

AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구 최종보고서

[스마트공항 4.0 기술개발 기획]

주관연구기관 / 주식회사 에어로솔루션즈
공동연구기관 / 주식회사 테크노베이션파트너스

2022. 09. 30.



국토교통부
Ministry of Land,
Infrastructure and Transport



본 페이지는 의도적인 공백입니다.

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구 [스마트공항 4.0 기술개발 기획](연구개발 기간 : 2020. 10. ~ 2022. 09.)] 과제의 보고서를 제출합니다.

2022. 09. 30.

주관연구기관명 : 주식회사 에어로솔루션즈 (대표자) (인)
공동연구기관명 : (주)테크노베이션파트너스 (대표자) (인)

주관연구기관책임자: 김인중
공동연구기관책임자: 현재호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		스마트공항 4.0 기술개발 기획				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
내역사업명 (해당 시 작성)						연구개발과제번호		20RDPP-C159552-01					
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%						
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		스마트공항 4.0 기술개발 기획											
연구개발과제명		AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구											
전체 연구개발기간		2020.10.01. ~ 2022.09.30.											
총 연구개발비		총 400,000천원 (정부지원연구개발비: 400,000천원, 기관부담연구개발비 : 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)											
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[O]			기술성숙도 (해당 시 기재)			착수시점 기준() 종료시점 목표()					
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)													
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)													
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		통합관제서비스 운용기술 개발										
	전체 내용		통합관제시스템 운용기술, 시스템 개발기술 및 인증기술 개발										
	1단계 (해당 시 작성)	목표											
		내용											
	n단계 (해당 시 작성)	목표											
내용													
연구개발성과		통합관제 기술개발											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		광학 카메라와 AI·XR 기술에 기반한 디지털 감시를 구현하여 통합관제서비스가 가능하게 함으로써, 관제탑 구축/운용 비용을 절감하고 관제사를 효율적으로 운용											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수		논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화학물	신품종	
									생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황		구입 기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)		통합관제 운용		통합관제 테스트베드		통합관제시스템		인공지능		성능 적합성			
영문핵심어 (5개 이내)		Remote Tower Operation		Remote Tower Testbed		Remote Tower System		Artificial Intelligence		Performance Compliance			

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
제1절 기술의 정의 및 범위	3
1. 기술의 정의	3
2. 기술의 범위	4
제2절 기술개발 배경 및 필요성	5
1. 기술개발의 배경	5
2. 기술개발의 필요성	9
제2장 국내외 동향 및 환경분석	11
제1절 국내외 정책동향	13
1. 국내 정책동향	13
2. 국외 정책동향	28
3. 국내외 정책동향 분석 소결	48
제2절 국내외 시장동향	49
1. 국내 시장현황	49
2. 국외 시장현황	50
3. 국내외 시장동향 분석 소결	52
제3절 기술(특허, 논문 등) 동향 분석	53
1. 국내외 R&D동향 분석	53
2. 논문현황 분석	67
3. 특허 분석	94
4. 국내 기 수행된 연구과제 현황 분석	103
5. 국내외 기술동향 분석 소결	104
제4절 국내 연구개발 인프라 분석	106
1. 연구 인프라 분석	106
2. 연구 인력 분석	111
3. 연구 인프라 분석 소결	115
제5절 종합 분석	116
1. 동향분석을 통한 연구개발 추진방향	116

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	119
제1절 연구개발 추진방향 도출	121
1. SWOT 분석	121
2. 연구개발 추진방향 정립	124
3. 중점추진 연구분야 도출	125
제2절 연구비전 및 목표	127
1. 연구비전 및 목표	127
2. 설정근거	128
3. 단계별 목표	129
4. 기술개발에 따른 미래상	130
제3절 연구개발과제 구성	131
1. 후보과제 도출	131
2. 연구과제 우선순위 도출	133
제4절 핵심과제별 주요내용 및 추진전략	135
1. 중점추진분야 과제카드 작성	135
2. 핵심과제별 주요내용	142
3. 추진전략	180
제5절 과제 간 연계관계	182
제6절 기술로드맵 및 성과로드맵	184
1. 기술로드맵	184
2. 성과로드맵	191
제7절 기술효과 및 성과 활용 방안	200
제8절 연구수행체계 제안	201
제4장 사전 타당성 검토	203
제1절 기술적 타당성	205
1. 기술개발 계획의 적절성	205
2. 기존 연구과제와의 중복성	214

제2절 정책적 타당성	217
1. 상위계획과의 부합성	217
2. 사업추진상의 위험요인	218
제3절 경제적 타당성	220
1. 경제적 분석	220
2. 기대효과	234
제5장 인력투입 및 소요예산 산정	237
제1절 인력투입계획	239
제2절 소요예산 산정	241
1. 총괄 소요예산	242
2. 예산항목별 소요예산	245
제6장 과제 제안요구서	249
제1절 과제 제안요구서(RFP)	251
제2절 평가기준 설정	261
1. 평가항목	261
2. 가점 및 감점 기준	262
제7장 참고문헌	263

부록A. 주요 회의	269
A1. 기획추진체계	271
A2. 기획추진경과	273
A3. 총괄기획위원회	276
A4. 분과위원회	280
A5. 간담회	285
부록B. 관제탑 운영요건	293
B1. 항공교통업무 운영 관리규정	295
부록C. 구성기술별 인력투입계획	299
C1. 구성기술 1의 인력투입계획	301
C2. 구성기술 2의 인력투입계획	306
C3. 구성기술 3의 인력투입계획	318
부록D. 구성기술별 연구개발비	321
D1. 구성기술 1의 연구개발비 세부내역	323
D2. 구성기술 2의 연구개발비 세부내역	328
D3. 구성기술 3의 연구개발비 세부내역	333

AFAR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구

CHAPTER

제 1 장

기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 범위

제2절 기술개발 배경 및 필요성

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 범위

1. 기술의 정의

○ 본 연구를 통해 개발하고자 하는 대상 기술은 「AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술」로, 인공지능(AI)* 및 확장현실(XR)** 기술을 이용하여 관제사가 원격지 공항의 상황을 실시간으로 인식하고 현장에 있는 것처럼 관제할 수 있도록 정보를 제공하는 기술임

* 인공지능(AI, Artificial Intelligence)은 기계가 경험을 통해 학습하고, 새로운 입력 내용에 따라 기존 지식을 조정하며, 사람과 같은 방식으로 과제를 수행할 수 있도록 지원하는 기술을 말함

** 확장현실(XR, eXtended Reality)은 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR) 기술을 망라하는 초 실감형 기술 및 서비스를 말함

- (공항 상황인식) 원격지 공항에 설치된 다수의 광학센서(카메라)를 이용하여 공항의 전경 영상을 획득하고, 광학센서 및 기존 항공감시 센서(ADS-B, MLAT 등) 데이터를 융합하여 항공기 위치를 실시간으로 파악하는 기술
- (무중단 항공감시 자료전송) 공간상 멀리 떨어진 원격지 공항과 통합관제센터 간 끊김이 없는 자료전송을 위한 멀티 통신망 구축 기술
- (AI·XR 기반 디스플레이) 통신 시간지연 및 대역폭 제한이 있는 저해상도 영상정보에 AI·XR 기술을 적용하여 고해상도 영상으로 복원하고 원격지 공항의 상황을 준 실시간으로 현시하는 기술
- (통합관제 운용성 확인) 개발된 통합관제 기술을 실제 공항에 적용하기에 앞서 충분한 시범운영으로 그 운용성을 입증하는 것



그림 1. 통합관제 운용기술 개념도

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

2. 기술의 범위

○ 「AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술」 연구개발은 일반적으로 **시스템공학 프로세스***에 따라 진행되는데, 본 기획연구에서는 시스템 최상위 요구분석과 시스템 요구규격 분석을 통해 본연구 과제공모에 사용할 과제 제안요구서(RFP) 마련을 목표로 함

* 시스템공학 프로세스의 상세내용은 미연방항공청(FAA)에서 발행한 「FAA Systems Engineering Manual」(V1.0.1, June 19, 2014)^[1] 참조

- **최상위 요구분석**은 국내외 정책 동향, 국내외 시장동향, 기술 동향, 국내 인프라 분석 등을 통해 연구개발 추진 방향을 정립하고, 본연구의 비전 및 목표를 수립하는 활동임
- **시스템 요구규격 분석**은 운용개념(미래상)을 기반으로 개발 대상 시스템의 요구규격을 도출하고, 시스템이 요구규격을 충족할 수 있도록 구성요소(기술)를 식별하는 활동임
- 본 기획연구에서는 시스템 요구규격 분석을 통해서 식별된 구성요소(기술)의 하위 요소기술의 개발 활동과 통합, 시험 및 실증에 대한 구체적인 내용을 기술함
- 또한, 수립된 기술개발 기획에 대하여 기술적/정책적/경제적 타당성을 분석하여 제시함

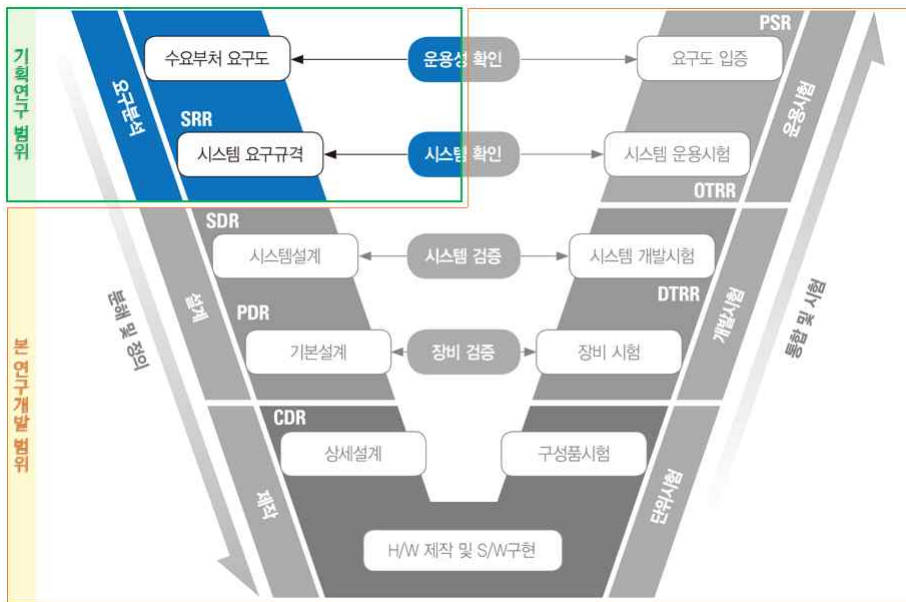


그림 2. 시스템공학 프로세스와 기획연구 범위

제2절 기술개발 배경 및 필요성

1. 기술개발의 배경

□ 원격 통합관제 기술의 출현^[2]

- 1996년 독일 DLR Institute of Flight Guidance의 세미나에서 Kraiss와 Kuhlen은 항공교통 관제를 위한 가상현실(VR) 개념으로 ‘가상 홀로그래피(Virtual Holography)’를 제안하였음
 - 이는 관제사가 원근법을 자유롭게 선택하여 3차원 궤적을 볼 수 있도록, 비행장 교통의 입체 투영을 제공하는, 테이블과 같은 ‘가상 워크벤치(Virtual Workbench)’임
- 이후 2000년대에는 관제탑에서 실제 창밖(OTW, out-the-window)을 보는 대신 비디오 센서 기반 감시 기능을 갖춘 원격 항공관제 시제품을 개발하여 개념을 검증하였음
 - 초기에는 저밀도 또는 중간 밀도 공항을 대상으로 원격 항공관제 기능을 시도했는데, 활주로나 계류장 또는 공항 근방 공역의 고품질 실시간 이미지를 원격 관제탑의 관제사에게 제공하였음
 - 이러한 실시간 이미지는 최대 360도 보기를 제공하는 대형 모니터에 표시됨
 - 원격 관제탑의 관제사는 실시간 비디오 이미지 외에도 실제 관제탑에서 사용하는 것과 동일 음성통신시스템, 기상시스템, 비행계획시스템, 감시시스템 등을 사용할 수 있음
- 2010년대에는 여러 개의 공항을 관제하는 원격 통합관제 기술이 개발되었고, 실제 공항에서 처음으로 원격 항공관제가 도입되었으며, 원격 관제 기술에 대한 표준화도 이루어졌음
 - ‘단일(Single)’ 원격 항공관제 기술이 검증된 후, 2개 이상의 공항을 2명 또는 1명의 관제사가 동시에 제어하는 ‘다중(Multiple)’ 원격 항공관제* 기술개발이 본격화되었음
 - * 본 기획연구에서는 ‘다중 원격 항공관제’를 ‘통합관제’로 명명함
 - 2015년 4월 스웨덴 LFV는 Örnköldsvik 공항에 세계 최초로 원격 항공관제 시스템을 설치하여 운영하였는데, 원격관제센터는 공항에서 100km 떨어진 Sundsvall 공항에 위치하였고, 최근에는 Sundsvall Timrå 공항, Linköping-Saab 공항, Scandinavian Mountains 공항이 추가로 연결되었음
 - 2014년부터 EUROCAE는 ‘원격 및 가상 타워’에 대한 Working Group(WG100) 활동에 착수하여, 2016년 9월 ‘원격 타워 광학 시스템’에 대한 MASPS*를 발표하였고, 현재 비(非) 광학 감시 시스템/센서에 의해 생성된 정보의 처리 및 통합을 다루는 개정판을 준비하고 있음
 - * MASPS : Minimum Aviation System Performance Specification



그림 3. 원격 통합관제 기술개발 주요 이벤트

제1장 기술의 정의 및 필요성

□ 우리나라 공항 현황

○ 우리나라는 8개의 국제공항과 7개의 국내공항 등 전국적으로 총 15개 공항을 운영 중^[3]

공항명	IATA	ICAO	국제/국내	민/군
인천	ICN	RKSI	국제공항 (8개)	민간 (5개)
김포	GMP	RKSS		
제주	CJU	RKPC		
양양	YNY	RKNY		
무안	MWX	RKJB		
김해	PUS	RKPK		민군 겸용 (3개)
청주	CJJ	RKTU		
대구	TAE	RKTN		
여수	RSU	RKJY	국내공항 (7개)	민간 (2개)
울산	USN	RKPU		
광주	KWJ	RKJJ		민군 겸용 (5개)
군산	KUV	RKJK		
사천	HIN	RKPS		
원주	WJU	RKNW		
포항	KPO	RKTH		



그림 4. 우리나라 공항 현황 (2021년 12월 현재)

□ 신설 공항개발 계획

○ 우리나라는 공항개발종합계획*에 따라 신공항 건설과 지역 균형 발전을 위한 도서 지역 소형공항 개발을 추진하고 있음

* 「제6차 공항개발종합계획(2021~2025)」, 국토교통부, 2021.09.^[4]

- (제주 제2공항) 항공 안전 확보, 시설용량 확충 필요성, 환경 영향 등을 종합적으로 고려하면서 추진방향 검토
- (새만금 신공항) 「새만금 기본계획」(2021.02)^[5]과 연계하여 지역 개발 활성화에 기여하고, 권역 내 항공 수요 처리가 가능하도록 시설 규모, 배치계획 등 마련
- (대구공항 이전) 대구, 경북 등 권역 항공 수요 확대와 지역 성장 동력 창출을 위해 지자체 등 관계기관 간 협업을 기반으로 신공항 사업계획 구체화
- (가덕도 신공항) 국토 균형 발전과 지역발전에 이바지하는 여객·물류 중심 복합 공항으로 계획하고, 특별법에 따라 차질 없이 사업 추진
- (도서 지역 등 소형공항) 울릉공항 착공(2020.11)을 시작으로 흑산공항, 백령공항, 새만금국제공항 등 주민과 관광객의 접근성 및 편의성을 강화하기 위해 도서 지역 등 소형공항 신설을 추진 중



그림 6. 계획 수립/추진 중인 공항(좌)과 울릉공항(우/상) 및 흑산공항(우/하) 조감도

표 1. 도서 지역 등 소형공항 신설계획

구분	울릉공항 ^[6]	흑산공항 ^[7]	백령공항 ^[8]	새만금국제공항 ^[9]
소재지	경북 울릉군 울릉읍 사동항 일원	전남 신안군 흑산면 예리 일원	인천 옹진군 백령면 솔개지구 일원	전북 군산시 새만금지역 일원
부지(㎡)	430,455	683,448	254,000	3,403,054
활주로(m)	1,200×36	1,200×30	1,200×30	2,500×45
계류장(㎡)	여객 5대, 제빙 1대, 소형 2대, 헬기 2대 등	여객 5대, 제빙 1대	여객 5대	34,596 (항공기 5대 주기)
여객터미널(㎡)	3,500	3,500	1,700	15,010
화물터미널(㎡)	N/A	N/A	N/A	750
주차장(㎡)	3,900	3,900	-	22,757
시설	활주로, 계류장, 관제탑, 여객터미널 등	활주로, 계류장, 관제탑, 여객터미널 등	활주로, 계류장, 관제탑, 여객터미널 등	활주로, 계류장, 관제탑, 여객/화물터미널 등
동시주차(대)	150	150	-	696
화물(톤)	N/A	N/A	N/A	연간 8,000
운항 항공기	C급 항공기 (50인승)	C급 항공기 (50인승)	C급 항공기 (50인승)	C급 항공기 (200인승)

출처 : 국토교통부, 울릉공항개발 기본계획 변경 고시, 국토교통부 고시 제2021-208호, 2021.02.22.
 국토교통부, 흑산공항개발 기본계획 고시, 국토교통부 고시 제2015-960호, 2015.12.18.
 인천광역시, 백령공항 예타 선정, 2027년엔 비행기 타고 백령도 간다, 2021.11.03.
 국토교통부, 새만금국제공항 개발사업 기본계획 고시, 2022.06.29.

제1장 기술의 정의 및 필요성

□ 노후 공항의 성능개선

- (선제적 성능개선) 공항시설 중 성능개선기준을 적용하여 노후화·기준·사용성 변화에 적극적 대응이 요구되는 중점시설(이착륙, 토목 및 건축 시설)을 대상으로 성능개선 추진
 - 30년 이상 지난 중요 공항시설은 2018년 12월 현재 전체의 20.4%를 차지하고 있고, 2030년 46.5%, 2040년 86.6% 등 급속히 증가³⁻⁴⁾
 - 내진성능 향상 등 국내외 기준변화에 대응 요구
 - 향후 항공 수요 증가에 따른 용량 증대 요구에 선제적으로 대비하기 위한 공항시설 개량 및 확장 필요

표 2. 노후 공항시설 성능개선 사업 선정 방법⁴⁾

절차	검토 대상 및 주요 내용
① 실태조사	대상 시설 제원, 노후도, 시설상태 등 전수조사
② 대상 시설 선정	점검 결과, 기준변화, 수요 및 서비스 수준 변화를 고려한 성능개선 검토 대상 선정
③ 사업 타당성 평가	기술성·경제성·사용성 평가 통해 사업 우선순위 결정 → 특히, 경제성 평가는 정확한 비용과 편익에 대한 검토 요구 (승객·화물 지체 감소, 정시성, 소음감소 등 관련 지침 항목 적용)

□ 문제정의

- (관제탑 구축/운영 비용) 현재 추진 중인 신공항 건설 또는 노후 공항의 성능개선 시 경제적 타당성 확보를 위하여 관제탑 구축/운영 비용 절감 노력이 있어야 함
 - 참고문헌[12]에 의하면, 기존 관제탑 대신 통합관제 시스템을 적용할 경우, 다음과 같은 비용 절감이 가능함

표 3. 기존 관제탑 대비 통합관제 구축 및 유지·보수 비용 비교¹²⁾

구분	구축 비용	유지·보수 비용 ^{주1)}
기존 관제탑	£12M (192억원) ^{주2)}	연간 £1.2M (연간 19.2억원)
통합관제(단일공항)	마스트 : £2M (32억원) 통합관제센터 : £2M (32억원)	연간 £0.2M (연간 3.2억원)

주1. 운영(유지·보수) 비용은 구축 비용의 10%로 산정

주2. 적용 환율 : £1.00 = 1,600원

출처: "Multiple remote tower for Single European Sky: The evolution from initial operational concept to regulatory approved implementation", Transportation Research Part A 116 (2018) pp.15-30

- (관제 인력 운영 효율) 공항의 관제탑을 중심으로 관제 인력을 배분하여 운영하면, 공항별 항공교통량에 따라 업무량의 불균형이 발생할 수 있고, 항공교통량이 적은 소형공항에서는 항공기가 운항하지 않는 시간에 관제사 대기시간이 늘어나 운영 효율이 떨어질 수 있음
- (공항 현대화) 미국, 유럽 등 항공 선진국을 중심으로 통합관제 도입을 통한 공항 현대화를 추진 중이며, 우리나라도 현재 추진 중인 신공항 건설 및 노후 공항 성능개선 시 통합관제 도입을 통한 공항 현대화 소요가 제기되고 있음

2. 기술개발의 필요성

- (지방 소규모 공항의 경제성) 고속철도 활성화, 수도권-지방 양극화 등에 따라 지방 소규모 공항의 항공 교통량은 정체 또는 감소하고 있으며, 공항운영에 재정적 어려움을 겪고 있음
 - 인천국제공항을 제외한 지방 공항 14곳 중 13곳이 2020년 1,000억 원이 넘는 적자를 냈고, 무안, 여수, 양양, 울산, 포항, 사천, 광주, 군산, 원주공항 등 9곳은 2016부터 5년째 적자를 기록하고 있는데, 이는 공항 이용 수요부족이 원인으로 파악됨

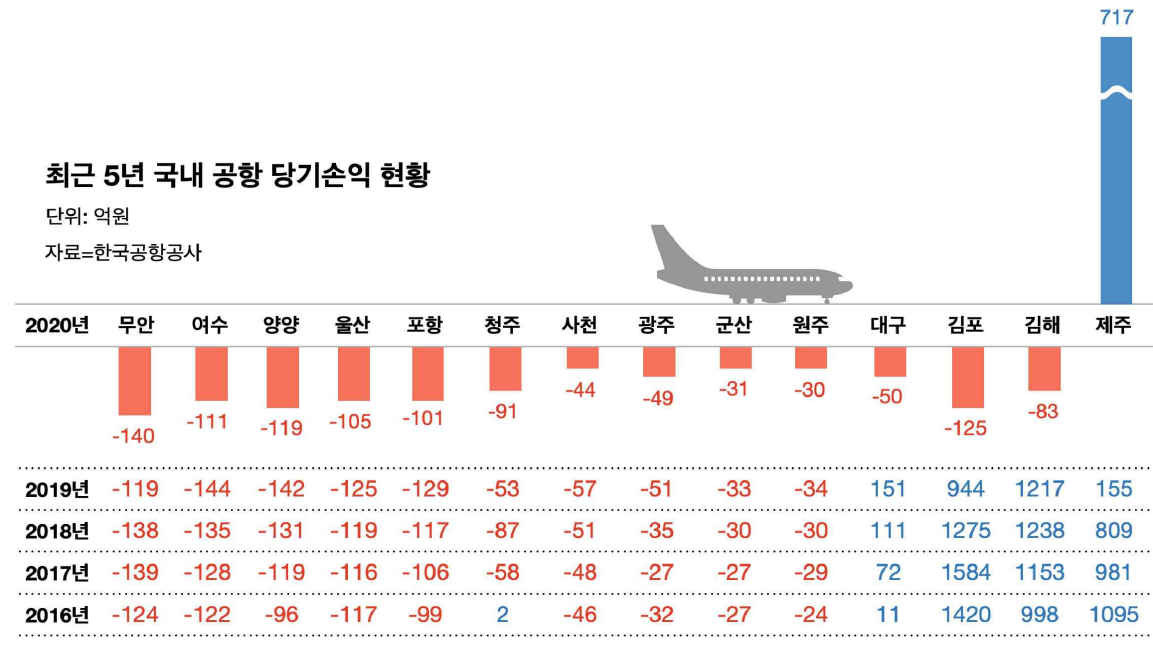


그림 8. 최근 5년 국내 공항 당기손익 현황

- (비행장관제 안전성) 공항 관제탑의 구조물 등으로 인한 관제사의 시야 방해를 해결하고, 계류장 등 시야 차폐구역에 대한 상황인식 능력을 확보하기 위하여 광학센서 기반 통합관제 시스템 도입 필요
 - 잘못된 상황판단 등과 같은 관제사 인적오류를 최소화하여 항공 안전 제고 필요

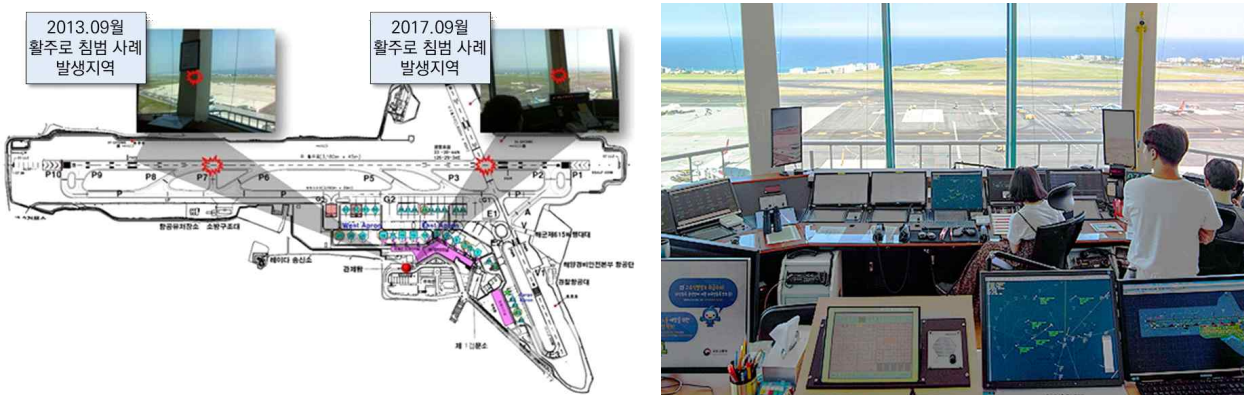


그림 9. 제주국제공항 관제탑 시야 사각지대

제1장 기술의 정의 및 필요성



그림 10. 안개 등 저시정으로 인한 관제탑 시야 방해

- **(관제탑 구축/운영 효율성)** 우리나라는 국토 균형 발전을 고려하여 신공항 건설, 도서 지역 소형공항 건설 등을 추진 중인데, 항공 교통량이 적은 소형공항에 통합관제 서비스 제공을 통한 관제탑 구축/운영 비용 절감 추진 필요

표 4. 관제탑 구축 및 운영 비용 비교

구분	구축 비용	유지보수 비용	인력
기존 관제탑	192억원	연간 19.2억원	8-10명 (24시간)
통합관제	64억원	연간 16.0억원	4명 ^주

주. 기존 관제탑 대비 투입인력 8~10명으로 같지만, 통합관제 도입 시 다중공항 관제가 가능하여 공항당 관제 인력은 4명으로 개선되는 효과가 있음

(출처: "Multiple remote tower for Single European Sky: The evolution from initial operational concept to regulatory approved implementation", Transportation Research Part A 116 (2018) pp.15-30)

- **(관제사 업무 효율성)** 지방 소규모 공항의 항공 교통량을 고려하여 다중공항* 통합관제시스템 운영을 통한 관제사 업무 분담 효율화 필요

* 하나의 통합관제센터에서 2개 이상의 원격지 공항에 비행장관제 서비스 제공

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구

CHAPTER

제2장

국내외 동향 및 환경분석

- 제1절 국내외 정책동향
- 제2절 국내외 시장동향
- 제3절 기술(특허, 논문 등) 동향 분석
- 제4절 국내 연구개발 인프라 분석
- 제5절 종합 분석

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

제1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

가. 제3차 항공정책기본계획(2020-2024)

1) 특징

- (수립배경) 제2차 항공정책기본계획 성과평가, 우리 항공산업의 현황, 대내외 여건 전망을 바탕으로 항공정책 패러다임 전환방향 제시 필요
 - 제2차 계획 기간 동안 부서 정책 및 업무 분야에서 높은 이행률을 보였지만, 조직 및 기관 신설, 예산확대 등 정책체계 부분은 상대적으로 이행 수준이 낮음
 - 항공분야 글로벌 경쟁력은 대체로 높은 성과를 내고 있으나, '14년 이후 전반적인 경쟁력이 정체되며 항공강국에는 미치지 못함
- (주요내용) 미래항공산업의 혁신적 패러다임 구축, 스마트·체감형 및 보편적·무단절 항공서비스 구현, 전후방 연계 종합산업 기반 및 산업 생태계 조성, 글로벌 지역 앵커를 위한 포용적 항공 인프라 구축, 빅데이터·AI기반 무결점 항공안전과 보안 실현 등 5개 추진전략과 30개 하위 추진 과제로 구성

2) 추진과제

가) (3-4) 소형항공, 레저산업 등 항공운송산업 다양성 확대

□ 소형항공운송사업으로 촘촘한 항공운송 서비스 제공

- 기반이 취약한 우리나라 소형항공운송사업 규모를 확대하기 위하여 관련 기초 인프라와 지원 서비스 확대
 - 울릉, 흑산 등 소형항공기 운항 활성화를 위한 제도 조성(~'22)
 - 도서지역 이동권 보장을 위해 필수 공익서비스 제도와 같은 신규 소형항공 서비스 도입
 - 내륙 주요 공항을 촘촘히 연결하는 대중형 전국 주요 공항 연결 셔틀 서비스(일명: 스카이버스) 도입 검토
 - 백령공항 등 소형공항 인프라 건설 확대 검토('21)
 - * 제6차 공항개발종합계획(2021~2025)에서 백령공항 추진 검토
- 소형항공 운송 사업 비즈니스 모델의 생존성을 고려한 다각적 정책 대안 제시
 - 소형항공 운송 사업의 경쟁력 강화를 위한 기반 마련 연구 등 시장 환경 변화를 반영한 소형 항공 운송 사업 진흥방안 마련('20)
 - 소형항공 운송 사업의 수익 노선 발굴, 소형항공기 안전도 확보와 지속 유지 등을 위한 정부 정책 지원 방안 마련

표 3-5. 제3차 항공정책기본계획 중 스마트공항 관련 추진전략 및 추진과제

추진전략	추진과제
(전략1) 미래항공산업의 혁신적 패러다임 구축	(과제1) 항공·관광 융복합을 통한 새로운 가치 창출
	(과제2) 새로운 항공가치 창출을 위한 Hybrid 항공네트워크 강화
	(과제3) 세계 최고 수준의 스마트 항공안전
	(과제4) 도심형 항공 모빌리티(UAM, Urban Air Mobility) 선도
	(과제5) 세계 속으로 에어실�크로드 구축
	(과제6) 운송·물류분야 드론산업 육성 및 일상 속 드론안전 강화
	(과제7) 한국형 공항 모델 패키지 수출
	(과제8) 초단축 글로벌 생활권 항공교통 미래 준비
	(과제9) 한반도 항공산업 협력기반 마련
(전략2) 스마트·체감형 및 보편적·무단절 항공서비스 구현	(과제1) 스마트한 무단절(Seamless) 공항서비스 고도화
	(과제2) 수요자 중심 항공서비스 개선
	(과제3) 교통약자 중심 Barrier-free 항공교통 서비스 실현
	(과제4) 항공산업 종사자 보호 정책 강화
	(과제5) 국립항공박물관을 통한 항공문화 증진
(전략3) 전후방 연계 종합산업 기반 및 산업 생태계 조성	(과제1) 전후방 종합산업 기반조성
	(과제2) 항공화물 시장 개척을 통한 항공물류산업 도약
	(과제3) 항공산업 성장을 위한 항공금융 활성화 추진
	(과제4) 소형항공, 레저산업 등 항공운송산업 다양성 확대
	(과제5) 항공기 제작 및 정비산업 활성화 지속 추진
	(과제6) 전문인력 양성과 고용 창출 선순환 구조 구축
	(과제7) 지속가능 성장을 위한 환경이슈 적극대응
(전략4) 글로벌 지역 앵커를 위한 포용적 항공 인프라 구축	(과제1) 글로벌 시대 대비 공항의 앵커 전략 추진
	(과제2) 공항의 국가경제 기간 교통망으로 위상 재정립
	(과제3) 패러다임 변화에 대비한 공역 체계 선제적 구축
	(과제4) 접근성 개선으로 공항을 커뮤니티 SOC로 확장
	(과제5) 기술발전을 위한 공항 테크노폴 추진
(전략5) 빅데이터·AI기반 무결점 항공안전과 보안 실현	(과제1) 자율과 견제의 균형 있는 항공안전문화 조성
	(과제2) 선제적 항공안전 역량 강화
	(과제3) 빈틈없는 항공보안 관리체계 구축
	(과제4) 미래형 첨단보안 장비 성능인증 체계 구축

나) (4-5) 기술발전을 위한 공항 테크노폴 추진

□ 중소기업 기술 육성·해외 진출 지원을 위한 테크 플랫폼 구축

- 공항이 중소기업 기술의 해외 진출 창구가 될 수 있도록 관련 규제를 개선하고 인프라를 구축
 - 공항 관련 기술에 대한 수요조사 및 전망과 공항별 테크플랫폼 추진을 위한 법·제도 개선 (~'21)
 - 공항별 기본계획에 중소기업 기술과 연계 방안 등 테크플랫폼 구축을 위한 방안 제시 권고
 - 테크플랫폼 운영에 대한 지속적인 평가와 개선('23~)
- 지속적인 추진과 실효성을 강화하기 위해 공항과 민간의 협력을 활성화하기 위한 거버넌스 체계를 마련
 - 관계 이해당사자 협의체 구축과 관련 기업 간 기술협력 등 비즈니스 모델 개발('20~)
 - 공항 또는 공항구역 내 공유 오피스 및 연구동 설립(~'22)과 기술 시범단지 운영, 글로벌 산업체 유치 등 공항별 전략 추진(~'24)
 - * 사업 추진에 민간 부문이 활성화될 수 있도록 PPP(Public Private Partnership) 등 기존 정부 주도형에서 협력형 사업으로 추진

□ 미래 기술 도입 검토를 위한 미래 공항 테스트베드 추진

- 인프라와 관련된 신기술 개발을 위해, 이용자 안전과 편의를 저해 하지 않는 범위에서 소규모 공항을 테스트베드로 활용 추진
 - 미래 공항 기술 적용을 위한 대상 공항 공모 및 선정(~'21)
 - 미래 공항 구현 및 시범서비스 적용(~'24)
- 우선적으로 소형공항 운영 효율성을 극대화하기 위한 다목적 무인 소형공항체계를 적용하는 방안을 검토
 - 무인관제탑 등 무인 소형공항 운영에 대한 현실 가능성 및 타당성 검토(~'22)
 - * 2015년 미국 버지니아(VA) 리스버그 공항(JYO/Leesburg Executive Airport)에 무인관제시스템 예비실험 진행 등 무인관제탑에 대한 실험이 진행 중
 - 현실성이 있다고 검토되는 경우 대상 소형공항 선정 및 설계 반영(~'24)
- 새로운 아이디어를 선제적으로 파악하고 검토할 수 있도록 미래 공항 아이디어 국제 공모전 추진 및 시행
 - 공항 개념, 공항 세부 기술 요인, 공항서비스, 공항 도시, 신교통수단 관련 등 다양한 분야에 대한 미래 기술 공모전을 통한 미래 공항에 대한 공감대 형성
 - 국제 공모전 운영에 대한 운영방식 결정과 예산확보(~'22) 및 홍보 시행('23~)

다) (5-4) 미래형 첨단보안 장비 성능인증 체계 구축

□ 신기술을 활용한 보안 인프라 구축

- 다양화·지능화되는 테러에 대응하는 향상된 보안검색 장비 도입·운영
 - 테러 위협의 다양화·지능화에 따라 보안검색 장비의 지속적인 기술 향상과 보안장비 시장의 급속한 성장 전망
 - 국내 운영 중인 보안검색 장비에 대한 전수조사 및 신형 장비 도입 등에 대한 기관별 세부계획·종합계획 수립
 - 추가검색 축소, 간소화 등을 통해 CT, X-Ray 등 향상된 성능의 장비 도입 촉진
- 인공지능(AI)·생체인식 등 신기술을 활용하여 인적오류 감소 및 효과적인 보안검색 서비스 지원
 - 기내 반입금지 물품 판독에 인공지능(AI)을 도입하여 육안 판독을 보조 → 보안검색 업무의 정확성·효율성 향상

나. 국가항행계획(NARAE 2.0)

1) 특징

- (수립배경) 항공교통을 안전하고 효율적으로 처리하기 위한 운영, 시설, 제도 등에 대한 맞춤형 종합계획이 필요
 - 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환계획을 발표('13.9.)하고, 우리나라도 자체 이행계획*을 수립·운영 중
 - * 「차세대 항공교통시스템 구축계획」을 수립('15.1.)하고, 1차 수정(추진과제 20→17개, '17.3.), 추가로 세부 계획도 보완(38→46개, '18.12.) 하였으나, 환경변화 등에 다소 미흡
 - AI, 빅데이터, UAM* 등 신기술·신비행체의 출현은 미래항공 환경을 변화
 - * UAM(Urban Air Mobility) : 도심항공교통을 의미하며 기체·운항·서비스를 총칭
 - 데이터·시스템 등의 기반 마련을 통해 변화하는 환경에 대응하고, 항공교통을 안전하게 효율적으로 처리하기 위한 종합계획* 필요
 - * 항공안전은 항공안전정책 기본계획, 항공보안은 국가보안계획에 따라 수립·운영 중
- (주요내용) 수요자(항공사) 중심의 예측 가능한 공항·공역 운영(운영), 데이터 기반의 과학적 항공교통관리(정보), 최적의 항행환경 구축을 통한 수용성 확대(기술), 신기술·신비행체를 적용한 신항공교통관리 체계 구축(전략과제), 포스트 코로나 대비 항공교통관리 강화(특별과제) 등 5개 추진전략과 14개 하위 추진과제로 구성

표 6. 국가항행계획 추진전략 및 추진과제

추진전략	추진과제
(전략1) 수요자(항공사)중심의 예측 가능한 공항·공역 운영	(과제1) 민·군, 국제 협력을 통한 유연한 공역 운영
	(과제2) 4D 개념의 궤적기반운영 체계 구축
	(과제3) 운영 개선을 통한 수용량 증대
(전략2) 데이터 기반의 과학적 항공교통관리	(과제1) 디지털 항공정보 체계 구축
	(과제2) 항공정보 데이터 종합관리체계 구축·운영
	(과제3) 데이터 기반의 항공교통관리 의사결정 지원
(전략3) 최적의 항행환경 구축을 통한 수용성 확대	(과제1) 디지털 기반 항행환경 조성
	(과제2) 위성을 통한 항행시스템·감시성능 향상
	(과제3) 조난항공기 안전관리체계(GADSS) 구축
(전략4) 신기술·신비행체를 통한 신항공교통관리 체계 구축	(과제1) UAM 등 신비행체 교통관리 시스템 구축
	(과제2) AI 기반의 원격 관제서비스 제공
(전략5) 포스트 코로나를 대비한 항공교통관리 강화	(과제1) 직선비행로 확대를 항공사 부담 경감
	(과제2) 관제기능 향상으로 관제업무 최적화
	(과제3) 항공교통관리 조직 및 인력운영 고도화

2) 추진과제

가) AI·XR 기반의 원격 관제서비스 제공

□ 필요성

- 인공지능(AI), 확장현실(XR, eXtended Reality) 등의 기술은 인력 장비의 물리적 위치와 무관하게 어디서든 관제서비스를 가능하게 발달
 - ICAO는 관제탑 설치 운영 대비, 비용 효율성이 낮은 소규모 비행장 등에서 통합관제 수행을 권고
 - 가상 증강현실(AR·VR) 활용 시 위험기상에서도 안전하고 효율적인 관제 및 공항 운영이 가능하고, 관제사의 상황인식 개선에도 도움
 - 또한, AI를 통한 관제 의사결정지원은 관제사의 업무부담을 줄이고, 공중 충돌 방지업무 및 우발상황 대응 등에 합리적 결정지원도 가능

□ 주요과제

- (AI 원격 관제기술 개발 구축) AI, XR, 디지털 트윈 증강 등을 통합하는 원격 관제서비스 기술 개발 및 공항 통합관제 시범 구축* 추진('22~)
 - * (예시) 인천공항 제5활주로 운영 관제탑, 소규모 공항(울릉, 흑산) 등 평시에는 시뮬레이터 훈련, 우발상황 등 비상시에는 원격 관제 시행 등 다각적 고려
 - 공항 통합관제를 위한 광대역 통신 인터페이스 기술 개발과 각종 시스템을 원격 통제하는 기술도 개발 및 표준화 추진
 - AI 딥러닝 기법을 적용한 상황인식, 추론기술 등의 개발과 우발상황 등에 관제사 의사결정을 위한 다중 에이전트 강화학습 모델 등도 구현
- (스마트 통합관제 플랫폼* 구축) 관제 집중도 향상, 인지력 제고를 위해 각종 관제장비의 인터페이스(시스템, User Interface) 등을 통합 플랫폼화
 - * 스마트 통합관제 플랫폼(ICWP : Integrated Controller Working Position)
 - 공항별로 각기 다른 관제시스템의 표준화 검토와 가상 증강현실(AR·VR) 관제 플랫폼, 시야 차폐 해소 환경 등 구축 추진('22~)

다. 항행안전시설 발전 기본계획(2021~2026)

1) 특징

- (수립배경) 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환계획을 발표('13.9.)하고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립·운영 중
- (주요내용) 첨단 항행안전시설 개발 구축, 항행안전시설 확충 및 현대화, 국제기술 표준화 및 해외진출, 지속 추진 기반조성 등 4개 추진전략과 16개 하위 추진과제로 구성

2) 추진과제

가) 미래형 원격 통합관제시스템 개발 구축

□ 필요성

- (관제탑 등) 항행·항공·기상정보 등 개별 시스템에 대한 여러 화면이 현시되고 있어 관제사 시야 차폐 등으로 선택적 현시 등 개선 필요
- (통합관제) 최근 울릉도, 흑산도, 백령도 등 도서지역에 소규모 공항 건설을 검토 중으로, 관제사 근무여건 등을 고려하여 대비 필요

표 7. 항행안전시설 발전 기본계획 추진전략 및 추진과제

추진전략	추진과제
(전략1) 첨단 항행안전시설 개발 구축	(과제1) 한국형 위성항법보정시스템(KASS) 개발구축
	(과제2) 차세대 항공통신인프라 개발 구축
	(과제3) 차세대 감시시스템(ADS-B/MLAT) 구축
	(과제4) 미래형 원격 통합관제시스템 개발 구축
	(과제5) 무인기 감시관리시스템 개발 구축
(전략2) 항행안전시설 확충 및 현대화	(과제1) 인천국제공항 4단계 항행안전시설 구축
	(과제2) 첨단 항공교통관제시스템 구축
	(과제3) 지방공항 활주로 운영등급 상향
	(과제4) 항행안전시설 성능 현대화
(전략3) 국제기술 표준화 및 해외진출	(과제1) 무인기 원격조종시스템 국제기술 표준화
	(과제2) 드론 비행점검시스템 개발 해외진출 지원
	(과제3) ICAO 협력 개발도상국 대상 국제교육 활성화
(전략4) 지속추진 기반 조성	(과제1) 항행안전시설 사용료 수익체계 개편
	(과제2) 항행안전시설 데이터 관리 및 활용 방안 마련
	(과제3) KASS 대국민 서비스 선제적 준비
	(과제4) 항행안전시설 전문인력 관리 양성

○ (기술발전) 증강현실(AR), 인공지능(AI), 적외선카메라 등 기술과 통합 관제 플랫폼 등 솔루션 (iCWP*)을 적용한 원격통합관제서비스 제공(독일, '18)

* iCWP(integrated Controller Working Position, 스마트통합관제플랫폼)

- 개별 독립 운영 중인 다수의 관제업무 지원시스템들을 통합하여 관제사가 필요로 하는 중요 정보를 단일 스크린에서 선택표출 및 제어(iCWP) 가능

* (설계) '19, 인천국제공항연구원 (계획) 미래형 통합관제시스템 개발 로드맵 수립



그림 11. 차세대 ICT 기술을 활용한 시스템

제2장 국내외 동향 및 환경분석

□ 국내현황

- (인천공항) 인공지능(AI), 증강현실(AR), 디지털 트윈 등 첨단 ICT 기술을 적용한 계류장 관제 플랫폼 구축 설계 및 연구 등 추진
 - 스마트 계류장관제 플랫폼 구축 설계 및 T2 계류장지역 설치(1단계) 추진('19.8~)
- (소규모 공항건설) 울릉도, 흑산도 등 도서지역 교통편의, 관광수요 등 필요성에 의한 소형 공항 개발을 추진 중

□ 해외사례 등 분석

- (유럽) 최초로 유럽항공안전청(EASA)은 원격공항관제서비스(RAATS)에 대한 기술 및 운영에 대한 표준을 마련('19, ED Decision 2019/004/R)
 - 항공정보종합망(SWIM)을 이용하여 약 520km 거리의 항적데이터, 대용량의 실시간 디지털 카메라 영상, 기상정보 등을 통합관제센터에 전송
- (독일·스웨덴 등) 최초, 주간 관제서비스('18)에서 적외선, 투시경, 3차원 증강현실 오버레이 기술을 응용, 야간·저시정에도 관제서비스*

* (現) 항공교통량이 적은 도서지역 2개 공항을 통합 원격운영→(미래) 교통량 多 불감지역 해소 등



원거리 리모트관제탑 운영



야간 투시경 활용 기술



시뮬레이션 응용 화면

□ 추진내용

- (4차산업 기술) 인공지능(AI), 증강현실(AR), 디지털 트윈 등 첨단 ICT 기술 통한 시야차폐 해소, 위험지역 감시 및 통합관제 환경 연구
- (1단계) 관제시스템 운용 효율성을 위한 관련기술 개발 타당성 검토 및 4차 산업 신기술을 적용한 미래형 통합관제 시스템 개발 로드맵 수립
 - (통합모니터) 통합관제시스템 개발 초기단계로 인천국제공항 관제탑 통합모니터 적용 추진
- (2단계) 미래형 통합관제시스템 개발 및 시범구축, 확대 적용

□ 투자예산

- 인천공항 계류장 관제 플랫폼 설계, 관제탑 모니터 통합 기술 시험 적용 및 연구개발 사업을 통한 원격통합관제시스템 개발 적용

표 8. 항행안전시설 발전 기본계획 중 미래형 원격 통합관제시스템 개발 구축 계획

[단위 : 억원]

구분	수량	'21까지	'22	'23	'24	'25	'26 이후	합계
가. (1단계) 인천공항 구축		2	11	-	-	-	-	11
인천 플랫폼 구축 설계	1식	1	-	-	-	-	-	1
인천 관제탑 모니터 통합	1식	1	1	-	-	-	-	2
인천 계류장 iCWP 구축	1식	-	10	-	-	-	-	10
나. (2단계) 통합관제 개발 구축		1	2	50	50	70	80	253
기획연구	1식	1	2	-	-	-	-	3
원격통합관제 개발 구축	1식	-	-	50	50	70	80	250
총계		3	13	50	50	70	80	266

□ 기대효과 - 항공교통산업에 끼치는 효과

- (관제효율·안전 제고) 최소 모니터를 통한 다양한 항행·운항 정보 통합 운영으로 다수 장비 운영 시야차폐 해소 및 인적오류 발생가능성 차단
- (4차산업 발전) 인공지능, 3차원 증강현실, 디지털 트윈 등 첨단 ICT 기술 통한 시야차폐 해소, 위험지역 감시 및 도서지역 통합관제 환경 마련

□ 추진일정

- 인천공항내 관제탑 통합모니터 적용('21), 통합플랫폼 기술을 적용한 인천공항 T2 계류장 설치('22), 통합관제탑시스템 개발 및 구축



그림 12. 미래형 원격 통합통합관제시스템 구축 추진일정

라. 공항개발 종합계획(2021~2025)

1) 특징

- (수립배경) 국가별 여건에 따라 공항개발은 양적 투자 확대(중국), 운영개선(미국, 일본) 등 투자분야가 상이하나 미래 대비와 안전·환경정책 강화는 공통적으로 필요
- (주요내용) 포용적 공항 생태계 조성, 국가와 지역경제 성장 견인, 혁신성장 동력 확보로 미래 대비, 안전을 최우선으로 공항을 관리 등 4개 추진전략과 15개 하위 추진과제로 구성
 - 본 계획에서 예상되는 전체 소요 예산은 9.4조 원으로 시설확장·유지관리, 신공항 개발 등의 사업에 투자할 예정이며, 에어사이드(활주로 등)는 비수익성 부문은 국가가 투자하고 터미널 등 비용 회수가 가능한 부문에서는 공항 운영자가 사업비를 분담

표 9. 제6차 공항개발 종합계획 추진전략 및 추진과제

추진전략	추진과제
(전략1) 포용적 공항 생태계 조성	(과제1) 지속가능한 친환경 공항 조성
	(과제2) 공항소음의 체계적 관리와 고도 제한의 효율적 운영
	(과제3) 사람 중심의 공항 접근교통체계 확보
(전략2) 국가와 지역경제 성장 견인	(과제1) 지역과 함께 발전하는 공항 생태계 조성
	(과제2) 해외공항 수출 경쟁력 확보로 새로운 시장 개척
	(과제3) 인천공항 개발을 통한 국토 경쟁력 강화
	(과제4) 신공항 개발로 지역 균형발전 지원
(전략3) 혁신성장 동력 확보로 미래를 대비	(과제1) 미래 공항 이슈를 반영한 공항정책 장기비전 마련
	(과제2) 스마트 공항 구축으로 공항 서비스 개선 및 신산업 육성
	(과제3) 미래 수요에 대비한 항공 인프라 혁신
	(과제4) 차세대 공항기술의 선제적 확보 추진
(전략4) 안전을 최우선으로 공항을 관리	(과제1) KASS 등 정밀위치 제공으로 최고수준의 안전 확보
	(과제2) 노후 항행안전시설의 현대화 및 종합 관리체계 구축
	(과제3) 안심할 수 있는 공항 이용·근로 환경 조성
	(과제4) 공항시설의 체계적인 유지관리·성능개선 추진

2) 추진과제

가) (전략2) 국가와 지역경제 성장 견인

□ 해외공항 수출 경쟁력 확보로 새로운 항공시장 개척

- 글로벌 시장현황, 사업 여건 분석 등 토대로 공항공사·민간 부문의 해외공항 시장 진출을 지원할 수 있는 추진전략 및 지원계획 수립
 - 양자 협력체계 구축, 전략 외교 등 단기 지원 방안과 함께 금융·설계·운영 등 분야별 해외공항 전문인력 육성 등 중장기 지원 방안 마련

□ 신공항 개발로 지역 균형 발전 지원

- 개발계획 수립 시 지역기업의 우대, 주변 지역 개발 등 지역경제 기여 방안을 종합적으로 검토, 도서 지역 공항개발도 지속 추진
 - 지역별 접근성 개선과 이동 편의 증진을 위해 도서지역 등에 대한 소형공항 개발을 추진하고, 장래 항공 수요 추이, 주변 개발계획 변경 등 여건 변화를 감안하면서 필요한 시설 확충 방안을 중장기적으로 강구
 - (흑산공항) 관계부처 등 협의를 거쳐 관련 절차에 따라 추진
 - (백령공항) 도서민 항공교통 편의 제고 등을 위해 관계기관 협의
 - (서산공항) 충남 지역 항공교통 편의 제고 등을 위한 민항시설 설치방안을 관계기관과 협의
 - (울릉공항) 적기 개항을 위해 건설공정 및 투자를 차질 없이 진행

나) (전략3) 혁신성장 동력 확보로 미래를 대비

□ 스마트 공항 구축으로 공항 서비스 개선 및 신산업 육성

- 생체 정보를 활용한 비대면 출입국 수속 확대, 공항 외 수속체계(Off-Airport) 도입 등 빅데이터, AI 등을 활용한 첨단 서비스 제공
- 증강현실 등 정보통신기술(ICT)을 활용한 통합관제시스템 기술개발, 무인 원격 조종시스템의 국제적 기술표준 선도

□ 차세대 공항기술의 선제적 확보 추진

- 공항분야 연구개발(R&D)과제를 도출·평가하여 성장 잠재력이 높은 핵심과제 중심으로 체계적 지원·관리 방안 수립
- 드론택시, 도심형 공항 등 미래항공교통관리 핵심기술 개발 추진

마. 인공지능 국가전략(2021~2030)

1) 특징

- (수립배경) AI는 단순한 기술적 차원을 넘어 인문사회 등 모든 영역에 걸친 패러다임의 변화를 초래하므로 국가·사회 전반의 준비가 필요하며, AI기술의 발전은 산업과 사회 전반으로 혁명적 변화를 확산

- (기술) 과거 개별적으로 발전해온 네트워크·빅데이터를 기반으로 한 딥러닝이 등장하면서 AI 기술발전이 가속화
 - (산업) AI는 그 자체로 막대한 부가가치를 창출하는 신산업이자, 기존 산업의 경쟁구도를 근본적으로 바꾸는 원천
 - (사회) AI 시대에는 일자리 구조에 근본적인 변화가 일어나며, 삶의 편의를 높이는 동시에 규제도와 신기술 간 간극도 발생
- (필요성) 우리 경제의 활력 제고 및 사회문제 해결에 AI가 유력한 방안으로 부상하였으며, 4차 산업혁명 대응과 AI 주도권 확보에 국가적 노력이 필요
 - (주요내용) 생태계, 활용, 사람 중심 등 3대 분야에 대해 인프라 확충, 전략적 기술개발, 과감한 규제혁신, 스타트업 육성, 인재 양성 국민교육, 전 산업 AI 도입, 디지털정부 대전환, 포용적 일자리 안전망 구축, 역기능 방지 및 AI 윤리 마련 등 9대 추진전략과 범정부 100대 실행 과제로 구성

2) 추진과제

가) (전략2-2) 산업 전반의 AI 활용 전면화

□ 현황 및 문제점

- 4차 산업혁명의 확산에 따라 AI 등 첨단 ICT가 시장 경쟁과 산업 생산의 핵심요소로 부상
- 우리 산업은 제조업 등 전통적 강점 분야에서도 글로벌 경쟁력이 저하되고 있어, '제조업 르네상스 비전 및 전략' 등 기존 정책의 가속화 등을 통해 새로운 성장 모멘텀 확보 필요

□ 추진전략

- 시장 규모와 파급력이 큰 분야를 중심으로 AI 융합을 통해 가시적 성과*를 창출하고, 교통, 도시, 문화 등 분야로 확산하여 산업시스템 전반을 업그레이드

* 신규매출 증대와 비용절감으로 제조분야 최대 19조원, 의료분야 최대 25조원 경제효과 발생 전망(KISDI, '19)

- 전 산업의 AI 활용 촉진을 위해 'AI+X 10대 선도 프로젝트' 기획·추진

□ (추진과제) AI 융합 프로젝트(AI+X) 추진

- 공공영역 보유 대규모 데이터를 기반으로 AI와 각 산업의 융합을 통해 국민이 체감할 수 있는 대형 성과를 창출하는 프로젝트 추진
 - AI 전문기업과 분야별 역량 있는 기업, 공공기관이 참여하는 민관 협업 생태계를 구축하고, 국내 AI 기업에 초기 사업 기회 제공

[참고] 글로벌 AI 정책 동향

- 국외 주요국들은 AI를 새로운 국가 경쟁력으로 인식하고, 글로벌 리더십 확보를 위한 다양한 AI 관련 정책 및 전략 추진 중
 - R&D, 산업육성 등 산업전략은 물론, AI의 사회적 책임, 윤리 등 포괄적 관점에서 다양한 권고 및 가이드라인 발표
- 각 국은 인공지능 기술의 잠재력과 파급효과에 대한 인식하에 인공지능의 발전과 기술 주도권 확보를 위한 경쟁 가속화에 따라 국가적으로 노력
 - 민간 기술력(미국), 제조업 경쟁력(독일), 대규모 자본 및 데이터(중국) 등 자국의 강점을 활용하고, AI를 통해 고령화(일본) 등 당면과제 해결 추진
 - 특히, 최고 지도자가 직접 선언·발표함으로써 국가 역량 결집을 도모

표 10. 주요국 AI 정책 요약

국가	주요 정책	특징
EU	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 인공지능 협력선언('18.4.10) ▶ 유럽을 위한 인공지능 정책('18.4.25) ▶ 신뢰할 수 있는 AI 윤리 가이드라인('19.4) ▶ AI·데이터 전략('20.2.19) 	<ul style="list-style-type: none"> - 인간중심의 가치, 윤리, 보안 등 균형 잡힌 AI 정책 추진을 지향 - 디지털 싱글 마켓이라는 거시적 목표와 연결하여 정책 추진
영국	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 인공지능 산업 육성 전략 권고안('17.10) ▶ AI Sector Deal('18.4) ▶ 영국 상원 인공지능 전략 보고서('18.4) ▶ 영국 공공분야 AI 활용 지침('19.6) 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구개발, 규제, 윤리, 교육 등 전방위적으로 정책을 추진 중 - 민관의 협력을 강조
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 인공지능 산업 육성 전략 권고안('17.10) ▶ AI Sector Deal('18.4) ▶ 영국 상원 인공지능 전략 보고서('18.4) ▶ 영국 공공분야 AI 활용 지침('19.6) 	<ul style="list-style-type: none"> - 경제 및 사회를 포함하는 국가 발전 전략의 일환으로 추진 - 데이터와 AI 인재 부문에 집중
미국	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 오바마 정부 인공지능 3부작 보고서('16) ▶ 자율주행 관련 가이드라인('16~'18) ▶ 기계를 활용한 정보증강 이니셔티브('19.1) ▶ 국방부 AI 전략('19.2) ▶ 미국 AI 이니셔티브('19.12) ▶ AI 어플리케이션 규제에 관한 가이드('20.1) 	<ul style="list-style-type: none"> - 산업 분야별 AI 활용·촉진을 위해 관련 AI 기술개발을 지원 - 산업 적용을 저해하는 규제를 완화하기 위한 정책에 중점
중국	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 빅데이터 발전 촉진 행동 강요('15.9) ▶ 빅데이터산업 발전계획('16.5) ▶ 차세대 인공지능 발전계획('17.7) ▶ 고등교육 AI 혁신 행동계획('18.4) 	<ul style="list-style-type: none"> - 정부 주도의 대규모 투자와 강력한 인력양성, 데이터 개방·공유 등 기업친화적 정책 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 일본 재흥전략('16.4) ▶ AI 산업화 로드맵('17.2) ▶ 新산업구조 비전('17.5) ▶ AI 개발 가이드라인('17.7) ▶ 인간중심의 AI사회 원칙('18.3) ▶ AI 활용전략('19.2) ▶ AI 전략 2019('19.3) 	<ul style="list-style-type: none"> - 경제, 산업, 사회, 윤리 등의 관점에서 포괄적 접근

표 11. 산업 분야별 AI 활용 전면화 계획

분야	세부 내용
제조 및 산업 전반	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제조 데이터센터 및 플랫폼 구축('20), AI 스마트공장 구축('22. 100개→'30. 2,000개) ○ 문제해결 산업 데이터플랫폼 구축·확산, 표준 산업AI 모듈 개발 ○ 자율차, 조선, 설계, 로봇, 가전, 세라믹, 소재 등에서 AI 융합제품 개발 및 상용화 ○ 중소기업, 소상공인 혁신 지원을 위해 스마트상점 개발 보급('20~) 등
바이오·의료	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단계별 신약개발 AI 플랫폼 구축(~'21), 의료데이터 중심병원 지원 및 의료 AI 서비스·제품의 병원 현장 실증('20~) ○ AI 기반 의료기기 임상검증용 표본데이터 구축 및 전문심사체계 구축(~'21)
스마트시티·건설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트시티 내 AI 기반 개방형 데이터 허브 구축('20) ○ 스마트 건설기술 확보('20~), 스마트건설 지원센터 준공 및 확장('21~)
교통·물류	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자율협력주행 기술개발('19~) 및 자율주행 대중교통 기술 개발('21~) ○ 항만자원(컨테이너, 작업자 등) 실시간 공유·분석 기술 확보(~'21)
에너지	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지 공급·소비 데이터를 축적 및 활용하는 에너지 빅데이터 플랫폼 구축('20~), 태양광 지능형 발전 추진
네트워크	<ul style="list-style-type: none"> ○ 5G 코어 네트워크 자동화('20)를 통한 지능형 네트워크 개발 ○ AI를 접목하여 전파자원 활용 최적화('21~)
농수산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 혁신밸리 조성(~'22, 4개소), 지능형 스마트팜 솔루션 개발(~'27) ○ 스마트양식 테스트베드(~'22, 6개소), 양식 전주기 AI 적용 '아쿠아팜 4.0' 추진('19~)
문화·예술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지능형 캐릭터 엔진 및 플랫폼(~'21) 및 AI 창작플랫폼 구현('20~) ○ AI를 활용한 예술작품 창작 및 공연·전시 지원(~'21)
환경	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대기질 예보에 AI를 융합하여 고농도 미세먼지 예보 정확도 향상('19~'22) ○ AI 기반 지하수오염 감시 및 예측 시스템 구축('19~'22)
법 무	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효율적 수용관리를 위한 ICT 기반의 스마트 교도소 구축·운영('19~'28)
국 방	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지능형 플랫폼 구축('20)을 통해 핵심업무 지능화 및 전군 공통 AI 서비스 지원 ○ 국방 지능데이터 센터 구축('20~)을 통한 지휘체계 지원 지능 개발 가속화

표 12. 전략 2-2의 추진 과제 및 소관부처/관계부처

과제명	소관부처 / 관계부처
AI 융합 프로젝트(AI+X) 추진	과기정통부 / 전부처
AI 기반 스마트공장 고도화(제조 데이터센터 및 플랫폼)	중기부
산업데이터 플랫폼 구축·확산	산업부
표준 산업 AI 모듈 개발 등 산업 AI 프로젝트 추진	산업부
조선, 로봇, 가전, 소재부품 등 AI 융합제품 개발	산업부
AI를 활용한 중소기업·소상공인 혁신 지원	중기부
신약개발 인공지능 플랫폼 개발	복지부·과기정통부
의료데이터 중심병원 지원 및 의료 AI 서비스·제품 실증	복지부
AI 의료기기 임상검증용 표본데이터 마련	식약처
스마트 도시 데이터 허브 구축	국토부
스마트 건설기술 확보 및 스마트건설 지원센터 준공	국토부
자율협력주행 기술 및 자율주행 대중교통 기술 개발	국토부·산업부·과기정통부
항만물류 최적화 기술 확보	해수부
에너지 빅데이터 플랫폼 구축	산업부
5G 코어 네트워크 자동화	과기정통부
스마트팜 혁신밸리 조성	농림부
AI 기반 지능형 스마트팜 개발	농림부
스마트양식(아쿠아팜 4.0) 개발	해수부
지능형 캐릭터 제작엔진 개발	문체부
AI 정보제공 및 창작지원 연계 플랫폼 개발	문체부
국방 지능형 플랫폼 구축	국방부
국방 지능데이터 센터 구축 및 지휘체계 지원 지능 개발	국방부

2. 국외 정책동향

가. 국제민간항공기구(ICAO)

□ 글로벌 항행계획(GANP)

- 국제민간항공기구(ICAO)는 지속적으로 증가하는 항공 교통량을 수용할 솔루션으로 「글로벌 항행계획」(GANP, Global Air Navigation Plan, Doc 9750, 1998년)을 수립하여 이행하고 있음
- 2019년에 발행된 GANP 제6판은 참여국 또는 이해당사자 간 더욱 원활한 의사소통을 위해 4개 계층으로 구성된 프레임워크를 제공하고 있음
 - 이 중 ‘Global Technical’ 계층에서는 전 세계 항공교통의 균형적 발전을 위하여 공항을 포함한 항공시스템 전반에 걸친 「미래 항공시스템 전환계획」(ASBU, Aviation System Block Upgrades)을 제시하고 있음

MULTILAYER STRUCTURE OF THE GANP



그림 13. GANP의 다중계층구조

□ 미래 항공시스템 전환계획(ASBU)

- 국제민간항공기구(ICAO)는 세계 항공시장의 급속한 성장에 따라 항공 패러다임의 전환이 필요하다는 인식하에 공항, 항공정보, 항행안전시설 등 항공 전반에 걸친 「미래 항공시스템 전환계획」(ASBU)*을 제시함
 - * ASBU는 전 세계적으로 조화로운 항공교통시스템 환경 구축을 위한 ICAO의 지침으로, 단계별 미래 항공시스템 전환계획임
- GANP 실행 효과 극대화를 위하여 3개 영역(① 항공정보, ② 공항운영, ③ 항행 기술 및 서비스), 22개 스레드(Thread)에 대해서 ‘Block 0’부터 ‘Block 4’까지 단계별 발전 방향을 제시하고 있음

- ‘공항운영’(Operation) 영역에는 5개의 스레드(Thread)가 있는데, 이중 ‘원격관제’(RATS, Remotely Air Traffic Services) 기술은 ‘Block 1’ 단계에서 다루고 있음

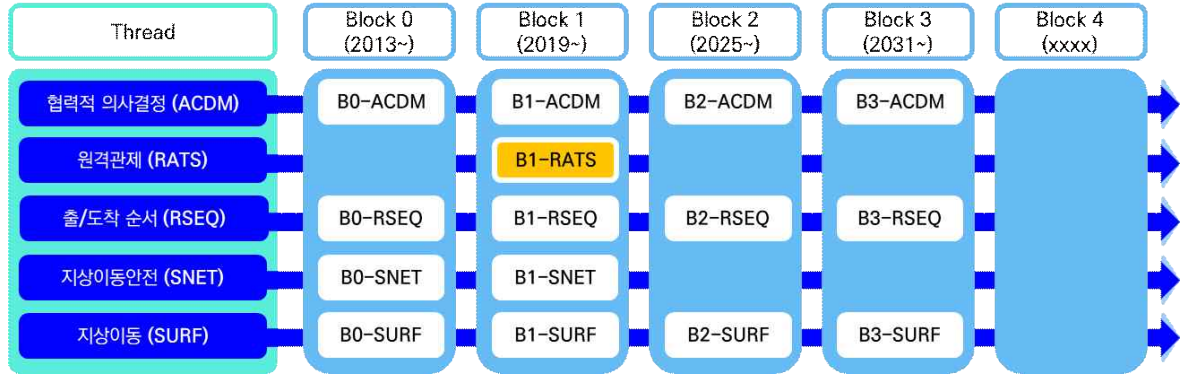


그림 14. ASBU 공항운영 영역 스레드의 단계별 발전 방향

○ ASBU는 원격관제(RATS) 스레드의 목적, 내용, 기술성숙도 및 효과를 다음과 같이 제시하고 있음

- (목적) 원격으로 기존의 관제탑이 아닌 인근 지역 또는 멀리 떨어진 위치에서 항공기에 항공 교통관제업무 및 비행정보업무를 제공하기 위함
- (내용) 공항 현장이 아닌 장소에서 비행장관제업무 또는 비행정보업무를 제공하는 것을 말하며, 비행장의 복잡성과 교통 수요에 상응하는 비디오 및 디지털 감시, 절차 프로세스 또는 이들의 조합을 활용하여 달성할 수 있음. 통합관제센터(RTC, Remote Tower Centre)는 한 개 이상의 비행장(공항)에 원격으로 연결되며, 비행장의 요구 사항에 따라 하나 이상의 관제석(CWP, Controller Working Positions)으로 구성될 수 있음
- (기술성숙도) 표준화 단계
- (주요 효과) 안전 강화, 비행장의 운영비 절감, 공역 사용자에게 제공하는 항공교통관제업무 비용 절감, 효율적인 인력 운영, 첨단 장비를 통한 시각 개선 및 더 높은 상황인식 등

표 13. 통합관제(RATS) 기술 적용 시 주요 효과 및 수혜자

구분	주요 효과	수혜자
직접 효과	효율적 비용으로 항공교통관제 시설 건설 가능 (공항이 외딴 지역에 소재한 경우)	관제사
	항공교통 밀도가 낮은 공항에 비행장관제업무를 제공하기 위한 비용 최소화	관제사
	디지털카메라와 시스템을 사용하여 전자적 방법으로 감시를 사용할 경우, - 기존 관제탑의 기본적인 시각적(육안) 방법 대비 감시 능력 개선 - 비행장, 교통장주 또는 공역의 시야 차폐구역 극복	관제사
	하나의 항공교통관제 시설에서 여러 공항의 항공교통관제업무를 결합하여 효율적 운영 가능	관제사
	이전에 비경제적이거나 지속 불가능했던 장소에서 항공교통관제업무 제공 가능	공역 사용자
	관제사의 공항 상황인식 개선	관제사
간접 효과	항공교통관제업무 관련 직원 및 인적 자원의 삶의 질과 복지 개선 가능 (학교, 상점, 병원에 보다 쉽게 접근할 수 있음)	관제사

자료 : ICAO GANP ASBU 홈페이지

○ ICAO PANS-ATM*(Doc. 4444) 8차 개정판에서는 ‘영상감시시스템’(Visual Surveillance System)에 대한 기능/성능 요구 사항을 제시하고 있음

* Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management (항공교통관리)

표 14. 영상감시시스템 기능/성능 요구 사항 (ICAO PANS-ATM)

원문	번역본
Chapter 1. Definitions	제1장 정의
<i>Visual surveillance system.</i> An electro-optical system providing an electronic visual presentation of traffic and any other information necessary to maintain situational awareness at an aerodrome and its vicinity.	영상감시시스템 : 비행장 및 그 주변에서 상황인식을 유지하는데 필요한 항공교통 및 기타 정보의 전자적 시각표시를 제공하는 전자광학시스템
Chapter 7. Procedures for Aerodrome Control Service	제7장 비행장관제업무 절차
7.12 Use of a Visual Surveillance System in Aerodrome Control Service	7.12절 비행장관제업무에서 영상감시시스템의 사용
7.12.1 Capabilities	7.12.1 능력
7.12.1.1 Visual surveillance systems used in the provision of aerodrome control services shall have an appropriate level of reliability, availability and integrity. The possibility of system failures or significant system degradations, which may cause complete or partial interruptions of service, shall be assessed and taken into account in the definition of the level of service provided in order to ensure that there is no degradation in the safety level of the services rendered. Backup facilities or alternative operational procedures shall be provided.	7.12.1.1 비행장관제업무 제공에 사용되는 영상감시시스템은 적절한 수준의 신뢰성, 가용성 및 무결성을 갖추어야 한다. 비행장관제업무 전체 또는 부분 중단을 초래할 수 있는 시스템 장애 또는 심각한 시스템 성능저하의 가능성은, 비행장관제업무의 안전 수준에 저하가 없음을 보장하기 위해 제공되는 비행장관제업무 수준의 정의에서 평가되고 고려되어야 한다. 백업 시설 또는 대체 운영 절차가 제공되어야 한다.
Note - A visual surveillance system will normally consist of a number of integrated elements, including sensor(s), data transmission links, data processing systems and situation displays.	주 - 영상감시시스템은 일반적으로 센서, 데이터 전송 링크, 데이터 처리 시스템 및 상황 표시를 포함한 여러 통합 요소로 구성된다.
7.12.1.2 Visual surveillance systems should have the capability to receive, process and display, in an integrated manner, data from all connected resources.	7.12.1.2 영상감시시스템은, 통합된 방식으로, 연결된 모든 자원으로부터의 데이터를 수신, 처리 및 표시할 수 있는 기능을 지니고 있어야 한다.
7.12.2 Functions	7.12.2 기능
7.12.2.1 When approved by and subject to conditions prescribed by the appropriate ATS authority, visual surveillance systems may be used in the provision of aerodrome control service to perform the functions listed in 7.1.	7.12.2.1 해당 항공교통관제 기관이 승인하고 규정한 조건에 따라, 7.1절에 열거된 기능을 수행하기 위해서 비행장관제업무 제공에 영상감시시스템을 사용할 수 있다.
7.12.2.2 The level of service to be provided shall be commensurate with the technical capabilities of the system.	7.12.2.2 제공될 비행장관제업무의 수준은 영상감시시스템의 기술적 능력에 상응해야 한다.

나. 미국

□ 비(非)-연방정부 프로그램

- 미국 연방항공청(FAA)은 연방정부 소유가 아닌 항행안전시설, 자동기상관측시스템(AWOS), 통합관제시스템(RTS) 등을 규제하기 위해서 「비-연방정부 프로그램」(Non-Federal Program, NFP)을 운영하고 있음
- 「비-연방정부 프로그램」은 규제 대상 시스템의 기술규격, 시운전, 운영, 유지보수(유지보수 기술자 포함) 등을 감독함

표 15. 비(非)-연방정부 프로그램에 의한 규제 대상 시스템 목록

번호	약어	비-연방정부 프로그램 규제 대상 시스템
1	ALS	Approach Lighting Systems that are part of a precision approach (진입등시스템)
2	AWOS	Automated Weather Observing Systems (자동기상관측시스템)
3	DME	Distance Measuring Equipment (거리측정시설)
4	GBAS	Ground Based Augmentation Systems (지상기반지역보강시스템)
5	GS	Glide Slopes (활공각제공시설)
6	LOC	Localizers (방위각제공시설)
7	NDB	Non-Directional Beacons (무지향표지시설)
8	OM	Outer Marker Beacons, as well as Middle & Inner Markers (외측 마커 비컨)
9	RTS	Remote Tower Systems (통합관제시스템)
10	RVR	Runway Visual Ranges (활주로가시거리 측정장비)
11	ILS	Instrument Landing Systems (계기착륙시설)
12	VOR	VHF Omni-Directional Ranges (전방향표지시설)

자료 : FAA 홈페이지

□ 통합관제시스템

- 연방항공청(FAA)은 항공교통이 적은 관제탑을 민간 계약으로 운영하기 위하여 1982년부터 '계약형 관제탑'(FCT, Federal Contract Tower) 프로그램을 운영하고 있음
- 예산 제약으로 인해 2008년 FCT 프로그램의 새로운 추가가 중단되었으나, 2018년 FCT 신청 처리가 재개됨
- FCT 승인 자격은 비용-편익 분석 결과에 따라 결정되는데, 항공교통 서비스 제공에 따른 안전 및 효율성 편익이 비용을 초과해야 함
- 통합관제시스템 비용은 새로운 관제탑 건설보다 훨씬 낮을 수 있고, FCT 후보 공항의 비용-편익 비율을 개선할 수 있으므로, 연방항공청(FAA)은 공식적으로 통합관제시스템 도입을 검토(평가)하고 있음

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 연방항공청(FAA)은 「비-연방정부 프로그램」으로 6개의 시범운영 공항을 선정하여 기개발된 통합관제시스템의 운용성을 확인(평가)하는 시범운영 프로그램을 추진하고 있음

○ (시범운영 공항-1) 버지니아주 리즈버그 국제공항(Leesburg Executive Airport, JYO)

- 공항운영 환경

* 활주로 17/35 크기 : 1676m × 30m (5500ft × 100ft)

* 2017년 항공교통 통계

항공기 형식	항공기 수
단발 엔진 항공기	167
다중 엔진 항공기	22
제트 항공기	11
헬리콥터	6
글라이더	1
계	207

항공기 운항	일일 평균 (292편)
지역 일반항공(GA)	85%
외래 일반항공(GA)	11%
에어택시	2%
군용	1%

- 리즈버그 국제공항은 SAAB의 통합관제시스템을 설치하고 시계비행(VFR)에 대한 운용성 확인 (평가)을 진행 중이며, 「비-연방정부 프로그램」 통합관제시스템 기술표준 정의 및 관련 인증 절차를 진행하고 있음

* 2015~2017 : (1단계) 이동형 관제탑을 이용하여 통합관제시스템에 대한 수동 평가 수행 (실제 항공교통관제는 수행하지 않는 평가)

* 2017 : (2단계) 백업으로 운영요원이 탑승한 이동형 관제탑을 이용하여 통합관제시스템에 대한 능동 평가 수행 (실제 항공교통관제를 수행하는 평가)

* 2018~2019 : (3단계) 검증 및 확인(V&V) - 운영요원 없이 통합관제시스템에 대한 능동 평가 수행

* 2019~2021 : 통합관제시스템의 관제실을 공항 외부로 이전 (이 시기에는 이동형 관제탑으로 항공교통관제 업무 수행)

* 2021 : 3단계 검증 및 확인 활동 완료(6월). 통합관제시스템 운용성에 대한 긍정적 결정으로, FAA와 시스템 공급업체는 인증 및 FCT 신청을 준비하고 있음

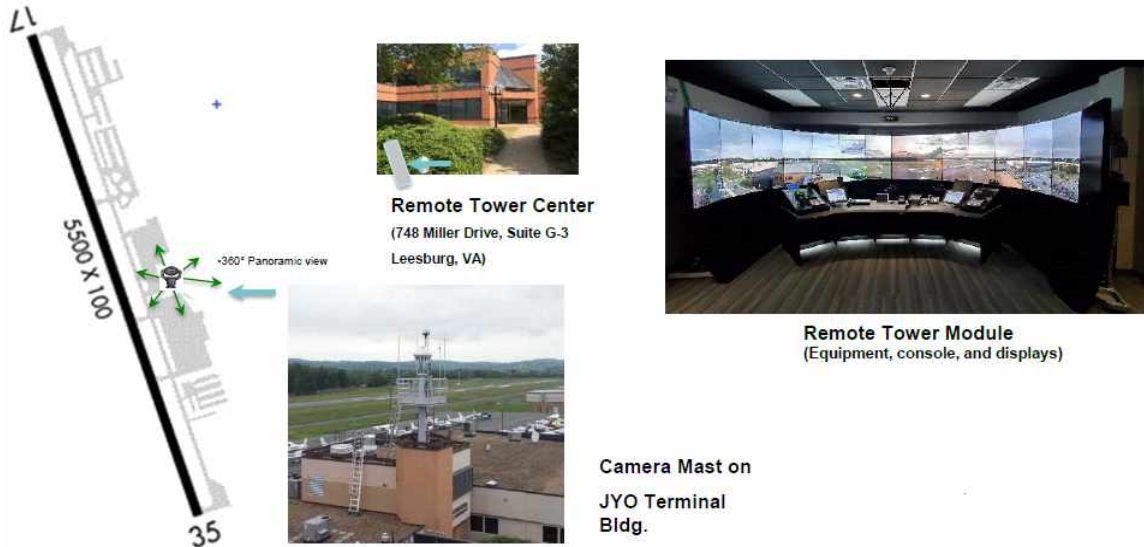


그림 15. 리즈버그 공항에 설치된 통합관제시스템(SAAB)

○ (시범운영 공항-2) 콜로라도주 북부 콜로라도 지역 공항(Northern Colorado Regional, FNL)

- 공항운영 환경

* 활주로 15/33 크기 : 2591m × 30m (8500ft × 100ft)

* 2018년 항공교통 통계

항공기 형식	항공기 수
단발 엔진 항공기	207
멀티 엔진 항공기	15
제트 항공기	10
헬리콥터	18
글라이더	1
경량 항공기	1
계	252

항공기 운항	일일 평균 (292편)
지역 일반항공(GA)	37%
외래 일반항공(GA)	59%
에어택시	4%
군용	1% 미만
상용	1% 미만

- 북부 콜로라도 지역 공항은 Searidge Technologies의 통합관제시스템을 설치하고 시계비행(VFR)에 대한 운용성 확인(평가)을 진행 중이며, 「비-연방정부 프로그램」 통합관제시스템 기술 표준 정제 및 관련 인증 절차를 진행하고 있음

* 2018~2019 : Searidge는 최적화 통합관제시스템을 개발하여 공항에 설치함

* 2020~2021 : 통합관제시스템에 대한 수동 평가를 완료하고 능동 평가를 계획 중임

제2장 국내외 동향 및 환경분석

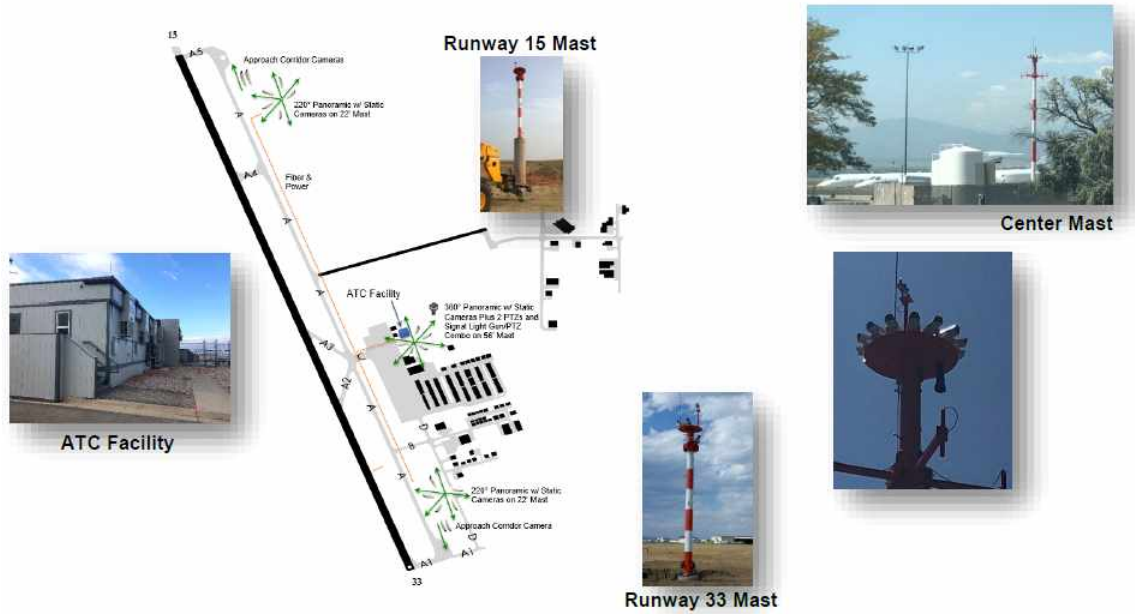


그림 16. 북부 콜로라도 지역 공항에 설치된 통합관제시스템(Searidge)

- (시범운영 공항-3) 통합관제시스템 공급업체 및 시범운영 공항은 미확정(TBD)으로, 다음 사항을 확인하고자 함
 - 통합관제시스템 인증 절차와 관련 기술기준의 적용 및 확인
 - 개발되지 않은 시스템을 구현하기 위한 실제 비용 및 일정 결정
 - 통합관제시스템을 위한 카메라 부지선정 절차의 적용 및 확인
- (시범운영 공항-4/-5) 통합관제시스템 공급업체 및 시범운영 공항은 미확정(TBD)으로, 다음 사항을 확인하고자 함
 - 더 복잡한 공항에서 통합관제시스템 평가 (예를 들면, 복수 활주로, 교차 활주로, 더 많은 수의 항공교통 운영 등)
 - 더 복잡한 공항에서 통합관제시스템 사용에 대한 운용개념 증명, 요구도 식별 및 비즈니스 사례 개발
- (시범운영 공항-6) 통합관제시스템 공급업체 및 시범운영 공항은 미확정(TBD)으로, 다음 사항을 확인하고자 함
 - 계기비행(IFR) 공항에 대한 통합관제시스템의 운용개념 및 비즈니스 모델을 확장함 (예를 들면, 새로 신설된 활주로를 수용하기 위해 두 번째 통합관제시스템이 필요한 공항)
 - 계기비행 공항에서 육안 감시를 보완하기 위해 통합관제시스템을 사용하는 경우, 운용개념 증명, 요구도 식별 및 비즈니스 사례 개발
- 국방부(DoD)는 Frequentis Corporation에서 제공하는 통합관제시스템을 선정하여 두 개의 별도 위치에서 평가함. 연방항공청(FAA)은 참관자로 참여하고 평가 데이터 결과에 대한 접근 권한을 요청함

다. 유럽연합

□ European ATM Master Plan

○ 유럽연합의 SESAR*는 Single European Sky 정책구현을 위해 2040년까지 **Digital European Sky** 실현을 비전으로 하는 ‘**European ATM Master Plan**’(2020)을 수립함

* SESAR(Single European Sky ATM Research)는 유럽 내 나라별로 분리된 항공관제를 통합하자는 취지로 2007년 설립된 민관합동 기관임

- 모든 등급의 영공에서 다양한 유무인 항공기의 증가하는 항공교통을 안전하고 지속가능한 방식으로 처리할 수 있도록, 탄력적이고 확장가능한 ATM 시스템을 제공하는 것을 비전으로 제시함

○ 비전 실현을 위해, 항공시스템 디지털화가 빠르게 진행되고 있고 지원 인프라의 혁신 주기가 짧아진 점을 고려하여, 점진적이지만 겹치는 **4단계 접근** 방식을 사용함

- **(단계 A)** 알려진 중대한 네트워크 성능 결함 해결

- 1) 국경을 넘어 항공기를 포함한 이해당사자 간 협업 강화 솔루션 제공
- 2) 초기 SWIM 시스템 구현
- 3) 네트워크 용량 및 수요의 균형 측정 도입

- **(단계 B)** 효율적 서비스 및 인프라 제공

- 1) 최초 ATM 데이터 서비스 출시
- 2) 국경을 넘어 자유항로(Free-Route) 운영 도입
- 3) 초기 U-Space 서비스*의 네트워크 및 제공에 진전된 공항 성능관리를 통합

* 대량의 드론이 할당된 공역에 안전하고 효율적이며 보안 접근을 할 수 있도록 해당 기능과 절차를 제공하는 디지털화/자동화 서비스

- **(단계 C)** 유럽 영공의 조각 모으기

- 1) 레벨 2/3 자동화를 점진적으로 도입하여 가상화 및 동적 공역 구성
- 2) 네트워크 수준에서 항공교통관리(ATM)에 공항을 완전히 통합
- 3) 일상적인 드론 운영 관리

- **(단계 D)** 디지털 유럽 영공 실현

- 1) 디지털 생태계
- 2) 공중/지상 시스템의 완전한 통합
- 3) 분산 데이터 서비스
- 4) 레벨 4/5 자동화 및 연결성
- 5) 유무인 항공을 위한 완전히 확장가능한 시스템 제공

제2장 국내외 동향 및 환경분석

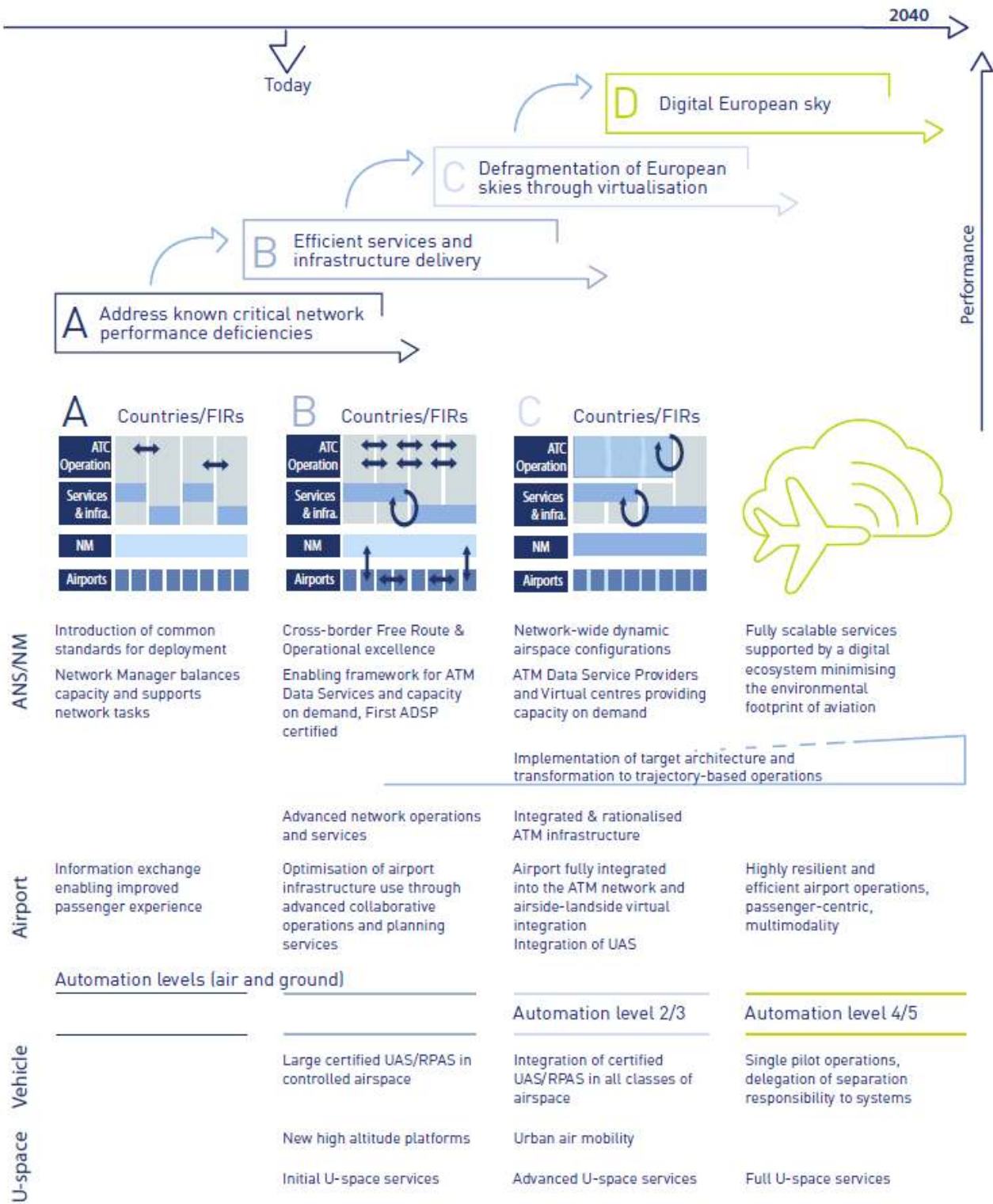


그림 17. 비전 실현을 위한 4단계 접근

- 비전 실현을 위한 5대 혁신 분야로 ① 항공 자동화, ② 지상 자동화, ③ 가상화, ④ 연결성, ⑤ 데이터 공유를 설정하고, 분야별로 4단계 접근에 따른 혁신 파이프라인을 구체화하여 제시하고 있음
- ‘가상화’를 위한 세부 내용 중 하나로 통합관제에 대해 ‘단일공항 → 다중센서 감시데이터 융합 → 다중/대형공항’으로의 확대 추진계획을 제시하고 있음

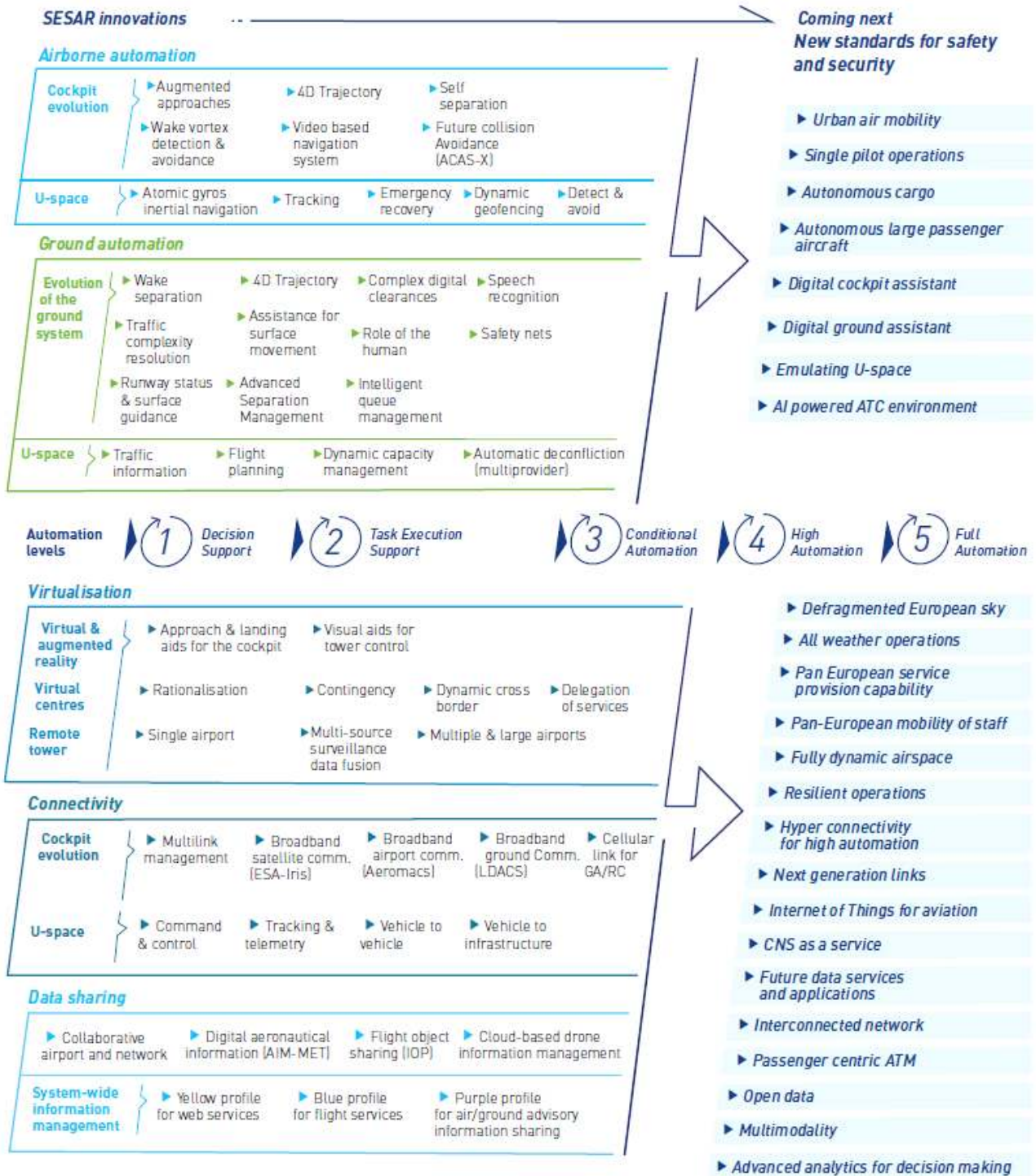


그림 18. SESAR 혁신 파이프라인 (Innovations Pipeline)

○ 솔루션① - 가상센터 개념

- (개요) 워크스테이션, 서비스 인터페이스 정의 및 가상센터 개념은 운용환경을 제공하는데, 이 운용환경에서 다수의 항공교통업무 기관(ATS Unit)은 하나의 기관으로 표현되고, 운영적/기술적 상호운용성에 의해 영향을 받게 됨. 이 솔루션에는 기술 서비스와 공통 인터페이스에 중점을 두고 서비스 지향 접근 방식을 취하는 항공교통업무 기관 아키텍처 개발이 포함됨
- (운용환경) 접근관제 및 항로관제 구역
- (타임라인) 현장 배치: 2022년~2032년 (11년) / 성과: 2024년~2032년 (9년)
- (성과 기여 분야) 수용량(CAP, Capacity) 및 비용 효율성(CEF, Cost Efficiency)

○ 솔루션② - 다중 비행장에 대한 통합관제 제공

- (개요) 비행장 내 관제탑이 아닌 원격지에 있는 1명의 관제사가 2개 이상의 비행장에 대해 원격으로 항공관제 업무를 수행함
- (운용환경) 비행장관제 구역
- (타임라인) 현장 배치: 2025년~2030년 (6년) / 성과: 2027년~2030년 (4년)
- (성능개선) 수용량(CAP, Capacity) 및 비용 효율성(CEF, Cost Efficiency)

○ 활동① - 다중 원격 타워 및 통합관제센터

- 이 활동은 통합관제센터에서 다수의 공항에 항공교통업무를 원격으로 제공하는 것임
- 보다 비용 효율적인 솔루션을 위하여 통합관제센터 감독 및 지원시스템과 향상된 자동화 기능 개발을 포함함
- 또한, 통합관제센터에 연결된 공항에 대한 접근 방식의 통합, 항공교통흐름관리를 위한 통합 관제센터 간 연결, 통합관제센터에 연결된 공항의 유연한 계획을 위한 도구와 기능 개발 등을 다룸

○ 활동② - 항공교통관제센터와 관제탑을 위한 HMI 상호작용 모드

- 이 활동은 항공교통관제센터나 관제탑에 있는 관제사의 업무부하와 정신적 부담을 최소화하기 위하여 새로운 HMI 상호작용 모드와 기술을 개발하는 것임
- 이 활동은 모듈 방식, 서비스 지향 아키텍처(SOA), 적응형 자동화와 같은 현대적 설계 및 개발 접근 방식과 방법론을 사용함
- 새로운 HMI 상호작용 모드는 공중에서의 제스처, 주의 제어, 사용자 프로필 관리 시스템, 추적 레이블, 가상현실/증강현실 등을 포함함

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 활동③ - 항공교통업무 기관으로 업무 위임

- 이 활동은 항공교통량과 조직적 필요* 또는 우발적 필요에 기반하여 항공교통업무 기관에 업무를 위임하는 다양한 방법을 탐색하는 것임

* 정시 환승 일정(주간/야간)에 대해 정적 또는 동적 (예를 들어, 항공교통 밀도가 일정 수준 이하 또는 이상인 경우)

- 이 활동에는 운용적 스펙트럼과 기술적 스펙트럼이 있는데, 운용적 스펙트럼은 업무 위임의 다양한 유형을 정의하고 검증하는 것을 목표로 하고, 기술적 스펙트럼은 '가상센터 개념'(솔루션)에서 정의된 업무에 대한 운용적 스펙트럼의 영향을 규정하는 것을 목표로 함

○ SESAR는 솔루션 배치 시나리오와 ICAO ASBU 요소와의 매칭 관계를 제시하였는데, 이중 통합관제와 관련하여 '가상센터 개념'(솔루션①)과 '다중 비행장에 대한 통합관제 제공'(솔루션②)을 RATS(Remotely Air Traffic Services)에 매칭 하였음

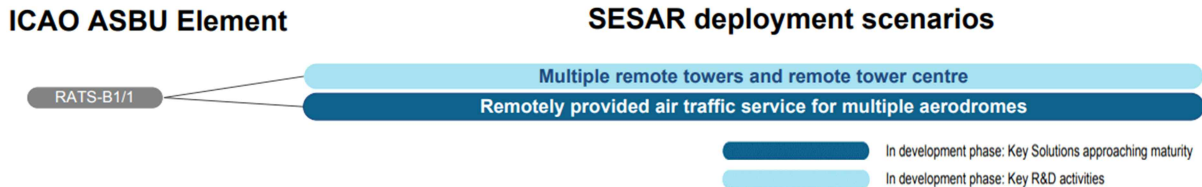


그림 20. 통합관제 관련 SESAR 솔루션 배치 시나리오와 ICAO ASBU 요소 간 매칭 관계

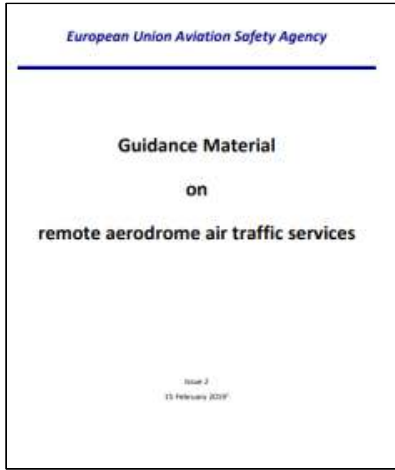
□ 통합관제 관련 규정

○ 유럽항공안전청(EASA)은 2014년부터 원격 비행장 항공교통업무(Remote Aerodrome Air Traffic Services) 관련 논의를 시작하여, 2015년 1차 협의/결정을 거치고 2019년에 2차 최종 ED Decision 2019/004/R을 발표하였음

- 주요 목표는 원격 비행장 항공교통업무의 운영, 절차, 기술 및 인적 자원 측면과 변경 관리를 다루며 항공교통업무의 안전을 촉진하는 것이고, 또 다른 목표로 비용이 효율적이고 균형 잡힌 항공교통업무를 지원하고, 조화로운 구현을 촉진하고, 이해 관계자에게 공정한 경쟁의 장을 제공하는 것임

- 원격 비행장 항공 교통 서비스에 관한 지침 자료를 발행하며 제1장 목적 및 소개, 배경부터 제11장 레퍼런스까지 구체적인 통합관제 시스템에 대한 가이드라인을 제공하고 있음

표 17. 통합관제 시스템에 대한 규정 및 가이드라인



구 분	내용
제1장	목적 및 소개, 배경
제2장	정의
제3장	원격 공항 ATS 컨셉 및 동작 모드
제4장	운영 상황 적용 및 관련 권장사항
제5장	운영 및 시스템 고려사항
제6장	변경관리
제7장	공항 관련 측면
제8장	영공 사용자에게 미칠 수 있는 영향
제9장	항공 정보 제품 및 서비스
제10장	자격 및 교육 고려사항
제11장	레퍼런스

자료 : EASA GM to Remote tower operations – Issue 2(2019)

- EUROCAE(유럽민간 항공 장비기구, 항공 및 지상시스템의 모든 장비에 대한 표준화를 독점적으로 수행)에서 Remote & Virtual Tower(RVT) 전담을 하고 있는 WG-100그룹(2014년 출범)은 원격 및 가상 타워에 대한 표준을 개발하고 작업 범위를 시각적 감시 이상으로 확장할 가능성을 논의하는 보고서를 개발하는 임무를 받아서 진행하고 있음
- 2016년 9월에 ED-240 "원격 타워 광학 시스템(Remote Tower Optical Systems)을 위한 MASPS(Minimum Aviation System Performance Standards)"를 발표하였으며, 현재 표적 추적 기술을 포함하여 기존 MASPS를 확장한 ED-240A 규정을 개발중임
 - 원격 타워 광학 시스템에 대한 MASPS 규격(ED-240A)을 배포함(2018년 12월)
 - 원격 타워 광학 시스템용 규격(ED-240A Ch.1)을 배포함(2021년 1월)

2) Implementation Plan 2020

□ ICAO ASBU 이행을 위해서 통합관제 시스템 목표 달성을 위한 단계별(SESAR1, SESAR WAVE1, 2)로 구체적인 이행(Implementation) 방법을 서술하고 있음

□ SESAR 1 (2008-2016)

- 중간수준의 항공교통용 단일 통합관제시스템 운영(Solution #12)
 - 원격 장소로부터 중형 공항에 대한 공항 관제 서비스 및 공항항행 정보 서비스 제공함
- 비상상황에 대비한 원격 관제서비스 제공 (Solution #13)
 - ATC 1차 타워를 사용할 수 없는 비상상황에서 중형 공항의 원격/2차 시설에서 공항 관제 서비스 제공함
- 2개의 소형 공항을 위한 원격과제시스템 (Solution #52)
 - 2개의 소형 공항에 대한 원격 항공 교통 서비스 제공하며, 공항 관제 서비스 또는 항공 운행 정보 서비스는 단일 ATCO/AFISO가 원격 위치에서 제공함. 두 개의 소형 공항 원격 ATS 개념의 주요 목표는 낮은 비즈니스 마진으로 어려움을 겪고 있는 작은 시골 공항이며, ATC 와 AFIS 모두 혜택을 받을 것이라고 제시
- 원격 관제작업포지션(CWP)에서의 단일 저밀도 ATC 와 AFIS(Solution #71)
 - 통합관제 시스템 개념은 현재 ATC 또는 AFIS를 받을 수 없거나 일반적인 관제시스템 구축 및 인력 운영이 어렵거나 비싸서 이용이 힘든 곳에 서비스 제공이 가능함

□ SESAR WAVE1 (2017-2019)

- 다중 원격 타워 모듈(PJ.05-02)
 - 여러 공항에 대한 원격 제공 항공 교통 서비스에는 단일 ATCO/AFISO가 원격 위치, 즉 어느 비행장에 자리한 관제탑이 아닌 하나 이상의 비행장에 대한 비행장 관제 서비스 또는 비행장 비행 정보 서비스의 제공이 포함됨
 - 이 시설의 ATCO(또는 AFISO)는 해당 비행장에 대한 원격 ATS를 수행하며, 여러 공항의 CWP 및 MET 정보에 대한 추가 개발이 포함됨
- 가상센터 기반 기술을 활용한 인프라의 합리화 구현(PJ.16-03)
 - 가상센터는 단일 ATSU(Air Traffic Service Unit) 또는 ADSP(ATM Data Service Provider)에서 제공하는 데이터 서비스를 사용하는 협력 ATSU 그룹을 말하며, 이 개념은 최소한 서비스 수준 계약에 정의된 서비스 인터페이스를 통해 ADSP와 일부 ATSU 간의 지리적 분리를 제공함

□ SESAR WAVE2 (2020-2022)

○ 다중 원격 타워 및 원격 타워 센터(PJ.05-W2-35)

- 통합관제센터(RTC)에서 다수의 공항에 원격으로 항공교통서비스(ATS)를 제공하며 효율적인 비용 솔루션을 위한 통합관제센터 감독자/지원 시스템과 향상된 자동화 기능 개발도 포함됨
- 또한 통합관제센터에 연결된 공항에 대한 접근 방식의 통합과 흐름 관리를 위한 시스템과 통합관제센터 간의 연결, 원격 타워 서비스에 연결된 모든 비행장의 유연한 계획을 위한 도구 및 기능 개발도 포함하고 있음

○ HMI Interaction modes for Airport Tower(PJ.05-W2-97)

- 통합관제 타워의 부하와 정신적 부담을 최소화하기 위해 새로운 HMI(인간 기계 인터페이스) 상호 작용 모드 및 기술의 개발을 말함
- 모듈성, SoA, 적응형 자동화 등과 같은 현대적인 설계 및 개발 접근 방식과 방법론을 고려해야 하며, 새로운 HMI 상호 작용 모드에는 공중 제스처, 주의 제어, 사용자 프로필 관리 시스템, 추적 레이블, 가상현실 및 증강현실의 사용이 포함됨

○ ATSU 간의 서비스 위임(PJ.10-W2-93)

- 공항 관련 항공교통 및 운항사, 긴급상황 요구에 기반한 ATSU 간 다양한 위임받은 공역을 탐색하는 것을 말함
- 다양한 유형의 영공 위임을 정의하고 검증하는 것을 목표로 하는 운영 작업 단위와 가상센터 개념에 정의된 서비스에 대한 운영 작업 단위의 영향을 지정하는 것을 목표로 하는 기술 작업 단위가 포함됨

○ ATC 센터를 위한 HMI 상호작용 모드(PJ.10-W2-96)

- ATC 센터의 관제에 대한 부하와 정신적 부담을 최소화하기 위해 새로운 HMI(인간 기계 인터페이스) 상호 작용 모드 및 기술의 개발을 다룸
- 모듈성, SoA, 적응형 자동화 등과 같은 현대적인 설계 및 개발 접근 방식과 방법론을 고려가 필요함
- 새로운 HMI 상호 작용 모드에는 공중 제스처, 주의 제어, 사용자 프로필 관리 시스템, 추적 레이블, 가상 및 증강현실의 사용이 포함됨

라. 영국

1) Aviation 2050

- 영국 정부는 승객 수요를 충족하고 지속가능한 성장을 위한 파트너십과 연결성 강화에 중점을 둔 중장기 전략(Aviation 2050)을 발표하였음. 이 7가지 대응 전략 중 “7. 혁신 및 신기술 장려”에서 디지털화 전략에서 원격 관제 시스템의 효과 및 우수 사례(런던 시티공항)를 언급함

표 18. Aviation 2050 - 7가지 대응 전략

주요 변화동인	7가지 대응 전략
<ul style="list-style-type: none"> • global change and shifting markets • impact of competition on business models • increasing passenger demand • changing expectations of passengers • effects of international climate change • making the most of new technology 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Build a global and connected Britain 2. Ensure aviation can grow sustainably 3. Support regional growth and connectivity 4. Enhance the passenger experience 5. Ensure a safe and secure way to travel 6. Support general aviation 7. Encourage innovation and new technology

자료 : Aviation 2050 The future of UK aviation

- 항공 분야에서 원격 디지털 제어 타워와 같은 개념이 현실이 되어 훨씬 더 넓은 시야와 안전이 확보 및 개선됨으로써 공항이 성장했음을 언급
- 또한 정부와 업계가 항공 산업에서 더 큰 디지털화를 향한 진전을 이루고 있는 예시로 런던 시티 공항과 같은 공항에서의 원격 디지털 타워의 개발 및 구축을 제시하며, 비행장의 360도 시야를 사람의 눈보다 더 세부적으로 제공하는 기술로 인해 항공 교통 관리가 현대화하고 개선될 것이라 언급

- 영국 민간항공국(UK CAA)은 EASA ED 2019/004/R의 내용에 맞게 여러 정의와 일부 기술 내용을 수정한 원격 타워 운영 승인에 관한 정책을 21년에 발표하였음

- 주요 내용으로는 원격 타워 관련 작동 모드, 장비 수준, 카메라 등 장비에 관한 사항이 있음
 - 원격 타워 작동 모드 및 장비 레벨, 즉 단일/다중 작동 모드 및 기본/향상된 장비 레벨
 - 변경 관리, ATS 직원 라이선스, 카메라 운영 체제, 장비 상호 운용성을 포함한 일반 요구 사항
 - 인적 요소, 기상 및 기타 보조 서비스 제공, 현장 공항(비행장) 직원과의 ATS 요원 상호 작용, 서비스 신뢰성 및 연속성, 보안, CNS 고려사항, 신호등 및 불꽃 신호, 항공 정보를 포함한 특정 고려사항
- 이해당사자의 의견 수렴 및 협의 과정을 통해서 “CAP 670 Air Traffic Services Safety Requirements “규정에 원격 타워 승인 요구 결과를 반영한 수정내용을 공표하고 있음

마. 중국

□ 제14차 민용항공 발전 5개년 계획(2021~2025)

- 단일 항공 운송 강국에서 다분야 민항 강국으로 도약한다는 목표 아래 6대 전략을 제시하고 있으며, '14차 5개년'을 회복기(2년, 21~22년)와 성장기(3년, 23~25년) 단계로 나누고 각 발전 단계에 따라 목표를 제시
 - 21~22년까지의 기간은 회복과 축적의 기간으로 6대 전략별 임무 전면 수행 및 주요 프로젝트의 이행 가속화, 지원 정책 안정화, 발전 모멘텀 축적 및 산업 성장의 회복 촉진을 목표로 제시
 - 23~25년까지의 기간은 성장과 해방의 기간으로 국내 시장 확대 및 국제 시장 회복, 개방 수준 개선, 혁신 발전 추진력 강화, 품질 및 효율성 향상 가속화, 고품질 민간항공 전면 추진 등을 목표로 제시

표 19. 제 14차 민용항공 발전계획 6대 전략 및 내용

6대 전략	내용
일류 민간항공 안전시스템 구축	안전관리시스템 개선
	안전보장 기반 강화
	견고한 항공 안전 시스템 구축
	감항 인증 및 운항심사 시스템 개선
	네트워크 안전 수준 향상
일류 인프라 시스템 구축	국가 종합공항 체계 개선
	항공교통관제지원 서비스 수준 향상
	새로운 기반 시설 건설 가속화
일류 항공 서비스 시스템 개발	접근가능한 항공 여객 네트워크 구축
	효율적인 항공 물류 네트워크 구축
	다양한 종합항공 네트워크 확대
	항공서비스 품질수준 향상
친환경 녹색개발체제 개선	녹색 거버넌스 시스템의 지속적 개선
	자원의 보전 및 집약적 이용을 적극 추진
	민간항공산업의 환경 영향 완화를 위한 노력
견고하고 강력한 전략적 지원체계 구축	과학기술혁신의 선도적인 실행
	민간 항공 인재육성 강화
	지역통합발전을 지원하는 서비스
	대외 개방의 새로운 국면 개척
현대 민간 항공 거버넌스 시스템 구축	시장 지배구조 개선
	스마트 민간 항공감독 시스템 구축
	산업문화적 가치체계 구축 강화

자료 : 제14차 민용항공 발전 계획(民用航空发展规划)(2021)

- 2050년 민간항공 강국으로 발돋움하기 위해 계획기간 동안 스마트 민간항공 건설 주력과 전 영역 디지털화 실현을 강조
- ‘항공교통관제 지원 서비스 수준 향상’ 내용 중 중소 공항의 항공교통관제 능력 향상을 위해 원격지 공항에 원격 관제탑 및 중앙 집중식 기상 예보 기술 시범 적용 추진을 제시

표 20. 중소공항의 항공교통관제 능력 향상을 위한 세부 추진

구분	세부 추진내용
중소 공항의 항공교통관제 능력 향상	중소공항의 입·출항로를 최적화, 공역이 복잡하거나 비행 편수가 많은 공항에 대해서는 접근관제 구역을 지정하고 공항 감시·관제 방식 전환을 착실히 추진
	공항 항공교통관제 시설/장비의 혁신을 가속화
	적격한 공항 항공교통관제 운영을 공동 의사결정 시스템에 통합
	원격 관제탑과 중앙 집중식 기상 예보 기술의 시범 적용을 원격지 공항에 추진
	지방 공항 전문인력에 대한 민간 항공 아카데미의 교육 지원 강화, 그룹 내 및 지역 간 항공 교통 관리 전문인 교류 및 지원 메커니즘 구축 촉진
	중소공항의 항공교통관제 지원 능력을 제고, 안전보장 수준을 제고하기 위한 다각적인 대책을 강구

자료 : 제14차 민용항공 발전 계획(民用航空发展规划)(2021)

바. 일본

□ 제11차 교통안전기본계획(2021~2025)

- ‘항공 사고가 없는 사회’를 항공 분야 최상위 목표로 설정하고 항공 사고의 감소, 사고로 이어지는 안전상 문제의 미연 방지 도모를 세부 목표로 제시하고 있으며, 항공 교통안전 대책으로 3가지 관점과 9대 주요 대책을 다룸
- 구체적인 항공 안전 목표로는 항공 운송 사업자가 운항하는 정기항공편에 대해 사망사고 발생률 및 전손사고 발생률 제로 달성과 항공 사고, 중대사고, 지상 작업 및 시설 등에 기안한 사상 또는 항공기 손상 발생률 등 21가지 지표에 대해 5년간 약 17% 감소를 제시

표 21. 제11차 교통안전기본계획 9대 주요 대책

3가지 관점	9대 주요 대책
<ul style="list-style-type: none"> • 항공 안전대책의 고도화 • 항공 수요 증가에 대한 대응 및 안전 유지·향상의 일체적 추진 • 신기술·산업발전에 따른 안전 행정의 새로운 전개 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 항공안전프로그램의 추가 추진 2. 항공기의 안전 운항확보 3. 항공기의 안전성 확보 4. 항공 교통 환경의 정비 5. 무인항공기의 안전대책 6. 구조·구급활동의 충실화 7. 피해자 지원 추진 8. 항공사고 등의 원인규명과 사고 등 방지 9. 항공교통의 안전에 관한 연구개발 추진

자료 : 제11차 교통안전기본계획(交通安全基本計画)(2021)

□ CARATS

○ 미래 항공수요 대비를 위해 항공교통시스템 혁신을 위한 협동 작업계획(CARATS, Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)을 수립하여 항공교통시스템 연구개발 및 ICAO ASBU 연계 기반 이행을 추진 중이며 통합관제 관련해서는 별도의 로드맵은 없으나 전자항법연구소를 통해 통합관제 연구개발을 추진

	ASBUs관계	CARATS관계
PIA1	○空港への航空機進入方法の改善 (GBAS/SBAS/RNP)	OI-9 精密かつ柔軟な出発及び到着進入方式 OI-26 後方乱気流に起因する管制間隔の短縮 OI-23-1 空港運用の効率化 (AMAN/DMAN/SMAN) OI-29-1 定型通信の自動化 (DCL, D-TAXI) OI-23-2 空港CDM EN-10 空港面の監視能力の向上
	○後方乱気流に起因する管制間隔の短縮 (RECAT)	
	○滑走路使用順序付け (AMAN/DMAN/SMAN)	
	○空港CDM (A-CDM)	
	○空港面運用	
PIA2	○空港の遠隔運用(注1)	EN-2 データベース等情報基盤の構築(国際標準データ様式の採用等) EN-3 情報共有基盤 (海外とのIPネットワーク構築等) EN-4-1~3 気象観測情報の高度化 EN-5-2~4 気象予測情報の高度化
	○運航情報(FIXM)の共有	
	○情報のデジタル化	
	○情報共有基盤(SWIM)	
	○航空気象情報	
PIA3	○航空路における自由な運航	OI-1 可変セクターの運用 ※ATFMは実施中 OI-18 初期的CFDTIによる時間管理 EN-9-2,-3 ブラインドエリア等における監視能力(WAMADS-B) OI-30-1~4 空対空監視の活用 OI-20 軌道情報を用いたコンフリクト検出
	○交通流管理(ATFM)	
	○新たな監視技術の活用	
	○機上装置を活用した航空機間隔確保(ASAS)	
	○飛行高度最適化	
	○空中衝突回避システム(ACAS)(注2)	
	○地上システムによる衝突防止	
PIA4	○離着陸時における継続的上昇・降下(CCO-CDO)	OI-13 継続的上昇・降下の実現 OI-19 合流地点における時刻ベースの順序付け、間隔設定 OI-29 定型通信の自動化による処理能力の向上 (隣域CPDLC) EN-14 VHFデータリンク 等
	○軌道ベース運用(TBO) (データリンク、交通流管理を活用)	
	○無人航空機システム (RPAS)(注3)	

以下については、CARATSの中核である軌道ベースの運用の実現に直接には関係しないため、CARATSの施策として位置づけていない。
注1: 遠隔地からの飛行場管制業務等: 航空局の業務の効率化に資するため、別途電子航法研究所を中心に研究開発している。
注2: 注3: 注4: 注5: 注6: 注7: 注8: 注9: 注10: 注11: 注12: 注13: 注14: 注15: 注16: 注17: 注18: 注19: 注20: 注21: 注22: 注23: 注24: 注25: 注26: 注27: 注28: 注29: 注30: 注31: 注32: 注33: 注34: 注35: 注36: 注37: 注38: 注39: 注40: 注41: 注42: 注43: 注44: 注45: 注46: 注47: 注48: 注49: 注50: 注51: 注52: 注53: 注54: 注55: 注56: 注57: 注58: 注59: 注60: 注61: 注62: 注63: 注64: 注65: 注66: 注67: 注68: 注69: 注70: 注71: 注72: 注73: 注74: 注75: 注76: 注77: 注78: 注79: 注80: 注81: 注82: 注83: 注84: 注85: 注86: 注87: 注88: 注89: 注90: 注91: 注92: 注93: 注94: 注95: 注96: 注97: 注98: 注99: 注100: 注101: 注102: 注103: 注104: 注105: 注106: 注107: 注108: 注109: 注110: 注111: 注112: 注113: 注114: 注115: 注116: 注117: 注118: 注119: 注120: 注121: 注122: 注123: 注124: 注125: 注126: 注127: 注128: 注129: 注130: 注131: 注132: 注133: 注134: 注135: 注136: 注137: 注138: 注139: 注140: 注141: 注142: 注143: 注144: 注145: 注146: 注147: 注148: 注149: 注150: 注151: 注152: 注153: 注154: 注155: 注156: 注157: 注158: 注159: 注160: 注161: 注162: 注163: 注164: 注165: 注166: 注167: 注168: 注169: 注170: 注171: 注172: 注173: 注174: 注175: 注176: 注177: 注178: 注179: 注180: 注181: 注182: 注183: 注184: 注185: 注186: 注187: 注188: 注189: 注190: 注191: 注192: 注193: 注194: 注195: 注196: 注197: 注198: 注199: 注200: 注201: 注202: 注203: 注204: 注205: 注206: 注207: 注208: 注209: 注210: 注211: 注212: 注213: 注214: 注215: 注216: 注217: 注218: 注219: 注220: 注221: 注222: 注223: 注224: 注225: 注226: 注227: 注228: 注229: 注230: 注231: 注232: 注233: 注234: 注235: 注236: 注237: 注238: 注239: 注240: 注241: 注242: 注243: 注244: 注245: 注246: 注247: 注248: 注249: 注250: 注251: 注252: 注253: 注254: 注255: 注256: 注257: 注258: 注259: 注260: 注261: 注262: 注263: 注264: 注265: 注266: 注267: 注268: 注269: 注270: 注271: 注272: 注273: 注274: 注275: 注276: 注277: 注278: 注279: 注280: 注281: 注282: 注283: 注284: 注285: 注286: 注287: 注288: 注289: 注290: 注291: 注292: 注293: 注294: 注295: 注296: 注297: 注298: 注299: 注300: 注301: 注302: 注303: 注304: 注305: 注306: 注307: 注308: 注309: 注310: 注311: 注312: 注313: 注314: 注315: 注316: 注317: 注318: 注319: 注320: 注321: 注322: 注323: 注324: 注325: 注326: 注327: 注328: 注329: 注330: 注331: 注332: 注333: 注334: 注335: 注336: 注337: 注338: 注339: 注340: 注341: 注342: 注343: 注344: 注345: 注346: 注347: 注348: 注349: 注350: 注351: 注352: 注353: 注354: 注355: 注356: 注357: 注358: 注359: 注360: 注361: 注362: 注363: 注364: 注365: 注366: 注367: 注368: 注369: 注370: 注371: 注372: 注373: 注374: 注375: 注376: 注377: 注378: 注379: 注380: 注381: 注382: 注383: 注384: 注385: 注386: 注387: 注388: 注389: 注390: 注391: 注392: 注393: 注394: 注395: 注396: 注397: 注398: 注399: 注400: 注401: 注402: 注403: 注404: 注405: 注406: 注407: 注408: 注409: 注410: 注411: 注412: 注413: 注414: 注415: 注416: 注417: 注418: 注419: 注420: 注421: 注422: 注423: 注424: 注425: 注426: 注427: 注428: 注429: 注430: 注431: 注432: 注433: 注434: 注435: 注436: 注437: 注438: 注439: 注440: 注441: 注442: 注443: 注444: 注445: 注446: 注447: 注448: 注449: 注450: 注451: 注452: 注453: 注454: 注455: 注456: 注457: 注458: 注459: 注460: 注461: 注462: 注463: 注464: 注465: 注466: 注467: 注468: 注469: 注470: 注471: 注472: 注473: 注474: 注475: 注476: 注477: 注478: 注479: 注480: 注481: 注482: 注483: 注484: 注485: 注486: 注487: 注488: 注489: 注490: 注491: 注492: 注493: 注494: 注495: 注496: 注497: 注498: 注499: 注500: 注501: 注502: 注503: 注504: 注505: 注506: 注507: 注508: 注509: 注510: 注511: 注512: 注513: 注514: 注515: 注516: 注517: 注518: 注519: 注520: 注521: 注522: 注523: 注524: 注525: 注526: 注527: 注528: 注529: 注530: 注531: 注532: 注533: 注534: 注535: 注536: 注537: 注538: 注539: 注540: 注541: 注542: 注543: 注544: 注545: 注546: 注547: 注548: 注549: 注550: 注551: 注552: 注553: 注554: 注555: 注556: 注557: 注558: 注559: 注560: 注561: 注562: 注563: 注564: 注565: 注566: 注567: 注568: 注569: 注570: 注571: 注572: 注573: 注574: 注575: 注576: 注577: 注578: 注579: 注580: 注581: 注582: 注583: 注584: 注585: 注586: 注587: 注588: 注589: 注590: 注591: 注592: 注593: 注594: 注595: 注596: 注597: 注598: 注599: 注600: 注601: 注602: 注603: 注604: 注605: 注606: 注607: 注608: 注609: 注610: 注611: 注612: 注613: 注614: 注615: 注616: 注617: 注618: 注619: 注620: 注621: 注622: 注623: 注624: 注625: 注626: 注627: 注628: 注629: 注630: 注631: 注632: 注633: 注634: 注635: 注636: 注637: 注638: 注639: 注640: 注641: 注642: 注643: 注644: 注645: 注646: 注647: 注648: 注649: 注650: 注651: 注652: 注653: 注654: 注655: 注656: 注657: 注658: 注659: 注660: 注661: 注662: 注663: 注664: 注665: 注666: 注667: 注668: 注669: 注670: 注671: 注672: 注673: 注674: 注675: 注676: 注677: 注678: 注679: 注680: 注681: 注682: 注683: 注684: 注685: 注686: 注687: 注688: 注689: 注690: 注691: 注692: 注693: 注694: 注695: 注696: 注697: 注698: 注699: 注700: 注701: 注702: 注703: 注704: 注705: 注706: 注707: 注708: 注709: 注710: 注711: 注712: 注713: 注714: 注715: 注716: 注717: 注718: 注719: 注720: 注721: 注722: 注723: 注724: 注725: 注726: 注727: 注728: 注729: 注730: 注731: 注732: 注733: 注734: 注735: 注736: 注737: 注738: 注739: 注740: 注741: 注742: 注743: 注744: 注745: 注746: 注747: 注748: 注749: 注750: 注751: 注752: 注753: 注754: 注755: 注756: 注757: 注758: 注759: 注760: 注761: 注762: 注763: 注764: 注765: 注766: 注767: 注768: 注769: 注770: 注771: 注772: 注773: 注774: 注775: 注776: 注777: 注778: 注779: 注780: 注781: 注782: 注783: 注784: 注785: 注786: 注787: 注788: 注789: 注790: 注791: 注792: 注793: 注794: 注795: 注796: 注797: 注798: 注799: 注800: 注801: 注802: 注803: 注804: 注805: 注806: 注807: 注808: 注809: 注810: 注811: 注812: 注813: 注814: 注815: 注816: 注817: 注818: 注819: 注820: 注821: 注822: 注823: 注824: 注825: 注826: 注827: 注828: 注829: 注830: 注831: 注832: 注833: 注834: 注835: 注836: 注837: 注838: 注839: 注840: 注841: 注842: 注843: 注844: 注845: 注846: 注847: 注848: 注849: 注850: 注851: 注852: 注853: 注854: 注855: 注856: 注857: 注858: 注859: 注860: 注861: 注862: 注863: 注864: 注865: 注866: 注867: 注868: 注869: 注870: 注871: 注872: 注873: 注874: 注875: 注876: 注877: 注878: 注879: 注880: 注881: 注882: 注883: 注884: 注885: 注886: 注887: 注888: 注889: 注890: 注891: 注892: 注893: 注894: 注895: 注896: 注897: 注898: 注899: 注900: 注901: 注902: 注903: 注904: 注905: 注906: 注907: 注908: 注909: 注910: 注911: 注912: 注913: 注914: 注915: 注916: 注917: 注918: 注919: 注920: 注921: 注922: 注923: 注924: 注925: 注926: 注927: 注928: 注929: 注930: 注931: 注932: 注933: 注934: 注935: 注936: 注937: 注938: 注939: 注940: 注941: 注942: 注943: 注944: 注945: 注946: 注947: 注948: 注949: 注950: 注951: 注952: 注953: 注954: 注955: 注956: 注957: 注958: 注959: 注960: 注961: 注962: 注963: 注964: 注965: 注966: 注967: 注968: 注969: 注970: 注971: 注972: 注973: 注974: 注975: 注976: 注977: 注978: 注979: 注980: 注981: 注982: 注983: 注984: 注985: 注986: 注987: 注988: 注989: 注990: 注991: 注992: 注993: 注994: 注995: 注996: 注997: 注998: 注999: 注1000: 注1001: 注1002: 注1003: 注1004: 注1005: 注1006: 注1007: 注1008: 注1009: 注1010: 注1011: 注1012: 注1013: 注1014: 注1015: 注1016: 注1017: 注1018: 注1019: 注1020: 注1021: 注1022: 注1023: 注1024: 注1025: 注1026: 注1027: 注1028: 注1029: 注1030: 注1031: 注1032: 注1033: 注1034: 注1035: 注1036: 注1037: 注1038: 注1039: 注1040: 注1041: 注1042: 注1043: 注1044: 注1045: 注1046: 注1047: 注1048: 注1049: 注1050: 注1051: 注1052: 注1053: 注1054: 注1055: 注1056: 注1057: 注1058: 注1059: 注1060: 注1061: 注1062: 注1063: 注1064: 注1065: 注1066: 注1067: 注1068: 注1069: 注1070: 注1071: 注1072: 注1073: 注1074: 注1075: 注1076: 注1077: 注1078: 注1079: 注1080: 注1081: 注1082: 注1083: 注1084: 注1085: 注1086: 注1087: 注1088: 注1089: 注1090: 注1091: 注1092: 注1093: 注1094: 注1095: 注1096: 注1097: 注1098: 注1099: 注1100: 注1101: 注1102: 注1103: 注1104: 注1105: 注1106: 注1107: 注1108: 注1109: 注1110: 注1111: 注1112: 注1113: 注1114: 注1115: 注1116: 注1117: 注1118: 注1119: 注1120: 注1121: 注1122: 注1123: 注1124: 注1125: 注1126: 注1127: 注1128: 注1129: 注1130: 注1131: 注1132: 注1133: 注1134: 注1135: 注1136: 注1137: 注1138: 注1139: 注1140: 注1141: 注1142: 注1143: 注1144: 注1145: 注1146: 注1147: 注1148: 注1149: 注1150: 注1151: 注1152: 注1153: 注1154: 注1155: 注1156: 注1157: 注1158: 注1159: 注1160: 注1161: 注1162: 注1163: 注1164: 注1165: 注1166: 注1167: 注1168: 注1169: 注1170: 注1171: 注1172: 注1173: 注1174: 注1175: 注1176: 注1177: 注1178: 注1179: 注1180: 注1181: 注1182: 注1183: 注1184: 注1185: 注1186: 注1187: 注1188: 注1189: 注1190: 注1191: 注1192: 注1193: 注1194: 注1195: 注1196: 注1197: 注1198: 注1199: 注1200: 注1201: 注1202: 注1203: 注1204: 注1205: 注1206: 注1207: 注1208: 注1209: 注1210: 注1211: 注1212: 注1213: 注1214: 注1215: 注1216: 注1217: 注1218: 注1219: 注1220: 注1221: 注1222: 注1223: 注1224: 注1225: 注1226: 注1227: 注1228: 注1229: 注1230: 注1231: 注1232: 注1233: 注1234: 注1235: 注1236: 注1237: 注1238: 注1239: 注1240: 注1241: 注1242: 注1243: 注1244: 注1245: 注1246: 注1247: 注1248: 注1249: 注1250: 注1251: 注1252: 注1253: 注1254: 注1255: 注1256: 注1257: 注1258: 注1259: 注1260: 注1261: 注1262: 注1263: 注1264: 注1265: 注1266: 注1267: 注1268: 注1269: 注1270: 注1271: 注1272: 注1273: 注1274: 注1275: 注1276: 注1277: 注1278: 注1279: 注1280: 注1281: 注1282: 注1283: 注1284: 注1285: 注1286: 注1287: 注1288: 注1289: 注1290: 注1291: 注1292: 注1293: 注1294: 注1295: 注1296: 注1297: 注1298: 注1299: 注1300: 注1301: 注1302: 注1303: 注1304: 注1305: 注1306: 注1307: 注1308: 注1309: 注1310: 注1311: 注1312: 注1313: 注1314: 注1315: 注1316: 注1317: 注1318: 注1319: 注1320: 注1321: 注1322: 注1323: 注1324: 注1325: 注1326: 注1327: 注1328: 注1329: 注1330: 注1331: 注1332: 注1333: 注1334: 注1335: 注1336: 注1337: 注1338: 注1339: 注1340: 注1341: 注1342: 注1343: 注1344: 注1345: 注1346: 注1347: 注1348: 注1349: 注1350: 注1351: 注1352: 注1353: 注1354: 注1355: 注1356: 注1357: 注1358: 注1359: 注1360: 注1361: 注1362: 注1363: 注1364: 注1365: 注1366: 注1367: 注1368: 注1369: 注1370: 注1371: 注1372: 注1373: 注1374: 注1375: 注1376: 注1377: 注1378: 注1379: 注1380: 注1381: 注1382: 注1383: 注1384: 注1385: 注1386: 注1387: 注1388: 注1389: 注1390: 注1391: 注1392: 注1393: 注1394: 注1395: 注1396: 注1397: 注1398: 注1399: 注1400: 注1401: 注1402: 注1403: 注1404: 注1405: 注1406: 注1407: 注1408: 注1409: 注1410: 注1411: 注1412: 注1413: 注1414: 注1415: 注1416: 注1417: 注1418: 注1419: 注1420: 注1421: 注1422: 注1423: 注1424: 注1425: 注1426: 注1427: 注1428: 注1429: 注1430: 注1431: 注1432: 注1433: 注1434: 注1435: 注1436: 注1437: 注1438: 注1439: 注1440: 注1441: 注1442: 注1443: 注1444: 注1445: 注1446: 注1447: 注1448: 注1449: 注1450: 注1451: 注1452: 注1453: 注1454: 注1455: 注1456: 注1457: 注1458: 注1459: 注1460: 注1461: 注1462: 注1463: 注1464: 注1465: 注1466: 注1467: 注1468: 注1469: 注1470: 注1471: 注1472: 注1473: 注1474: 注1475: 注1476: 注1477: 注1478: 注1479: 注1480: 注1481: 注1482: 注1483: 注1484: 注1485: 注1486: 注1487: 注1488: 注1489: 注1490: 注1491: 注1492: 注1493: 注1494: 注1495: 注1496: 注1497: 注1498: 注1499: 注1500: 注1501: 注1502: 注1503: 注1504: 注1505: 注1506: 注1507: 注1508: 注1509: 注1510: 注1511: 注1512: 注1513: 注1514: 注1515: 注1516: 注1517: 注1518: 注1519: 注1520: 注1521: 注1522: 注1523: 注1524: 注1525: 注1526: 注1527: 注1528: 注1529: 注1530: 注1531: 注1532: 注1533: 注1534: 注1535: 注1536: 注1537: 注1538: 注1539: 注1540: 注1541: 注1542: 注1543: 注1544: 注1545: 注1546: 注1547: 注1548: 注1549: 注1550: 注1551: 注1552: 注1553: 注1554: 注1555: 注1556: 注1557: 注1558: 注1559: 注1560: 注1561: 注1562: 注1563: 注1564: 注1565: 注1566: 注1567: 注1568: 注1569: 注1570: 注1571: 注1572: 注1573: 注1574: 注1575: 注1576: 注1577: 注1578: 注1579: 注1580: 注1581: 注1582: 注1583: 注1584: 注1585: 注1586: 注1587: 注1588: 注1589: 注1590: 注1591: 注1592: 注1593: 注1594: 注1595: 注1596: 注1597: 注1598: 注1599: 注1600: 注1601: 注1602: 注1603: 注1604: 注1605: 注1606: 注1607: 注1608: 注1609: 注1610: 注1611: 注1612: 注1613: 注1614: 注1615: 注1616: 注1617: 注1618: 注1619: 注1620: 注1621: 注1622: 注1623: 注1624: 注1625: 注1626: 注1627: 注1628: 注1629: 注1630: 注1631: 注1632: 注1633: 注1634: 注1635: 注1636: 注1637: 注1638: 注1639: 注1640: 注1641: 注1642: 注1643: 注1644: 注1645: 注1646: 注1647: 注1648: 注1649: 注1650: 注1651: 注1652: 注1653: 注1654: 注1655: 注1656: 注1657: 注1658: 注1659: 注1660: 注1661: 注1662: 注1663: 注1664: 注1665: 注1666: 注1667: 注1668: 注1669: 注1670: 注1671: 注1672: 注1673: 注1674: 注1675: 注1676: 注1677: 注1678: 注1679: 注1680: 注1681: 注1682: 注1683: 注1684: 注1685: 注1686: 注1687: 注1688: 注1689: 注1690: 注1691: 注1692: 注1693: 注1694: 注1695: 注1696: 注1697: 注1698: 注1699: 注1700: 注1701: 注1702: 注1703: 注1704: 注1705: 注1706: 注1707: 注1708: 注1709: 注1710: 注1711: 注1712: 注1713: 注1714: 注1715: 注1716: 注1717: 注1718: 注1719: 注1720: 注1721: 注1722: 注1723: 注1724: 注1725: 注1726: 注1727: 注1728: 注1729: 注1730: 注1731: 注1732: 注1733: 注1734: 注1735: 注1736: 注1737: 注1738: 注1739: 注1740: 注1741: 注1742: 注1743: 注1744: 注1745: 注1746: 注1747: 注1748: 注1749: 注1750: 注1751: 注1752: 注1753: 注1754

3. 국내외 정책동향 분석 소결

- ICAO는 관제탑 설치 운영 대비, 비용 효율성이 낮은 소규모 비행장 등에서 통합관제 수행을 권고하였으며, 공항 현장이 아닌 장소에서 비행장관제업무 또는 비행정보업무를 제공할 수 있는 통합관제센터(RTC, Remote Tower Centre) 구축을 제시
- 선진국들은 ICAO ASBU 연계 기반으로 원격관제 서비스를 위한 정책을 수립하고 기술기준, 관련 인증 절차 등을 개발하고 규정 및 지침서를 제공하고 있으며, 미국과 유럽 등에서는 단계적으로 시범 공항 또는 실제 공항에 통합관제센터를 운영하고 있음
- 우리 정부도 도서 지역 이동권 보장, 소형공항 개발 등으로 인한 원격관제의 필요성을 인식하고 미래 공항 기술개발 및 테스트베드 구축하기 위한 다양한 정책을 수립하여 실시하고 있음
- 인천공항의 계류장 관제 플랫폼 구축 설계를 시작으로 도서 지역 등의 소규모 공항 건설을 통한 미래 공항 기술 적용 대상 공항 및 테스트베드 구축을 시행하고 있음

제2절 국내외 시장동향

1. 국내 시장동향

- 현재까지의 국내 공항 시장 수요는 공공기관의 주도에 의한 수요가 대부분이며, 국내 수요의 대부분은 외국 기업의 제품을 수입함
- 국내 항공 기술은 R&D를 통해 다양한 기술이 개발되어 제품화 수준까지 진행되었으나, 제품의 신뢰도 확보가 어려워 기존 공항 산업 생태계와 시장 진입이 어려움
 - 공항 산업 생태계는 특히 보수적이고 폐쇄적으로 보유 기술의 정보 공유가 불가하여 기술 획득 및 정보 통합·표준화가 불가능함
- 따라서 정부 주도 사업을 통해 기술개발과 표준화 및 통합을 통해 인터페이스를 구축하고, 테스트베드를 통한 기술의 신뢰도를 확보하여 기존 시장에 진입할 수 있는 기반 마련이 필요함

2. 국외 시장동향

- 통합관제의 글로벌 시장규모는 2019년 4,000만 달러로 평가되었으며, 2027년까지 5억 8,430만 달러에 이를 것으로 추정되며, 예측 기간(2020-2027) 동안 CAGR 31.05% 예상
 - 주요 OEM 업체들은 안전성 제고를 위한 컨트롤러 추가 지원, 객체 감지 기능을 이용한 센서 개발 등 원격 및 가상 타워 시스템의 능력 향상을 위한 기술을 개발 중이며, 민간 부문만 아니라 군사 부문에서도 활발히 적용될 것으로 예상

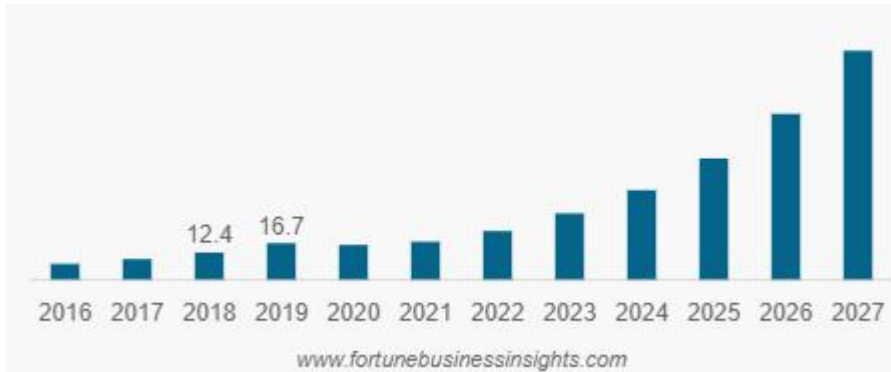


그림 22. 북미지역 통합관제 시장 예상 규모

○ 결정요소

- 성장 촉진을 위한 공항 인프라 개발에 대한 투자 증가 : IATA의 보고서에 따르면, 연간 승객 수송량은 2018년 43억 명에서 2035년 72억 명으로 증가할 것으로 예상하였으며, 2030년까지 약 1조 5,000억 달러의 세계 공항 인프라 투자가 건설, 현대화 및 개발에 투입 될 것으로 예상
- 산업 활성화를 위한 원격 및 가상 타워의 현대화 및 채택 증가 : 항공교통관제(air traffic control, ATC) 시스템의 기술적 발전은 항공 산업의 역량을 확장

○ 억제요인

- 시장 성장을 저해하는 사이버보안 침해 위험 증가 : 통합관제 기술은 가장 효과적인 비용 절감 투자 중 하나로 작은 공항에는 주요한 기술이며, 통합관제시스템 운영을 위해 요구되는 비디오/오디오 데이터의 대역폭 양이 일반 항공교통관제(Air traffic management, ATM) 애플리케이션(레이더, VHF 및 기타 애플리케이션)보다 높고, 시스템 고장이나 정보 공급의 지연은 안전 매개변수에 영향을 미치므로 승객의 안전과 보안을 위해서는 영공 내 항공교통의 안전을 보장하기 위해서는 많은 양의 비디오 피드가 필요
- COVID-19로 인한 새로운 비즈니스 개발 기회 지연 : 팬데믹으로 인한 항공 교통량 감소로 새로운 투자 기회와 사업 개발 활동이 제한되면서 가까운 미래 시장 성장의 주요 억제 요인

○ 시장 세분화

- 운영 유형별로 단일(single), 복수(multiple), 긴급(contingency)으로 나눌 수 있으며, 항공교통관제를 위한 민·군 모두 비상 운전 목적에 대한 수요가 높아 contingency 부문이 예측 기간(2020-2027) 동안 가장 빠르게 성장할 것으로 예상
- 시스템 유형별로 공항 장비, 원격 타워 모듈 및 네트워크 솔루션 등으로 나눌 수 있으며, 통

합관제 타워 및 가상 타워 시스템에 대한 수요 증가와 항공교통 제어를 위한 모듈 네트워크 설치 확대로 가장 큰 수요가 증가할 것으로 예상되며, 유럽 국가의 관광지과 연결된 공항에서는 더욱 발전된 ATM 시스템과 서비스에 대한 수요가 증가할 것으로 예상

- 응용 분야별로 시장은 통신, 정보 및 제어, 비행 데이터처리, 감시 및 시각화로 나눌 수 있으며, 비행 데이터 모니터링 부문은 공항의 안전 운영을 위한 실시간 추적 시스템의 수요 증가로 인해 빠른 속도로 성장할 것으로 예상되며, 자원이 제한된 개발도상국은 장기적으로 비용 절감 편익 증가로 인해 수요 증가 요인이 될 수 있음

○ 지역별 시장 점유율 예상

- 2019년 시장 점유율 : 유럽(스웨덴 Saab, 프랑스 Thales Group, 오스트리아 Frequentis Group)이 가장 큰 시장을 형성
- 아시아 태평양 : 인도, 중국 등 중소공항의 증가로 큰 성장 예상
- 중동 : 승객 수송량 증가로 인한 공항 건설 부문에 대한 투자 증가로 시장 견인
- 전 세계적으로 항공 승객 증가와 항공교통 시스템 요구 증가로 완만한 성장 예상

○ 주요 기업

- 연구개발(R&D) 투자 및 전략적 인수 확대와 함께 원격 및 가상 타워 시스템의 다양한 제품 포트폴리오를 가지고 신제품 인수합병(M&A), 항공사와 독점 계약, OEM과의 장기적 관계 구축 등의 성장 전략 채택
- (주요 기업) Frequentis Group, Saab Group, Searidge Technologies, Indra Systems, Avinor, Thales Group, Harris Corporation, Indra Navia AS, Leonard Martin Corporation, Raytheon Corporation

3. 국내외 시장동향 분석 소결

- 통합관제 관련 국외 시장 규모는 전 세계적으로 항공 승객 증가와 항공교통 시스템 요구 증가로 완만히 증가할 것으로 예상되며, 2019년(4,000만 달러) 대비 2027년까지 CAGR 31.05% 수준(5억 8,430만 달러)으로 성장할 것으로 예측됨
- 통합관제 시장은 크게 운영 유형, 시스템 유형, 응용 분야별로 구분할 수 있으며, 민간 부문 뿐만 아니라 군사 부문에서도 활발히 적용될 것으로 예상되어, 긴급 운영을 위한 시스템과 비행 데이터 모니터링 시스템 등의 수요 증가 요인으로 예측됨
- 현재 가장 큰 시장을 형성하고 있는 지역은 유럽이며, 스웨덴 Saab, 프랑스 Thales Group, 오스트리아 Frequentis Group 등이 원격 및 가상 타워 시스템 등 다양한 제품 포트폴리오를 제공함
- 국내에는 통합 공항운영 관련 시장 규모는 파악할 수 없으며, 항공 기술의 특성상 국내 기술의 기존 시장진입이 어렵고, 개발 단계에서 제품화까지 수행된 기술의 경우에도 시장 형성이 어려운 상황임

제3절 기술(특허, 논문 등) 동향 분석

1. 국내외 R&D 동향 분석

□ 감시장비

- Kongsberg는 공항의 360° 이미지를 촬영할 수 있는 카메라(적외선 카메라 포함)와 특정 영역을 확대/축소할 수 있는 PTP(Pan Tilt Platform) 시스템, SLG(Signal Light Gun) 및 레이저 거리 측정기(Laser Range Finder)로 구성된 감시장비를 구축하였음
 - (카메라 시스템) 고분해능 가시광(VIS) 카메라와 적외선(IR) 카메라는 360도 회전할 수 있도록 설계되어 있으며, 5Hz로 회전하는 와이퍼를 통해서 유리에 눈, 비 또는 기타 이물질이 끼는 것을 방지하고 있음
 - (PTP 시스템) 줌(Zoom) 및 적외선 카메라로 구성되어 있고, 조이스틱을 통해 조작이 쉬우며, 적외선 카메라는 어둠 속에서도 동물, 사람, 차량 등을 감지할 수 있음
 - (SLG) ICAO의 ‘Signaling Lamp’ 규정에 준수하도록 설계되었고, 적색, 녹색 및 흰색 신호가 있으며, 임의의 순서로 켜고 끌 수 있음



자료 : Kongsberg

그림 23. 360도 카메라 시스템 및 PTP 시스템

- NATS는 전방위를 촬영하는 14개의 고정 카메라(360도 뷰 제공)와 감시하고자 하는 영역으로의 카메라 이동 및 이미지를 확대할 수 있는 2개의 PTZ 카메라로 구성된 카메라 감시시스템을 활용하여 통합관제 업무를 수행하고 있음



자료 : NATS

그림 24. 360도 카메라 시스템 및 PTZ 시스템

제2장 국내외 동향 및 환경분석

- Searidge는 4K/Ultra HD와 같은 최신 카메라/디스플레이 기술을 활용하여 유도로, 활주로 및 공항 영역의 원활한 파노라마 뷰를 제공하고 있으며, EAVD(Enhanced Airport Vision Display) 아키텍처 기반으로 HMI(Human Machine Interface)를 다양한 최종 사용자, 운영 개념 및 위치에 맞게 구성·조정이 가능하고, 중요한 관심 영역*을 잘 감시하기 위한 다양한 자동/수동 PTZ 설정을 제공하고 있음

* 예를 들면, 계류장 지역, 게이트, 대기선, 유도로, 접근 경로, 접지 지점, 활주로 입구/출구 등



자료 : Searidge

그림 25. Searidge 통합 관제석 및 PTZ 카메라 제어 디스플레이

- DFS는 고화질 비디오(HD) 및 적외선 카메라가 장착된 다중센서(카메라 시스템)를 설치하여 영구적으로 공항의 360도 파노라마 뷰를 제공하고, 팬-틸트-줌 카메라를 활용한 물체 추적 기능을 보완으로 사용하고 있음



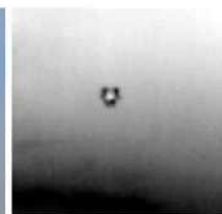
자료 : DFS

그림 26. 다중센서 카메라 시스템

- 국내 담스테크는 단일 또는 다수의 드론을 식별하기 위한 EO/IR 센서를 판매하고 있으며, 360도 파노라마 이미지, 악천후에도 영상식별이 가능한 안개 보정 기능, 자동 탐지·인식·식별·추적 기능, 동시 상황인식 및 이중 비디오 모니터링 기능 등을 제공하고 있음



EO Camera



IR Camera

자료 : 담스테크

그림 27. EO/IR 카메라와 카메라 이미지

□ 자료처리

- Avinor의 고해상도 디스플레이(Head-up-display, HUD)에는 비디오 추적, MTI(Moving Target Indicator, 물체 감지 및 분류), 그래픽 오버레이, PTZ 이미지 중첩, VIS/IR 카메라 이미지 분리/통합 등 자료처리 기술이 사용되고 있으며, 복합 제어 패널(Head-Down-Display, HDD)에는 2D Air Traffic Display, Electronic Flight Strips 등 데이터 융합 처리 기술이 활용되고 있음
- Searidge는 다양한 산업 표준 프로토콜*을 포함한 광범위한 내장 인터페이스가 포함되어 있어 다양한 ATM, CNS, 공항, 날씨 및 조명 시스템과 쉽게 통합할 수 있으며 항공기 및 게이트 ID 태그, 표적 유형, 지상 조명, 경보, 날씨 정보 및 게이트 상태와 같은 데이터의 오버레이 기술을 상용화하였음
 - * 예: ASTERIX, ADEXP 등



자료 : Searidge

그림 28. 물체 탐지 및 데이터 오버레이 기술

- 독자 개발한 비디오 ‘트루 스티칭/프로세싱(Stitching/Processing)’을 기반으로 개선된 스티칭 시스템을 구축하였고, 개별 이미지는 자동으로 실시간 동기화되고 처리되어 완벽한 파노라마 뷰 이미지를 보여주고 있음



자료 : Searidge

그림 29. 비디오 스티칭 기술이 활용된 파노라마 이미지

제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 비전 처리 및 원격타워 기술에 AI를 활용하여 운영 탄력성을 높이고 상황인식이 향상된 항공 교통관제 및 공항을 위한 인공 신경망 기반 솔루션을 적용하고 있음
 - 대기선 감시 : 히스로 공항(HLR)에서 고급 AI 세분화 알고리즘을 사용하여 항공기 위치를 결정하고 항공기가 활주로 시단을 넘었을 때를 최종 사용자에게 알려줌으로써 낮은 구름과 감소한 가시성으로 인한 손실된 도착 교통량의 20%를 증가시키는 효과를 달성하였음
 - 스마트 주기장 관리 : 기록, 라이브 및 예정된 운영 데이터로부터 학습하여 실시간으로 최적 자원 할당에 대한 관제를 보조하며 항공기 차단 켜기/끄기, 서비스 차량 도착/출발, 화물 및 승객 승하차와 같은 다양한 항공기 턴어라운드 사건 인식에 활용 중임
 - 게이트 관리 : 포트 로더데일-할리우드 국제공항(FLL)의 게이트에서 항공기를 감지하기 위해 인공 신경망을 활용한 물체 감지, 인식 및 분류를 개선하여 거의 모든 게이트의 상태를 제공하고 있음
- Searidge의 공항 지상 디스플레이(Airport Surface Display)는 SWIM, ADS-B 등의 데이터를 융합하여 실시간 항공기/차량 위치를 직관적으로 디스플레이 해주는 시스템으로, 실시간 기상 정보, NOTAM 등도 기존 감시 센서 없이 제공하고 있음



자료 : Searidge

그림 30. 공항 지상 디스플레이(Airport Surface Display)

- Saab은 적외선 이미지, 줌이미지, 기상 정보, 활주로 가시거리(RVR) 등 정보 오버레이, 추적 및 이상 감지 등 자료처리 기술을 활용하고 있음



자료 : Saab

그림 31. 정보 오버레이 기술

- Frequentis는 다수의 물체에 대한 마크 및 추적, 항공 기상 정보 실시간 오버레이, 움직이는 물체에 대한 거리, 속도, 고도 등의 표시 기술 등을 선보이고 있음

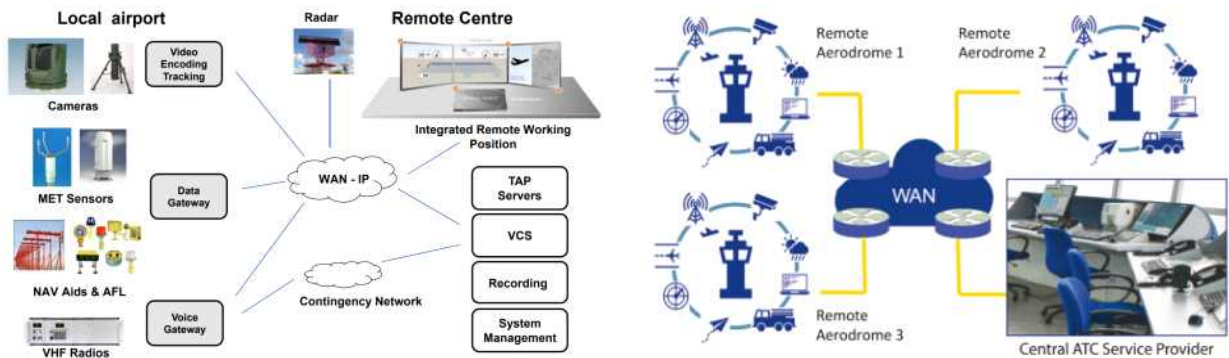


자료 : Frequentis

그림 32. 항공 정보 실시간 오버레이 기술

□ 항공관제용 원거리통신

- 대부분의 통합관제 서비스는 근거리(LAN) 및 광역 네트워크(WAN)를 이용하여 통신하고 있으며, 원격 타워(RT)와 데이터센터(DC) 간 지연시간(Latency)은 100ms 이내, DC와 통합관제센터(RTC) 간 지연시간은 10ms 이내, 허용 대역폭(Bandwidth)은 1Mbps 수준으로 제시됨
 - RT로부터 RTC까지 총 지연시간은 1s 이내로 들어와야 함
 - 음성통신시스템(VCS)이 구축되어 있어 안전 운영 및 시스템 장애 대비 가능
- 예시로 현재 통합관제 서비스를 제공하고 있는 Frequentis와 Sitti는 WAN 네트워크를 통해 통합관제시스템을 운영/관리하고 있으며, 긴급상황을 대비한 이중네트워크를 별도로 구축하고 있음



자료 : Frequentis

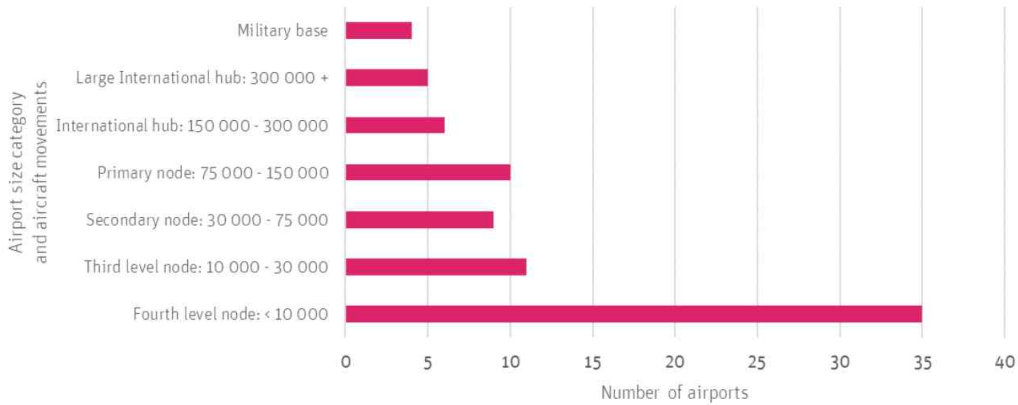
자료 : Sitti

그림 33. 네트워크 구성 개요도

제2장 국내외 동향 및 환경분석

□ 통합관제 적용 공항 사례

- 2015년 스웨덴 항공회사 Saab와 LFV가 스웨덴에 디지털 관제센터를 개설하고 세계 최초로 통합관제를 시행한 이후 여러 국가에서 원격 관제탑 프로젝트를 진행 중
 - 최근까지 통합관제를 구축하고 있는 공항은 전 세계적으로 80여 개이며, 대부분 비교적 교통량이 적은 중소형 공항으로, RTC(Remote Tower Center)에서 통합관제 서비스를 제공하거나 공항 내 비상 운영 또는 일부 구역(계류장 등) 관리를 위해 활용 중임



자료 : <https://think.aero/insights/resources/remote-and-digital-tower-operations/>

그림 34. 공항 크기별 통합관제 도입 수

○ 스웨덴

- 2015년 LFV는 Sundsvall의 통합관제센터에서 150km 이상 떨어진 Örnsköldsvik 공항에 세계 최초로 통합관제를 도입하였음
- 이후 Sundsvall의 통합관제센터는 총 4개 공항(Örnsköldsvik, Timrå, Sälen, Linköping City)에 통합관제 서비스를 제공하고 있는데, 이중 Sälen 공항은 관제탑 없이 통합관제만 도입한 공항임
- 2017년 말에는 Kiruna 공항, Umeå 공항, Åre Östersund 공항 및 Malmö 공항 등 4개 공항에 통합관제시스템 구축 계약을 체결하였음
- 2021년 6월 새로운 통합관제센터인 스톡홀름 통합관제센터를 구축하여 Kiruna 공항과 연결하였고, 이어서 12월에 Åre Östersund 공항을 연결하였으며, 나머지 2개 공항에 연결을 추진하고 있음



그림 36. 스웨덴 통합관제시스템

○ 헝가리

- 헝가리 Hungaro Control는 2015년 세계 최초로 중형 공항에 통합관제 업무를 완전히 수행할 수 있는 통합관제센터를 구축하였음
- 통합관제센터 구축으로 매년 부다페스트를 경유하는 1,400만 명의 승객에게 안전하고 효율적인 서비스를 제공할 수 있도록 하였으며, 비상 시설로써 탄력적으로 운영할 수 있는 능력을 갖추
- COVID-19 이후 기존 관제탑과 통합관제센터의 운영 공간을 물리적으로 분리하여 12시가 교대 근무제로 운영하였음
 - * 야간 근무는 부다페스트 공항의 기존 관제탑에서 근무하고, 주간 근무는 Hungaro Control 본사에 있는 통합관제센터에서 근무
- 원격 관제시스템은 기존의 지상 감시시스템과 공항의 여러 위치에 설치된 카메라를 통하여 관제사의 상황인식을 개선하고 비행 안전성을 향상함
- 모든 카메라 영상은 4개의 비디오 서버로 전달되고, 최종적으로 32개의 화면(10m×3m)으로 구성된 대형 벽면 디스플레이에 표출됨



그림 37. 헝가리 통합관제시스템

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 노르웨이

- 2015년 SESAR 프로그램을 통해 시험에 성공한 Avinor는 2020년 세계에서 가장 큰 Bodø 통합관제센터를 구축하였고, 2022년 말까지 총 15개 공항에 통합관제 서비스 제공을 목표로 하고 있음
- Bodø 통합관제센터는 2019년 Røst 공항을 시작으로, 2020년에 Hasvik 공항과 Berlevåg 공항을 연결하였고, 2021년에는 Mehamn 공항과 Røros 공항을 연결할 계획임
- 통합관제시스템 기술은 Kongsberg와 Indra에서 개발하여 구축하였는데, 이 시스템은 공항에 있는 단일 회전 카메라를 기반으로 하며, 360도 전경을 캡처하여 사람의 눈으로 감지할 수 있는 것보다 더 많은 세부 정보를 제공하고 있음
- 또한, 카메라는 새나 드론 같은 작은 객체 및 움직임들에 대하여 탐지 및 확대하여 표시함
- 모든 공항의 통합관제탑을 다중 네트워크로 구성하여, 네트워크 장애 발생 시 다른 네트워크를 사용하여 통합관제센터에 연결될 수 있도록 구성되어 있음

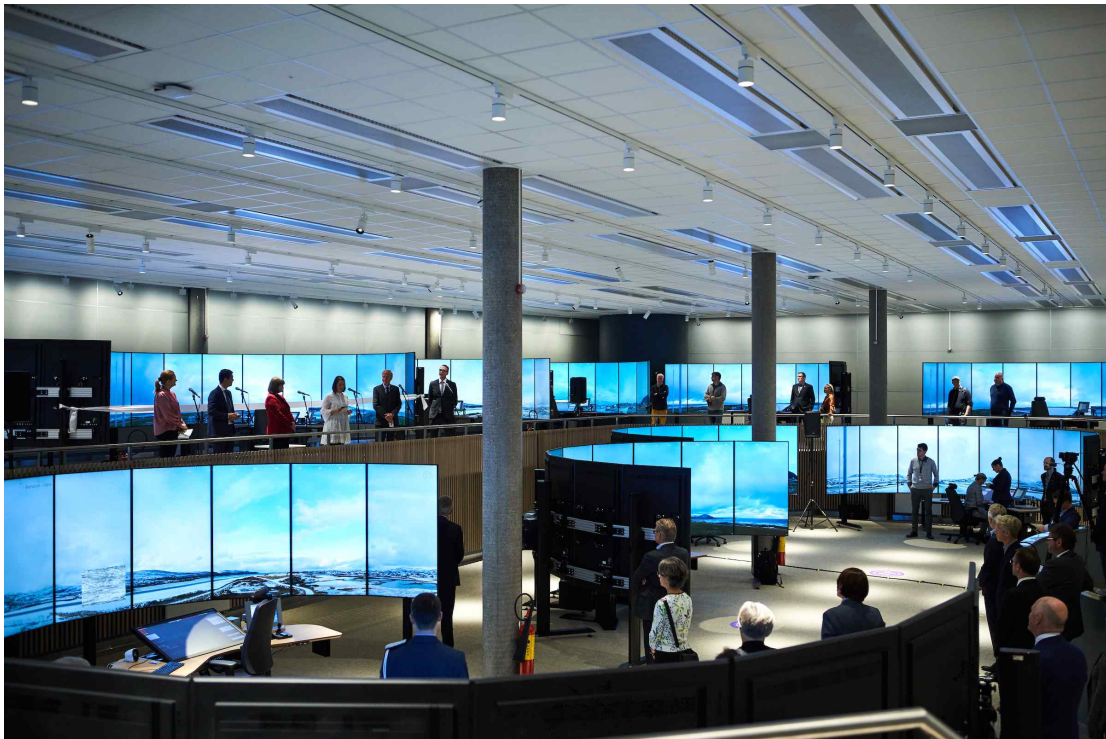


그림 38. 노르웨이 통합관제시스템

○ 독일

- DFS는 2017년 Leipzig 통합관제센터를 구축하고, 2018년 Saarbrücken 국제공항의 통합관제를 시행하였음
- 이후 항공 교통 관제사들은 450km 떨어진 Leipzig 통합관제센터에서 36,000편 이상의 비행을 안전하게 통제하였음
- 최근 Leipzig 통합관제센터는 남서쪽으로 100km 떨어진 Erfurt Weimar 공항을 추가로 연결하였고, 2023년 말까지 Dresden 공항을 연결할 예정임
- 원격 관제시스템은 고화질 비디오, 열화상 카메라가 장착된 첨단 카메라 시스템으로 공항의 360° 시야를 상시 제공하며, 관제사는 교통상황에 맞게 190°에서 360° 사이로 화면을 조정할 수 있으며, 고화질(HD) 화면 및 열화상 화면을 전환할 수 있도록 구성하였음
- 상단의 스크린은 215°의 큰 파노라마 비전을 제공하며, 마우스 장치를 사용하여 360°도 뷰로 전환도 가능하고, 하부 스크린은 2배에서 24배까지 확대가 가능한 PTZ 카메라 화면을 제공하고 있음
- 또한, 시스템은 움직임을 자동으로 감지하고 최대 256개의 물체를 병렬로 강조하여 표시할 수 있음



그림 39. 독일 통합관제시스템

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 네덜란드

- 네덜란드 LVNL는 2022년 봄부터 암스테르담 Schiphol 공항에서 Maastricht Aachen 공항 및 Groningen 공항에 대한 항공 교통관제 서비스를 제공할 예정임
- LVNL는 Saab의 통합관제 솔루션을 적용하여 Schiphol 공항에 통합관제센터를 설치하였고, NLR Research 시뮬레이터(NARSIM)를 사용하여 실시간 시험을 성공적으로 완료하였음
- NARSIM은 관제사에게 Schiphol 원격 관제센터에 설정된 다른 원격 대상 공항에 대한 작업 환경의 세부 사항을 숙지하기 위해 사용하였으며, 또한 동시 통합관제 서비스를 위한 교통 시나리오 개발을 위해서도 사용되었음



그림 40. 네덜란드 통합관제시스템

○ 영국

- 영국 NATS는 Swanwick 통합관제센터에서 115km 떨어진 London City 공항에 50m 높이의 원격 디지털 타워를 구축하여 통합관제서비스를 제공하고 있는데, London City 공항은 통합관제를 세계 최초로 도입한 국제공항임
- 원격 디지털 타워에서는 16대의 고화질 카메라와 센서가 구축되어 있으며, 이를 통하여 London City 공항의 360° 전망을 캡처함
- 영상정보는 초고속 광섬유 네트워크를 통하여 NATS 원격 관제센터로 전송되며, 전담 관제팀은 실시간 영상, 오디오, 레이더 정보 등을 사용하여 공항 안팎의 항공기 이동을 지시함
- 원격 관제센터에는 14개의 HD 스크린을 통하여 파노라마 이미지를 제공하며, 기상 정보 및 움직이는 물체를 추적하는 화면도 같이 제공됨
- 런던 시티 공항의 원격 디지털 타워는 2019년에 완공되었으며, 운영 전 광범위한 테스트를 통과하였음



그림 41. 영국 통합관제시스템

○ 프랑스

- 프랑스 DSNA(Direction des Services de la Navigation Aerienne)은 다양한 통합관제 타워를 구축하고 있음
- 니스 근처의 Cannes 공항에서는 시내 중심부에 있는 헬기장을 위한 통합관제 서비스를 제공하고 있음
- 또한, DSNA는 Toulouse 공항 내 통합관제센터를 건설하여 우선으로 420km 떨어진 Tours Val de Loire 지역 공항에 원격 교통관제 서비스를 제공할 예정임
- 통합관제센터는 최대 5개의 프랑스 지역 공항을 관리하고자 하며, 2023년 첫 번째 시험을 진행할 예정임
- 이 밖에도 통합관제 타워 기술을 사용하여 포 피레네 공항 관제사의 상황인식을 높이기 위한 'Pyrénées Project'를 진행 중임



그림 42. 프랑스 통합관제시스템

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 캐나다

- NAV Canada는 Searidge Technologies社의 EAVD(Enhanced Airport Vision Display)를 사용하여 세인트존 공항에서 원격으로 멀리 떨어진 프레데릭튼 공항에 향상된 조연 업무를 제공하기 위한 테스트를 시작함
- EAVD 플랫폼은 NAV Canada의 운영 화면을 통합하는 시험을 통하여 인증된 비디오 기술이 항공 교통 서비스와 항공기 운영의 안전, 효율성 및 유연성 수준을 향상하는 것을 목표로 하고 있음
- 통합시험에서는 고화질의 고정형 카메라 6대와 사전 설정된 줌 기능이 있는 PTZ 카메라 2대를 활용하여 공항의 주요 지역을 자세히 살펴볼 수 있도록 구성함



그림 43. 캐나다 통합관제시스템

○ 미국

- FAA는 통합관제시스템에 대한 절차, 지침 개발 및 시범운영을 위해 지방정부 및 민간 업체와 파트너 관계를 맺고 실증사업을 추진 중임
- 버지니아주 리스버그 공항은 Saab 통합관제시스템을 사용하고, 콜로라도주 북부 콜로라도 지역 공항은 Searidge Technologies의 통합관제시스템을 사용하여 실증시험을 진행 중임
- 리스버그 공항의 통합관제시스템에 대한 실증시험은 북부 콜로라도 지역 공항의 실증시험보다 먼저 시작되었으며, 능동적 관제에 대한 검증 및 유효성 확인 절차도 진행 중임
- 통합관제시스템은 공항에 있는 통합관제센터에 직접 데이터를 제공하기 위해 공항에 고화질 비디오카메라, PTZ 카메라, 신호 라이트 건 및 마이크 등을 배치하였으며, 통합관제센터에는 여러 대의 고화질 디스플레이 및 두 곳의 관제석(CWP) 화면이 배치되어 있음



그림 44. 미국 통합관제시스템

표 22. 현재 운영 중인 통합관제 도입 공항

공항	도입시기	국가	운영유형	공항규모	비고
Örnsköldsvik	2015	스웨덴	Single	< 10,000	통합관제 최초 도입
Sundsvall	2018	스웨덴	Single	< 10,000	
Sälen	2019	스웨덴	Single	-	관제탑 없이 통합관제 단독 도입
Linköping	2019	스웨덴	Single	10,000 ~ 30,000	
Jersey Airport	2018	영국	Contingency	30,000 ~ 75,000	
London City	2020	영국	Single	75,000 ~ 150,000	국제공항으로 세계 최초 통합관제 도입
London Heathrow		영국	Contingency	300,000 +	
Cranfield	2018	영국	Single		
Røst	2019	노르웨이	Single	< 10,000	
Værøy	2020	노르웨이	Single	< 10,000	
Hasvik	2020	노르웨이	Single	< 10,000	
Berlevåg	2020	노르웨이	Single	< 10,000	
Malta International		몰타	Apron Services	30,000 ~ 75,000	
Budapest Ferenc Liszt	2017	헝가리	Contingency	75,000 ~ 150,000	
Saarbrücken	2019	독일	Single	10,000 ~ 30,000	
London (YXU)		캐나다	Tower support	30,000 ~ 75,000	
Santa Cruz Airbase	2019	브라질	Single	-	

자료 : <https://think.aero/insights/resources/remote-and-digital-tower-operations/>

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 인천국제공항공사는 계류장 관제를 위해 스마트 통합관제 플랫폼(iCWP) 구축을 목표로 단계별 계획을 수립하고 추진 중

- 1단계(~2024) : T2 계류장 구역
- 2단계(~2026) : 공항 전 구역
- 최종단계(~2030) : 원격관제체계



그림 45. 인천국제공항공사 스마트 통합관제 플랫폼(iCWP) 추진단계

표 23. 스마트 통합관제 플랫폼(iCWP) 구축계획

구분	1단계 (2022~2024)	2단계 (2025~2026)
대상범위	T2 계류장 구역	기동 지역 포함 공항 전 구역
시스템	일부 시스템 단방향 통합 (등화시스템 등 별도 조작)	전체 시스템 양방향 통합 (단일 시스템에서 조작)
구축 내용	<p>(시야차폐 해소) 영상인식, AR, 디지털트윈을 적용하여 차폐 지역, 저시정 상황에 대한 관제사 뷰 구현 및 객체 정보 제공</p> <p>(운영안정성 강화) 관제사 음성 인식을 통한 실시간 항공기 경로 이탈확인 및 주요 교차로 영상인식으로 항공기/차량 간 충돌 예측</p> <p>(관제 업무 최적화) CCTV 영상, 개별 시스템 정보 통합으로 관제 절차 간소화 및 원격지 관제 지원으로 관제 범위 확대</p> <p>(통합관제 기반 마련) 통합관제 플랫폼 개발을 통한 기술 및 데이터 축적으로 향후 통합관제 시스템 전환 기반 조성</p>	

※ (2단계) 통합관제 플랫폼 확장(할주로 등) 및 통합관제 플랫폼 구축은 서향정 및 사업부서 협의 후 일정 확정

- 인천국제공항공사의 스마트 통합관제 플랫폼(iCWP)은 주기장 뷰, 어라운드 뷰(VR+디지털트윈), 파노라마 뷰(AR+화면 오버레이), 식별 기술, AI 관제 등을 포함하며, 기존 ASDE 화면과 ARTS, A-SMGCS, IIS 화면 통합테스트 완료 (2021.2.25)

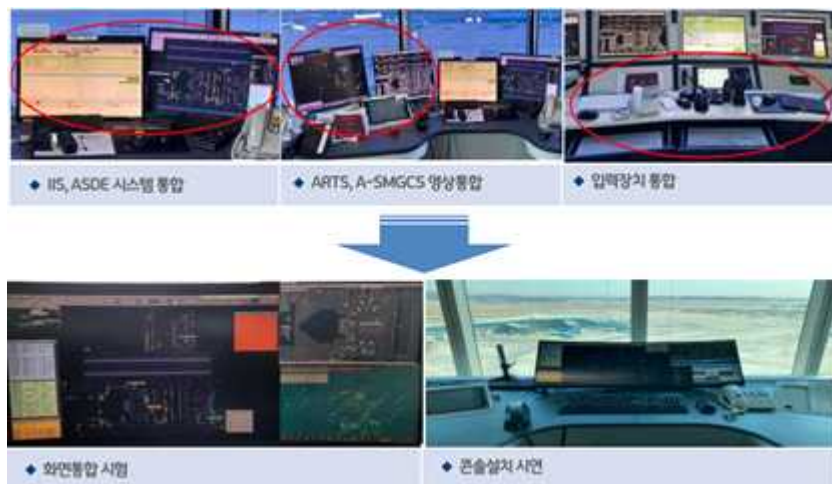


그림 46. 인천국제공항공사 스마트 통합관제 플랫폼(iCWP) 구현 예시

2. 논문 동향 분석

□ 분석 범위

- (분석 대상 논문) 논문 동향 분석에서는 국제 논문 DB SCOPUS에서 핵심 키워드를 이용하여 데이터를 추출하였으며, 2000년 1월 ~ 2022년 2월까지 발표된 논문을 대상으로 하여 정량 분석, 주요 논문의 평가 및 분석을 수행함

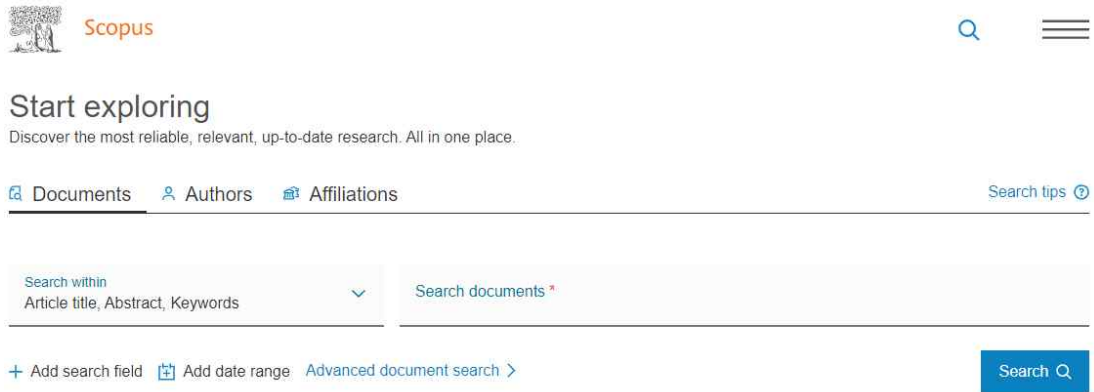


그림 47. 논문검색 도구

- (분석기준) 공항 통합관제 시스템 전반에 관한 논문을 조사하여 분석하였고, 이를 운용 기술, 감시 기술 및 자료처리 기술로 세부 기술 분류함

표 24. 분석 대상 기술

L1	L2
공항 통합관제 시스템	■ 공항 통합관제 운용 기술
	■ 공항 통합관제 감시 기술
	■ 공항 통합관제 자료처리 기술

- (핵심 키워드 도출) 스마트공항 통합관제에 대한 기술분류체계(안)를 중심으로 기초조사를 통해 추출한 핵심 키워드를 기반으로 검색식을 작성하여 사용함

표 25. 논문 조사를 위한 검색식

L2
Air traffic control, Augmented reality, Air traffic management, Multiple remote tower operations, Air traffic controller, Virtual Tower, Remote Tower Control, remote tower center, ATC tower, remote air traffic control system, remote control tower system, satellite communication systems, remote tower

제2장 국내외 동향 및 환경분석

□ 논문 동향 분석 결과

- 2010년부터 지금까지 국제적으로 공개된 항공 통합관제 시스템과 관련한 24건의 논문검색 결과를 바탕으로, 논문 동향을 분석함
- (연도별 분석) 논문의 연도별 동향 분석은 검색된 논문을 연도별로 도표화하여, 기술의 수준 및 연구 동향을 시각적으로 파악하기 위한 분석 방법임
 - 통합관제 기술 관련 논문은 2000년부터 현재까지 총 231건의 유효한 논문이 발표된 것으로 조사됨
 - 2006년 이후 논문발표가 지속 증가하다 2010년 20건으로 정점을 찍은 후 지속 감소하여 2015년 4건으로 급감하였으나, 최근 스웨덴, 아일랜드, 영국 등 유럽 통합관제 공항 등장과 같은 기술 발전과 세계적인 항공 수요의 증가에 힘입어 2020년에 23건으로 정점을 찍음

연도별 논문 수

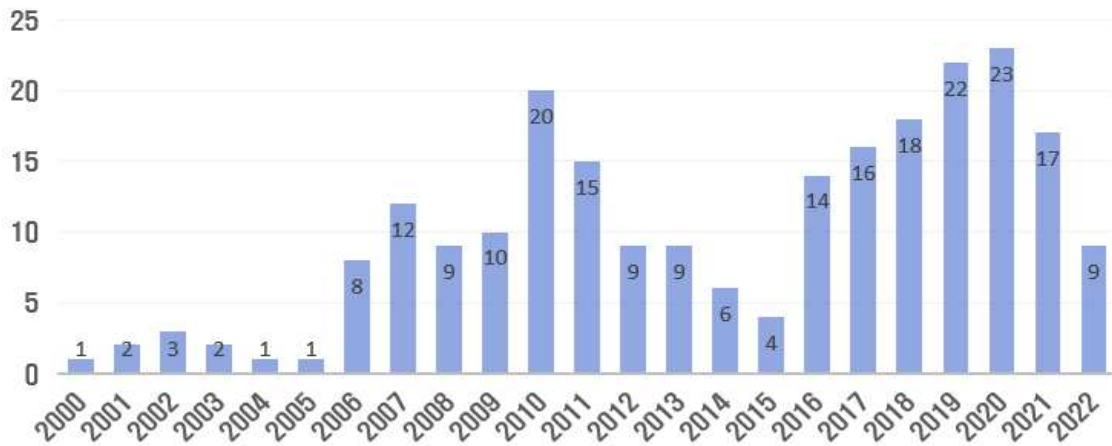


그림 48. 연도별 논문 수

- (국가별 분석) 국가별 점유율을 살펴보면, 미국이 69건으로 가장 많았으며, 이어서 독일 37건, 중국 21건 등 주로 북미, 유럽 국가에서 많이 발표되고 있으며, 국내는 2건으로 연구가 미비한 것으로 조사됨

국가별 논문수

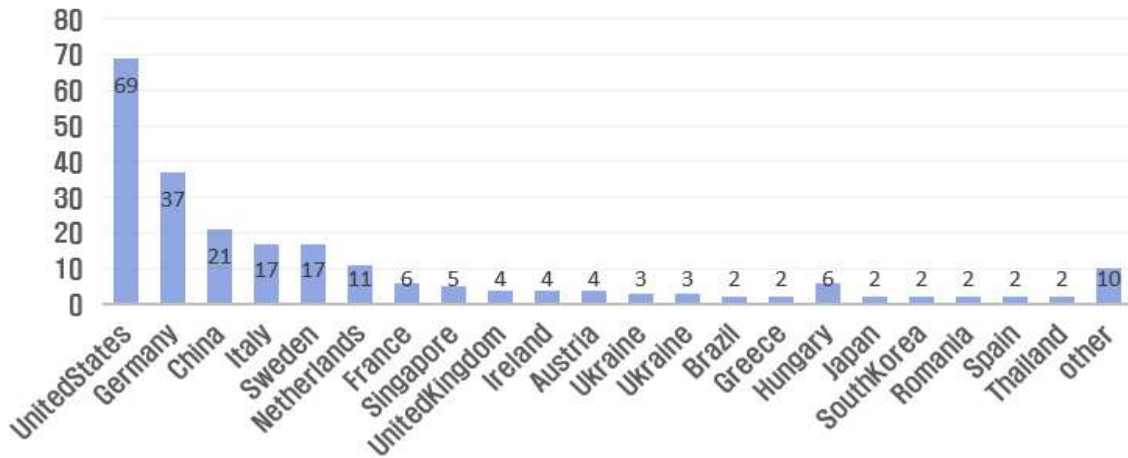
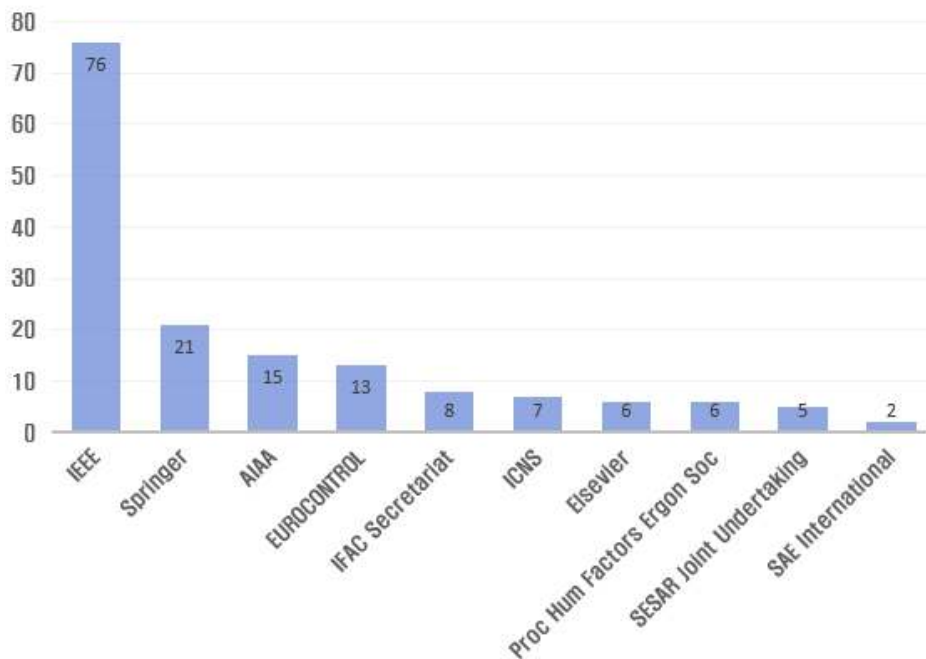


그림 49 국가별 논문 수

- (주요 발행기관 분석) 통합관제 기술 관련 논문의 주요 발행기관 TOP10의 발행기관을 살펴 보면, IEEE에서 76건으로 가장 많은 논문을 발표한 것으로 조사되었으며, 다음으로는 Springer에서 21건, AIAA에서 15건의 논문을 발행한 것으로 조사됨

주요발행기관 논문 수



제2장 국내외 동향 및 환경분석

□ 주요 논문분석

- 통합관제와 관련된 231건의 유효한 논문이 검색되었으나, 통합관제를 구성하는 감시장비와 이를 운용하는 통합관제소, 원거리 데이터 통신의 개발과 관련성이 높은 5건의 논문의 기술에 대한 주요 내용을 정리하였으며, 이를 통해 대상 기술 관련 연구개발 동향을 살펴봄

표 26. 주요 논문목록 (발행연도순)

번호	논문명	저자	발행기관	발행연도
P01	Design and Implementation of a Solution for the Provisioning of Converged Remote Tower and Facility Management Services over Satellite IP for Greek Heliports	S. Apostolacos 외 7명	IEEE Communications Magazine	2008
P02	Assessing Operational Validity of Remote Tower Control in High-fidelity Tower Simulation	Anne Papenfuss 외 6명	IFAC Proceedings Volumes	2010
P03	Assessment of Visual Cues by Tower Controller with Implications for a Remote Tower Control Centre	F.J. van Schaik 외 3명	IFAC Proceedings Volumes	2010
P04	Advanced Remote Tower Project Validation Results	F.J. van Schaik 외 4명	IFAC Proceedings Volumes	2010
P05	Prediction and Extraction of Tower Controller Commands for Speech Recognition Applications	Oliver Ohneiser 외 6명	Journal of Air Transport Management	2012
P06	Remote Tower Centre - Configuration and Planning of the Remote Tower Modules	Peter Axelsson, Jonas Petersson	Linköping University	2013
P07	Satellite Radio Communication in Remote Air Traffic Control System (러시아어로 작성)	E.E. HEЧAEB, A.I. ЛАЗAPEB	Civil Aviation High Technologies	2014
P08	Remote Tower Technologies and the Safety Nets of Tomorrow	Raluca Tudorica, Rory Hedman	Hindsight	2015
P09	Synthesis of Remote Air Traffic Control System and Air Traffic Controller's Perceptions	Makarand Gawad, Yu Zhang	Journal of the Transportation Research Board	2016
P10	Head Up Only - A Design Concept to Enable Multiple Remote Tower Operations	Anne Papenfuss, Maik Friedrich	2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference	2016
P11	Introduction to Remote Virtual Tower	Frequentis	Frequentis	2016

표 27. 주요 논문목록 (계속)

번호	논문명	저자	발행기관	발행 년도
P12	Air Traffic Management Analysis at Low-Volume Flights in Foreign Countries (러시아어로 작성)	E.E. HEЧAEB , П.С. СУПИИТ	Civil Aviation High Technologies	2017
P13	Experimental Prototype for Remote Tower Systems Design	Jaime Lopez-Araquistain 외 3명	ICNS Conference	2017
P14	Scheduling Air Traffic Controllers at the Remote Tower Center	Billy Josefsson 외 3명	2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference	2017
P15	Remote Tower I	János Csengeri	HUNGARIAN DEFENCE REVIEW	2017
P16	Remote Tower II	János Csengeri	HUNGARIAN DEFENCE REVIEW	2018
P17	Remote Tower III	János Csengeri	HUNGARIAN DEFENCE REVIEW	2018
P18	How Much is Too Much on Monitoring Task? Visual Scan Patterns of Single Air Traffic Controller Performing Multiple Remote Tower Operations	Wen-Chin Li 외 3명	International Journal of Industrial Ergonomics	2018
P19	Multiple Remote Tower for Single European Sky: The Evolution from Initial Operational Concept to Regulatory Approved Implementation	Peter Kearney, Wen-Chin Li	Transportation Research Part A	2018
P20	The Military Specification of Remote Control Tower Technology	T. Vas	Advances in Military Technology	2019
P21	An adaptive MILS Architecture for Resilient Remote Tower Communication Services	Wolfgang Kampichler, Dieter Eier	2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference	2019
P22	Design and Implementation of a Centralized Monitoring System for a Remote Control Tower System	Zhu Kaidi	2019 IEEE 1st Int'l Conf. on Civil Aviation Safety and Info. Tech.	2019
P23	Human-in-the-loop Evaluation of an Augmented Reality Based Interface for the Airport Control Tower	Sara Bagassi 외 6명	Computers in Industry	2020
P24	Innovative System Design for Remote Air Traffic Control Simulation Training	Liang, Man	2022 EDUCON	2022

제2장 국내외 동향 및 환경분석

- (P01) Design and Implementation of a Solution for the Provisioning of Converged Remote Tower and Facility Management Services over Satellite IP for Greek Heliports
 - 그리스의 수많은 고립된 섬에 신속하게 의료 및 재해 복구 서비스를 제공하는 방법은 헬리콥터를 타고 그곳으로 가는 것인데, 이러한 이유로 그리스 민간 항공국은 연중무휴로 운영하는 46개의 헬기장이 있음
 - 불행히도 그리스 지형은 통신 수단의 제공에 관한 한 극도로 어렵기 때문에, 헬기장과의 연결은 사실상 불가능하고, 이에 따라 낮은 고도에서 무선 수신 범위가 줄어 헬기장의 운영 능력이 심각하게 손상됨
 - 헬기장은 별도의 감독 없이 무인으로 운영되며 기상 조건에 대한 표시도 없으므로, 관제사는 헬기장에 착륙/이륙을 승인하면, 일반적으로 생사가 걸린 결정으로, 조종사가 어떤 상황에 놓일지 알지 못함
 - 본 논문은 이러한 문제에 대한 솔루션의 설계 및 구현을 제시하여, 비행 안전 및 헬기장 유지 관리/운영 절차에 이바지할 뿐만 아니라 다른 항공교통관제 응용을 위한 위성 통신 서비스의 품질에 관한 작업 패러다임을 제공함

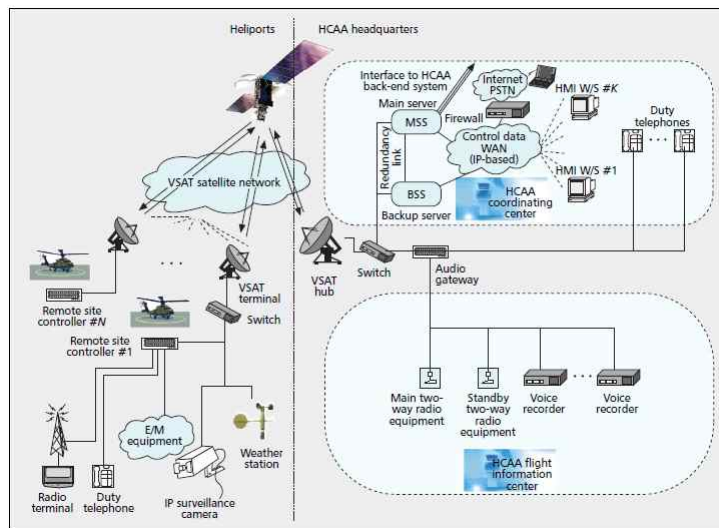


그림 51. 솔루션의 종단 간 아키텍처

- (P02) Assessing Operational Validity of Remote Tower Control in High-fidelity Tower Simulation
 - 본 논문은 RAIce(Remote Airport Traffic Control Center) 프로젝트의 맥락 내에서 12명의 관제사와 수행한 고충실도 시뮬레이션 연구에 대하여 설명함
 - 주요 목표는 RTO(Remote Tower Operation) 콘솔이라 불리는 고해상도 비디오 파노라마 시스템과 이러한 비디오 데이터를 표시하는 실험실을 갖춘 소규모 공항의 원격 관제에 대한 운용성 평가와 항공교통 관제 시 관제사의 정보획득 절차를 분석하는 것임

- 원격 관제 실험실 개발을 위한 핵심 질문은, ‘관제사가 원격 관제를 수행하는 동안 안전하고 효율적인 의사결정을 내리려면 어떠한 정보가 필요한가?’임
- 지금까지 기존 관제탑의 관제사가 항공교통을 관제하기 위해서 육안 관측을 통해 어떤 시각 정보를 받는다는 결정적 증거는 없음 (그럼에도 불구하고 소규모 비행장에서 육안 관측은 확실히 가장 중요하고 포괄적인 정보 소스 중 하나임)
- 다음 3가지 실험실을 사용 : ① 기존 200° 관제탑 시뮬레이터, ② RTO 콘솔, ③ 비디오 파노라마 정보를 추가로 보강한 RTO 콘솔
- 주관적인 설문자료 및 인터뷰와 함께 시뮬레이션 실행 중 객관적인 시선 추적 자료 수집함
- 관제사의 정보획득 절차를 세밀히 조사하기 위해서 주요 정보 소스에 대한 지연시간(Dwell Time)을 적용함
- 전체적으로 관제사들은 RTO 콘솔을 소규모 공항에 적합한 업무공간으로 특정하였고, 시선 추적 자료는 비디오 파노라마에 항공기 호출부호를 중첩하면 관제사가 레이다 화면을 보기 위해 머리를 숙이는 시간을 줄인다는 것을 보여주었음



그림 52. 타워 시뮬레이터 관제석 디자인



그림 53. RTO 콘솔의 관제석 디자인

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ (P03) Assessment of Visual Cues by Tower Controller with Implications for a Remote Tower Control Centre

- 공항 원격관제는 관제탑에서 직접 육안 관측하던 것을 원격관제센터에서 카메라를 이용하여 공항과 항공교통의 투사영상으로 대체하는 것을 말하며, 인건비를 절감하기 때문에 주로 소규모 공항에 이점이 있는 신기술임
- 관제탑 관제에 필요한 시각적 객체 및 현상, 즉 관제탑 관제를 위해 보여져야 할 시각적 신호(Cue)를 나열한 문헌은 거의 없음
- 본 논문은 2가지 주제를 다루고 있는데, 첫 번째 주제는 소위 관제탑 관제를 위한 시각적 신호 목록의 구성과 확인(Validation)임
- 관제사 업무 분석은 시각적 특징을 이루는 목록(long-list)을 구성하는 데 사용됐는데, 이 목록은 시각적 신호를 관찰해야 할 필요성과 상황을 시험하기 위해서 관제사 그룹에 제시되었음
- 분석 결과에 따르면, 대부분의 시각적 신호는 관제사에게 유용하지만, 국제민간항공기구의 규정을 적용하는 데 필수적인 것은 아님
- 본 논문의 두 번째 주제는 원격관제의 시각적 이미지 해상도에 대한 요구사항임
- 분석 결과로, 관제를 위한 안전 관련 시각적 객체와 현상의 목록(short-list)을 정의하고, 현재 최첨단 미디어가 시각적 탐지에 필요한 이미지 해상도를 제공할 수는 있지만 식별에 필요한 이미지 해상도를 제공할 수는 없다는 결론을 얻음

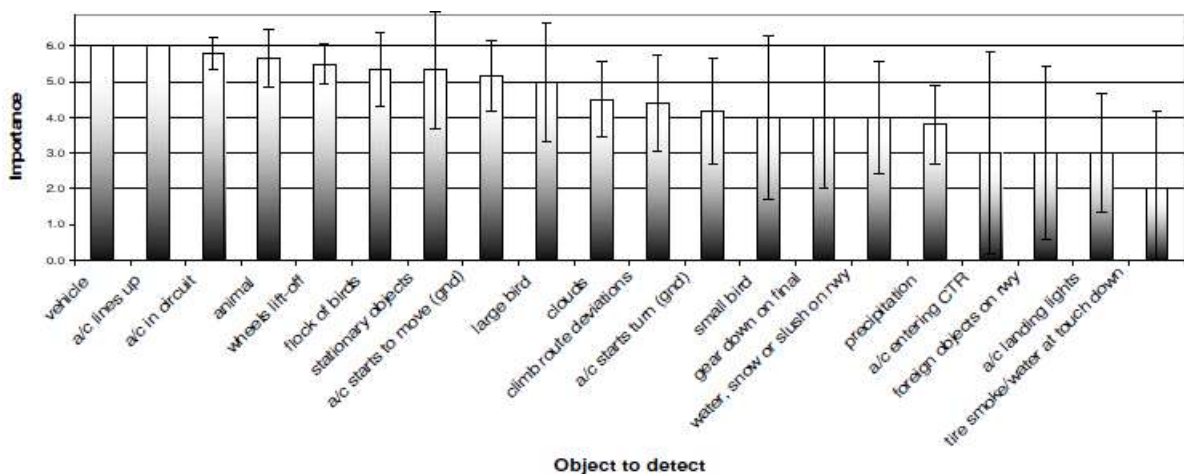


그림 54. 물체를 탐지하기 위한 중요도 등급

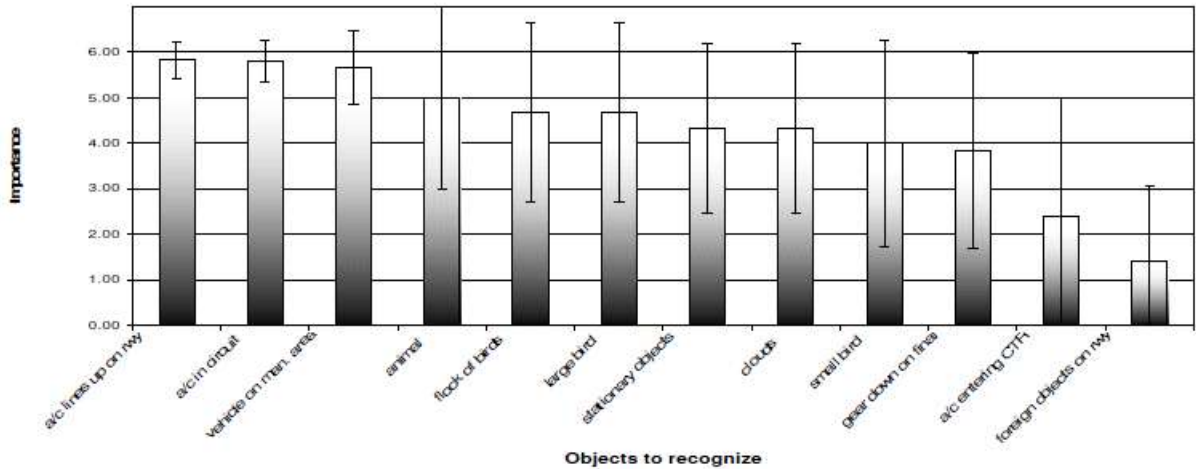


그림 55. 물체를 식별하기 위한 중요도 등급

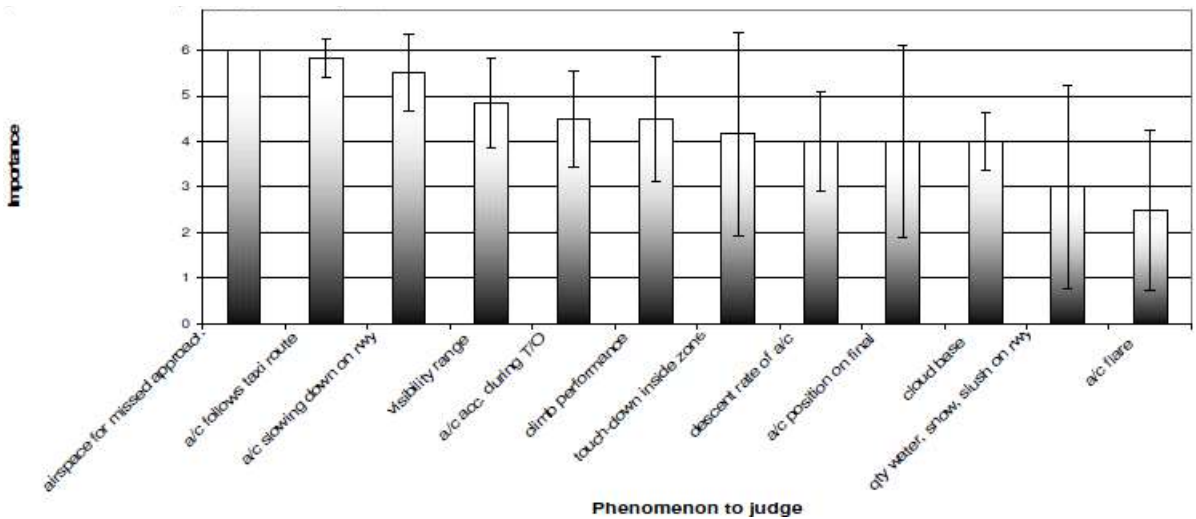


그림 56. 현상을 판단하기 위한 중요도 등급

○ (P04) Advanced Remote Tower project Validation Results

- 진보된 원격 타워 프로젝트(ART, Advanced Remote Tower)는 원격으로 운용되는 타워를 위한 기존 LFV 프로토타입 시설의 개선 사항을 연구
- 원격 제어 팬/틸트 줌 카메라로 라벨링, 가시성 향상 및 감시작업을 수행
- ART 기능은 Malmö 공항에서 북쪽으로 약 100km 떨어진 Ängelholm 교통량을 관찰하는 원격 타워 운영을 위해 기존 스웨덴 테스트 시설에 내장
- 15개의 타워 컨트롤러에 의해 조정되고 검증
- 안전한 운영 타워 관제를 위해 원격 카메라와 프로젝션 시스템을 사용하는 관제사의 교통량 및 상황 인식에 중점을 두어 공항과 교통량에 대한 직접 시야를 대체
- 검증 결과 원격 타워 응용 분야 외에도 추가 개발 및 응용 프로그램에 대한 귀중한 정보를 제공

제2장 국내외 동향 및 환경분석



그림 57. ART 파노라마 스크린



그림 58. ART 파노라마 구성 카메라



그림 59. 시인성 향상된 영상



그림 60. 지리정보 오버레이 영상

○ (P05) Prediction and extraction of tower controller commands for speech recognition applications

- 항공 교통 관제사(ATCO)의 작업량은 종종 항공 교통량을 제한하는 요소로, 전자 지원 시스템을 통해 ATCO의 작업량 줄임
- 자동 음성 인식은 음성 허가와 관제사 명령 요소를 추출하여 항공 교통 관제 시스템에 자동 입력함으로써 수동 입력을 회피
- 명령 인식률이 높고 오류율이 낮은 ABSR(Assistant Based Speech Recognition)은 접근 시나리오에서 ATC의 작업량을 크게 줄이고 용량을 증가시키는 것으로 입증
- 그러나 ABSR은 필요한 성능을 달성하기 위해 예상 명령에 대한 정확한 가설과 발화 전사에서 명령 주석의 정확한 추출 필요
- 접근 관제 구현 경험을 바탕으로 비행장관제의 현재와 미래를 대비하기 위해 관제탑 통신 관련 음성 인식 응용을 위한 가설 생성기 및 명령 추출기를 개발
- 2017년부터 2019년까지 DLR Braunschweig에서 헝가리, 리투아니아, 핀란드의 16개 ATC를 사용하여 3개의 Human-in-the-loop 다중 원격 타워 시뮬레이션 연구를 수행함 (해당 레이더 데이터와 함께 약 100시간의 음성을 녹음)

- 16,000개 명령으로 이어지는 약 6,000개 발화를 수동으로 전사하고 주석을 달았으며, 데이터 일부는 예측 모델 및 명령 추출 알고리즘 훈련에 사용되었고, 다른 부분은 명령 예측 및 명령 추출 평가에 사용됨 (자동 명령 추출기는 96.7%의 명령 추출률을 달성)
- 가설 생성기는 7.3%의 충분히 낮은 명령 예측 오류율로 작동 가능성을 보여줌

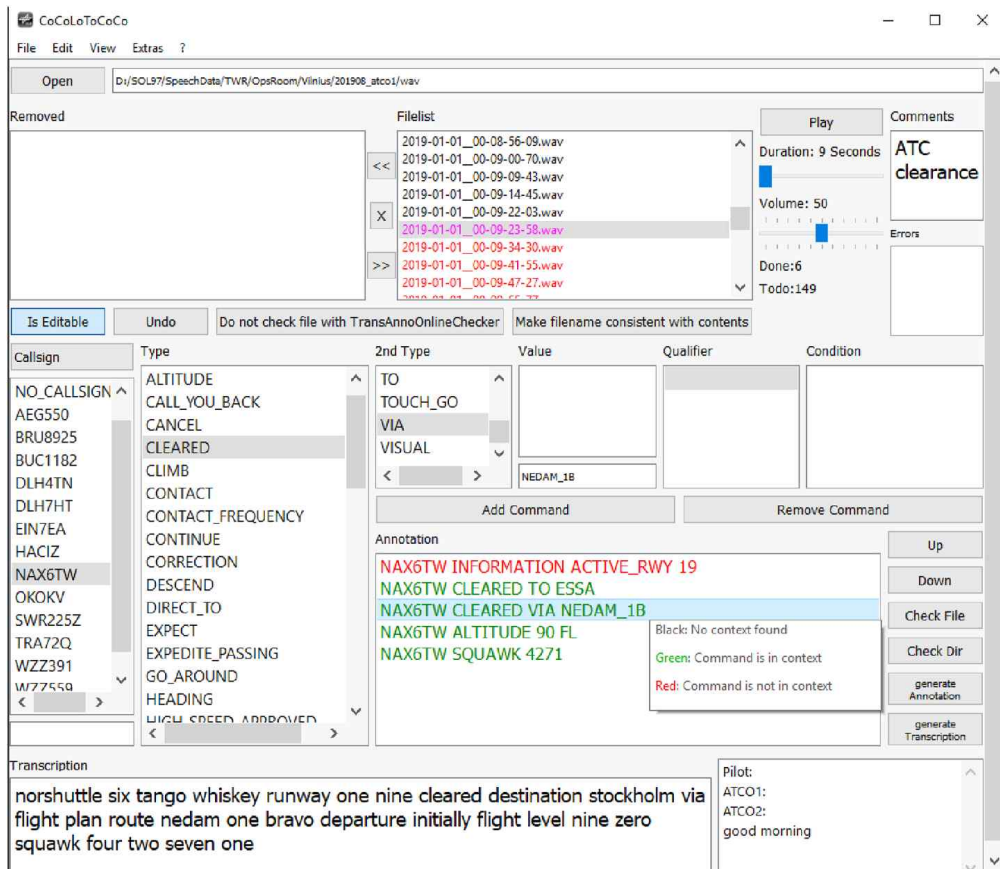


그림 61. 관제사 발언의 효율적인 전사와 주석을 위한 소프트웨어 도구

○ (P06) Remote Tower Centre - Configuration and Planning of the Remote Tower Modules

- 많은 소규모 비행장은 경제적으로 생존에 어려움을 겪고 있으며 가장 큰 비용은 항공 교통 관제임
- 항공사는 가능한 한 비용을 절감하고 있으며, 이는 항공사가 게이트가 아닌 원격 주기를 결정한 경우와 같이 여러 비행장에도 영향을 미침
- SESAR, SAAB 및 LFV가 운영하는 'Remotely Operated Towers'라는 프로젝트는 이 문제를 해결하는 것이 목표
- 이 프로젝트는 ATS가 적합하다고 판단되는 비행장에 원격으로 ATS를 제공하는 것을 중심으로 진행
- 이 프로젝트의 큰 과제는 비행장을 원격 관제 센터의 원격타워 모듈에 할당하는 방법임
- 이를 수행하는 방법에는 여러 가지가 있지만 최소한의 모듈을 달성하는 방법은 몇 가지뿐임

제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 본 논문은 위에서 언급한 과제에 대해 최적의 솔루션을 찾는 것이 목표
- 본 논문은 사용자가 특정 기간에 관련 ATS 작동시간 및 움직임이 있는 비행장과 같은 선택을 제공하고, 모듈에 대한 할당 일정을 수신하여 정확히 어떤 비행장에 의해 제어되어야 하는지 만들 수 있는 모델을 만들

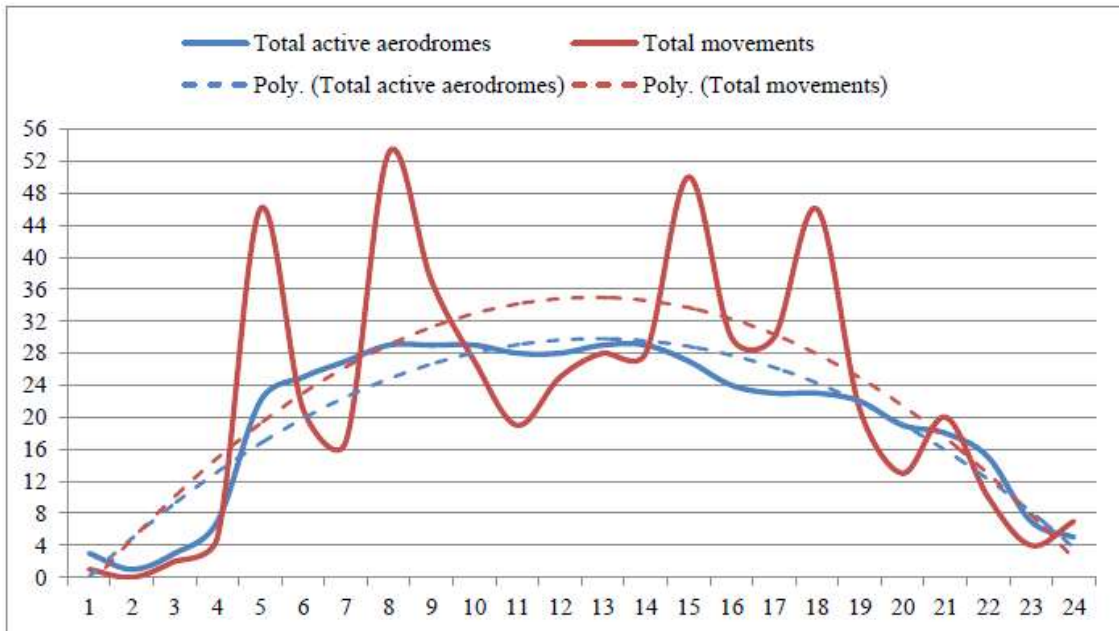


그림 62. 이동 대 활성 비행장

○ (P07) Satellite Radio Communication in Remote Air Traffic Control System

- 본 논문에서는 첨단 항공 교통 관제 시스템에서 중요한 역할을 하는 위성통신 기술을 소개
- 민간 항공에서 위성통신을 사용하려면 기능의 품질, 특히 통신 신뢰성, 효율성, 노이즈 내성 및 전송 정보의 신뢰성과 같은 특성에 대한 높은 요구사항이 필요
- 상대적으로 낮은 비용으로 전통적인 통신 기술에서 발생하는 문제에 대한 해결책으로 저궤도 위성 통신 시스템을 사용하는 것
- 기존 정지궤도 위성에 비해 4~6배 적은 지연을 하고, 신호 감쇠가 적기에 중계기의 에너지 및 무게를 줄이는 것이 가능
- 위성 채널의 도움으로 글로벌 네트워크 인프라를 신속하게 형성할 수 있으므로, 레이더 관제가 없는 상태의 항공기 항법 문제를 해결하는 데 특히 중요
- 항공 교통 관제에 필요한 수준의 정보 기밀성을 제공하는 데 필요한 기술을 제안

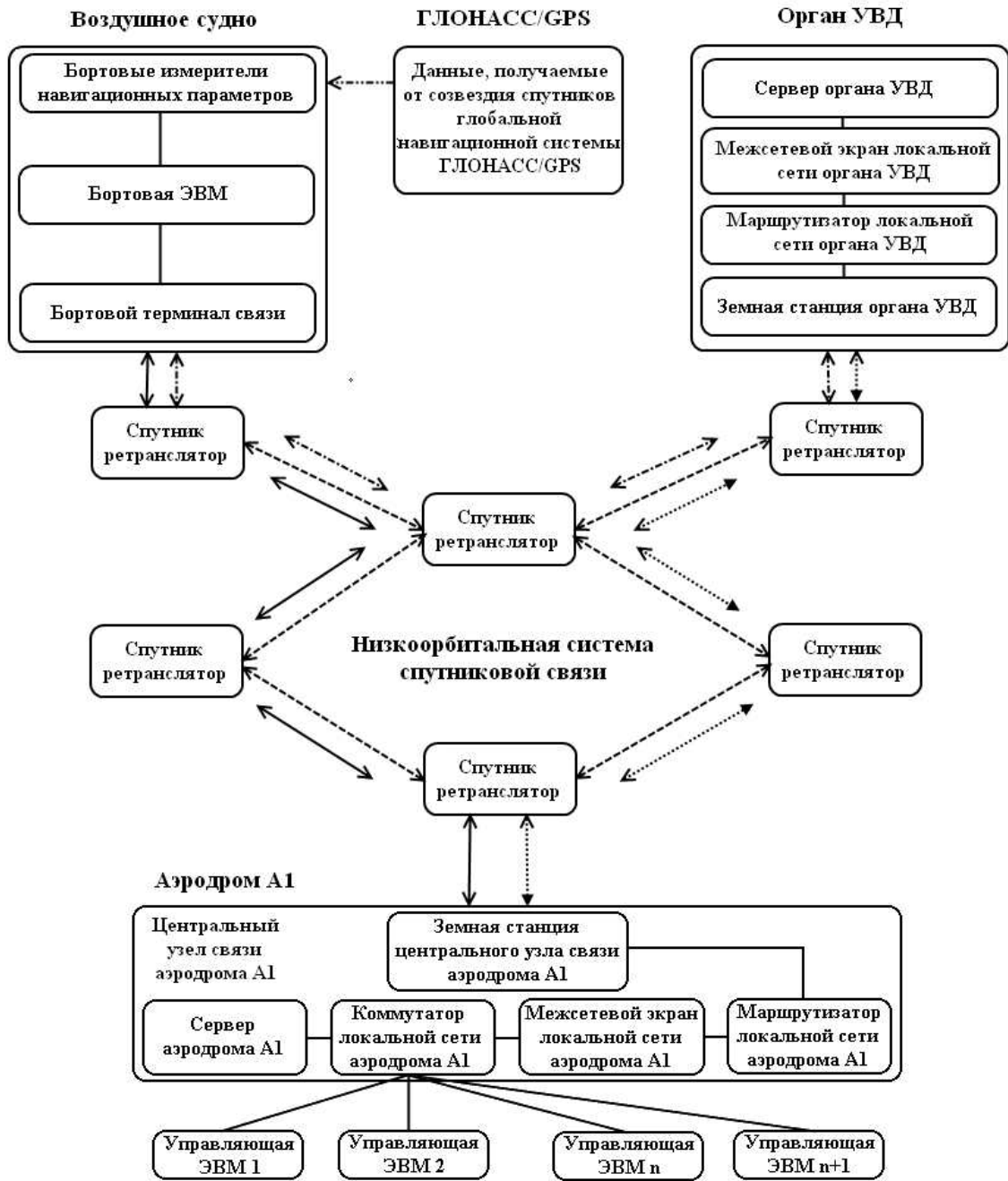


그림 63. 원격 ATC 시스템 구성도

○ (P08) Remote Tower Technologies and the Safety Nets of Tomorrow

- 항공에서 안전망은 사건과 사고에 대한 최후의 시스템 방어 역할
- 현재의 지상 기반 및 공중 안전망은 잘 구축되어 있으며 이를 보다 효율적으로 신뢰할 수 있게 만들기 위한 개발이 진행 중
- 미래의 항공 교통 안전망은 새로운 운영 개념에서 나타남
- 원격타워는 새로운 개념 중 하나로, 2015년 초 세계 최초로 구현되어 운영 승인을 획득하였고, 연구는 더욱 혁신적으로 진행 중

제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 미래의 안전망에 이바지할 가능성이 있거나 심지어 기본 기반으로 목표 추적이 매우 유망
- 이러한 유형의 안전망 적용을 현실화하기 위해서는 컨트롤러가 인간에 미치는 영향, 기존 시스템 및 작업방식의 통합, 신뢰성, 비용 측면의 비즈니스 사례 등이 여전히 고려해야 하는 요소임

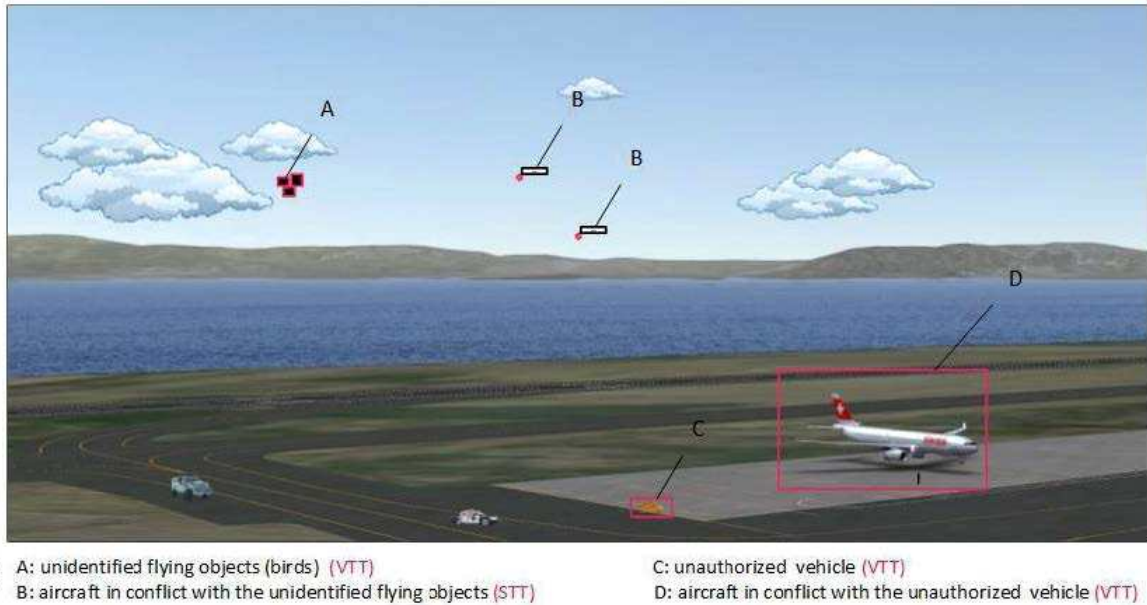


그림 64. 표적 추적의 안전망 역할

○ (P09) Synthesis of Remote Air Traffic Control System and Air Traffic Controller's Perceptions

- 공항은 항공 교통 관제(ATC) 타워 서비스 사용에 있어 재정적인 제약에 직면
- RATCS(Remote air traffic control system)은 관제탑에 대한 경제적이고 안전한 대안임
- RATCS는 원격 위치에서 통신, 항법 및 감시를 제공하는 ATC를 공항에 공급하기 위한 개념
- 본 논문은 기존 연구 검토, 공항 방문, RATCS 기술 제공자와의 토론, RATCS 시연 방문, 설문 조사, 관제사 인터뷰를 수행하여 RATCS에 대한 통찰력을 얻는 것이 목표
- 탑이 없는 공항 방문의 주요 추론은 RATCS의 도입으로 조종사가 RATCS의 감독을 받을 준비 태세, 지역 조건의 차이, 가용 인프라의 상당한 제한과 같은 많은 문제를 제시
- 설문 조사 결과 관제사는 교통량이 많은 상황에서 관제사 간의 통신 또는 조정 및 ATC에 대한 RATCS 기능에 대해 우려하고 있음
- 관제사는 적외선 카메라, 고화질 모니터, 표적 추적 기능, 활주로 오버레이와 같은 RATCS의 새로운 기능에 대해 호의적인 반응을 보임
- 일부 관제사가 예상하는 RATCS의 잠재적 이점에는 재생 기능, 가시성이 낮은 조건에서의 상황인식 기능 및 지상 작전의 감시 기능이 있는 시스템이 포함



그림 65. 공항에서 장비 조립

- (P10) Head Up Only - A design concept to enable multiple remote tower operations
 - 다중 원격타워 운영은 소규모 공항에서 더욱 비용 효율적인 항공 교통 관제를 위한 하나의 개념
 - 하나의 항공 교통 관제사는 동시에 2개 이상의 공항에서 교통을 관제 필요
 - 두 개의 소규모 공항에 대한 다중 원격타워 운용은 이미 스웨덴 항공 항법 서비스 제공업체인 LFV에 의해 성공적으로 검증됨
 - 모니터링 및 시각적 관찰은 관제사의 중요한 작업이므로, 이 개념은 교통량이 많은 환경에서 적용될 때 인간의 성능을 가장 잘 지원하는 방법에 관한 질문을 제기
 - 16명의 관제사를 대상으로 한 충실도 높은 연구에서 여러 원격 작업이 시각적 주의 및 모니터링 성능에 미치는 영향을 조사
 - 본 연구는 전체 시뮬레이션 실행을 위해 관제사에게 최대 작업 부하를 가하는 높은 항공 교통 볼륨으로 설정
 - 안구 운동 측정의 경험적 결과가 제시
 - 일반적으로 시각적 주의 분포는 영향을 받지 않았지만, 시각적 주의가 두 공항에 분산되었기 때문에 관련된 이벤트가 덜 모니터링 됨
 - 이러한 영향을 완화하기 위해 정보 통합 및 주의 안내라는 두 가지 작업장 설계 접근 방식이 제공
 - 항공 교통관제사의 작업 방법에 대한 설계 개념의 영향에 중점을 두고 두 가지 접근 방식의 장점과 과제를 논의

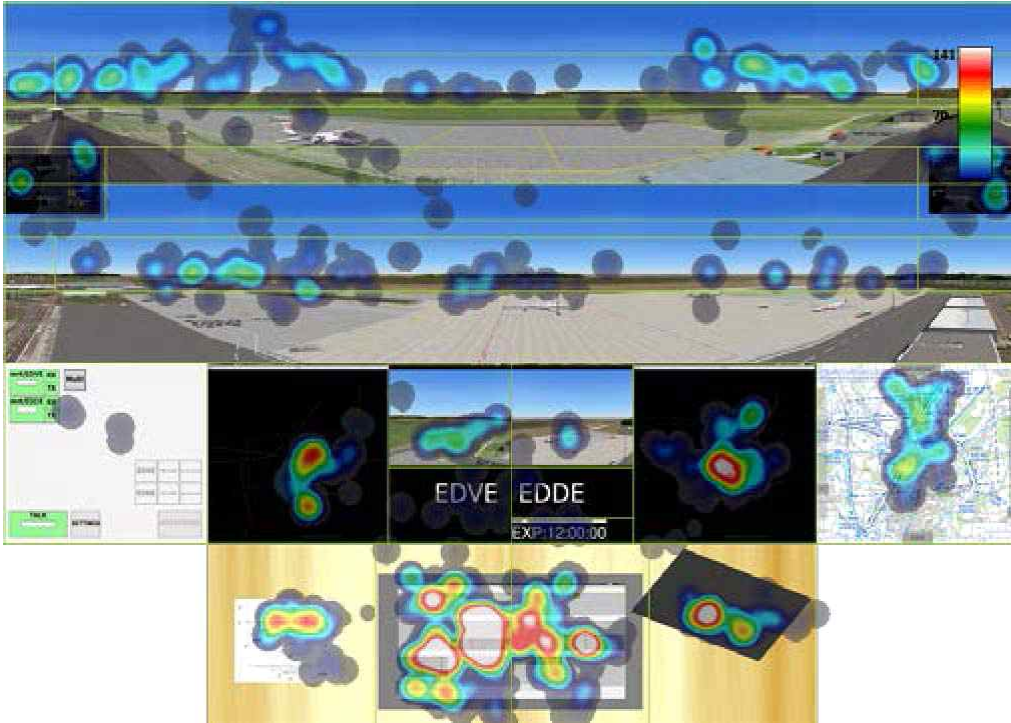


그림 66. 이륙 및 착륙 이벤트 중 시선 동작

○ (P11) Introduction to remote virtual tower

- 거의 모든 현대식 관제공항에는 상업용 및 비상업용 항공기의 도착, 출발 및 지상 이동을 운영하고 유지하기 위한 항공 교통 서비스를 제공하는 직원이 상주하는 타워가 있음
- 비용을 절감하고 서비스를 현대화해야 한다는 압박이 커지면서 항공 항법 서비스 공급자 (ANSP)는 현상 유지를 재고하고 원격 가상 타워(RVT)와 같은 항공 교통 관리(ATM)에 대한 새로운 개념을 모색
- 원격 가상 타워는 하나의 중앙 위치에서 여러 공항의 항공 교통관제 서비스를 찾을 수 있으므로, 시너지 효과와 비용 절감을 위한 여러 가능성 창출



그림 67. 원격 가상 타워 솔루션의 일반적인 토폴로지

○ (P12) Air Traffic Management Analysis at Low-Volume Flights in Foreign Countries

- 본 논문에서는 항공 교통관제 서비스의 가용량에 미치지 못하는 비행 강도가 낮은 비행장에서 항공 교통을 구성하기 위한 다양한 옵션을 설명
- 비행장에서 상당한 거리에 있는 항공 교통 관제할 수 있는 원격 관제탑과 같은 개념의 예시가 소개되며, 최초의 원격 관제탑은 스웨덴에서 가동 중임
- 원격 관제 시스템 개발은 호주, 미국, 독일 등에서 고려 중이며, 가까운 미래에는 원격 관제탑을 갖춘 공항이 미국에도 등장할 예정
- 본 논문에서는 이 항공 교통 관제 시스템의 장단점과 비행 안전에 미치는 영향을 분석
- 본 논문에서는 항공 교통 관제 서비스가 전혀 없는 비행장 사용에 대한 해외의 경험을 논의
- 미국과 뉴질랜드의 비행 예에서 비-관제 비행장 지역에서의 비행에 대한 기본 규칙과 비행 안전에 미치는 영향에 대해 분석
- 항공사의 정기 및 비정기 비행에 대한 훈련 비행 및 계기 비행에 대한 시각적 비행 조건 고려
- 비행 강도에 따라 특정 서비스의 필요성을 평가하는 기준이 제공
- 대부분 비행장이 하루에 10회 미만의 이착륙 작업을 수행하고, 항공 교통 관제 서비스가 전혀 제공되지 않는 UATMS 구조의 비-관제 비행장에 원격 관제탑의 도입에 대한 전망을 평가

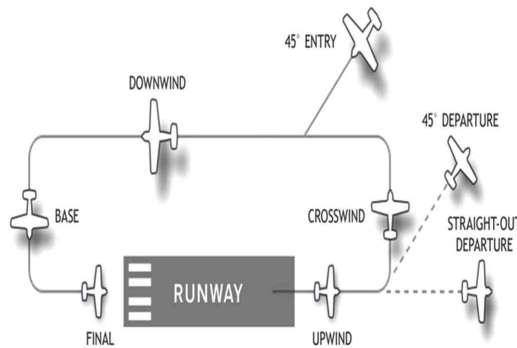


그림 68. 타워가 없는 공항의 교통 패턴

○ (P13) Experimental Prototype for Remote Tower Systems Design

- 중소 규모의 공항은 이용률이 낮거나 짧은 기간 동안 이용되기 때문에 원격 관제탑은 이러한 공항의 항공 교통을 관제하는 좋은 솔루션임
- 감시, 관제 및 시각화 개념을 테스트하기 위해 감시 및 모니터링 항공 교통 프로토타입을 제작
- 감시, 관제 및 시각화 개념 프로토타입은 증강 현실 기술을 사용하여 감시/비전 시스템의 작동을 평가하고, 다양한 대상, 배경, 악천후 등으로 이 시스템의 동작을 관찰하고 시스템의 설계/실험을 돕는 하이브리드 현실 합성 시나리오로 구성
- 이를 통해 위험한 상황을 분석하고 사람이나 물건이 위험에 빠뜨리지 않고 관제 교육을 시행



그림 69. 하이브리드 현실 시뮬레이션 시나리오

○ (P14) Scheduling Air Traffic Controllers at the Remote Tower Center

- RTS(Remote Tower Service)는 SESAR 프로그램 배포를 위해 제공되는 기술 및 운영 솔루션 중 하나로, 단일 원격관제센터에서 여러 공항을 관제할 수 있게 됨에 따라 운영자가 항공 교통 서비스를 제공하는 방식
- 이러한 설정에서 항공 교통 관제사는 원격관제센터(RTC)의 소위 “다중 위치”에서 작동
- 하나의 원격타워 모듈 2개 이상의 공항을 처리할 수 있음
- 본 논문에서는 RTC에서 직원 계획 자동화를 위해 설계된 최적화 프레임워크를 제시
- 실제 공항 비행 일정에서 경험한 문제를 강조하고 원격 운영을 위해 선택된 5개 스웨덴 공항에 대한 최적의 교대 배정을 제시

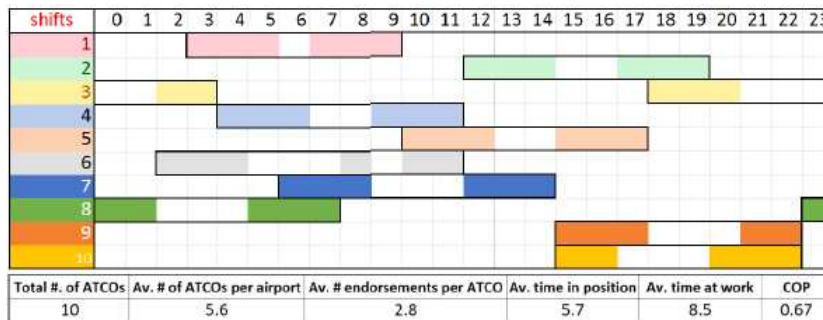


그림 70. 항공 교통량이 가장 높은 시간대의 RTC 근무표

conflicts	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
AP2-AP3																																
AP2-AP5																																
AP2-AP4																																
AP2-AP1																																
AP3-AP1																																
AP1-AP5																																
AP1-AP4																																
AP3-AP4																																
AP3-AP5																																
AP4-AP5																																
Total #. of ATCOs	10		Av. # of ATCOs per airport			3.4			Av. # endorsements per ATCO			1.7			Av. time in position			7.9			Av. time at work			9.8			COP			0.81		

그림 71. 교통량이 가장 많은 날의 공항 쌍에 대한 공항 일정의 잠재적 충돌

○ (P15) Remote Tower I

- 본 논문에서는 원격 관제의 개발과 타입, 로직과 같은 원격타워의 기본 요소를 제시함
- 원격 탐지의 개념과 구성품을 결정하고, 그와 관련된 핵심 주제를 설명하였으며, 원격타워에서 제공할 수 있는 서비스와 책임 영역을 식별
- 마지막 장에서는 일반적인 항공 교통 관제 솔루션에 대한 검토와 원격 가상 항공 교통관제에 대한 검토를 수록

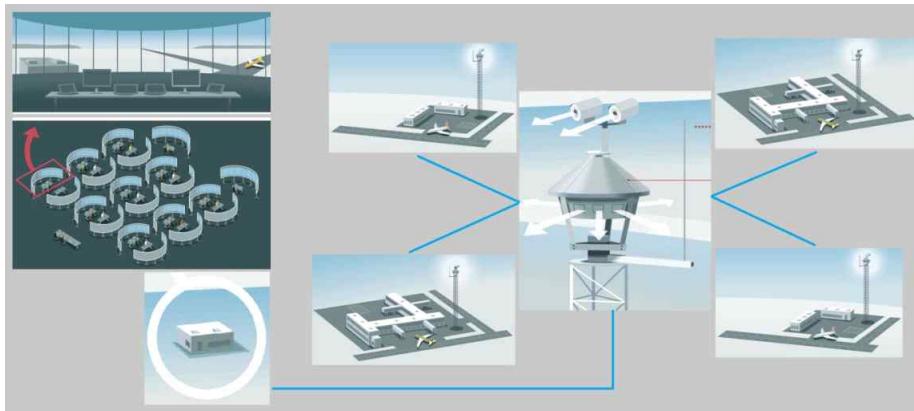


그림 72. 원격 교통 관제탑



그림 73. 원격타워의 주요 구성요소

제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ (P16) Remote Tower II

- 본 논문에서는 원격타워 개념 및 기술로 공식화하는 과정을 보여주고, 시스템의 일반적인 구성을 설명
- 장점과 부가 가치를 정리하여 일반 타워 관제와 비교
- 원격타워 관제에 관한 헝가리의 활용 및 연구개발 활동뿐만 아니라 제조업체 및 국제 경험 및 사례 제시



그림 74. 중형 공항의 카메라 배치

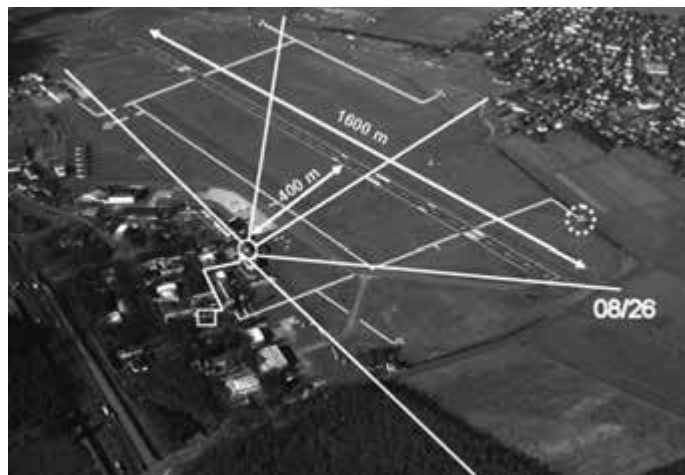


그림 75. Braunschweig 공항 rTWR 시스템 데이터링크

○ (P17) Remote Tower III

- 본 논문의 첫 번째 장에서 원격 타워센터를 구축할 수 있는 요소를 설명
- 두 번째 장에서 ATC 훈련이 어떻게 구축되고 있는지에 대한 글로벌 이해를 제공하고, 유사점과 보편성을 볼 수 있도록 ATC 훈련 검토
- rTWR 기술의 확산이 항공 교통 관제 훈련 및 교육에 어떤 영향을 미칠 수 있는지에 대한 경험, 인상 및 아이디어 공유

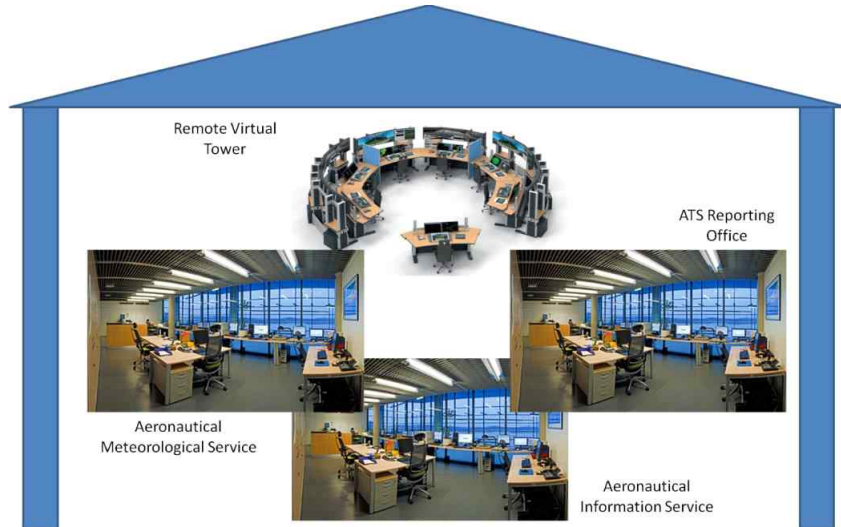


그림 76. 원격타워 센터의 기본 아키텍처

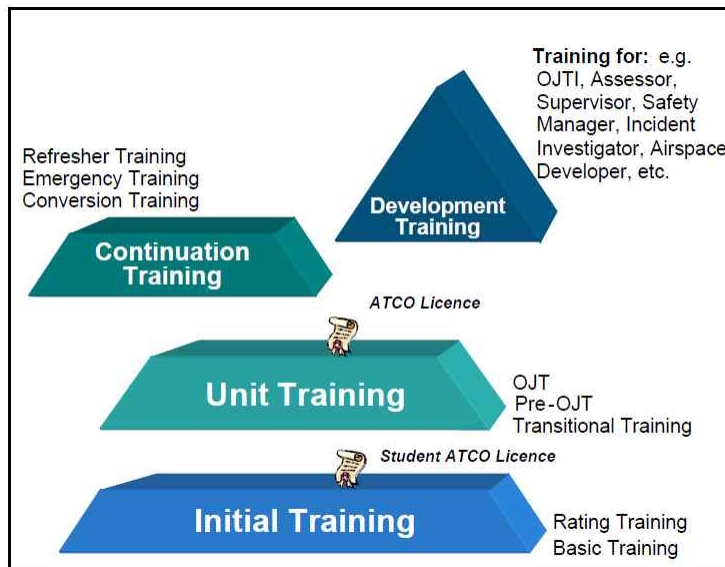


그림 77. 관제사 교육 체계

- (P18) How much is too much on monitoring task? Visual scan patterns of single air traffic controller performing multiple remote tower operations
 - 다중 원격 관제탑 운용(Multiple Remote Tower Operation) 개념은 관제사 1명이 지리적으로 분리된 가상 관제탑에서 2개 이상의 서로 다른 공항에 항공교통업무를 제공하는 것임
 - 다중 원격 관제탑 운용의 목표는 원래 최대 4명의 관제사가 수행하는 항공교통관리 업무를 1명의 관제사가 수행하는 것이므로, 관제사가 효과적인 스캐닝을 통해 안전하게 다중 원격 관제탑 운용 업무를 수행할 수 있는지가 주된 관심사임
 - 본 연구에서는 시선 추적 장치를 사용하여 32개의 시나리오를 기록하고 분석함으로써 다중 원격 관제탑 운용의 안전 문제와 효율성을 조사함

제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 분석 결과, 관제사의 시각적 스캔 패턴은 관제사가 다양한 업무를 수행하고 관제석(CWP)에서 다양한 장비를 다루는 동안 상당한 업무 변화를 가져왔다는 것을 보여줌
- 관제사는 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 카메라가 장착된 새로운 디스플레이 시스템을 통해 공항 지상과 항공기 위치를 시각적으로 확인할 수 있고, 1명의 관제사가 2개의 공항을 동시에 모니터링하고 서비스를 제공할 수 있음
- 시각적 주의를 끄는 요인으로 정보가 표시되는 방식, 해당 정보의 복잡성, 운영 환경의 특성 등이 있는데, 다수의 모니터링 작업을 수행하는 1인 관제사의 주의 분산은 인간-컴퓨터 간 상호작용에 있어서 주요 문제임



그림 78. 시선 추적 장치를 착용한 관제사와 MRTO 가능한 인터페이스

- (P19) Multiple remote tower for Single European Sky: The evolution from initial operational concept to regulatory approved implementation
 - “Single European Sky”라는 유럽연합 프로젝트는 유럽 영공의 개편을 시작했으며, 효율성과 용량을 개선하는 동시에 안전을 강화한다는 주요 목표를 달성하기 위해 항공교통관리를 위한 추가 조치를 제안하였음
 - 통합관제 개념은 1명의 관제사가 멀리 떨어진 가상 관제센터에서 다수의 비행장을 관제할 수 있다는 것으로, 다수의 비행장관제는 관제 인력을 보다 효율적으로 사용할 수 있는 가상 관제센터로 중앙 집중화 가능함
 - 본 연구는 통합관제를 실시간으로 안전하게 운영할 수 있는지를 분석하였는데, 2016년 항공항법 안전 규제 기관의 안전 평가를 위해 단일 타워 운영에서 다중 타워 운영에 이르기까지 원격타워 운영에 대한 50개 규모 실증 시험 시행
 - 항공 교통 관제사 및 기술 전문가로 구성된 전담팀은 실시간으로 작동하는 다중 원격타워의 안전 평가를 성공적으로 완료

- 이 혁신적인 기술은 구현하려면 비용 효율성과 용량 및 인적 성능을 고려한 항공 교통 안전성 사이에서 신중한 균형을 유지 필요
- 실시간 시범 훈련은 1명의 관제사가 단일 공항과 2개의 중형 공항을 '순서대로' 또는 '동시에' 항공기를 운항하여, 원격 관제탑에서 제공하는 서비스가 적어도 Cork와 Shannon 현지의 관제탑에서 제공하는 것만큼 안전하다는 것을 입증
- 50번의 실전 시범 훈련을 수행하는 동안 안전 문제가 보고되지 않았으며 운영 안전 문제도 발생하지 않음

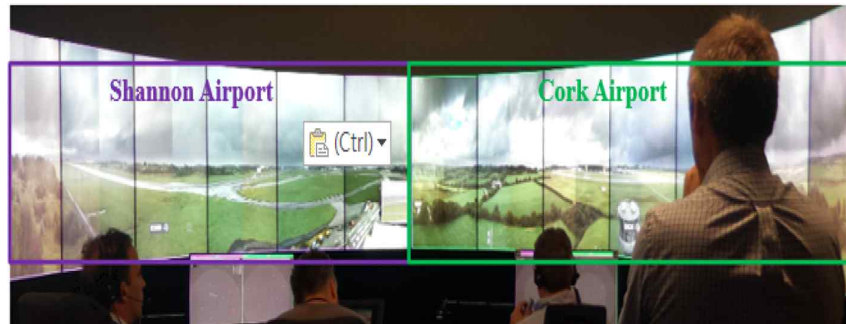


그림 79. Crok 공항과 Shannon 공항에서 100마일 이상 떨어진 원격관제센터

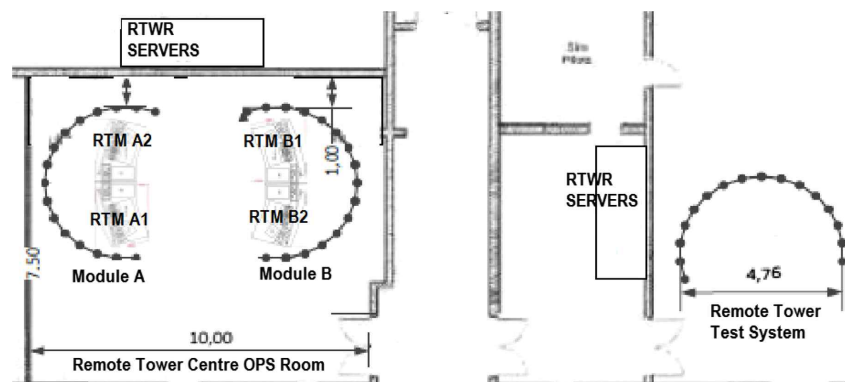


그림 80. 원격관제센터 운영실과 시험실

○ (P20) The Military Specification of Remote Control Tower Technology

- 원격 관제 타워(RTWR, Remote Control Tower)는 헝가리를 포함한 여러 유럽 국가에서 최신 ATM(항공 교통 관리) 기술의 일부로 나타남
- Liszt Ferenc라고 하는 중간 규모의 민간 비행장에서 성공적인 검증 프로세스를 거친 후 Hungaro Control과 헝가리 국방부 간에 군 RTWR 도입 협력이 시작
- 저자는 군 환경에서 RTWR의 안전 및 보안 측면과 군 항공 교통 처리를 위한 사양을 결정하고, 주어진 군 비행장에 추가 설치를 제안



그림 81. RTWR 증강 화면



그림 82. 180° 파노라마 화면

○ (P21) An adaptive MILS Architecture for Resilient Remote Tower Communication Services

- 본 논문에서는 원격타워 참조 시스템을 구현하기 위한 MILS 기반 아키텍처를 소개
- 이를 위해 항공사진과 광학 센서가 필요하여 활주로, 공항 진입로 및 가까운 공역의 고품질 실시간 이미지를 제공
- 관제탑을 원격으로 운영하기 위해서는 공항의 실시간 영상 외에 항공 교통관제 정보와 음성 통신시스템이 필요
- RT 시스템은 시스템의 견고성과 무결성을 손상하지 않고 실시간 동적으로 재구성할 수 있도록 적응 가능
- 본 논문은 구성 정책의 제약 내에서 재구성을 위해 이러한 메커니즘이 안전하고 확실하게 사용될 수 있는 프레임워크와 적응 메커니즘으로 MILS를 확장하는 적응형 MILS 아키텍처에 중점
- 통합 RT 관제석이 MILS 콘솔을 구현하여 작동 목적을 위해 격리된 도메인과 상호 작용하고 추가로 시스템 적응 및 모니터 링을 위한 특정 플랫폼 인터페이스를 공유하는 방법을 설명
- 마지막으로 SLIM/AADL 모델, 시스템 구성, 운영 및 적응으로 시작하는 전체 작업 흐름을 소개
- 전체 성능을 평가하기 위한 제안과 안전이 중요한 환경에서 적응형 MILS 접근 방식을 사용할 때 발생하는 기술적 문제에 대한 논의

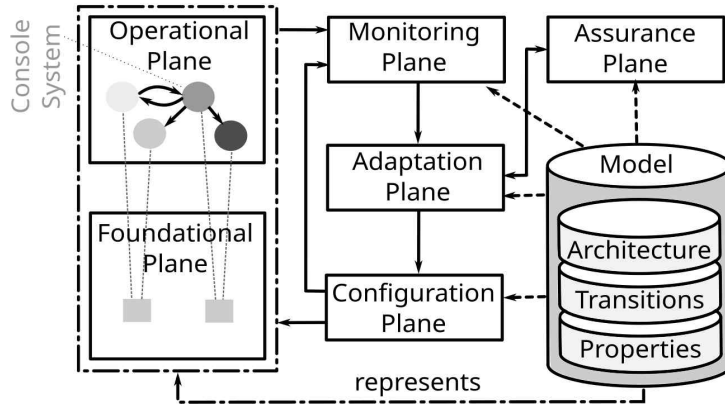


그림 83. 시스템 모델 및 CITADEL 프레임워크



그림 84. 콘솔 시스템- 작업 화면

- (P22) Design and implementation of a centralized monitoring system for a remote control tower system
 - 기존 타워의 높은 신설 비용, 긴 건설 주기, 열악한 시각적 환경 모니터링의 사각지대 및 기타 문제로 인해 원격 중앙 타워모니터링 시스템이 등장
 - 원격타워의 기본아이디어는 장거리 공항을 중심 집중식 명령센터로 이전하여 기존의 타워 관리를 물리적 평면에서 변경하는 것이 목표
 - 고화질 카메라 등의 시각 센서로 수집되는 각종 감시데이터를 융합 가공하여 기존의 시각 관제탑보다 관제사에게 더욱 정확하고 세밀한 관제 정보를 제공함으로써 관제사가 더욱 완벽하게 타워의 항공 교통관제 작업 수행
 - 본 논문에서는 주로 Inner Mongolia Erlianhaote의 원격타워 기술의 개발 상태 및 적용을 기반으로 함
 - 원격타워의 각 모듈의 핵심을 자세히 설명하고, Erlianhaote 원격타워에 실제 사례를 요약

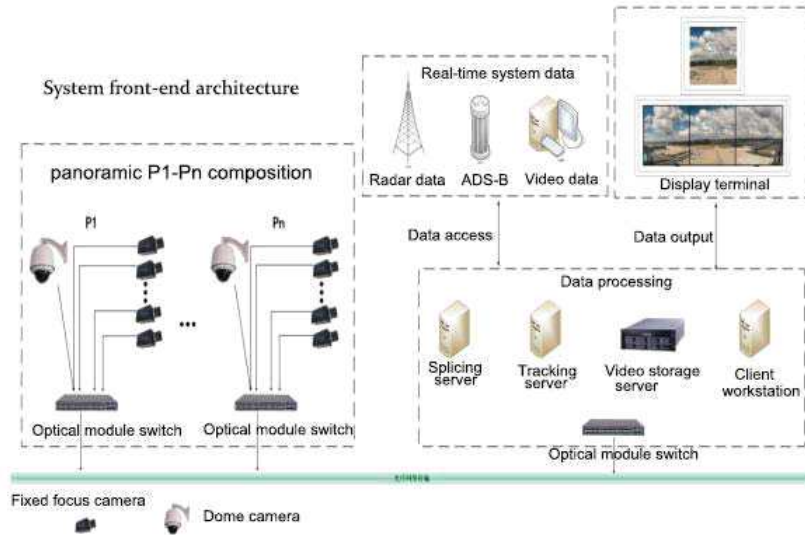


그림 85. 하드웨어 아키텍처 다이어그램

○ (P23) Human-in-the-loop evaluation of an augmented reality based interface for the airport control tower

- 본 연구는 최신 증강 현실 기술을 기반으로 한 혁신적인 공항관제탑 개념을 모의 환경에서 이루어진 Human-in-the-loop 실험을 통해 개발하고 확인(Validation)하였음
- 관제사는 관제장비(Head-Down Interface)와 직접 눈으로 보는 공항 실황(Head-Up Real View)을 혼합하여 정보를 검색하는 기존 방식과는 반대로, 광학 기반 증강 현실 인터페이스를 이용하여 완벽한 헤드업 정보를 얻을 수 있음
- 관제사가 헤드업 또는 헤드다운 상태로 일하는 시간을 측정한 결과, 본 연구의 제안은 관제사가 헤드다운 보다 헤드업 상태로 업무를 보는 것이 분명히 효과적이라는 것을 보여줌 (특히, 저시정 상황의 운영시나리오를 처리할 때 공항 상황인식과 작업 부하에 긍정적 효과)



그림 86 기준 장비(좌측), Spatial Display(SD) 장비(중간), Head Mounted Display(HMD) 장비(우측)

○ (P24) Innovative System Design for Remote Air Traffic Control Simulation Training

- 재래식 항공 교통관제(ATC) 시뮬레이션 교육은 독립 실행형 시스템이므로, 실습생은 실습실에서 실습해야 함
- COVID 전염병으로 인해 원격 교육 및 훈련을 제공하기 위한 새로운 디자인이 필요
- 본 연구는 COVID에 대한 지속 가능한 ATC 교육을 지원하기 위한 혁신적인 시스템 설계를 소개하는 것을 목표

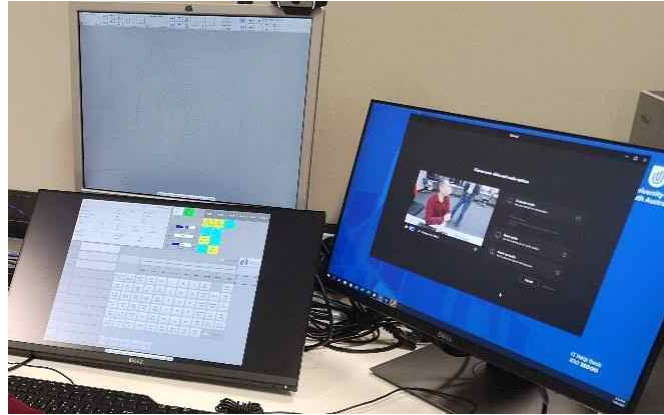


그림 87. 관제사 훈련 스테이션

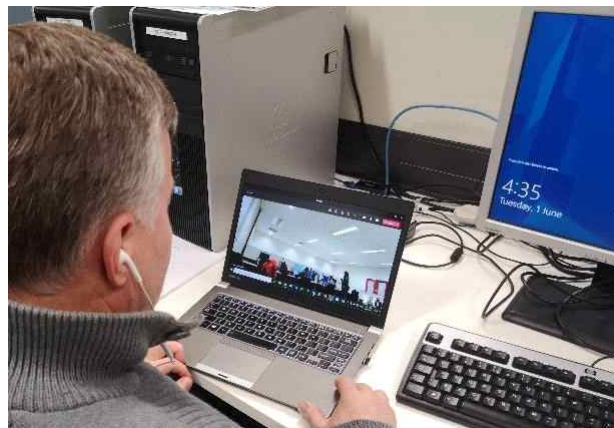


그림 88. 원격 감독 스테이션

제2장 국내외 동향 및 환경분석

3. 특허 분석

□ 분석 범위

- (분석 대상 특허) 특허 동향 분석에서는 2000년 01월 ~ 2022년 02월까지 출원 공개된 한국, 미국, 일본, 유럽(EPO) 공개 및 등록 특허와 국제(WIPO) 공개특허를 분석대상으로 하여 정량 분석, 주요 특허의 평가 및 분석을 수행함

표 27. 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개특허 (공개 발행일 기준)	한국	자체 DB (키위시스템)	2000.01 ~ 2022. 02 (현재)	특허 공개 및 등록 전체문서
	미국			
	일본			
	유럽(EPO)			
	국제(WIPO)			특허 공개 문서

※ 분석구간 : 출원년도 기준



그림 89. 조사분석 절차

- (분석기준) 공항 통합관제시스템 전반에 관한 특허를 조사하여 분석하고, 이를 운용기술, 감시 기술 및 자료처리 기술로 세부 기술을 분류함

표 28. 분석 대상 기술

L1	L2
공항 통합관제 시스템	■ 공항 통합관제 운용기술 [AA]
	■ 공항 통합관제 감시 기술 [AB]
	■ 공항 통합관제 자료처리 기술 [AC]

- (핵심 키워드 도출) 통합관제 기술에 대한 기초조사를 통해 추출한 핵심 키워드를 기반으로 다음과 같이 검색식을 작성하여 사용함

표 29. 특허를 위한 검색식

L1
(공항*, 에어포트*, Airport*, Air-Port*) + ((((원격*, 원거리*, 리모트*, Remote) A/3 (관제*, 제어*, 관리*, 컨트롤*, 콘트롤*, 타워*, Control*, Tower*))), 통합관제*, 원격제어*, 리모트컨트롤*, 리모트콘트롤*)

□ 특허 동향 분석 결과

○ 2000년부터 지금까지 한국, 일본, 미국, 유럽에 출원된 특허 및 국제적으로 공개된 항공 통합관제시스템과 관련한 365건의 특허 검색 결과를 바탕으로, 연도별 전체 특허출원 동향을 분석함

- (연도별 분석) 2000년 이후 출원이 지속적으로 이루어지고 있으나, 증가 또는 감소와 같은 뚜렷한 경향을 나타내고 있지 않음
- (국가별 분석) 출원 국가별 점유율을 살펴보면, 미국특허가 60%로 가장 높은 점유율을 보이고 있으며, 그 뒤를 PCT 특허(19%), 유럽특허(10%)가 이어가고 있으며, 한국 및 일본특허가 10% 미만(7%, 4%)의 다소 적은 출원량을 보이고 있음

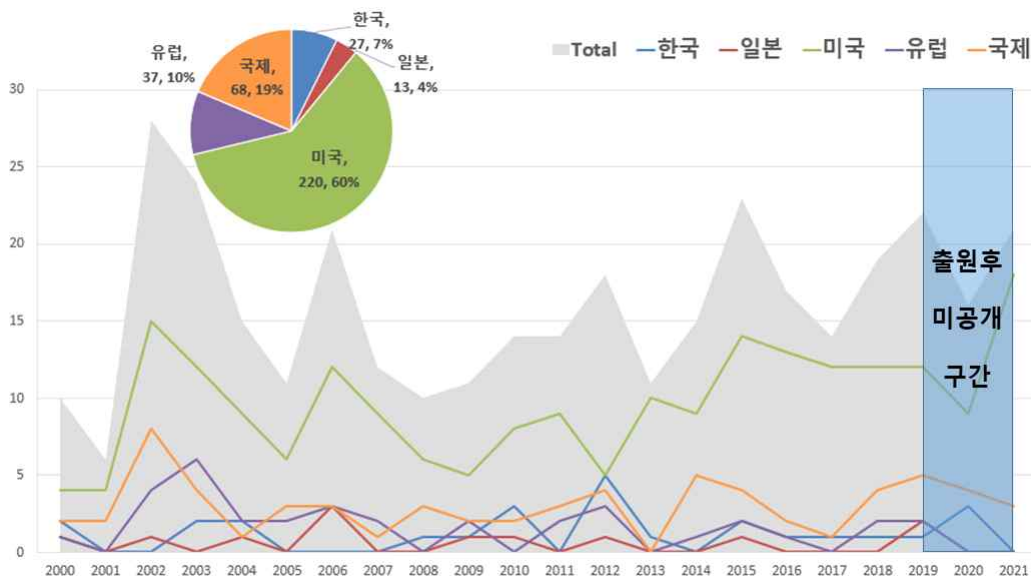


그림 90. 연도별 전체 특허출원 동향

○ (출원인 분석) 미국의 경우 IoT IP(18건), Strong Force VCN Portfolio 2019(17건), Harris(16건)의 특허 출원량이 비교적 많고, 유럽의 경우 Boeing(4건), IoT IP(4건)이 비교적 많은 특허 출원량을 보이고 있음

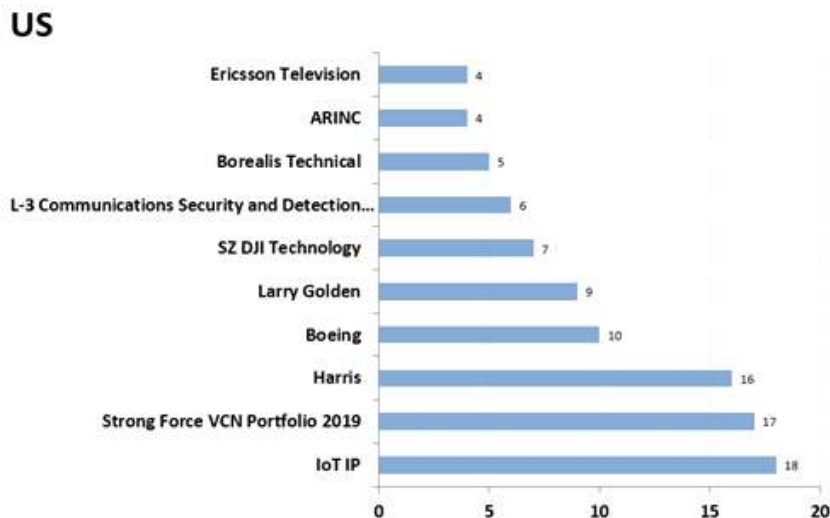


그림 91. 출원인 TOP10 동향 (미국)

제2장 국내외 동향 및 환경분석

EP

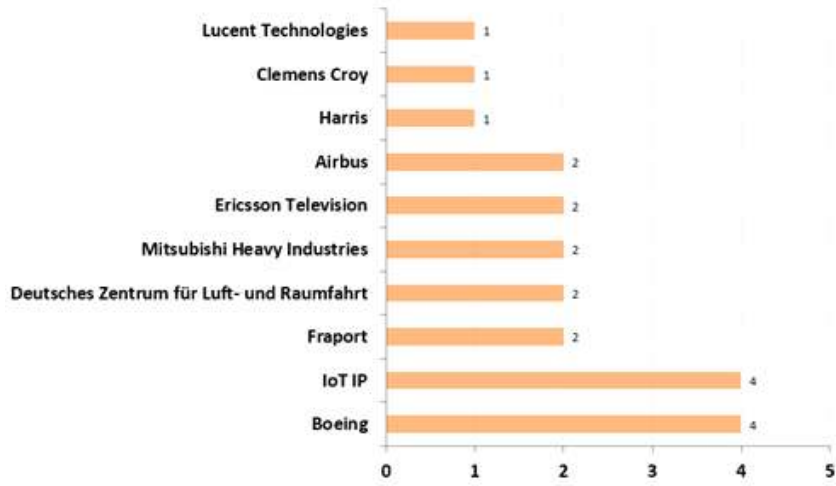


그림 92. 출원인 TOP10 동향 (유럽)

JP

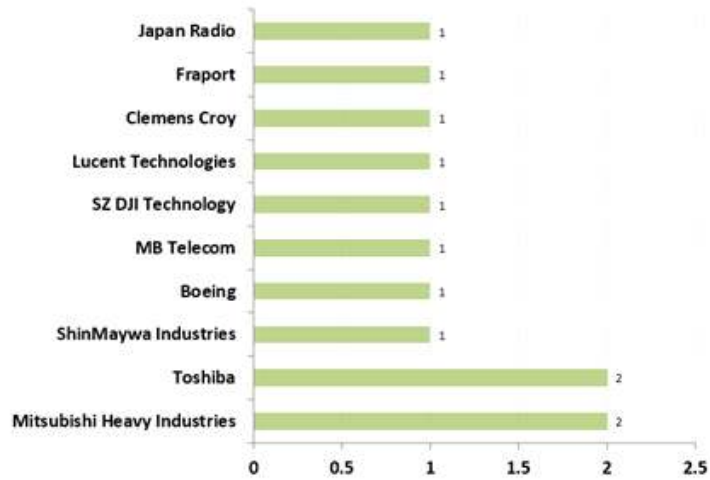


그림 93. 출원인 TOP10 동향 (일본)

KR

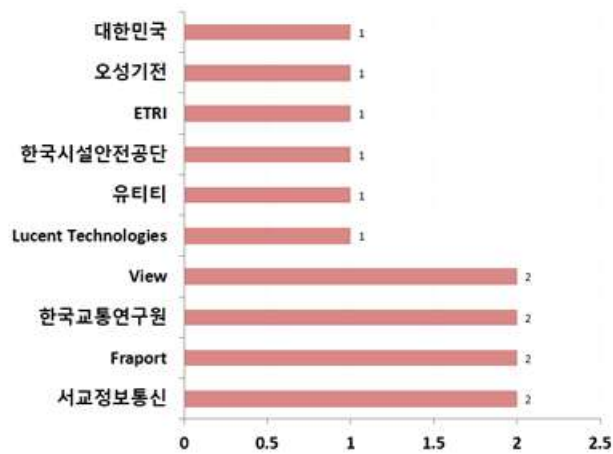


그림 94. 출원인 TOP10 동향 (한국)

□ 핵심 특허 심층분석

1	관련기술	공항 통합관제 감시 기술 [AB]		
	특허번호	KR1129870B1	등록여부(등록일)	O(2012-03-15)
	출원일	2010-05-12	거절이유(미등록시)	-
출원인	한국시설안전공단			
발명의명칭	센서를 이용한 이종 시설물의 원격 모니터링 방법			
대표청구항	<p>[CLAIM 2] 시설물의 센서로 구성되는 단위 시스템(10)과 데이터수집 시스템(300) 사이에 무선 통신 채널을 설정하는 통신 연결 제어단계(S10)와-----①</p> <p>통신채널이 설정된 상태에서 상기 단위 시스템(10)의 센서정보-센서 기기정보-를 전달받고, 상기 데이터수집 시스템(300)이 상기 단위 시스템(10)으로부터 수신될 Raw Data 전송을 제어하는 Raw Data 수집 제어 단계(S20)와-----②</p> <p>제어 데이터의 제어에 따라 상기 단위 시스템(10)이 상기 데이터수집 시스템(300)으로 센서 데이터, 센서 이벤트 데이터 및 센서상태 데이터 중 적어도 어느 하나를 Raw Data 형태로 전송하는 Raw Data 보고단계(S30)와-----③</p> <p>상기 센서 데이터, 센서 이벤트 데이터 및 센서상태 데이터 중 적어도 어느 하나를 모니터 상에 디스플레이 시키는 디스플레이단계(S40)-----④를 포함하는 센서를 이용한 이종 시설물의 원격 모니터링 방법에 있어서,</p> <p>상기 통신 연결 제어 단계(S10)는, 특정 시설물에 최초 혹은 추가로 설치되는 상기 단위 시스템(10)의 센서와 해당 데이터수집 시스템(300)이 통신채널을 가지도록, 상기 데이터수집 시스템(300)이 상기 단위 시스템(10)에 통신 채널 설정 요청 메시지를 전달하는 통신 채널 설정 요청 단계(S11)와</p> <p>채널이 설정되면, 상기 단위 시스템(10)이 상기 데이터수집 시스템(300)에 통신채널 설정 요청 응답 메시지를 전송하는 채널 설정단계(S12)와</p> <p>상기 단위 시스템(10)과 상기 데이터수집 시스템(300) 간의 통신채널 상태를 확인하도록, 상기 데이터수집 시스템(300)이 통신 채널 상태확인 요청 메시지를 상기 단위 시스템(10)에 전달하는 통신 채널 상태 확인 요청 단계(S13)와</p> <p>상기 단위 시스템(10)이 채널 상태를 확인하여 통신채널 상태확인 응답 메시지를 전달하는 채널 상태 확인단계(S14)를 포함하는 것을 특징으로 하는 센서를 이용한 이종 시설물의 원격 모니터링 방법.</p>			
대표도면				
기술비교	다양한 종류의 센서를 설치한 이종 시설물의 모니터링을 통합적으로 수행하기 위해 시설물의 대량의 동적/정적 데이터를 주기적으로 수집하고 이를 효과적으로 처리하도록 하는 기술			
개선사항	동적 데이터를 주기적인 방법을 통해 수집하는 방법을 개발			
관리상태 의견	2010.05.12.에 출원하여, 한국에서 심사를 진행하였고, 보정을 통해 등록되었음			
관리범위 의견	청구항②에 센서로부터 Rawdata 전송을 제어하는 Rawdata 수집 제어단계가 구성되어 있어, 권리범위가 좁기에 회피가 용이할 것으로 예상됨. 또한, 제품 개발과는 다소 차이가 있음			

2	관련기술	공항 통합관제 자료처리 기술 [AC]		
	특허번호	JP2011-193385A	등록여부(등록일)	X
	출원일	2010-03-16	거절이유(미등록시)	진보성 없음
출원인	TOSHIBA			
발명의명칭	원격 감시제어 시스템 및 로컬 감시 장치			
대표청구항	<p>[CLAIM 1] 공항마다 설치되어 전기 공항에 있어서의 여러 감시 대상 설비를 감시하는 여러 로컬 감시 장치라고 전기 여러 로컬 감시 장치와 통신회선에 의해 접속되는 원격 감시 장치를 구비하는 원격 감시제어 시스템에 있어,</p> <p>전기 여러 로컬 감시 장치는, 전기 공항의 운용중 또는 비운용 중을 나타내는 공항 운용 정보라고 전기 여러 감시 대상 설비의 어느쪽이든으로 발생하는 고장의 중요도 정보이며, 전기 공항의 시설에 영향을 주는 고장에 대해서 제 1의 중요도를 설정해, 전기 공항의 시설에 장래적으로 영향을 주는 고장에 대해서 제 2의 중요도를 설정하는 전기 <u>중요도 정보를 미리 기록하는 기록부와</u>----①</p> <p>전기 운용중에 전기 제 1의 중요도 및 제 2의 중요도의 고장이 발생했을 때, 전기 제 1의 중요도 및 제 2의 중요도의 고장에 관한 제 1의 고장 정보의 송신을 지시하는 <u>제 1의 지시 신호를 생성해</u>, 전기 비운용 중에 전기 제 1의 중요도의 고장이 발생했을 때, 전기 제 1의 중요도의 고장에 관한 제 2의 고장 정보의 송신을 지시하는 <u>제 2의 지시 신호를 생성하는 송신 처리부와</u>----②</p> <p>전기 제 1또는 제 2의 지시 신호에 따라 전기 원격 감시 장치와 다이얼 업 접속을 확립해, 전기 다이얼 업 접속에 의해 전기 <u>제 1또는 제 2의 고장 정보를 전기 원격 감시 장치에 송신하는 제 1의 통신부와</u>----③</p> <p>(을)를 갖추어 전기 원격 감시 장치는, 전기 다이얼 업 접속에 의해 전기 여러 로컬 감시 장치로부터의 제 1 또는 제 2의 고장 정보를 수신하는 제 2의 통신부와 전기 제 1또는 제 2의 고장 정보를 표시하는 표시부와 (을)를 갖추는 것을 특징으로 하는 원격 감시제어 시스템.</p>			
대표도면				
기술비교	고장 상황별로 중요도 및 운용상태를 고려하여 고장 정보 송신에 대한 다이얼 업 접속 회수를 억제하는 감시장치			
개선사항	공항의 비운용중에는 중요도를 고려하여 고정 정보를 송신 또는 억제함			
관리상태 의견	2010.03.16.에 출원되어, 2014.03.18.에 최종적으로 거절결정 되었음			
관리범위 의견	최종적으로 거절되었기에, 관리취득에 실패하였음			

3	관련기술	공항 통합관제 운용 기술 [AA]		
	특허번호	JP2020-198024A	등록여부(등록일)	X
	출원일	2019-06-05	거절이유(미등록시)	심사대기중
출원인	Japan Radio Co. Ltd.			
발명의명칭	통합관제시스템 및 통합관제 방법			
대표청구항	<p>[CLAIM 1] 항공기를 포함한 이동체의 위치를 포함한 이동체 정보를 취득하는 이동체 정보 취득 수단과-----①</p> <p>공항을 포함한 관제지에서 전기 이동체를 본 이미지를, 전기 이동체의 위치에 관련지어 기억하는 이미지 기억 수단과-----②</p> <p>전기 이동체 정보 취득 수단으로 취득된 이동체 정보로 적합하는 이미지를 전기 이미지 기억 수단으로부터 취득하고, 표시 수단에 표시시키는 화상 처리 수단과-----③</p> <p>(을)를 갖추는 것을 특징으로 하는 통합관제시스템.</p>			
대표도면				
기술비교	이동체 정보 취득 수단으로부터 취득한 이동체 정보에 적합하는 이미지를 이미지 기억 수단으로부터 취득하여 표시하는 화상 처리 수단을 갖춘 원격 관제 시스템			
개선사항	리얼타임 이미지 송신에 의한 대용량의 통신회선을 마련하지 않아도, 원격으로 관제가 가능한 시스템을 구축함			
권리상태 의견	2019.06.05에 출원되었고, 현재 심사 대기 중임			
권리범위 의견	<p>아직 권리획득을 하지 않은 상태이고, 청구항②에 이동체에 대한 이미지를 기억하는 수단에 대한 구성이 되어 있어, 권리범위가 좁음</p> <p>회피 용이하나 제품 개발과 밀접할 것으로 예상되므로 기술적 검토가 필요함</p>			

4	관련기술	공항 통합관제 자료처리 기술 [AC]		
	특허번호	US11170653B2	등록여부(등록일)	O(2021-11-09)
	출원일	2019-08-01	거절이유(미등록시)	
출원인	Potomac Aviation Technology			
발명의명칭	Automated air-traffic advisory system and method			
대표청구항	<p>[CLAIM 1] A method of automatically communicating air-traffic advisory messages, the method comprising:</p> <p>automatically communicating at least one air-traffic advisory message, the automatically communicating being based at least on (i) a presence of at least one first aircraft of a plurality of aircraft in a monitored airspace, the at least one first aircraft configured for communicating on a first communications frequency, and (ii) a presence of at least one second aircraft of the plurality of aircraft in the monitored airspace, the at least one second aircraft configured for communicating on a second communications frequency, different from the first communications frequency, and the at least one first aircraft and the at least one second aircraft operating on different communications frequencies, the automatically communicating the at least one air-traffic advisory message comprising one or more of:</p> <p>(i) <u>on the first communications frequency, automatically communicating to the at least one first aircraft a message</u> comprising an alert regarding the at least one second aircraft in the monitored airspace; and-----①</p> <p>(ii) <u>on the second communications frequency, automatically communicating to the at least one second aircraft a message</u> comprising an alert regarding the at least one first aircraft in the monitored airspace.-----②</p>			
대표도면				
기술비교	관제탑이 없는 공항에서의 다수의 항공기 사이 통신 갭을 연결하기 위해 원격 항공 교통 관제소에서 항공기 상태를 알리는 기술			
개선사항	원격 항공 교통 관제소에서 송신기 강도를 동적으로 변경하여 항공기에게 선택적으로 통신을 수행함			
권리상태 의견	2019.08.01.에 출원하여, 미국에서 심사를 진행하였고, 보정을 통해 등록되었음			
권리범위 의견	청구항에 신호 강도를 달리하여 신호를 전송하는 구성이 추가로 되어 있어, 권리범위가 좁기에 회피가 용이할 것으로 예상됨. 또한, 제품 개발과는 다소 차이가 있음			

5	관련기술	공항 통합관제 자료처리 기술 [AC]		
	특허번호	US20190207649A1	등록여부(등록일)	X
	출원일	2018-12-26	거절이유(미등록시)	출원 포기
출원인	Thales USA Inc			
발명의명칭	Power line communication for an aeronautical system			
대표청구항	<p>[CLAIM 1] A method of assuring reliable communication, providing power and communication to the plurality of ground-based aeronautical equipment installations, the method comprising:</p> <p><u>providing power line communication among the plurality of ground-based aeronautical equipment installations</u>, the plurality of ground-based aeronautical equipment installations including a first station and a second station;-----①</p> <p><u>receiving through the power line communication signals</u> transmitted by the first and second stations; and-----②</p> <p><u>communicating information associated with the signals.</u>-----③</p>			
대표도면				
기술비교	전력선 통신을 이용하여, 항공 시스템 장치 간의 통신을 수행하는 방법			
개선사항	패킷 손실을 방지하고 무선 침입자의 무단 액세스 위험을 줄일 수 있는, 기존 전력 배선을 네트워크 케이블로 사용하는 전력선 통신을 적용함			
권리상태 의견	2018.12.26.에 출원되어, 2020.10.08.에 출원 포기하였음			
권리범위 의견	출원 포기하였기에, 권리취득에 실패하였음			

6	관련기술	공항 통합관제 운용 기술 [AA]		
	특허번호	US20210133650A1	등록여부(등록일)	X
	출원일	2020-12-04	거절이유(미등록시)	심사대기중
출원인	Strong Force VCN Portfolio 2019 LLC			
발명의명칭	Control tower and enterprise management platform with unified set of robotic process automation systems for coordinated automation among value chain applications			
대표청구항	<p>[CLAIM 1] An information technology system, comprising: a cloud-based management platform with a micro-services architecture, the platform having a set of interfaces that are configured to access and configure features of the platform,-----① a set of network connectivity facilities that are configured to direct a set of value chain network entities to connect to the features of the platform,-----② a set of adaptive intelligence facilities that are configured to automate a set of capabilities of the platform related to at least one of the value chain network entities and the features of the platform,-----③ a set of data storage facilities that are configured to store data collected and handled by the platform, and a set of monitoring facilities that are configured to monitor the value chain network entities,-----④</p> <p>wherein the interfaces, the network connectivity facilities, the adaptive intelligence facilities, the data storage facilities, and the monitoring facilities are coordinated for monitoring and management of the value chain network entities; a set of applications that are configured to direct an enterprise to manage the value chain network entities of the platform from a point of origin to a point of customer use; and</p> <p>a unified set of robotic process automation systems that provide coordinated automation among at least two types of applications from among a set of demand management applications, a set of supply chain applications, a set of intelligent product applications, and a set of enterprise resource management applications for a category of goods with respect to the value chain network entities of the platform.</p>			
대표도면				
기술비교	Value Chain 네트워크 개체에 있어서 데이터 관리, 인공지능 처리 기능이 구현되는 시스템 구축기술			
개선사항	조직 내 방대한 양의 데이터를 획득하고 이를 관리할 수 있도록, 네트워크 연결, 인공지능 처리, 데이터 저장 및 모니터링 시설을 구축함			
권리상태 의견	2020.12.14에 출원되었고, 현재 심사 대기 중임			
권리범위 의견	<p>아직 권리획득을 하지 않은 상태이나, 기재되어 있는 청구항의 권리범위에 기술이 적용되는 조직 및 기능이 한정되어 있지 않으므로 권리범위가 넓음</p> <p>제품 개발과 다소 차이가 있으나 넓은 권리범위를 고려하여 권리획득 여부에 대한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 판단됨</p>			

4. 국내 기수행된 연구과제 현황 분석

- 몬드리안에이아이는 ‘대규모 영상정보를 활용한 인공지능(AI) 기반 실시간 공항교통관제 지원 플랫폼’(2020.04~2021.12, 과기부) 과제를 통해서 대규모 공항 영상정보를 활용한 인공지능 기반 실시간 공항 교통관제(ATC) 지원 플랫폼을 개발
 - 총연구비 : 587.5백만원 (정부 450백만원, 민간 137.5백만원)
- 다보이앤씨는 ‘인천공항 항공교통 3D 통합 관제 시스템 개발’(2021.06~2022.12, 중기부) 과제를 통해서 항공기 감시데이터, 운영데이터, 교통량 통계/분석 데이터 등 통합 데이터를 3차원 공간에 시각화하는 통합관제시스템을 개발
 - 총연구비 : 270백만원 (정부 216백만원, 민간 54백만원)
- 지텔글로벌은 ‘EO/IR 영상 기반 지능형 객체 탐지/추적/식별 시스템 개발’(2021.06~2022.05, 과기부) 과제를 통해서 EO/IR 영상 분석을 이용하여 움직이는 물체를 탐지/추적하고 탐지된 객체 정보를 인공지능으로 식별(분류)하는 시스템을 개발
 - 총연구비 : 515백만원 (정부 412백만원, 민간 103백만원)
- 리얼타임테크는 ‘AI 영상인식 기반 계류장 지상이동차량 경로 감시(‘20~22년, 중기부)’과제 개발을 통해서 계류장내 CCTV 영상을 활용한 차량 정보 수집기술, 교통 분석 기술 및 응용 서비스 기술, 시각화 및 모니터링 기술개발 수행
 - 총연구비 : 275백만원 (정부 205백만원, 민간 70백만원)
- 한국항공우주연구원은 ‘항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구’(2014.10~2020.08, 국토부) 과제를 통해 항공기 출발 및 도착 효율 향상을 위한 통합관제 최적화 및 관리 기술을 개발하고, 관제사와 가상 조종사 개입이 가능한 항공교통 시뮬레이션 시스템을 구축
 - 총연구비 : 21,048백만원 (정부 15,784백만원, 민간 5,264백만원)
- 세종대학교는 ‘복합현실(MR, Mixed Reality)기술을 활용한 4D 항공교통 관제/관리 체계 선형 연구’(2018.04~2019.12, 국토부) 과제를 통해서 복합현실 기술과 비행궤적의 실시간 및 고속 4D 시뮬레이션을 활용한 ATC/M(Air Traffic Control/Management) 체계 구축을 목표로 다양한 정보를 관제사에게 효과적으로 전달하기 위한 사용자 인터페이스에 관한 연구를 수행
 - 총연구비 : 370백만원 (정부 370백만원)
- 한국항공대학교는 ‘기계학습법을 활용한 항공교통관제용 항공기 시퀀싱 모형 개발’(2016.06~2018.06, 국토부) 과제를 통해서 기계학습법을 사용한 항공기 시퀀싱 모형과 항공 교통관제 실시간 시뮬레이터를 개발하여 관제사의 의사결정 보조시스템으로 활용할 수 있도록 실제 검증하는 연구를 추진
 - 총연구비 : 100백만원 (정부 100백만원)

5. 국내외 기술 동향 분석 소결

□ 국내외 R&D 동향 분석 소결

- 유럽, 미국 등 항공 선진국에서 하나의 공항에 대한 원격 관제를 넘어 2개 이상의 다수 공항을 동시에 관제하는 통합관제 형태로 발전하고 있으며, 정부와 제작사 공동 추진을 통해 통합 관제 서비스 운영을 추진하고 있음

표 30. 국가별 협력 항행기업

국가(항행기업)	내용
독일/오스트리아 (FREQUENTIS)	- 독일 라이프치히 공항에서 소형 공항 1개소 원격 관제 서비스 운영 - 4개 공항 원격 관제 센터 허가 취득 - 독일 항공관제 기관(DFS)과 협력하여 디지털 타워 개발
영국/캐나다 (SEARIDGE)	- 히스로 공항 비상 관제 타워로 도입(수용량 70% 처리) - 영국 항공관제 기관(NATS)과 협력하여 디지털 타워 개발 - 항공교통관제용 인공지능 'Aimee' 개발
스웨덴 (SAAB)	- 미국, 영국(런던시티공항), 네덜란드 등에 리모트 타워 설치 - 스웨덴 관제 당국과 세계 최초 통합관제소 운영 승인·개시(2015년) - 16개 소규모 공항 원격 관제소 추진 공동참여
노르웨이 (INDRA)	- 노르웨이 2개 공항 통합관제소(InNOVA tower) 설치 - 노르웨이 항공청 주도 세계 최대 통합관제 프로젝트 AVINOR NINOX Program 참여 - 약 9,500억 예산으로 '22년까지 15개 공항으로 확대 예정
싱가포르 (NATS)	- NATS와 창이공항 스마트 타워 프로토타입 구축 진행(2017년) - 싱가포르 스마트 네이션 드라이브 국가정책의 하나로 항공 산업 디지털 기술 도입

□ 논문 동향 분석 소결

- 공항 통합관제시스템 관련 기술과 관련한 논문은 2010년 개발기, 2015년 도입기를 거쳐 각국의 통합관제시스템 도입과 함께 2016년부터 발표된 논문 수가 증가하고 있으며, 코로나와 함께 약간 주춤한 모습을 보이고 있음
- 논문발표는 민간공항이 많고, 관제사를 민간에서 운용 중인 미국과 독일 등 유럽에서 주로 발표되고 있으며, 특히 헝가리에서는 군의 전술적 관점에서 접근하며 논문을 제시하였으나, 한국의 발표논문은 2건에 그치고 있음
- 한국의 논문발표가 저조한 이유로는 관제사가 공무원으로 구성되어 연구개발업무에 투입되거나 별도 운용되기 어려운 조직의 한계가 있으며, 공항 역시 공기업에서 운영하고 있기에 학술이나 연구개발에 소극적인 점이 있음

□ 특허 분석 소결

- 공항 통합관제시스템 관련 기술과 관련한 특허는 조사 기준년인 2000년부터 현재까지 출원이 지속해서 이루어지고 있으나, 뚜렷한 증가세 또는 감소세를 보이고 있지는 않음
- 출원 국가별 점유율은 미국 60%, 국제(WIPO) 19%, 유럽 10%, 한국 7%, 일본 4% 순으로 확인되었음

- 국가별 상위출원인의 출원 동향을 살펴보면, 미국에서는 IoT IP, Strong Force VCN Portfolio 2019, Harris 순으로 출원 비중을 보이고 있으며, 유럽에서는 Boeing과 IoT IP가 가장 높은 출원 비중을 보이고 있으며, 한국과 일본의 경우에는 최다 출원인의 출원 건수가 2건에 불과하여 다른 출원인에 비해 압도적인 출원 비중을 보이는 출원인은 없음
- 미국 등록 특허로부터 추출하는 시장확보력(PFS), 기술영향력(CPP), 특허인용지수(PR) 및 비특허 인용지수(NPR)에 대한 분석은, 유효 데이터가 부족한 관계로 유의미한 결과가 확인되지 않았음
- 공항의 통합관제시스템과 관련하여 유사한 기술을 언급한 특허가 일부 존재하나, 권리 선점이 이루어지지 않거나 관련도가 높지 않은 편이기에, 본 과제 수행기관이 차별화된 부분에 있어서 적극적인 연구 활동을 보인다면 해당 기술 범위에 대한 권리 확보가 가능할 것으로 판단됨
- 기술 분야별로 살펴보면 공항 통합관제 운용 기술[AA]은 유사 기술을 언급한 특허 중 권리를 취득한 특허는 없으나, 본 제안 기술과 관련도가 높은 일본공개특허[JP2020-198024A]에서 항공기와 같은 이동체의 이미지를 취득하여 표시하는 화상 처리 수단을 갖춘 시스템으로, 이미지 기억 수단의 구성 등 구조적으로 유사한 부분이 있어, 상기 특허가 권리를 취득하면 이에 대한 회피 설계가 필요할 것으로 판단됨
- 공항 통합관제 감시 기술[AB]은 한국등록특허[KR1129870B1]에서 공항에 설치된 다양한 종류의 센서로부터 동적/정적 데이터를 주기적으로 수집하고 처리하는 기술로서, 구조 및 방법에서 다소 차이가 있고, 권리 부분에 센서로부터의 원시데이터 전송에 있어서 제어가 수행되는 구성이 더 추가되어 있어 회피는 수월하다고 판단됨
- 공항 통합관제 자료처리 기술[AC]은 미국등록특허[US11170653B2]에서 원격 항공교통관제소에서 관제탑이 없는 공항에서의 항공기에 상태를 알리기 위해 송신기 강도를 동적으로 변경하는 기술로써, 목적 및 효과에서 다소 차이가 있고, 권리 부분에 신호 강도를 동적 변경하는 구성이 더 추가되어 있어 회피는 수월하다고 판단됨
- 따라서 향후 구체안 적용 시 등록유지 중인 2건(Potomac Aviation Technology, 한국시설안전공단)에 대한 대응 전략(회피 설계, 대체 설계 등) 및 심사대기 중인 건(Japan Radio)의 권리취득 여부를 추적 관찰할 필요가 있는 것으로 판단됨

□ 국내 기수행된 연구과제 현황 분석 소결

- 국내에서는 인공지능, 빅데이터, 머신러닝 등 최신기술을 활용한 공항교통관제, 감시 및 탐지 등 통합관제 관련 R&D 과제가 수행됨
 - 공항 지상이동 감시 및 관제 기술에 대해서는 제품화 단계 수준의 연구개발이 이루어졌으나, 원격관제 관련 대다수 연구는 기술 타당성 분석을 위한 선행연구 수준임

제4절 국내 연구개발 인프라 분석

1. 연구 인프라 분석

□ 국내공항 현황

○ 국내에는 15개의 공항이 있으며, 공항 건설 사업 예정지는 4개

표 31. 전국 공항시설 현황(1)

구분	인천	김포	김해	제주	광주
소재지	인천시 중구 공항로424번길 47	서울 강서구 하늘길 112	부산 강서구 공항진입로 108	제주시 공항로 2	광주시 광산구 상무대로420-25
부지(㎡)	56,668,000	8,440,923	3,697,435	3,497,380	150,599
활주로(m)	3,750×60 3,750×60 4,000×60	3,200×60 3,600×45	2,743×46 3,200×60	3,180×45 1,900×45	2,835×45 2,835×45
계류장(㎡)	5,260,012	1,215,487	405,337	449,393	44,300
여객터미널(㎡)	1,062,147 (탑승동포함)	167,628	109,974	125,867	10,561
주차장(㎡)	1,338,543	336,996	199,148	147,364	38,300
화물터미널(㎡)	347,874	119,551	28,063	17,830	2,765
항행 안전시설	15R/33L 15L/33R16/34 ILS(CAT-IIIb)	14R:ILS(CAT-IIIb) 14L/32R/32L:ILS(CAT-I)	36L:ILS(CAT-II) 36R:ILS(CAT-I) 18R/18L:선회접근(비정밀)	07:ILS(CAT-II) 25:ILS(CAT-I)	04R:ILS(CAT-I) 22L:LLZ/DME(비정밀) 04L/22R:PAR(정밀)
운항횟수 (년)	500,000	226,000	152,000 (민항:118,000)	172,000	140,000
동시주기 (대)	239	144 (일반85/소형59)	42 (일반39/소형3)	42 (일반40/소형2)	5
여객 (만 명)	7,700	4,020	1,899	3,175	294
동시주차 (대)	40,711	10,069	7,118	3,588	1,206
화물 (만 톤)	500	121.5	35.2	33.5	5.6
운항 항공기	A320, A330, A340, A350, A380, B737, B747, B767, B777, B787 등	B737, B747, B767, B777, B787, A320, A321, A330, A380, A220	B737, B767, B787, A319, A320, A321, A330, A220	B737, B747, B767, B777, A320, A321, A330, A220	B737, B767, A320, A321, A220
최저착륙 시정	RVR75m	14R:RVR75 14L/32R/32L: :RVR550	36L:RVR350 36R:RVR550 18R/18L:4,800	07:RVR300 25:RVR750 31:4800	04R/04L:RVR730 22L:2,000 22R:1,220

자료 : 국토교통부(2020), 국내 공항시설 현황

표 32. 전국 공항시설 현황(2)

구분	대구	청주	무안	양양	울산	
시설 현황	소재지	대구시 동구 공항로221	충북청원군 내수읍 오창대로 980	전남 무안군 망운면공항로 970-260	강원도 양양군 손양면 공항로201	울산시 북구 산업로 1103
	부지(㎡)	171,308	1,909,645	2,682,000	2,488,500	919,977
	활주로(m)	2,755×45 2,743×45	2,744×60 2,744×45	2,800×45	2,500×45	2,000×45
	계류장(㎡)	51,182	115,243	113,094	72,385	33,480
	여객터미널(㎡)	27,125	29,926	29,106	26,130	8,886
	주차장(㎡)	44,145	144,113	66,990	14,734	26,530
	화물터미널(㎡)	844	2,257	2,022	-	-
	항행안전시설	31L/13R:ILS (CAT-I) 31R:LLZ/DME (비정밀) 13L:선회접근 (비정밀)	24R/06L:ILS (CAT-I) 06R/24L:PAR (정밀)	01/19:ILS(CAT-I)	15:선회접근 (비정밀) 33:ILS(CAT-I)	36:ILS(CAT-I) 18:VOR/DME (비정밀)
처리 능력	운항횟수(년)	140,000	140,000 (민항:60,000)	140,000	43,000	60,000
	동시주기(대)	11	18 (일반10/소형8)	50 (일반6/소형44)	25 (일반7/소형18)	6 (일반4/소형2)
	여객(만 명)	375	441	510	317	241
	동시주차(대)	1,671	4,926	1,895	534	555
	화물(만 톤)	1.8	3.8	3.3	-	-
	운항항공기	B737, A320, A321, A220	B737, B777, A320, A321	B737, A320, A321	B737, A320, A321	B737, A320
	최저착륙시정	31L:RVR730 13R:2,400 31R:1,200 13L:4,400	24R/24L:RVR800 06R/06L:RVR1,200	RVR550	15:4,600 33:RVR550	36:RVR800 18:4,400

자료 : 국토교통부(2020), 국내 공항시설 현황

표 33. 전국 공항시설 현황(3)

구분		포항	사천	여수	군산	원주
시설 현황	소재지	포항시 남구 동해면 일월로 18	사천시 사천읍 사천대로 1971	여수시 울촌면 여순로 386	군산시 옥서면 선연리 산동길 2	횡성군 횡성읍 횡성로 38
	부지(㎡)	2,479,009	45,299	1,330,930	142,803	16,429(*)
	활주로(m)	2,133×46	2,744×46 2,744×46	2,100×45	2,745×45 2,454×23	2,743×45
	계류장(㎡)	32,617	13,140	41,868	13,758	6,590
	여객터미널(㎡)	11,707	4,712	13,328	3,014	1,671
	주차장(㎡)	17,327	9,893	20,210	10,421	4,412
	화물터미널(㎡)	-	-	-	-	-
	항행 안전시설	10:PAR(정밀) 28:VOR/TAC(비정밀)	24R:ILS(CAT-I) 06L:LLZ/DME(비정밀) 24L/06R:PAR(정밀)	17/35:ILS(CAT-I)	18/36:ILS(CAT-I)	03/21:PAR(정밀)
처리 능력	운항횟수(년)	100,000	140,000	60,000	140,000	115,000
	동시주기(대)	5	2	5	2	1
	여객(만 명)	357	92	270	52	28
	동시주차(대)	446	307	649	385	173
	화물(만 톤)	-	-	-	-	-
	운항항공기	B737, A220	B737,A321	B737, A320, A321	B737	B737, A220
	최저 착륙시정	10:1,200 28:4,000	24R:1,400 06L:2,400 24L:4,800 06R:2,400	17:RVR550 35:RVR750	RVR800	2,000

자료 : 국토교통부(2020), 국내 공항시설 현황

표 34. 공항 건설 사업 예정지

구분	백령도	흑산도	울릉도	가덕도
소재지	인천 옹진군 백령면 솔개지구	전남 신안군 흑산면	경북 울릉군 울릉읍 사동리	부산 강서구 가덕도
부지(㎡)	254,000	683,000	430,000	5,979,000
활주로(m)	1,200×30	1,200×30	1,200×36	3,500
계류장(㎡)	-	-	12대 규모	51대 규모
여객터미널 (㎡)	-	3,000	4,500	335,000
주차장(㎡)	-	4,500	4,500	-
비고	50인승 소형 공항	50인승 소형 공항	50인승 소형 공항	-
시설	활주로, 관제탑, 여객터미널 등	계류장, 여객터미널 등	계류장, 여객터미널 등	-
동시주차(대)	-	150	150	-
화물(만 톤)	-	-	-	63
운항항공기	-	C급 항공기 (DHC-8-300)	C급 항공기 (ATR-42, DHC-8-300)	C급 항공기, D급 항공기, E급 항공기, F급 항공기,

자료 : 인천광역시(2021), 백령공항 예타 선정, 2027년엔 비행기타고 백령도 간다
 한국개발연구원(2013), 2013년도 예비타당성조사 보고서 흑산도 공항 건설사업
 세계일보(2021), '흑산공항 건설사업' 승인 끝내 해 넘기나
 한국개발연구원(2013), 2013년도 예비타당성조사 보고서 울릉도 공항 건설사업
 경남도청(https://www.gyeongnam.go.kr/index.gyeong?menuCd=DOM_000000103005007004)

[참고] 해외 공항 기술개발 인프라 현황

□ 싱가포르 창이공항

- 싱가포르 창이공항 그룹(Changi Airport Group)은 터미널4를 첨단기술 관련 기업 및 스타트업기업과 협력하여 미래 공항운영에 이바지할 새로운 솔루션 개발, 실제 공항 환경에서 시범 활용할 수 있는 테스트베드로 운영
- 창이공항 그룹과 정부, 지상조업사, 컨세션 파트너, 보안 서비스 제공업체 등 다양한 파트너들에게 공항의 미래 경쟁력에 이바지할 수 있는 새로운 솔루션을 함께 개발, 시험, 시연할 수 있는 플랫폼을 제공

< 싱가포르 창이공항 리빙랩 프로그램 >

프로그램	내용
Automation and Robotics	Optimize manpower resources and empower the airport workforce to operate more efficiently
Data Analytics and Internet of Things (IOT)	Enable smarter decision-making to optimize operations and enhance the airport's product lifestyle offerings
Non-intrusive Security Technologies	Enhance passenger experience during security processes, while strengthening safety and security
Smart Infrastructure Management	Leverage new technologies such as sensors, IoT and smart controls to optimize infrastructure resources

- 활주로 이물질(FOD) 감시 기술, 수하물 처리 기술, 터미널 간 연결 교통수단, 비행장 착륙 유도 조명, 공항 탑승교 시설 등을 미래 엔지니어링 기술 개발 대상으로 선정
- COVID-19 팬데믹으로 인해 항공 여행이 급감하면서 잠시 터미널 운영이 중단되었으나, '22년 7월부터 재개장하여 늘어나는 항공 수요에 대비한 자동화 시스템 테스트 실시

2. 연구 인력 분석

□ 국내 연구개발 수행기관

- NTIS 분석을 통하여 통합관제를 포함한 공항 분야 연구과제를 수행한 산·학·연 등 다양한 수행기관을 확인
 - 국토교통부 과제는 총 62곳에서 과제를 수행했으며, 산업계(35곳, 56%), 학계(17곳, 27%), 정부출연연구소(5곳, 8%) 순으로 큰 비중을 차지
 - 타 부처 과제는 총 134곳에서 과제를 수행하였으며, 산업계(86곳, 64%), 학계(37곳, 28%), 정부출연연구소(4곳, 3%) 순으로 큰 비중을 차지
- NTIS 분석 결과, 기업 규모별 과제 수행기관은 아래 표와 같음

표 35. 기업 규모별 과제수행기관명 (국토교통부)

구분	과제수행기관명	구분	과제수행기관명
중소기업	아이엔텍	중견기업	제주항공
	세화기계		인성정보
	지필로스		대기업
	이노비스	인천국제공항공사	
	미래엔비텍	한진정보통신	
	에임시스템	Western Pavement Research Group	
	에이피우주항공 (주)	엘에스산전	
	(주)아이비리더스	대학교	인하대학교
	(주)유니텍		한국항공대학교
	인소팩주식회사		한서대학교
	(주)우리별		인하대학교 산학협력단
	모피언스		서울대학교 산학협력단
	에이앤디엔지니어링		한국항공대학교 교산학협력단
	네오드림스		서울대학교
	비에네스소프트		충남대학교
	(주)브이티더블유		한양대학교
	(주)에코시안		건국대학교
	상봉이엔씨		한국기술교육대학교
	삼우아이엠씨		University of Florida
	(주)미래기후		중앙대학교
	한국비즈넷		홍익대학교
	필링크		한국산업기술대학교
	벤처비	세종대학교 산학협력단	
	엘케이일레븐	한서대학교 산학협력단	
	다보이앤씨	기타	전자부품연구원
그리드스페이스	교통안전공단항공안전센터		
새일시스템즈	교통안전공단		
주식회사 로드텍	항공안전기술원		
한국산업기술시험원	국토교통과학기술진흥원		
출연연구소	한국항공우주연구원		
	한국교통연구원		
	한국전자통신연구원		
	한국과학기술원		

자료 : NTIS

표 36. 기업 규모별 과제수행기관명 (타 부처)

구분	과제수행기관명	구분	과제수행기관명
중소기업	(주)경인테크	중소기업	세원테크
	(주)광우		쉐어밸류
	(주)다보이앤씨		시드코어
	(주)대양정보통신		아이엠테크놀러지
	(주)링크텍		아이트립
	(주)미래기후		안세기술
	(주)비즈엔		알피원
	(주)세이프웨이		에스피테크놀러지(주)
	(주)스마트포트테크놀로지		에이원네트웍스
	(주)스카이시스		엘에스텍
	(주)시스텍		엘케이스마트
	(주)씨엔테크		엠디에스테크놀로지
	(주)에스앤씨랩		유니맥스정보시스템(주)
	(주)에어로마스터		유비콤테크놀로지
	(주)에이텍티앤		유양산전(주)
	(주)엑스엠더블유		유피맥스커뮤니케이션즈
	(주)엔텔스		이엘
	(주)엔퓨텍		이지파워
	(주)엠에이티		정우이엔지
	(주)유엔이		(주)미래테크
	(주)이노션		(주)브링프라이스
	(주)인텔리안테크놀로지스		즐거운미래(주)
	(주)일루미네이터		지안테크(주)
	(주)제이앤디테크		카프마이크로
	(주)제타럭스시스템		코다임
	(주)지앤아이테크		투캔즈
	(주)케이랩스		티엔씨퍼스트(주)
	(주)크루메이트		티제이솔루션
	(주)트로닉스		한컴엠디에스
	(주)파인브이티		회명정보통신
	(주)팔네트웍스		(주)다산네트웍솔루션즈
	(주)페타리		(주)다산네트웍스
	(주)포디솔루션		한국항공우주산업
	(주)폴라리움		(주)파인텔레콤
	(주)프라이머리넷	엘아이지넥스원(주)	
	(주)피치케이블	부산대학교	
	(주)필컴	한국항공대학교	
	(주)하늘소프트	한서대학교 산학협력단	
	(주)하버맥스	충남대학교 산학협력단	
	(주)한컴유니맥스	고려대학교	
MDS테크놀로지(주)	인하공업전문대학교 산학협력단		
가온테스팅	인하공업전문대학교		
그린광학	전남과학대학교 산학협력단		
나눔전자	전남과학대학교		
넥시스	국민대학교 산학협력단		
누리텔레콤	경상대학교		
다산네트웍솔루션즈	홍익대학교		
디케이컴	한양대학교 산학협력단		
딕토	상명대학교		
사람과환경	상명대학교 산학협력단		
서울스탠다드	순천향대학교 산학협력단		
	중견기업		
		대기업	
			대학교

자료 : NTIS

표 36. 기업 규모별 과제수행기관명 (타 부처) [계속]

구분	과제수행기관명	구분	과제수행기관명	
대학교	Kent State University	대학교	송실대학교 산학협력단	
	성결대학교 산학협력단		서울대학교	
	수원대학교 산학협력단		동아대학교	
	수원대학교		극동대학교	
	한밭대학교 산학협력단		경북대학교	
	충남대학교	기타	전자부품연구원	
	중앙대학교		한국원자력안전기술원	
	전남대학교		대구경북과학기술원	
	한국산업기술대학교 산학협력단		(재)한국화학융합시험연구원	
	연세대학교 산학협력단		한국화학융합시험연구원	
	고려대학교 산학협력단		한국조명연구원	
	경운대학교 산학협력단		한국광기술원	
	광운대학교		출연연구소	한국전자통신연구원
	단국대학교 산학협력단			한국항공우주연구원
	금오공과대학교 산학협력단			한국원자력연구원
	금오공과대학교			한국과학기술원

자료 : NTIS

□ 인력 수준 평가

- 공항·항공 전문가, 이해관계자 등을 대상으로 통합관제를 포함한 스마트공항 4.0 중점분야별 국내 인력 수준에 대해 5점 척도로 조사 수행
 - 조사 기간 : 2022.09.20. ~ 2022.10.21.
 - 조사 대상 : 기획위원회 및 항공 분야 전문가 등 26명 응답

표 37. 인력 수준에 대한 척도

해당 분야 세계적 수준의 국내 전문인력 충분	-	해당 분야 국내 전문인력 다소 부족	-	거의 없음
5	4	3	2	1

○ 인력 수준 평가 결과

- 기존 인프라가 충분한 철도 및 도로 수단에 대한 인력 수준을 높게 평가하였으며, 공항 안전, 공항 보안, 수하물관리 등에 대해서도 국내 전문인력이 충분하다고 평가
- 스마트공항 통합공항운영 기술은 국내 기술 연구개발이 수년간 지속되어 오면서 비교적 높은 수준의 인력을 보유한 것으로 평가
- 친환경 스마트공항과 관련 기술의 연구인력 수준은 비교적 낮게 평가되었으며, 도심 항공 및 원격 공항운영 기술의 경우 국내외의 높은 관심도에 비해 국내 연구인력은 매우 부족하다고 평가

표 38. 인력 수준 조사 결과

중점분야	대분류	중분류	종합 점수	순위	
통합 공항운영 (A)	에어사이드 운영 (A1)	항공기 출도착 관리	3.54	13	
		지상이동 관리	3.35	19	
		주기장 배정관리	3.54	13	
		턴어라운드 관리	3.35	19	
	랜드사이드 운영 (A3)	여객흐름 관리	3.54	13	
		수하물 관리	3.73	7	
	공항운영 결합 (A5)	공항운영 시스템연동	3.35	19	
		공항운영 정보관리	3.38	17	
			원격 공항운영	2.62	33
	공항운영 성능 (A7)	공항운영 성능측정	3.35	19	
공항운영 최적화		3.15	28		
스마트공항 접근교통 (B)	교통수단 (B1)	도로수단	3.69	8	
		철도수단	3.88	1	
		도심항공	2.96	31	
	접근교통관리 (B3)	접근교통안내	3.62	9	
		주차관리	3.58	11	
친환경 스마트공항 (C)	대기질 관리 (C1)	지상이동 친환경화	3.19	25	
		대기질 측정	3.31	23	
	에너지관리 (C3)	에너지 효율화	3.19	25	
	수질 및 폐기물 관리 (C5)	수질 및 오염방지	3.19	25	
		폐기물 처리/재활용	3.04	30	
	공항소음 관리 (C7)	공항소음 감시	3.08	29	
공항소음 방지		2.85	32		
스마트공항 안전/보안 (D)	항공기 이동지역 안전관리 (D1)	충돌 예방관리	3.38	17	
		활주로/유도로 안전관리	3.46	16	
		공항시설 안전관리	3.31	23	
	터미널 안전관리 (D3)	여객 안전관리	3.58	11	
		수하물 안전관리	3.62	9	
	공항 보안경비 (D5)	공항시설 보안경비	3.85	4	
		보호구역 출입 통제	3.77	6	
	공항 보안검색 (D7)	승객 보안검색	3.81	5	
		수하물 보안검색	3.88	1	
항공화물 보안검색		3.88	1		

3. 연구 인프라 분석 소결

- 국내 항공 분야 연구개발 과제를 통해 산·학·연에서 꾸준히 기술개발을 통해 연구 기반을 마련하고 있으며, 인력의 경우 통합관제에 관한 관심이 증가하는 것에 비해 연구인력은 부족한 것으로 평가됨
- 통합관제를 위한 연구개발 활동 및 개발된 시스템의 적용성 평가를 위해서는 실제 공항과 동등 수준의 시설이 필요하며, 기존 공항뿐 아니라 건설 예정인 공항에 연구개발에 필요한 시설을 구축하는 방안이 필요

제5절 종합 분석

1. 동향 분석을 통한 연구개발 추진 방향

- 공항 내 관제탑에서 수행하던 비행장관제업무를 먼 거리에 떨어진 관제센터에서 수행하는 통합관제 기술의 타당성 분석을 위하여 국내외 정책동향, 국내외 시장동향, 국내외 기술 동향, 국내 연구개발 인프라 등의 분석 결과를 통하여 연구개발 추진방향을 제시함
- 동향 분석 결과를 종합적으로 검토해 보면, 통합관제 기술은 크게 ① 통합관제시스템 개발 기술, ② 통합관제시스템 인증 기술, ③ 통합관제 운용 기술로 구분할 수 있으며, 각 기술의 연구개발 추진방향을 다음과 같이 제시함
- 통합관제시스템 개발 기술 추진 방향
 - 통합관제시스템은, 공항 전체를 내려다볼 수 있는 높이의 마스트(철탑)에 다수의 광학 카메라 또는 적외선 카메라를 설치하여 공항 상황에 대한 이미지 정보를 획득하는 **항공감시장비**, 수집된 이미지 정보를 처리하여 항공기 출도착, 지상이동 등 비행장관제업무에 필요한 제반 정보를 통합관제센터의 관제사에게 표출하는 **자료처리장비**, 그리고 공항과 통합관제센터 간 데이터를 실시간으로 전송하는 **통신망**으로 구성함
 - 항공감시장비는 공항 감시 기능에 적합한 광학 카메라, 적외선 카메라 등을 선정하고, 기존 감시레이더, ADS-B, MLAT 등의 감시장비와 융합하여, 공항에서 발생할 수 있는 어떠한 상황에도 관제사가 상황인식을 할 수 있도록 다중센서 개념으로 추진함
 - 또한, 다중센서 도입 시 대용량 정보가 생성되어 공항과 통합관제센터 간 초고속 통신망이 필요하지만, 저속 통신망에서도 사용할 수 있도록 인공지능 기술을 적용하여 최소한의 이미지 정보로 공항의 상황을 전달할 수 있는 기술을 개발함
 - 자료처리장비는 A-SMGCS, AMAN/DMAN, e-Flight Strip 등 기존 관제장비에 더하여 270도 이상의 방위각을 갖는 대형 디스플레이 화면을 이용하여 공항 상황을 실시간으로 있는 그대로 표출할 수 있도록 개발함
 - 또한, 확장현실 기술을 활용하여 2D 디스플레이 화면이 아닌 3D 공간에 공항 상황을 실시간으로 재현함으로써 관제사의 공항 상황인식 기능을 개선하는 방향으로 추진함
 - 국내에서 추진 중인 도서 지역 신공항의 경우, 기존 전용망 대역폭에 한계가 있고 고속 대용량 전용망을 신규 구축하기 어려운 상황이므로, 상용 통신망을 포함하여 보안, 성능 등을 종합적으로 고려한 통신망 선정과 구현이 필요함

○ 통합관제시스템 인증 기술 추진 방향

- 본 연구개발을 통해서 개발되는 통합관제시스템을 공항에 설치하여 운용하기 위해서는 항행 안전시설 성능적합증명을 획득하여야 하며, 이에 앞서 우선 통합관제시스템에 대한 기술기준이 마련되어야 함
- 유럽과 미국에서 개발된 기술기준이 있으나 국내에는 아직 반영되지 않은 상태이므로, 본 연구개발을 통해서 국내 실정에 적합한 통합관제시스템 기술기준을 개발하고, 이에 대한 적합 여부를 판정할 수 있는 입증 방법과 절차를 개발함
- 최근 다수의 공항을 하나의 관제센터에서 운영하는 통합관제 기술개발이 다방면으로 추진되고 있으므로, 해외 방문 및 기술협력을 통하여 통합관제 기술기준 및 적합성 판정에 대한 입증 기술을 개발함

○ 통합관제 운용 기술 추진 방향

- 국내 공항에 통합관제서비스 도입 시 비용 절감, 인력 운용 효율 등 효과도(MOE, Measure of Effectiveness) 분석을 위하여 통합관제시스템 개발 전 모델링/시뮬레이션(M&S) 도구를 이용한 효과도 예측을 수행하고, 이를 기반으로 관제사 요구(Needs)를 반영하여 통합관제시스템의 최상위 운용 요구조건을 도출함
- 운용 요구조건을 충족하는 통합관제시스템이 개발되면, 통합관제서비스 운용성을 확인하기 위하여 실제 공항을 이용한 테스트베드를 구축하고, 정상/비정상 시나리오에 대하여 반복 시행을 통한 통계적 분석을 수행함
- 실증을 위한 테스트베드 공항은 관계부처와 협의를 통하여 2곳을 선정하고, 이동형 관제탑 등을 이용한 단계별 전환을 시행함으로써 안전이 보장되는 방식으로 추진함

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구

CHAPTER

제3장

연구개발과제 구성 및 추진전략

- 제1절 연구개발 추진방향 도출
- 제2절 연구비전 및 목표
- 제3절 연구개발과제 구성
- 제4절 핵심과제별 주요내용 및 추진전략
- 제5절 과제 간 연계관계
- 제6절 기술로드맵 및 성과로드맵
- 제7절 기술효과 및 성과 활용 방안
- 제8절 연구수행체계 제안

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

제1절 연구개발 추진방향 도출

1. SWOT 분석

□ 강점(Strength)

- 국토 균형발전을 고려한 울릉도, 흑산도 등 도서지역 공항 건설, 지방 소규모 공항의 재정악화 등으로 인해 정부의 통합관제 추진의지 증가
 - 제6차 공항개발 종합계획(2021~2025) 등을 통해 울릉도, 흑산도 국내 도서지역을 위한 소형 공항이 개발될 예정이며, 도서지역 소규모 공항은 내륙 지역의 공항과 달리 지역적 특성에 의해 새로운 관제 서비스 필요
 - 지방 소규모 공항은 항공교통량 감소로 공항운영에 재정적 어려움을 겪고 있어 운영 및 비용 측면에서 효율적인 관제서비스 필요
 - 국가항행계획(2021년), 항행안전기술 발전 기본계획(2021년) 등 정책을 통해서 도서지역 및 소규모 공항 운영 대비, ICT기술을 활용한 관제 개선 등을 위한 원격 통합관제시스템 구축 적극 추진
- 인천국제공항공사는 인공지능, 디지털트윈 등 첨단 ICT기술을 적용하여 계류장 관제 등 일부 통합관제 기술개발 추진 중
 - 2019년부터 스마트 계류장관제 플랫폼 구축 설계 및 연구 등을 해오고 있으며, 2022년까지 T2 계류장 구역에 인공지능(AI), 증강현실(AR) 등 첨단 ICT 기술과 통합플랫폼 기술을 적용한 스마트 통합관제 플랫폼 구축 추진
- 4차산업혁명위원회 설치, 디지털 뉴딜 추진 등으로 인공지능 기술의 산업적 응용 확대 추진
 - 4차산업혁명위원회는 인공지능을 시장 경쟁과 산업 생산의 핵심요소로 보고 인공지능 국가 전략 수립을 통해 전 산업에 걸쳐 인공지능 기술의 산업적 활용 촉진을 위한 다양한 프로젝트 추진
 - 디지털 뉴딜 정책 추진 일환으로 우리나라의 강점인 인공지능 기술을 전 산업분야에 융합 및 활용하고자 하는 다양한 산업적 응용 및 연계 확대 추진

□ 약점(Weakness)

- 공항 시설·장비의 대부분을 수입에 의존하고 있어 국내 산업생태계 미형성
 - 공항 시설, 장비 및 SW 등 대부분을 외국 기업을 통해서 공급받고 있으며, 국내 수요 및 관련 기업체가 부족하여 국내 산업생태계 및 인프라 미조성
 - 외산 시스템의 경우 제조사 간 인터페이스가 동일하지 않고 데이터 공유가 폐쇄적이기 때문에 국내 기술의 적용 및 추가적인 연구개발이 어려움

- 정부의 통합관제 기술개발 투자 미흡으로 원격지 공항의 항공감시, 자료처리 및 실시간 통신망 기술력 부족
 - 국내 통합관제 기술 개발은 주로 계류장 관제를 중심으로 진행 중이며, 실제 원격지 관제를 위한 기술 연구개발 사례나 적용 사례는 전무
 - 통합관제의 핵심 요소기술인 대역폭이 한정된 환경에서 대용량 자료 처리 및 전송, 실시간 통신망 및 네트워크 등에 대해서 기술개발을 수행한 적이 없어 관련 원천기술 미보유 및 기술 경쟁력 부족
- 국내 R&D 결과물의 실적 부족은 높은 신뢰수준을 요구하는 공항장비 시장에 진입 장벽으로 작용
 - 개발한 기술의 신뢰도를 파악할 수 있는 인프라와 개발한 기술을 상용화할 수 있는 규격 또는 기준 부재로 인해 기술의 현장 실증 및 운영경험이 부족하여 공항장비 시장 진출에 어려움 존재

□ 기회(Opportunity)

- ICAO의 미래 항공시스템 전환계획(ASBU)을 바탕으로 미국, 유럽 등은 통합관제 관련 규정 제정 추진
 - 유럽연합(EU)는 유럽항공안전청(EASA)의 ED Decision 2019/004/R(원격 공항ATS), 유럽 민간항공기구(EUROCAE)의 ED-240 Remote Tower Optical Systems(원격 타워 광학 시스템) 등 다양한 제도적 기반을 마련 및 공개하여 선도적인 통합관제 서비스 프로세스 구축과 동시에 적극적인 통합관제 시스템 도입을 추진
 - 미연방항공청(FAA)은 통합관제시스템 도입을 위해 표준, 기술 및 운영요구사항 등 규정과 제도를 마련하였으며, 이를 기반으로 Leesburg Executive Airport(JYO)과 버지니아 및 북부 콜로라도 지역 러브랜드의 공항(FNL)에서 실증 시험을 진행
- 스웨덴 살른공항, 영국 런던시티공항에서 통합관제를 도입하는 등 공항장비, 관제탑 모듈, 네트워크 솔루션 등 글로벌 통합관제 시장 성장 전망
 - 스웨덴 살른공항(2019년), 영국 런던시티공항(2020년)의 통합관제 도입에 이어 많은 유럽 국가가 공항 수용량 증가, SESAR 이행, 항공인프라 현대화 및 디지털화 등 대응을 위한 공항 인프라 개발 투자 증가로 2030년까지 글로벌 통합관제 시장규모가 1조 5,000억 달러로 성장 예상 (2020년, Fortune Business Insights)
 - 특히 공항의 안전 운영을 위한 운영 분야별 시장(통신, 정보 및 제어, 비행 데이터 처리, 감시 및 시각화) 중에서 실시간 추적 시스템 수요 증가로 비행 데이터 처리 부문이 빠르게 성장할 것으로 전망

- 스웨덴은 관제 당국과 세계 최초(2015)로 원격 관제소 운영 승인 및 개시 이후 관제탑 없는 원격 관제를 단독 도입공항을 운영, 현재 순스발(Sundsvall) LFV 원격 타워 센터에서 총 4개 공항(Örnsköldsvik, Sundsvall, Sälen, Linköping)에 원격 관제 서비스 제공 중이며, SAAB와 함께 16개 소규모 공항 원격 관제소 추진 예정
- 노르웨이는 노르웨이 항공청 주도로 세계 최대 통합관제 프로젝트 AVINOR NINOX Program을 진행하고, 약 9,500억 예산으로 2022년까지 15개 공항으로 확대 예정

□ 위협(Threat)

- 통합관제 시장은 글로벌 기업을 중심으로 선점하고 있으며 높은 진입장벽 존재
 - 유럽, 미국 등 글로벌 공항에서 통합관제 시스템을 구축하여 이미 통합관제 서비스 운영노하우를 보유 중이거나 현재 시험 중인 글로벌 주요 플레이어들이 탄탄한 상용화 실적과 기술력으로 신규업체들의 시장진입을 차단
 - 소요되는 개발비용이 크고 연구개발 기간이 긴 편이기 때문에 정부의 전폭적인 지원 없이 시장 진입이 어려움
- 통합관제시스템은 항공감시장비, 센서, 정보융합 및 고성능 자료처리, 실시간 데이터 통신망 등 첨단 ICT 요구
 - 원격 관제를 위해 요구되는 비디오 및 오디오 데이터의 대역폭 양은 기존의 항공 교통 관리 애플리케이션(레이더, VHF 및 기타 애플리케이션)보다 높음
 - 항공 교통의 안전 보장을 위해 시스템 고장이나 정보 공급 지연 등 안전에 영향을 줄 수 있는 매개변수인 통신, 데이터 송수신, 영상 등에 대한 첨단 ICT 기술 활용 연구 필요

2. 연구개발 추진방향 정립

○ 통합관제 기술개발과 관련한 강점, 약점, 기회, 위협으로부터 연구추진전략을 도출함

표 39. SWOT 분석 결과 및 연구추진전략

강점(S)		위협(T)
<ul style="list-style-type: none"> - 울릉, 흑산 등 도서공항 설치, 소형공항 재정악화 등으로 정부의 통합관제 추진의지 증가 - 인천국제공항공사는 계류장 관제 등 일부 통합관제 기술개발 추진 중 - 4차산업혁명위원회 설치, 디지털 뉴딜 추진 등으로 인공지능 기술의 산업적 응용 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI, 빅데이터, 통신기술 등 디지털 기술과 공항·항공기술의 융합을 통해 통합관제 기술혁신 추진 ○ 공항공사 등 통합관제 수요자 참여를 통한 개발기술의 공항 적용 가능성 제고 	<ul style="list-style-type: none"> - 통합관제 시장은 글로벌 기업을 중심으로 선점하고 있으며 높은 진입장벽 존재 - 통합관제시스템은 항공감시장비, 센서, 정보융합 및 고성능 자료처리, 실시간 데이터 통신망 등 첨단 ICT 요구
<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합관제시스템 운용성 검증을 통해 국내 도서·소형공항 도입 가능성 제고 ○ 산업계 참여를 통한 산업생태계 형성 및 글로벌 시장진입 기회 마련 	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold;">S O C I A L</div> <div style="text-align: center;"> <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">ST전략</div> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 10px 0;">SWOT분석</div> <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">WO전략</div> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold;">W T S T R A T E G Y</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항공감시장비, 센서, 정보융합 및 고성능 자료처리, 실시간 데이터 통신망 등 통합관제 핵심기술에 전략적 투자 ○ 통합관제시스템 테스트베드 구축 및 공항적합성 검증을 통해 시장진입을 위한 신뢰성 확보 추진
<ul style="list-style-type: none"> - ICAO의 미래 항공시스템 전환계획(ASBU)을 바탕으로 미국, 유럽 등은 통합관제 관련 규정 제정 추진 - 스웨덴 살른공항, 영국 런던시티공항에서 통합관제를 도입하는 등 공항장비, 관제탑 모듈, 네트워크 솔루션 등 글로벌 통합관제 시장 성장 전망 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심항공장비 개발 및 검증을 통해 통합관제 장비 산업생태계 마련 및 시장진입 촉진 ○ 국제 규정에 부합하는 통합관제 시스템 기술기준, 성능평가기술 등을 포함한 제도적 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> - 공항 시설·장비의 대부분을 수입에 의존하고 있어 국내 산업생태계 미형성 - 정부의 통합관제 기술개발 투자 미흡으로 원격지 공항의 항공감시, 자료처리 및 실시간 통신망 기술력 부족 - 국내 R&D 결과물의 실적 부족은 높은 신뢰수준을 요구하는 공항장비 시장에 진입 장벽으로 작용
기회(O)		약점(W)



- AI, 빅데이터, 통신기술 등 디지털 기술과 공항·항공기술의 융합을 통해 통합관제 핵심기술(항공감시장비, 센서, 정보융합 및 고성능 자료처리, 실시간 데이터 통신망 등) 개발
- 공항공사 등 통합관제 수요자 참여를 유도하고 국내 도서·소형공항 도입 가능성 제고
- 산업계 참여를 통한 핵심 항공장비 개발 및 산업생태계 형성
- 테스트베드 구축 및 통합관제시스템 운용성 검증을 통해 글로벌 시장진입 기회 마련
- 국제규정에 부합하는 통합관제시스템 기술기준, 성능평가기술 등을 포함한 제도적 기반 마련

3. 중점추진 연구분야 도출

□ 상기 SWOT 분석을 통해 중점추진분야 도출

○ 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인

- 통합관제서비스 도입에 따른 효과도 분석, 통합관제시스템 운용개념 수립, 통합관제시스템 요구분석, 통합관제시스템 개발규격 관리, 통합관제시스템 통합/시험, 통합관제시스템 설치 및 시범 운용, 통합관제서비스 운용성 확인

○ 통합관제시스템 테스트베드 개발 및 시범 운용

- 통합관제시스템 테스트베드 요구분석, 원격지 공항 및 통합관제탑 테스트베드 구축, 시범 운용 항공기 확보, 시범 운용 관제사 확보, 시범 운용 시나리오 도출, 시범 운용 결과 분석

○ 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증

- 원격지 공항의 항공감시장비 요구분석, 항공감시 센서* 선정 및 배치 분석, 카메라 기반 항적 생성, 다중센서 기반 항공감시 정보융합, 저시정 상황에서의 항공감시, 다중센서 기반 성능 검증, 원격지 공항 항공감시장비 모니터링

* 항공감시 센서 : 파노라마용 전자광학장비(EO/IR), 팬/틸트/줌(PTZ) 전자광학장비, Mode-S, ADS-B, MLAT, 항공기 탐지/식별용 전자광학장비 등

○ 통합관제탑 자료처리장비 개발 및 성능 검증

- 통합관제탑 자료처리장비 요구분석, 감시정보/비행정보 융합처리, 원격지 자료전송 지연시간 보상 및 시각 동기화, 인공지능(AI)-확장현실(XR) 기반 관제사 디스플레이, 가상 카메라 기반 공항 상황인식 기술

○ 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증

- 원격지 간 데이터 전송 요구분석, 원격측정(Telemetry) 기반 데이터 전송, 네트워크 통신망(LAN/WAN) 기반 데이터 전송, 저궤도 위성통신망 기반 데이터 전송, 통신보안

○ 통합관제시스템 적합성 입증기술 개발

- 통합관제서비스 도입을 위한 법/제도 마련, 통합관제시스템 기술기준 개발, 기술기준에 따른 적합성 증명 기술 개발 (센서, 통신, 자료처리, 환경 등)

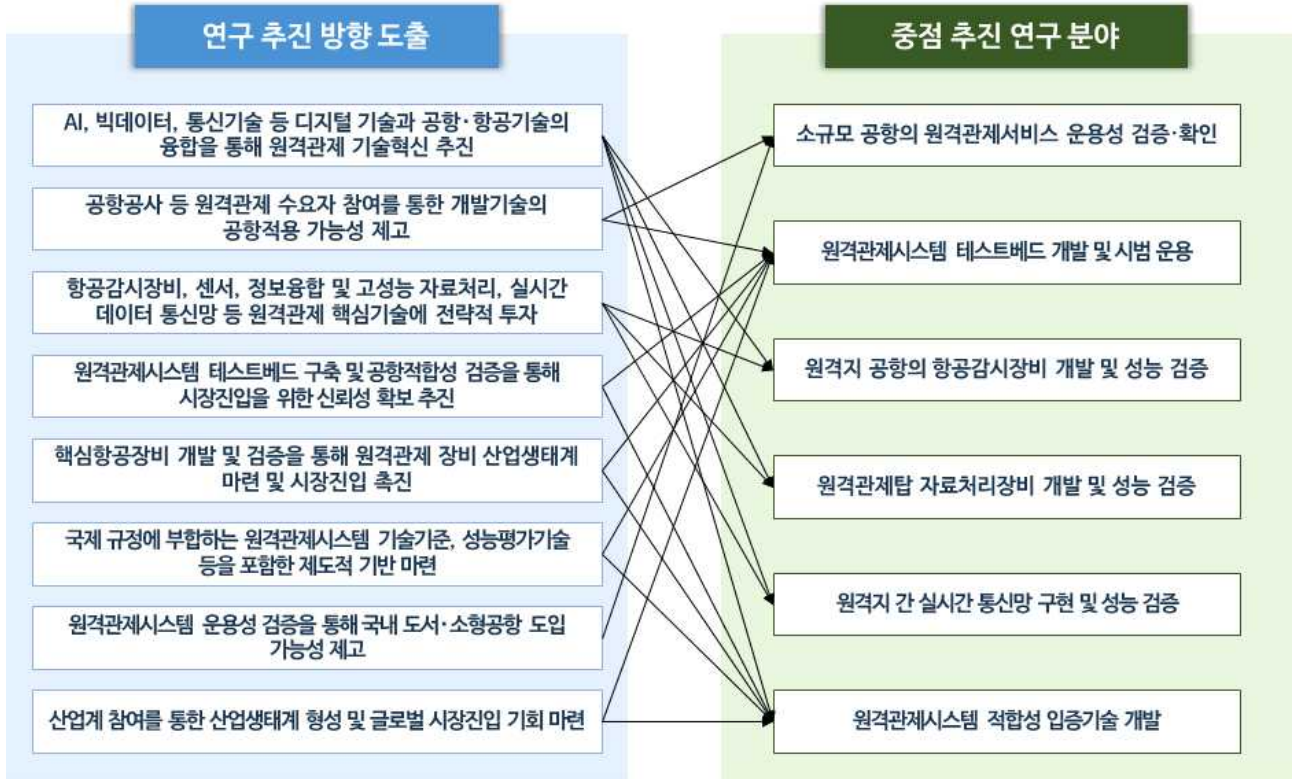
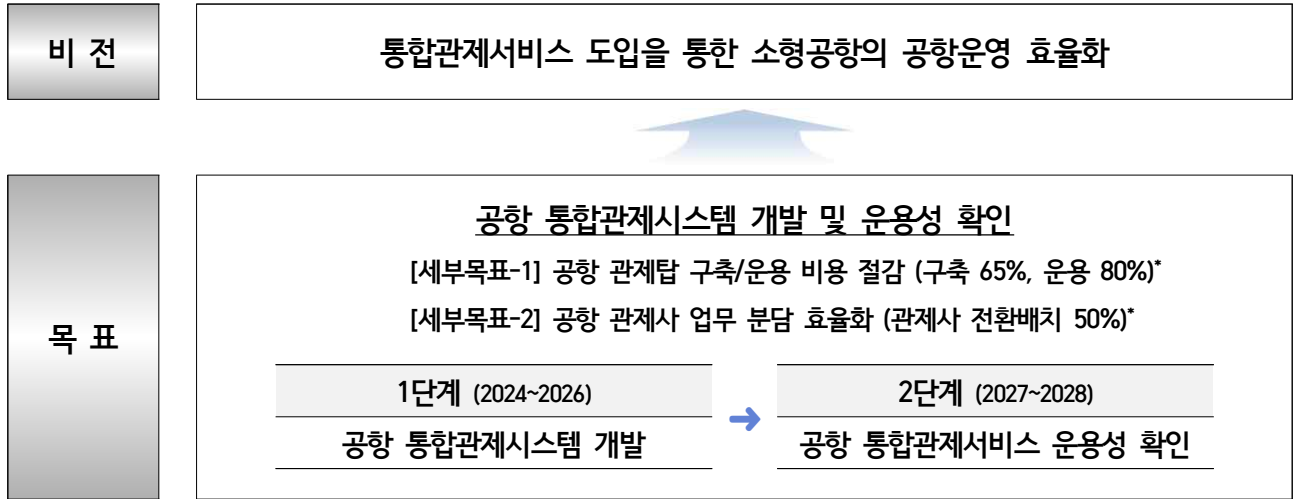


그림 95. 중점 추진 방향 도출

제2절 연구비전 및 목표

1. 연구비전 및 목표

- SWOT 분석을 통하여 전략으로부터 본 연구개발과제 추진을 통한 궁극적 비전과 사업목표 및 중점 추진 분야/기술을 수립함



* “관제탑 구축 및 운용 비용 비교”(표4) 참고 [출처:Transportation Research Part A 116 (2018) pp.15-30]

중점 추진 분야	주요 기술
통합관제서비스 운용	<ul style="list-style-type: none"> - 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증/확인 기술 - 통합관제시스템 테스트베드 개발 및 시범운영 기술
통합관제시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능검증 기술 - AI·XR 기반 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능검증 기술 - 원격지 간 초연결 통신망 구현 및 성능검증 기술
통합관제시스템 인증	<ul style="list-style-type: none"> - 통합관제시스템 기술기준 개발 - 기술기준에 따른 성능 적합성 검사기술

- 통합관제시스템 기술 개발 정량적 목표

항목	목표	항목	목표
영상 전송지연	1초 이내	PTZ 응답시간	250ms 이내
영상 전송실패 통지 시간	2초 미만	PTZ 속도	60deg/s 이상
시스템 간 시각 동기	100ms 이내	시스템 오류 인식 시간	10초 이내
이동물체 추적 갱신을	1Hz 이상	시정(청명조건)	최소 10km
영상 복원율	90% 이상	치명고장 간 평균 시간	20,000시간 이상

* 근거 : “Minimum Aviation System Performance Standard for Remote Tower Optical Systems”, EUROCAE, ED-240A Change 1, Sept. 2021.

2. 설정근거

□ 비전 설정 근거

- 본 연구개발의 비전은 「통합관제서비스 도입을 통한 소형공항의 공항운영 효율화」로, 국제민간항공기구(ICAO)의 '미래 항공시스템 전환계획(ASBU)'의 하나로 제시된 '원격관제(RATS)' 기술의 효과(비용효율, 운영효율, 상황인식 개선 등)와 우리나라 국가항행계획(NARAE 2.0)에 제시된 추진과제 'AI·XR 기반의 원격 관제서비스 제공'의 필요를 충족하도록 비전을 제시함

□ 목표 설정 근거

- 본 연구개발의 목표는 「공항 통합관제시스템 개발 및 운용성 확인」으로, 최종 달성해야 할 정량적 세부목표로 ① 구축/운영 비용 절감(구축 65%, 운용 80%)과 ② 업무 분담 효율화(관제사 전환배치 50%)를 제시함

공항 통합관제시스템 개발 및 운용성 확인

[세부목표-1] 공항 관제탑 구축/운영 비용 절감 (구축 65%, 운용 80%)*

[세부목표-2] 공항 관제사 업무 분담 효율화 (관제사 전환배치 50%)*

그림 96. 본 연구개발 목표

- 참고문헌[12]에 따르면, 기존 관제탑 대신 통합관제시스템을 적용할 경우, 구축 비용은 192억원에서 64억원으로 128억원(약 67%)을 절감할 수 있고, 유지·보수 비용은 연간 19.2억원에서 연간 3.2억원으로 연간 16억원(약 83%)을 절감할 수 있음

표 40. 기존 관제탑 대비 통합관제 구축 및 유지·보수 비용 비교

구분	구축 비용	유지·보수 비용 ^{주1}
기존 관제탑	£12M (192억원) ^{주2}	연간 £1.2M (연간 19.2억원)
통합관제(단일공항)	마스트 : £2M (32억원) 통합관제센터 : £2M (32억원)	연간 £0.2M (연간 3.2억원)

주1. 운영(유지·보수) 비용은 구축 비용의 10%로 산정

주2. 적용 환율 : £1.00 = 1,600원

- 또한, 참고문헌[12]에 따르면, 기존 관제탑 운영을 위해서 관제사 8명이 투입되지만, 통합관제 시 관제사 8명이 2개 공항을 원격으로 운영하므로 공항 당 관제사 인력이 8명에서 4명으로 감소됨
- 이를 근거로 구축비용 65% 절감, 운용비용 80% 절감, 관제사 전환배치 50%를 세부목표로 수립함

3. 단계별 목표

- 본 연구개발의 비전과 목표를 달성하기 위해서 2단계에 걸쳐 단계별 접근을 추진함
 - 1단계 (2024~2026) : 공항 통합관제시스템 개발
 - 2단계 (2027~2028) : 공항 통합관제서비스 운용성 확인
- 1단계에서는 공항 통합관제시스템 개발을 목표로 하여 다음의 연구개발 활동을 중점적으로 추진함
 - 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능검증
 - AI·XR 기반 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능검증
 - 원격지 간 초연결 통신망 구현 및 성능검증
 - 통합관제시스템 테스트베드 개발
 - 통합관제시스템 기술기준 개발

표 41. 통합관제시스템 기술 개발 정량적 목표

항목	목표	항목	목표
영상 전송지연	1초 이내	PTZ 응답시간	250ms 이내
영상 전송실패 통지 시간	2초 미만	PTZ 속도	60deg/s 이상
시스템 간 시각 동기	100ms 이내	시스템 오류 인식 시간	10초 이내
이동물체 추적 갱신율	1Hz 이상	시정(청명조건)	최소 10km
영상 복원율	90% 이상	치명고장 간 평균 시간	20,000시간 이상

* 근거 : "Minimum Aviation System Performance Standard for Remote Tower Optical Systems", EUROCAE, ED-240A Change 1, Sept. 2021.

- 2단계에서는 1단계에서 구축된 테스트베드 공항을 이용하여 공항 통합관제서비스 실증을 통한 운용성 확인 및 최종목표 달성을 중점적으로 추진함
 - 통합관제시스템 기술기준에 따른 성능적합증명 획득
 - 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증/확인
 - 공항 테스트베드를 이용한 통합관제서비스 시범운영

4. 기술개발에 따른 미래상

- 통합관제시스템 도입으로 공항의 비행장관제는 기존 공항 내 육안 감시로 운영되는 관제탑에서 수행되던 것이 원거리 전자(디지털) 감시로 운영되는 통합관제센터에서 수행되는 것으로 변화됨
- 이로 인해 관제탑 미설치·미운영에 따른 비용 절감과 2개 이상의 다중공항 운영에 따른 관제사 업무 효율화가 기대됨

표 42. 통합관제시스템 연구개발 수행 및 도입에 따른 미래상

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'24년 수준	최종 목표수준	
	~'23	'24	'28(종료년도)	'29~(종료이후)
표준화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 관제탑 규격 - ICAO PANS-ATM (Doc 4444) 규격 준수 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 통합관제 요구분석 - 해외 규격 & 기존 규격 벤치마킹 - 통합관제 효과도 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단일공항 통합관제 지침수립 - 단일공항 통합관제 법/제도 정비방안 - 단일공항 통합관제 운용성 검증·확인 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다중공항 통합관제 서비스 - 다중공항 통합관제 법/제도 정비방안 - 통합관제서비스 적용 확대 - 소규모 신공항 건설 시 적용
관제탑 운영	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공항운영 손실 발생 - 공항별 관제탑 운영 중 - 공항별 관제탑 전담 인력 필요 - 항공 교통량 적은 공항도 안전 운항을 위해 관제탑 운영 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단일공항 통합관제 센터 분석 - 한산한 관제탑 잉여자원을 활용한 요구도 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단일공항 통합관제 센터 시범운영 - 원격센터 인력 배치 - 확장현실로 향상된 공항 감시 능력 - 관제 역량 여유를 고려한 탄력적 타워 운영 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다중공항 통합관제 센터 운영 - 다중통합관제센터 구축 - 교통량 적은 공항 간 긴밀한 협업 - 여유인력 혼잡 공항 배치
항공교통 관제절차	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시각기반 공항관제 - 수동센서인 시각 의존(안개, 야간상황에 취약) - 주변상황인식이 떨어지는 망원경 의존 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단일공항 통합관제 관제절차 분석 - 기존 관제탑 운영절차를 유지한 채 안전을 위한 절차 추가 분석(고장, 통신두절 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단일공항 교통관제 - 멀티센서로 시각의 한계돌파 - 광역상황인식으로 유기적인 공항 협업 - 광학 오버레이 기술 기반의 안전망 또는 침입감지로 안전성 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공항 관제 서비스 품질 향상 - 광역상황인식능력으로 복수공항 의사결정 - 관제사 피로도 하향으로 관제서비스 품질 향상 - 의사결정 근거자료 표적화 및 다양화
시설·장비 관리	<ul style="list-style-type: none"> ■ 관제 외 노동보조 기반시설 - 타워 외 유지, 관리, 휴게 시설 등 보조시설 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기존 관제탑과 원격 관제소 2중 운영 - 통합관제소의 신뢰도가 확인되기 전까지는 기존 관제소와 2중으로 운영필요 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 원격 핵심시설 집중 - 중앙 유지관리로 유지보수 비용절감 - 토목 공사 없이 추가 센서 및 카메라 확장 등 적용 범위 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 균일한 공항서비스 제공 - 관제 핵심기술 집약으로 인프라에 의한 서비스 지역차별 감소 - 다중 측량 감시기술향상 - 보안 관리 기술향상
항공교통 관제 서비스				
	[공항 관제탑]		[통합관제센터]	

제3절 연구개발과제 구성

1. 후보과제 도출

□ 기술수요조사 방법 및 결과

- (수행방법) 「스마트공항 4.0 기술개발 기획」의 일부로 ‘원격 공항운영’ 기술을 포함한 중점 추진분야 기술을 분류하고, 공항/항공 전문가, 이해관계자 등을 대상으로 중점추진분야별 부족 기술에 대한 기술수요조사 수행

표 43. 통합관계 관련 스마트공항 4.0 중점추진분야 기술 분류

중점추진분야	대분류	중분류	기술 분야 설명
【A】 스마트공항 통합운영	【A1】 에어사이드 운영	항공기 출도착 관리	항공기가 공항의 항공교통 상황에 따라 지연 없이 이착륙할 수 있도록 다양한 항공 정보를 이용하여 최적의 이착륙시간, 이착륙순서 등을 결정하는 기술 분야
		지상이동 관리	시정에 상관없이 이동체(항공기, 차량 등)의 위치, 식별정보 등을 감시하고, 장애물을 피해 목적지로 안전하고 효율적으로 이동할 수 있도록 지상 교통을 관리하는 기술 분야
		주기장 배정관리	공항의 여건과 다양한 상황을 반영하여 주기장 이용률 최대화, 여객 이동 거리 최소화 등을 통해 효율적으로 주기장을 운영하는 기술 분야
		턴어라운드 관리	탐승/내리기, 객실 청소, 기내식 공급, 급유, 화물/수하물 적재/하역, 제빙/방빙, 견인/푸시백 등 지상조업을 효율적으로 통제하고 예측하여 턴어라운드 시간을 최적화하는 기술 분야
	【A3】 랜드사이드 운영	여객흐름 관리	여객의 출입국 흐름 및 혼잡도를 측정/예측하고 여객에게 실시간으로 안내하여 체크인 카운터 및 출국장별 대기시간을 최소화하는 기술 분야
		수하물 관리	수하물 위탁, 분류, 이동, 추적 등 출발지 승객의 수하물 접수부터 도착지 승객의 수하물 회수에 이르기까지 분실/파손 없이 수하물을 정확하게 운송하는 기술 분야
	【A5】 공항운영 결합	공항운영 시스템연동	초고속/초저지연/초연결 통신망을 이용하여 에어사이드 운영(A1) 및 랜드사이드 운영(A3) 분야 시스템을 연동하여 운영하는 기술 분야
		공항운영 정보관리	에어사이드 운영(A1) 및 랜드사이드 운영(A3) 분야에서 수집되는 대용량 공항운영 정보를 실시간으로 취합하고 동기화하여 공항운영 의사결정에 적절한 형태로 표출하는 기술 분야
		원격 공항운영	에어사이드 운영(A1) 및 랜드사이드 운영(A3) 분야의 일부분 또는 전체를 원격으로 감시하고 통제하는 기술 분야
	【A7】 공항운영 성능	공항운영 성능측정	정시성, 효율성, 수용량 등 공항운영 관련 성능지표를 공항운영 영역별로 실시간 측정하고 통합하여 표출하는 기술 분야
		공항운영 최적화	공항운영 관련 성능지표 목표를 달성할 수 있도록 에어사이드 운영(A1) 및 랜드사이드 운영(A3) 분야의 의사결정을 종합적으로 판단하여 공항운영을 최적화하는 기술 분야

- 조사기간

① (1차) 2021.09.01. ~ 2021.11.30. (대상 : 기획위원)

② (2차) 2022.07.08. ~ 2022.09.02. (대상 : 산·학·연 전문가, 이해관계자 등)

- 조사항목 : 제안 분야, 제안기술명, 구성기술, 연구개발 사업 기간 및 소요예산 등

○ (기술수요조사 결과) 2차에 걸쳐 총 59건의 기술조사서를 수신하였으며, 이 중 통합관제 관련 기술조사서는 3건임

표 44. 통합관제 관련 스마트공항 4.0 중점추진분야 후보과제

중점추진분야	대분류	중분류	후보과제	주요 내용	기간 (년)	예산 (억원)
【A】 스마트공항 통합운영 (24건)	【A5】 공항운영 결합 (6건)	원격 공항운영 (3건)	⑰ 원격관제시스템 기술 개발	- 공항 공역 내 항공기에 대한 원격관제 서비스 기술개발	5	173
			⑱ 확장현실(XR) 기반 지능형 원격관제 가상 센터 기술개발	- 공항 공역 내 항공기에 제공되는 원격관제서비스를 관장하는 센터 및 운영기술 개발	5	280
			⑲ 공항 원격관제 기술 개발	- 공항 원격관제 운용기술 개발 - 공항 원격관제시스템 개발 - 공항 원격관제시스템 인증기술 개발	3	70

2. 연구과제 우선순위 도출

□ 우선순위 평가 방법

- (목적) 중점추진분야 후보과제를 대상으로 필요성, 시급성 등의 평가기준을 통해 기술 확보 우선순위를 확정
- (수행방법) ① 우선순위 평가기준 설정 → ② 평가기준 간 중요도 및 평가기준별 중점추진분야의 상대적 중요도 설문조사 → ③ 후보과제별 평가기준에 대한 종합평가 설문조사 → ④ 후보과제 간 우선순위 도출 → ⑤ 중점추진분야 추진순위 후보과제 그룹 도출
 - 설문조사 기간
 - 평가기준 간 중요도 및 평가기준별 중점추진분야의 상대적 중요도 설문조사 : 2022.09.20. ~ 2022.09.22. (3일간)
 - 후보과제별 평가기준에 대한 종합평가 설문조사 : 2022.10.14. ~ 2022.10.21. (8일간)
 - 조사대상 : 기획위원회 및 항공 분야 전문가 34명
 - 평가기준 간 중요도 및 평가기준별 중점추진분야의 상대적 중요도 설문조사 : 32명 응답
 - 후보과제별 평가기준에 대한 종합평가 설문조사 : 20명 응답

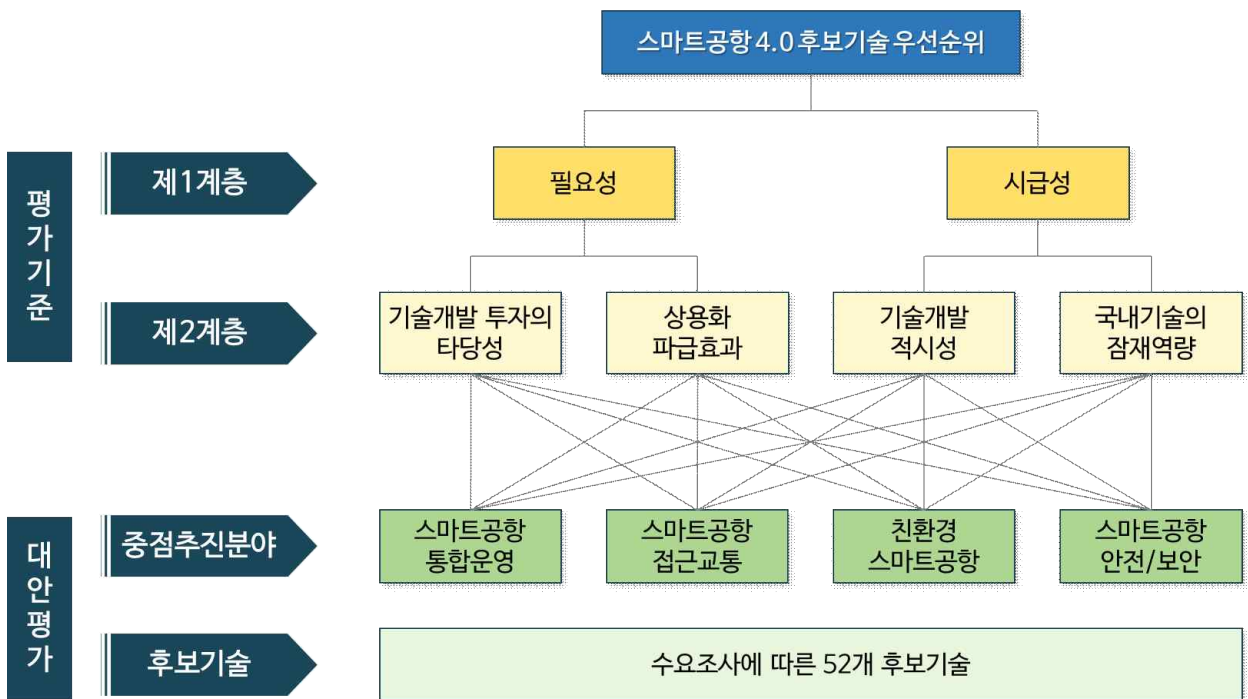


그림 97. 우선순위 설문 체계도

○ 조사항목

- 우선순위 평가기준 간 상대적 중요도
 - 스마트공항 4.0 기술의 우선순위 평가기준을 필요성과 시급성으로 구분
 - 제1계층 평가기준 간, 제2계층 평가기준 간 상대적 중요도 도출

표 45. 필요성 및 시급성 우선순위 평가기준

평가기준		평가기준 설명
제1계층	제2계층	
필요성	기술개발 투자의 타당성	해당 기술 확보를 위해 추가적인 투자가 필요한가?
	상용화 파급효과	해당 기술이 스마트공항 4.0 달성에 미치는 효과는 어느 정도인가?
시급성	기술개발 적시성	스마트공항 4.0 달성을 위해 해당기술이 반드시 지금 개발되어야 하는가?
	국내 기술의 잠재 역량	해당 기술의 세계 최고 수준 대비 국내 잠재 역량(기술수준, 연구자 역량)은 어느 정도인가?

- 제2계층 평가기준별 중점추진분야의 상대적 중요도
 - 스마트공항 4.0 중점추진분야의 제2계층 평가기준에 대한 상대적 중요도 평가
- 후보과제에 대한 평가
 - 수요조사로부터 도출된 스마트공항 4.0 52개 후보과제에 대해 ① 기술개발 투자의 타당성, ② 상용화 파급효과, ③ 기술개발 적시성, ④ 국내 기술의 잠재 역량을 5점 척도로 평가

□ 후보과제 우선순위 도출

- 설문조사 결과, 통합관제 관련 후보과제 모두 높은 우선순위로 조사되었으며, 이를 반영하여 3건의 후보과제를 종합하여 본 과제의 구성기술로 편성함

표 46. 통합관제 관련 후보과제 우선순위 평가 결과

중점추진분야	후보과제	기술개발 투자의 타당성	상용화 파급효과	기술개발 적시성	국내 기술의 잠재 역량	평균
【A】 스마트공항 통합운영 (24건)	⑰ 원격관제시스템 기술개발	4.25	3.75	3.90	3.40	3.83
	⑱ 확장현실(XR) 기반 지능형 원격관제 가상 센터 기술개발	3.70	3.65	3.60	3.20	3.54
	⑲ 공항 원격관제 기술개발	4.20	3.80	3.85	3.35	3.80

표 47. 우선순위 도출 결과

우선순위	후보기술	평가 결과	대분류 중요도	종합 점수
1	⑰ 원격관제시스템 기술개발	3.83	0.388	1.485
2	⑲ 공항 원격관제 기술개발	3.80	0.388	1.475
4	⑱ 확장현실(XR) 기반 지능형 원격관제 가상 센터 기술개발	3.54	0.388	1.374

제4절 핵심과제별 주요내용 및 추진전략

1. 중점추진분야 과제카드 작성

□ 후보과제 기술 내용

- 후보과제 3건의 기술조사 결과를 종합하여 중점추진분야 과제카드를 작성함

표 48. 후보과제 기술조사 결과(1)

기술분류	중점추진분야	대분류	중분류
	【A】 스마트공항 통합운영	【A5】 공항운영 결합	원격 공항운영
기술명	⑩ 원격 관제시스템 기술개발		
기술정의	공항 공역 내 항공기에 대한 원격관제 서비스 기술 개발		
필요성	새로운 원격 관제시스템 기술에 대한 니즈는 증가하나 이에 대한 효과를 알기 위해서는 운용성을 검증하여 신뢰도 축적이 필요함		
개발기간	2024년 4월 ~ 2028년 12월(4년 9개월)		
선행기술	X		
기술수준	(착수) TRL 4 → (종료) TRL 7		
기술설명	<ul style="list-style-type: none"> ○ (원격관제서비스 효과도 분석) 공항운영 환경과 항행안전시설, 항공교통관제시설(관제탑) 및 항공기의 운용 시나리오 하에서 원격관제서비스 도입에 따른 비행장관제업무에 대한 효과를 정량적인 방법으로 분석하는 것을 말함 ○ (원격지 공항 시스템 구축) 테스트베드의 원격지 공항에는 광학 카메라, 항공감시센서, 항공감시 서버 등을 설치함 ○ (원격관제센터 시스템 구축) 테스트베드의 원격관제센터에 자료처리 서버, 디스플레이, 관제석 등을 설치함 ○ (시범 운용) 원격관제서비스 테스트베드를 이용하여 정상/비정상 시나리오에 대해 단계별 실증 추진 <div style="text-align: center;"> <p>[원격관제서비스 운용성 검증 확인 개념도(안)]</p> </div>		

표 49. 후보과제 기술조사 결과(2)


기술분류	중점추진분야	대분류	중분류
		【A】 스마트공항 통합운영	【A5】 공항운영 결합
기술명	⑩ 확장현실(XR) 기반 지능형 원격관제 가상 센터 기술개발		
기술정의	공항 공역 내 항공기에 제공되는 원격관제서비스를 관장하는 센터 및 운영기술 개발		
필요성	공항 디지털화하는 세계적 추세에 맞추어 비행장 관제 또한 디지털화 중에 있으며, 국내 확장현실 기술을 활용하여 국산화 및 세계시장 진출을 위해 연구개발이 필요함		
개발기간	2026년 4월 ~ 2030년 12월(4년 9개월)		
선행기술	X		
기술수준	(착수) TRL 4 → (종료) TRL 7		
기술설명	<p>○(자료처리장비) 원격관제센터에서 원격지 공항의 주변 상황을 현시하는 장비로, 상호 연결된 원격지 간 초연결 통신망으로 항공감시 정보와 시설장비 정보를 받고, 관제사의 허가, 관리자 명령을 전송</p> <p>○(AI/XR 기반 디스플레이 장비) 통신망의 전송대역폭 제한으로 저해상도로 표현된 영상을 고해상도로 변환 및 영상과 함께 포함된 항적 정보, 비가시권/저시정 정보를 화면에 현시</p> <p>○(자료처리 서버) 통신망을 거치며 압축, 융합, 지연, 소실된 항공감시 정보와 시설/장비 정보를 복원 및 보상</p> <p style="text-align: center;">AI/XR 기반 디스플레이 장비</p> <ul style="list-style-type: none"> • 대형 파노라마 스크린 • 카메라 영상 및 항공감시 정보 표출 • 비가시권/저시정 상황 현시 <div style="text-align: center;">  <p>[디스플레이 장비 개념도(안)]</p> </div>		

표 50. 후보과제 기술조사 결과(3)

기술분류	중점추진분야	대분류	중분류
		【A】 스마트공항 통합운영	【A5】 공항운영 결합
기술명	⑩ 공항 원격관제 기술개발		
기술정의	- 공항 원격관제 운용기술 개발 - 공항 원격관제시스템 개발 - 공항 원격관제시스템 인증기술 개발		
필요성	원격관제 기술을 테스트베드로 입증을 하더라도 그 결과를 토대로 법/제도가 뒷받침하지 않는다면 기술의 실용화가 불투명하므로, 인증제도 관련 연구개발이 필요함		
개발기간	2024년 4월 ~ 2026년 12월(2년 9개월)		
선행기술	X		
기술수준	(착수) TRL 4 → (종료) TRL 7		
기술설명	<p>○(원격관제시스템 기술기준(안)) 해외 기술기준 분석 결과와 국내 여건을 종합 분석하여 원격관제시스템 기술기준(안)을 마련</p> <p>○(검증 방법) 원격관제시스템의 기능/성능 요구사항에 관한 확인은 시험을 통해 검증하고, 시스템 신뢰성/가용성/정비성, 상호운용성 등 비(非)-기능 요구사항에 관한 확인은 시스템 수명주기 전체에 걸쳐 검사, 해석 또는 시험 등의 방법으로 검증함</p> <p>○(법/제도 개선) 현행 비행장관제업무 관련 국내외 관련 법령, 기술기준 조사 분석하고, 법/제도 개선 방향 및 정당성 확보, 국내 제도 운영체계 개선 및 발전방안 도출, 원격관제서비스 도입을 위한 법제화 등을 기술지원</p> <div style="text-align: center;"> <p>[법제화 추진 프로세스]</p> </div>		

□ 구성기술 및 세부 구성기술

○ 후보과제의 기술내용을 종합하여 ‘AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발’ 과제의 연구개발 업무분류체계(WBS*)를 구성기술(Level 1)과 세부 구성기술(Level 2) 및 연구활동(Level 3)으로 구성함

* 업무분류체계(WBS, Work Breakdown Structure)는 개발 대상 제품과 제품 개발을 위한 연구개발 활동 및 지원업무를 계층적으로 구성한 업무분류체계임

- 본 기획연구에서는 다음과 같이 ‘업무분류체계 식별번호’(WBS Code)를 부여하여 통합관제 서비스 운영과 통합관제시스템 개발에 필요한 연구개발 업무를 계층적으로 구분하여 설명함

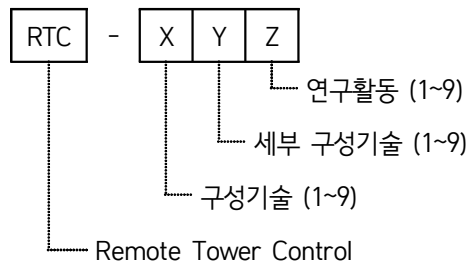


그림 98. WBS Code 부여 규칙

○ (구성기술) ‘AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발’ 과제는 다음의 세 가지 구성기술로 구성됨

- 구성기술1은 ‘공항 통합관제서비스 운용기술 개발’(RTC-100)로, 원격지 공항에 통합관제서비스를 제공하기 위한 운용기술을 개발하는 과제임
- 구성기술2는 ‘공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발’(RTC-300)로, 통합관제서비스 제공을 위한 통합관제시스템 및 그 구성요소를 개발하는 과제임
- 구성기술3은 ‘공항 통합관제시스템 인증기술 개발’(RTC-500)로, 통합관제시스템의 공항 설치 및 운용에 필요한 법·제도적 기본요소를 개발하는 과제임

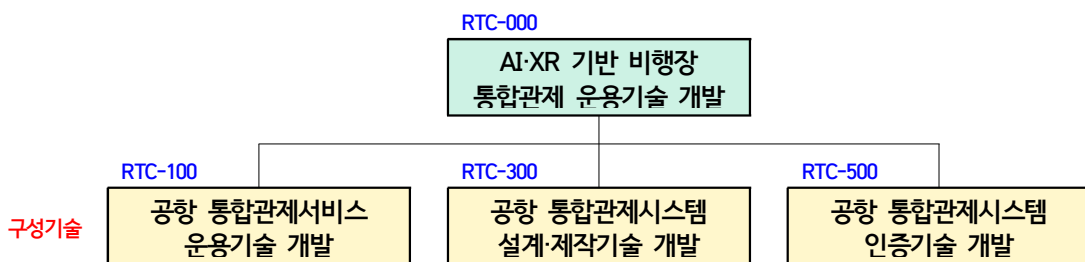


그림 99. 구성기술 업무분류체계 및 WBS Code 할당

○ (세부 구성기술) 구성기술 개발을 위해서 필요한 세부 구성기술은 다음과 같음

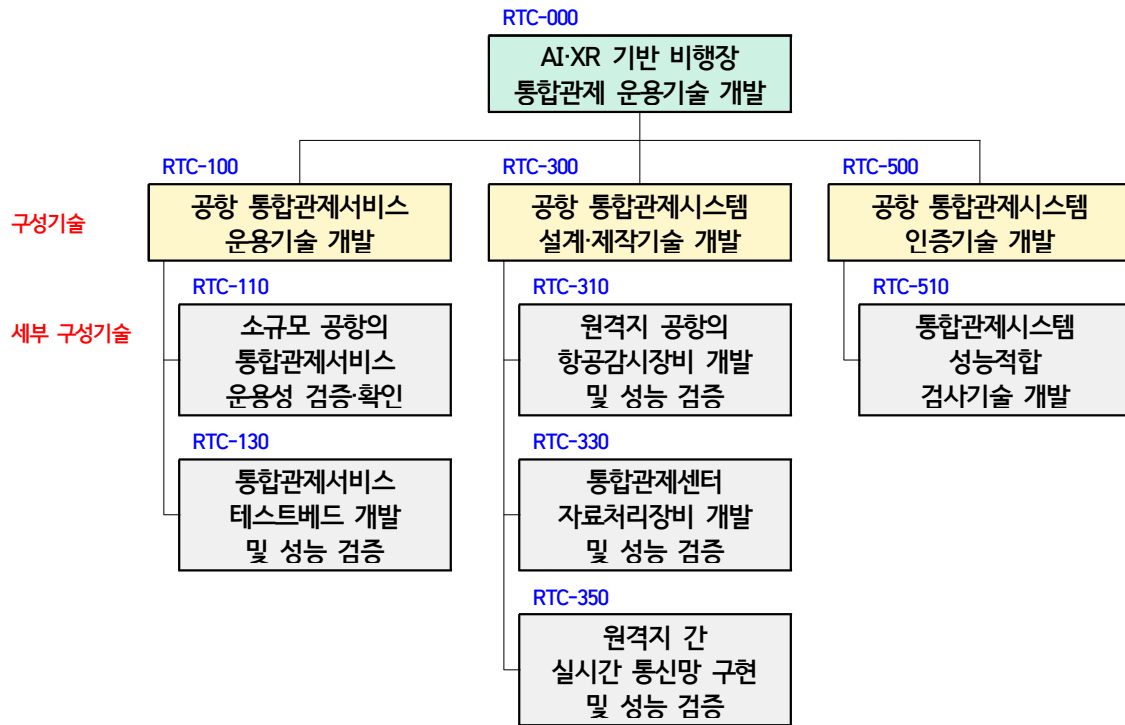


그림 100. 세부 구성기술 업무분류체계 및 WBS Code 할당

□ 중점추진분야 과제카드

과제명		AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발(R&D)		
과제구분	기존과제(계속)	신규과제	예타과제	
		✓		
기술개발 및 상용화 유형	기술개발 유형		상용화 가능 시기	
	□기초 □응용 ■개발		□단기(3년 이내) ■중·장기	
연구 배경	필요성	<p>(지방 소규모 공항의 경제성) 고속철도 활성화, 수도권-지방 양극화 등에 따라 지방 소규모 공항의 항공 교통량은 정체 또는 감소하고 있으며, 공항운영에 재정적 어려움을 겪고 있음</p> <p>(관제탑 구축/운영 비용효율성) 우리나라는 국토 균형 발전을 고려하여 신공항 건설, 도서지역 소형공항 건설 등을 추진 중인데, 항공 교통량이 적은 소형공항에 통합관제서비스 제공을 통한 관제탑 구축/운영 비용 절감 추진 필요</p> <p>(관제사 업무 효율성) 지방 소규모 공항의 항공 교통량을 고려하여 다중공항 통합관제시스템 운영을 통한 관제사 업무 분담 효율화 필요</p>		
	국내외 동향	<p>(정책) 국제민간항공기구(ICAO)의 미래 항공체계에 대비한 항공시스템 전환계획(ASBU)을 바탕으로, 연방항공청(FAA), 유럽연합(EU) 등은 통합관제와 관련한 규정과 기술 개발 노력</p> <p>(시장) 통합관제는 공항 장비, 통합관제탑 모듈 및 네트워크 솔루션 등 다양한 분야가 연관된 신시장이며, '30년까지 글로벌 시장규모가 1조 5,000억 달러로 형성될 것으로 전망('20년, Fortune Business Insights)</p> <ul style="list-style-type: none"> - IATA의 보고서에 따르면 연간 승객 수송량은 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 전 세계 공항 인프라 투자가 건설, 현대화 및 개발에 투입되면서 항공교통관제 시스템의 기술적 발전을 통해 항공 산업 역량을 확장할 수 있는 시장이 형성될 것으로 전망 <p>(기술) '15년 스웨덴 SAAB사와 LfV사가 스웨덴에 디지털 관제센터를 개설하고 최초로 통합관제를 시행한 이후 여러 국가에서 통합관제탑 프로젝트 진행 중</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인천국제공항공사는 계류장 관제를 위한 스마트 통합관제 플랫폼(iCWP) 구축을 추진 중이며, 주기장 부, 어라운드 부, 파노라마 부, AI 관제 등을 포함한 화면 통합시험 완료('21년) 		
과제목표		지방공항, 도서공항, UAM 버티포트 등의 공항운영 효율성 향상을 위해 인공지능(AI), 확장현실(XR)을 활용한 비행장 통합관제 운용기술 개발		
연구내용		<p>(구성기술1) 공항 통합관제서비스 운용기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제서비스 도입에 따른 효과도 분석, 통합관제시스템 운용개념 수립, 통합관제시스템 요구 분석, 통합관제시스템 개발규격 도출 및 관리, 통합관제시스템 통합 및 시험, 통합관제시스템 구축, 통합관제시스템 시범 운용, 통합관제서비스 운용성 확인 ○ 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 시범 운용 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제서비스 테스트베드 요구분석, 원격지 공항 및 통합관제탑 테스트베드 구축, 시범 운용 항공기 및 조종사 확보, 시범 운용 항행안전시설 및 관제사 확보, 시범 운용 시나리오 도출, 통합관제시스템 테스트베드 성능 검증 <p>(구성기술2) 공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 원격지 공항의 항공감시장비 요구분석, 항공감시 센서 선정 및 배치 분석, 카메라 기반 항적 생성, 다중센서 기반 항공감시 정보융합, 저시정 상황에서의 항공감시, 원격지 공항 항공감시장비 모니터링, 원격지 공항의 항공감시장비 구축, 다중센서 기반 항공감시장비 성능 검증, 시범 운용지원 		

<p>연구내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제센터 자료처리장비 요구분석, 감시정보/비행정보 융합처리, 원격지 자료전송 지연시간 보상 및 시각 동기화, 인공지능(AI)-확장현실(XR) 기반 관제사 디스플레이, 가상 카메라 기반 공항 상황인식 기술, 통합관제센터 자료처리장비 구축, 통합관제센터 자료처리장비 성능 검증, 시범 운용 지원 ○ 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 원격지 간 데이터 전송 요구분석, 원격측정(Telemetry) 기반 데이터 전송, 네트워크 통신망(LAN/WAN/ Wi-Fi) 기반 데이터 전송, 이동통신망(LTE) 기반 데이터 전송, 저궤도 위성통신망 기반 데이터 전송, 통신보안, 원격지 간 실시간 통신망 구축, 원격지 간 실시간 통신망 성능 검증, 시범 운용 지원 <p>(구성기술3) 공항 통합관제시스템 인증기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 통합관제시스템 적합성 입증기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제시스템 기술기준 개발, 기술기준에 따른 적합성 검사기술 개발 (센서, 통신, 자료처리, 환경 등), 통합관제서비스 도입을 위한 법/제도 마련 																												
<p>산출물</p>	<p>통합관제시스템(항공감시+자료처리+통신망), 통합관제서비스 테스트베드, 기술자료 등</p>																												
<p>예산</p>	<p>총 소요금액 : 384억원 (정부출연금 288억원 + 민간매칭 96억원)</p> <table border="1" data-bbox="359 884 1428 1052"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> <th>5차년도</th> <th>합계</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부(75%)</td> <td>45억원</td> <td>63억원</td> <td>69억원</td> <td>66억원</td> <td>45억원</td> <td>288억원</td> </tr> <tr> <td>민간(25%)</td> <td>15억원</td> <td>21억원</td> <td>23억원</td> <td>22억원</td> <td>15억원</td> <td>96억원</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>60억원</td> <td>84억원</td> <td>92억원</td> <td>88억원</td> <td>60억원</td> <td>384억원</td> </tr> </tbody> </table>	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	정부(75%)	45억원	63억원	69억원	66억원	45억원	288억원	민간(25%)	15억원	21억원	23억원	22억원	15억원	96억원	합계	60억원	84억원	92억원	88억원	60억원	384억원
구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계																							
정부(75%)	45억원	63억원	69억원	66억원	45억원	288억원																							
민간(25%)	15억원	21억원	23억원	22억원	15억원	96억원																							
합계	60억원	84억원	92억원	88억원	60억원	384억원																							
<p>산출내역</p>	<table border="1" data-bbox="359 1075 1428 1388"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>예산(억원) 정부+민간</th> <th>연차별 연구내용</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1차년도</td> <td>60억원</td> <td>통합관제시스템 요구분석 및 기본설계</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2차년도</td> <td>84억원</td> <td>통합관제시스템 상세설계 및 제작</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3차년도</td> <td>92억원</td> <td>통합관제시스템 통합 및 시험</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4차년도</td> <td>88억원</td> <td>통합관제서비스 테스트베드 구축 및 시범 운영</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5차년도</td> <td>60억원</td> <td>통합관제서비스 운용성 확인</td> <td></td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>384억원</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고	1차년도	60억원	통합관제시스템 요구분석 및 기본설계		2차년도	84억원	통합관제시스템 상세설계 및 제작		3차년도	92억원	통합관제시스템 통합 및 시험		4차년도	88억원	통합관제서비스 테스트베드 구축 및 시범 운영		5차년도	60억원	통합관제서비스 운용성 확인		합계	384억원		
구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고																										
1차년도	60억원	통합관제시스템 요구분석 및 기본설계																											
2차년도	84억원	통합관제시스템 상세설계 및 제작																											
3차년도	92억원	통합관제시스템 통합 및 시험																											
4차년도	88억원	통합관제서비스 테스트베드 구축 및 시범 운영																											
5차년도	60억원	통합관제서비스 운용성 확인																											
합계	384억원																												
<p>연구성과 활용방안 및 기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 활용방안 <ul style="list-style-type: none"> - (도서지역 소형공항) 개발 중인 울릉공항을 포함하여 흑산·백령·서산공항 개발 시 통합관제시스템을 활용하여 관제탑 구축/운영 비용 절감 - (지방공항) 항공 교통량이 적은 소규모 지방공항에 통합관제서비스를 제공하여 관제사 업무 부담을 효율화하고 공항운영 재정 부담 완화 - (활주로 증설) 공항 수용량 한계치에 도달하여 활주로 등을 증설하는 경우 통합관제시스템을 구축하여 비용 절감 및 인력 운용 효율화 추진 - (군 공항운영) 보안을 요구하는 군 공항에 통합관제시스템을 적용하여 은폐된 공간에서 항공교통 관제업무 수행 ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - (과학기술적 기대효과) 도서지역 소형공항 등에 통합관제시스템 적용을 통해 공항운영 현대화 기반 마련 - (사회·경제적 기대효과) 신공항 개발 시 관제탑 구축/운영 비용을 줄일 수 있고, 지역 균형발전, 지역 주민 이동권 보장, 관광 활성화 등 가능 																												

2. 핵심과제별 주요내용

가. (구성기술1) 공항 통합관제서비스 운용기술 개발

1) (구성기술1-1) 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인

□ 기술개요

- 본 과제에서는 소규모 공항에 통합관제서비스를 적용하기 위한 통합관제서비스의 **운용성 검증·확인** 기술을 개발함
 - 운용성 검증·확인은 통합관제서비스를 통하여 ① 기존의 비행장관제업무*를 정상적으로 수행할 수 있는지, 그리고 ② 공항운영 효율성을 확보할 수 있는지를 입증하는 것을 말함
 - * 비행장관제업무 : 항공교통관제시설(관제탑)이 비행장 기동지역 내의 모든 교통(항공기, 사람 또는 차량 등), 계류장 내의 항공기, 비행장 주위에서 비행하는 항공기에 제공하는 항공교통관제업무를 말함
 - 통합관제서비스 운용성 검증·확인은 ① 모델링 및 시뮬레이션 기법을 이용한 효과도 분석과 ② 통합관제서비스 테스트베드를 이용한 시범 운용을 통해서 수행함
- 통합관제서비스 운용성 검증·확인을 위해 다음과 같이 8개의 연구활동을 수행함

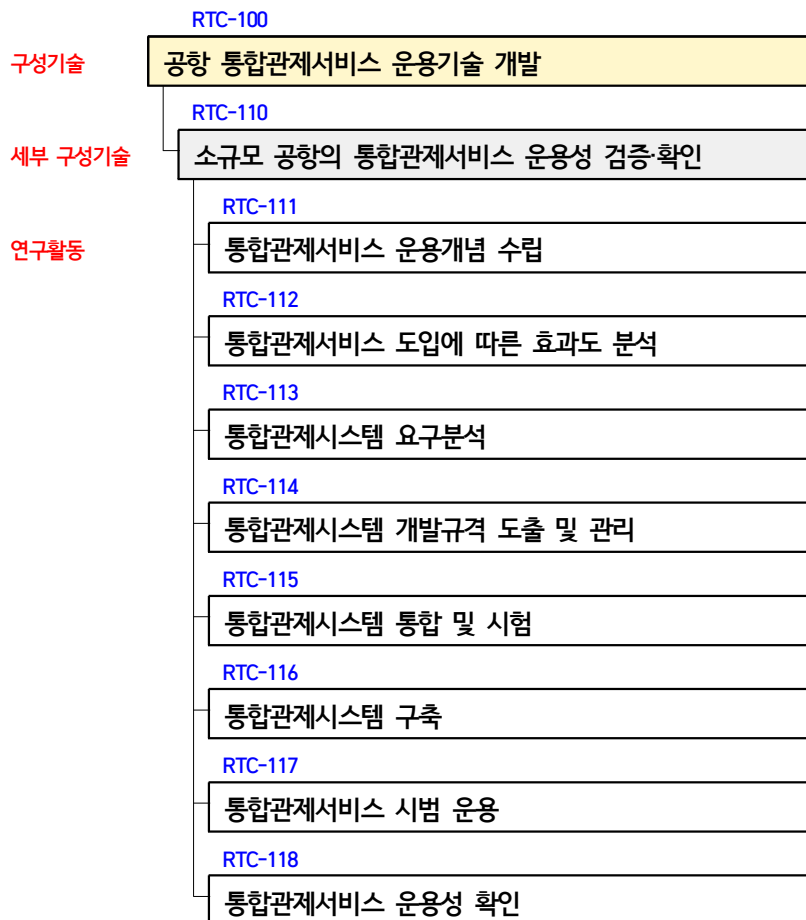


그림 101. 연구활동 업무분류체계 - '구성기술1-1'

□ 【RTC-111】 공항 통합관제서비스 운용개념 수립

○ (기존 관제탑 기반 비행장관제) 민간에서 운용 중인 국내 소규모 공항의 비행장관제 현황과 관제탑 운용현황을 분석함

- 민간에서 운용 중인 국제공항은 5개가 있으며, 공항의 시설현황은 다음과 같음

표 53. 우리나라 민간 운영 국제공항 시설현황 (2019.12.31. 현재)

구분	인천공항	김포공항	제주공항	무안공항	양양공항	
시설현황	부지 [m ²]	56,668,000	8,440,923	3,497,380	2,682,000	2,488,500
	활주로 [m]	3,750×60 3,750×60 4,000×60	3,200×60 3,600×45	3,180×45 1,900×45	2,800×45	2,500×45
	계류장 [m ²]	4,374,000	1,215,487	449,393	113,094	72,385
	여객터미널 [m ²]	1,062,147	167,628	125,867	29,106	26,130
	화물터미널 [m ²]	362,280	119,551	17,830	2,022	-
	항행안전시설	ILS(CAT-IIIb)	ILS(CAT-IIIb) ILS(CAT-I)	ILS(CAT-II) ILS(CAT-I)	ILS(CAT-I)	비정밀 ILS(CAT-I)
처리능력	운항횟수 [년]	500,000	226,000	189,000	140,000	43,000
	동시주기 [대]	235	144 - 일반 : 84 - 소형 : 60	43 - 일반 : 40 - 소형 : 3	50 - 일반 : 6 - 소형 : 44	24 - 일반 : 6 - 소형 : 18
	여객 [만명]	7,200	4,020	3,175	510	317
	화물 [만톤]	500	121.5	33.5	3.3	-
	운항항공기	A320,A330,A340 A350,A380,B737 B747,B767,B777 B787 등	B737,B747,B767 B777,B787,A320 A321,A330,A380 A320	B737,B747,B767 B777,A320,A321 A330,A220	B737,A320,A321	B73,A320,A321
	최저착륙시정	RVR 75m	RVR 175m	RVR 350m	RVR 550m	RVR 550m
운항현황	운항실적 [회]	404,104	140,422	175,366	6,585	435
	여객 [천명/년]	71,170	25,448	31,316	895	54
	화물 [톤/년]	3,765,649	285,728	258,847	6,762	466

- 「항공교통업무기준」(국토교통부고시 제2021-275호, 2021.3.29.)에 따르면 ‘비행장관제업무’는 항공교통 관제시설(관제탑)이 다음의 대상에게 제공하는 항공교통관제업무(계류장관제업무 포함)*를 말함

- 1) 비행장 기동지역 내의 모든 교통(항공기, 사람 또는 차량 등)
- 2) 계류장 내의 항공기
- 3) 비행장 주위(비행장교통장주 내 또는 진입·이탈)에서 비행하는 항공기

* 여기서 ‘항공교통관제업무’는 ① 항공기 간의 충돌방지, ② 기동지역에서 항공기와 장애물 간의 충돌방지, ③ 항공교통흐름의 질서유지 및 촉진을 목적으로 수행하는 비행장관제업무이고, ‘계류장관제업무’는 이동지역 내의 계류장에서 항공기에 대한 지상유도를 담당하는 비행장관제업무를 말함

- 「항공교통업무기준」(국토교통부고시 제2021-275호, 2021.3.29.)에 따르면 ‘관제탑’은 비행장관제업무를 제공하기 위하여 설치된 시설을 말하며, 「항공교통업무 운영 및 관리규정」(국토교통부고시 제2021-276호, 2021.3.29.)의 별표2에서 명시한 ‘관제탑의 운용조건 등’을 충족해야 함 (부록1 참조)

표 54. 관제탑의 운용요건 등

관제탑의 운영요건 등 (제33조 관련)
<p>④ 관제탑의 운영</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 관제사에 의한 감시는 주로 시각적 방법(육안)으로 이루어지나, 육안 식별을 효과적으로 하기 위하여 쌍안경의 사용, 레이더 또는 CCTV를 이용하는 전자적인 방법을 사용할 수 있다. 또한, 관제사는 활주로, 유도로에 있는 항공기 간 또는 항공기와 차량 간을 구별할 수 있어야 하므로 육안식별이 적절히 될 수 있도록 하기 위한 요소는 관제탑의 위치와 높이를 고려하여야 하며, 최적의 관제탑 위치는 관제탑 건물 자체가 항공기 운항에 장애 또는 장애물이 되지 않는다면 비행장 기동지역의 중심에 근접하는 것이 효과적이다. 2. 관제탑의 높이는 정상적인 눈높이(관제탑 바닥 위 약 1.5미터)에서 제1호의 시각 감시를 할 수 있는 높이여야 한다. 3. 관제탑 유리의 반사, 태양 또는 불빛이 창문을 통해 들어오는 것은 최소화한다. 4. 관제탑 지붕의 수직 지지대는 가능한 한 작게 하여 관제사의 시각적 방해를 최소화한다. 5. 관제탑의 창문을 지지하는 창문틀의 높이는 가능한 한 낮게 한다. 6. 관제탑의 콘솔은 창문틀의 높이를 초과하지 않도록 설계한다. 7. 관제탑 내부의 근무 위치와 운영 콘솔의 최종 배치는 기동지역, 가장 자주 사용되는 접근방향 등을 검토하여 관제탑의 위치를 고려하여 결정한다. 8. 콘솔의 세로 길이는 너무 길지 않도록 한다. 9. 관제탑의 조명은 야간에 공항과 그 인접지역을 감시하는 것에 영향을 주지 않도록 조절기능이 있어야 한다. 10. 관제탑은 바닥과 창틀까지의 벽을 덮는 방음시설을 설치한다.

- **(통합관제시스템 기반 비행장관제)** 단일 또는 다중 원격지 공항과 통합관제센터 간 데이터 전송 지연을 고려하여 통합관제시스템 운영 절차 및 비행장관제업무 절차를 수립함
 - 기존 관제탑에 해당하는 통합관제센터에서 단일 원격지 공항에 대한 비행장관제업무를 수행하는 경우의 절차와 2개 이상의 다중 원격지 공항에 대한 비행장관제업무를 수행하는 경우의 절차를 수립함
 - 통합관제시스템 운영 절차는 원격지 공항의 항공감시 장비와 통신장비에 대한 시동, 자가 진단, 감시, 통제, 유지보수 등의 절차와 통합관제센터의 자료처리 장비와 통신장비에 대한 시동, 자가 진단, 감시, 통제, 유지보수 등의 절차를 포함함
 - 비행장관제업무 절차는 「항공교통관제절차」를 준용하여 공항 상황인식, 공항 항공등화 운용, 활주로 선정, 이착륙 간격 및 순서 조정, 도착 절차 및 분리, 출발 도착 및 분리, 활주 및 지상 이동 절차 등을 포함함

- (운용 시나리오) 통합관제시스템 기반 비행장관제업무를 수행하기 위한 단수/복수 공항의 운용 시나리오를 개발하되, 정상적인 상황뿐만 아니라 기상 악화, 항공기 고장, 항행안전시설 고장 등 기술적 오류에 따른 비정상 상황이나 항공 교통량이 일시적으로 증가하는 혼잡상황에 대해서도 운용 시나리오를 개발함
- (운용개념기술서) 기존 관제탑 기반 비행장관제, 통합관제시스템 기반 비행장관제, 운용 시나리오, 영향성 분석 등을 포함한 ‘운용개념기술서’를 개발함

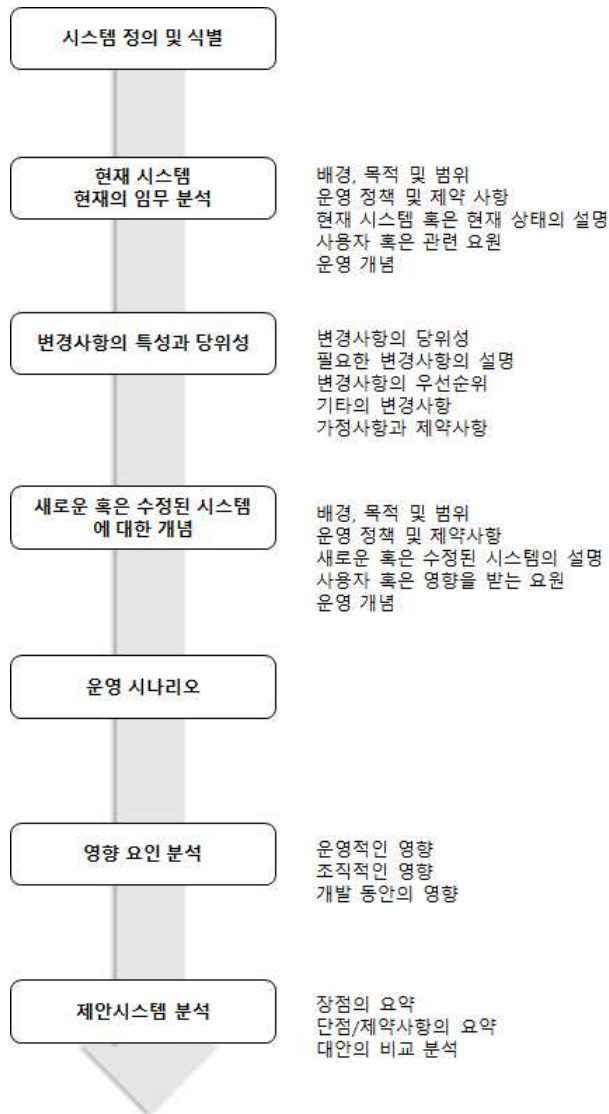


그림 102. 운용개념 분석 절차

□ 【RTC-112】 통합관제서비스 도입에 따른 효과도 분석

- (통합관제서비스 효과도 분석) 공항운영 환경과 항행안전시설, 항공교통관제시설(관제탑) 및 항공기의 운용 시나리오 하에서 통합관제서비스 도입에 따른 비행장관제업무에 대한 효과를 정량적인 방법으로 분석하는 것을 말함
 - 본 과제에서는 공항 통합관제서비스의 효과도(MOE, Measure of Effectiveness)로 관제사의 공항 상황인식(Situation Awareness)과 관제사 업무 부하(Workload)를 사용함

- (통합관제서비스 효과도 분석 도구) 통합관제서비스 효과도 분석을 위하여 모델링 및 시뮬레이션 (M&S, Modeling and Simulation) 기법을 이용한 분석 도구를 개발함
 - 통합관제서비스 효과도 분석을 위해서는 공항운영 환경에 대한 모델링과 항행안전시설, 항공 교통관제시설 등에 대한 모델링, 항공기 운동에 대한 모델링, 관제사/조종사에 대한 모델링 등이 필요함
 - 이를 위해서 행위자 기반(Agent Based) 모델링, 이산 사건(Discrete Event) 모델링, 연속 시스템(System Dynamics) 모델링 등과 같은 다양한 모델링 기법과 이를 구현하기 위한 시뮬레이션 기법/도구가 사용되어야 함
 - 본 과제에서는 상용제품 구매 또는 직접 개발을 통하여 통합관제서비스 효과도 분석 도구를 개발함

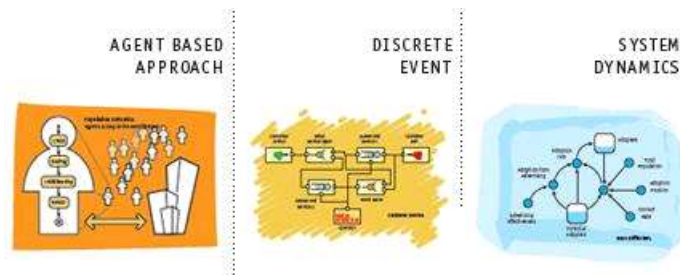


그림 103. 다양한 모델링 및 시뮬레이션 접근방법



그림 104. (예) AnyLogic 도구를 이용한 공항 최적화 시뮬레이션

- (통합관제서비스 효과도 분석용 자료) 효과도 분석을 위한 대상 공항 정보, 시설·장비 정보, 항공기 운용정보, 관제사 모델 정보 등이 필요하며, 관련 전문기관, 전문가 등의 협조를 통해 효과도 분석용 자료 확보가 필요함
- (통합관제서비스 효과도 분석 결과) 개발된 통합관제서비스 효과도 분석 도구와 분석용 자료를 이용하여 효과도 분석을 수행하고, 다양한 운용 시나리오에 대한 효과도 분석 결과를 보고서로 제시함

□ 【RTC-113】 통합관제시스템 요구분석

- (사용자 요구사항 식별) 공항 통합관제서비스 운용개념, 통합관제서비스 효과도 분석, 비행장 관제업무 관련 법규, 최종 사용자(관제사 등) 인터뷰 등을 종합하여 통합관제서비스 운용을 위한 사용자 요구사항*을 식별하고 타당성을 분석함

* 본 과제 수행 시 연구활동을 통해 사용자 요구사항을 추가 또는 변경할 수 있음

표 55. 통합관제서비스 운용을 위한 사용자 요구사항

번호	항목	사용자 요구사항	검증방법			
			I	A	T	D
UR-01	내용연수	공항 통합관제시스템의 내용연수는 14년 이상이어야 한다.		✓		
UR-02	신뢰도	공항 통합관제시스템의 신뢰도는 0.999 이상이다.		✓		
UR-03	감시정보 제공	공항 통합관제시스템은 실시간 또는 준실시간으로 공항 상황 및 시설·장비에 대한 감시정보를 제공하여야 한다.			✓	
UR-04	교신정보 전달	공항 통합관제시스템은 관제사와 조종사 간 교신(음성) 정보를 실시간으로 전달하여야 한다.			✓	
UR-05	정보전달	공항 통합관제시스템은 원격지 공항의 모든 정보를 끊김 없이 송수신하여야 한다.			✓	
UR-06	동시 관제	공항 통합관제시스템은 최소 2개의 공항을 동시에 관제할 수 있어야 한다.				✓
UR-07	악기상 상황	공항 통합관제시스템은 저시정, 강풍, 강우, 강설 등의 악기상 상황에서도 작동하여야 한다.			✓	
UR-08	다중화 및 고장관리	공항 통합관제시스템은 다중화 구조를 통해 발생 가능성이 있는 고장으로부터 자동 회복할 수 있어야 한다.			✓	

(I = 검사, A = 해석, T = 시험, D = 시연)

- (통합관제시스템 기능 정의) 공항 통합관제시스템은 사용자 요구사항을 충족하는 통합관제 서비스를 제공할 목적으로 감시장비(광학)와 통신장비를 이용하여 관제사에게 공항과 공항 주변의 정보를 제공하고 비행장관제 업무를 가능케 하는 시스템임

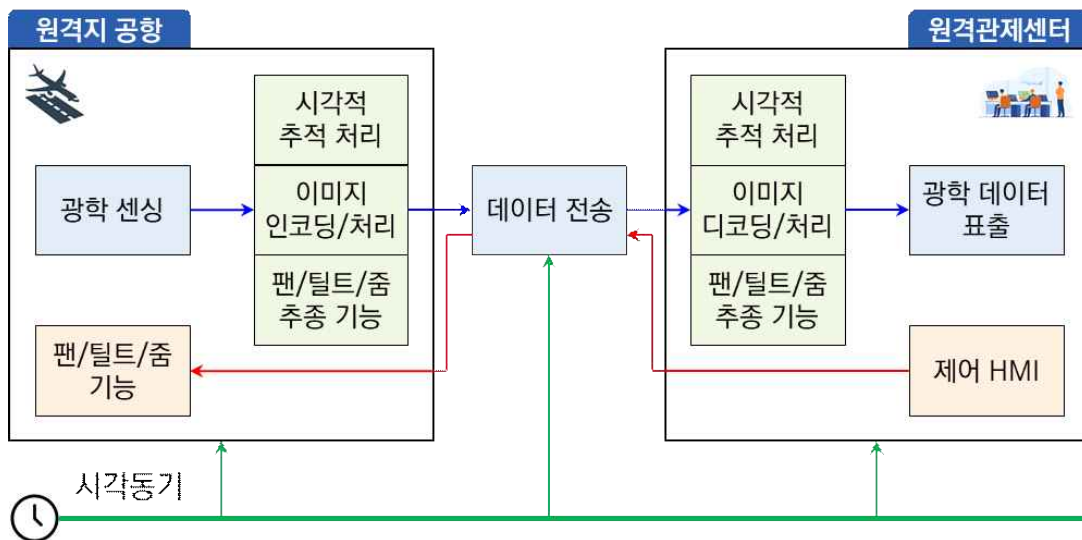


그림 105. 공항 통합관제시스템 기능 블록선도

표 56. 공항 통합관제시스템 기능

기능	설명
광학 센싱	공항 및 주변 상황 이미지를 캡처하여 원본 영상 송출
이미지 인코딩/처리	영상을 압축/처리하여 압축 영상 데이터 전송
데이터 전송	압축 영상 데이터와 관제 명령 데이터를 전송
이미지 디코딩/처리	압축 영상 데이터를 복원/처리하여 복원 영상 생성
광학 데이터 표출	관제사에게 복원 영상을 표출
팬/틸트/줌 기능	광학 카메라의 이동 및 확대/축소를 통하여 원하는 지점의 영상 획득
제어 HMI	공항에 설치된 장비를 원격으로 제어
시각동기	공항 통합관제시스템 구성품 동기화를 위한 기준시각 제공

- (통합관제시스템 요구사항 도출) 본 과제 수행 시 다음의 여러 조건을 고려하여 사용자 요구 사항으로부터 시스템 요구사항을 도출함
 - 환경 고려사항 : 야생동물, 악기상(강우, 강설, 흑서, 한파 등) 등
 - 운용 고려사항 : 항공 교통량, 관제 서비스 수준, 공항 복잡도/레이아웃/크기, 절차 및 규정, 구역 등
 - 카메라 위치 고려사항 : 관심영역(AOI, Areas-of-Interest), AOI까지의 거리, 탐지/인지/추적 시 이미지 품질, 배경의 대비, 설치 높이, 전원, 네트워크, 물리적 보안 등

□ 【RTC-114】 통합관제시스템 개발규격 개발 및 관리

- (통합관제시스템 개발규격) 공항 통합관제시스템 요구사항을 충족하는 개발규격을 확정하고, 개발규격서를 작성하여 기준선(Baseline)을 마련함
- (통합관제시스템 개발규격 관리) 확정된 개발규격은 본 과제에 적용하는 형상관리 절차에 따라 개발 완료 시까지 관리함
 - ‘공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발’(구성기술2) 과정에서 통합관제시스템 개발규격의 변경이 필요할 경우, 형상관리 절차에 따라 형상관리위원회(CCB, Configuration Control Board)를 통한 개발규격 변경을 추진함

□ 【RTC-115】 통합관제시스템 통합 및 시험

- (통합관제시스템 통합) ‘공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발’(구성기술2)에서 각 장비가 제작되면, 해당 장비를 취하여 원격지 공항에 설치될 장비와 통합관제센터에 설치될 장비를 통합함
- (통합관제시스템 시험) 원격지 공항의 통합 장비와 통합관제센터의 통합 장비를 시험대상 (SUT, System Under Test)으로 통합시험장비를 이용한 성능 검증을 수행함
 - 통합시험장비는 원격지 공항에 대한 영상생성장치, 영상 체인에 대한 성능분석장치, SUT 전원 공급장치 등으로 구성함

□ 【RTC-116】 통합관제시스템 구축

- ‘구성기술1-2’를 통해서 구축되는 통합관제서비스 테스트베드에 성능 입증이 완료된 통합 장비를 설치함
- (원격지 공항 시스템 구축) 테스트베드의 원격지 공항에는 광학 카메라, 항공감시센서, 항공 감시 서버 등을 설치함
 - 테스트베드에 구축된 마스트(Mast) 상부에 광학 카메라를 설치함
 - 항공감시 데이터를 전송하고 관제 명령 데이터를 수신하기 위한 통신장비를 설치함
 - 각 장비를 시각 동기화하기 위한 IRIG-B 장비를 설치함
 - 설치된 장비를 원격 모니터링하고 제어하기 위한 감시카메라 및 제어 장비를 설치함
- (통합관제센터 시스템 구축) 테스트베드의 통합관제센터에 자료처리 서버, 디스플레이, 관제석 등을 설치함
 - 항공감시센서 데이터와 비행계획 데이터를 통합 처리하는 자료처리 서버를 설치함
 - 전체 공항 상황을 표출할 수 있는 대형 디스플레이를 설치함
 - 비행장관제 업무를 수행할 수 있는 관제석(CWP, Controller Working Position) 2석과 이를 총괄 감독하는 관제석(CWP) 1석을 설치함
 - 항공감시 데이터를 수신하고 관제 명령 데이터를 전송하기 위한 통신장비를 설치함
 - 각 장비를 시각 동기화하기 위한 IRIG-B 장비를 설치함

□ 【RTC-117】 통합관제시스템 시범 운용

- 통합관제서비스 테스트베드를 이용하여 정상/비정상 시나리오에 대해 단계별 실증 추진

□ 【RTC-118】 통합관제서비스 운용성 확인

- (통합관제로의 전환) 통합관제서비스 운용성 확인을 위하여 통합관제 설치/운영이 필요하며, 공항운영 안전성을 고려하여 실증 1단계부터 4단계까지 단계별로 추진함
 - (실증 1단계) 각 공항에 이동형 관제탑(차량형)을 설치하여 통합관제시스템을 이용한 비행장 관제 운용성 확인(실제 비행장관제는 미수행)
 - (실증 2단계) 이동형 관제탑에서 통합관제시스템을 이용하여 각 공항의 비행장관제 수행
 - (실증 3단계) 통합관제센터에서 각 공항의 비행장관제 수행
 - (실증 4단계) 통합관제센터에서 양 공항의 비행장관제 수행 (다중 전환 및 다중 연결)

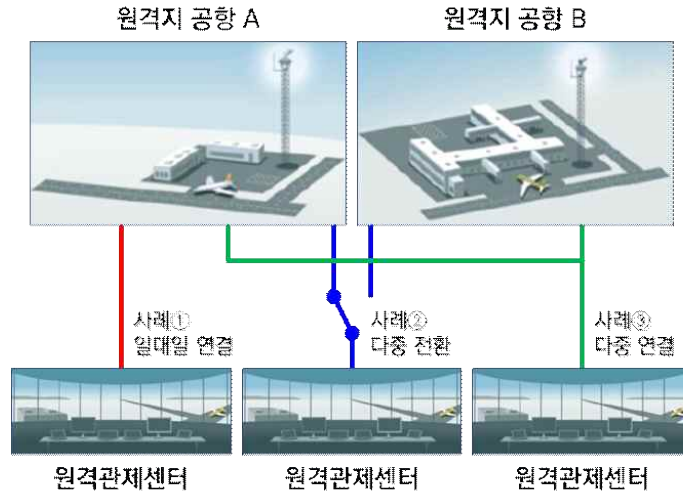


그림 106. 통합관제서비스 운용성 검증확인 개념도(안)

- 각 시나리오에 식별번호를 부여하고, 시나리오별 항공기, 조종사, 관제사에 따른 반복적인 독립시행을 충분히 수행하여, 그 결과에 대한 통계적 분석을 통하여 각 시나리오에 대한 통합 관제 운용 적합성을 판정함

2) (구성기술1-2) 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증

□ 기술 개요

- 본 과제에서는 소규모 공항에 통합관제서비스를 적용하기 위한 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증 기술을 개발함
- 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증을 다음과 같이 7개의 연구활동을 수행함

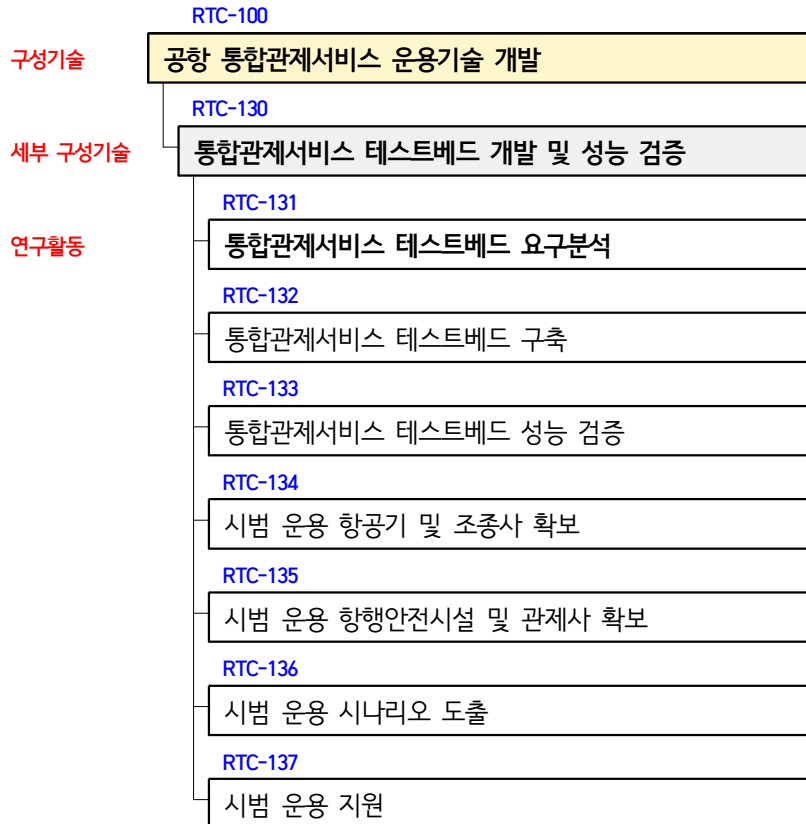


그림 107. 연구활동 업무분류체계 - '구성기술1-2'

□ 【RTC-131】 통합관제서비스 테스트베드 요구분석

- '구성기술1-1'의 통합관제서비스 운용성 확인을 수행하기 위해 요구되는 통합관제서비스 테스트베드 요구사항을 도출함
 - 통합관제서비스 운용성 확인을 위해서는 물리적 공간으로 원격지 공항 2곳과 통합관제센터가 필요함
 - 원격지 공항과 통합관제센터는 구성기술2-3에서 제시하는 적절한 통신망으로 연결되어야 함
 - 비행장관제를 위한 항공기와 조종사 및 관제사가 필요함
 - 통합관제서비스 시범 운용을 위한 정상 시나리오와 비정상 시나리오를 수립하고, 시나리오별 다수의 독립시행 결과를 통계적으로 분석하여 운용 가능 조건 및 범위를 확인할 수 있어야 함



그림 108. 통합관제서비스 테스트베드 개념도(안)

□ 【RTC-132】 통합관제서비스 테스트베드 구축

- (원격지 공항) 2개 소규모 공항에 대한 통합관제시스템 운용성 실증을 위하여 울산공항과 여수공항을 대상으로 시범 운용을 추진함

<p>울산공항</p> <p>울산공항</p> <p>울산북구보건소</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 활주로 : 2000m × 45m <ul style="list-style-type: none"> - 처리능력 : 연간 60,000편 ◦ 계류장 : 33,480m² <ul style="list-style-type: none"> - 중형기 4대 동시 주기 ◦ 항행안전시설 : PAPI, LLZ/DME, VOR/DME, ALS ◦ 최저착륙 시정 <ul style="list-style-type: none"> - 활주로18 : 4800m (VOR접근) - 활주로36 : 800m (ILS접근)
--	---

그림 109. 울산공항 전경과 주요 시설

<p>여수공항</p> <p>여수공항</p> <p>여양진교회</p> <p>산곡계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 활주로 : 2,100m × 45m <ul style="list-style-type: none"> - 처리능력 : 연간 60,000편 ◦ 계류장 : 41,868m² <ul style="list-style-type: none"> - 중형기 5대 동시 주기 ◦ 항행안전시설 : PAPI, ILS/DME, VOR/DME, 레이더, 항공이동통신, ALS ◦ 최저착륙 시정 <ul style="list-style-type: none"> - 활주로17,35 : RVR 550/시정 800m
---	--

그림 111. 여수공항 전경과 주요 시설



그림 112. 울산공항 연도별 여객 변화 추이

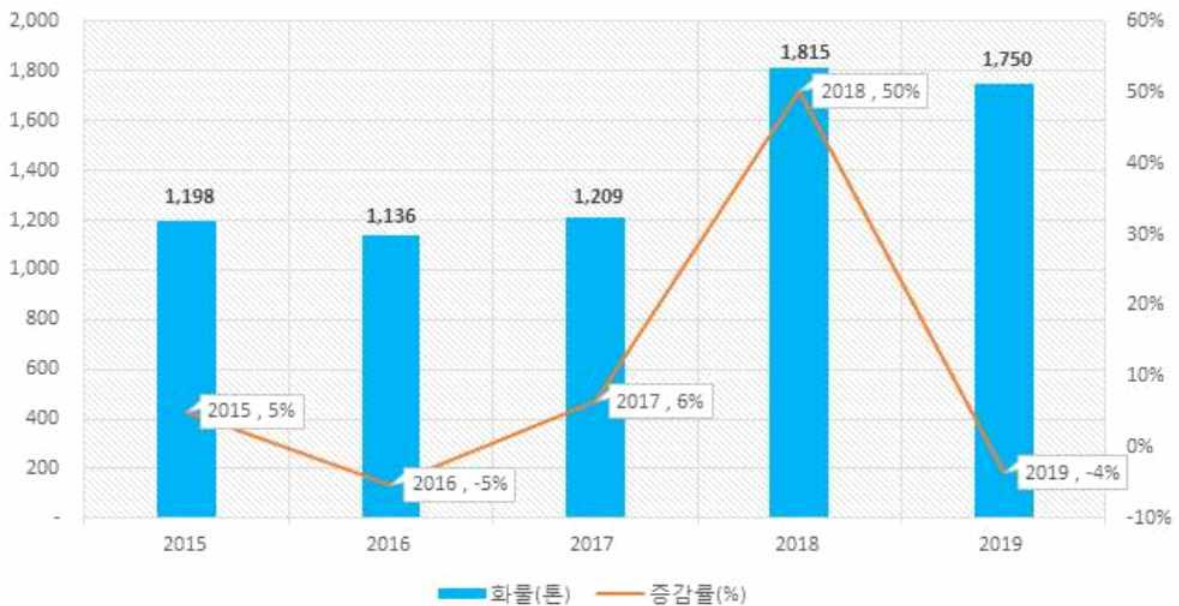


그림 113. 울산공항 연도별 화물 변화 추이

- (원격지 공항의 시설) ‘구성기술2’를 통해서 개발된 항공감시장비를 설치하기 위하여 원격지 공항 테스트베드에는 마스트와 서버룸 등을 구축함
 - 각 공항에는 광학 카메라를 설치하기 위한 50m 내외의 높이를 갖는 마스트(Mast)를 구축함
 - 필요에 따라 ADS-B, MLAT 등의 항공감시 센서와 서버를 구축함
 - 원격지 공항과 통합관제센터 간 통신망을 확인하고, ‘구성기술2-3’에서 개발되는 통신장비를 설치할 수 있도록 인터페이스를 구축함
 - 항공감시 장비를 설치할 수 있는 물리적 공간을 확보하고, ‘구성기술2-1’에서 개발되는 항공감시 센서와 서버 간 인터페이스를 구축함

- (이동형 관제탑) 통합관제서비스 시범 운용 시 실증 1단계와 실증 2단계에서 이동형 관제탑이 필요함
 - 이동형 관제탑은 이동을 위한 차량, 리프트 기능을 가진 간이 관제탑, 전원공급을 위한 발전기 등으로 구성됨
 - 간이 관제탑 내부에는 비행장관제를 위해 필요한 최소한의 장비를 설치해야 하고, 최대 4명의 관제석(CWP)을 준비해야 함



그림 114. 이동형 관제탑



그림 115. 전개된 이동형 관제탑



그림 116. 이동형 관제탑 내부

- (통합관제센터) 통합관제서비스 시범 운용 시 실증 3단계와 실증 4단계에서 통합관제센터를 이용한 비행장관제를 수행해야 함
 - 통합관제센터는 2개의 소규모 공항을 운영하기 위한 장비를 설치할 수 있어야 하고, 대형 디스플레이와 3개의 관제석(CWP)을 설치할 수 있는 크기여야 함

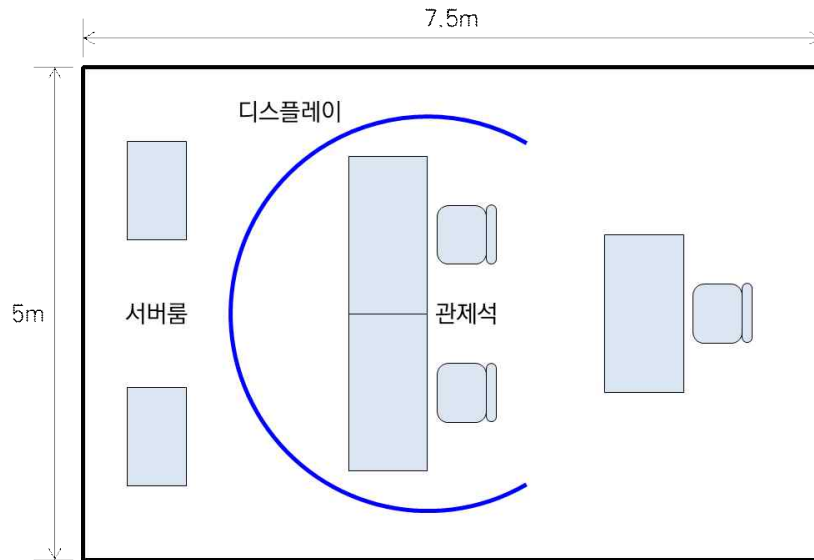


그림 117. 통합관제센터 레이아웃 (예시)



그림 118. 통합관제센터 구성 (예시)

- (성능시험장비) 구축된 통합관제서비스 테스트베드의 시범 운용에 앞서 성능 검증을 진행해야 하며, 성능 검증 수행을 위한 성능시험장비가 필요함
 - 성능시험장비는 원격지 공항의 항공감시장비 일체에 대한 성능 적합성과 통합관제센터의 자료 처리장비 일체에 대한 성능 적합성 및 통신망을 포함한 통신장비의 성능 적합성을 확인할 수 있는 기능을 갖추어야 함

□ 【RTC-133】 통합관제서비스 테스트베드 성능검증

- 통합관제서비스 테스트베드 구축이 완료되면 성능시험장비를 이용하여 원격지 공항의 항공 감시장비, 통합관제센터의 자료처리장비, 원격지 공항과 통합관제센터를 연결하는 통신장비에 대한 성능 적합성을 확인해야 함

□ 【RTC-134】 시범 운용 항공기 및 조종사 확보

- (시범 운용 항공기) 시범 운용 항공기는 해당 원격지 공항을 이용하는 모든 항공기를 대상으로 할 수 있음
 - 시범 운용이 진행되는 기간에 해당 원격지 공항을 이용하는 모든 항공기(항공사 포함)에는 원격으로 비행장관제가 이루어진다는 사항을 사전에 공지하여 동의를 구하여야 하고, 동의가 없을 시에는 원격으로 비행장관제를 진행하지 않아야 함
 - 공항운영 안전성 확보와 특수 기능/성능 확인을 위하여 시범 운용 전용으로 사용하는 항공기를 마련하여 시범 운용에 사용할 수 있음
- (시범 운용 조종사) 시범 운용 전용 항공기를 사용할 경우, 시범 운용 조종사가 필요함
 - 시범 운용에 앞서 시범 운용 조종사에게 통합관제에 대한 이해와 절차를 충분히 숙지할 수 있도록 관련 교육 및 훈련을 선행하여야 함

□ 【RTC-135】 시범 운용 항행안전시설 및 관제사 확보

- (시범 운용 항행안전시설) 통합관제서비스 테스트베드 구축 시 원격지 공항에 기구축된 항행 안전시설을 사용하지만, 필요에 따라 추가적인 항행안전시설을 구축할 수 있음
 - 예를 들면, 국내 연구개발로 기개발*된 ADS-B, MLAT 등을 추가 설치하여 시범 운용 시 통합 관제서비스 실증 목적에 국한하여 항행안전시설을 보강하여 사용할 수 있음
 - * 개발 완료는 국토부 성능적합증명 획득까지 포함함
- (시범 운용 관제사) 시범 운용 시 원격지 공항으로 사용하고자 하는 울진공항과 울릉공항은 부산지방항공청 소속 기관이므로, 시범 운용 관제사는 각 공항에서 요구하는 한정(Rating)을 모두 취득한 자여야 함
 - 필요시 한정 취득을 위한 시범 운용 관제사 교육 및 훈련을 진행할 수 있음

□ 【RTC-136】 시범 운용 시나리오 도출

- (정상 시나리오) 원격지 공항을 이륙하는 항공기와 도착하는 항공기의 정상적인 공항운영 및 비행 절차에 따라 정상 시나리오를 개발함
- (비정상 시나리오) 기상 조건, 돌발 상황 등에 대한 공항운영 및 비행 절차를 고려하여 비정상 시나리오를 개발함

□ 【RTC-137】 시범 운용 지원

- ‘구성기술1-1’에서 통합관제서비스 시범 운용이 원활히 진행될 수 있도록 통합관제서비스 테스트베드에 관련된 모든 사항을 지원해야 함

나. (구성기술2) 공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발

1) (구성기술2-1) 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증

□ 기술개요

- 본 과제에서는 원격지 공항의 공항 상황 및 항공 교통 상황을 감시하는 **항공감시장비 개발 및 성능 검증** 기술을 개발함
- 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증을 다음과 같이 9개의 연구활동을 수행함

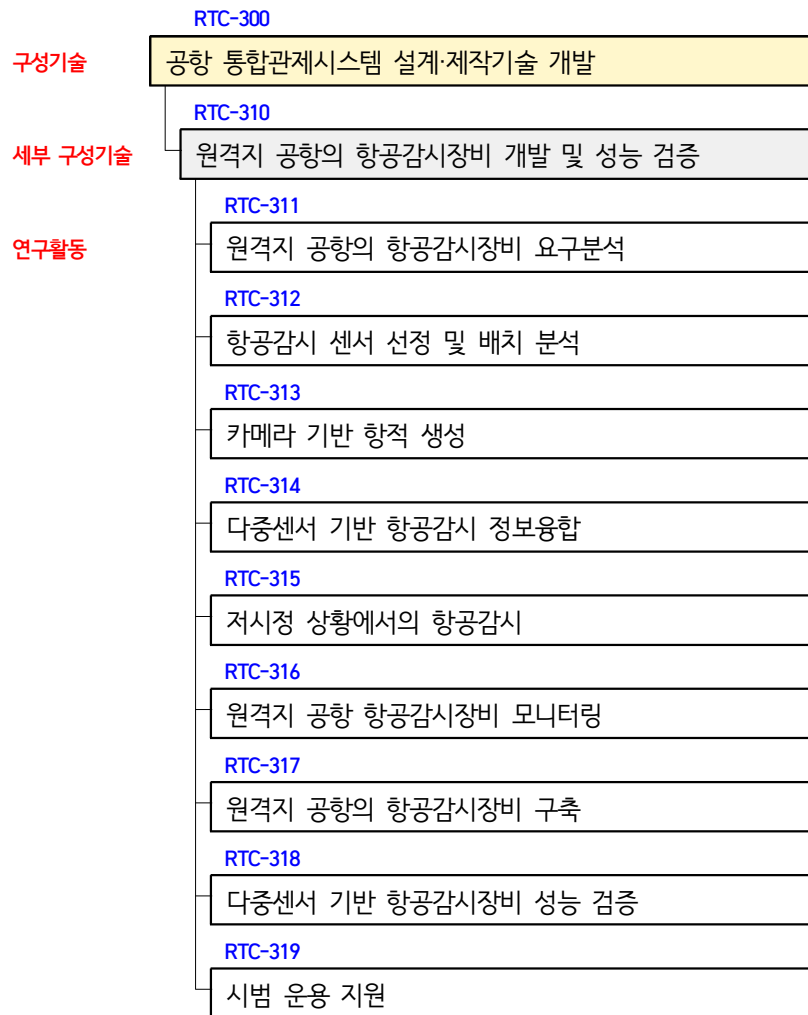


그림 119. 연구활동 업무분류체계 - '구성기술2-1'

- **(항공감시장비)** 항공감시장비란 원격지 공항에서 접근구역 및 주변상황을 감시 및 처리하는 장비로, 상호 연결된 원격지 간 초연결 통신망에 항공감시정보와 시설장비정보 제공 및 관제사 허가, 관리자 명령 처리를 담당
 - 항공감시장비는 원격지 공항에 설치하는 공항 통합관제시스템의 구성장비
 - 항공기와 접근공역을 감시하는 원격 항공감시 다중센서와 자료 및 명령을 처리하는 원격항공 감시 서버로 구성



그림 120. 원격지 공항의 항공감시장비 개념도(안)

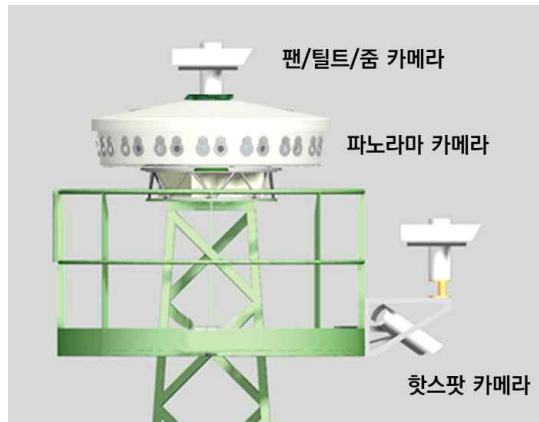


그림 121. UAM 버티포트의 항공감시장비 개념도(안)

- **(원격 항공감시 다중센서)** 원격 항공감시 다중센서란 접근공역을 감시할 수 있는 다수의 광학 센서와 전파장비로 구성
 - 광학센서는 접근공역의 실황을 이미지로 포착하여, 원격 항공감시 서버로 비디오 데이터스트림을 전송
 - 광학센서는 단수/다수, 고정/회전, 평면/곡면, 배열/선형 스캔, 가시광선/비가시광선 등과 같은 다양한 방식의 센서가 있음
 - 광학센서는 영상의 품질, 갱신 속도, 해상도, 색 심도, 시야각을 결정하는 핵심 요소임
- **(원격 항공감시 서버)** 원격 항공감시 서버란 원격 항공감시 다중센서에서 취득한 항공기 감시, 주변 상황 데이터를 가공/처리하고, 장비 간 통신을 담당
 - 원격 항공감시 서버는 H.265 압축 코덱과 인공지능을 이용한 압축 코덱을 사용하여, 다중 센서에서 취득한 항공기 대용량의 감시 영상을 처리 및 실시간(300ms 이하) 영상을 전송
 - 원격 항공감시 서버는 각종 카메라를 이용하여 항공기의 위치, 식별정보 등의 항적 정보를 도출
 - 원격 항공감시 서버는 통신 대역폭을 고려하여, ADS-B, MLAT, 항공기 탐지/식별용 전자광학 장비 자료를 통합형 항공감시정보로 융합

- 원격 항공감시 서버는 저시정 상황을 고려하여, 가시광선 카메라의 역할이 제한되었을 때 적외선 카메라를 이용하여 신뢰도 99.99% 이상의 항공감시 기능을 확보
 - 원격 항공감시장비 관리를 위하여 모니터링하고, 시설/장비 정보 생성
 - 원격 항공감시 서버는 통신 대역폭을 고려하여 항공감시정보, 시설/장비 정보를 통신망에 송신
 - 원격 항공감시 서버는 통신망을 통하여 관제사 허가, 관리자 명령을 실시간 수신 및 처리
- **(항공감시 시험장비)** 항공감시 시험장비는 항공감시장비의 전체 또는 항공감시장비의 구성 장치 각각이 성능과 기능이 만족하는지 평가할 수 있는 장비
- 항공감시 시험장비는 항공감시 다중센서가 요구도를 만족하여 작동하는지, 모의 관제사 허가, 모의 관리자 명령을 제공하고, 결과 및 동작상태가 적합한지를 검증/평가하는 기능을 갖추
 - 항공감시 시험장비는 항공감시 서버가 요구도를 만족하여 작동하는지, 항공감시 모의 영상과 기초자료를 입력하여 항공감시정보의 출력과 출력 시간이 적합한지를 검증/평가하는 기능을 갖추
 - 항공감시 시험장비는 항공감시 서버에 모의 영상을 제공하여 시설/장비 정보의 출력을 검증/평가하는 기능을 갖추

□ 【RTC-311】 원격지 공항의 항공감시장비 요구분석

- **(시스템 요구도 분석)** 통합관제시스템 분석을 통해 도출된 요구사항명세서 중에서 항공감시 장비에 필요한 요구도를 분류하고 분석
- 항공감시장비는 항공기 외부 장비(랜딩기어)의 이상상태를 확인할 수 있을 정도로 정밀
 - 항공감시장비는 일부 저시정 상황에도 기존 관제 절차와 같이 제한적인 관제 서비스를 제공 또는 정상적인 관제 서비스를 제공할 정도로 명확

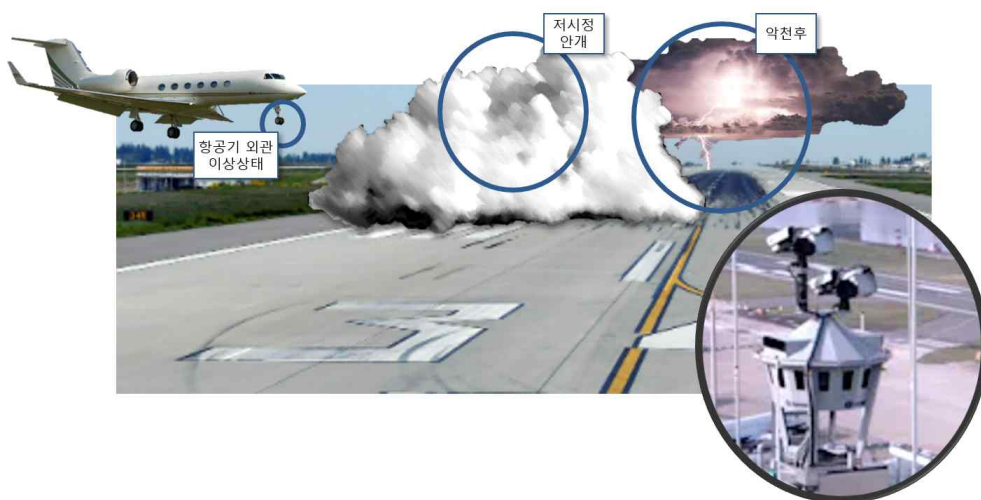


그림 122. 통합관제시스템의 항공감시장비 요구도

- (항공감시장비 상태 및 모드) 항공감시장비는 여러 기능을 수행할 수 있는 고유의 상태와 모드로 구성
 - 항공감시장비의 상태는 운용상태, 고장상태, 정비상태로 구성
 - 운용상태는 일반모드, 저시정모드, 역광모드로 구성
 - 고장상태는 단일 고장모드, 다중 고장모드, 전체 고장모드로 구성
 - 정비상태는 대기중 정비모드, 운용중 정비모드, 자가 정비모드로 구성

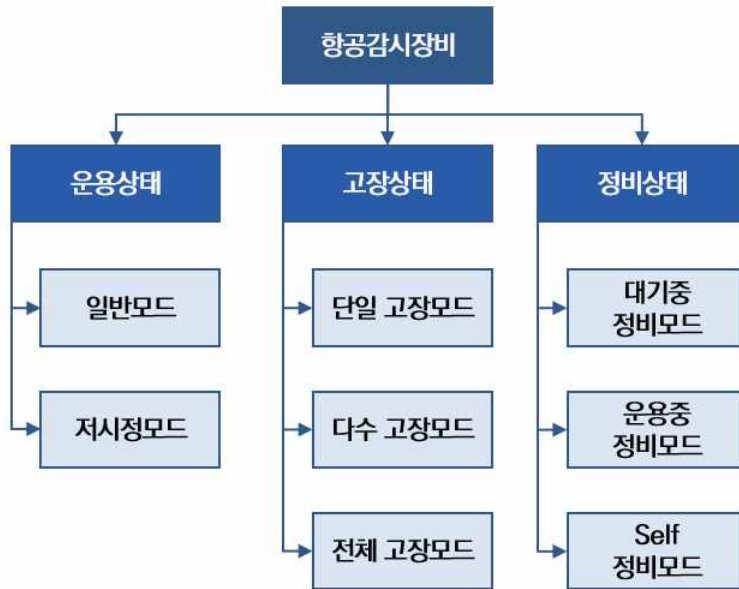


그림 123. 항공감시장비 상태 및 모드

- (항공감시장비 요구도 정의) 항공감시장비의 기능 및 성능, 연동, 데이터, 안전, 보안, 환경, 자원, 품질, 제약조건, 인적 자원에 대한 요구도로 구성
 - 항공감시장비의 주요 기능 요구도는 카메라 기반 항적 생성 기능, 다중센서 기반 항공감시 정보 융합 기능, 저시정 상황에서의 항공감시 기능, 원격지 공항 항공감시장비 모니터링 기능으로 구분
 - 카메라 기반 항적 생성을 위해 카메라는 최소 5km [TBD] 떨어진 경항공기 탐지, 최소 5km [TBD] 떨어진 경항공기 인지, 최소 5km [TBD] 떨어진 경항공기 식별
 - 다중센서 기반 항공감시 정보융합을 위해 Mode-S, ADS-B, MLAT, 카메라 총 4종의 센서를 융합하여 통일된 정보로 가공
 - 저시정 상황에서의 항공감시를 위해 카메라로 생성한 항적 정보가 없거나 카메라를 다른 센서로 대체하더라도 다중센서 기반 항공감시 정보융합 기능의 신뢰도 99.99% 이상으로 유지
 - 원격지 공항 항공감시장비 모니터링을 위해 독립된 장비를 구성하고, 알림 기능 구현

- **(항공감시장비 요구도 분석)** 요구도 달성 가능성, 요구도 검증 가능성, 요구도 명확성, 완결성 등으로 평가하고 분석
 - 요구도 달성 가능성은 개발된 장비가 요구사항 분석 내용과 일치하는지를 검증할 수 있는지 평가
 - 요구도 검증 가능성은 장비 요구도와 장비 설계문서가 추적 및 검증 가능한지 평가
 - 요구도 명확성은 요구분석의 내용이 모호함 없이 모든 이해관계자가 명확하게 이해할 수 있는지 평가
 - 요구도 완결성은 사용자의 요구를 오류 없이 완전히 반영하는지 평가
 - 분석된 결과를 바탕으로 장비 요구사항명세서를 개발
- **(항공감시장비 요구도 검증방안 정의)** 각 요구도를 시연, 시험, 분석, 검사의 방법 중 어떤 방법으로 검증할지 정의
 - 카메라 기반 항적 생성은 시험 또는 시연을 통해 검증 가능
 - 다중센서 기반 항공감시 정보융합은 시험을 통해 검증 가능
 - 저시정 상황에서의 항공감시는 시험 또는 시연을 통해 검증 가능
 - 원격지 공항 항공감시장비 모니터링은 시험 또는 시연을 통해 검증 가능
- **(항공감시장비 요구도 추적관리)** 사용자의 요구도에서부터 장비 요구도, 그 하위 요구도를 일목요연하게 연결하여, 요구도 완결성을 검증할 수 있도록 표로 제작
 - 요구도가 완결성이 있다면, 사용자의 요구도를 충분히 완전히 반영하였고 이를 추적할 수 있음이 검증됨
 - 항공감시장비의 요구도는 각각 소프트웨어 요구도, 하드웨어 요구도로 하위 전개가 가능하며, 사용자의 요구도에서부터 추적 가능

□ **【RTC-312】 항공감시 센서 선정 및 배치 분석**

- **(파노라마용 전자광학장비 시장조사 및 후보군 도출)** 스웨덴의 SINTEF는 관제용 파노라마 영상을 구현하기 위한 연구 진행
 - 14대의 카메라를 하나의 이미지로 구성하기 위해 스티칭, 노출 보정 등의 영상보정 기능
 - 항공기를 탐지, 추적을 위한 기능 탑재
 - 낮은 온도에서 압축공기 노즐이 막히지 않는 이물질 제거 장치 적용

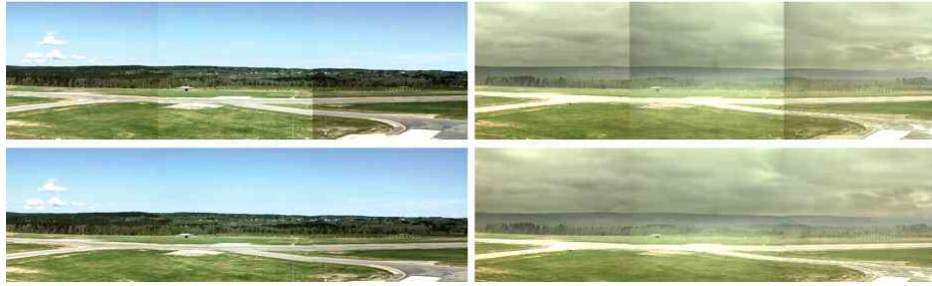


그림 124. 각 카메라 노출 보정 전(위), 카메라 노출 보정 후(아래)

Detection, classification, localization & tracking

Detection: There is an object in this image



Localization: It is inside this bounding box



Classification: The object is an aircraft



Tracking: It is an instance of aircraft #1



그림 125. 탐지, 인지, 식별 및 추적의 과정

- (팬/틸트/줌 전자광학장비 시장조사 및 후보군 도출) 독일의 항행시설서비스 연방기구(DFS, Deutsche Flugsicherung GmbH)는 자르브뤼켄 공항의 원격 관제 적용을 위해 Rheinmetall 팬/틸트/줌 적외선 카메라 적용
 - 파노라마 카메라를 백업하기 위해 파노라마 영상을 처리하는 장치와 연동



그림 126. 자르브뤼켄 공항 팬/틸트/줌 카메라

- **(ADS-B 장비 시장조사 및 후보군 도출)** 국토교통과학기술진흥원의 “ADS-B 1090ES 지상 장비 개발” 과제를 통해 국내 기술개발이 완료되었으며, 상용화된 국산 장비 적용
 - RAW 메시지 디코딩, CAT 021 인코딩
 - 1090ES 메시지 Preamble 검출 및 RAW 메시지 복조
 - 1090MHz RF 신호를 70MHz로 하향 변환
 - 자가 시험을 위한 시험신호 생성
 - UTC 시간 및 위치 데이터 생성, 1PPS 신호 및 10MHz 신호 출력
 - 내부 공기 배출로 항온 유지
 - 전면 패널 상태표시 및 제어
 - 전면 패널 LED 및 Local Test 인터페이스



그림 127. 국내개발 ADS-B 수신기

- **(MLAT 장비 시장조사 및 후보군 도출)** 국토교통과학기술진흥원의 “항공용 다변측정 감시 시스템(MLAT) 개발” 과제를 통해 국내 기술개발이 완료되었으며, 상용화된 국산 장비 적용
 - 운용모드 : Mode A, C, S, 1090ES
 - 시각동기 : GNSS 시각동기 또는 기준 트랜스폰더
 - 데이터 출력형식 : ASTERIX Cat 10, 19, 20, 23
 - 위치오차 : 5 ~ 300m
 - 표적 처리능력 : 최대 250개
 - 데이터 갱신 속도 : 1~12sec 설정 가능
- **(항공기 탐지/식별용 전자광학장비 시장조사 및 후보군 도출)** DO-160G 신뢰도가 적용된 FHD급 팬/틸트/줌 전자광학장비 적용

□ 【RTC-313】 카메라 기반 항적 생성

- (카메라 기반 항적 생성) 카메라 기반 항적 생성이란 카메라만을 이용하여 항공기의 위치, 식별정보를 표출하는 기술
 - 파노라마용 전자광학장비를 이용하여 촬영한 영상으로 3D 깊이를 생성한 후 항공기 위치 정의
 - 항공기 탐지/식별용 전자광학장비로 식별한 항공기 정보를 융합



그림 128. 카메라 기반 항적 생성 개념도

- (이동 물체 중심 인공지능 영상 압축) 인공지능(AI) 영상 압축이란 파노라마용 전자광학장비를 통해 획득한 고 전송량의 영상을 압축하여, 저 전송량 영상으로 만드는 기능
 - 360° 파노라마 영상은 고용량의 전송이 요구되므로, 원격지 간 통신망 대역폭을 고려하여 100Mbps 이하로 저용량의 전송으로 변환
 - 공항의 대부분 영상은 하늘, 활주로와 같은 배경 영상이므로, H.264 기술처럼 인공지능을 통해 변경되지 않는 배경은 재활용, 움직이는 항공기의 특징만을 추출하여 전송함으로써 대역폭을 획기적으로 축소
- (사각지대 인공지능 공간감시) 사각지대를 감시하는 카메라와 파노라마 영상정보를 취합하여, 단일 파노라마 영상으로 사각지대의 침입 또는 공간정보를 확인하는 기능
 - 이에 별도의 카메라를 이용하여 파노라마 카메라 사각지대의 영상을 획득, 이를 파노라마 영상 정보에 취합하여, 통합관제센터의 파노라마 영상에 사각지대 침입을 확인

□ 【RTC-314】 다중센서 기반 항공감시 정보융합

- (다중센서 기반 항공감시 정보융합) 다중센서 기반 항공감시 정보융합이란 카메라를 이용한 감시정보, ADS-B의 감시정보, MLAT 감시정보를 융합하여 정확도 높은 단일정보로 생성한 후 관제사에게 제공하는 것임
 - 다중센서로 취득한 정보는 큰 대역폭이 필요하므로, 대역폭의 제한이 있는 원격지 간 데이터 통신망을 고려하여 단일정보로 융합하여 전송

□ 【RTC-315】 저시정 상황에서의 항공감시

- (저시정 상황 항공감시) 안개, 악천후, 역광, 야간 등 가시광선 카메라의 역할이 제한되었을 경우, 적외선 카메라 등 다른 장비만 활용한 항공감시정보 생성
 - 적외선 카메라, ADS-B, MLAT 등 사용
 - 시야각(FOV, Field of View) 25도 이상의 HD급 화질 단파장 적외선 카메라를 파노라마 전자 광학 카메라와 함께 구성

□ 【RTC-316】 원격지 공항 항공감시장비 모니터링

- (원격지 공항 항공감시장비 모니터링) 원격 공항 항공감시장비 모니터링이란, 항공감시장비 오작동 시 문제 원인 분석을 위한 모니터링 자료 수집 기술
 - 항공감시 센서의 경우, 별도의 자체진단(BIT, Built-In Test)을 적용하여 결과를 항공감시 서버로 전송
 - 항공감시 서버의 경우, 자체진단 및 독립된 카메라를 설치하여 서버의 상태를 감시
 - 항공감시장비 모니터링 기능은 항공감시 서버에 수집된 정보를 처리하고, 생성된 시설/장비 정보를 원격지 간 초연결 통신망을 이용해 통합관제센터에 송신

□ 【RTC-317】 원격지 공항의 항공감시장비 구축

- (원격지 공항의 항공감시장비 규격) 원격 항공감시 다중센서는 원격지 공항에 마련된 마스트에 부착하고, 항공감시 서버는 별도의 서버실로 구성
 - 원격 항공감시 다중센서는 마스트에 고정하여 설치
 - 항공감시 서버는 별도의 지상에 구축하고, 안정적인 전원공급
- (원격지 공항의 항공감시장비 설치) 원격 항공감시 다중센서를 설치하기 위하여, 50m [TBD] 높이의 마스트를 설치하고, 마스트에 다중센서가 견고히 설치될 수 있도록 보강
 - 마스트에 조류가 접근하지 못하도록 방지 장치 설치
 - 마스트는 작업자가 접근하여 유지보수가 가능하나, 비인가자는 접근할 수 없도록 보안 강화



그림 129 원격지 공항의 항공감시장비 배치안

□ 【RTC-318】 다중센서 기반 항공감시장비 성능 검증

- (다중센서 기반 항공감시장비 검증방안) 항공감시장비는 아래의 평가기준에 의하여 항공감시 시험장비로 검증평가
 - 다중센서 요구도를 만족 여부
 - 항공감시 서버에 입력된 모의 관제사 허가와 모의 관리자 명령에 따라 정상 작동 여부
 - 다중센서의 정보를 병합하여 대역폭을 고려한 항공감시정보 출력 여부
 - 시설/장비 정보의 출력은 즉각적이고, 오류가 없는지 확인
 - 장비 구동 시간에 따른 신뢰도 저하나 다른 성능저하의 요건은 없는지 확인

□ 【RTC-319】 시범 운용지원

- ‘구성기술1-1’에서 통합관제서비스 시범 운용이 원활히 진행될 수 있도록 원격지 공항의 항공 감시장비와 관련된 모든 사항을 지원해야 함

2) (구성기술2-2) 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증

□ 기술 개요

- 본 과제에서는 통합관제센터에서 수신된 항공감시 데이터를 기반으로 공항 상황 및 항공 교통 상황을 표출하는 자료처리장비 개발 및 성능 검증 기술을 개발함
- 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증 기술개발에서는 다음과 같이 8개의 연구활동을 수행함

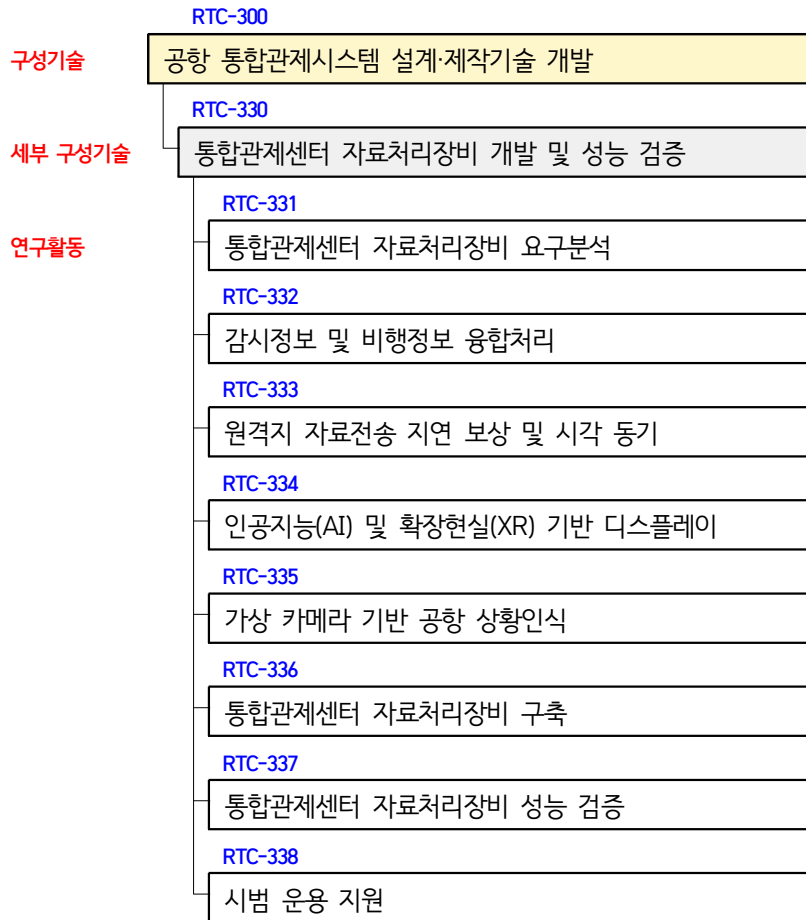


그림 130. 연구활동 업무분류체계 - '구성기술2-2'

- (자료처리장비) 자료처리장비란 통합관제센터에서 원격지 공항의 주변 상황을 현시하는 장비로, 상호 연결된 원격지간 초연결 통신망으로 항공감시정보와 시설/장비 정보를 받고, 관제사의 허가, 관리자 명령을 전송
 - 자료처리장비는 통합관제센터에 설치하는 공항 통합관제시스템의 구성 장비
 - 관제 상황과 시설정보 등 원격지 전체상황을 표시하는 AI/XR 기반 파노라마 디스플레이 및 관제석, 그리고 항공기와 접근공역을 감시하는 원격 항공감시 다중센서와 자료 및 명령을 처리하는 자료처리 서버로 구성

- (AI/XR 기반 디스플레이 장비) 통신망의 전송대역폭 제한으로 저해상도로 표현된 영상을 고해상도로 변환 및 영상과 함께 포함된 항적정보, 비가시권/저시정 정보를 화면에 현시
 - 광학센서로 포착한 영상을 한 개 이상의 현시 장비로 관제사에게 표출
 - 영상은 팬/틸트/줌(PTZ) 이동체 추적, 정적/동적 오버레이와 같은 영상을 추가 가능
 - 주변 환경에 따른 원격지 공항의 다양한 이미지와 원격지 공항의 항공감시장비에서 전송된 최소한의 이동체 데이터를 인공지능(AI)으로 합성하여 공항 상황을 현시

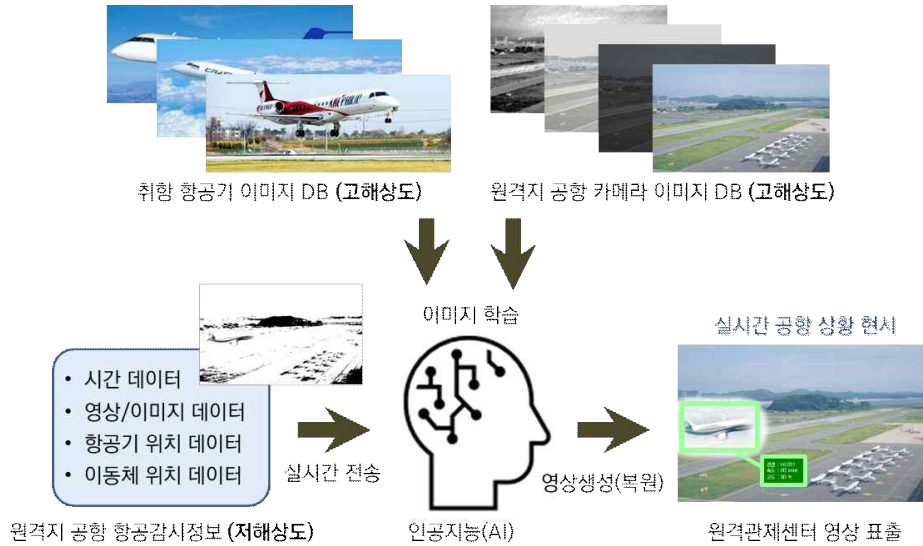


그림 131. 인공지능(AI) 기반 항공감시 영상자료처리

- 항공기의 이착륙 및 공항 내 지상이동 상황을 확장현실(XR)을 이용한 3차원 공간에 표출하여 관제사가 공항 상황을 현실적으로 인지할 수 있도록 함



그림 132. 증강현실(XR)을 이용한 3차원 항공기 이착륙 및 지상이동 표출



그림 133. 증강현실(XR)을 이용한 스포츠 중계

- 관제석은 관제사가 통합관제시스템의 요소를 통제할 수 있도록 인터페이스를 제공
- 최소한 PTZ 카메라를 수동 조종하는 방법과 수동/자동모드를 전환할 수 있어야 함

AI/XR 기반 디스플레이 장비

- 대형 파노라마 스크린
- 카메라 영상 및 항공감시 정보 표출
- 비가시권/저시정 상황 현시



그림 134. 디스플레이 장비 개념도(안)

○ (자료처리 서버) 통신망을 거치며 압축, 융합, 지연, 소실된 항공감시정보와 시설/장비 정보를 복원 및 보상

- 영상 품질 향상, 메타정보 추가, 운용 간 불필요한 영상 부분제거, 시각적 추적 등을 처리



그림 135. 통합관제탑 관제석 (예시)

□ 【RTC-331】 통합관제센터 자료처리장비 요구분석

- (일반 요구사항) 파노라마 디스플레이에 현시되는 접근 공역 영상은 다수의 고정 카메라의 합성을 통해 구현하고, 각각의 카메라로부터 나온 영상은 하나의 파노라마 영상으로 병합
 - 관제사의 상황감시 능력은 화면에 표시된 물체에 증강된 정보를 표현함으로써 향상됨
 - 영상의 픽셀 좌표를 현실의 벡터 위치로 변경하기 위해 몇 가지 기능이 추가로 필요
- (파노라마 영상/센서) 고해상도와 저왜곡의 광시야각을 영상을 확보하기 위해 파노라마 영상은 다중센서로 촬영
 - 같은 초점을 가진 다중센서는 같은 수직축과 다른 방향을 가리키기 위하여 둥글게 설치되어야 하며, 맹점 생성을 방지하기 위하여 시야각이 적절히 겹치도록 배치하여야 함
 - 시야각이 겹친 부분에서 물체가 중복하여 표시되기 때문에 스티칭 기법을 사용하여 하나의 매끄러운 이미지를 병합하여 표시하여야 함
 - 병합된 영상은 끊어진 모서리나 물체의 중복표시가 일어나지 않아야 하나, 센서 정렬과 같은 문제로 완벽하게 매끄러운 영상을 확보하기 어려움
 - 카메라와 화면의 화각의 차이로 영상의 왜곡이 발생하므로, 주의가 필요함
- (파노라마 영상 지리보정) 화면을 통해 다양한 기능을 사용하기 위해서는 지리 보정*이 필요
 - * 지리 보정이란 화면의 픽셀 좌표를 실제 공간의 위치로 변환하는 전처리 작업
 - 지리 보정은 PTZ 카메라 조종을 위해 화면의 좌표를 실제 위치로 변환하는 데 필요
 - PTZ 카메라의 시야 방향을 화면에 표시하기 위해 실제 위치를 화면의 좌표로 변환하기 위해서도 필요
 - 지리 보정은 지표평면을 평면에 표현하는 보정 문제가 있으며, 정렬되지 않은 카메라, 렌즈 왜곡, 모델링 오류, 이미지 평면좌표와 화면좌표의 차이 등으로 발생

□ 【RTC-332】 감시정보 및 비행정보 융합처리

- (감시정보/비행정보 융합/처리) 원격지 공항의 항공감시장비로부터 획득한 정보와 외부로부터 획득할 수 있는 항적정보를 융합하여, 관제사의 취사에 맞는 정보로 융합/처리하는 기능

□ 【RTC-333】 원격지 자료전송 지연 보상 및 시각 동기

- (원격지 자료전송 지연 보상 및 시각 동기) 초연결 통신망으로부터 발생한 지연을 보상하고, 실시간성을 보장하기 위해 자료를 예측 보상하는 기능

□ 【RTC-334】 인공지능(AI)-확장현실(XR) 기반 디스플레이

- (인공지능(AI)-확장현실(XR) 기반 디스플레이) 원격지 항공감시장비로부터 입수한 이동 물체 중심 인공지능 영상 압축 스트림을 복원하고, 지연 보상된 항공감시정보를 이용하여, 실시간의 가상 항공기를 관제사에게 제공
 - 압축된 영상은 통신망을 거치며, 일부 소실/지연이 발생하므로, 이를 인공지능으로 복원하고, 실시간성을 확보

- (시각적 추적) 이동 물체에 증강정보를 덧씌워 관제사의 주변 상황인식을 돕는 도구로써 사용
 - 광학센서로부터 식별된 이동 픽셀의 정보와 증강정보는 물체가 이동함에 따라 1Hz 이상의 속도로 연속적으로 영상에 표시되어야 함
 - 특정 조건에서 하나의 물체가 여러 개의 물체로 분할 인지되는 경우가 있음 (예를 들어, 야간 상황 시 항공기의 좌우 방향지시등에 각각 개별적으로 인식되는 등의 문제가 발생함)
 - 추적 상자가 화면보다 느리게 처리되어 물체보다 뒤에 형성됨
 - 추적 상자의 형태가 산만하게 변경됨
 - 추적 상자가 불연속적으로 형성됨

□ 【RTC-335】 가상 카메라 기반 공항 상황인식 기술

- (가상 카메라 기반 공항 상황인식) 압축으로 인해 전송되지 않은 공항 주변 상황을 각종 감시 정보, 누적 데이터를 통해 재현, 사각지대 공간감시정보를 파노라마 영상에 표현하는 기능
 - 통신 전송량을 줄이기 위해 변경되지 않은 배경은 전송하지 않거나 일부만 전송됨
 - 인공지능으로 압축한 영상은 저 전송량 영상을 위해 항공기를 중심으로 표현되었으므로, 주변 공항 상황은 변경되지 않는 배경을 각종 데이터를 통해 재현
 - 사각지대를 감시한 카메라로부터 획득된 정보를 영상을 재현하여 사각지대 상황인식 능력 향상

□ 【RTC-336】 통합관제센터 자료처리장비 구축

- (통합관제센터 자료처리장비 규격) AI/XR 기반 디스플레이는 통합관제 센터 벽면 또는 별도의 넓은 공간에 관제석을 둘러싸도록 구성하고, 자료처리 서버는 별도의 서버실로 구성
 - 관제석은 최소 3인이 착석할 수 있도록 구성
 - 관제석과 파노라마 디스플레이는 최소 5m 이격이 있어 1인의 시야가 360° 디스플레이의 30°를 항상 감시

□ 【RTC-337】 통합관제센터 자료처리장비 성능 검증

- (통합관제센터 자료처리장비 검증방안 정의) 자료처리장비는 아래의 평가기준에 의하여 자료 처리 시험장비로 검증평가
 - 항공감시 모의 영상의 지연시간은 실시간(300ms 이하)을 만족하는지 확인
 - 감시정보와 비행정보 융합자료는 99.99% 신뢰도를 확보하는지 확인
 - 모의 시설/장비 정보를 입력받아 관제사에 즉각 위험을 알려주는지 확인
 - 관제사 허가 및 관리자 명령은 즉각적이고, 오류 없이 전달되는지 확인

□ 【RTC-339】 시범 운용지원

- ‘구성기술1-1’에서 통합관제서비스 시범 운용이 원활히 진행될 수 있도록 통합관제센터 자료 처리장비와 관련된 모든 사항을 지원해야 함

3) (구성기술2-3) 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증

□ 기술 개요

- 본 과제에서는 원격지 공항과 통합관제센터 간 실시간 데이터 전송을 위한 **통신망 구현 및 성능 검증** 기술을 개발함
- 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증 기술개발에서는 다음과 같이 9개의 연구활동을 수행함

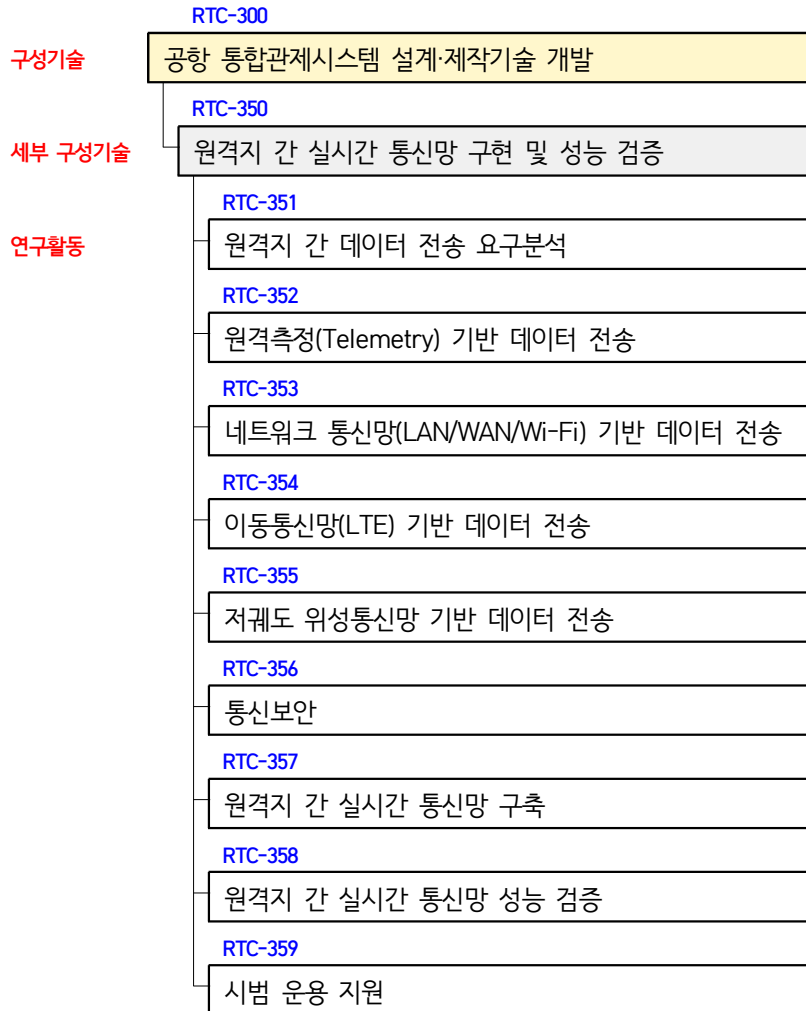


그림 136. 연구활동 업무분류체계 - '구성기술2-3'

- **(원격지 간 실시간 통신망)** 원격지 간 실시간 통신망이란 통합관제센터 자료처리 서버와 원격지 공항 항공감시 서버 간의 통신을 전달하는 매개체임
 - 원격지 간 통신망은 안정성과 적절한 통신방안 연구를 위해 이중으로 구성
 - 원격지 공항로부터 항공감시정보, 시설/장비 정보를 통합관제센터로, 통합관제센터로부터 관제사 허가, 관리자 명령을 원격지 공항으로 전송하는 전력 통신선
 - 10Mbps 원격측정(Telemetry)은 개발자가 원하는 형태로 구성할 수 있으므로 무선방식 중 보안이 우수하고, 사용자 최적화가 가능하지만, 국내 전파법상 단독으로 사용하기엔 법적 진입 장벽이 가장 높음

- 1Gbps 전용 네트워크는 가장 많은 초기비용이 발생하지만, 물리적인 유선 방식으로 보안이 우수하고, 기술적으로 가장 쉬움
- 100Mbps 이동통신망(LTE)은 이미 많이 상용화된 기술로 비교적 적은 비용이 발생하지만, 전파형식과 변조 방식 등이 공개된 무선방식이라 보안에 가장 취약
- 10Gbps 저궤도 위성통신(6G)은 아직 사용화가 되지 않은 기술로, 기술적으로 가장 어렵지만 가장 빠른 통신속도와 가장 많은 전송속도 제공

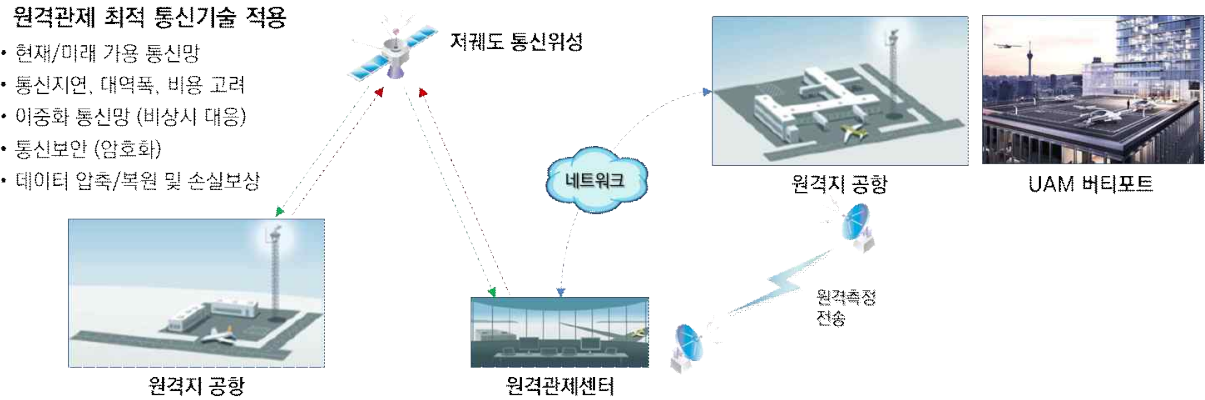


그림 137. 원격지 간 실시간 통신망 개념도(안)

□ 【RTC-351】 원격지 간 데이터 전송 요구분석

- (원격지 간 데이터 전송) 원격지 간 전송해야 하는 정보는 항공감시정보, 시설/장비 정보, 관제사 허가, 관리자 명령 최소 10Mbps의 이종으로 통신망 구성
 - 영상과 항공감시정보를 전송하기 위해 최소 2가지 통신망을 이용하여 영상을 전송

□ 【RTC-352】 원격측정(Telemetry) 기반 데이터 전송

- (원격측정 기반 데이터 전송) 원격측정이란 관측 대상에서 떨어진 지점에서 무선으로 데이터를 일대일로 송수신하는 기술
 - 가장 원시적인 데이터 전송망으로 약속된 전파를 송신하고 수신하여 데이터를 전송하는 통신
 - 데이터의 전송량이 비대칭이므로 주파수분할방식의 양방향 통신 구현
 - 빔 폭이 좁은 안테나는 36dBi 이상의 파라볼라 안테나를 이용하여 원격지 간 직접 연결 구성
 - 안테나 설치장소는 원격지 간 거리와 지구 곡면을 예상하여 LOS가 확보되는 위치에 안테나를 구축
 - 다중경로 손실에 강한 OFDM 변조를 적용

□ 【RTC-353】 네트워크 통신망(LAN/WAN/Wi-Fi) 기반 데이터 전송

- (네트워크 통신망 기반 데이터 전송) 네트워크 통신망 기반 데이터 전송이란 국제표준 유선 네트워크와 ISM(Industry-Science-Medical) 대역 Wi-Fi 규격 무선 네트워크를 사용하여 다자간 통신망을 구축하는 기술
 - 해저케이블을 구성하여 전용의 초고속 광대역 통신망 구성
 - 전용 통신망이 설치되지 않는다면, 4가지 통신 기술 후보 중 가장 보안에 취약
 - 면허 대역의 Wi-Fi를 사용하여 100m 이하의 근거리 통신망을 구성하고, 사각지대 카메라를 연결하여 설치비용 절감

□ 【RTC-354】 이동통신망(LTE) 기반 데이터 전송

- (이동통신망 기반 데이터 전송) 이동통신망이란 가입자에 이동통신 서비스를 제공하기 위한 통신망으로 OFDM과 MIMO를 이용
 - LTE는 이동통신 서비스를 통해 많이 상용화된 기술로, 초기 설치비용이 비교적 저렴
 - 해안에 이미 설치된 국가통신서비스망 LTE-M, LTE-R을 사용하여 가장 신속하게 구현 가능
 - 많이 알려진 기술이기 때문에 보안에 취약하므로 별도의 보안방식 적용
 - 코어 망과 액세스 망을 거치므로 사용자 간 유무선 통신선 길이가 가장 길고, 이로 인해 통신 지연시간이 가장 김

□ 【RTC-355】 저궤도 위성통신망 기반 데이터 전송

- (저궤도 위성통신망 기반 데이터 전송) 저궤도 위성통신망이란 300~1,500km의 위성으로 무선 통신을 구성한 통신망
 - 지면에서 통신선(LOS, Line Of Sight)이 확보되지 않는 거리 또는 장애물이 있더라도 위성을 이용하여 통신선을 확보
 - 원격측정을 제외한 타 통신망 대비 전송속도가 가장 우수
 - 아직 도입 전 단계의 기술로 도입 시기가 불명확

□ 【RTC-356】 통신보안

- (통신보안) 통신보안이란 통신의 기밀성을 확보하고 외부의 침입을 통신보안의 기밀성과 지연 시간 최소화를 위해 ARIA-128 부호화 함수를 사용하고, 국정원 KCMVP 인증을 획득하여 해킹 및 정보 유출로부터 보안성 확보
 - ARIA-128은 국내에서 개발된 보안성이 높은 부호화체계
 - KCMVP는 한국인터넷진흥원에서 발급하는 암호모듈 인증으로 인증되지 않을 경우, 통합관제 센터 적용 불가

□ 【RTC-357】 원격지 간 실시간 통신망 구축

- (원격지 간 실시간 통신망) 원격지 간 실시간 통신망을 구성하기 위해 아래의 요구도를 적용
 - 통신망이 이중으로 구성되므로, 데이터 시각 동기화 및 이중 데이터를 융합하여 데이터의 무결성 또는 신뢰도를 확보하는 기능
 - 오류정정과 같은 부가 기능
 - 안테나와 모뎀 설치 공간 확보

□ 【RTC-358】 원격지 간 실시간 통신망 성능 검증

- (원격지 간 실시간 통신망 검증방안) 원격지 간 실시간 통신망을 검증하기 위해 아래와 같은 기법을 검증방안으로 채택
 - 5km 단거리 시험 및 시험 간 감쇠율을 적용해 거리를 모사한 통신 분석 기법
 - 대체 통신을 이용한 이중 데이터 융합 모사 분석

□ 【RTC-359】 시범 운용지원

- '구성기술1-1'에서 통합관제서비스 시범 운용이 원활히 진행될 수 있도록 원격지 간 통신장비와 관련된 모든 사항을 지원해야 함

다. (구성기술3) 공항 통합관제시스템 인증 기술개발

1) (구성기술3-1) 통합관제시스템 적합성 입증 기술개발

□ 기술 개요

- 본 과제에서는 통합관제시스템의 성능 적합 여부를 판단하기 위한 인증 기술을 개발함
- 통합관제시스템 성능 적합 인증 기술개발을 위해 다음과 같이 3개의 연구활동을 수행함

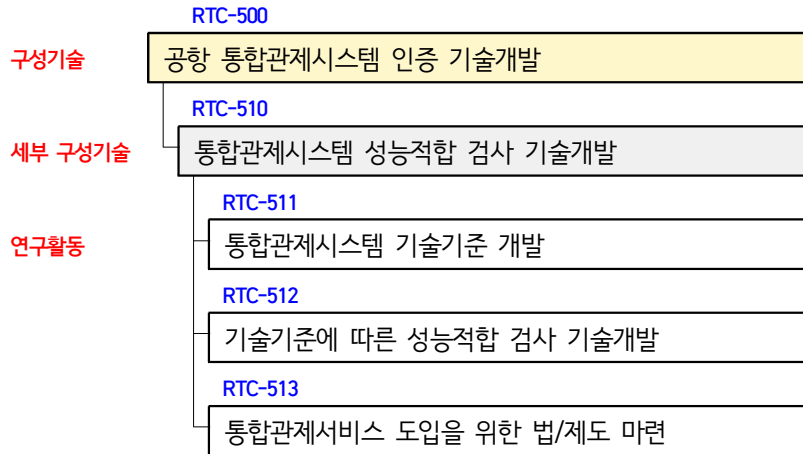


그림 138. 연구활동 업무분류체계 - '구성기술 3-1'

□ 【RTC-511】 통합관제시스템 기술기준 개발

- (기술기준 현황 조사) 통합관제시스템 기술기준과 관련하여 다음의 문헌을 포함한 해외 기술 기준을 조사하고 분석함
 - ICAO Doc 4444, Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management (PANS-ATM), 6ed, 2016
 - FAA, Overarching Remote Tower Systems Research - Operational Visual Requirements, Version No. 1.0, July 5, 2019
 - FAA, Remote Tower Systems Concept of Operations (ConOps), Version No. 1.0, April 7, 2020
 - FAA, Remote Tower (RT) Systems Minimum Functional and Performance Requirements for Non-Federal Applications - For Use in Class D Airspace, Version 3.0, Jan. 2022
 - FAA AC (Draft), Remote Tower (RT) Systems for Non-Federal Applications, Feb. 18, 2022
 - EUROCAE, Minimum Aviation System Performance Standards for Remote Tower Optical Systems, ED-240A Change 1, Sept. 2021
- (통합관제시스템 기술기준(안)) 해외 기술기준 분석 결과와 국내 여건을 종합 분석하여 통합 관제시스템 기술기준(안)을 마련함

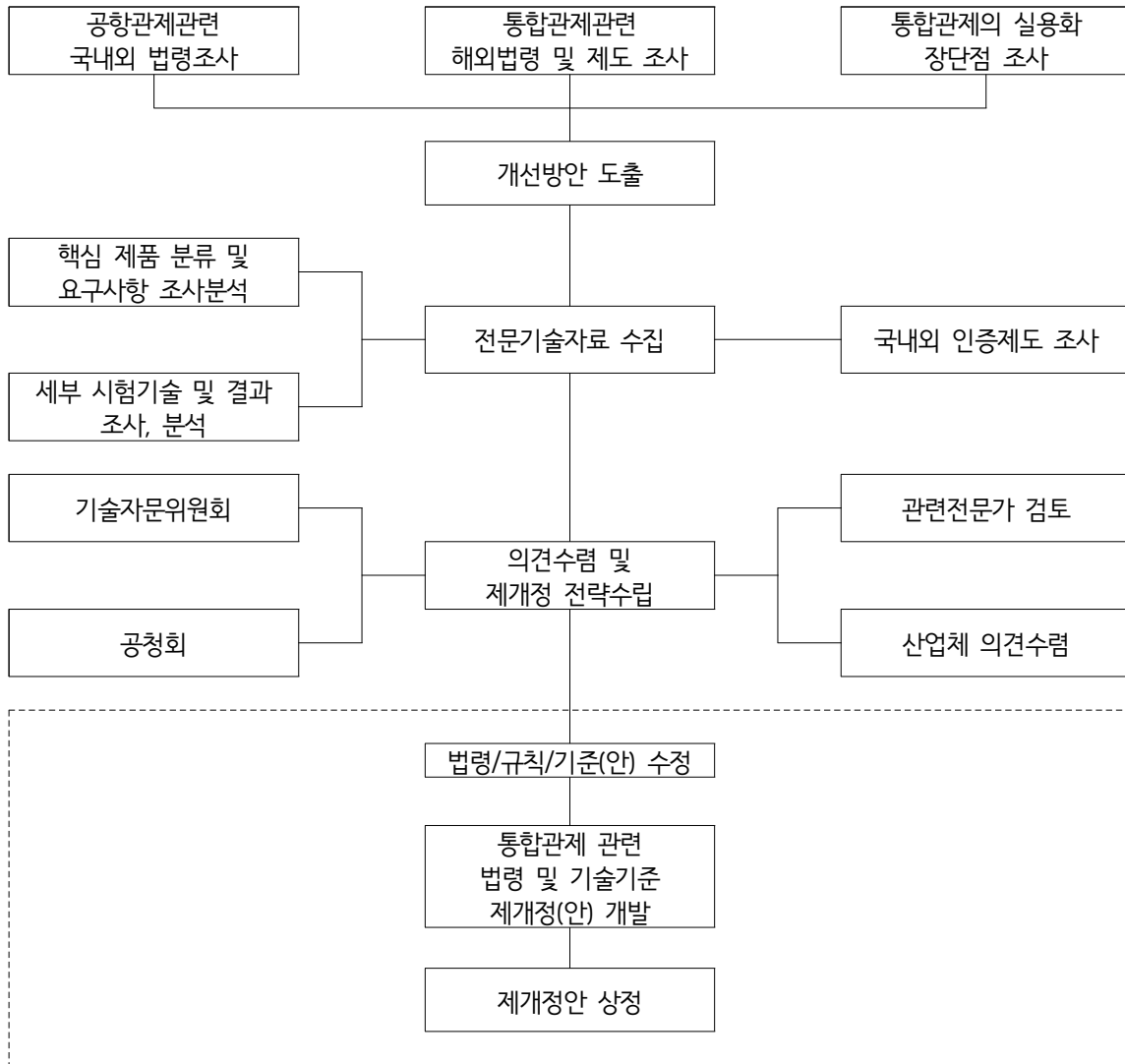
□ 【RTC-512】 기술기준에 따른 성능적합 검사 기술개발

- (검증 방법) 통합관제시스템의 기능/성능 요구사항에 관한 확인은 시험을 통해 검증하고, 시스템 신뢰성/가용성/정비성, 상호운용성 등 비(非)-기능 요구사항에 관한 확인은 시스템 수명주기 전체에 걸쳐 검사, 해석 또는 시험 등의 방법으로 검증함
 - 본 연구개발과제 수행 시 각 요구사항에 대한 구체적인 검증 방법을 개발함
- (시험조건) 통합관제시스템은 광학 감시를 사용하므로 시정 조건에 대한 기준 마련이 필요함
 - 예를 들면, 통합관제시스템의 기능/성능시험은 다음과 같은 청명 조건에서 실시함
 - 주간 : 최소 10,000 Lux 이상의 조도
 - 시정거리 : 최소 10km 이상
 - 하늘 색온도 : 약 25,000K
- (시험절차) 모든 시험은 통합관제시스템 기술기준에 대한 적합성을 확인하기 위한 시험으로, 다음의 절차를 포함하는 '시험절차서'를 마련하여 진행되어야 함
 - 시험 일자와 시간을 기록하고, 시험 참여자와 역할을 식별함 (시험절차에 사용되는 시간은 100ms 이내의 정확도를 갖고 있어야 함)
 - 수행될 시험의 종류와 절차를 기록해야 함
 - 시험대상 제품에 대한 형상과 고유번호 등을 기록해야 함
 - 청명 조건 등과 같은 시험 환경조건을 확인해야 함
 - 요구사항과 관련하여 시험대상 제품에 입력한 데이터를 확인해야 함
 - 입력 데이터의 합리성과 예상 결과를 확인해야 함
 - 시험 결과를 기록하고 요구사항 부합 여부를 확인해야 함

□ 【RTC-513】 통합관제서비스 도입을 위한 법/제도 마련

- 현행 비행장관제업무 관련 국내외 관련 법령, 기술기준 조사 분석
 - 공항운영 관련 법령 및 기술기준
 - 공항건설 관련 법령 및 기술기준
 - 비행장관제 및 서비스 관련 법령 및 기술기준
 - 관제장비 성능, 기능 관련 법령 및 기술기준
 - 항공교통업무기준
- 통합관제서비스 도입을 위한 제약조건 분석
- 원격 제어기술 구현을 위한 통신법 등 타 부처 법령, 기술기준 조사 분석

- 전문가 협의체를 통한 법/제도 개선방향 및 정당성 확보
 - 비행장관제 서비스 분야 담당 부처, 운영기관, 연계 조직 등 전문가 협의체 구성
 - 산학연관 전문가 검토를 통한 의견수렴 및 타 분야 연계 검토 수행
 - 제도개선 지속 검토 및 고도화를 위한 체계적인 관리 방안 마련
- 국내 제도 운영체계 개선 및 발전방안 도출
 - 해외 인증제도 운영현황 조사 분석
 - 국제 수준 부합화를 위한 제도 운영체계 및 절차 개선 연구
 - 국내 시장분석을 통한 제도개선 유효성/효과성 분석
- 통합관제서비스 도입을 위한 법제화 기술지원
 - 법제화를 위한 법안 및 기준 최종 수정/보완 관련 기술지원
 - 국토부 전문기술자문위원회 및 관련 단체 의견수렴(공청회) 지원
 - 자체 규제심사 및 부처 회의 상정 지원



추진단계	세부추진방안
개선방안 도출	조사내용의 통합, 분석을 통하여 국내 법제화 적용타당성 검토 및 개선안 제시
전문기술자료 수집	세부 개발 과제로부터 전문기술자료 수집 및 국내 인증사례, 절차 등 수집
의견수렴	공청회 등을 통한 개정방향, 신뢰성, 타당성, 확장성 및 세부보완사항 수렴
법제화	수정, 보완 및 국토부 상정을 통한 법령제정 및 고시

그림 139. 법제화 추진 프로세스

3. 추진전략

□ 연구개발방법론

- 본 과제는 시스템공학 V-프로세스 절차에 따라 추진하되, 본 과제 기획연구 결과에 이어서 1단계와 2단계로 연구개발을 추진함
 - 기획 단계 : 수요기관 요구도 분석 및 시스템 요구사항 도출
 - 1단계 : 통합관제시스템 개발규격, 설계, 제작 및 시험
 - 2단계 : 통합관제서비스 시범 운용 및 운용성 검증·확인

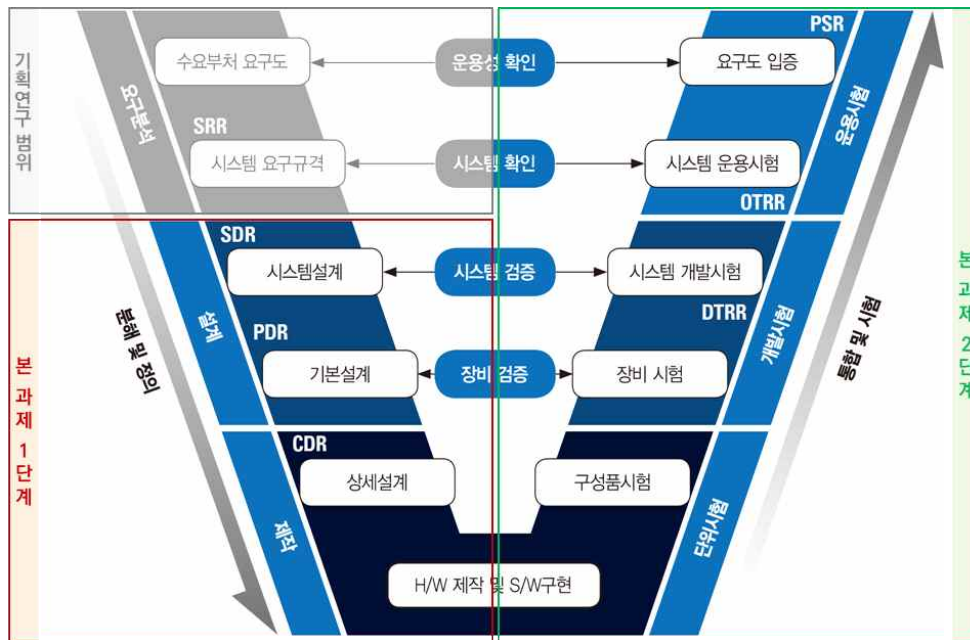


그림 140. 연구개발 단계 및 주요 마일스톤

□ 기술검토회의

- 외부 전문가로 구성된 검토위원회를 편성하여 기술검토회의(Review)를 실시함
 - (검토위원회 구성) 연구개발 착수 후 연구개발기관은 산학연관 전문가로 7~10명 정도로 편성된 검토위원회를 구성함
 - (검토위원회 운영) 통합관제시스템 개발 기간에는 주요 마일스톤에 따라 기술검토회의를 통해 검토위원회를 운영하고, 시범운영 기간에는 실증 1단계부터 4단계까지 실증 단계별로 검토위원회를 운영함
 - * 기술검토회의 개최 시기 및 검토사항은 '3.6.1 기술로드맵' 참고

□ 통합관제서비스 시범 운용

- 개발된 통합관제시스템의 실증을 위하여 시범 운용을 추진하며, 울진공항과 울릉공항을 대상으로 원격지 공항을 운영하고 이들 공항과 통신망이 구축된 항공교통관제센터(인천 또는 대구)에 통합관제센터를 운영함
 - 원격지 공항과 통합관제센터의 구축은 국토부, 지방항공청, 항공교통본부 등 관계기관 협조를 통하여 추진함

□ 관제 전문가 확보방안

- 통합관제서비스 시범 운용을 위하여 조종사, 관제사 등 전문가 확보가 필요하며, 국토부 협력 하에 현업에 종사하고 있는 조종사, 관제사 지원자를 선정하거나 현업에서 은퇴한 조종사, 관제사 지원자를 선정하여 투입할 수 있음

□ 선행 연구 활용 방안

- 원격지 공항의 추가 항행안전시설 확보를 위하여 국내 연구개발을 통해 기개발된 ADS-B, MLAT 등의 항공감시 시설을 활용할 수 있음
- 레이더자료 자동처리시스템(ARTS, Automated Radar Terminal System) 개발을 통해 확보된 감시자료처리장치(SDP, Surveillance Data Processor)와 비행자료처리장치(FDP, Flight Data Processor)를 재활용할 수 있음

제5절 과제 간 연계관계

□ 구성기술 간 연계성

- '구성기술1'은 공항 통합관제서비스 효과도 분석을 통하여 도출된 공항 통합관제시스템 개발 요구사항을 '구성기술2'에 제공하고, '구성기술2'는 요구사항을 충족하는 통합관제시스템을 '구성기술1'에 제공함
- '구성기술3'은 공항 통합관제서비스 및 통합관제시스템에 필요한 기술기준을 '구성기술1'과 '구성기술2'에 제공하고, '구성기술1'과 '구성기술2'는 개발 과정에서 작성된 기술 입증자료를 '구성기술3'에 제공함



그림 141. 구성기술 연계성

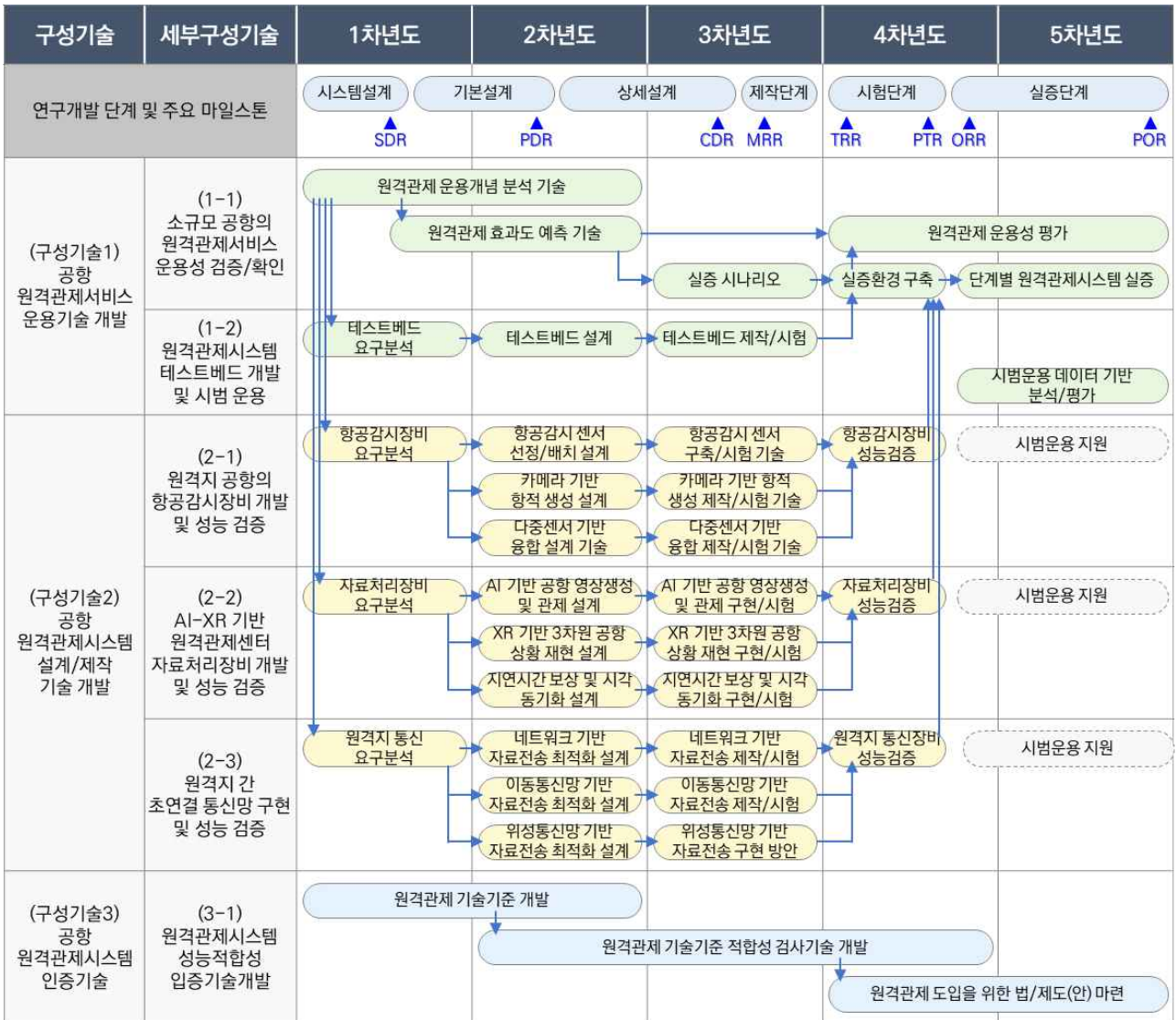


그림 142. 세부 구성기술 연계도

제6절 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 기술로드맵

□ 연구개발 단계, 수명주기 및 주요 마일스톤

○ 본 과제의 성공적인 연구개발 수행을 위하여 시스템공학(SE) 기법을 적용하여 단계별 연구개발을 추진함

구분	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도																			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4																
1	연구개발 단계	1단계								2단계																											
2	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영															
3	주요 마일스톤 (기술검토회의)	KOM		SDR		PDR				CDR				MRR				TRR				PTR				ORR				POR				PSR			

○ 과제 수행을 위한 주요 일정별 기술검토회의(Review)는 다음과 같음

표 58. 기술검토회의의 진입조건, 검토사항 및 완료조건

구분	개최시기 ^{주1}	진입조건	검토사항	완료조건 ^{주2}
착수회의 (KOM)	T ₀ +1개월	개발계획 준비	<ul style="list-style-type: none"> 통합관제시스템 개발계획의 적절성 통합관제시스템 개발관리계획의 적절성 	-
시스템설계검토회의 (SDR)	T ₀ +6개월	시스템설계단계 개발 산출물 준비	<ul style="list-style-type: none"> 통합관제시스템 개발규격의 적합성 시스템 개발규격을 만족하는 통합관제시스템 설계 결과의 부합성 	정량 평가지표 기준값 충족
기본설계검토회의 (PDR)	T ₀ +15개월	기본설계단계 개발 산출물 준비	<ul style="list-style-type: none"> 통합관제시스템 설계 목표를 만족하는 장비 설계의 적절성 	정량 평가지표 기준값 충족
상세설계검토회의 (CDR)	T ₀ +27개월	상세설계단계 개발 산출물 준비	<ul style="list-style-type: none"> 통합관제시스템 장비 설계 목표를 만족하는 부품 설계의 적절성 	정량 평가지표 기준값 충족
제작준비검토회의 (MRR)	T ₀ +30개월	제작단계에 필요한 시설/장비, 공정, 재료, 인력 등 준비	<ul style="list-style-type: none"> 부품 제작, 조립, 통합, 시험을 위한 시설/장비, 공정, 인력(숙련도)의 적절성 제작에 필요한 자재 입고 여부 	정량 평가지표 기준값 충족
시험준비검토회의 (TRR)	T ₀ +36개월	제작단계 개발 산출물 및 시험평가 준비	<ul style="list-style-type: none"> 부품, 장비, 시스템 레벨 시험평가 수행을 위한 시설/장비, 절차, 인력의 적절성 시험 여건 준비 여부 	정량 평가지표 기준값 충족
시험결과검토회의 (PTR)	T ₀ +45개월	시험평가단계 개발 산출물 준비	<ul style="list-style-type: none"> 부품, 장비, 시스템 레벨 개발규격에 대한 충족 여부 	정량 평가지표 기준값 충족
운영준비검토회의 (ORR)	T ₀ +48개월	시범 운영을 위한 개발 산출물 및 시범 운영 준비	<ul style="list-style-type: none"> 시범 운영지원을 위한 제반 사항 운영성 검증확인을 위한 계획 시범 운영 여건 준비 여부 	정량 평가지표 기준값 충족
운영결과검토회의 (POR)	T ₀ +54개월	시범운영단계 개발 산출물 준비	<ul style="list-style-type: none"> 통합관제시스템 운영 요구조건에 대한 충족 여부 통합관제서비스 운영성 검증확인 	정량 평가지표 기준값 충족
선적전검토회의 (PSR)	T ₀ +57개월	최종 산출물 준비	<ul style="list-style-type: none"> 통합관제시스템 및 최종 산출물의 적절성 법/제도 대응 및 사업화 준비 여부 	정량 평가지표 기준값 충족

주1. '개최시기'는 연구개발 제안 및 이행 과정에서 KAIA 및 연구개발 참여기관의 합의에 따라 변경될 수 있음

주2. '완료조건'에서 '정량 평가지표'는 'SE기반 기술검토회의 가이드북'(방위사업청, 2017.06)에 기술된 Check-List를 준용하여 사용

□ (구성기술1) 공항 통합관제서비스 운용기술 개발

○ (RTC-110) 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계												2단계											
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR		▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR			
111	통합관제서비스 도입에 따른 효과도 분석	■																■							
112	통합관제시스템 운용개념 수립	■																■							
113	통합관제시스템 요구분석	■																							
114	통합관제시스템 개발규격 도출 및 관리	■																							
115	통합관제시스템 통합 및 시험									■				■											
116	통합관제시스템 구축													■											
117	통합관제시스템 시범 운용																	■							
118	통합관제시스템 운용성 확인																	■							

그림 143. 기술로드맵 - 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인

○ (RTC-130) 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계								2단계															
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR		▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR			
131	통합관제서비스 테스트베드 요구분석	■																							
132	통합관제서비스 테스트베드 구축	■																							
133	통합관제서비스 테스트베드 성능 검증																	■							
134	시범 운용 항공기 및 조종사 확보																	■							
135	시범 운용 항행안전시설 및 관제사 확보																	■							
136	시범 운용 시나리오 도출																	■							
137	시범 운용 지원																	■							

그림 144. 기술로드맵 - 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증

□ (구성기술2) 공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발

○ (RTC-310) 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계								2단계															
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR		▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR			
311	원격지 공항의 항공감시장비 요구분석	■																							
312	항공감시 센서 선정 및 배치 분석	■																							
313	카메라 기반 항적 생성			■		■		■		■		■													
314	다중센서 기반 항공감시 정보융합			■		■		■		■															
315	저시정 상황에서의 항공감시			■		■		■		■															
316	원격지 공항 항공감시장비 모니터링			■		■		■		■															
317	원격지 공항의 항공감시장비 구축			■		■		■		■		■													
318	다중센서 기반 항공감시장비 성능 검증											■		■		■									
319	시범 운용 지원																	■		■		■			

그림 145. 기술로드맵 - 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증

○ (RTC-330) 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계								2단계															
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR		▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR			
331	통합관제센터 자료처리장비 요구분석	■																							
332	감시정보 및 비행정보 융합처리					■																			
333	원격지 자료전송 지연 보상 및 시각 동기					■																			
334	AI-XR 기반 디스플레이					■																			
335	가상 카메라 기반 공항 상황인식					■																			
336	통합관제센터 자료처리장비 구축					■																			
337	통합관제센터 자료처리장비 성능 검증													■											
338	시범 운용 지원																	■							

그림 146. 기술로드맵 - 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증

○ (RTC-350) 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계												2단계											
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR		▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR			
351	원격지 간 데이터 전송 요구분석	■																							
352	원격측정 기반 데이터 전송			■																					
353	네트워크 통신망 기반 데이터 전송			■																					
354	이동통신망 기반 데이터 전송			■																					
355	저궤도 위성통신망 기반 데이터 전송			■																					
356	통신보안			■																					
357	원격지 간 실시간 통신망 구축			■																					
358	원격지 간 실시간 통신망 성능 검증													■											
359	시범 운용 지원																	■							

그림 147. 기술로드맵 - 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증

□ (구성기술3) 공항 통합관제시스템 인증기술 개발

○ (RTC-510) 통합관제시스템 적합성 입증기술 개발

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계								2단계															
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR				▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR	
511	통합관제시스템 기술기준 개발	■																							
512	기술기준에 따른 성능적합 검사기술 개발					■				■				■											
513	통합관제서비스 도입을 위한 법/제도 마련																	■							

그림 148. 기술로드맵 - 통합관제시스템 적합성 입증기술 개발

2. 성과로드맵

□ (구성기술1) 공항 통합관제서비스 운용기술 개발

- ‘공항 통합관제서비스 운용기술 개발’의 산출물은 세부 구성기술별 시제품과 개발문서로 구분되며, 마일스톤에 따라 다음과 같이 제작 또는 작성됨
 - ‘구성기술1’의 세부 구성기술 중 ‘소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인’에서 구성기술 전체를 총괄하는 산출물을 작성하고 관리함
- (RTC-110) 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인
 - 시제품

번호	시제품	수량	연차별/마일스톤별 제작일정										비고
			1		2		3		4		5		
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR	
P1.01	통합관제 효과도분석도구	1식		D		R			R			F	데이터 포함

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 연구개발관리 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고
			1		2		3		4		5		
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR	
D1.01	연구개발계획서	1부	F										구성기술 전체
D1.02	형상관리계획서	1부	F										구성기술 전체
D1.03	위험관리계획서	1부	F										구성기술 전체
D1.04	월간보고	각 1부	매월 작성										구성기술 전체
D1.05	검토회의 기술자료 패키지 ^{주1}	각 1식	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	구성기술 전체
D1.06	검토회의 결과 보고서 ^{주2}	각 1부	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	구성기술 전체
D1.07	단계보고서 ^{주3}	1부				F							구성기술 전체
D1.08	최종보고서 ^{주3}	1부										F	구성기술 전체

주1. 검토회의 기술자료 패키지는 검토회의 2주 전 배포

주2. 검토회의 결과 보고서는 검토회의 수행 후 2주 내 작성

주3. 단계보고서 및 최종보고서는 해당 단계 종료 시 전문기관에 제출

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 체계종합 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고		
			1		2		3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR			
D2.01	통합관제서비스 운용개념기술서	1부	D	R	F										구성기술 1, 2
D2.02	통합관제서비스 요구사항명세서	1부	D	R	F										구성기술 1, 2
D2.03	통합관제시스템 개발규격서	1부		D	R	F									구성기술 1, 2
D2.04	통합관제시스템 인터페이스 통제문서	1부		D	R	F									구성기술 1, 2
D2.05	통합관제시스템 검증계획서	1부				D	R	F							구성기술 1, 2
D2.06	통합관제시스템 검증결과서	1부						D	F						구성기술 1, 2
D2.07	통합관제서비스 효과도 분석계획서	1부						D	R	F					구성기술 1, 2
D2.08	통합관제서비스 효과도 분석결과서	1부							D	R	F				구성기술 1, 2

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 시제품 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고		
			1		2		3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR			
D3.01	효과도분석도구 개발계획서	1부	D	F											
D3.02	효과도분석도구 요구사항명세서	1부	D	R	F										
D3.03	효과도분석도구 개발규격서	1부		D	R	F									
D3.04	효과도분석도구 설계서	1부		D	R	F									
D3.05	효과도분석도구 시험계획서	1부			D	R	F								
D3.06	효과도분석도구 시험결과서	1부					D	R	F						

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

○ (RTC-130) 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증

- 시제품

번호	시제품	수량	연차별/마일스톤별 제작일정										비고		
			1		2		3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR			
P2.01	통합관제서비스 테스트베드	1식							F						
P2.02	테스트베드 성능시험장비	1식					F								

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

□ (구성기술2) 공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발

- ‘공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발’의 산출물은 세부 구성기술별 시제품과 개발문서로 구분되며, 마일스톤에 따라 다음과 같이 제작 또는 작성됨
 - ‘구성기술2’의 세부 구성기술 중 ‘통합관제센터 자료처리장치 개발 및 성능 검증’에서 ‘구성기술2’를 총괄하는 산출물을 작성하고 관리함
- (RTC-310) 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증
 - 시제품

번호	시제품	수량	연차별/마일스톤별 제작일정										비고
			1		2		3		4		5		
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR	
P3.01	공항 상황인식용 광학센서	2식		F	F		F	F		F			
P3.02	항공감시용 광학센서	2식		F	F		F	F		F			
P3.03	원격 항공감시 서버	2식		F	F		F	F		F			
P3.04	항공감시장비용 성능시험장비	1식		F	F		F	F		F			

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 연구개발관리 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고	
			1		2		3		4		5			
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
D6.01	연구개발계획서	1부	F											RTC-310 부분
D6.02	월간보고	각 1부	매월 작성										RTC-310 부분	
D6.03	검토회의 기술자료 패키지 ^{주1}	각 1식	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	RTC-310 부분
D6.04	검토회의 결과 보고서 ^{주2}	각 1부	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	RTC-310 부분
D6.05	단계보고서 ^{주3}	1부					F							RTC-310 부분
D6.06	최종보고서 ^{주3}	1부											F	RTC-310 부분

- 주1. 검토회의 기술자료 패키지는 검토회의 2주 전 배포
- 주2. 검토회의 결과 보고서는 검토회의 수행 후 2주 내 작성
- 주3. 단계보고서 및 최종보고서는 해당 단계 종료 시 전문기관에 제출

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 시제품 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고	
			1		2	3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
D7.01	항공감시장비 개발계획서	1부	D	F										
D7.02	항공감시장비 요구사항명세서	1부	D	R	F									
D7.03	항공감시장비 개발규격서	1부		D	R	F								
D7.04	항공감시장비 설계서	1부		D	R	F								
D7.05	항공감시장비 시험계획서	1부			D	R	F							
D7.06	항공감시장비 시험결과서	1부					D	R	F					
D7.07	성능시험장비 개발계획서	1부	D	F										
D7.08	성능시험장비 요구사항명세서	1부	D	F										
D7.09	성능시험장비 개발규격서	1부		D	F									
D7.10	성능시험장비 설계서	1부		D	F									
D7.11	성능시험장비 시험계획서	1부			D	F								
D7.12	성능시험장비 시험결과서	1부				D	F							

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

○ (RTC-330) 통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증

- 시제품

번호	시제품	수량	연차별/마일스톤별 제작일정										비고	
			1		2	3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
P4.01	원격 자료처리 서버	2식		F	F		F	F		F				
P4.02	원격 자료처리 콘솔	2식		F	F		F	F		F				
P4.03	대형 디스플레이 장치	2식		F	F		F	F		F				
P4.04	자료처리장비용 성능시험장비	1식		F	F		F	F		F				

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 연구개발관리 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고	
			1		2		3		4		5			
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
D8.01	연구개발계획서	1부	F											구성기술 2
D8.02	월간보고	각 1부	매월 작성										구성기술 2	
D8.03	검토회의 기술자료 패키지 ^{주1}	각 1식	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	구성기술 2
D8.04	검토회의 결과 보고서 ^{주2}	각 1부	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	구성기술 2
D8.05	단계보고서 ^{주3}	1부					F							구성기술 2
D8.06	최종보고서 ^{주3}	1부											F	구성기술 2

주1. 검토회의 기술자료 패키지는 검토회의 2주 전 배포

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

주2. 검토회의 결과 보고서는 검토회의 수행 후 2주 내 작성

주3. 단계보고서 및 최종보고서는 해당 단계 종료 시 전문기관에 제출

- 시제품 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고	
			1		2		3		4		5			
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
D9.01	자료처리장비 개발계획서	1부	D	F										
D9.02	자료처리장비 요구사항명세서	1부	D	R	F									
D9.03	자료처리장비 개발규격서	1부		D	R	F								
D9.04	자료처리장비 설계서	1부		D	R	F								
D9.05	자료처리장비 시험계획서	1부			D	R	F							
D9.06	자료처리장비 시험결과서	1부					D	R	F					
D9.07	성능시험장비 개발계획서	1부	D	F										
D9.08	성능시험장비 요구사항명세서	1부	D	F										
D9.09	성능시험장비 개발규격서	1부		D	F									
D9.10	성능시험장비 설계서	1부		D	F									
D9.11	성능시험장비 시험계획서	1부			D	F								
D9.12	성능시험장비 시험결과서	1부				D	F							

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

○ (RTC-350) 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증

- 시제품

번호	시제품	수량	연차별/마일스톤별 제작일정										비고
			1		2		3		4		5		
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR	
P5.01	원격측정 기반 자료전송장비	2식		F	F		F	F		F			
P5.02	네트워크 기반 자료전송장비	2식		F	F		F	F		F			
P5.03	이동통신망 기반 자료전송장비	2식		F	F		F	F		F			
P5.04	자료전송장비용 성능시험장비	1식		F	F		F	F		F			

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 연구개발관리 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고	
			1		2		3		4		5			
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
DA.01	연구개발계획서	1부	F											RTC-350 부분
DA.02	월간보고	각 1부	매월 작성										RTC-350 부분	
DA.03	검토회의 기술자료 패키지 ^{주1}	각 1식	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	RTC-350 부분
DA.04	검토회의 결과 보고서 ^{주2}	각 1부	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	RTC-350 부분
DA.05	단계보고서 ^{주3}	1부					F							RTC-350 부분
DA.06	최종보고서 ^{주3}	1부											F	RTC-350 부분

주1. 검토회의 기술자료 패키지는 검토회의 2주 전 배포

주2. 검토회의 결과 보고서는 검토회의 수행 후 2주 내 작성

주3. 단계보고서 및 최종보고서는 해당 단계 종료 시 전문기관에 제출

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 시제품 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고	
			1		2		3		4		5			
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR		
DB.01	자료전송장비 개발계획서	1부	D	F										
DB.02	자료전송장비 요구사항명세서	1부	D	R	F									
DB.03	자료전송장비 개발규격서	1부		D	R	F								
DB.04	자료전송장비 설계서	1부		D	R	F								
DB.05	자료전송장비 시험계획서	1부			D	R	F							
DB.06	자료전송장비 시험결과서	1부					D	R	F					
DB.07	성능시험장비 개발계획서	1부	D	F										
DB.08	성능시험장비 요구사항명세서	1부	D	F										
DB.09	성능시험장비 개발규격서	1부		D	F									
DB.10	성능시험장비 설계서	1부		D	F									
DB.11	성능시험장비 시험계획서	1부			D	F								
DB.12	성능시험장비 시험결과서	1부				D	F							

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

□ (구성기술3) 공항 통합관제시스템 인증 기술개발

○ ‘공항 통합관제시스템 인증 기술개발’의 산출물은 세부 구성기술별 시제품과 개발문서로 구분되며, 마일스톤에 따라 다음과 같이 제작 또는 작성됨

○ (RTC-510) 통합관제시스템 적합성 입증 기술개발

- 시제품

번호	시제품	수량	연차별/마일스톤별 제작일정										비고		
			1		2		3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR			
P6.01	통합관제시스템 기술기준	1식		D	R	F									
P6.02	통합관제시스템 성능적합검증장비	1식		F	F		F	F		F					

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 연구개발관리 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고		
			1		2		3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR			
DC.01	연구개발계획서	1부	F												RTC-510 부분
DC.02	월간보고	각 1부	매월 작성										RTC-510 부분		
DC.03	검토회의 기술자료 패키지 ^{주1}	각 1식	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	RTC-510 부분
DC.04	검토회의 결과 보고서 ^{주2}	각 1부	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	RTC-510 부분
DC.05	단계보고서 ^{주3}	1부					F								RTC-510 부분
DC.06	최종보고서 ^{주3}	1부											F		RTC-510 부분

주1. 검토회의 기술자료 패키지는 검토회의 2주 전 배포

주2. 검토회의 결과 보고서는 검토회의 수행 후 2주 내 작성

주3. 단계보고서 및 최종보고서는 해당 단계 종료 시 전문기관에 제출

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

- 시제품 관련 개발문서

번호	개발문서	수량	연차별/마일스톤별 작성일정										비고		
			1		2		3		4		5				
			KOM	SDR	PDR	CDR	MRR	TRR	PTR	ORR	POR	PSR			
DD.01	개발계획서	1부	D	F											
DD.02	요구사항명세서	1부	D	R	F										
DD.03	개발규격서	1부		D	R	F									
DD.04	설계서	1부		D	R	F									
DD.05	시험계획서	1부			D	R	F								
DD.06	시험결과서	1부					D	R	F						

D : 초안(Draft), R : 수정안(Revised), F : 최종(Final)

제7절 기술 효과 및 성과 활용방안

구성기술	세부 구성기술	목표 성과물	최종 수요처	사업화 및 실용화 방안
(구성기술1) 공항 통합관제서비스 운영기술 개발	소규모 공항의 통합관제서비스 운영성 검증·확인	- 통합관제 효과도분석 도구 - 운용개념기술서, 효과도분석 결과서 등 개발문서 22종	- 국토교통부 - 항공안전기술원 - 공항공사	- 수요처와 긴밀히 협력하여 정상/비정상 시나리오에 따라 철저한 운영성 확인 수행 - '구성기술2' 개발 장비를 종합하여 통합관제 패키지 제품화 추진
	통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증	- 통합관제서비스 테스트베드 - 테스트베드 성능시험장비 - 시제품 개발문서 18종	- 국토교통부 - 항공안전기술원 - 공항공사	- 실증공항 시범 운영을 통한 공항 적용 실적 확보 - 이를 기반으로 국내 공항 사업화 추진 - 국내외 전시회 참가, 시연회 개최 등 다양한 홍보 활동 추진 - 국내 실적을 기반으로 동남아 등 해외 시장 진출 추진
(구성기술2) 공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발	원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증	- 공항 상황인식용 광학센서 - 항공감시용 광학센서 - 원격 항공감시 서버 - 항공감시장비용 성능시험장비 - 시제품 개발문서 18종	- 국토교통부 - 공항공사 - UAM 사업자	- '구성기술1' 주관기관과 협력하여 공항 환경에서 개발 장비의 성능 검증 및 운영성 확인 수행 - 국토부 기술기준에 따라 항행안전시설 성능적합증명 획득
	통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증	- 원격 자료처리 서버 - 원격 자료처리 콘솔 - 대형 디스플레이 장치 - 자료처리장비용 성능시험장비 - 시제품 개발문서 18종	- 국토교통부 - 공항공사 - UAM 사업자	- '구성기술1'과 협력하여 통합관제 패키지 제품화 추진 - 실증공항 시범 운영을 통한 공항 적용 실적 확보 - '구성기술1'과 협력하여 국내외 전시회 참가, 시연회 개최 등 다양한 홍보 활동 추진
	원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증	- 원격측정 기반 자료전송장비 - 네트워크 기반 자료전송장비 - 이동통신망 기반 자료전송장비 - 자료전송장비용 성능시험장비 - 시제품 개발문서 18종	- 국토교통부 - 공항공사 - UAM 사업자	- '구성기술1'과 협력하여 통합관제 패키지 제품으로 동남아 등 해외 시장 진출 추진
(구성기술3) 공항 통합관제시스템 인증기술 개발	통합관제시스템 성능적합 검사기술 개발	- 통합관제시스템 기술기준 - 통합관제시스템 성능적합 검증장비 - 시제품 개발문서 12종	- 국토교통부 - 항공안전기술원	- '구성기술1', '구성기술2'와 독립적으로 활동 - 미국, 유럽 등 협력을 통한 세계 수준의 기술기준 및 기술 검증 역량 마련 - 법/제도 개선 제안과 후속 대응을 통한 실적 확보

제8절 연구수행체계 제안

□ 연구개발 수행 주체

- 본 연구개발의 주관부처는 국토교통부이고, 연구관리 전문기관은 국토교통과학기술진흥원임
- 본 연구개발의 주요 내용과 추진전략을 고려할 때 연구개발기관은 국내 정부출연 연구기관, 항공·통신·IT 분야 개발업체, 공항공사, 항공사, 통신사 등이 적절함
 - 연구개발기관은 ‘국가연구개발혁신법’ 제2조 제3호, 「국가연구개발혁신법 시행령」 제2조의 자격을 만족해야 함
 - 단, ‘국토교통 연구개발사업 관리지침’ 별표1(국토교통 연구개발사업 지원제외조건)에 해당하는 기관은 연구개발기관에서 제외함
- 본 연구개발은 주관연구개발기관, 공동연구개발기관의 컨소시엄으로 편성함



□ 연구개발 수행 주체별 역할 분담

연구개발 수행 주체	역 할	비 고
주관부처	- 연구개발 총괄관리 및 예산지원	
연구관리 전문기관	- 연구개발 관리 및 연구행정 서비스 제공 - 선정, 협약, 평가 및 성과관리 등	
연구책임자	- 공동연구개발기관과 협의를 통해 구체적인 연구개발계획 수립 - 전체 연구개발과제를 책임지고 진행 및 관리	- '구성기술1'의 연구책임자가 담당
주관연구개발기관 (구성기술-1)	- 연구개발과제의 총괄 역할 - 월간보고 및 형상/위험관리 수행	
공동연구개발기관 (구성기술-2~3)	- 협약에 따라 주관연구개발기관과 연구개발과제를 분담하여 공동으로 수행	
기술검토위원회	- 기술검토회의 2주 전 기술 자료(연구내용, 기술개발 과정 및 결과) 검토 - 기술검토회의를 통해 마일스톤 단위 연구개발 완료 여부 점검 확인	- 전체 과제 단위로 위원회 편성 - 통합관제 분야 산학연관 전문가 8~10인으로 구성 (위원장 1인 포함) - 마일스톤 단위로 운영
기술자문위원회	- 관련 기술 및 기준 등에 대한 자문 - 연구개발의 기술적, 정책적 보완사항 제시	- 구성기술별 위원회 편성 - 해당 분야 산학연 전문가 3~5인으로 구성 - 분기 또는 반기 단위로 운영

AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구

CHAPTER

제4장

사전 타당성 검토

제1절 기술적 타당성

제2절 정책적 타당성

제3절 경제적 타당성

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

제1절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 문제/이슈 식별과정의 적절성

□ 분석방향

- 사업을 통해 해결하고자 하는 문제/이슈 식별과정 및 해결방안 도출 과정에 대한 검증

□ 분석결과

- 본 사업의 문제·이슈를 도출하기 위해 국내외 정책동향, 시장동향, 기술동향 조사·분석과 특허·논문분석 등 동향분석을 수행하였으며, 동향분석 결과의 시사점을 도출하여 SWOT 분석을 수행함
 - 동향분석의 객관성을 확보하기 위해 검증된 기존 문헌자료를 활용함

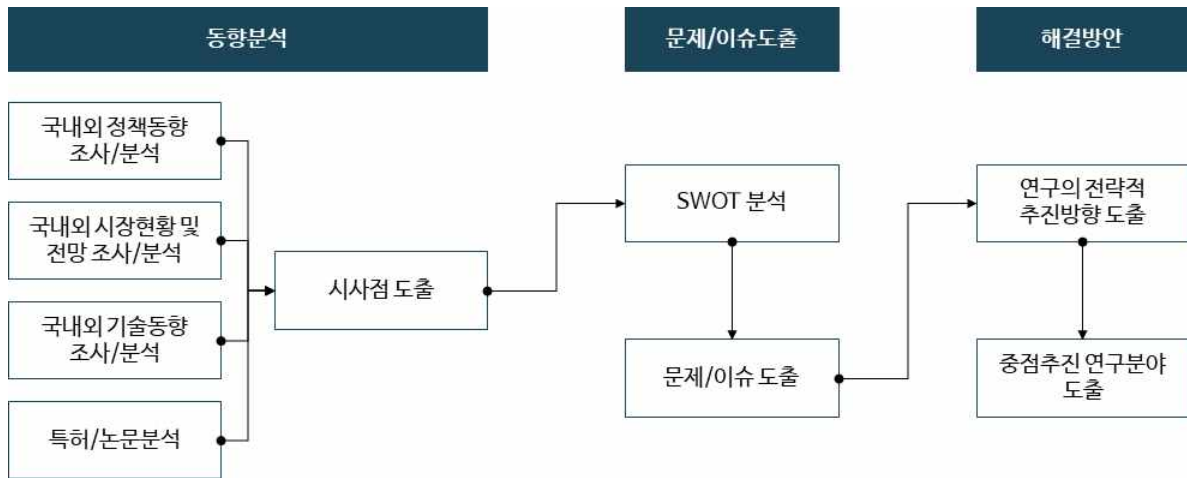


그림 150. 문제·이슈 및 해결방안 도출 절차

- SWOT 분석을 통해서 통합관제와 관련된 문제·이슈를 식별하고 해결방안으로서 연구의 전략적 추진방향을 도출하고 이를 토대로 중점 추진 연구분야를 도출함

- 문제·이슈

- AI, 빅데이터, 통신기술 등 디지털 기술과 공항·항공 기술의 융합을 통해 통합관제 기술혁신 추진
- 공항공사 등 통합관제 수요자 참여를 통한 개발 기술의 공항 적용 가능성 제고
- 통합관제시스템 운용성 검증을 통해 국내 도서·소형공항 도입 가능성 제고
- 산업계 참여를 통한 산업생태계 형성 및 글로벌 시장진입 기회 마련
- 항공감시장비, 센서, 정보융합 및 고성능 자료처리, 실시간 데이터 통신망 등 통합관제 핵심 기술에 전략적 투자
- 통합관제시스템 테스트베드 구축 및 공항 적합성 검증을 통해 시장진입을 위한 신뢰성 확보 추진
- 핵심 항공장비 개발 및 검증을 통해 통합관제 장비 산업생태계 마련 및 시장진입 촉진
- 국제규정에 부합하는 통합관제시스템 기술기준, 성능평가기술 등을 포함한 제도적 기반 마련

제4장 사전 타당성 검토

- 전략적 추진방향
 - AI, 빅데이터, 통신기술 등 디지털 기술과 공항·항공기술의 융합을 통해 통합관제 핵심기술 개발
 - 공항공사 등 통합관제 수요자 참여를 유도하고 국내 도서·소형공항 도입 가능성 제고
 - 산업계 참여를 통한 핵심 항공장비 개발 및 산업생태계 형성
 - 테스트베드 구축 및 통합관제시스템 운용성 검증을 통해 글로벌 시장진입 기회 마련
 - 국제규정에 부합하는 통합관제시스템 기술기준, 성능평가기술 등을 포함한 제도적 기반 마련
- 중점추진 연구분야
 - 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인
 - 통합관제시스템 테스트베드 개발 및 시범 운용
 - 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증
 - 통합관제탑 자료처리장비 개발 및 성능 검증
 - 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증
 - 통합관제시스템 적합성 입증기술 개발

나. 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성

□ 분석방향

- 문제/이슈 해결에 대한 신규 국가R&D사업 추진의 타당성 검증

□ 분석결과

- 지방 소형공항에 대한 통합관제시스템의 필요성에 따라 통합관제시스템 운용성 확인 필요
 - 지방공항 수요부족으로 인한 지방의 소규모 공항의 낮은 경제성, 지방 소형공항 건설 추진에 따른 관제탑 구축/운용 등 비용절감의 필요성, 지방 소형공항의 항공 교통량을 고려하여 다중 공항 통합관제시스템 운영을 통한 관제사 업무분담 효율화 필요성 등
- 공항을 중심으로 일정 범위의 공역 및 공항 지상이동 지역 내에서 관제탑 관제사가 제공하는 공항관제 업무는 법령(항공안전법)으로 지정되어 있어 국비가 투입되는 R&D 사업을 통해 통합관제 기술 확보 필요
- 국내 개발역량과 기술·산업 성숙도를 고려했을 때 통합관제 기술은 정부 지원 영역
 - 국내 항공교통관제 기술은 '항공관제용 통합정보처리 시스템 개발'(2007년~2014년)을 비롯하여 국방 분야 중앙방공통제소(MCRC) 국산화를 준비하고 있지만, 국내 개발업체의 독자적인 제품화/사업화 단계까지 이어지지 못하고 있는 실정
 - 해외 통합관제 기술은 2015년 SAAB에서 처음 구축한 이후로 여러 국가와 개발업체에서 기술 개발이 지속되고 있지만 기술 수명주기로 볼 때 아직은 도입단계라 할 수 있으므로 국내 통합관제 기술도 도입단계로 분석
- 안전한 공항운영을 위한 통합관제시스템의 운용성 검증·확인을 위하여 항공교통관제업무 관련 인력, 시설, 장비, 공역 사용 등 정부 차원의 연구개발 지원 필요
 - 통합관제시스템 개발자에게 테스트베드 공항 인프라 제공을 통해 다양한 공항운영 환경에서 관제사, 조종사, 공항운영 관리자 등이 통합관제시스템 운용에 요구되는 기술 검증

다. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

□ 분석방향

- 문제/이슈 해결을 위한 전략적 추진방향과 사업목표 간 연관성 검증

□ 분석결과

- 문제/이슈 해결을 위한 전략적 추진방향과 사업목표 간 직접적인 연관관계가 형성됨
 - 동 사업의 목표는 ‘공항 통합관제시스템 개발 및 운용성 확인’이며, 동 목표는 ‘공항 통합관제 시스템 개발’과 ‘공항 통합관제시스템 운용성 확인’으로 구분됨
 - ‘AI, 빅데이터, 통신기술 등 디지털 기술과 공항·항공기술의 융합을 통해 통합관제 핵심기술 개발’, ‘산업계 참여를 통한 핵심 항공장비 개발 및 산업생태계 형성’은 ‘공항 통합관제 시스템 개발’과 연계
 - ‘공항공사 등 통합관제 수요자 참여를 유도하고 국내 도서·소형공항 도입 가능성 제고’, ‘테스트 베드 구축 및 통합관제시스템 운용성 검증을 통해 글로벌 시장진입 기회 마련’, ‘국제규정에 부합하는 통합관제시스템 기술기준, 성능평가기술 등을 포함한 제도적 기반 마련’은 ‘공항 통합관제시스템 운용성 확인’과 연계

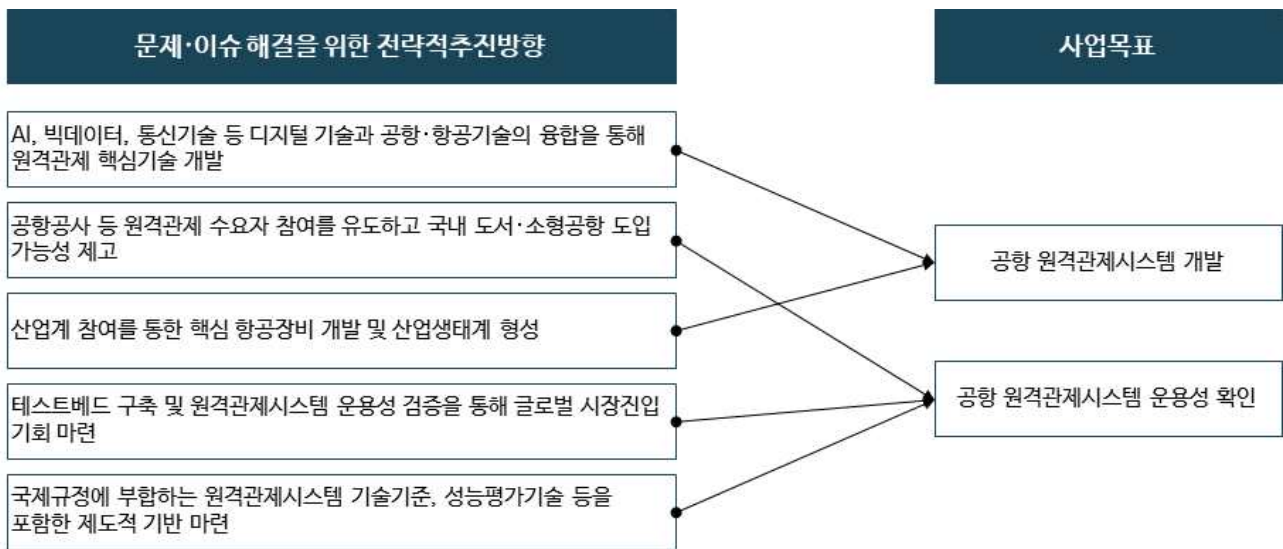


그림 151. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

제4장 사전 타당성 검토

라. 사업목표 설정의 적절성

□ 분석방향

- 사업목표가 명확하게 제시되어 세부활동이 효율적으로 이루어질 수 있도록 사업 방향 설계가 구성되어 있는지 검증

□ 분석결과

- 본 연구개발과제의 비전과 사업목표를 다음과 같이 명확하게 제시하고 있음

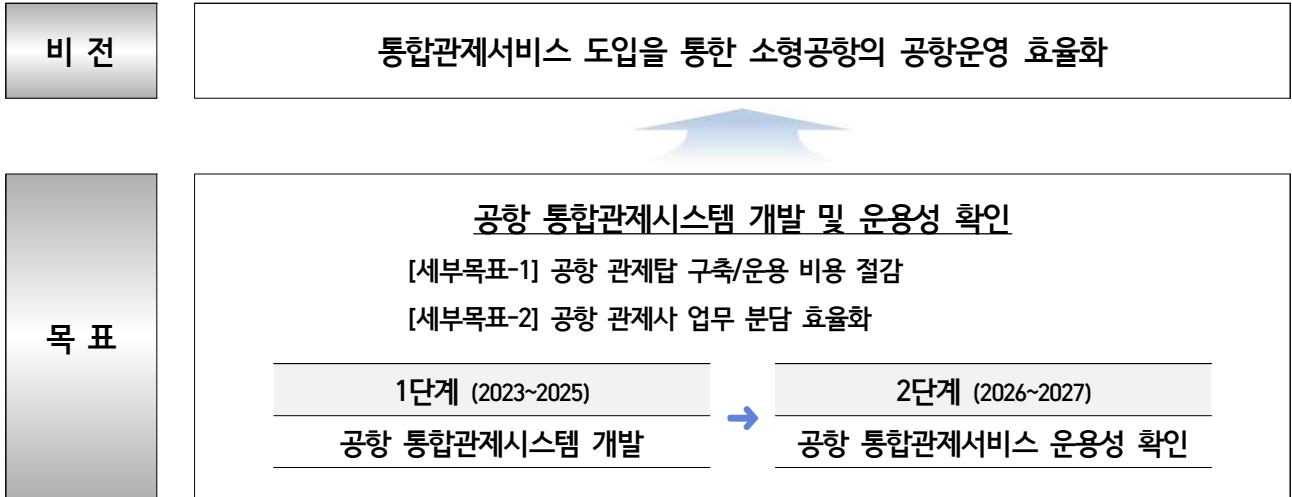


그림 152. 연구개발과제 비전 및 사업목표

- 사업목표 달성을 위하여 세부활동으로 3개의 중점 추진 분야와 관련 핵심기술을 제시하였으며, 이를 기반으로 3개의 구성기술을 구성하고 있음

표 80. 연구개발과제 중점 추진 분야 및 주요 기술

중점 추진 분야	주요 기술
통합관제서비스 운용	- 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증/확인 기술 - 통합관제시스템 테스트베드 개발 및 시범운용 기술
통합관제시스템 개발	- 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증 기술 - AI-XR 기반 통합관제센설 자료처리장비 개발 및 성능 검증 기술 - 원격지 간 초연결 통신망 구현 및 성능 검증 기술
통합관제시스템 인증	- 통합관제시스템 기술기준 개발 - 기술기준에 따른 성능 적합성 검사 기술

마. 사업 성과지표의 적절성

□ 분석방향

- 성과지표와 사업목표와의 연계성 검토 및 목표치의 도전성·합리성 검증

□ 분석결과

- ‘공항 통합관제시스템 개발 및 운용성 확인’이라는 사업목표와 1단계 공항 통합관제시스템 개발, 2단계 공항 통합관제서비스 운용성 확인 성과목표의 달성 여부를 측정할 수 있도록 성과지표가 수립되어 있음
 - 1단계 성과목표에 대한 성과지표는 통합관제시스템 개발진척율, 핵심기술 확보율, 국산화 목표 달성률로 설정함
 - 2단계 성과목표에 대한 성과지표는 통합관제시스템 개발진척율, 핵심기술 확보율, 국산화 목표 달성률로 설정함
 - 국내 관제시스템이 모두 해외 제품으로 구축되어 있다는 현 실정과 4~5년 정도 걸리는 해외 통합관제 운용성 확인 일정 등을 고려할 때, 5년 내 국산화 개발 및 핵심기술 확보하는 목표치 설정은 도전적·합리적 목표로 이해할 수 있음

바. 수혜자 표적화의 적절성

□ 분석방향

- 사업을 통해 수혜를 받는 대상 정의의 적절성 및 의도한 결과물이 의도한 수혜자에게 효율적으로 도달하도록 기획되었는지 검증

□ 분석결과

- (수혜자 정의) 국가, 관제사, 공항공사, 시스템 개발업체 등
 - (수혜내용) (국가) 관제탑 구축 비용 절감, (관제사) 업무 분담 효율화, (공항공사) 관제탑 운용 비용 절감, (시스템 개발업체) 제품화/사업화 및 해외 진출 기회 마련 등
- (결과물의 수혜자 도달 효율성) 본 사업은 항공·통신·IT 분야 개발업체, 공항공사, 항공사, 통신사 등이 연구개발 기관으로 참여하도록 설계함으로써 수혜자에게 연구 결과물이 도달하도록 기획함

제4장 사전 타당성 검토

사. 세부활동과 사업목표와의 연관성

□ 분석방향

○ 세부사업을 구성하는 연구개발 과제와 사업목표와의 연계성 검증

표 81. 사업의 연구개발 과제 체계도

구성기술	세부구성기술	연구활동
공항 통합관제서비스 운영기술 개발	소규모 공항의 통합관제서비스 운영성 검증·확인	통합관제서비스 도입에 따른 효과도 분석
		통합관제시스템 운용개념 수립
		통합관제시스템 요구분석
		통합관제시스템 개발규격 도출 및 관리
		통합관제시스템 통합 및 시험
		통합관제시스템 구축
		통합관제시스템 시범 운용
	통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증	통합관제서비스 테스트베드 요구분석
		통합관제서비스 테스트베드 구축
		통합관제서비스 테스트베드 성능 검증
		시범 운용 항공기 및 조종사 확보
		시범 운용 항행안전시설 및 관제사 확보
		시범 운용 시나리오 도출
		시범 운용 지원
공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발	원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증	원격지 공항의 항공감시장비 요구분석
		항공감시 센서 선정 및 배치 분석
		카메라 기반 항적 생성
		다중센서 기반 항공감시 정보융합
		저시정 상황에서의 항공감시
		원격지 공항 항공감시장비 모니터링
		원격지 공항의 항공감시장비 구축
	통합관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증	다중센서 기반 항공감시장비 성능 검증
		시범 운용 지원
		통합관제센터 자료처리장비 요구분석
		감시정보 및 비행정보 융합처리
		원격지 자료전송 지연 보상 및 시각 동기
		인공지능(AI) 및 확장현실(XR) 기반 디스플레이
		가상 카메라 기반 공항 상황인식
통합관제센터 자료처리장비 구축		
원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증	통합관제센터 자료처리장비 성능 검증	
	시범 운용 지원	
	원격지 간 데이터 전송 요구분석	
	원격측정(Telemetry) 기반 데이터 전송	
	네트워크 통신망(LAN/WAN/Wi-Fi) 기반 데이터 전송	
	이동통신망(LTE) 기반 데이터 전송	
	저궤도 위성통신망 기반 데이터 전송	
	통신보안	
	원격지 간 실시간 통신망 구축	
공항 통합관제시스템 인증기술 개발	통합관제시스템 성능적합 검사기술 개발	원격지 간 실시간 통신망 성능 검증
		시범 운용 지원
		통합관제시스템 기술기준 개발
		기술기준에 따른 성능적합 검사기술 개발
		통합관제서비스 도입을 위한 법/제도 마련

□ 분석결과

- (연구개발과제 구성) 본 사업의 연구개발과제 체계는 구성기술-세부구성기술-연구활동으로 구성하였으며, 구성기술 3개, 세부구성기술 6개, 연구활동 44개를 선정함
- (연구개발과제와 사업목표간 연계성) 전략적추진방향-세부구성기술-사업목표는 상호 연계되어 있음
 - 사업목표 ‘공항 통합관제시스템 개발’은 원격지 공항의 항공감시장비 개발 및 성능 검증, 통합 관제센터 자료처리장비 개발 및 성능 검증, 원격지 간 실시간 통신망 구현 및 성능 검증, 통합 관제시스템 성능적합 검사기술 개발과 연계됨
 - 사업목표 ‘공항 통합관제시스템 운용성 확인’은 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인, 통합관제서비스 테스트베드 개발 및 성능 검증, 통합관제시스템 성능적합 검사기술 개발과 연계됨

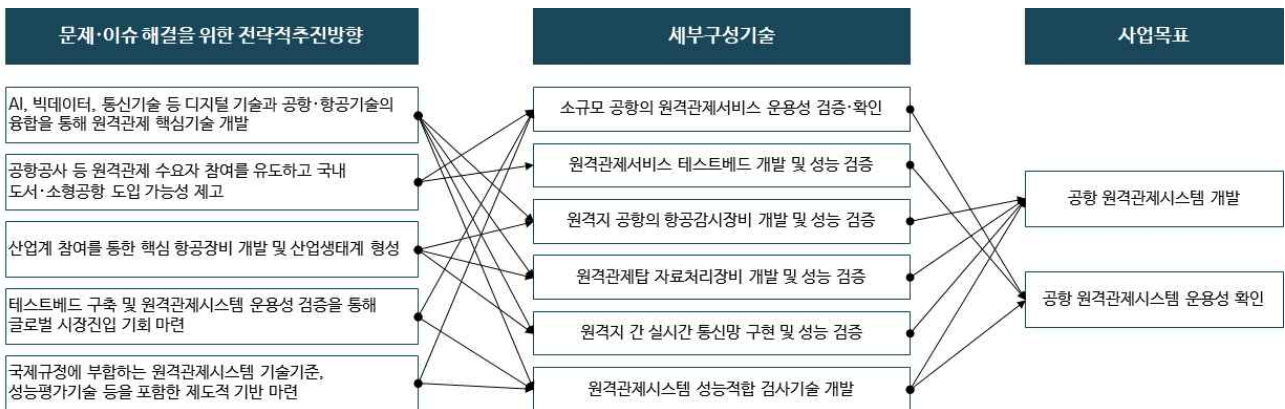


그림 153. 세부구성기술과 사업목표와의 연관성

아. 세부활동 도출의 적절성

□ 분석방향

- 연구개발과제의 기술적 목표를 달성하기 위한 세부활동의 구체성 및 적절성 검증

□ 분석결과

- 세부구성기술별 연구활동을 선정하고 세부적인 내용을 기획함으로써 연구개발과제의 기술적 목표 달성을 위한 세부활동을 구체화함

자. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 분석방향

- 각 세부활동 간 시간적 연관관계가 현실적으로 설정되었는지 검증

□ 분석결과

- 본 사업은 5개년 동안 수행되며 연구개발단계는 1단계 3년, 2단계 2년으로 추진

제4장 사전 타당성 검토

- 사업목표를 달성하기 위해 연구개발 수명주기를 설정하였으며, 연구개발 수명주기에 부합되도록 세부구성기술별 연구활동 추진 로드맵을 수립하고 세부활동 간 시간적 연관관계를 명확히 설정함
- 선행 연구활동의 결과물이 후속 연구활동에 활용하도록 설계함으로써 시간적 선후관계에 오류가 없으며, 선후관계에 있는 연구활동을 동시에 진행시키거나 불필요한 선후관계 설정 등이 없어 연구일정 지연에 대한 불확실성을 제거함

WBS [RTC-]	연구활동	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
-	연구개발 단계	1단계								2단계															
-	연구개발 수명주기	시스템설계				기본설계				상세설계				제작				시험				시범운영			
-	주요 마일스톤 (기술검토회의)	▲ KOM		▲ SDR		▲ PDR				▲ CDR		▲ MRR		▲ TRR		▲ PTR		▲ ORR		▲ POR		▲ PSR			
111	통합관제서비스 도입에 따른 효과도 분석	■																■							
112	통합관제시스템 운용개념 수립	■																■							
113	통합관제시스템 요구분석	■																							
114	통합관제시스템 개발규격 도출 및 관리	■																							
115	통합관제시스템 통합 및 시험									■															
116	통합관제시스템 구축													■											
117	통합관제시스템 시범 운용																	■							
118	통합관제시스템 운용성 확인																	■							

그림 154. 기술로드맵 (사례: 소규모 공항의 통합관제서비스 운용성 검증·확인)

차. 추진전략의 적절성

□ 분석방향

- (추진전략의 적절성) 목표달성 및 연구개발 특성을 고려한 추진전략을 효과적으로 제시하였는지 검증
- (추진체계의 적절성) 연구개발 과제 및 연구자 선정기준 및 절차, 성과관리 방안 등 연구개발 추진체계 제시의 적절성 검증

□ 분석결과

- (추진전략의 적절성) 본 사업은 시스템공학 V-프로세스 절차에 따라 추진하되, 기획연구 결과에 이어서 1단계와 2단계로 연구개발 추진
 - 기획 단계 : 수요부처 요구도 분석 및 시스템 요구규격 도출
 - 1단계 : 통합관제시스템 개발규격, 설계, 제작 및 시험
 - 2단계 : 통합관제서비스 시범 운용 및 운용성 검증·확인
- (추진체계의 적절성) 국가연구개발혁신법, 국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정 및 하위 지침에 따라 연구개발과제 공모조건, 선정평가 절차, 평가항목 및 배점, 성과관리 방안 등 추진

2. 기존 연구과제와의 중복성

- 「국가과학기술지식정보시스템」(NTIS)에서 다음과 같이 대상과제를 등록하여 유사과제 검색
 - 검색설정 : (기준유사도) 60%, (기준연도) 2002 ~ 2022
 - 요약정보

표 82. 대상과제 등록을 위한 요약정보 입력 내용

연구목표	지방공항, 도시공항, UAM 버티포트 등의 공항운영 효율성 향상을 위해 인공지능(AI), 확장현실(XR)을 활용한 비행장 통합관제 운용기술 개발
연구내용	공항에 출도착하는 항공기의 안전한 운항을 위하여 비행장관제가 요구되는데, 기존 공항에서는 직접 육안 감시가 가능한 관제탑을 통해서 비행장관제 서비스를 제공하였으나, 항공 교통량이 적은 소규모 공항의 경우 관제탑 구축/운영 비용과 관제사 운영이 비효율적이라는 문제가 있음 본 연구에서는 광학 카메라와 AI-XR 기술에 기반한 디지털 감시를 구현하여 통합관제 서비스가 가능하게 함으로써, 관제탑 구축/운영 비용을 절감하고 관제사를 효율적으로 운용할 수 있는 통합관제 기술을 개발
기대효과	(과학·기술적) 인공지능(AI) 및 증강현실(AR) 등 첨단 ICT 기술을 활용한 통합관제시스템 구축을 통해 미래형 항공교통시스템 기반 마련 (사회·경제적) 공항 건설 및 운영 비용 절감을 통해 신공항 활성화 및 노후 공항 현대화에 기여하고, 새로운 교통체계로 등장한 도심항공교통(UAM)의 이착륙장(Vertiport) 구축 시 통합관제시스템 적용
한글키워드	통합관제 운용, 통합관제 테스트베드, 통합관제시스템, 인공지능, 확장현실, 성능 적합성
영문키워드	Remote Tower Operation, Remote Tower Testbed, Remote Tower System, Artificial Intelligence, Extended Reality, Performance Compliance

- 유사과제 검색 결과, 본 과제와 유사한 과제가 없는 것으로 분석되었음

유사과제검색결과 ✕

웹보기

※ 표안의 버튼을 클릭하시면 상세 목록을 조회할 수 있습니다.

순번	세부과제명	연구책임자	유사과제여부	
			기수행과제	공공R&D과제
1	AI/XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발	김인중	0	0

1 위 결과는 유사도 0~100 점수 분포에서 60점을 기준으로 유사과제를 도출한 결과이며, 기준유사도가 낮을수록 유사과제가 더 많이 검출될 수 있습니다.

2 유사도 점수가 높은 순으로 검색 결과가 최대 10건까지 도출됩니다.

그림 155. NTIS 유사과제 검색결과

유사과제 검색결과						
※ 자료 활용 시 유의사항						
1. 본 검색 결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.						
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.						
3. 기수행과제 DB는 제결된 과제일일 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.						
검색조건	검색일시	2022/10/30 22:01:33				
	검색년도	2002년 ~ 2022년				
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중경수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	60 점				
결과요약	등록과제수	1 건				
	유사과제	0 건				
세 부 검색 결과 (범례 <input type="checkbox"/> 0개 <input type="checkbox"/> 1~4개 <input type="checkbox"/> 5~9개 <input type="checkbox"/> 10개 이상)						
순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	AI/XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
<p style="text-align: center;">국가과학기술지식정보서비스</p> <p style="text-align: center;">The National Knowledge Center for Science and Technology Information</p>						
<p>주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되거나 수행되고 있는 과제(주식분식 수진 과제+결의과제결비) 주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제</p>						
국가과학기술지식정보서비스						

유사과제 요약정보	
검색된 결과가 없습니다.	
 <p style="text-align: center;">국가과학기술지식정보서비스</p> <p style="text-align: center;">The National Knowledge Center for Science and Technology Information</p>	
<p>주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제명을 의미 주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분 주3) 구분: 유사과제에 등록된 연구과제가 표시된 인디케이터(일차 기준) 주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중경수</p>	
국가과학기술지식정보서비스	

그림 156. NTIS 유사과제 검색결과증

제4장 사전 타당성 검토

○ 「국가과학기술지식정보시스템」(NTIS)에서 검색된 유사과제는 없으나, 비행장 통합관제 관점에서 본 과제와 유사한 선행연구과제를 선정하여 다음과 같이 비교 분석함

표 83. 유사과제 중복성 및 차별화 방안

과제명	추진기간	목표 및 내용	중복성 및 차별화 방안
대규모 영상정보를 활용한 인공지능 기반 실시간 공항교통관제 지원 플랫폼	20.07.01 ~ 21.12.31	대량의 공항 영상을 분석하여 실시간 공항교통관제를 지원하는 인공지능 기술 및 인프라 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중복성 <ul style="list-style-type: none"> - 영상인식 및 상황분석을 위한 인공지능 기술 개발 - AR 정보 표출 및 관제 지원 시스템 구축 ○ 차별성 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제서비스 운용성 검증·확인 및 테스트베드 개발 및 시범 운용 - 개발기술 성능 검증 및 인증 기술 개발 - 통신망 구현 및 성능 검증 ○ 연계 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 사업에서 개발된 기술을 본 사업에 적용하기 위해서는 인터페이스, 아키텍처 등 새로운 설계/구현/검증 과정이 필요함
인천공항 항공교통 3D 통합관제 시스템 개발	21.06.23 ~ 22.12.22	인천국제공항 시스템 조사와 요구사항 분석을 통한 관제시스템 설계 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중복성 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 처리 등 정보 융합 기술 개발 ○ 차별성 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제서비스 운용성 검증·확인 및 테스트베드 개발 및 시범 운용 - 개발기술 성능 검증 및 인증 기술 개발 - 통신망 구현 및 성능 검증 ○ 연계 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 사업은 동일 공항 내에서 적용되는 통합관제로 원거리 공항의 통합관제 적용하기에는 한계가 있음
항공관제용 통합 정보처리 시스템 개발	07.12.27 ~ 14.06.27	실용 가능한 한국형 항공교통 관제시스템 개발 및 기술기준 연구와 항공교통관제 시스템 분야 핵심기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중복성 <ul style="list-style-type: none"> - 항공감시장비, 정보융합 등 관제시스템 설계 기술 개발 ○ 차별성 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관제서비스 운용성 검증·확인 및 테스트베드 개발 및 시범 운용 - 통신망 구현 및 성능 검증 ○ 연계방안 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 사업은 레이더 기반 관제시스템 개발로, 본 사업의 광학 감시에 사용하기에는 어려움

제2절 정책적 타당성

1. 상위계획과의 부합성

□ 분석방향

- 사업계획이 국가 정책과 일관성을 가지고 부합하는지 검증

□ 분석결과

- 본 사업은 국가항행계획 2.0, 제3차 항행안전시설 발전 기본계획('21~'26), 제6차 공항개발 종합계획('21-'25), 인공지능 국가전략('21-'30) 등과 부합됨

표 84. 유관 상위계획과 연관 내용

상위계획	추진과제	주요내용	상세내용
국가항행 계획 2.0	AI·XR 기반의 원격 관제서비스 제공	AI 원격 관제기술 개발 구축	공항 원격 관제를 위한 광대역 통신 인터페이스 기술 개발과 각종 시스템을 원격 통제하는 기술도 개발 및 표준화 추진, AI 딥러닝 기법을 적용한 상황인식, 추론기술 등의 개발과 우발상황 등에 관제사 의사결정을 위한 다중 에이전트 강화학습 모델 등 구현
		스마트 통합관제 플랫폼 구축	공항별로 각기 다른 관제시스템의 표준화 검토와 가상 증강현실(AR·VR) 관제 플랫폼, 시야차폐 해소 환경 등 구축 추진
제3차 항행안전 시설 발전 기본 계획 ('21~'26)	미래형 원격 통합관제시스템 개발 구축	인공지능(AI), 증강현실(AR), 디지털 트윈 등 첨단 ICT 기술 통한 시야차폐 해소, 위험지역 감시 및 통합관제 환경 연구	
제6차 공항개발 종합 계획 ('21-'25)	국가와 지역경제 성장 견인	신공항 개발로 지역 균형 발전 지원	개발계획 수립 시 지역기업의 우대, 주변지역 개발 등 지역경제 기여 방안을 종합적으로 검토, 도서 지역 공항개발도 지속 추진
	혁신성장 동력 확보로 미래를 대비	스마트 공항 구축으로 공항 서비스 개선 및 신산업 육성	증강현실 등 정보통신기술(ICT)을 활용한 통합관제시스템 기술개발, 무인원격조종시스템의 국제적 기술표준 선도
인공지능 국가 전략 ('21-'30)	산업 전반의 AI 활용 전면화	AI 융합 프로젝트(AI+X) 추진	공공영역 보유 대규모 데이터를 기반으로 AI와 각 산업의 융합을 통해 국민이 체감할 수 있는 대형 성과를 창출하는 프로젝트 추진

2. 사업추진상의 위험요인

가. 자원 조달 가능성

□ 분석 방향

- 사업의 원활한 추진을 위한 자원 조달 방안과 자원 분담 방식으로 인한 사업 추진의 지연 위험요인을 검토

□ 분석 결과

- 본 사업의 정부 자원은 국가재정운용계획을 고려 시 자원 조달 가능성에 대한 위험요인은 낮을 것으로 분석됨
 - 2022~2026년 국가 중기재정운용계획에 따르면 재정지출은 2022년부터 2026년까지 연평균 증가율 4.6%로 증가하여, 2022년 607.7조 원에서 2026년에는 728.6조 원 증가할 계획임
 - 12개 분야의 2022년부터 2026년까지의 분야별 자원 배분 중 R&D 분야에 2026년까지 34.4조 원 투자할 계획임

< 2022~2026년 분야별 자원 배분 계획 >

(단위: 조 원, %)

구 분	'22	'23	'24	'25	'26	'22~'26 연평균
총지출	607.7 (8.9)	639.0 (5.2)	669.7 (4.8)	699.2 (4.4)	728.6 (4.2)	(4.6)
1. 보건·복지·고용	217.7 (9.0)	226.6 (4.1)	238.6 (5.3)	254.4 (6.6)	269.5 (6.0)	5.5
2. 교육	84.2 (18.2)	96.1 (14.2)	100.3 (4.4)	101.7 (1.4)	105.9 (4.1)	5.9
3. 문화·체육·관광	9.1 (7.3)	8.5 (△6.5)	8.7 (2.7)	8.9 (1.9)	9.1 (1.8)	△0.1
4. 환경	11.9 (12.4)	12.4 (3.9)	12.9 (4.0)	13.3 (2.8)	13.5 (2.0)	3.2
5. R&D	29.8 (8.7)	30.7 (3.0)	32.0 (4.4)	33.2 (3.6)	34.4 (3.6)	3.7
6. 산업·중소기업·에너지	31.3 (9.3)	25.7 (△18.0)	26.6 (3.5)	27.4 (3.0)	28.1 (2.6)	△2.6
7. SOC	28.0 (5.5)	25.1 (△10.2)	25.5 (1.5)	25.8 (1.1)	26.0 (1.0)	△1.8
8. 농림·수산·식품	23.7 (4.5)	24.2 (2.4)	24.5 (1.0)	24.7 (1.0)	24.9 (0.9)	1.3
9. 국방	54.6 (3.4)	57.1 (4.6)	59.5 (4.2)	61.8 (3.8)	63.8 (3.4)	4.0
10. 외교·통일	6.0 (4.4)	6.4 (7.3)	6.7 (5.4)	7.0 (3.5)	7.2 (2.8)	4.7
11. 공공질서·안전	22.3 (0.1)	22.9 (2.4)	23.8 (4.0)	24.7 (3.9)	25.6 (3.8)	3.5
12. 일반·지방행정	98.1 (15.8)	111.7 (13.9)	120.3 (7.6)	126.5 (5.2)	132.2 (4.5)	7.7

- 국토교통 R&D, 항공분야 R&D 예산은 꾸준히 증가하고 있으며, 유관 정책계획에 따라 본 과제 추진을 위한 신규 R&D 예산 확보에 대한 위험요인은 없음
 - '22년 국토교통 R&D 예산은 6,396억 원으로, 최근 5년간 연평균 6.5%로 지속 확대 중이며, 이 중 항공분야가 차지하는 비중도 증가함

< 최근 5년간 국토교통 R&D 예산 운용 추이 >

(단위: 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	연평균증가율
① 국토교통 R&D 예산	4,667	4,822	5,276	6,031	6,396	6.51
② 항공분야 R&D 예산	506	504	580	834	819	10.11
비중(②÷①)	10.8	10.5	11.0	13.8	12.8	-

- 사업 착수 시점인 '24년 이후의 예산을 연평균증가율을 활용하여 추정 시, 본 사업에 필요한 연차별 평균 예산(약 76억 원)을 크게 상회하여, 본 사업 추진을 위한 자원 조달 위험성은 없음

< 향후 5년간 국토교통 R&D 예산 운용 추이 >

(단위: 억 원, %)

구분	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	연평균증가율
① 국토교통 R&D 예산	6,812	7,255	7,727	8,230	8,766	9,337	9,944	6.51
② 항공분야 R&D 예산	902	993	1,093	1,204	1,326	1,460	1,608	10.11
비중(②÷①)	13.2	13.7	14.1	14.6	15.1	15.6	16.2	-

제3절 경제적 타당성

1. 경제적 타당성 분석

□ 개요

○ 경제적 타당성 분석은 해당 사업의 추진에 의해 국민경제 전체에서 발생이 예상되는 편익과 비용을 추정하고 이를 이용해 비용편익분석(Cost-benefit Analysis)을 이용하여 사업의 타당성을 판단

- 본 분석에서는 경제적 타당성 분석 방법으로 비용-편익 비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV; Net Present Value), 내부수익률(IRR; Internal Rate of Return) 활용
- 비용-편익 비율은 편익의 현재가치의 합을 비용의 현재가치의 합으로 나눈 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

* 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 정의

* 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단

- 편익/비용 비율은 특정 항목을 편익 또는 비용으로 처리하는가에 따라 값이 달라지는 단점이 있으나, 일반적인 투자심사 기준으로 사용

○ 경제적 타당성 분석의 기본 항목으로는 총 사업비, 총비용, 편익 등으로 구분할 수 있으며, 객관화된 데이터를 기반으로 추정되어야함

- 비용은 사업기간 내 발생하는 총 사업비로 산정
- 편익은 해당 세부기술개발과제로 인해 실질적으로 혜택을 받게 되는 수요를 추정하여 편익을 추정
- 분석된 비용과 편익을 현재가치화 시켜 B/C값을 분석하고 B/C값이 1 이상일 경우 사업성이 있는 것으로 판단

□ 주요 가정

○ 사업기간

- 2024~2028년 (5개년)

○ 회임기간

- 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」(KISTEP, '20.1)에서는 연구개발 종료 후 회임기간을 고려하여 편익 발생 기간을 설정하도록 권고
- 본 사업의 성격(응용·개발 연구)을 감안하여 편익 발생 시점을 사업종료 후 3년으로 가정
 - ※ 본 사업은 사업화를 위해 추가적인 연구개발 불필요

○ 편익 발생 기간

- 편익 발생 기간은 본 사업과 가장 유사한 기계공학 분야 특허의 기술수명주기 중간값인 11년으로 설정
- 사업 기간 5년, 회임기간 3년 후 11년 동안 편익 발생(2032~2042년)

표 85. 기술수명주기

섹션	의미	특허건수	TCT (평균값)	TCT (중간값)
A	생활필수품	199,927	12.1513	9.5000
B	분리 : 혼합	275,515	13.4716	10.5000
C	화학 : 야금	132,936	10.8944	9.0000
D	섬유 : 지류	12,127	14.9190	12.0000
E	고정구조물	36,295	16.4305	13.5000
F	기계공학 : 조명 : 가열 : 무기 : 폭발	114,182	13.9578	11.0000
G	물리학	434,012	7.2984	6.0000
H	섹션 전기	342,523	7.1704	6.0000

출처 : 한국과학기술기획평가원(2010)

○ 사회적 할인율

- 본 사업의 비용편익분석을 위한 사회적 할인율은 기획재정부의 「예비타당성 수행 총괄지침」('18.04)에 따라 4.5%를 적용하여 추정

○ 사업 기여율

- 본 사업 해당 분야에 대한 기존 정부투자과 민간투자 규모를 추정하여 전체 투자와 본 사업이 점유하는 비율을 산정

$$\text{※ 사업기여율} = \frac{\text{본사업투자규모}}{\text{정부연구개발 투자규모} + \text{민간연구개발 투자규모} + \text{본사업 투자규모}} \times 100$$

제4장 사전 타당성 검토

- NTIS 검색을 통해 본 사업의 유관 R&D 과제에 대한 투자 규모를 산출한 결과 정부 연구개발 투자 규모는 403억 원
- 정부:민간 연구개발 투자 비율은 「과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원(2021), 2020년도 연구개발 활동 조사보고서」를 참조하여 23.2%:76.8%로 설정
- 이에 따라 민간 연구개발 투자 규모는 1,333억 원으로 추정하였으며, 사업 기여율은 18.1%로 산출

표 86. 유관 R&D 과제 추진현황

(단위 : 억원)

부처	과제명	재원	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	합계		
과학기술부	대규모 영상정보를 활용한 인공지능(AI) 기반 실시간 항공교통관제 지원 플랫폼	정부							2	2	5		
		민간							1	1	1		
		소계							3	3	6		
중기부	인천공항 항공교통 3D 통합 관제 시스템 개발	정부								1	1		
		민간								0	0		
		소계								1	1		
과학기술부	EO/IR 영상 기반 지능형 객체 탐지/추적/식별 시스템 개발	정부								2	2		
		민간								1	1		
		소계								3	3		
국토부	항공안전 빅데이터 분석기술 개발	정부							12	12	23		
		민간											
		소계							12	12	23		
국토부	빅데이터기반 항공안전분석 플랫폼 개발	정부							11	11	22		
		민간							4	4	7		
		소계							15	15	29		
중기부	AI 영상인식 기반 계류장 지상이동차량 경로 감시	정부							1	1	1		
		민간							0	0	0		
		소계							1	1	2		
중기부	항공 빅데이터 및 다층 신경망 모형을 활용한 실시간 3D 운항분석 및 예측 플랫폼 개발	정부							0	0	0		
		민간							0	0	0		
		소계							0	0	0		
국토부	항공기 출도착 통합관리 기술 연구	정부	23	23	23	23	23	23	23			158	
		민간	8	8	8	8	8	8	8			53	
		소계	30	30	30	30	30	30	30			210	
국토부	복합현실(MR, Mixed Reality)기술을 활용한 4D 항공교통 관제/관리 체계 선행연구	정부					2	2				4	
		민간											
		소계					2	2				4	
국토부	항공기 사용자를 위한 SBAS 성능 평가 및 예측 기술 개발	정부				2	2					4	
		민간											
		소계				2	2					4	
국토부	기계학습법을 활용한 항공교통관제용 항공기 시현식 모형 개발	정부			0	0	0					1	
		민간											
		소계			0	0	0					1	
국토부	공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발	정부		26	26	26	26	26	26	26		182	
		민간		11	11	11	11	11	11	11	11		75
		소계		37	37	37	37	37	37	37	37		257
	합계	정부	23	49	49	51	53	50	74	55		403	
		민간	8	18	18	18	18	18	23	16		138	
		소계	30	67	67	69	71	69	97	71		541	

○ R&D 기여율

- 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」(KISTEP, '20.1)에서 제시하고 있는 35.4%를 적용

○ R&D 사업화 성공률

- 한국산업기술평가관리원의 「2016 성과 활용 현황 조사 분석 보고서」의 9대 산업기술 분야 중 우주항공 분야 사업화 성공률 45.0%와 정보통신·IT 분야 사업화 성공률 48.2%의 평균치인 46.6%를 적용

○ 부가가치율

- 한국은행의 2015년 산업연관표의 투입산출표 중 기본부문 기초가격 거래표에서 「항공 운송 서비스」의 부가가치율인 33.49% 적용

○ 경제적 타당성 분석 시점(현재가치 환산 기준연도)

- 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」(KISTEP, '20.1)을 준용(예비타당성조사 착수 전년도)하여 경제적 타당성 분석 시점 설정
- 본 사업의 신규사업 예산 신청 시점인 2023년을 예비타당성조사 시점으로 볼 수 있으므로 2022년을 경제적 타당성 분석 시점으로 설정

○ 환율

- 2021년 말 기준, 1,188.8원/달러 적용

□ 대상 시장

○ 국내 공항 원격관제 적용

- 신규공항 4개소(울릉도, 흑산도, 백령도, 가덕도)와 기존 공항 중 11개소(군산, 광주, 무안, 여수, 사천, 대구, 포항, 울산, 원주, 양양, 김해) 등 15개 공항을 대상으로 함
- 기존 관제탑 및 원격관제 시스템의 구축비용과 유지·보수 비용은 선행연구 자료를 인용하여 다음 표와 같이 설정

표 87. 기존 관제탑 대비 원격관제 구축 및 유지·보수 비용 비교

구분	구축 비용	유지·보수 비용
기존 관제탑	192억 원	연간 19.2억 원
원격관제	64억 원	연간 16.0억 원

출처: "Multiple remote tower for Single European Sky: The evolution from initial operational concept to regulatory approved implementation", Transportation Research Part A 116 (2018) pp.15-30

제4장 사전 타당성 검토

- 구축 비용과 유지·보수비용의 상승률은 과거 10개년(2012~2021년) 평균 소비자물가상승률 1.3%를 적용

표 88. 공공부문 소비자물가상승률 추이

(단위 : %)

구분	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	평균
소비자물가상승률	2.2	1.3	1.3	0.7	1.0	1.9	1.5	0.4	0.5	2.5	1.3

출처: e-나라지표

- 이에 따라 구축비용 및 유지·보수비용은 다음과 같이 산출

표 89. 원격관제시스템 구축비용 및 유지보수비용 추정

연도	구축비용(억원)		유지보수비용(억원)	
	기존관제탑	원격관제	기존관제탑	원격관제
2018년	192.0	64.0	19.2	16.0
2019년	194.6	64.9	19.5	16.2
2020년	197.1	65.7	19.7	16.4
2021년	199.8	66.6	20.0	16.6
2022년	202.4	67.5	20.2	16.9
2023년	205.1	68.4	20.5	17.1
2024년	207.8	69.3	20.8	17.3
2025년	210.6	70.2	21.1	17.6
2026년	213.4	71.1	21.3	17.8
2027년	216.2	72.1	21.6	18.0
2028년	219.1	73.0	21.9	18.3
2029년	222.0	74.0	22.2	18.5
2030년	225.0	75.0	22.5	18.7
2031년	228.0	76.0	22.8	19.0
2032년	231.0	77.0	23.1	19.3
2033년	234.1	78.0	23.4	19.5
2034년	237.2	79.1	23.7	19.8
2035년	240.4	80.1	24.0	20.0
2036년	243.5	81.2	24.4	20.3
2037년	246.8	82.3	24.7	20.6
2038년	250.1	83.4	25.0	20.8
2039년	253.4	84.5	25.3	21.1
2040년	256.8	85.6	25.7	21.4
2041년	260.2	86.7	26.0	21.7
2042년	263.6	87.9	26.4	22.0

주) 구축비용과 유지·보수비용의 상승률은 과거 10개년(2012~2021년) 평균 소비자물가상승률 2.60% 적용

○ 국내 UAM 터미널(Vertiport)

※ 출처: 국토교통부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 중소벤처기업부, 기상청(2021), 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵

- 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」에서 수립한 K-UAM 버티포트 구축 시장을 대상으로 함

- K-UAM 버티포트를 1단계(2025~2029년) 수도권 4개, 2단계(2030~2034년) 5대 광역권 24개, 3단계(2035~2039년) 5대 광역권 52개 설치 계획 수립

- 버티포트는 1단계는 이착륙장 1개와 계류장 4개, 2단계는 이착륙장 1개와 계류장 5개, 3단계는 이착륙장 2개와 계류장 12개로 구성
- 버티포트 건설비는 Airside는 2백만 원/㎡, Landside는 3.5백만 원/㎡로 추정
- 이착륙장 1개와 계류장 4개로 구성된 버티포트의 면적은 Airside는 8,475㎡, Landside는 22㎡, 이착륙장 1개와 계류장 5개로 구성된 버티포트의 면적은 Airside는 10,500㎡, Landside는 228㎡, 이착륙장 2개와 계류장 12개로 구성된 버티포트의 면적은 Airside는 17,869㎡, Landside는 1,304㎡로 추정

표 90. 국내 버티포트 면적 및 건설비

버티포트 면적 및 건설비 기준			건설비(백만원)			
구분	Airside	Landside	Airside	Landside	합계	
면적당건설비(백만원/㎡)		2	3.5			
면적 (㎡)	이착륙장1+계류장4	8,475	22	16,950	77	17,027
	이착륙장1+계류장5	10,500	228	21,000	798	21,798
	이착륙장2+계류장12	17,869	1,304	35,738	4,564	40,302

출처: 국토교통부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 중소벤처기업부, 기상청(2021), 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵
 주: 건설비는 버티포트의 이착륙장·계류장 구성 별 Airside와 Landside의 면적당 건설비에 면적을 곱하여 산출

표 91. 단계별 국내 버티포트 건설비

구분		1단계 (‘25~‘29)	2단계 (‘30~‘34)	3단계 (‘35~‘39)	합계
버티포트수		4	24	52	80
구성	이착륙장	1	1	2	4
	계류장	4	5	12	21
버티포트 당 건설비(백만원)		17,027	21,798	40,302	
총 건설비(백만원)		68,108	523,152	2,095,704	2,686,964

출처: 국토교통부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 중소벤처기업부, 기상청(2021), 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵
 주: 총건설비는 버티포트 수에 버티포트 당 건설비를 곱하여 산출

- 기간별로 산출할 수 있는 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」 상의 버티포트 건설비를 연도별로 재구성하고 본 사업의 편익 기간인 2042년까지의 버티포트 건설을 가정함
- 단계별 각 5개년에 걸쳐 구축 예정인 버티포트 수를 매년 같게 건설하는 것으로 가정하였고, 연도별 건설되는 버티포트 수는 소수점 이하로 산출됨
- 2040~2042년 건설 대상 버티포트 수는 2025~2039년 건설 대상 버티포트 수의 연평균증가율(20.1%)을 적용하여 산출

표 92. 국내 버티포트 건설시장 규모 추정

연도	버티포트 수 (개)	버티포트당 건설비용 (백만원)	건설규모 (억원)
2025년	0.8	17,027	136
2026년	0.8	17,027	136
2027년	0.8	17,027	136
2028년	0.8	17,027	136
2029년	0.8	17,027	136
2030년	4.8	21,798	1,046
2031년	4.8	21,798	1,046
2032년	4.8	21,798	1,046
2033년	4.8	21,798	1,046
2034년	4.8	21,798	1,046
2035년	10.4	40,302	4,191
2036년	10.4	40,302	4,191
2037년	10.4	40,302	4,191
2038년	10.4	40,302	4,191
2039년	10.4	40,302	4,191
2040년	12.5	40,302	5,034
2041년	15.0	40,302	6,046
2042년	18.0	40,302	7,262
합계	125.5		45,212

○ 세계 통합관제 시장

※ 출처: Verified Market Research(2020), Global Remote Towers Market Size, Status and Forecast to 2028
 - Verified Market Research(2020)에서 전망한 세계 원격관제 시장을 대상으로 함

표 93. 세계 원격관제 시장 규모

(단위 : 백만달러)

권역	국가	2019년	2020년	2021년	2028년	CAGR ('21~'28)
북미	미국	16.69	18.79	22.36	144.78	30.59%
	캐나다	3.51	3.92	4.6	24.92	27.29%
	멕시코	1.97	2.16	2.49	11.66	24.68%
	소계	22.17	24.87	29.45	181.36	29.65%
유럽	독일	7.05	8.14	9.96	73.16	32.97%
	영국	6.02	6.73	7.92	49.49	29.93%
	프랑스	3.49	3.89	4.56	25.78	28.10%
	기타 유럽	14.56	16.46	19.65	131.87	31.25%
	소계	31.12	35.22	42.09	280.3	31.11%
아시아/태평양	중국	4.23	4.7	5.58	56.1	39.06%
	일본	3.12	3.63	4.5	37.24	35.23%
	인도	2.33	2.57	3.02	27.7	37.26%
	기타 아/태	4.86	5.53	6.68	53.25	34.53%
	소계	14.54	16.43	19.78	174.29	36.46%
기타	중동/아프리카	4.82	5.19	5.84	27.92	25.05%
	라틴아메리카	3.36	3.73	4.33	22.95	26.89%
	소계	8.18	8.92	10.17	50.87	25.85%
합계		76.01	85.44	101.49	686.82	31.41%

출처: Verified Market Research(2020), Global Remote Towers Market Size, Status and Forecast to 2028

- Verified Market Research(2020)는 전 세계 권역별·주요 국가별 원격판매 시장을 전망하였으며, 2019년 76M 달러에서 2028년 687M 달러로 성장할 것으로 전망
 - 2021~2028년 동안 가장 크게 성장할 것으로 전망되는 권역은 아시아·태평양 지역(연평균 36.46% 성장)이며, 가장 큰 성장이 전망되는 국가는 중국(연평균 39.06% 성장)과 인도(연평균 37.26% 성장)
 - Verified Market Research(2020)에서 제시한 국가별 2021~2028년 연평균증가율을 이용하여 2022~2042년 연도별 시장 규모를 산출
- ※ 환율은 2021년 말 기준, 1,188.8원/달러 적용

표 94. 연도별 세계 통합판매 시장 규모 추정

(단위 : 억 원)

권역	북미				유럽					아시아/태평양					기타			합계
	미국	캐나다	멕시코	소계	독일	영국	프랑스	기타 유럽	소계	중국	일본	인도	기타 아/태	소계	중동/아프리카	러틴 아메리카	소계	
2019년	198	42	23	264	84	72	41	173	370	50	37	28	58	173	57	40	97	904
2020년	223	47	26	296	97	80	46	196	419	56	43	31	66	195	62	44	106	1,016
2021년	266	55	30	350	118	94	54	234	500	66	53	36	79	235	69	51	121	1,207
2022년	347	70	37	454	157	122	69	307	656	92	72	49	107	321	87	65	152	1,582
2023년	453	89	46	588	209	159	89	402	860	128	98	68	144	437	109	83	191	2,077
2024년	592	113	57	762	278	207	114	528	1,127	178	132	93	193	597	136	105	241	2,727
2025년	773	144	72	988	370	268	146	693	1,478	248	179	127	260	815	170	133	303	3,584
2026년	1,010	183	89	1,281	492	349	187	910	1,938	345	242	175	350	1,112	212	169	382	4,713
2027년	1,318	233	111	1,662	654	453	240	1,194	2,541	480	327	240	471	1,518	265	215	480	6,201
2028년	1,722	296	139	2,156	870	589	307	1,567	3,333	667	442	330	633	2,072	332	273	605	8,166
2029년	2,248	377	173	2,798	1,157	765	393	2,057	4,372	928	598	452	852	2,830	415	346	761	10,762
2030년	2,936	480	216	3,631	1,539	994	504	2,700	5,736	1,290	809	621	1,146	3,866	519	439	958	14,191
2031년	3,834	611	269	4,714	2,046	1,291	645	3,544	7,526	1,794	1,094	852	1,542	5,282	649	557	1,206	18,728
2032년	5,007	777	335	6,119	2,721	1,677	826	4,651	9,875	2,494	1,480	1,170	2,074	7,218	812	707	1,519	24,732
2033년	6,539	989	418	7,946	3,618	2,179	1,058	6,105	12,960	3,469	2,001	1,606	2,791	9,866	1,015	897	1,912	32,684
2034년	8,539	1,259	521	10,319	4,810	2,832	1,356	8,012	17,010	4,824	2,706	2,204	3,754	13,487	1,269	1,138	2,407	43,225
2035년	11,151	1,603	649	13,404	6,396	3,679	1,737	10,516	22,329	6,708	3,659	3,025	5,051	18,442	1,587	1,444	3,031	57,206
2036년	14,562	2,041	810	17,413	8,505	4,781	2,225	13,803	29,313	9,328	4,948	4,152	6,795	25,223	1,985	1,832	3,817	75,766
2037년	19,017	2,598	1,009	22,624	11,309	6,211	2,850	18,116	38,486	12,971	6,691	5,699	9,141	34,502	2,482	2,325	4,807	100,420
2038년	24,834	3,307	1,259	29,399	15,038	8,070	3,651	23,777	50,536	18,038	9,048	7,823	12,297	47,206	3,104	2,950	6,054	133,196
2039년	32,431	4,209	1,569	38,209	19,996	10,486	4,677	31,207	66,366	25,083	12,236	10,738	16,544	64,600	3,882	3,744	7,625	176,800
2040년	42,352	5,357	1,956	49,665	26,588	13,624	5,991	40,960	87,163	34,881	16,547	14,738	22,256	88,422	4,854	4,750	9,604	234,855
2041년	55,307	6,819	2,439	64,566	35,354	17,702	7,675	53,760	114,491	48,505	22,376	20,230	29,941	121,052	6,070	6,028	12,098	312,206
2042년	72,225	8,681	3,041	83,947	47,011	23,000	9,831	70,560	150,402	67,451	30,259	27,768	40,280	165,758	7,591	7,648	15,239	415,345

제4장 사전 타당성 검토

□ 총비용

○ 본 사업의 총비용은 사업비와 같은 384억 원(정부출연금 288억 원, 기관부담금 96억 원)으로 설정하였으며, 2022년 기준 현재가치 환산액은 322.5억 원임

표 95. 총비용

(단위 : 백만 원)

연도	정부지원금	기관부담금			합 계			현재가치
	현금	현금	현물	소계	현금	현물	합계	
2024년	4,500	150	1,350	1,500	4,650	1,350	6,000	5,494
2025년	6,600	220	1,980	2,200	6,820	1,980	8,800	7,711
2026년	6,600	220	1,980	2,200	6,820	1,980	8,800	7,379
2027년	6,600	220	1,980	2,200	6,820	1,980	8,800	7,062
2028년	4,500	150	1,350	1,500	4,650	1,350	6,000	4,607
합계	28,800	960	8,640	9,600	29,760	8,640	38,400	32,254

□ 총편익

○ 편익의 종류 및 정의

- 본 사업의 편익은 다음과 같은 3가지 시장에서의 생산자 가치 창출 편익으로 정의

- 국내 공항에 원격관제를 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익
- 국내 K-UAM 터미널을 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익
- 해외 원격관제 시장에 진출함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

① 국내 공항에 원격관제를 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 본 사업의 성과물인 통합관제시스템을 신공항과 기존 공항에 적용함으로써 발생하는 통합관제 시스템 구축, 유지보수 등 기업의 매출을 통한 가치 창출 편익

$$\text{생산자 가치 창출 편익} = (\text{① 신공항 통합관제시스템 구축 매출 편익}) + (\text{② 기존 공항 통합관제시스템 구축 매출 편익}) + (\text{③ 신공항 유지·보수 매출 편익}) + (\text{④ 기존 공항 유지·보수 매출 편익})$$

- **(신공항 통합관제시스템 구축 매출 편익)** 2032년부터 울릉도, 흑산도, 백령도, 가덕도 등 4개 신공항에 통합관제시스템을 순차적으로 적용하는 것으로 가정

$$\text{신공항 통합관제시스템 구축 매출 편익} = \text{신공항 통합관제시스템 구축 매출액} \times \text{R\&D 사업화 성공률} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{부가가치율}$$

- **(기존 공항 통합관제시스템 구축 매출 편익)** 2033년부터 11개 기존 공항 중 10개 공항에 통합관제시스템을 순차적으로 적용하는 것으로 가정

$$\text{기존 공항 통합관제시스템 구축 매출 편익} = \text{기존 공항 통합관제시스템 구축 매출액} \times \text{R\&D 사업화 성공률} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{부가가치율}$$

- (신공항 유지·보수 매출 편익) 통합관제시스템 구축 기간을 감안하여 구축 시점으로부터 2년 후 유지·보수를 시행하는 것으로 가정하였으며, 통합관제시스템이 구축된 공항이 증가함에 따라 공항 수만큼 누적하여 산출

$$\text{신공항 유지·보수 매출 편익} = \text{신공항 유지·보수 매출액} \times \text{R\&D 사업화 성공률} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{부가가치율}$$

- (기존 공항 유지·보수 매출 편익) 통합관제시스템 구축 기간을 감안하여 구축 시점으로부터 2년 후 유지·보수를 시행하는 것으로 가정하였으며, 통합관제시스템이 구축된 공항이 증가함에 따라 공항 수만큼 누적하여 산출

$$\text{기존 공항 유지·보수 매출 편익} = \text{기존 공항 유지·보수 매출액} \times \text{R\&D 사업화 성공률} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{부가가치율}$$

② 국내 K-UAM 터미널을 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 본 사업의 성과물인 통합관제시스템을 K-UAM의 버티포트 구축에 판매함으로써 발생하는 기업의 매출을 통한 가치 창출 편익

- (생산자 가치 창출 편익) 본 사업의 성과물이 국내 K-UAM 버티포트 구축 시장에 일정 수준 진입하는 것으로 가정

※ K-UAM 버티포트는 K-UAM R&D 등 타 사업 성과물의 영향을 받기 때문에 본 사업의 기여율을 반영

$$\text{K-UAM 버티포트 생산자 가치 창출 편익} = \text{K-UAM 버티포트 구축계획} \times \text{사업 기여율} \times \text{R\&D 사업화 성공률} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{부가가치율}$$

③ 해외 원격관제 시장에 진출함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 본 사업의 성과물인 통합관제시스템을 해외 시장에 판매함으로써 발생하는 기업의 매출을 통한 가치 창출 편익

- (생산자 가치 창출 편익) 본 사업의 성과물이 해외 국가별 통합관제 시장에 일정 수준 진입하는 것으로 가정

$$\text{해외 통합관제 생산자 가치 창출 편익} = (\text{국가별 해외 통합관제 시장 전망} \times \text{연도별 시장점유율}) \times \text{R\&D 사업화 성공률} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{부가가치율}$$

제4장 사전 타당성 검토

○ 시장진입 시나리오

① 국내 공항에 통합관제를 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 신공항 및 기존 공항 통합관제시스템 적용 가정
- 울릉도, 흑산도, 백령도, 가덕도 등 신규공항은 2032년부터 1개씩 순차적으로 적용하는 것으로 가정하였고, 김포, 제주공항을 제외한 11개 기존 공항도 2032년부터 1개씩 순차적으로 적용하는 것으로 가정

표 96. 국내 공항 통합관제시스템 시장진입 시나리오

구분	공항	구축	유지보수
신규공항	울릉도	2032년	구축 시작 시점으로부터 2년 후 유지보수시장 진입
	흑산도	2033년	
	백령도	2034년	
	가덕도	2035년	
기존공항	군산	2032년부터 1개씩 적용	
	광주		
	무안		
	여수		
	사천		
	대구		
	포항		
	울산		
	원주		
	양양		
김해			

② 국내 K-UAM 터미널을 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 2032년에 국내 버티포트 건설 시장에 진입하는 것으로 가정함

③ 해외 원격관제 시장에 진출함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 우리나라 가장 가까운 기타 아시아-태평양 국가 시장을 대상으로 우선 진입 가정
- 국내 신공항 4개, 기존 공항 4개에 대한 통합관제시스템 구축이 완료되고 최초 구축 공항의 운영이 2년 정도 진행된 2036년부터 시장진입
- 아시아-태평양 국가 시장진입 이후에는 인도, 중동·아프리카, 라틴아메리카, 기타 유럽 국가 등 자국의 원격관제 기술이 부족한 국가를 대상으로 시장진입 가정
- 인도 2037년, 중동·아프리카 2038년, 라틴아메리카 2039년, 기타 유럽 국가 2040년

- 시장점유율은 보수적으로 매년 1%를 유지하는 것으로 가정

표 97. 세계 원격관제 시장진입 시나리오

연도	기타 아태 국가	인도	중동/아프리카	라틴아메리카	기타 유럽 국가
2036년	1%				
2037년	1%	1%			
2038년	1%	1%	1%		
2039년	1%	1%	1%	1%	
2040년	1%	1%	1%	1%	1%
2041년	1%	1%	1%	1%	1%
2042년	1%	1%	1%	1%	1%

□ 편익 산출 결과

① 국내 공항에 원격관제를 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 신공항 통합관제시스템 구축 매출액, 기존 공항 통합관제시스템 구축 매출액, 신규공항 유지·보수 매출액, 기존 공항 유지·보수 매출액은 총 2,806억원

표 98. 국내 공항 통합관제시스템 매출액

연도	신공항 통합관제 누적 도입 수 (개소)	기존 공항 통합관제 누적 도입 수 (개소)	신공항 통합관제시스템 구축 매출액 (억원)	기존 공항 통합관제시스템 구축 매출액 (억원)	신공항 유지·보수 매출액 (억원)	기존 공항 유지·보수 매출액 (억원)	합 계 (억원)
2032년	1	1	77	77			154
2033년	2	2	78	78			156
2034년	3	3	79	79	20	20	198
2035년	4	4	80	80	40	40	240
2036년	4	5		81	61	61	203
2037년	4	6		82	82	82	247
2038년	4	7		83	83	104	271
2039년	4	8		84	84	127	296
2040년	4	9		86	86	150	321
2041년	4	10		87	87	173	347
2042년	4	11		88	88	198	373
합계			314	906	631	955	2,806

제4장 사전 타당성 검토

㉒ 국내 K-UAM 터미널을 구축함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 본 사업의 성과물인 통합관제시스템을 K-UAM의 버티포트 구축에 판매함으로써 발생하는 기업의 매출액은 7,690억 원

표 99. 국내 버티포트 구축 매출액

연도	버티포트 수 (개)	버티포트 당 건설비용 (백만원)	건설 규모 (억원)	사업 기여율	매출액 (억원)
2032년	4.8	21,798	1,046	18.1%	190
2033년	4.8	21,798	1,046	18.1%	190
2034년	4.8	21,798	1,046	18.1%	190
2035년	10.4	40,302	4,191	18.1%	759
2036년	10.4	40,302	4,191	18.1%	759
2037년	10.4	40,302	4,191	18.1%	759
2038년	10.4	40,302	4,191	18.1%	759
2039년	10.4	40,302	4,191	18.1%	759
2040년	12.5	40,302	5,034	18.1%	912
2041년	15.0	40,302	6,046	18.1%	1,096
2042년	18.0	40,302	7,262	18.1%	1,316
합계	111.9		42,439		7,690

㉓ 해외 원격관제 시장에 진출함으로써 발생하는 생산자 가치 창출 편익

- 본 사업의 성과물인 통합관제시스템을 해외 시장에 판매함으로써 발생하는 기업의 수출액은 4,372억 원

표 100. 세계 통합관제 시장 수출액

연도	기타 아태 국가	인도	중동/아프리카	라틴아메리카	기타 유럽 국가	합계
2036년	68	0	0	0	0	68
2037년	91	57	0	0	0	148
2038년	123	78	31	0	0	232
2039년	165	107	39	37	0	349
2040년	223	147	49	48	410	876
2041년	299	202	61	60	538	1,160
2042년	403	278	76	76	706	1,538
합계	1,373	870	255	222	1,653	4,372

4 총편익

- 총매출액 및 총수출액은 1조 4,867억 원이며, 이에 대한 경상 가치 기준 총편익은 821억 원, 현재가치 총편익은 392억 원으로 산출

표 101. 총편익

(단위 : 억원)

연도	매출 및 비용절감액				편익	
	국내공항 원격관제 구축	국내 K-UAM 버티포트 구축	해외 원격관제 시장 진출	합계	경상가치	현재가치
	매출액	매출액	수출액			
2032년	154	190	-	344	19	12
2033년	156	190	-	346	19	12
2034년	198	190	-	387	21	13
2035년	240	759	-	1,000	55	31
2036년	203	759	68	1,030	57	31
2037년	247	759	148	1,155	64	33
2038년	271	759	232	1,263	70	34
2039년	296	759	349	1,404	78	37
2040년	321	912	876	2,109	116	53
2041년	347	1,096	1,160	2,603	144	62
2042년	373	1,316	1,538	3,228	178	74
합계	2,806	7,690	4,372	14,867	821	392

□ 경제적 타당성 분석 결과

- 경제성 분석 결과, B/C비는 1.214, NPV(순현재가치)는 69.1억 원, IRR(내부수익률)은 6.11%로, 본 사업은 경제성을 확보한 것으로 분석됨

표 102. 경제성 분석 결과

총비용 (억원)	총편익 (억원)	B/C비	NPV (억원)	IRR
323	392	1.214	69.1	6.11%

2. 기대효과

□ 정책적 기대효과

- 본 기술개발의 수혜자로서 공항 공사, 시스템 개발업체 등의 산업계는 개발된 통합관제시스템을 다음 분야에 활용 가능
 - (도서지역 소형공항) 개발 중인 울릉공항을 포함하여 흑산·백령·서산공항 개발 시 통합관제시스템을 활용하여 관제탑 구축/운영 비용 절감
 - (지방공항) 항공 교통량이 적은 소규모 지방공항에 통합관제서비스를 제공하여 관제사 업무 부담을 효율화하고 공항운영 재정 부담 완화
 - (활주로 증설) 공항 수용량 한계치에 도달하여 활주로 등을 증설하는 경우 통합관제시스템을 구축하여 비용 절감 및 인력 운용 효율화 추진
 - (군 공항운영) 보안을 요구하는 군 공항에 통합관제시스템을 적용하여 은폐된 공간에서 항공 교통관제업무 수행

□ 과학·기술적 기대효과

- 인공지능(AI) 및 증강현실(AR) 등 첨단 ICT 기술을 활용한 통합관제시스템 구축을 통해 미래형 항공교통시스템 기반 마련
- 초연결 통신망 등 첨단 ICT 기술을 활용하여 UAM 등 신개념 항공기 이착륙을 위한 항공교통 관제업무에 활용 가능
- 도서지역 소형공항 등에 통합관제시스템 적용을 통해 공항운영 현대화 기반 마련
 - 런던시티공항의 경우, 2011년 68,792편에서 2015년 84,753편으로 연간 항공 교통량이 급속히 증가함에 따라 관계 당국은 2016년 12월 노후 공항시설의 현대화를 결정하고 기존 관제탑이 아닌 통합관제시스템 도입을 승인함
 - 이후 2020년 시범운영을 거쳐 2021년부터 통합관제서비스를 제공하고 있음

□ 경제적 기대효과

- 공항 건설 및 운영 비용 절감을 통해 신공항 활성화 및 노후 공항 현대화에 기여
 - 1970년대 이전에 취항하여 50년 이상 된 9개 노후 공항에 대해서 단계적으로 현대화 추진 (김포공항('58.01), 김해공항('58.01), 제주공항('48.05), 광주공항('49.02), 대구공항('61.04), 울산공항('70.11), 포항공항('70.03), 사천공항('69.11), 여수공항('72.05))
 - 단계별로 2개 공항씩 통합관제시스템 적용 시 총 2,662.9억원의 비용 절감 효과가 있음

구분	1단계('31~)	2단계('33~)	3단계('35~)	4단계('37~)	계
구축 비용 절감	335.9억원	352.9억원	370.8억원	389.5억원	1,449.1억원
운영 비용 절감	142.2억원	149.4억원	156.9억원	164.9억원	613.4억원
인력 비용 절감	138.3억원	145.9억원	153.9억원	162.3억원	600.4억원

○ 새로운 교통체계로 등장한 도심항공교통(UAM)의 버티포트(Vertiport) 구축 시 통합관제시스템 적용

- 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」(2021.06)에 의하면, 5대 광역권의 UAM 버티포트 수요는 2035년 52개로 예측되었으며, 4개 이착륙장마다 1개의 통합관제시스템을 운용한다고 가정하면 총 1,216억원의 매출이 예상됨

구분	1단계('25~)	2단계('30~)	3단계('35~)	계
버티포트 수	4개	24개	52개	80개
통합관제시스템 수	미적용	6개	13개	19개
구축 비용	-	384억원	832억원	1,216억원

○ 통합관제 기술 발전과 수요를 고려할 때 세계 시장은 크게 성장할 것으로 기대되므로, 우리나라는 아태지역 개발도상국과 협력하여 공적 원조 개발(ODA) 등을 통한 해외 시장 진출 가능

□ 사회적 기대효과

○ 울릉, 흑산, 백령 등 도서 지역 신공항과 노후 지방 공항의 현대화를 통해 지역 균형 발전, 지역주민 이동권 보장, 관광 활성화 등 실현 가능

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

AI·XR 기반 비행장 통합관제 운용기술 개발 기획연구

CHAPTER

제5장

인력투입 및 소요예산 산정

제1절 인력투입계획

제2절 소요예산 산정

본 페이지는 의도적인 공백입니다.

제1절 인력투입계획

○ 연구개발 투입인력은 다음 직급 기준에 따라 책임급, 선임급, 원급으로 구분함

표 104. 연구원 직급 기준

구분	책임급	선임급	원급
기업, 단체	- 대학 이상의 과정 이수 후 해당 분야 경력 12년 이상 - 석사학위 취득 후 해당 분야 8년 이상 - 박사학위 또는 기술사자격 취득 후 4년 이상 - 기타 동등 이상 경력 소유자	- 대학 이상의 과정 이수 후 해당 분야 경력 7년 이상 - 석사학위 취득 후 해당 분야 5년 이상 - 박사학위 또는 기술사자격 취득자 - 기타 동등 이상 경력 소유자	- 전문대학 이상의 과정 이수자 - 기타 동등 이상 경력 소유자
대학	- 부교수 이상	- 조교수 수준	- 석박사과정 재학생 이상
출연연	- 책임연구원/기술원 - 선임연구원 5년 이상	- 선임연구원/기술원 5년 미만 - 연구원	- 기능직

○ 구성기술별 수행내용(제3장 제5절)과 기술로드맵(제3장 제7절)을 반영하여 단계별/연차별 연구개발 투입인력을 월간 투입인력의 수(M/M)로 산출함

○ AI-XR 기반 공항 통합관제 기술개발을 위한 총 투입인력은 **3,685.7M/M**으로, 책임급 695.1 M/M, 선임급 1,370.1M/M, 원급 1,620.5M/M임

표 105. 연차별/단계별 투입인력

구분		투입인력 [M/M]					합계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
구성 기술 1	책임급	36.0	39.6	39.6	39.6	22.8	177.6
	선임급	73.5	80.6	80.6	80.6	47.9	363.2
	원급	52.5	69.6	69.6	69.6	33.7	295.0
구성 기술 2	책임급	85.1	108.0	108.0	108.0	75.6	484.7
	선임급	170.1	208.8	208.8	208.8	144.0	940.5
	원급	163.9	287.8	287.8	287.8	227.0	1,254.3
구성 기술 3	책임급	5.4	7.2	7.2	7.2	5.8	32.8
	선임급	11.7	14.4	14.4	14.4	11.5	66.4
	원급	11.5	16.2	16.2	16.2	11.1	71.2
연차별 합계	책임급	126.5	154.8	154.8	154.8	104.2	695.1
	선임급	255.3	303.8	303.8	303.8	203.4	1,370.1
	원급	227.9	373.6	373.6	373.6	271.8	1,620.5
단계별 합계	책임급	436.1			259.0		695.1
	선임급	862.9			507.2		1,370.1
	원급	975.1			645.4		1,620.5

- AI-XR 기반 공항 통합관제 기술개발을 위한 총 투입 인원수는 **연평균 144명**으로, 책임급 28명, 선임급 56명, 원급 60명임

표 106. 연차별/단계별 투입 인원수

구분		투입 인원수 [명]					합계	평균
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
구성 기술 1	책임급	8	8	8	8	8	40	8
	선임급	16	16	16	16	16	80	16
	원급	12	12	12	12	12	60	12
구성 기술 2	책임급	18	18	18	18	18	90	18
	선임급	36	36	36	36	36	180	36
	원급	36	45	45	45	45	216	43.2
구성 기술 3	책임급	2	2	2	2	2	10	2
	선임급	4	4	4	4	4	20	4
	원급	4	4	4	4	4	20	4
합계	책임급	28	28	28	28	28	140	28
	선임급	56	56	56	56	56	280	56
	원급	52	61	61	61	61	296	59.2

- 구성기술별 상세 인력투입계획은 「부록C. 구성기술별 인력투입계획」에 제시함

제2절 소요예산 산정

□ 소요예산 산정 기준

- 연구개발비 산정은 원칙적으로 ‘국가연구개발사업 연구개발비 사용기준’[시행 2021.1.1.][과학기술정보통신부고시 제2020-106호, 2021.1.1., 제정]에서 영리기관의 계상기준을 적용하되, 본 기술개발의 특수성을 고려하여 다음의 비목별 산정 기준을 반영함
- 인건비
 - 인건비는 행정안전부의 ‘2021년 학술연구용역 인건비 기준단가’(2021.1.5.)을 준용하여 다음과 같이 적용함

표 107. 인건비 기준단가

인력 구분	학술연구용역 인건비 ^{주1}	인건비 (참여율 100%) ^{주2}
책임급	월 3,245,879원	월 6,491,758원
선임급	월 2,488,897원	월 4,977,794원
원 급	월 1,663,743원	월 3,327,486원

주1. 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 50%로 산정한 것
 주2. 2023년 이후 인건비도 동일 기준단가를 적용

- 현금으로 계상하는 인건비는 연구개발비 중 현금의 50%가 넘지 않도록 산정함
- 연구시설·장비비
 - 구성기술 개발에 필요한 연구시설·장비 구입·설치비, 연구시설·장비 임차비, 연구시설·장비 운영·유지비로 산정함
- 연구재료비
 - 구성기술 개발에 필요한 연구재료 구입비, 연구재료 제작비로 산정함
 - 연구재료 구입비 : 시약·재료 구입비 및 관련 부대비용
 - 연구재료 제작비 : 시험제품·시험설비 제작(자체제작 및 외부제작 모두 포함) 비용
- 연구활동비
 - 구성기술 개발에 필요한 지식재산 창출 활동비, 외부 전문기술 활용비, 회의비, 출장비, 소프트웨어 활용비, 연구실운영비, 연구인력 지원비, 종합사업관리비, 그 밖의 비용으로 산정함
- 연구수당
 - 인건비의 20% 이내로 산정함
- 간접비
 - 직접비(현금)의 6% 이내로 산정함

1. 총괄 소요예산

□ 연구개발비 총괄표

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	28,249,300	94.92	8,640,000	100.00	36,889,300	96.07	
인건비	8,083,600	27.16	8,640,000	100.00	16,723,600	43.55	현금 비율 : 27.16%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	14,517,000	48.78	0	0.00	14,517,000	37.80	
연구활동비	2,305,000	7.75	0	0.00	2,305,000	6.00	
연구수당	3,343,700	11.24	0	0.00	3,343,700	8.71	인건비의 19.99%
간접비	1,510,700	5.08	0	0.00	1,510,700	3.93	직접비(현금)의 5.34%
계	29,760,000	100.00	8,640,000	100.00	38,400,000	100.00	

○ 1단계 연구개발비 총괄표

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	17,328,100	94.74	5,310,000	100.00	22,638,100	95.92	
인건비	5,060,300	27.67	5,310,000	100.00	10,370,300	43.94	현금 비율 : 27.67%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	8,824,000	48.24	0	0.00	8,824,000	37.39	
연구활동비	1,370,000	7.49	0	0.00	1,370,000	5.81	
연구수당	2,073,800	11.34	0	0.00	2,073,800	8.79	인건비의 20.00%
간접비	961,900	5.26	0	0.00	961,900	4.08	직접비(현금)의 5.54%
계	18,290,000	100.00	5,310,000	100.00	23,600,000	100.00	

- 1단계 1차년도(2024년)

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	4,389,500	94.40	1,350,000	100.00	5,739,500	95.66	
인건비	1,499,700	32.25	1,350,000	100.00	2,849,700	47.50	현금 비율 : 32.25%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	1,940,000	41.72	0	0.00	1,940,000	32.33	
연구활동비	380,000	8.17	0	0.00	380,000	6.33	
연구수당	569,800	12.25	0	0.00	569,800	9.50	인건비의 20.00%
간접비	260,500	5.60	0	0.00	260,500	4.34	직접비(현금)의 5.93%
계	4,650,000	100.00	1,350,000	100.00	6,000,000	100.00	

- 1단계 2차년도(2025년)

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	6,159,300	94.61	1,890,000	100.00	8,049,300	95.83	
인건비	1,780,300	27.35	1,890,000	100.00	3,670,300	43.69	현금 비율 : 27.35%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	3,150,000	48.39	0	0.00	3,150,000	37.50	
연구활동비	495,000	7.60	0	0.00	495,000	5.89	
연구수당	734,000	11.27	0	0.00	734,000	8.74	인건비의 20.00%
간접비	350,700	5.39	0	0.00	350,700	4.18	직접비(현금)의 5.41%
계	6,510,000	100.00	1,890,000	100.00	8,400,000	100.00	

- 1단계 3차년도(2026년)

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	6,779,300	95.08	2,070,000	100.00	8,849,300	96.19	
인건비	1,780,300	24.97	2,070,000	100.00	3,850,300	41.85	현금 비율 : 24.97%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	3,734,000	52.37	0	0.00	3,734,000	40.59	
연구활동비	495,000	6.94	0	0.00	495,000	5.38	
연구수당	770,000	10.80	0	0.00	770,000	8.37	인건비의 20.00%
간접비	350,700	4.92	0	0.00	350,700	3.81	직접비(현금)의 5.41%
계	7,130,000	100.00	2,070,000	100.00	9,200,000	100.00	

○ 2단계 연구개발비 총괄표

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	10,921,200	95.22	3,330,000	100.00	14,251,200	96.29	
인건비	3,023,300	26.36	3,330,000	100.00	6,353,300	42.93	현금 비율 : 26.36%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	5,693,000	49.63	0	0.00	5,693,000	38.47	
연구활동비	935,000	8.15	0	0.00	935,000	6.32	
연구수당	1,269,900	11.07	0	0.00	1,269,900	8.58	인건비의 19.99%
간접비	548,800	4.78	0	0.00	548,800	3.71	직접비(현금)의 5.03%
계	11,470,000	100.00	3,330,000	100.00	14,800,000	100.00	

- 2단계 1차년도(2027년)

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	6,469,900	94.87	1,980,000	100.00	8,449,900	96.02	
인건비	1,780,300	26.10	1,980,000	100.00	3,760,300	42.73	현금 비율 : 26.10%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	3,443,000	50.48	0	0.00	3,443,000	39.13	
연구활동비	495,000	7.26	0	0.00	495,000	5.63	
연구수당	751,600	11.02	0	0.00	751,600	8.54	인건비의 19.99%
간접비	350,100	5.13	0	0.00	350,100	3.98	직접비(현금)의 5.41%
계	6,820,000	100.00	1,980,000	100.00	8,800,000	100.00	

- 2단계 2차년도(2028년)

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	4,451,300	95.73	1,350,000	100.00	5,801,300	96.69	
인건비	1,243,000	26.73	1,350,000	100.00	2,593,000	43.22	현금 비율 : 26.73%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	2,250,000	48.39	0	0.00	2,250,000	37.50	
연구활동비	440,000	9.46	0	0.00	440,000	7.33	
연구수당	518,300	11.15	0	0.00	518,300	8.64	인건비의 19.99%
간접비	198,700	4.27	0	0.00	198,700	3.31	직접비(현금)의 4.46%
계	4,650,000	100.00	1,350,000	100.00	6,000,000	100.00	

2. 예산항목별 소요예산

□ 구성기술 1 : 공항 통합관제서비스 운용기술 개발

○ 연구개발비 총괄표

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	6,180,700	94.47	1,899,000	100.00	8,079,700	95.72	
인건비	2,043,000	31.23	1,899,000	100.00	3,942,000	46.70	현금 비율 : 31.23%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	2,550,000	38.98	0	0.00	2,550,000	30.21	
연구활동비	800,000	12.23	0	0.00	800,000	9.48	
연구수당	787,700	12.04	0	0.00	787,700	9.33	인건비의 19.98%
간접비	361,500	5.53	0	0.00	361,500	4.28	직접비(현금)의 5.83%
계	6,542,200	100.00	1,899,000	100.00	8,441,200	100.00	

- 1단계 연구개발비

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	4,042,000	94.46	1,242,000	100.00	5,284,000	95.70	
인건비	1,311,700	30.65	1,242,000	100.00	2,553,700	46.25	현금 비율 : 30.65%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	1,750,000	40.90	0	0.00	1,750,000	31.70	
연구활동비	470,000	10.98	0	0.00	470,000	8.51	
연구수당	510,300	11.93	0	0.00	510,300	9.24	인건비의 19.98%
간접비	237,200	5.54	0	0.00	237,200	4.30	직접비(현금)의 5.84%
계	4,279,200	100.00	1,242,000	100.00	5,521,200	100.00	

- 2단계 연구개발비

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	2,138,700	94.51	657,000	100.00	2,795,700	95.74	
인건비	731,300	32.32	657,000	100.00	1,388,300	47.54	현금 비율 : 32.32%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	800,000	35.35	0	0.00	800,000	27.40	
연구활동비	330,000	14.58	0	0.00	330,000	11.30	
연구수당	277,400	12.26	0	0.00	277,400	9.50	인건비의 19.98%
간접비	124,300	5.49	0	0.00	124,300	4.26	직접비(현금)의 5.81%
계	2,263,000	100.00	657,000	100.00	2,920,000	100.00	

□ 구성기술 2 : 공항 통합관제시스템 설계·제작기술 개발

○ 연구개발비 총괄표

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	20,866,600	95.08	6,372,000	100.00	27,238,600	96.19	
인건비	5,629,200	25.65	6,372,000	100.00	12,001,200	42.38	현금 비율 : 25.65%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	11,578,000	52.76	0	0.00	11,578,000	40.89	
연구활동비	1,260,000	5.74	0	0.00	1,260,000	4.45	
연구수당	2,399,400	10.93	0	0.00	2,399,400	8.47	인건비의 19.99%
간접비	1,079,400	4.92	0	0.00	1,079,400	3.81	직접비(현금)의 5.17%
계	21,946,000	100.00	6,372,000	100.00	28,318,000	100.00	

- 1단계 연구개발비

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	12,552,800	94.85	3,843,000	100.00	16,395,800	96.01	
인건비	3,497,200	26.42	3,843,000	100.00	7,340,200	42.98	현금 비율 : 26.42%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	6,838,000	51.67	0	0.00	6,838,000	40.04	
연구활동비	750,000	5.67	0	0.00	750,000	4.39	
연구수당	1,467,600	11.09	0	0.00	1,467,600	8.59	인건비의 19.99%
간접비	682,200	5.15	0	0.00	682,200	3.99	직접비(현금)의 5.43%
계	13,235,000	100.00	3,843,000	100.00	17,078,000	100.00	

- 2단계 연구개발비

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	8,313,800	95.44	2,529,000	100.00	10,842,800	96.47	
인건비	2,132,000	24.47	2,529,000	100.00	4,661,000	41.47	현금 비율 : 24.47%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	4,740,000	54.41	0	0.00	4,740,000	42.17	
연구활동비	510,000	5.85	0	0.00	510,000	4.54	
연구수당	931,800	10.70	0	0.00	931,800	8.29	인건비의 19.99%
간접비	397,200	4.56	0	0.00	397,200	3.53	직접비(현금)의 4.78%
계	8,711,000	100.00	2,529,000	100.00	11,240,000	100.00	

□ 구성기술 3 : 공항 통합관제시스템 인증기술 개발

○ 연구개발비 총괄표

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	1,202,000	94.51	369,000	100.00	1,571,000	95.75	
인건비	411,400	32.35	369,000	100.00	780,400	47.56	현금 비율 : 32.35%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	389,000	30.59	0	0.00	389,000	23.71	
연구활동비	245,000	19.26	0	0.00	245,000	14.93	
연구수당	156,600	12.31	0	0.00	156,600	9.54	인건비의 20.07%
간접비	69,800	5.49	0	0.00	69,800	4.25	직접비(현금)의 5.81%
계	1,271,800	100.00	369,000	100.00	1,640,800	100.00	

- 1단계 연구개발비

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	733,300	94.52	225,000	100.00	958,300	95.75	
인건비	251,400	32.41	225,000	100.00	476,400	47.60	현금 비율 : 32.41%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	236,000	30.42	0	0.00	236,000	23.58	
연구활동비	150,000	19.33	0	0.00	150,000	14.99	
연구수당	95,900	12.36	0	0.00	95,900	9.58	인건비의 20.13%
간접비	42,500	5.48	0	0.00	42,500	4.25	직접비(현금)의 5.80%
계	775,800	100.00	225,000	100.00	1,000,800	100.00	

- 2단계 연구개발비

(단위:천원, %)

구분	현금		현물		계		비고
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
직접비	468,700	94.50	144,000	100.00	612,700	95.73	
인건비	160,000	32.26	144,000	100.00	304,000	47.50	현금 비율 : 32.26%
연구시설·장비비	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
연구재료비	153,000	30.85	0	0.00	153,000	23.91	
연구활동비	95,000	19.15	0	0.00	95,000	14.84	
연구수당	60,700	12.24	0	0.00	60,700	9.48	인건비의 19.97%
간접비	27,300	5.50	0	0.00	27,300	4.27	직접비(현금)의 5.82%
계	496,000	100.00	144,000	100.00	640,000	100.00	

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 안됩니다.