부조종사 교육 프로그램이 필요하다는 인식 하에 무인항공기학과, 운항학과, 항공교통학과의 교수들이 모여서 OPV 시스템 활용방안에 대하여 회의를 2차례 시행한 바 있음. 본 회의에서 OPV 시스템에 VHF 등 약간의 보완이 필요한 점이 제기되었고, 다른 RPS#2 또는 #3는 IP 교육용 시뮬레이터로 활용이 가능함.
- 본 과제를 통하여 획득되고 CNPC 및 충돌회피 등의 비행시험에 활용된 OPV 시스템은 비행안전성이 검증되었을 뿐만 아니라, 65회 48시간 29분의 비행을 통하여 운용절차, 정비유지 등 인프라가 국내에 잘 갖추어져 있어 즉각적인 활용이 가능함.
- OPV 시스템의 장점은 유인항공기 조종사(SP, Safety Pilot)가 항공기에 탑승하여 유·무인 모드의 비행이 모두 가능함. 따라서 RPS(지상통제장비) 조종사(IP, Internal Pilot)가 SP 및 관제사와 VHF로 음성으로 교신하면서 입출항 및 운항 훈련에 직접적인 도움을 받을 수 있음.
- OPV 시스템은 국토교통부에서 무인항공기 내부조종사(IP) 양성 프로그램이 제시될 경우 고정익 무인항공기로 유일한 선택으로 판단이 되어 당분간 한서대학교에서 책임을 지고 행거 보관 및 정비유지를 할 예정임
- 향후 국토교통부에서 이같은 교육양성 프로그램 지원이 있을 경우 본 연구에서 구축한 OPV 시스템을 활용한 교육 프로그램의 수행이 가능하여 구축된 OPV 운용인프라를 매우 효과적으로 활용하는 것이 가능할 것으로 기대함

○ KLA-100 및 지상국 3호차의 경우 카이스트 연구진이 수주한 타기관 지원 연구과제에서 활용할 예정임

- 이 과제는 기존 항공기를 별도의 개조없이 인간형 조종사 로봇을 탑승시켜 항공기의 시동부터 이착륙, 조종간 및 계기판의 각종 장치 조작 등을 인공지능을 활용하여 조작하는 기술을 개발하는 과제임
- 이 과제에서 개발할 로봇을 활용하여 항공기를 실제로 비행하는 능력을 검증하기 위하여 KLA-100을 활용할 예정임
- 이 연구에서 KLA-100을 활용하기 위한 항공기 정비, 보관, 운용 등에 필요한 예산을 책정하여 2026년까지 운용이 가능함
- KLA-100은 국토부의 지원하 자체적으로 개발한 최초의 경 스포츠 항공기(LSA)로서 제작사인 Vessel사에서도 이 항공기의 관리 및 활용에 많은 관심을 갖고 있으며, 이 항공기의 장기간 운용시 발생하는 다양한 문제들에 대해 적극적으로 지원할 것을 약속하였고 이를 문서화하여 계약을 체결하였음

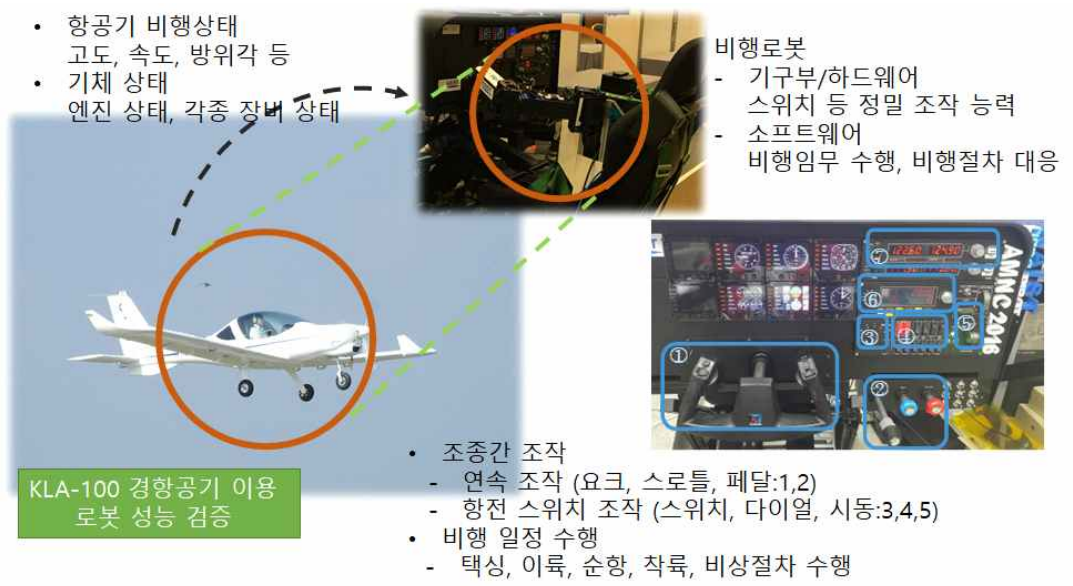


그림 186. 후속 과제에서 KLA-100 활용한 비행시험 방안

○ 가상비행시험장치(인하대)는 연구개발 종료 이후 다음과 같은 방법으로 활용할 계획임

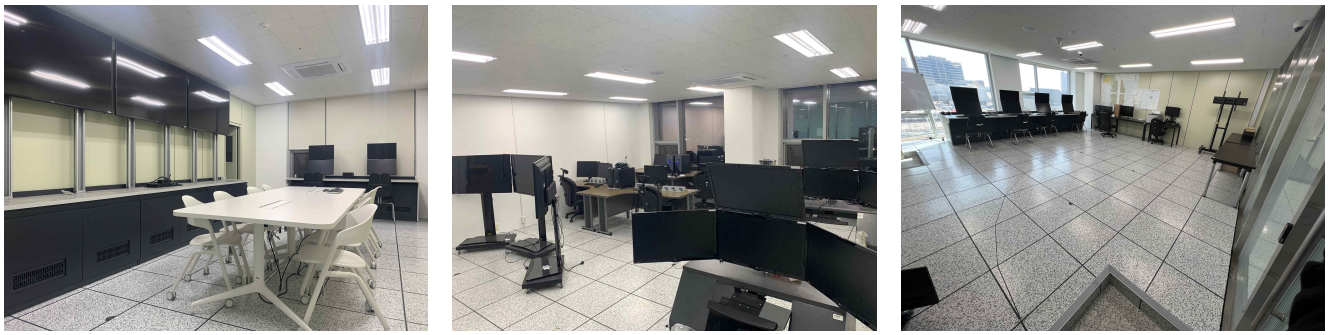


그림 187. HiTL 성능검증 시스템: 중앙상황실(좌), 조종사실(중), 관제사실(우)

- HiTL 가상비행시험을 이용한 기술개발 분야 활용
  - 본래의 무인기의 공역 통합 관련 연구 목적을 기반으로 추후 비행절차 개발, 충돌회피 시스템 평가에 활용될 예정(현재 일부 기능을 통해 eVTOL 기체의 충돌회피 검증 과제에 활용 중)
  - ASBU에 따라 새로 개발/적용되는 개념(ex. TBO, PBN, ATFM 등)을 HiTL 가상 비행시험을 통한 테스트 수행에 활용될 예정
  - 국내/외 기술개발, 신개념 등에 대응하여 해당 기술을 HiTL 가상비행시험 시스템에 적용하여 운용하며, 그 예로 UAM 기술의 적용을 위한 통합 운용 테스트 수행에 활용할 예정
- 관제 교육/훈련용 시뮬레이터 활용
  - 관제사 시스템, RPAS, 조종사 시스템의 기능을 활용하여 교육 및 훈련용 시뮬레이터로 활용

○ 이동형 지상국 2호차 활용방안(인하대)

- 원거리 조종사 시스템 적용
  - 인하대 조종사 시스템 탑재를 통하여 HiTL 성능검증 시스템과 통신/연결
  - 비가시권(원거리) 상황을 구현하여 가상비행시험 수행에 활용
- ADS-B 안테나 구축을 통한 데이터 활용
  - ADS-B 안테나 추가설치 후보 지역 수신 테스트 활용
  - 이동식 ADS-B 데이터 수집에 활용
  - 실시간 ADS-B 데이터를 활용하여 HiTL 가상비행시험 시 주변항공기(Traffic) 정보 활용
- 지상조종시스템(GCS)으로의 활용
  - 인하대에서 보유하고 있는 소형무인기 운용을 위하여 GCS를 구축하고 각종 무인항공기 비행시험에 활용



그림 188. 이동형 지상국 2호차 인하대로 이전

○ 본 과제에서 2019년까지 수행한 드론 탐지 레이다 개발 연구의 후속 조치는 다음과 같음

- 본 연구에서 개발된 레이다는 외산 대비 성능 및 가격면에서 매우 우수한 수준으로 평가 받았음
- 동 사업을 추진하기 위해 KAIST 연구진(박성욱 교수)와 한국공항공사간 “한국형 드론탐지 시스템 고도화 및 시범운영 확대를 위한 업무협약체결식”을 개최하였는데(12/10/21), 이는 고가의 외국장비에만 의존하던 것에서 벗어나 본 과제를 통해 개발된 기술이 실제로 활용되는 쾌거임.
- 현재 드론 레이다 시제품이 조달청의 제 2차 혁신시제품으로 지정되어 제주 공항에 시범 운용을 위해 설치 완료하였으며(2021년) 불법드론 탐지 진행 중에 있음
- 이같은 실용화를 통해 외산품 대체 및 국내 레이다 기술 고도화를 통한 항공안전수준 향상 및 향후 본과제에서 추진하는 RPAS의 지상시설 기반 충돌회피(GBDAA)에도 활용가능할 것으로 기대함



그림 189. KAIST와 한국공항공사간 MOU 체결식 (2020.12.10.)

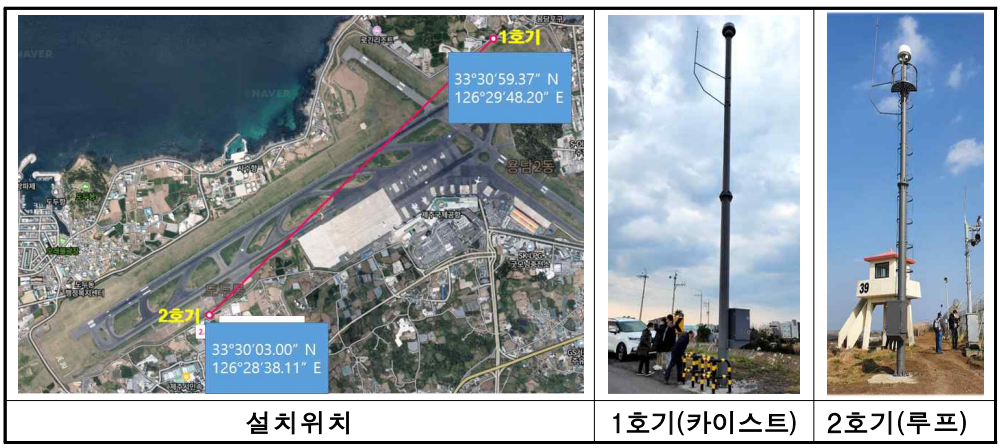


그림 190. 2021년 11월 18일 제주공항에 설치 완료 및 운영 중인 드론 탐지 레이다

○ 무인기 제어용 통신링크 개발

- 사업화 · 실용화를 위한 보완 개발
  - ✓ 현재 지속적으로 진행 중인 C2 링크에 대한 기술 고도화 및 표준화에 대응할 수 있도록 모뎀 보완 개발 필요
    - 현재 개발된 모뎀은 미국 RTCA Phase 1 표준 기반으로 개발됨
    - 현재 미국 RTCA에서는 Phase 2 표준화가 마무리되고, ‘21년부터 Phase 3 표준화가 진행되는 등 지속적으로 C2 링크 기술 고도화가 진행 중
    - 이에 따라, 미국 RTCA의 표준 규격 업데이트 및 기술 고도화를 고려한 CNPC 모뎀 개발이 추가적으로 필요
  - ✓ 무인항공기에 비해 중소형 드론 수요가 보다 증대될 것을 고려하여, 높은 시장성 확보 및 사업화 가능성을 높이기 위해서는 소형 드론에도 장착 가능하도록 모뎀 소형화 개발 필요 (소형 드론용으로 사업화 및 실용화 추진)
    - 현재 150kg 이상의 무인항공기를 위한 제어용 통신 기술로 개발되었음

- 소형 드론을 위한 제어용 모뎀의 수요 증가에 대응하기 위해서는 탑재 모뎀의 소형화 개발이 추가적으로 필요하며 특히, 소형 드론 장착을 고려하여 제어/임무용 통신을 동시에 지원하는 통합 탑재 모뎀 개발이 필요

✓ 150kg 이상의 상용 무인항공기에 탑재하기 위한 항공인증 수준의 모뎀 보완 개발 필요 (무인항공기용으로 사업화 및 실용화 추진)

- 현재 개발된 모뎀은 ICAO RPAS C2 링크 기능 및 성능 검증을 위한 프로토타입 수준으로 개발됨
- 감항 인증이 요구되는 무인항공기에 장착하기 위해서는 RTCA DO-178 및 DO-254을 준수한 항공인증 수준의 HW 및 SW 보완 개발 필요

✓ 따라서, 성공적인 사업화를 위해서는 본 기술에서 제공하는 무인기 제어용 통신 모뎀 시작품을 바탕으로 최신 업데이트 표준 기술을 반영하여 보완 개발이 필수적으로 요구되며, 무인항공기용과 소형 드론용 두가지 트랙에서 사업화 및 실용화를 위한 모뎀 보완 개 및 시험 검증 보완을 병행하는 것이 필요

- 사업화 · 실용화 추진 방안

✓ 무인기 CNPC 지상무선국/탑재무선국 상용화 추진

- 세부 기술 단위별 기술이전 추진
  - RTCA의 MOPS 표준 및 국내 무선설비 기술기준 스펙트럼 요구사항을 만족하는 무인기 CNPC RF/DIF 기술
  - RTCA 표준 기반의 무인기 CNPC 모뎀 기술
- 사업화 · 실용화를 위한 보완 개발 추진
  - 미국 RTCA 표준 규격 업데이트 및 기술 고도화를 반영한 CNPC 모뎀 보완 개발
  - 소형 드론용 제어/임무용 통합 탑재 모뎀 소형화 보완 개발
  - 무인항공기용 항공인증 수준의 탑재 모뎀 보완 개발

○ 현재 활발히 진행 중인 UAM(Urban Air Mobility)를 포함한 RPAS 운용의 경우 C2 링크의 다중화가 필수적다중화 통신 장치 (4G/5G, 위성, RF 통신)에 적용 가능

- RTCA의 표준 규격 업데이트에 대한 CNPC 모뎀 개발이 추가적으로 필요

- 따라서, 성공적인 사업화를 위해서는 본 기술에서 제공하는 무인기 제어용 통신 모뎀 시작품의 소형화와 시험 검증 보완 및 제품화를 위한 보완 개발을 병행하는 것이 필요본 연구를 통해 개발된 CNPC는 현재 ICAO에서 도출한 기준에 부합하게 설계된 장비로서 세계적으로도 선례를 찾기 어려운 선진기술임

< 별첨 >

첨부 | 수정·보완 대비표

- ㅇ 연구개발과제명 : 무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용
- ㅇ 주관연구개발기관 : 카이스트
- ㅇ 연구책임자 : 심현철

순번	수정·보완 요구사항	수정·보완 요구사항 반영내용 요약	관련 페이지
1	연구개발과제를 통해 개발된 장비, 인프라 등에 대한 활용 방안 구체적 제시 필요	○ 본 과제에서 개발된 장비, 인프라 목록은 다음과 같음 - 항공기: OPV, KLA-100 - 지상국 차량: 1,2,3호차 - 드론감시 레이다 - 가상비행시험 장비 - C2 장비 ○ 이들 장비에 대한 활용방안은 다음과 같이 요약하였으며, 구체적인 활용방안은 관련 페이지 참조 요망. - OPV-100과 지상국 1호차는 한서대에서 구입, 운용하였으며, 본 장비들은 ICAO에서 체약국에 요구중인 RPAS 운용인력 (조종사, 지상지원인력) 양성 프로그램에 활용 모색중이고 구체적인 프로그램 시작때까지 한서대에서 유지, 관리할 예정임 - KLA-100 및 지상국 3호차는 카이스트 연구진이 수주, '22년 1월부터 수행중인 차세대 무인화 기술 개발 과제(58억원/5년)에서 활용할 예정이며, 항공기 정비, 운용, 보험가입등에 필요한 예산을 확보하였음 - 드론감시 레이다는 이미 국내 주요공항과 MOU를 체결하고 설치하여 성공적으로 시범 운용중 - 가상비행시험 장비는 인하대에서 계속 관리하며 추후 관련 과제 및 후속 연구등에 활용 계획임 지상국 2호차는 인하대 연구진이 활용할 계획임 - C2 장비는 계속 연구를 진행, 발전시켜 향후 진행될 RPAS 인프라 구축 연구등에 활용할 계획임	p.218 ~222
2	현 시점에서 국내외 규정 개정 및 제정이 완전하게 마무리되지 못한 상황이므로 향후 법제화에 필요한 지속적인 입법 지원이 필요	○ 무인항공기 안전운용을 위한 법제화 대상 목록은 다음과 같음 - 항공안전법 개정안 - 무인항공기를 위한 운항기술기준 제정안 - 유무인항공기 통합운영을 위한 항공교통관제절차 개정안 - 무인항공기 인증절차기준 제정안 ○ 상기 법제화 연구성과물(연구보고서 포함)은 국토교통과학기술진흥원을 통해 국토교통부 항공안전	p.217

		정책관에 제출예정('22.3월중) ○ '22년 3월 국토교통부 항공안전정책과에서 무인항공기(RPAS)를 포함한 신 모빌리티에 대한 항공안전제도 연구를 통해 법제도의 구체화가 예상되므로, 상기 법제화 연구성과물관련 국토교통부의 입법지원요청시 필요한 지원 예정임	
3	사업화를 위해 관심이 있는 산업체와의 연구 결과 공유를 바탕으로 한 사업화 및 실용화에 필요한 구체적 계획을 수립하여 제출 필요	○ 본 과제의 원래 목표에는 기술 사업화를 포함하고 있지는 않으나, 본과제의 수행을 통해 획득된 양질의 성과물 중 사업화의 가능성이 있는 기술은 다음과 같음 - 드론감시 레이다는 이미 사업화 및 실용화 절차를 성공적으로 진행하였음 - C2장비는 ICAO RPASP의 관련규정이 확정되면 이에 근거하여 추가 개발을 통해 기술을 더욱 성숙화하고 이를 사업화할 수 있을 것으로 기대함 - 영상기반 충돌회피 기술은 미국 RTCA의 Phase 2에서 실용화를 추진중인데, 본 연구에서 적용한 인공지능 기술은 아직 항공분야에서 인증절차가 구축되지 않아 본격적인 사업화를 추진하기에는 이른 상황임 ○ 이들 기술에 대해서는 본 보고서 및 별도 제출한 기술소개자료(Sales Material Kit)에 자세히 기술하였으며, 특히 SMK는 본 기술에 관심있는 업체들에게 소개용으로 활용 가능	p.218 ~222
4	향후 ICAO RPAS panel 활동에 지속적인 세부 참여 계획/인력 지원에 대한 상세 계획 제출 필요	○ 본 과제 종료후 '22. 3. 21.~ 25. 진행하는 제19차 ICAO RPAS panel 회의에 본 연구진(KAIST 심현철 교수, KIAST 이은희 선임, KOTI 한재현 연구위원, 박보미 전문연구원)들이 참여하여 결과보고를 국토교통부에 제출할 예정임 ○ 19차 회의 이후 ICAO RPAS panel에 본 연구진이 어드바이저로 참여지속은 국토교통부의 RPASP 담당 패널이 ICAO에 직접적으로 요청해야 가능함. (ICAO회의는 자의적으로 참여할 수 있는 것이 아니고 각 체약국의 패널(국토부 담당관)이 ICAO에 advisor의 명단을 통보해야 함). 이같이 국토부에서의 절차가 진행되지 않을 경우에는 본 연구진이 지속적으로 참가하는 것이 불가능함을 양지하시길 요청함 ○ 국토교통부 항공안전정책과에서 "신 모빌리티 환경대비 항공안전제도 연구"가 발주되어 '22년 3월부터 수행예정인 바, 신규과제 수행기관이 RPASP에 참여하는 것이 바람직할 것으로 판단됨 (신규과제 수행내용에 ICAO 현황분석 포함됨)	p.217

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 '무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용' 연구개발과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.