21RDPP-C1
64428-01

활주로 항공난류 관리기술 개발 기획

2022

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부

발간등록번호

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
국토교통연구기획사업 최종보고서

21RDPP-C164428-01

활주로 항공난류 관리기술 개발 기획연구 최종보고서

2022. 03. 28.

주관연구기관 / 한국산업기술시험원
공동연구기관 / 한서대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “활주로 항공난류 관리기술 개발 기획”에 관한 연구 과제의 보고서로 제출합니다.

2022년 03월 28일

주관연구기관명: 한국산업기술시험원 (인)

주관연구책임자: 이 동 명 책임연구원 (인)

연구원: 최 용 규 책임연구원
연구원: 문 종 현 주임연구원
연구원: 백 일 천 주임연구원
연구원: 홍 은 표 연구원

공동연구기관명: 한서대학교
공동연구책임자: 구 성 관 교수
연구원: 김 웅 이 교수
연구원: 김 정 섭 교수
연구원: 홍 석 민 교수
연구원: 임 명 재 교수

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>21RDPP-C164428
-01</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2021. 04. 01 -
2022. 01. 31</td><td>단계구분</td><td>기초연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부 사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">활주로 항공난류 관리기술 개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">이 동 명</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 10 명
내부: - 명
외부: 10 명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부:100,000천원
민간: 천원
계:100,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 10 명
내부: - 명
외부: 10 명</td><td>총 연구비</td><td>정부:100,000천원
민간: 천원
계:100,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="3">한국산업기술시험원/
미래융합기술본부 기계소재기술센터</td><td colspan="2">참여기업명
한서대학교</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약
·본 기획 사업은 미래 항공 교통 시스템 환경 구축을 위한 가이드라인으로 ICAO에서 제안한 ASBU (Aviation System Block Upgrade)의 이행 과제의 하나인 “Wake Turbulence Separation”에 대응하기 위한 실시간 활주로 항공 난류 탐지시스템과 분석기술, 항공기 후류 요란 분리 기준 개선을 통해 활주로의 이착륙 항공기 처리량을 증대시키기 위한 시간 기반 분리 기술 및 항공관리시스템과의 연계를 위한 기술 로드맵 및 주요 연구 개발 과제 도출
- 후류요란 분리 기준 개선을 위한 기반 연구 기술 검토 및 도출
- 실시간항공난류탐지 및 예측/분석 기술 검토 및 도출
- 항공교통관리 시스템과 연계 기술 검토 및 도출
- 활주로 항공 난류 실시간 탐지 시스템 개발
- 활주로 항공 난류 실시간 분석 기술 개발
- 항공관리시스템 통합 및 연계 시스템 개발
- 활주로 항공난류 분류 기준 제안
- 활주로 항공난류에 따른 시간기반 분리 기술 개발
- 항공종합관리체계 연계 방안 제시</td><td colspan="2">보고서 면수: 382 페이지</td></tr>
</table>

색인어 (각 5개 이상)	한글	글로벌 항공교통체계, 공역, 항공 후류, 항공관리시스템, 시간기반분리
	영어	ICAO, Air Navigation, Wake Vortex, AFTM, Time Based Separation

목 차

제1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 3

제1절. 기술의 정의 및 기획연구 범위 ····· 3

1. 기술의 정의 ····· 3
2. 연구목적 및 범위, 연구추진체계 ····· 9

제2절. 기술개발의 배경 및 필요성 ····· 27

1. 기술개발의 배경 ····· 27
2. 기술개발의 필요성 ····· 37

제2장. 환경분석 및 국내·외 동향 분석 ····· 47

제1절. 메가트렌드 분석 ····· 47

1. 미래 전망 ····· 47
2. 항공교통분야 시스템의 메가트렌드 ····· 52
3. SWOT분석을 통한 연구 중점 과제 도출 ····· 53

제2절. 국내·외 정책 동향 ····· 56

1. 국제민간항공기구(ICAO) ····· 56
2. 미국 ····· 71
3. 유럽연합(EU) ····· 73
4. 영국 ····· 77
5. 일본 ····· 80
6. 중국 ····· 85
7. 국내 ····· 88
8. 소결 ····· 95

제3절. 국내 • 외 시장 현황 및 전망 ····· 96

1. 세계 시장 ····· 96
2. 국내 시장 ····· 100
3. 소결 ····· 102

제4절. 기술 동향 분석 ····· 103

1. 해외 국가별 연구개발 동향 ····· 103
2. 대표 탐지 기술과 공항 적용 사례 ····· 112
3. 국내 연구개발 동향 ····· 114
4. 논문 동향 분석 ····· 122
5. 기상 관측 관련 국내 상용화 현황 ····· 127

목 차

6. 국내・외 연구개발 비교 ····· 128
7. 소결 ····· 133
제5절. 특허 동향 분석 ····· 134
1. 특허분석 ····· 134
2. 유효특허 선별 기준 및 결과 ····· 137
3. 국가별 특허기술 분석 ····· 141
4. 경쟁자 분석 ····· 150
5. 기술평가등급 ····· 154
6. 소결 ····· 155
제6절. 연구개발 인프라 분석 ····· 156
1. 연구 인프라 분석 ····· 156
2. 시설 인프라 분석 ····· 164
3. 시험 인프라 분석 ····· 170
4. 소결 ····· 170

제3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 173
제1절. 개발 비전 및 목표 ····· 173
1. 설정 근거 ····· 174
2. 단계별 목표 ····· 175
3. 최종 목표 ····· 176
제2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 179
1. 현황 ····· 179
2. 기술개발 전략 및 성과 ····· 179
3. As-is, To-be ····· 182
제3절. 연구개발 과제 구성 ····· 183
1. 기술 수요조사 실시 ····· 183
2. 최종 과제도출 ····· 188
제4절. 총괄 및 구성기술별 R&D 과제카드 ····· 192
1. 총괄과제 R&D 과제카드 ····· 192
2. 구성기술 R&D 과제카드 ····· 196
제5절. 과제 중복성 검토 ····· 238
1. 연구개발 과제의 선정 ····· 238

목 차

제6절. 총괄 및 구성기술별 주요내용 및 추진전략 ····· 243
1. 연구개발과제 및 구성 ····· 243
2. 과제별 주요내용 ····· 244
3. 성과지표 측정산식 ····· 257
4. 연차별 연구내용 및 성과 ····· 258
5. 과제 추진전략 ····· 262
6. 성과 검증 전략 ····· 264
7. 활주로 항공난류 관리기술 개발 실증 전략 ····· 265
제7절. 연구추진체계 ····· 270
1. 연구과제 추진체계 ····· 270
2. 연구과제 추진방안 ····· 271
제8절. 구성기술 간 연계관계 ····· 272
제9절. 과제별・연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 273
1. 과제별・연차별 기술로드맵 ····· 273
2. 활주로 항공난류 관리기술 세부 개발 항목과 ASBU Element 매핑 ····· 276
3. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발 기술성과 로드맵 ····· 278
4. 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발 기술성과 로드맵 ····· 280
5. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 기술성과 로드맵 ····· 281

제4장. 사전 타당성 검토 ····· 285

제1절. 개발 비전 및 목표 ····· 285
제2절. 기술적 타당성 ····· 286
1. 개요 ····· 286
2. 핵심기술과제별 내용 ····· 290
3. 기술 적정성 분석 ····· 292
4. 기술개발 성공가능성 분석 ····· 293
제3절. 정책적 타당성 ····· 294
1. 분석 방법 ····· 294
2. 분석 내용 ····· 294
제4절. 경제적 타당성 ····· 296
1. 목적 및 개요 ····· 296
2. 비용 분석 ····· 296

목 차

3. 편익 추정 ····· 300
4. 경제성 분석 ····· 310

제5장. 자원투입 계획 ····· 319

제1절. 인력투입계획 ····· 319
1. 구성요소 사업별 중점분야별 소요인력 ····· 319
2. 세부과제 별 투입 인력 ····· 320
3. 세세부 과제별 투입 인력 ····· 321

제2절. 소요예산 투입계획 ····· 325
1. 총괄 예산 ····· 325
2. 세부과제 별 예산 ····· 330
3. 세세부 과제별 예산 ····· 332
4. 세세부 과제별 연구시설 장비비 목록 ····· 337
5. 세세부 과제별 연구 재료비 목록 ····· 340

제6장. 과제공모 방안 ····· 349

제1절. 과제제안 요구서 ····· 349

제2절. 공모조건 ····· 374
1. 연구개발 목표 ····· 374
2. 연구개발 내용 ····· 374
3. 추진전략 및 계획 ····· 374
4. 개발기술의 실용성 및 경제성 ····· 375
5. 연구책임자의 전문성 및 관리능력 ····· 375
6. 가점 및 감점 기준 ····· 375

제3절. 선정평가 ····· 378
1. 선정평가 절차 ····· 378
2. 평가항목 및 배점 ····· 379
3. 평가점수 산정방법 ····· 379
4. 가점 및 감점기준 ····· 380

표목차

〈표 1〉 추진체계 주체별 역할 ····· 11
〈표 2〉 총괄위원회 명단 ····· 11
〈표 3〉 기술1분과위원회(실시간 Wake 탐지 기술) 명단 ····· 12
〈표 4〉 기술2분과위원회(운영 및 의사결정 지원) 명단 ····· 12
〈표 5〉 기술3분과위원회(시스템 검증 및 법제화) 명단 ····· 12
〈표 6〉 교통수단 별 수송분담률(2018년) ····· 28
〈표 3〉 교통수단별 사고 1건당 교통사고 비용 ····· 29
〈표 4〉 교통수단별 교통사고 발생 건당 사상자수 ····· 29
〈표 5〉 세계 항공교통 운항 및 사고 추이 ····· 29
〈표 6〉 우리나라 항공교통 운항 및 사고 추이 ····· 30
〈표 7〉 국내 공항의 윈드시어 경보 통계(2014~2018) ····· 31
〈표 8〉 7개 그룹에 의한 이륙과 착륙 항공기 간 분리 사례(동일 방향) ····· 35
〈표 9〉 2015-2019년 우리나라 지연결항 추이 ····· 37
〈표 10〉 김포-제주 구간 항공기 기종별 이・착륙(LTO) 및 순항 단계 실제 소요시간 ····· 43
〈표 11〉 항공기 기종별 이・착륙(LTO) 및 순항 단계 연료 효율 ····· 43
〈표 12〉 항공난류 관리기술 개발의 SWOT 분석 ····· 53
〈표 13〉 사업 추진 방향 도출 ····· 54
〈표 14〉 2019년 GANP WAKE 모듈의 주요 개정내용 ····· 64
〈표 15〉 2019 GANP WAKE Block Module ····· 64
〈표 16〉 WAKE Block별 Module과 구성요소 ····· 65
〈표 17〉 NextGen Implementation Plan 2016 프로그램/포트폴리오 ····· 72
〈표 18〉 유럽 항공전략 주요 내용 ····· 75
〈표 19〉 SESAR 솔루션 주요 영역(핵심 기능) ····· 76
〈표 20〉 교통안전대책기본법 – 9대 주요 시책 ····· 81
〈표 21〉 CARATS의 항공교통시스템 혁신 방향 ····· 82
〈표 22〉 CAAMS 구축 단계 (3단계) ····· 87
〈표 23〉 중국 내 후류 재분류에 따른 수용량 증가율 비교 ····· 87
〈표 24〉 분야별 현황분석 및 미래예측 ····· 88
〈표 25〉 기본계획 실현을 위한 133대 중점과학기술(항공분야) ····· 89
〈표 26〉 5대 전략 30대 핵심과제 (5번째, 항공안전) ····· 91
〈표 27〉 Mitusbishi Electric사 도플러 LIDAR 공항 운용 현황 ····· 100
〈표 28〉 항공 난류 관련 과제 검색 결과 ····· 114
〈표 29〉 공항운영 관련 과제 검색 결과 ····· 116
〈표 30〉 라이다 시스템 관련 과제 검색 결과 ····· 118

표목차

〈표 31〉 윈드프로파일 레이더 관련 과제 검색 결과 ····· 121
〈표 32〉 검색결과 항공난류 및 항공 관제 관련 과제 검색 결과 ····· 123
〈표 33〉 검색 DB 및 검색범위 ····· 134
〈표 34〉 분석대상 기술의 기술분류 체계 ····· 134
〈표 35〉 최종 검색식에 따른 검색결과 ····· 136
〈표 36〉 유효특허 선별 기준 ····· 137
〈표 37〉 유효특허 선별결과 ····· 140
〈표 38〉 기술별 기술 평가 등급 ····· 154
〈표 39〉 NTIS 유사과제 검색결과 ····· 238
〈표 40〉 사업중복성 검토 ····· 238
〈표 41〉 국토교통과학기술진흥원 소관사업 중복성 검토 ····· 241
〈표 42〉 실증 지원의 주요 법령 및 제도 ····· 266
〈표 43〉 활주로 항공난류 관리기술 실증 실행 방안 ····· 267
〈표 44〉 과학기술적 타당성 분석의 기본평가 항목 구성 ····· 286
〈표 45〉 표준지침의 비용분류체계와 순수R&D사업의 분류체계의 관계 ····· 298
〈표 46〉 표준지침의 비용분류체계와 연구기반R&D사업의 분류체계의 관계 ····· 299
〈표 47〉 연구개발비 추정 ····· 299
〈표 48〉 연구개발부문 예비타당성 조사의 편익항목 구분 ····· 301
〈표 49〉 본 연구를 통한 편익항목 ····· 301
〈표 50〉 운항단계별 실제 소요시간 및 연료효율(김포-제주 구간) ····· 302
〈표 51〉 공항별 지상이동 추가시간 ····· 303
〈표 52〉 공항별 운항횟수 수요예측 ····· 305
〈표 53〉 공항별 slot 수용량 ····· 306
〈표 54〉 시간당 항공기 운항비용 ····· 307
〈표 55〉 유류비 감소에 따른 편익 산출 ····· 308
〈표 56〉 비용편익 분석과 비용효과 분석의 특성 ····· 310
〈표 57〉 항공사고 현황 ····· 312
〈표 58〉 탄소의 사회적 가치(2009년 가격) ····· 313
〈표 59〉 연료 감소에 따른 환경편익 ····· 314
〈표 60〉 국토부 ATM 관련 항행안전시설 및 항공기상시설 예산 ····· 314
〈표 61〉 경제적 효과 종합 ····· 315
〈표 62〉 세부과제별 인력투입계획 ····· 319
〈표 63〉 [세부과제1]활주로 운영 및 의사 결정 지원 기술개발 인력 구성 ····· 320
〈표 64〉 [세부과제2] 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발 인력 구성 ····· 320

표목차

〈표 65〉 [세부과제3] 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 인력 구성 ····· 320
〈표 66〉 [세부과제1-1]이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 연차별 인력 구성 ····· 321
〈표 67〉 [세부과제1-2] 분리기준 산출 기준 기술 개발 연차별 인력 구성 ····· 321
〈표 68〉 [세부과제1-3] Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 연차별 인력 구성 ····· 321
〈표 69〉 [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 인력 구성 ····· 321
〈표 70〉 [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 인력 구성 ····· 322
〈표 71〉 [세부과제1-6] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발 연차별 인력 구성 ····· 322
〈표 72〉 [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 인력 구성 ····· 322
〈표 73〉 [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 인력 구성 ····· 322
〈표 74〉 [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 인력 구성 ····· 323
〈표 75〉 [세부과제2-4] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발 연차별 인력 구성 ····· 323
〈표 76〉 [세부과제3-1] 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 연차별 인력 구성 ····· 323
〈표 77〉 [세부과제3-2] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 연차별 인력 구성 ····· 323
〈표 78〉 [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 인력 구성 324
〈표 79〉 [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 인력 구성324
〈표 80〉 [세부과제3-5] ICAO 등 국제 기술협력 지원 연차별 인력 구성 ····· 324
〈표 81〉 세부과제별 예산투입계획 ····· 325
〈표 82〉 [세부과제] 총괄 연차별 소요예산 ····· 330
〈표 83〉 [세부과제1]활주로 운영 및 의사 결정 지원 기술개발 연차별 소요예산 ····· 330
〈표 84〉 [세부과제2]실시간 Wake 탐지 시스템 개발 연차별 소요예산 ····· 330
〈표 85〉 [세부과제3] 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 331
〈표 86〉 [세부과제1-1]이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 332
〈표 87〉 [세부과제1-2] 분리기준 산출 기준 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 332
〈표 88〉 [세부과제1-3] Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 연차별 소요예산 ····· 332
〈표 89〉 [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 소요예산 ····· 333
〈표 90〉 [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 333
〈표 91〉 [세부과제1-6] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 333
〈표 92〉 [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 소요예산 ····· 334

표목차

〈표 93〉 [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 소요예산 ····· 334
〈표 94〉 [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 334
〈표 95〉 [세부과제2-4] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 335
〈표 96〉 [세부과제3-1] 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 연차별 소요예산 ····· 335
〈표 97〉 [세부과제3-2] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 연차별 소요예산 ····· 335
〈표 98〉 [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 336
〈표 99〉 [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 소요예산 ····· 336
〈표 100〉 [세부과제3-5] ICAO 등 국제 기술협력 지원 연차별 소요예산 ····· 336
〈표 101〉 [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 예산 ····· 337
〈표 102〉 [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 예산 ····· 338
〈표 103〉 [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 예산 ····· 338
〈표 104〉 [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 예산 ····· 338
〈표 105〉 [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 예산 ····· 339
〈표 106〉 [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 예산 ····· 339
〈표 107〉 [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 예산 ····· 339
〈표 108〉 [세부과제1-1]이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 연차별 예산 ····· 340
〈표 109〉 [세부과제1-2] 분리기준 산출 기준 기술 개발 연차별 예산 ····· 340
〈표 110〉 [세부과제1-3] Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 연차별 예산 ····· 341
〈표 111〉 [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 예산 ····· 341
〈표 112〉 [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 예산 ····· 342
〈표 113〉 [세부과제1-6] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발 연차별 예산 ····· 342
〈표 114〉 [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 예산 ····· 343
〈표 115〉 [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 예산 ····· 343
〈표 116〉 [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 예산 ····· 344
〈표 117〉 [세부과제2-4] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발 연차별 예산 ····· 344

표목차

〈표 118〉 [세부과제3-1] 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 연차별 예산 ····· 345
〈표 119〉 [세부과제3-2] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 연차별 예산 ····· 345
〈표 120〉 [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 예산 ····· 345
〈표 121〉 [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 예산 ···· 346
〈표 122〉 [세부과제3-5] ICAO 등 국제 기술협력 지원 연차별 소요예산 ····· 346

그림목차

〈그림 1〉 항공난류관리기술 사업기획 기술적 범위 ····· 4
〈그림 2〉 항공난류관리 기술 개념도 ····· 5
〈그림 3〉 운항 주기별 항공난류관리 기술 개념도 ····· 6
〈그림 4〉 운항 주기별 항공난류관리 기술 체계도 ····· 7
〈그림 5〉 연구 추진 체계 ····· 9
〈그림 6〉 기획연구 추진 절차 ····· 10
〈그림 7〉 위원회 운영 일정 및 주요 내용 ····· 13
〈그림 8〉 항공교통량 연평균 복합성장률 전망('18-'38) ····· 27
〈그림 9〉 지역별 항공교통량 연평균복합성장률('18~'38년) ····· 27
〈그림 10〉 코로나 이후 항공 수요 예측 ····· 28
〈그림 11〉 2016 ~ 2020년 항공 단계별 사고건수 ····· 31
〈그림 12〉 Bhoja Air flight(파키스탄) BHO213의 착륙 중 바람에 의한 사고 ····· 31
〈그림 13〉 항공기 후류요란의 진화 형태 ····· 32
〈그림 14〉 연도별 GANP 변화 ····· 32
〈그림 15〉 GANP 5th Edition Aviation System Block Upgrade Methodology ····· 33
〈그림 16〉 Changes to ASBU Modules ····· 34
〈그림 17〉 전 세계 항공 교통 관리(ATM) 현대화 프로그램의 예 ····· 34
〈그림 18〉 국가항행계획 개념도 ····· 36
〈그림 19〉 국내 항공수요 증가 추이 (연간운항횟수) ····· 38
〈그림 20〉 2015-2019년 우리나라 지연 및 결항 추이 ····· 38
〈그림 21〉 Airport partners and CDM objectives ····· 39
〈그림 22〉 항공사고 위험요소 (2010-2014) ····· 40
〈그림 23〉 항공사고 위험요소 (2015-2019) ····· 40
〈그림 24〉 일본 내 항공기 사고 원인 ····· 41
〈그림 25〉 유럽항공에 있어서 탈탄소화 로드맵 ····· 42
〈그림 26〉 유럽항공에 항공교통관리에 따른 탄소배출 저감목표 ····· 42
〈그림 27〉 세계 고령인구 비율 전망 ····· 47
〈그림 28〉 코로나 이후 항공이용객 수요 전망 ····· 48
〈그림 29〉 글로벌 항공운송 성장 전망 ····· 50
〈그림 30〉 ICAO의 온실가스 감축 목표 ····· 51
〈그림 31〉 ICAO GANP 발전 과정 ····· 56
〈그림 32〉 GANP 5th Edition Aviation System Block Upgrade Methodology ····· 56
〈그림 33〉 2019년 GANP 이행 구조 ····· 57

그림목차

〈그림 34〉 Element 3 개념도 ····· 59
〈그림 35〉 Element 2 개념도 ····· 60
〈그림 36〉 Element 3 개념도 ····· 61
〈그림 37〉 Block 2 단계 개념도 ····· 63
〈그림 38〉 GANP WAKE 모듈 Timeline ····· 63
〈그림 39〉 WAKE블록 – 연관 블록 관계 분석 ····· 70
〈그림 40〉 데이터 흐름도 ····· 70
〈그림 41〉 NextGen 목표 ····· 71
〈그림 42〉 WindTracer 설치 공항 ····· 73
〈그림 43〉 EU ATM의 3레벨 구분 ····· 74
〈그림 44〉 Wake vortex separation minima 및 TBS(time-based separation) 개념 ····· 77
〈그림 45〉 영국 공역 관련 개발 타임라인('18~'25) ····· 79
〈그림 46〉 CARATS의 항공교통시스템 계획 ····· 83
〈그림 47〉 CARATS로드맵(2018년도 개정) ····· 84
〈그림 48〉 수도권 공항 기능 강화 계획 ····· 84
〈그림 49〉 제3차 항공정책 기본 계획 ····· 90
〈그림 50〉 NARAE 목표 및 추진전략 ····· 93
〈그림 51〉 ATM 의사결정지원체계 운영개념 ····· 94
〈그림 52〉 항공교통관리시장 규모(`21~`27년) ····· 96
〈그림 53〉 항공교통관제 시스템 시장 규모, 2015~2027(USD Million) ····· 97
〈그림 54〉 글로벌 레이더 시스템 시장의 기술별 시장 규모 및 전망 ····· 98
〈그림 55〉 분야별 레이더 시스템 시장 성장 전망 ····· 98
〈그림 56〉 2015~2016년 세계 라이다 시장 ····· 99
〈그림 57〉 LIDAR 적용 분야별 시장 점유율 ····· 99
〈그림 58〉 항공기상청 도플러 LIDAR 도입계획 및 도입예산 (`19년 계획) ····· 101
〈그림 59〉 NEXTGEN 프로젝트 및 로드맵 ····· 103
〈그림 60〉 Lockheed Martin 社 Wind Tracer ····· 104
〈그림 61〉 SESAR 시간 기반 분리 기술 개념 ····· 105
〈그림 62〉 항공안전에 관한 연구개발프로그램의 흐름 ····· 106
〈그림 63〉 eTBS HMI 예시 ····· 107
〈그림 64〉 시스템 적용 효과(1년간 기상조건하 평균) ····· 107
〈그림 65〉 LiDAR에 의한 후방 난기류 관측 사례 및 예측에 기초한 관제 간격 단축 개념도 ····· 108
〈그림 66〉 도플러 레이더 ····· 109
〈그림 67〉 SODAR 측정 장비 ····· 110

그림목차

〈그림 68〉 도플러 라이더 비행 시범 ····· 111
〈그림 69〉 주요 출원국 연도별 출원현황 ····· 141
〈그림 70〉 출원국별 내외국인 특허 출원 동향 ····· 143
〈그림 71〉 기술 성장 단계 표준 모델 ····· 144
〈그림 72〉 국가별 기술 성장 단계 ····· 145
〈그림 73〉 활주로 운영지원 기술(AA) 분류별 기술 성장 단계 ····· 146
〈그림 74〉 의사결정 지원기술 (AB) 분류별 기술 성장 단계 ····· 147
〈그림 75〉 Wake 탐지 시스템 (BA) 분류별 기술 성장 단계 ····· 149
〈그림 76〉 실시간 Wake 정보 산출 (BB) 분류별 기술 성장 단계 ····· 149
〈그림 77〉 국가별 주요 출원인 현황 ····· 152
〈그림 78〉 인천국제공항 조직체계(공항산업기술연구원) ····· 156
〈그림 79〉 한국공항공사 조직체계(항공산업연구원) ····· 158
〈그림 80〉 항공우주연구원 조직체계 ····· 159
〈그림 81〉 한국교통연구원 조직체계 ····· 160
〈그림 82〉 항공안전기술원 조직체계 ····· 161
〈그림 83〉 경북대학교 대기원격탐사연구소 조직도 ····· 162
〈그림 84〉 WINDGUARD 기관지정 인정서 및 시험 장비 ····· 170
〈그림 85〉 활주로 항공난류 관리기술 개발의 비전 및 목표 ····· 173
〈그림 86〉 ASBU 로드맵과 기술 적용 계획 ····· 180
〈그림 87〉 도출 과제 목록 및 추진 로드맵 ····· 191
〈그림 88〉 운영 및 의사결정 지원시스템 기술개발 개념도 ····· 244
〈그림 89〉 Wake 정보 및 항적 정보 연계 시스템 구현 개념도(안) ····· 245
〈그림 90〉 전천후 Wake 탐지기술 장비 및 데이터 연계 개념도(안) ····· 249
〈그림 91〉 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 기술 개념도(안) ····· 253
〈그림 92〉 과제 추진전략 ····· 262
〈그림 93〉 구성기술 간 추진전략 ····· 263
〈그림 94〉 연구 과제 성과 검증 전략 ····· 264
〈그림 95〉 기술성숙도(TRL) 단계 및 실증 범위 ····· 265
〈그림 96〉 1단계 실증 비행장 예(태안비행장) ····· 268
〈그림 97〉 2단계 실증 공항 예(기술수요처 : 인천공항) ····· 269
〈그림 98〉 연구 과제 별 연계도 ····· 272
〈그림 99〉 개발 항목과 ASBU Element 매칭 ····· 276
〈그림 100〉 ASBU 로드맵과 기술 관계도 ····· 277
〈그림 101〉 과학기술적 타당성 분석 평가 항목별 의미 ····· 287

그림목차

〈그림 102〉 연구개발사업의 기획과정(예시) ····· 287
〈그림 103〉 세부활동의 중복성 분석절차 ····· 289
〈그림 104〉 공항별 수용량 현황 ····· 306
〈그림 105〉 비행시간 단축 비용효과 ····· 311

제1장

기술의 정의 및 필요성



제1절 기술의 정의 및 기획연구 범위

제2절 기술개발의 배경 및 필요성

제 1 장

기술의 정의 및 필요성

제1절. 기술의 정의 및 기획연구 범위

1. 기술의 정의

● **본 기획과제에서 정의하는 과제목표는 아래와 같음**

본 기획 사업은 **미래 항공 교통 시스템 환경 구축**을 위한 **가이드라인**으로 ICAO에서 제안한 **ASBU (Aviation System Block Upgrade)의 이행 과제**의 하나인 **"Wake Turbulence Separation"**에 대응하기 위한 **실시간 활주로 항공 난류 탐지시스템과 분석기술, 항공기 후류 요란 분리 기준 개선을 통해 활주로의 이착륙 항공기 처리량을 증대시키기 위한 시간 기반 분리 기술 및 항공관리시스템과의 연계를 위한 기술 로드맵 및 주요 연구 개발 과제** 도출

● **항공난류관리기술은 항공기 이착륙에 따라 발생하는 난류를 예측·관리함으로서 안전한 항공기 이착륙을 확보하기 위한 기술로 정의됨**

– 항공난류관리기술은 항공난류 예측 및 관리를 통하여 항공기 이착륙 안전이격 거리를 단축시킴으로서 항공안전을 확보하면서 활주로 용량을 증대시키는 기술임

- 항공기는 이착륙 시 난류를 발생시키며, 난류에 의한 타 항공기의 안전사고를 일으킬 수 있기 때문에 ICAO는 "Wake Turbulence Separation"을 ASBU (Aviation System Block Upgrade)의 이행 과제로 설정함
- (항공난류 이륙 사고 사례) 2001년 존 F.케네디 공항에서 아메리칸항공 587편이 이륙하는 과정에서 앞서 이륙한 JAL 747에서 유발된 Wake Turbulence로 이륙 중 조종 불능상태에 빠져 추락하였으며, 이 추락사고로 탑승객 251명 전원, 승무원 9명 전원, 그리고 미처 피하지 못한 지역 주민 5명을 합쳐 총 265명이 사망하는 사고가 발생함
- (항공난류 착륙 사고 사례) 2014년 일본항공의 Embraer170 항공기가 활주로에 착륙하는 과정에서 선행 항공기(에어버스 A340-600)로부터 유발된 강한 후류 난기류를 만나면서 2명의 승무원이 넘어졌고, 1명은 중상, 1명은 경상의 사고가 발생함

– ICAO는 활주로 항공난류에 따른 안전사고를 줄이기 위하여 활주로 규모, 항공기 규모별로 최소 이착륙 안전이격거리 가이드라인을 마련하여 시행 중이나, 항공기 안전사고 위험을 낮추면서 활주로 용량을 증대시키기 위한 연구가 진행 중임

● 항공난류관리기술은 아래와 같이 3개의 기술 범위로 구분 가능하며 본 기획을 통해 세부과제를 도출하고자 함

– 실시간 활주로 항공 난류 탐지 및 예측/분석기술

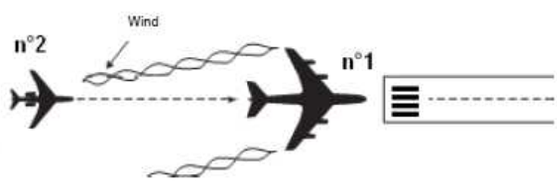
– 항공교통 관리시스템과 연계 기술

– 항공기 후류 요란 분리 기준

Wake turbulence 형태



Separation 영향 형태



기획 대상 기술 및 목표

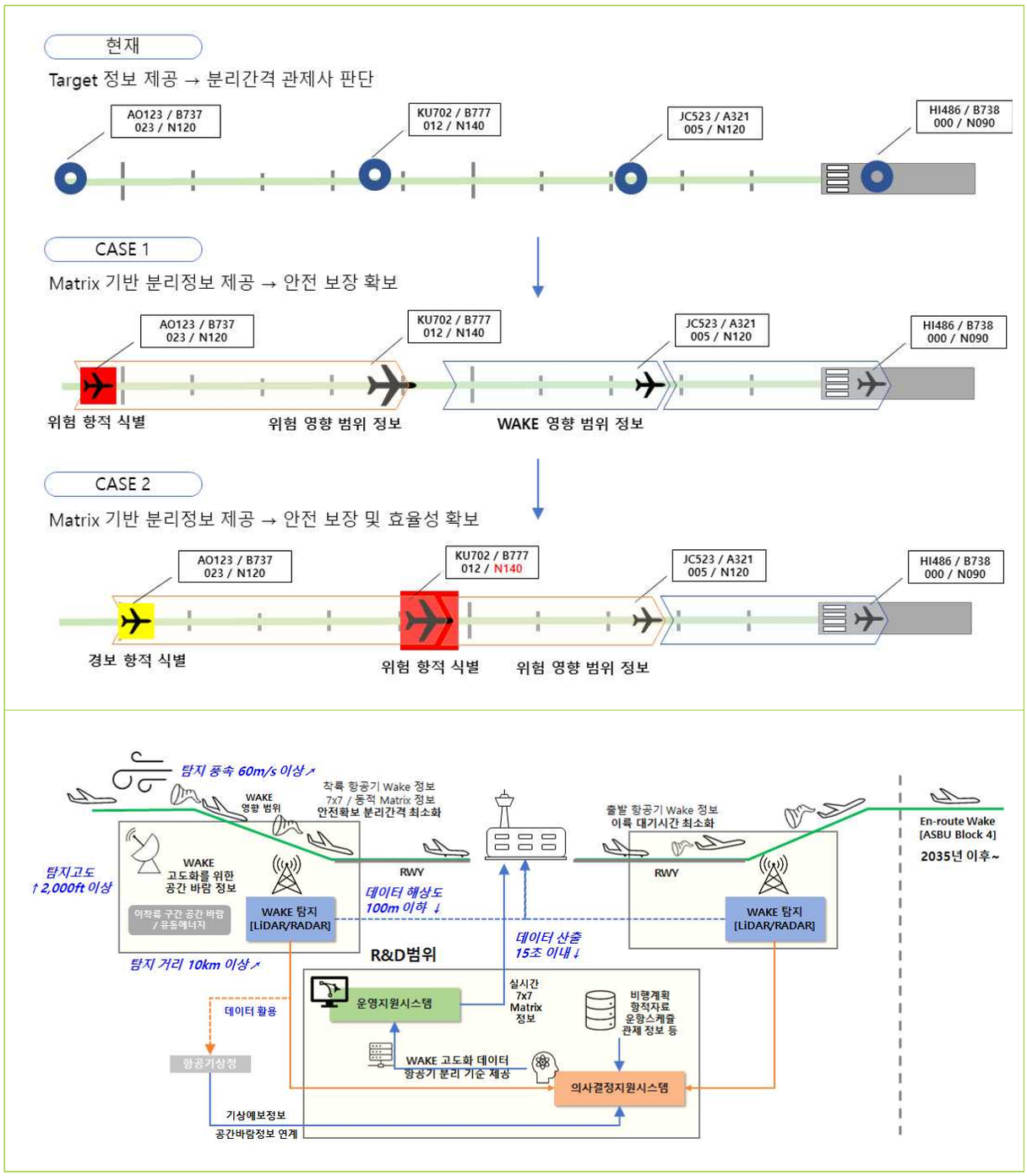
① 후류요란 분리 기준 개선을 위한 기반 연구 기술 검토 및 도출
② 실시간항공난류탐지 및 예측/분석 기술 검토 및 도출
③ 항공교통관리 시스템과 연계 기술 검토 및 도출

<그림 1> 항공난류관리기술 사업기획 기술적 범위

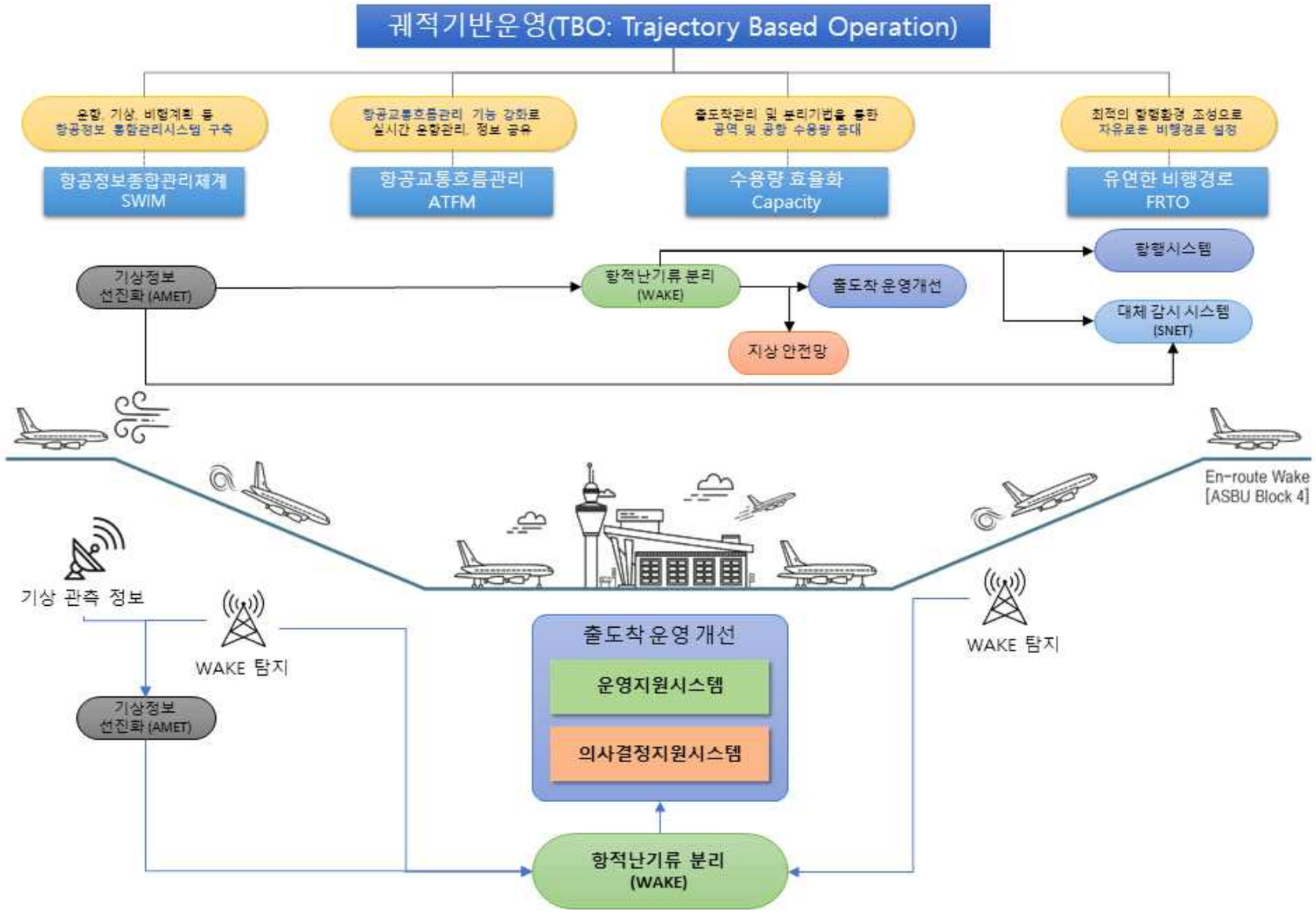
● 본 과제의 기획 범위는 크게 그림 2와 같이 관제사의 활주로 및 출도착 관리, 지상 관제의 효율성을 높이기 위한 부분과 그림 3과 같이 미래 항공 교통 시스템 환경 구축을 위한 ASBU의 이행 과제 관점의 운항 주기별 필요 기술의 분석 및 연계 방안을 도출하고자 함.

– 분리 기준 세분화를 통한 활주로의 이착륙 항공기 처리량을 증대를 위해 필요한 관측 시스템, 운영지원시스템 및 의사 결정지원시스템의 개발 항목과 실제 관제에 필요한 HMI 개선에 필요한 요소 기술을 도출함

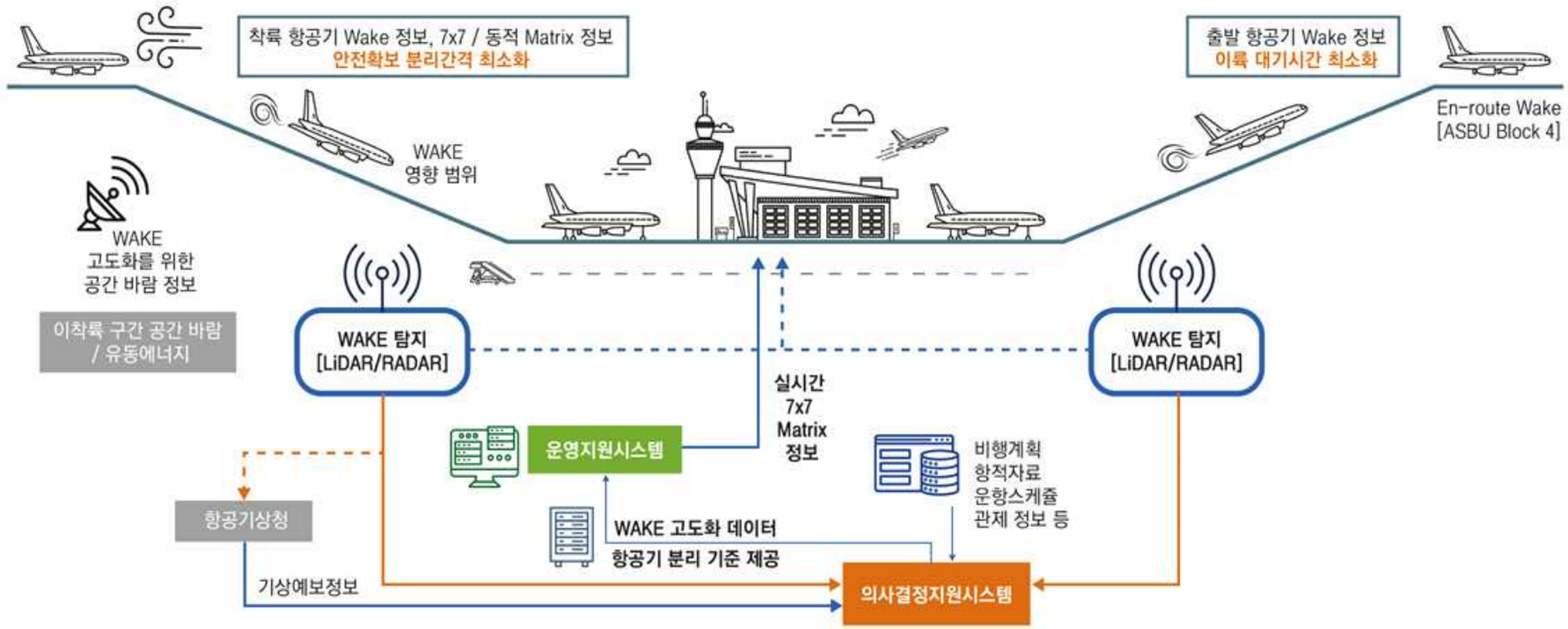
– 전체 운항 주기 관점에서 필요한 세부 요소 기술을 분석하고, 이에 따른 세부 기술 사이의 상관관계 분석과 이들을 연계 운영하기 위한 기술을 도출하고자 함.



<그림 2> 항공난류관리 기술 개념도



<그림 3> 운항 주기별 항공난류관리 기술 개념도



<그림 4> 운항 주기별 항공난류관리 기술 체계도

(참고) 항공난류관리기술 개요

● 항공 난류의 특징 및 영향

– 복수 항공기가 동일 경로를 비행할 경우, 선행하는 항공기가 난류를 발생시키며, 후행하는 항공기의 안전에 영향을 끼침

– 항공 난류는 강도는 항공기 중량에 비례하고, 속도에 반비례함

– 항공기의 안전한 운항을 확보하기 위해서는 항공기 간 적절한 이격거리를 확보해야 하고, 적절한 이격거리는 항공기 중량에 따라서 달라짐

● 항공난류 관리 방법

– ICAO PANS-ATM(ICAO Doc. 4444)는 항공기를 중량별로 구분하여, 선행기와 후행기로 항공기를 구분하여 최저이륙간격을 설정하고 선행기가 발생한 후방난류가 후속기의 안전운항에 영향을 주지 않도록 후방난기류에 따른 관제 방식을 도입

– 이와 같이 RECAT(Re-categorization)을 통해 공항의 수용량 증대와 안전 확보하고자 하고 있으며, 기존의 분리 간격 기준을 4구분에서 7구분으로 세분화하고, PANS-ATM개정을 통해 7단계로 관제방식 개정(2020.11.05.)

구분		Follower						
		A	B	C	D	E	F	G
Leader(선행 항공기)	A		4	5	5	6	6	8
	B		3	4	4	5	5	7
	C				3	3.5	3.5	6
	D							4
	E							4
	F							
	G							

구분	항공기 분류
Category-A supper heavy	A388
Category-B upper heavy	A332, A359, B744, B773, B788 등
Category-C lower heavy	B762, B763, DC10, MD11 등
Category-D non-pairwise heavy	A339, A3ST, A342, A400, B741 B743, B74D, B74S, B78X 등
Category-E B757	B752, B753
Category-F upper large	A319, A320, A321, B737, B738 B739
Category-G lower large	AT43, AT72, DH8A, DH8C, E135 E145, E170
Category-H upper small	E120, B350, BE40, C560, C680 C750
Category-I lower small	BE10, BE20, BE58, BE99, C208 C210, C525

* 자료: (左)ICAO, PANS-ATM(Doc. 4444) 6th edition, 2020.
(右)FAA, JO 7110.126, Consolidated Wake Turbulence Radar Separation Standards, 2018.

– 난기류 사고의 대부분은 항공난류 및 예기치 않은 기류의 혼란에 의해 발생되며, 항적 난기류 관측시스템과 사전 경보(관리) 시스템이 구축으로 이착륙 과정에서 발생되는 관련 안전사고 감소 가능

– 후방난기류에 대한 안전한 최적 이격간격을 설정하기 위해서는 난류의 감쇠·소멸에 대한 분석, 예측, 검증이 필요

2. 연구목적 및 범위, 연구추진체계

가. 연구 목적

- 본 기획 사업은 미래 항공 교통 시스템 환경 구축을 위한 가이드라인으로 ICAO에서 제안한 ASBU(Aviation System Block Upgrade)의 이행 과제의 하나인 “Wake Turbulence Separation”에 대응하기 위한 실시간 활주로 항공 난류 탐지시스템과 분석기술, 항공기 후류 요란 분리 기준 개선을 통해 활주로의이착륙 항공기 처리량을 증대시키기 위한 시간 기반 분리 기술 및 항공관리 시스템과의 연계를 위한 기술 로드맵 및 주요 연구 개발 과제 도출

나. 연구 수행 범위

- 기획연구과제에서는 국내외의 정책·시장·기술 동향 분석, 연구개발과제 구성 및 추진전략 수립, 연구개발의 사전타당성 검토, 소요예산 산정, RFP작성으로 구성
- 기술적 범위
  - 활주로 항공 난류 실시간 탐지 시스템 개발
  - 활주로 항공 난류 실시간 분석 기술 개발
  - 항공관리시스템 통합 및 연계 시스템 개발
  - 활주로 항공난류 분류 기준 제안
  - 활주로 항공난류에 따른 시간기반 분리 기술 개발
  - 항공종합관리체계 연계 방안 제시

다. 연구 추진 체계



<그림 5> 연구 추진 체계

라. 기획연구 추진 절차

이슈 및 문제 정의

국내외 동향분석 | 국내 현황 및 수준 분석 | 기술개발 니즈 분석

↓

추진 전략

전략 방향 | 전략 목표 | 사업 목표 | 성과 목표 | 추진체계 | 예산 계획

↓

세부 기술 기획

연구필요성 | 연구목표 | 연구내용 | 연구개발 로드맵 | 추진체계 | 소요예산

↓

사전 타당성 검토

정책적 타당성 | 기술적 타당성 | 경제적 타당성

<그림 6> 기획연구 추진 절차

마. 기획 위원회 구성

- 「활주로 난류관리 기술개발 사업 기획」 추진에 따라 기획의 전문성 제고 및 합리적 의사결정을 위해 산·학·연·정부 이해관계자를 포함한 추진체계를 구성



<표 1> 추진체계 주체별 역할

분 야	역 할
총괄기획 위원회	– 사업기획 전반에 대한 기획 방향 및 타당성 등에 대한 검토, 자문, 최종 승인 등을 통해 사업기획의 객관성·절차적 타당성 확보 · 분과위 구성 및 분과에서 도출한 최종 과제(우선순위 평가 결과) 확정·승인 · 전체 사업기획 방향 및 세부내용(사업목표 및 추진전략, 사업 추진 필요성 등)에 대한 검토·자문
분과위원회	– 사업 기획을 위해 Wake 기술로드맵/기술구성도(Tech tree) 기반으로 추진과제를 발굴하고, 과제별 RFP 및 사업의 상세기획 작성 ·(분과장) 추진과제 도출 등을 위한 회의 진행 및 분과내 의견 조율, 분과에서 도출한 과제, 과제별RFP, 상세기획 최종 검토·확정하고 간사와 최종 정리 등 ·(간사) 원활한 회의 진행을 위해 분과장과 함께 분과 내 의견 조율 및 타분과/사업기획TF·연구기관 소통창구 역할, 분과 내 산출물 취합 및 분과장과 최종 정리 등 ·(위원) 과제 도출을 위한 과제pool 정리, 우선순위 평가, RFP 및 사업별 상세기획 작성, 해당분야 그림, 그래픽 제공 등
주관연구기관	– 발주처 수요를 반영한 사업 추진 당위성 및 기본 방향성 도출 – 사업 전반에 대한 사업 상세 설계 및 사전 타당성 분석 등

<표 2> 총괄위원회 명단

No.	성명	직위/직책	소 속	전문분야	구분
1	김휘양	교수	한국항공대학교	항공교통(관제)	학
2	김종성	팀장	서울지방항공청	항공교통(관제)	관
3	전대근	책임연구원	한국항공우주연구원	항공교통(관제)	연
4	이용길	차장	인천국제공항공사	항행안전시설	산
5	박동기	연구소장	한국공항공사 항공산업연구소	공항운영	산
6	김준혁	연구위원	한국교통연구원	공항운영	연
7	배동환	선임연구원	항공안전기술원	항행안전시설 성능적합성증명	연
8	임형철	책임연구원	한국천문연구원	난류계측	연
9	명노신	교수	경상대학교	난류계측	학
10	이승표	기장/대표위원	제주항공/항공관제위원회	항공운항	산
11	허복행	예보과장	항공기상청	항공기상	관

<표 3> 기술1분과위원회(실시간 Wake 탐지 기술) 명단

No.	성명	직위/직책	소 속	전문분야	구분
1	이규원	교수	경북대학교	RADAR기상관측	학
2	정우재	이사	알에프코어	RADAR장비	산
3	임형철	책임연구원	한국천문연구원	LIDAR관측장비	연
4	최성철	연구소장	㈜삼우티시에스 기업부설연구소	LIDAR	산
5	장경식	교수	울산대학교	유체역학 데이터 연계	학
6	김영진	교수	KAIST	Precision metrology	학

<표 4> 기술2분과위원회(운영 및 의사결정 지원) 명단

No.	성명	직위/직책	소 속	전문분야	구분
1	강지석	전무	㈜에이시스	공항운영	산
2	정세연	책임연구원	인천국제공항공사	항공교통	산
3	조남현	선임연구원	인천국제공항공사	공항운영	산
4	김기영	대표	㈜포디솔루션	기상정보	산
5	윤석재	부연구위원	한국교통연구원	항공교통	연
6	명노신	교수	경상대학교	CFD	학
7	이승표	기장	제주항공	항공운항	산

<표 5> 기술3분과위원회(시스템 검증 및 법제화) 명단

No.	성명	직위/직책	소 속	전문분야	구분
1	심상우	상무	㈜ICR	적합성검증	산
2	김인중	대표	㈜에어로솔루션	항공시스템개발	산
3	윤동환	연구원	항공안전기술원	항행안전시설증명	연
4	남경민	사무관	산업통상자원부 기술표준원	적합성검증	관

바. 기획연구 추진경위

'21.05.06.	착수 회의 개최	추진계획 안내 (기획과제 소개 및 중점 이슈 공유, 추진일정 안내 및 협조요청)
'21.06.04.	수요처 간담회	개발과제 도입 필요성 및 NARAE 연계방안 과제 필요성 확인 및 장비 분류 기준 제안 필요성 확인
'21.06.10.	총괄위원회 구성 및 1차 총괄위원회	총괄기획위원회 운영 및 향후 추진계획 공유 분과 구성 및 타부처 과제와 연계 필요성 확인
'21.08.18.	2차 총괄 위원회	기술수요조사 계획검토 및 추진계획안 공유 개발 목표 범위 확인 및 인증 범위 설정 필요성 확인
'21.09.09. ~ 10.21.	기술분과위 착수 회의 및 1차 기술 트리 구성	총괄위원회 결과 공유 및 분과별 세부 기술 트리 검토 각세부 분과 별 기술트리(안) 확정
'21.10.28.	기술 수요 조사	상세 연구 기술 방안에 대한 검토
'22.01.19.	2차 기술분과위원회	세부기술 용어 및 범위 변경 기능요구사항 검토와 각 세부 분과 별 기술트리(안) 검토/수정
'22.02.15.	3차 기술분과위원회	세부 기술 목표 설정 및 세부 기술 개발 활동 내용 검토 및 수정
'22.03.23.	3차 총괄 위원회	난류 탐지 시스템 개발 성공 가능성 및 현장 적용 가능성 검토 과업 목표의 조정 및 RFP 상 명시

<그림 7> 위원회 운영 일정 및 주요 내용

1) 수요처 간담회 (1회)

- **회의명 : '활주로 항공 난류 관리기술 개발기획' 간담회**
- **날짜 및 장소 : '21.6.4(금), 14:00~16:00, 서울역 삼경교육센터 8층 회의실**
- **주요 논의 내용**
  - ICAO ASBU(Aviation System Block Upgrades)의 항공난류 관리 체계의 도입의 필요성, 활주로 항공 난류 관리를 위한 항적 난류 관측 장비 개발 필요성
  - ASBU의 최종 단계에서 요구하는 실시간 정보제공을 위해 본 기획 추진 필요성 확인, 국내 항적난류 관측 장비 도입 시 장비분류 기준(항행안전시설 또는 기상관측장비) 및 관리 및 운영 방안에 대한 논의 필요성 확인
- **회의 결과 및 후속 조치**
  - ASBU의 최종 단계에서 요구하는 실시간 정보제공을 위해 본 기획 추진 필요성 확인, 국내 항적난류 관측 장비 도입 시 장비분류 기준(항행안전시설 또는 기상관측장비) 및 관리 및 운영 방안에 대한 논의 필요성 확인
- **참석자**

소속	직위/직책	성명
인천국제공항공사	선임연구원	조남현
인천국제공항공사	차장	이용길
인천국제공항공사	차장	김광희
한국공항공사	부장	전현배
한국공항공사	차장	안수종
한국공항공사	계류장관제인수운영팀장	도진열
한국항공대학교	교수	김휘양





2) 총괄 기획위원회 : 3회 운영

● 1차 총괄기획위원회

– 날짜 및 장소 : `21.6.10(목), 14:00~16:00, 서울역 삼경교육센터 8층 회의실

– 주요 논의 내용

– 총괄기획위원회 운영 방안, 기술분과 구성, 타부처 사업 연계방안

- 기술로드맵, 과제 발굴을 위한 난류탐지·탐지 데이터 처리 및 TBS 분류기준, 인증 및 제도화 분과 구성. 타부처(항공기상청) 22년 신규 과제 세부 내용 검토 및 연계 방안 마련
- 총괄기획위원회 운영방안 : 총 9명 산·학·연·관으로 구성, 총 6회 위원회 개최
- 기술분과 구성 : ① 실시간 WAKE 탐지기술, ② 운영·의사결정 지원 기술, ③ 인증방안 및 법제화
- 타부처 사업 연계방안 : 본 기획 세부과제 도출 시 중복성 확인 및 연계방안 마련

– 회의 결과 및 후속조치

- 기술로드맵, 과제 발굴을 위한 난류탐지·탐지데이터처리 및 TBS 분류기준, 인증 및 제도화 분과 구성. 타부처(항공기상청) 22년 신규 과제 세부 내용 검토 및 연계 방안 마련
- 총괄기획위원회 운영방안 : 총 9명 산·학·연·관으로 구성, 3회 이상 위원회 개최
- 기술 분과 구성 : 3개 분과로 구성
  ① 실시간 WAKE 탐지기술, ② 운영·의사결정 지원 기술, ③ 인증방안 및 법제화
- 타부처 사업 연계방안 : 본 기획 세부과제 도출 시 중복성 확인 및 연계방안 마련

– 참석자

소속	직위/직책	성명
인천국제공항공사	차장	이용길
인천국제공항공사 공항산업기술연구원	선임연구원	조남현
한국공항공사 항공산업연구소	책임연구원	김재호
한국교통연구원	연구위원	김준혁
항공안전기술원	선임연구원	배동환
항공기상청	예보과장	허복행
한국천문연구원	책임연구원	임형철
경상대학교	교수	명노신
서울대학교	교수	이관중
한국민간항공조종사협회 (항공환경관제 위원)	기장/대표위원	이승표



● 2차 총괄기획위원회

– 날짜 및 장소 : `21.8.18(목), 10:00~12:00, (온라인 비대면)

– 주요 논의 내용

• 활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획을 위한 기술수요조사 계획 검토 및 향후 추진계획 공유

– 회의 결과 및 후속조치

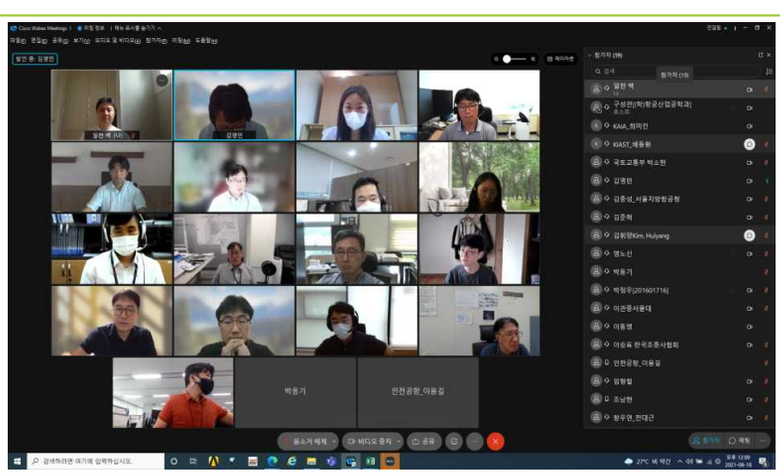
• 기술분과 재구성, ASBU Block 단계별 계획 반영 구현 시나리오 제시 필요

• 국외 관련 사례 조사를 통한 개발 과제 방향성 제시. 실제 공항 적용을 위한 신뢰성/검증내용 제시

• 효과적 진행을 위한 Top-down 의견 수렴 병행

– 참석자

소속	직위/직책	성명
한국항공대학교	교수	김휘양
서울지방항공청	팀장	김종성
한국항공우주연구원	책임연구원	전대근
인천국제공항공사	차장	이용길
인천국제공항공사	선임연구원	조남현
한국공항공사 항공산업연구소	연구소장	박동기
한국교통연구원	연구위원	김준혁
항공안전기술원	선임연구원	배동환
한국천문연구원	책임연구원	임형철
경상대학교	교수	명노신
서울대학교	교수	이관중
제주항공/항공관제위원회	기장/대표위원	이승표



● 3차 총괄기획위원회

– 날짜 및 장소 : `22.3.23(수), 15:00~17:00, (온라인 비대면)

– 주요 논의 내용

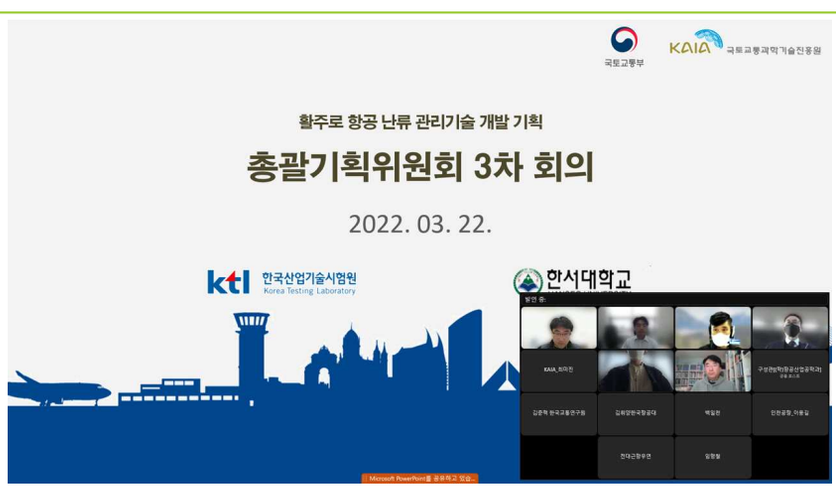
- 난류 탐지 시스템의 개발 성공 가능성 및 현장 적용 가능성에 대한 검토
- 개발시스템 정보의 HMI 표출과 기존 시스템(ARTS) 반영 가능여부 확인이 필요하며, 필요에 따라 과업 목표의 조정 및 RFP 상 명시 필요
- 개발 시스템 효과성에 대한 객관적 평가지표에 대한 내용 보완 필요
- 1단계와 2단계의 연구 목표가 다소 모호하므로, 명확하게 구분 필요
- TBS 이행으로 발생 가능한 다양한 문제점에 대한 검토 및 확인

– 회의 결과 및 후속조치

- RFP 상 HMI 표출 등 개발 시스템의 정량적 목표 및 과업 내용 보완
- TBS이행에 필요한 필요 요소 기술 검토 및 수행 내용 보완

– 참석자

소속	직위/직책	성명
한국항공대학교	교수	김휘양
서울지방항공청	팀장	김종성
한국항공우주연구원	책임연구원	전대근
인천국제공항공사	차장	이용길
한국공항공사 항공산업연구소	연구소장	박동기
한국교통연구원	연구위원	김준혁
항공안전기술원	선임연구원	배동환
한국천문연구원	책임연구원	임형철
경상대학교	교수	명노신
제주항공/항공관제위원회	기장/대표위원	이승표



3) 기술 분과위원회 : 9회 운영

● **실시간 Wake 탐지기술 분과**

– 1차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : `21.9.9(목) 16:00~18:00, (온라인 비대면)
- 안건 : 총괄위 결과 공유, Wake 탐지기술 관련 세부 기술 트리 검토
- 주요 논의 내용
  - 실시간 탐지 기술에 관한 세부기술 재정의
  - RADAR/LiDAR를 활용한 기상 관측기술 분야
  - 탐지 데이터 처리 및 시스템 연계 분야
  - 데이터 산출 및 적합성 평가 분야
  - 시스템 실증 및 신뢰성 평가 분야
  - RADAR/LIDAR 관측기술, 탐지 및 연계 기술, 데이터 산출 비교 및 실증을 통한 적정성 검증 방향 제시
  - 실시간 탐지 기술에 관한 세부기술 재정의
- 회의 결과 및 조치 내용
  - RADAR/LIDAR 관측기술, 탐지 및 연계 기술, 데이터 산출 비교 및 실증을 통한 적정성 검증 방향 제시
  - 실시간 탐지 기술에 관한 세부기술 재정의

– 참석자

소속	직위/직책	성명
경북대학교	교수	이규원
알에프코어	이사	정우재
한국천문연구원	책임연구원	임형철
㈜삼우티시에스 기업부설연구소	연구소장	최성철
울산대학교	교수	장경식
KAIST	교수	김영진



– 2차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : '22. 1. 19, 17:00 ~ 19:00, (온라인 비대면 / 수서역 회의실)
- 안건 : 총괄위 결과 공유, 기술 구조에 따른 세부 연구 분야 도출
- 주요 논의 내용
  - 세부기술 용어 및 범위 변경 필요
  - 목표 성능 설정을 위한 구체적인 탐지범위 설정 필요
  - 예산 범위를 고려한 탐지범위 구축 필요
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 세부 기술 내용 검토 및 개발 장비 사양의 선정
  - 실시간 탐지 기술에 관한 세부기술 재정의
  - 실시간 Wake 탐지기술 관련 세부 과제 카드 작성

– 참석자

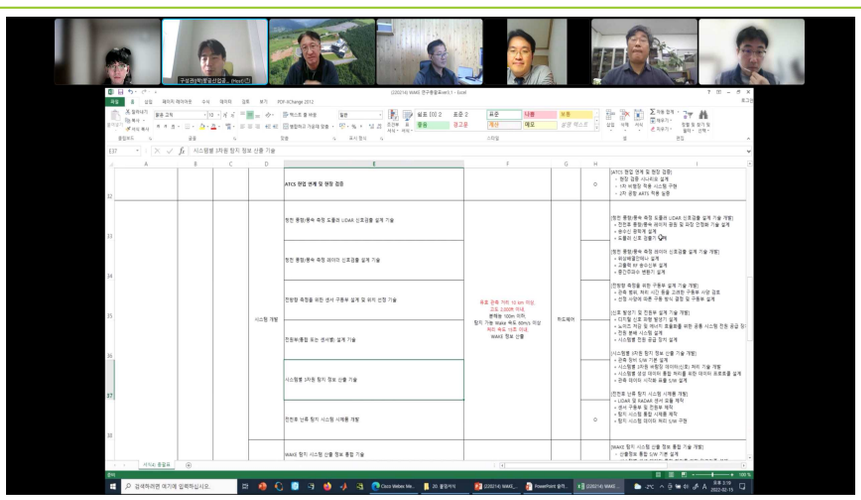
소속	직위/직책	성명
경북대학교	교수	이규원
알에프코어	이사	정우재
한국천문연구원	책임연구원	임형철
㈜삼우티시에스 기업부설연구소	연구소장	최성철
울산대학교	교수	장경식
KAIST	교수	김영진

– 3차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : '22. 2. 15, 15:00 ~ 16:00, (온라인 비대면 / 수서역 회의실)
- 안건 : 기획연구 도출 세부 분야 검토 및 연구 범위 내용 최종 검토
- 주요 논의 내용
  - RADAR와 LIDAR의 성능 차이를 고려하여 목표 성능을 개별로 설정
  - 연직면 탐지 데이터, 유효거리 탐지 데이터 등으로 세부 목표 설정
  - 탐지 센서의 종류별 특성을 고려한 탐지 범위/성능 산출 명시
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 세부 기술 내용 검토 및 개발 장비 목표 성능 설정
  * 유효 탐지 거리 10 km 이상
  * 연직 방향 2,000ft 이상
  * 분해능 100 m 이하
  * 데이터 처리 속도 15초 이내
  * 최대 탐지 풍속 60 m/s 이상
  - 실시간 탐지 기술에 관한 세부기술 재정의
  - 실시간 Wake 탐지기술 기술 관련 세부 과제 카드 및 RFP 확인

– 참석자

소속	직위/직책	성명
경북대학교	교수	이규원
한국천문연구원	책임연구원	임형철
㈜삼우티시에스 기업부설연구소	연구소장	최성철
KAIST	교수	김영진



● 운영·의사결정 지원 분과

– 1차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : `21.9.15(수) 16:00~18:00, (온라인 비대면)
- 안건 : 총괄위 결과 공유, 운영·의사결정 지원 기술 관련 세부 기술 트리 검토
- 주요 논의 내용
  - 운영·의사 결정지원 기술에 관한 세부기술 검토
  - 데이터 처리 및 시스템 연계 분야
  - 데이터 산출 및 적합성 평가 분야
  - 시스템 실증 및 신뢰성 평가 분야
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 실제 항공기 및 공항 운영 특성 반영 필요
  - 실제 항공기 운영시 발생되는 Wake 특성 고려 필요
  - 항공기 이륙시 Wake 영향이 크므로 해당 정보 산출 필요
  - Wake 정보가 공항운영에 영향이 있으므로 ATM/공항과 연계 필요
  - 운영·의사 결정지원 기술에 관한 세부기술 재정의

– 참석자

소속	직위/직책	성명
㈜에이시스	전무	강지석
인천국제공항공사	책임연구원	정세연
인천국제공항공사	선임연구원	조남현
㈜포디솔루션	대표	김기영
한국교통연구원	부연구위원	윤석재
경상대학교	교수	명노신
제주항공	기장	이승표



– 2차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : '22. 1. 19, 17:00 ~ 19:00, (온라인 비대면 / 수서역 회의실)
- 안건 : 총괄위 결과 공유, 기술 구조에 따른 세부 연구 분야 도출
- 주요 논의 내용
  - 세부기술 용어 및 범위 변경 필요
  - 목표 성능 설정을 위한 구체적인 탐지범위 설정 필요
  - 예산 범위를 고려한 탐지범위 구축 필요
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 공항별 및 기종별 Wake 적용 3차원 시뮬레이션 연구에서 SOP, CDF의 고려 필요
  - 조종사의 항공기 속도 Setting 값을 반영한 규정 고려 필요
  - 의사결정지원 시스템 내 기능과 요구 사항에 대한 검토
  - 운영·의사 결정지원 기술에 관한 세부기술 재정의

– 참석자

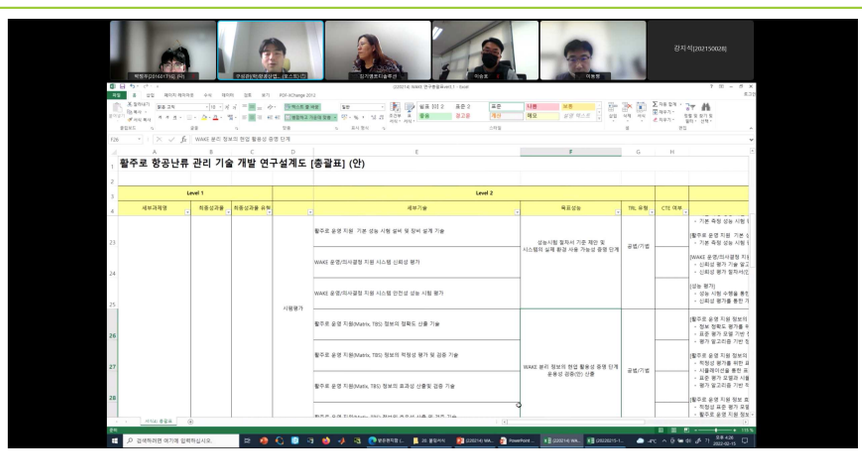
소속	직위/직책	성명
㈜에이시스	전무	강지석
인천국제공항공사	책임연구원	정세연
인천국제공항공사	선임연구원	조남현
㈜포디솔루션	대표	김기영
한국교통연구원	부연구위원	윤석재
경상대학교	교수	명노신
제주항공	기장	이승표

– 3차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : ‘22. 2. 15, 15:00 ~ 16:00, (온라인 비대면 / 수서역 회의실)
- 안건 : 기획연구 도출 세부 분야 검토 및 연구 범위 내용 최종 검토
- 주요 논의 내용
  - RADAR와 LIDAR의 성능 차이를 고려하여 목표 성능을 개별로 설정
  - 연직면 탐지 데이터, 유효거리 탐지 데이터 등으로 세부 목표 설정
  - 탐지 센서의 종류별 특성을 고려한 탐지 범위/성능 산출 명시
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 세부 기술 내용 검토 및 개발 장비 목표 성능(데이터 표출 빈도 주기 5초 이내, 3종 이상 데이터 연계) 설정
  - 운영·의사 결정지원 기술에 관한 세부기술 재정의
  - 운영·의사 결정지원 기술 관련 세부 과제 카드 및 RFP 확인

– 참석자

소속	직위/직책	성명
㈜에이시스	전무	강지석
인천국제공항공사	선임연구원	조남현
㈜포디솔루션	대표	김기영
한국교통연구원	부연구위원	윤석재
경상대학교	교수	명노신
제주항공	기장	이승표



● 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 분과

– 1차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : `21.10.21(목) 16:00~18:00, (온라인 비대면)
- 안건 : 총괄위 결과 공유, Wake 탐지기술 관련 세부 기술 트리 검토
- 주요 논의 내용
  - 장비의 운영의 특성을 고려한 기존 산업의 인증체계와 연계 방안 검토
  - 장비를 최종 연계 시스템의 확대 개념으로 사용자 또는 이용자 관점에서 관련된 인증 체계 검토
  - 장비 시스템 안전성 평가 등 연구 세부 문구 검토
  - 관측 장비의 특성 상, 국제적으로 요구되는 적합성 체계에 부합하는 인증 기준 마련 방안 논의
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 장비의 운영의 특성을 고려한 기존 산업의 인증체계와 연계 방안 반영
  - 장비를 최종 연계 시스템의 확대 개념으로 사용자 또는 이용자 관점에서 관련된 인증 체계 검토
  - 관측 장비의 특성 상, 국제적으로 요구되는 적합성 체계에 부합하는 인증 기준 검토 및 세부 수행 내용 반영
  - 시스템 검증 및 운영 기술에 관한 세부기술 재정의

– 참석자

소속	직위/직책	성명
㈜ICR	상무	심상우
항공안전기술원	연구원	윤동환
산업통상자원부 기술표준원	사무관	남경민

– 2차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : '22. 1. 19, 17:00 ~ 19:00, (온라인 비대면 / 수서역 회의실)
- 안건 : 총괄위 결과 공유, 기술 구조에 따른 세부 연구 분야 도출
- 주요 논의 내용
  - 항행안전시설 범위는 ICAO의 Annex 10을 참고하여 추가적인 방안 논의 필요
  - (EU) 2017/373와 같은 유럽 규정 참고하여 인증방안 검토
  - 장비 시스템 안전성 평가 등 연구 세부 문구 수정 필요
  - 시스템 통합의 대한 성능 평가가 필요
  - TRL 유형에 대한 추가 검토 필요
- 회의 결과 및 조치 내용
  - (EU) 2017/373와 같은 유럽 규정 참고하여 인증방안 검토
  - 장비 시스템 안전성 평가 등 연구 세부 문구 수정
  - 시스템 통합의 대한 성능 평가가 필요

- 세부 기술별 TRL 유형에 대한 추가 검토
- 시스템 검증 및 운영 기술에 관한 세부기술 재정의

– 참석자

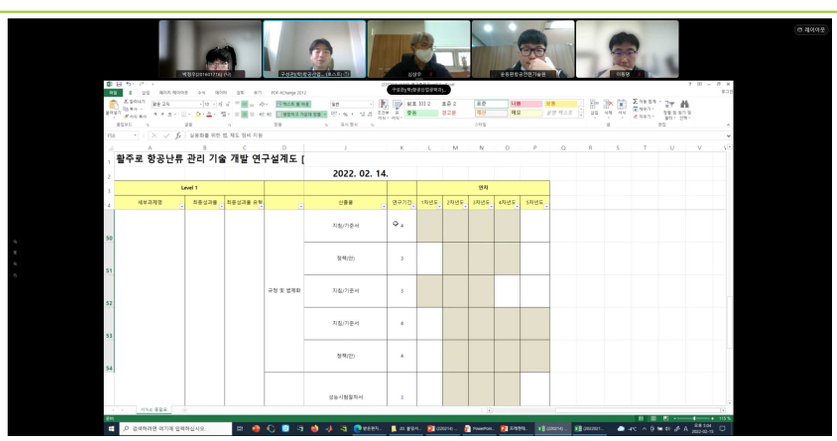
소속	직위/직책	성명
㈜ICR	상무	심상우
항공안전기술원	연구원	윤동환
산업통상자원부 기술표준원	사무관	남경민

– 3차 분과위원회

- 날짜 및 장소 : '22. 2. 15, 15:00 ~ 16:00, (온라인 비대면 / 수서역 회의실)
- 안건 : 기획연구 도출 세부 분야 검토 및 연구 범위 내용 최종 검토
- 주요 논의 내용
  - 구체적인 목표 성능 설정 필요
  - 1Hz 데이터 표출, 연계 데이터 종류 이상 연계와 같은 방식으로 구체적인 목표 성능 설정 필요
  - 항적, 비행계획, 분리정보로 세부 내용 명시
- 회의 결과 및 조치 내용
  - 시스템 검증 및 운영 기술에 관한 세부기술 검토
  - 시스템 검증 및 운영 기술 관련 세부 과제 카드 및 RFP 확인

– 참석자

소속	직위/직책	성명
㈜ICR	상무	심상우
항공안전기술원	연구원	윤동환
산업통상자원부 기술표준원	사무관	남경민



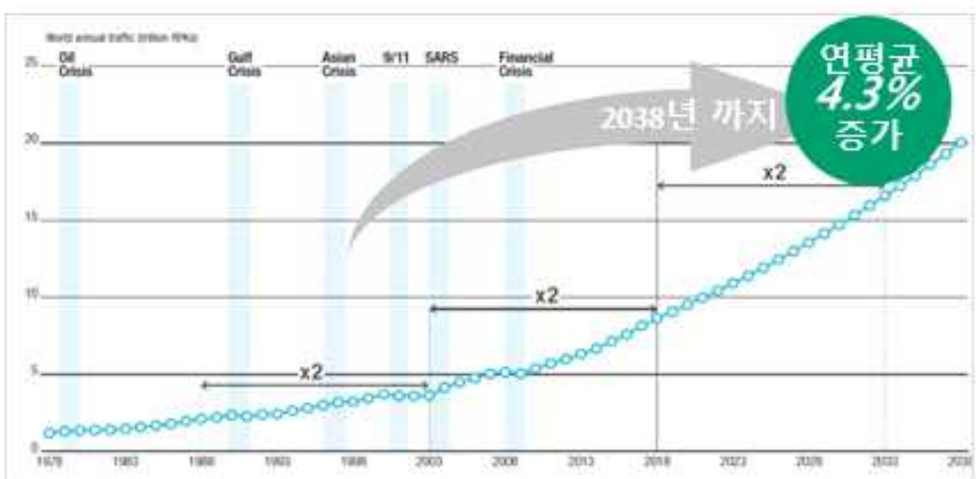
제2절. 기술개발의 배경 및 필요성

1. 기술개발의 배경

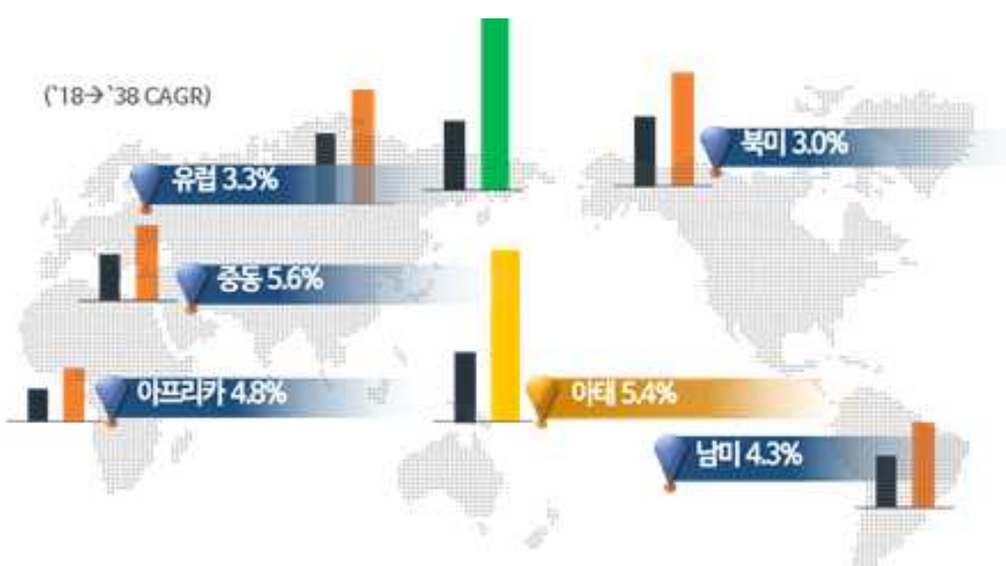
● **지난 30년(1978년~2018년) 동안 전 세계 항공교통량 약 42배 성장하였고, 2038년까지 연평균 4.3% 증가 전망**

– 우리나라 항공교통량은 2009년 이후 연평균 6.6%의 고성장을 지속하고 있고, 아태지역 성장은 타 지역에 비해 높은 편 (2018->2038 : 연평균 5.4% 증가 예상)

– 국제여객 중 항공은 우리나라 대표 국제수송 수단으로 수송분담률이 100%에 달하고 있고, 국제노선의 확대, 이용객·화물 증가 등으로 국제여객 분야의 항공교통의 중요성과 파급력은 향후 지속될 것으로 예상



<그림 8> 항공교통량 연평균 복합성장률 전망('18-'38)



<그림 9> 지역별 항공교통량 연평균복합성장률('18~'38년)

<표 6> 교통수단 별 수송분담률(2018년)

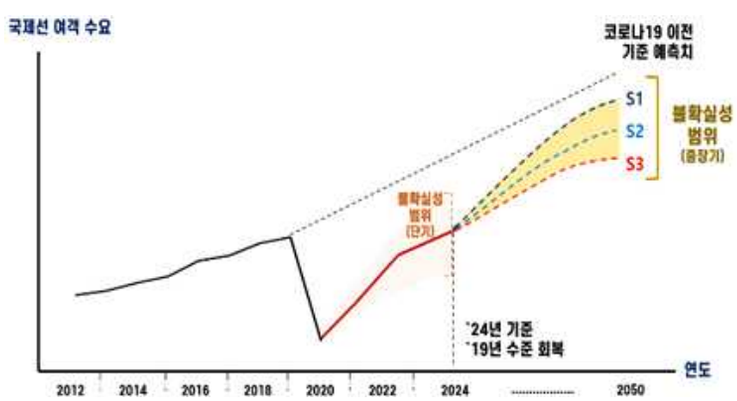
구분	국내		국제	
	여객	화물	여객	화물
철도	4.5%	1.5%	–	–
지하철	10.8%	–	–	–
도로	84.6%	92.6%	–	–
해운	0.0%	5.9%	–	99.7%
항공	0.1%	0.0%	100.0%	0.3%

* 출처: 국토교통부, 2020년 국토교통 통계연보, 2020

● COVID-19의 영향으로 인한 항공 여객수의 급격한 일시적 감소

– COVID-19로 2019년 대비 2020년 70% 이상 감소하였으며, 2019년 수준으로 회복까지는 3~4년 소요 전망되나, 항공물류는 2021년 이후 여객 운송보다 빠르게 회복될 것으로 전망

– 국제적 경기 불확실성과 항공안전 등의 수요 감소요인에도 불구하고 국제항공교통량의 꾸준한 증가세 지속



<그림 10> 코로나 이후 항공 수요 예측

* 출처: 국토교통부, 제6차 공항개발 종합계획(안)

▶ 항공 수요 회복 대비를 위한 항행 교통 관리 분야의 다양한 대응 방안 필요

● (높은 항공교통사고 비용) 항공사고는 발생률은 낮으나, 발생 시 타 교통 분야 대비 물적 자산의 가치가 크고, 여객의 생존 확률이 낮아 인명·재산 피해와 더불어 사회·심리적인 영향으로 인한 2차 피해 발생

– 항공교통사고는 건당 비용이 35억원 수준으로 도로교통사고의 약 100배 수준

– 도로교통사고 사고 건당 비용을 기준으로 항공사고가 약 98.8배, 철도사고가 6.4배, 해양사고가 2.6배 수준

<표 3> 교통수단별 사고 1건당 교통사고 비용

(단위: 천원)

구분	교통사고 비용 (심리적 비용 제외)	도로교통사고 대비 비율	교통사고 비용 (심리적 비용 포함)	도로교통사고 대비 비율
도로	15,215	100.0%	35,723	100.0%
철도	140,365	922.5%	227,360	636.5%
항공	3,511,564	23,079.6%	3,527,852	9,875.6%
해운	68,445	449.9%	91,732	256.8%

* 출처: 한국교통연구원, 2015년 교통사고비용 추정, 2017.

– 항공교통사고 건당 사상자수는 2.40명으로 도로부문 대비 4.35배로 높게 나타남

<표 4> 교통수단별 교통사고 발생 건당 사상자수(명/건)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	'15~19년 평균
도로	1.53	1.52	1.51	1.51	1.50	1.51
철도	0.99	0.89	0.85	0.93	0.81	0.89
항공	6.67	1.13	0.80	0.75	2.67	2.40
해운	0.19	0.18	0.20	0.17	0.18	0.18

* 출처: 국토교통부, 2019 국가교통통계 국내편, 발행 2020년 12월 31일

● **(항공교통사고 현황 및 추이) 세계적으로 항공교통 사고, 사망사고, 사망자 수 등은 지속적인 감소세를 보이고 있으나, 우리나라의 항공교통 사고 수는 증가 추세**

– 우리나라 항공교통사고는 백만 운항 회당 12.7건으로 세계 평균 1.7건(2016) 대비 7.6배 높은 상황으로, 항공교통 분야의 안전에 대한 대응책 마련 필요

<표 5> 세계 항공교통 운항 및 사고 추이

(단위: 백만건, 건, 명, 건/백만운항)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	6년 평균 ('12 ~ '17)	CAGR ('12 ~ '17)
운항 수	35.4	36.1	37.1	37.9	39.9	41.8	38.03	3.38%
사고 수	77	86	77	67	67	45	69.83	△10.19%
사망사고 수	15	14	12	4	9	6	10.00	△16.74%
사망자 수	416	178	641	136	202	19	265.33	△46.06%
단위당 사고수	2.18	2.38	2.08	1.77	1.68	1.08	1.86	△13.12%
단위당 사망사고 수	0.42	0.39	0.32	0.11	0.23	0.14	0.27	△19.47%

* 출처: IATA, IATA Safety Fact Sheet, 2018

<표 6> 우리나라 항공교통 운항 및 사고 추이

(단위: 건, 건, 명, 건/백만운항)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	6년 평균 ('11 ~ '16)	CAGR ('11 ~ '16)
운항 수	432,080	469,335	500,738	536,586	570,591	629,85	523,197	7.83%
사고 수	7	5	9	3	1	8	5.50	2.71%
사망자 수	10	1	10	5	0	9	5.83	△2.09%
단위당 사고수	16.20	10.65	17.97	5.59	1.75	12.70	10.81	△4.75%

* 출처: 국토교통부, 항공통계 항공사고현황(연도별), 국제선 운항실적(연도별), 국내선 운항실적(연도별), 2018

– 항공기 사고의 유형을 보면, 2016 ~ 2020년 기준으로 주로 착륙 과정에서 사고가 발생, 항공사고에서 인적 요인이 가장 중요한 원인이지만 그 외 기체 문제 및 기상요인(17%)에 의한 사고 다수 발생

  • ASN report(2010년)에 따르면 기상 요소별 발생빈도를 조사한 결과 난류가 24%, 돌풍 24%, 저시정 20%, 측풍, 강수, 기상악화가 각 요소별로 8%, 뇌전우박 4%, 바람(하강기류) 4%로 조사됨. 이 중 바람에 대한 요소가 전체의 50%이상으로 항공기 사고 대부분이 바람과 밀접한 관계가 있음

– 윈드시어는 항공기 이착륙시 안전을 위협하는 중요 사항으로 인식하고 있지만 국지적인 규모에서 갑자기 발생함에 따라 윈드시어 관측의 어려움으로 인해 예보 및 특보 업무에 애로 사항 발생

– 국제민간항공기구(ICAO)는 항공기 안전 운항을 위해 활주로 및 항로상의 항공 난류 정보를 조기에 탐지하고, 실시간으로 관제사 및 운항 관련 기관 항공사 등에 정보 제공을 권고

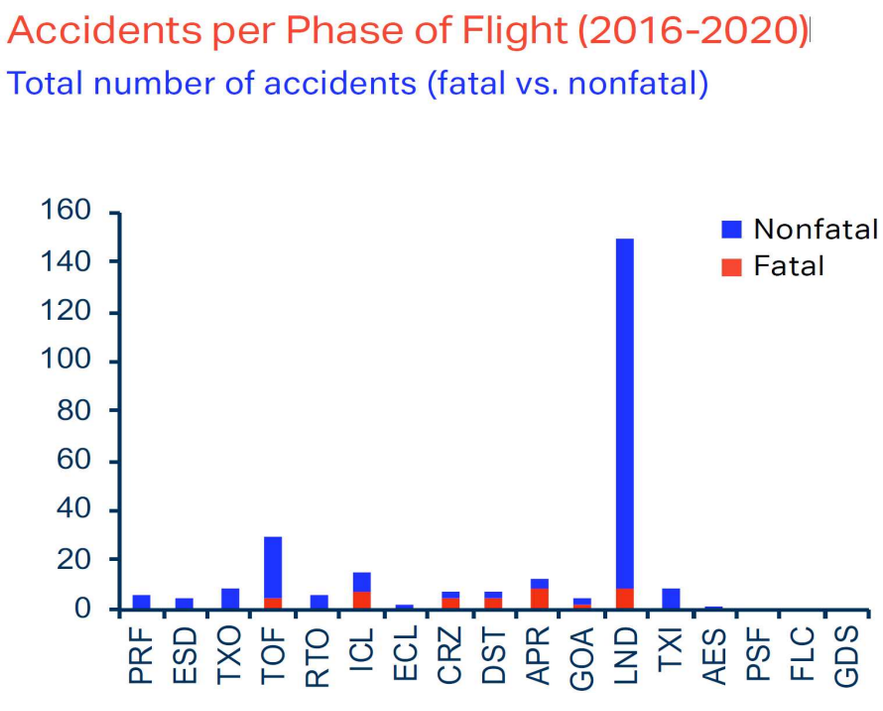
– 항공기 후류요란은 항공기 날개 위·아랫면의 압력차에 의해 발생하고, 후류속에 진입하는 항공기의 조종 불안전성을 야기한 사고가 발생하고 있으며, 심할 경우 추락사고 유발 가능성이 높기 때문에 정밀한 후류요란 관측 및 항공교통관제시스템에 대한 연구와 기술보급 확산 중

<표 7> 국내 공항의 윈드시어 경보 통계(2014~2018)

(단위 : 건)

구분	2014	2015	2016	2017	2018(~8월)
인천	78	96	122	101	110
김포	34	21	32	16	51
제주	159	135	178	138	135
울산	32	24	18	14	15
양양	97	124	188	67	119

* 출처: 주요 공항별 윈드시어 발표현황, 이용득 의원실

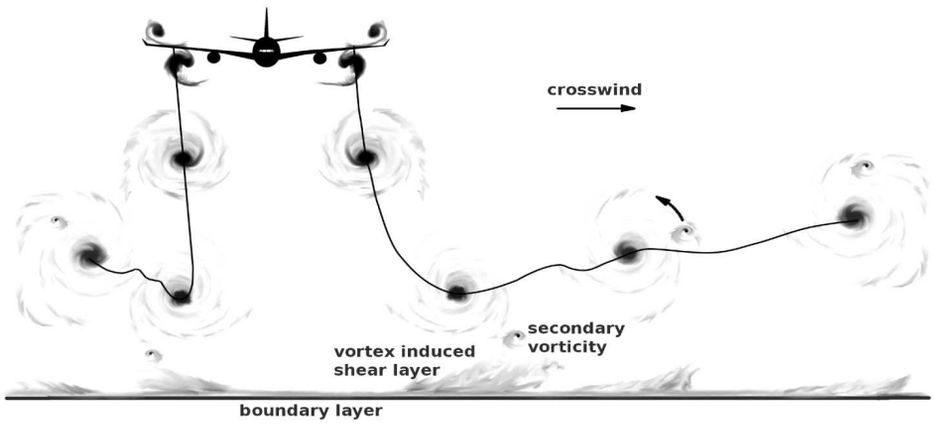


자료: IATA, Safety Report 2020, Issued April 2021 Edition 57

<그림 11> 2016 ~ 2020년 항공 단계별 사고건수



<그림 12> Bhoja Air flight(파키스탄) BHO213의 착륙 중 바람에 의한 사고



<그림 13> 항공기 후류요란의 진화 형태

● 국제민간항공기구(ICAO)는 증가하는 항공교통량과 최신 항공교통관리(ATM) 기술 발전에 대응할 수 있는 조화로운 글로벌 항공교통시스템 구축을 목표로 미래 항공시스템 전환 계획 (ASBU, Aviation System Block Upgrade)을 제시

– ICAO는 2013년 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환계획을 발표하고, 항공교통 운영 효율성 증진을 위한 글로벌항행계획(Global Air Navigation Plan, GANP)을 매년 세계항행회의를 통해 의결하여 각국에 배포

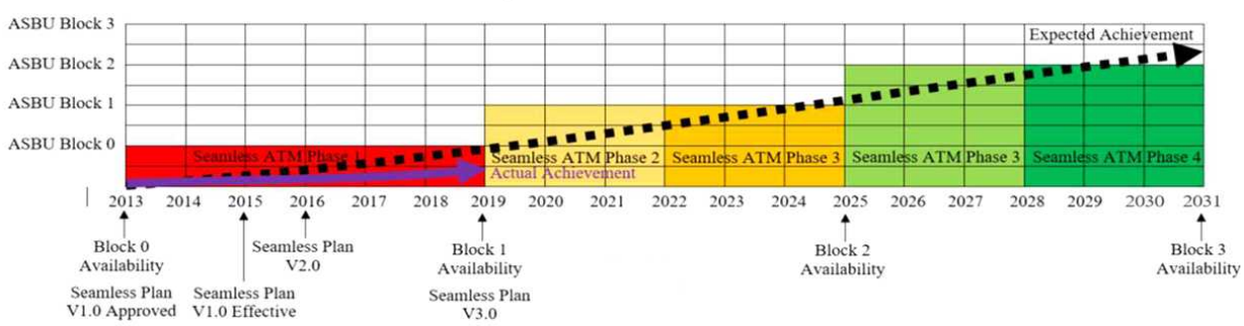
– ASBU는 전 세계적인 항공교통운영 수준의 상향평준화를 위해 항공기의 운항 단계를 크게 4가지로 나누어 성능개선영역을 설정하고 이에 따른 기술적 프레임워크를 수립하여 제시

① 공항운영개선(Airport Operations)

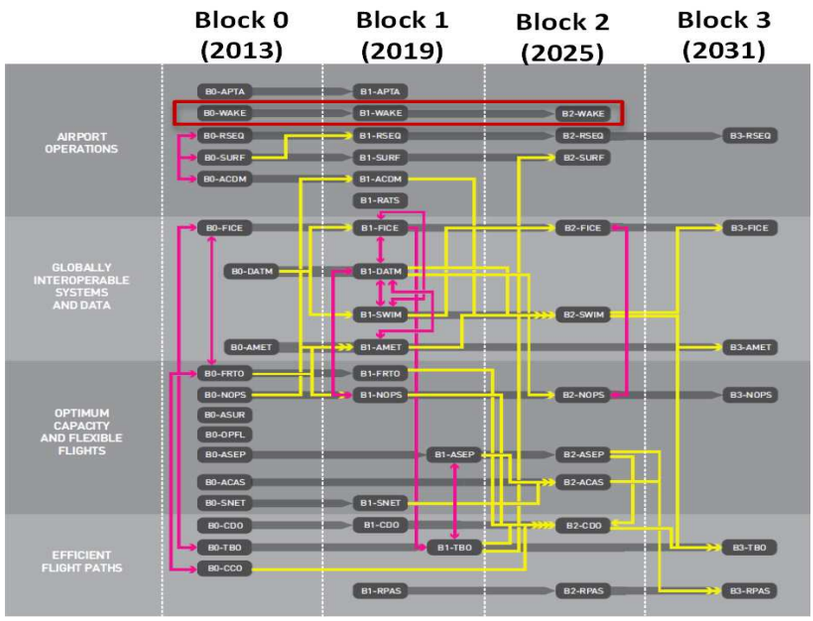
② 글로벌 정보관리 체계(Globally Interoperable System and Data)

③ 공역 수용량 및 효율성 증대(Optimum Capacity Flexible Flights)

④ 비행경로 효율화(Efficient Flight Path)



<그림 14> 연도별 GANP 변화



자료: 2019-2037 Global air navigation plan Fifth Edition, ICAO, 2016

<그림 15> GANP 5th Edition Aviation System Block Upgrade Methodology

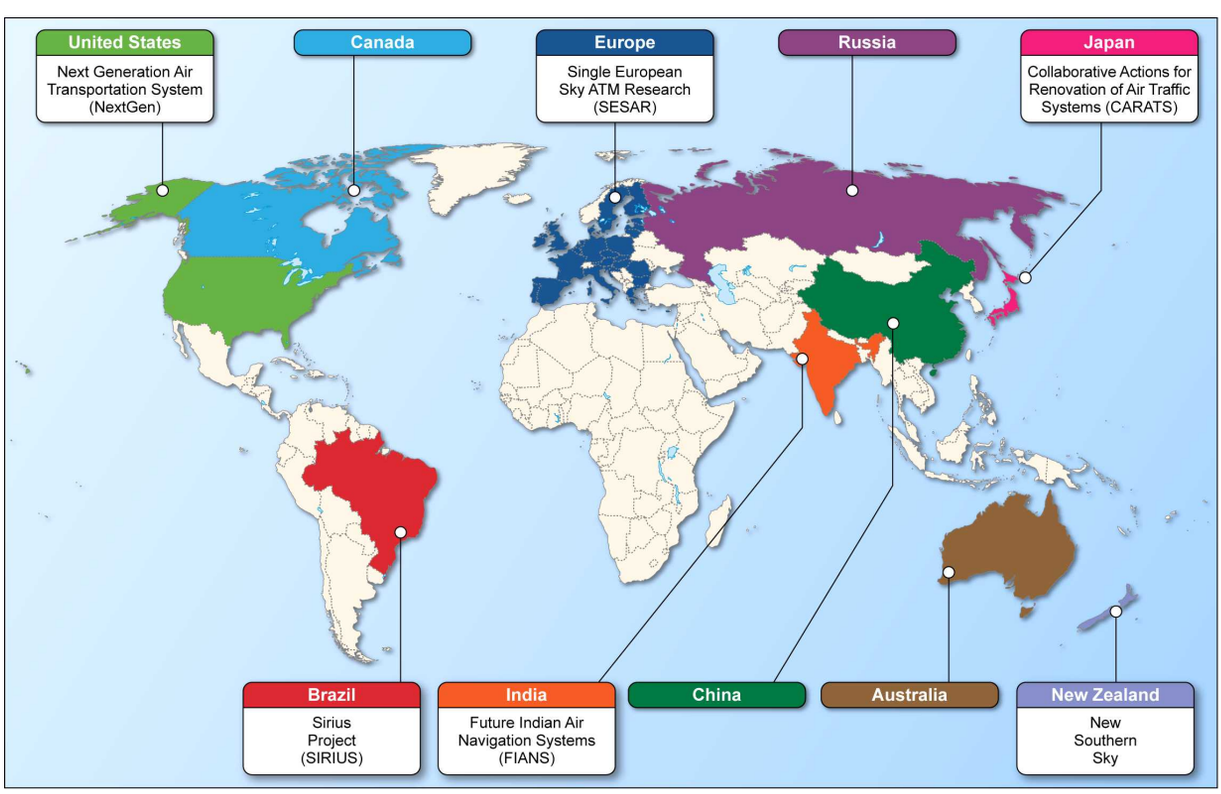
	B0	B1	B2	B3	B4
ACAS Airborne Collision avoidance System		X	X		
	X		X		
ACDM Airport Collaborative Decision Making	X	X	X	X	
	X	X			
AMET Advance MET Information	X	X	X	X	X
	X	X		X	
APTA Airport Accessibility	X	X	X		
	X	X			
ASEP Airborne Separation					
	X	X	X		
ASUR Alternative Surveillance	X	X	X	X	X
	X				
CCO Continuous Climb Operation					
	X				
CDO Continuous Descent Operation					
	X	X	X		
COMI COM Infrastructure	X	X	X	X	
COMS COM Services/systems	X	X	X	X	
CSEP Cooperative Separation		X	X	X	X
DAIM Digital Aeronautical Information Management		X	X		
	X	X			
FICE Flight & Flow in Collaborative Environment	X		X	X	X
	X	X	X	X	

	B0	B1	B2	B3	B4
FRTO Free Route Operations	X	X	X		
	X	X			
GADS Global Aeronautical Distress and Safety System (GADSS)		X	X		
NAVS Navigation Systems	X	X	X		
NOPS Network Operations	X	X	X	X	
	X	X	X	X	
OPFL Optimum Flight Levels	X	X			
	X				
RATS Remote ATS		X			
		X			
RPAS Remotely Piloted Aircraft System					
		X	X	X	
RSEQ Runway Sequencing	X	X	X	X	
	X	X	X	X	
SNET Ground-based Safety Nets	X	X			
	X	X			
SURF Surface Operations	X	X	X	X	
	X	X	X		
SWIM System-Wide Information Management			X	X	
		X	X		
TBO Trajectory-based Operations	X	X	X	X	X
	X	X		X	
WAKE Wake Turbulence Separations			X	X	X
		X	X	X	

● Green : 2019, Blue : 2016

* 출처: ICAO, Aviation System Block Upghrade(ASBU), GANP 6th Edition(2019)

<그림 16> Changes to ASBU Modules



Source: GAO. | GAO-15-608

<그림 17> 전 세계 항공 교통 관리(ATM) 현대화 프로그램의 예

– ASBU의 이행 과제 목록 중, 공항운영개선(Airport Operations) 영역에 항공기 후류요란 분리 기준 개선을 통해 활주로의 이착륙 항공기 처리량을 증대와 안전성 향상을 목표로, “후류요란 분리 기준 축소 (Increased Runway Throughput through Optimized Wake Turbulence Separation)”과제를 제시

- 기존의 3단계 항공기 후류요란 분리 기준은 90년대에 매우 보수적으로 설정됨
- 후류분리 기준 축소는 추가적인 활주로 건설 없이도 활주로 수용력을 향상 시킬 수 있으며 항공기 운항의 유연성을 증대할 수 있어 수용량 향상에 기여함
- 최근 항공기 기술 관련 예측 기술의 발달로 후류 예측이 가능해지면서, 7단계의 후류분리 기준을 마련하고 일부 공항에 대해 적용하여 운영 중

<표 8> 7개 그룹에 의한 이륙과 착륙 항공기 간 분리 사례(동일 방향)

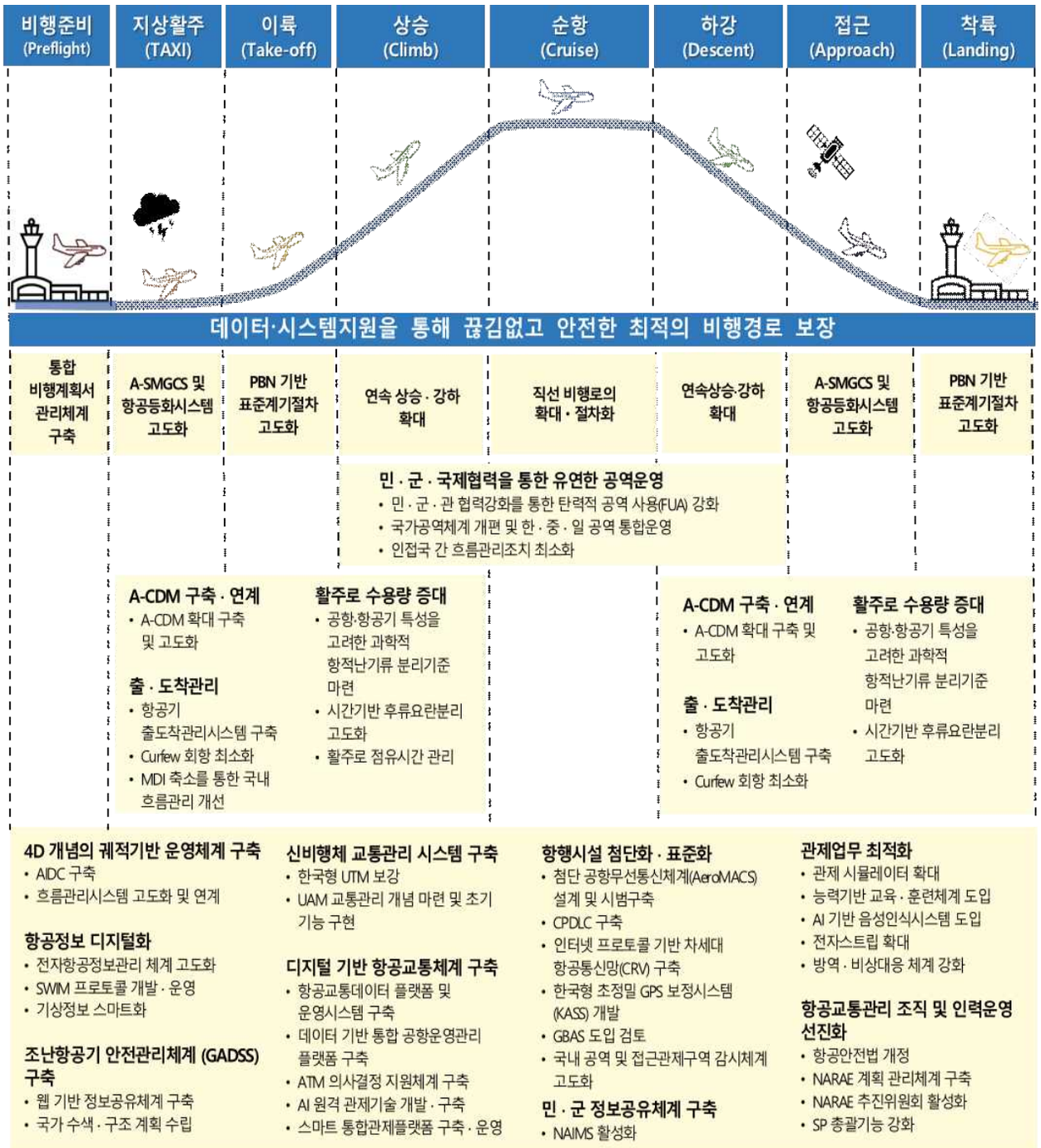
구분		후행 항공기 그룹					
		B	C	D	E	F	G
선행 항공기 그룹	A	100초	120초	140초	160초	160초	180초
	B			100초	120초	120초	140초
	C			80초	100초	100초	120초
	D						120초
	E						100초
	F						

* 출처: ICAO, 2020, PANS-ATM(Doc.4444)

– 우리나라도 ICAO의 ASBU의 체계적 이행을 위한 운영, 시설, 제도 등에 대한 맞춤형 종합계획인 국가항행 계획(National ATM Reformation And Enhancement, NARAE)[1]을 마련[2]

– 특히 항공기 후류요란 분리기준 절차 적용을 위해서는 관제사의 판단을 지원할 수 있는 시스템의 마련 필요

1) NARAE, National ATM Reformation And Enhancement
2) 17개 기관과 11회 의견 수렴 (‘21.2~6, W/G 회의, 업계 소속 기관 간담회 등)을 통해 국가항행계획 마련



<그림 18> 국가항행계획 개념도

▶ 국가항행계획 상의 공항운영(airport operation) 영역 핵심과제인 항공난류관리 고도화를 통하여 항공안전위험 저감과 활주로 용량 확대 추진 필요

2. 기술개발의 필요성

● **우리나라 항공수요의 고성장(연평균 6.6%)으로 지난 10년간 항공교통량은 약 2배 증가하였으며, 이에 따라 활주로 용량 확대 이슈가 대두**

– 특히 교통량 93%가 주요 4개 공항(인천, 제주, 김포, 김해)에 집중되어 시설 확장으로 지속적인 수요 증가에 대응이 어려운 상태[3]이며, 기술적 대안 마련이 시급한 상황

– 2015 ~ 2019년도 평균 지연율은 9.0%, 결항률은 0.63%로 개선은 미미한 상태

– 현재 활주로 관리는 관제사의 경험과 판단에 의존하고 있으며, 수동적인 출도착 순서 배정으로 교통량을 처리하고 있는 상황으로 개선의 여지가 많은 상황

● **활주로 용량 부족은 항공편 지연 및 결항으로 귀결되어 항공교통 이용객에게 큰 불편이 초래할 뿐만 아니라 항공편 지연에 따른 사회적 손실이 증가**

– 국내선의 5년간 평균 지연율은 13% 수준으로 높게 나타나고 있으며, 운항 지연의 주된 이유는 접속 지연과 항로 혼잡이 전체의 약 90%를 차지

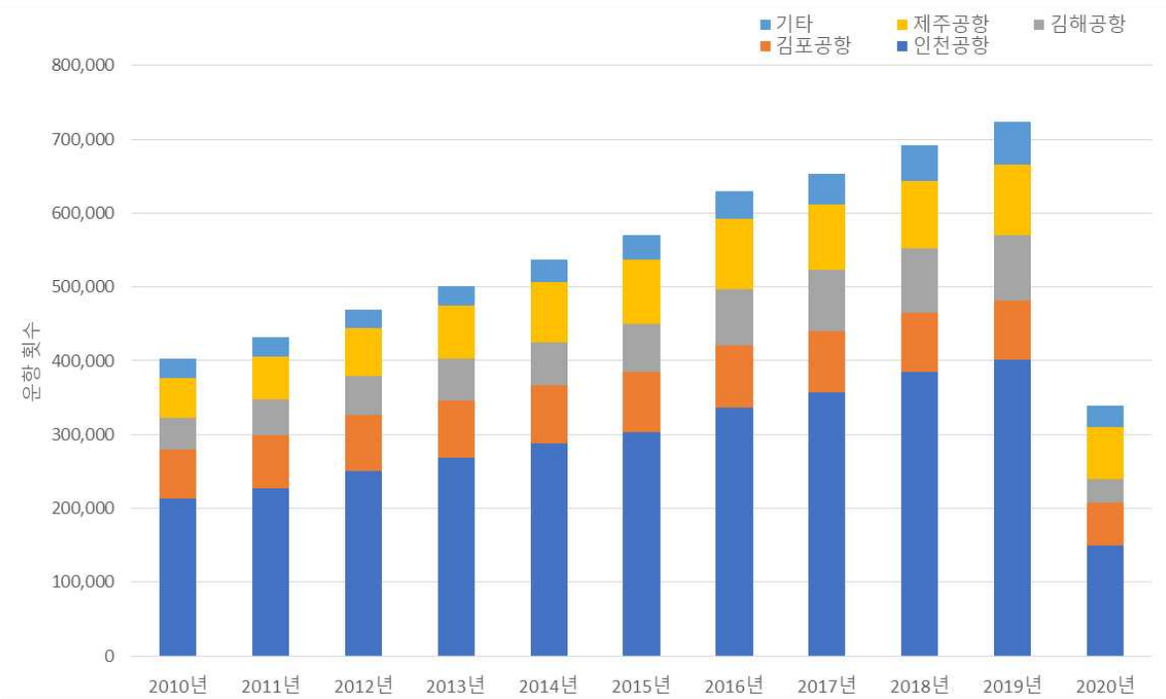
– 운항 지연율 개선을 위해서는 세분화된 분리 기준 운영 및 A-CDM (공항협동운항관리 시스템, Airport Collaborative Decision Making) 적용 등 운영 기법 개선을 통한 공항 수용량 극대화 필요

<표 9> 2015-2019년 우리나라 지연결항 추이

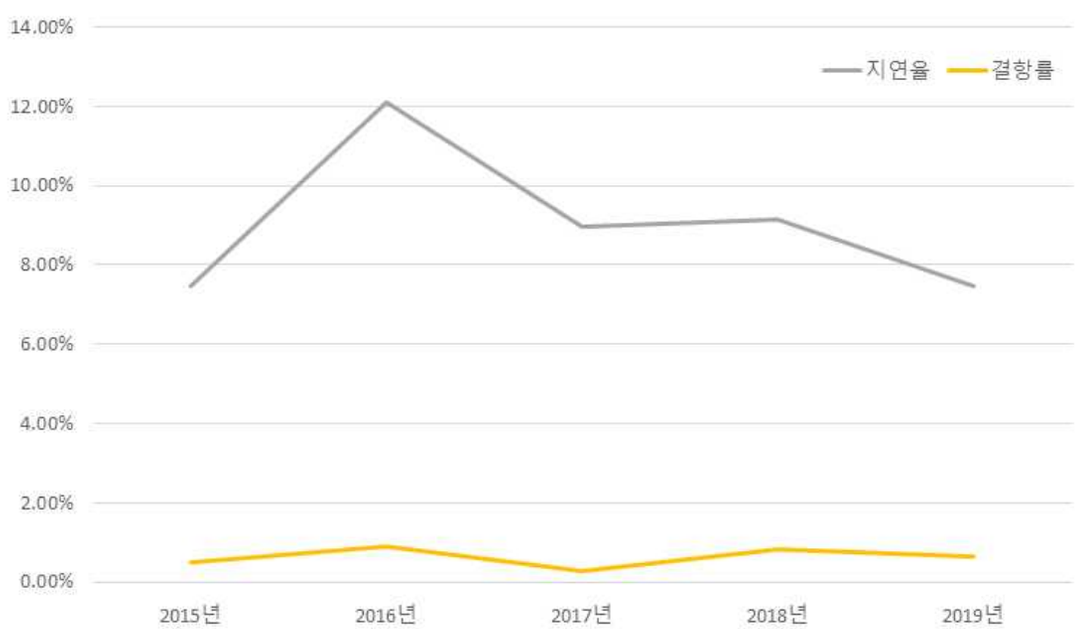
구분		2015	2016	2017	2018	2019
국내선	예정 항공편	361,622	382,597	388,125	387,327	385,819
	정시율	88.90%	80.10%	87.60%	85.40%	87.40%
	지연율	10.40%	18.60%	12.00%	13.40%	11.70%
	결항률	0.80%	1.60%	0.50%	1.30%	1.10%
국제선	예정 항공편	341,084	393,312	409,592	449,780	483,282
	정시율	95.40%	94.00%	93.80%	94.10%	95.60%
	지연율	4.40%	5.80%	6.10%	5.50%	4.10%
	결항률	0.20%	0.20%	0.10%	0.40%	0.30%

* 자료: 2015~2019년 운항데이터

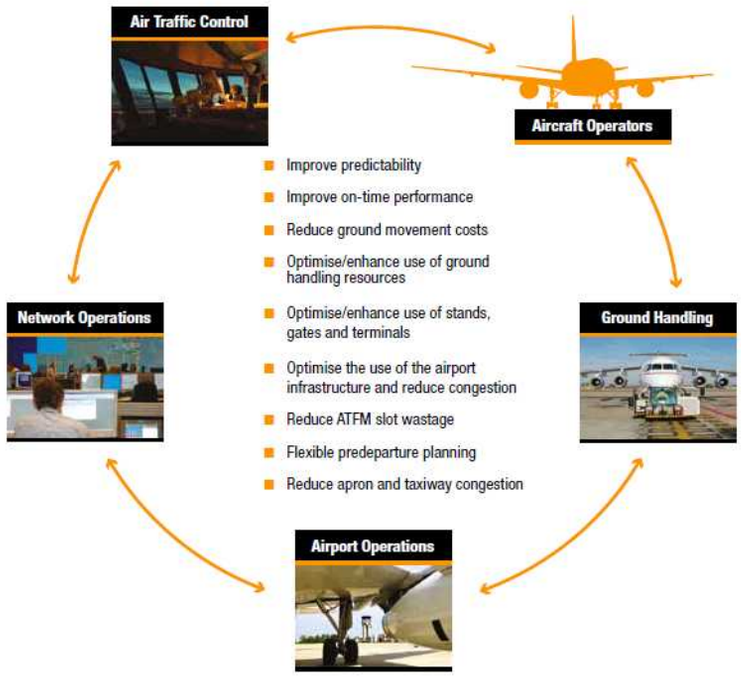
3) KAC 통계자료, www.airport.co.kr/www/cms/frflightstatscon



<그림 19> 국내 항공수요 증가 추이 (연간운항횟수)



<그림 20> 2015-2019년 우리나라 지연 및 결항 추이



* 출처: Air services Australia 외 11개 항공사, A-CDM Concept of Operations, 17 November 2014

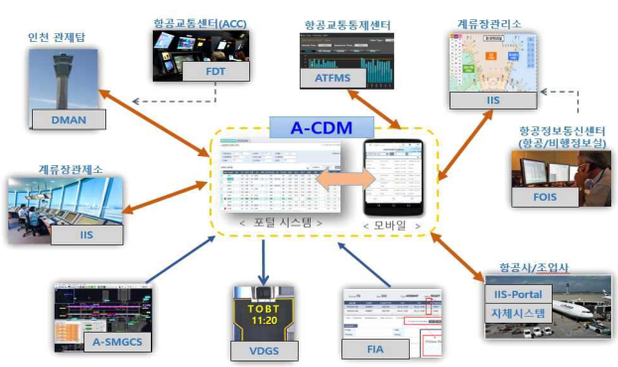
<그림 21> Airport partners and CDM objectives

(참고) 인천공항의 A-CDM 시스템 구축 및 운영 현황

● 인천공항은 통합적 운영관리를 위한 3단계 A-CDM 운영계획을 수립하여 추진 중이며, 2025년 미래공항 개념의 통합적 공항운영관리를 목표로 하고 있음

1단계 (2017. 12 ~ 2019. 12)	2단계 (2020. 12 ~ 2024. 12)	3단계 (2025. 1 ~)
- A-CDM을 통하여 기본 시간정보를 협업기관과 공유	- 출발관리시스템(DMAN, Departure Manager)의 고도화 - TTOT/TSAT 정보 개선과 제방빙 정보 공유 확대 적용	- TAM(Total Airport Management) 연계 - PBAM(Performance based Airport Management) - A/S, L/S를 아우르는 통합적 공항운영관리

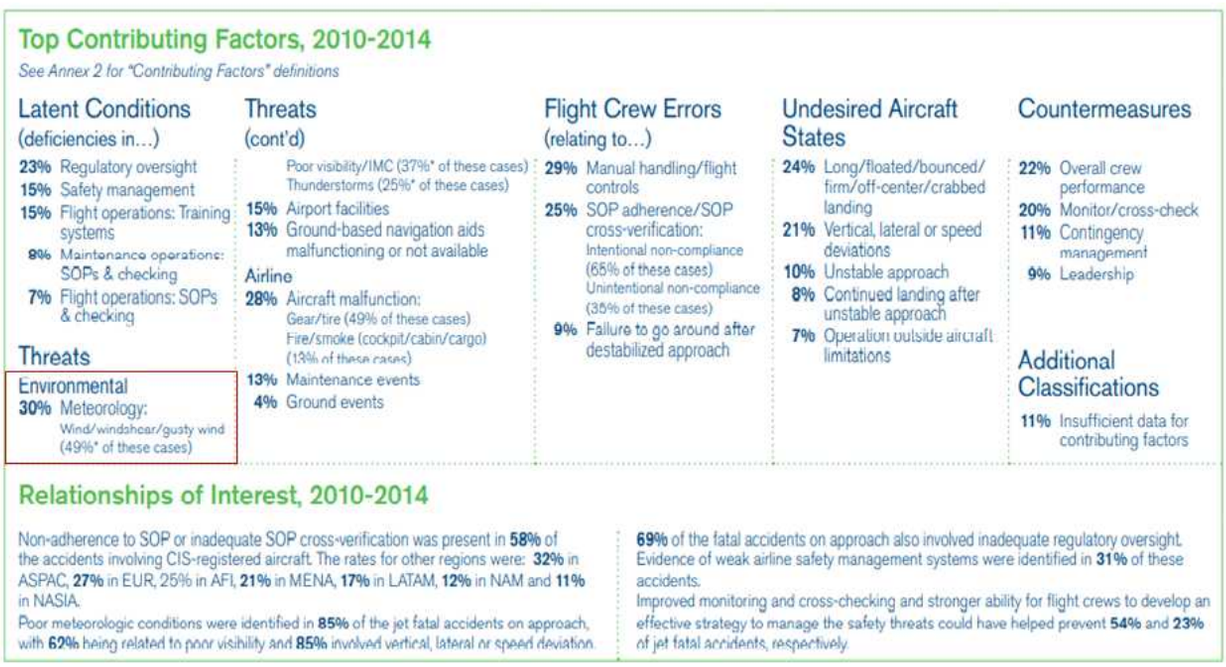
● 인천공항의 운영중인 A-CDM 시스템



● 항공 난류는 공항지연 요인이 될 뿐만 아니라 항공사고 요인으로 작용하고 있어서 항공 난류 관리 기술의 고도화가 시급

– (항공기 사고 요인) 항공기 사고의 30%가 기상요인으로 발생하고 있으며, 기상요인 사고의 49%가 바람으로 인해 발생된 사고로 조사됨

• IATA Safety Report에 따르면 2010 ~ 2014년의 항공사고 위험 요인으로 바람 및 기상으로 인해 발생되는 것이 약 30%로 보고하였으며, 2015 ~ 2019년의 항공사고 위험 요인으로 39%가 바람, 난기류, 돌풍에 기인하는 것으로 발표하여 기상 및 바람에 의한 사고 기여율은 여전히 높은 상태



*출처: IATA Safety Report 2014

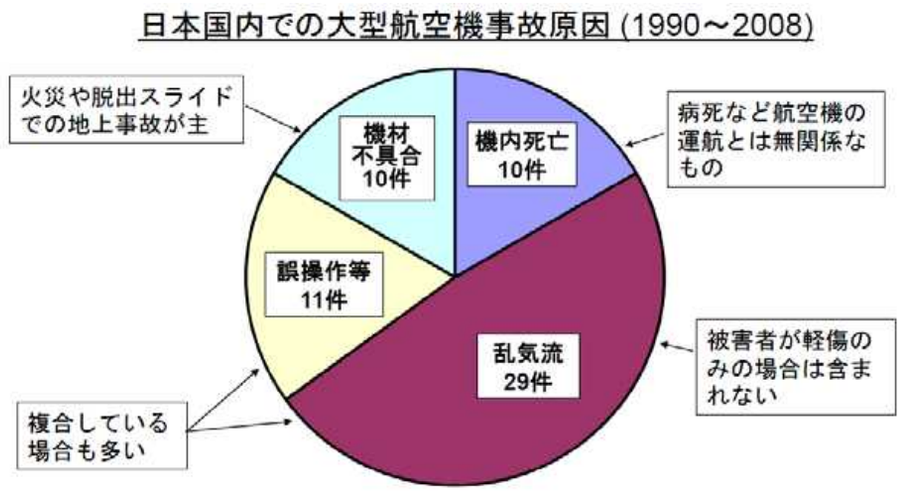
<그림 22> 항공사고 위험요소 (2010-2014)

	Percentage Contribution
Meteorology	45%
Wind/Windshear/Gusty Wind	39%
Aircraft Malfunction	34%
Airport Facilities	26%
Maintenance Events	21%
Gear/Tire	21%
Poor Visibility/IMC	21%
Thunderstorms	18%
Contaminated Runway/Taxiway - poor braking action	16%

*출처: IATA Safety Report 2020

<그림 23> 항공사고 위험요소 (2015-2019)

– (일본) 항공기 교통안전위원회의 사고 보고서 자료에 따르면, 항공사고의 50%가 난기류 등의 기류 변화에 기인하고 있으며, 항공 사고는 연간 1~3 건 지속적으로 발생



* 출처: 일본 국토교통성 운수안전위원회, 항공사고조사보고서, http://www.mlit.go.jp/jstb/

<그림 24> 일본 내 항공기 사고 원인

- 지구 온난화로 인한 기후 변화로 난기류 및 청천난류 발생 빈도는 증가되고 있으며, 이로 인해 운행 과정의 날씨 예측 또한 어려워지고 있는 상황
- 2015년 기후변화 대응을 위해 선진국과 개도국이 모두 참여하는 “파리협정” 채택, 산업화 이전 대비 지구평균온도 상승을 2℃보다 낮도록 유지하고 나아가 1.5℃로 억제하기 위해 2050년까지 탄소 순 배출량이 0이 되는 탄소 중립 사회로의 전환 추진
- 항공부문에 있어 국제민간항공기구(ICAO)는 연간 연비개선(2050년까지 연간 2%)과 2020년부터 탄소 중립 성장(CNG) 을 목표로 설정함(ICAO,2016)
- 2021년 시범단계에 돌입한 CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)는 IATA(국제항공운송협회)와 ATAG(항공운송 조치그룹)의 지원을 받고 있으며, 2050년까지 순 배출량을 2005년 수준의 50%로 줄이는 목표를 가지고 있음
- Oneworld 항공동맹, ACI europe, International Airlines Group(IAG) 및 Sustainable Aviation UK와 같은 다양한 항공 체인이 참여 2050년까지 순 CO_2 배출량 제로 도달 약속함

▶ 기후변화는 바람의 패턴을 변화시켜 강한 바람은 활주로에 영향을 미치게 되며, 강한 측풍은 공항 수용력을 줄이고 운영을 방행. 바람이 너무 세서 이륙하거나 착륙할 수 없게 되면 난기류도 증가하여 경로 변경을 유발함

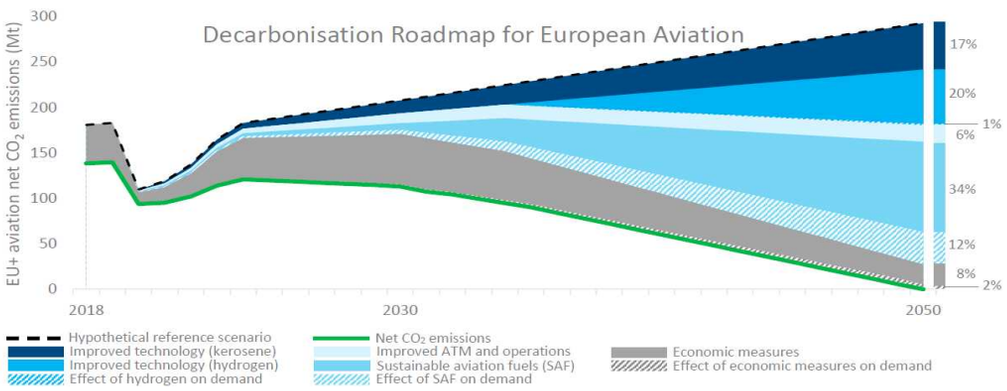
● 유럽은 항공분야에 있어 4개 분야의 개선을 통해 탄소 배출 감소 추진

– 항공기 및 엔진기술개선 : 111 Mt CO2 배출량 감소

– **항공 교통관리(ATM) 및 항공기 운영 개선 : 18 Mt CO2 배출량 감소**

– 지속가능한 항공연료(SAF) : 99 Mt CO2 배출량 감소

– 경제적 조치(탄소제거 프로젝트에만 해당) : 22 Mt CO2 배출량 감소



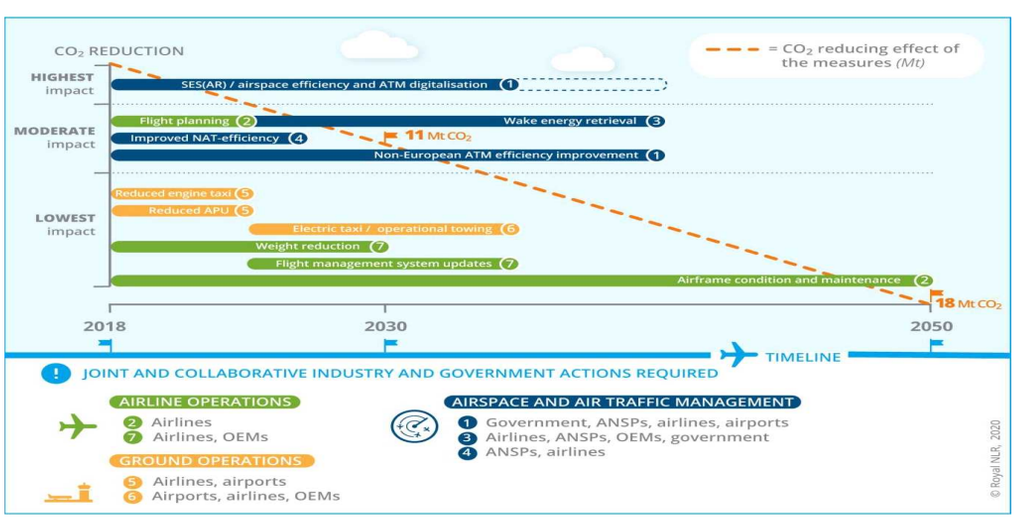
* 출처 : Destination 2050 – A route to net zero European aviation (2021.2)

<그림 25> 유럽항공에 있어서 탈탄소화 로드맵

● 항공교통관리 및 항공기 운영개선 탄소 배출 저감 효과

– ATM 및 항공기 운영의 개선은 단기에서 중기적으로 CO_2배출량을 줄이는 중요한 기회로 추정하고 있으며, 2035년까지 대부분 조치를 완전하고 완벽하게 구현하면 효과가 2035년에서 2050년까지 영향을 미칠 것으로 분석함

– 네트워크 중심의 디지털 ATM시스템, SESAR솔루션, 규제 개선 및 R&D 발굴 및 추진을 위한 노력이 필요하며, 새로운 기술개발, 꾸준한 기술 확산을 위해서는 지속적인 정부 투자 정책이 이루어져야 함



<그림 26> 유럽항공에 항공교통관리에 따른 탄소배출 저감목표

● 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RECAT)을 통한 비행시간 단축 및 활주로 수용량 증가 기대

– 프랑스, 영국 등 유럽에서 분리 기준 세분화를 통해 약 10%의 활주로 수용량 증가

– 특히 영국 히드로 공항의 경우, 시간 기반 분리 기준 적용 등으로 강풍 상황에서 62% 출도착 지연 감소

– 김포–제주 공항 노선 기준, 전체 비행 운항 시간 중 출·도착 시간 약 1분 감소 시 비행기 1대당 평균 유류 소비량 약 35 kg 감소, 이산화탄소 발생량은 약 112 kg 감축 가능

– 연간 김포–제주 운항 편수는 약 87,000편으로 가정하면, 연료 소비량은 3,100톤, 이산화탄소 발생량 약 9,800톤 저감 가능

<표 10> 김포–제주 구간 항공기 기종별 이·착륙(LTO) 및 순항 단계 실제 소요시간(분)

항공기 기종	A300-600	A321	B737-800	B737-600	Q400	평균
Taxi/Idle (In)	3.55	3.43	5.05	4.71	7.13	4.77
Taxi/Idle (Out)	11.02	10.1	9.8	10.55	8.43	9.98
Take-Off	0.6	0.68	0.63	0.58	0.48	0.59
Climb-out	1.03	1.15	1.21	1.3	1.15	1.17
Approach	4.2	4.35	4.01	4.3	4.41	4.25
Cruise	42.65	42.13	45.3	42.3	56.21	45.72
총 운항 시간	63.05	61.84	66	63.74	77.81	66.49

* 출처 : 항공기 기종별 탄소배출량 측정 및 그에 따른 사회적 비용의 항공 요금화 효과, 2010 한국항공대학교 대학원, 조윤경

<표 11> 항공기 기종별 이·착륙(LTO) 및 순항 단계 연료 효율(kg/s)

항공기 기종	A300-600	A321	B737-800	B737-600	Q400	평균
Taxi/Idle (In)	0.211	0.1363	0.109	0.1	0.14	0.139
Taxi/Idle (Out)	0.211	0.1363	0.109	0.1	0.14	0.139
Take-Off	2.481	1.4264	1.103	0.913	0.59	1.303
Climb-out	2.004	1.1447	0.91	0.761	0.44	1.052
Approach	0.682	0.3901	0.316	0.274	0.28	0.388
Cruise	1.1314	0.8505	0.6837	0.6542	0.27	0.718

* 출처 : 항공기 기종별 탄소배출량 측정 및 그에 따른 사회적 비용의 항공 요금화 효과, 2010, 한국항공대학교 대학원, 조윤경

● 스마트항공교통관제 기술에 필요한 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RECAT)에 중요한 요소인 윈드시어 탐지를 위해 기존에 설치된 레이더 및 저층윈드시어 경고장비(LLWAS:Low Level Windshear Alert System)뿐만 아니라 강수 나 구름이 없는 청천 날씨에도 윈드시어 탐측이 가능

한 도플러 레이더, LiDAR(Light Detection and Ranging) 및 데이터 처리 관련 기술력 확보 필수

- 도플러 레이더 및 LiDAR 기술이 적용되는 연직바람 관측장비의 기술 또한 항공교통관리에 필요한 항공기상장비이나 이 또한 국내 기술력 수준이 낮아 해외 업체 기술에 의존 심화
- 현재 공항이나 유관기관에 구축된 관측장비는 100% 해외 수입에 의존하고 있으며, 관측기기 고장 발생시 신속한 대응 및 조치가 곤란하여 항공교통관제의 안전우려와 심각한 외화 유출로 인한 국가적 경제손실을 초래

▶ 항공안전위험을 줄이면서 항공교통 용량 증가 수요에 선제적으로 대응하기 위하여 미래공항운영의 핵심기술인 항공난류관리 기술의 개발 및 보급 시급

제 2 장

환경분석 및 국내·외 동향 분석

제1절. 메가트렌드 분석

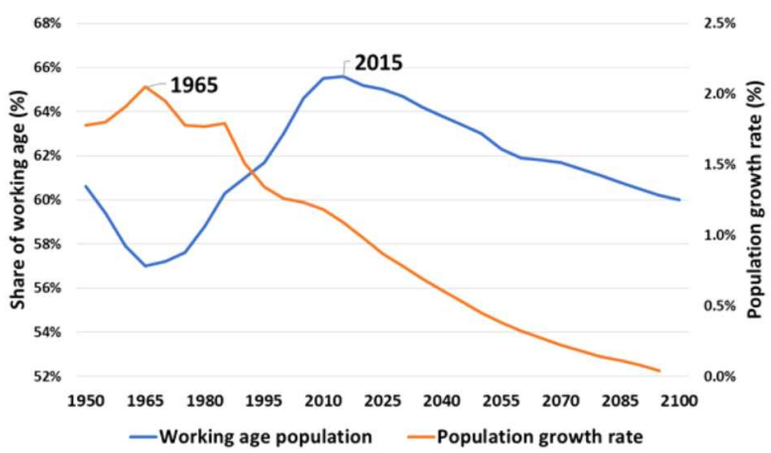
1. 미래 전망

가. 사회 (Social)

● (고령화) **저출산 고령사회로의 진입에 따라 항공교통을 이용하는 고령자가 증가함에 따라 고령자를 고려한 공항교통체계로의 패러다임 변화가 필요**

– 암스테르담 공항은 50세 이상의 고령 이용자 비중이 2005년 24%에서 2010년 50%로 증가 (The impact of ageing on aviation, 2006)

– 고령자는 사고 취약계층으로 안전에 대한 관심이 높고, 가벼운 사고도 치명적 인명 피해를 유발할 수 있어서, 더 높은 안전·안심 수준을 요구함에 따라 미래 항행시스템에 있어서 더 안전하고 안심할 수 있는 시스템을 요구



* 자료: World Bank, 2015/2016 Global Monitoring Report, 2019

<그림 27> 세계 고령인구 비율 전망

● (도시화) **인구의 상당부분이 대도시에 집중되는 도시화의 가속화로, 공항 이용객 증가에 따른 항공 교통 체증 이슈와 공항 건설 토지 부족 이슈가 대두**

– 천만 이상 인구가 거주하는 메가시티(2018년 기준)가 1990년 대비 3배 증가하였고, 2030년에는 메가시티수가 43개로 증가할 전망[4)]

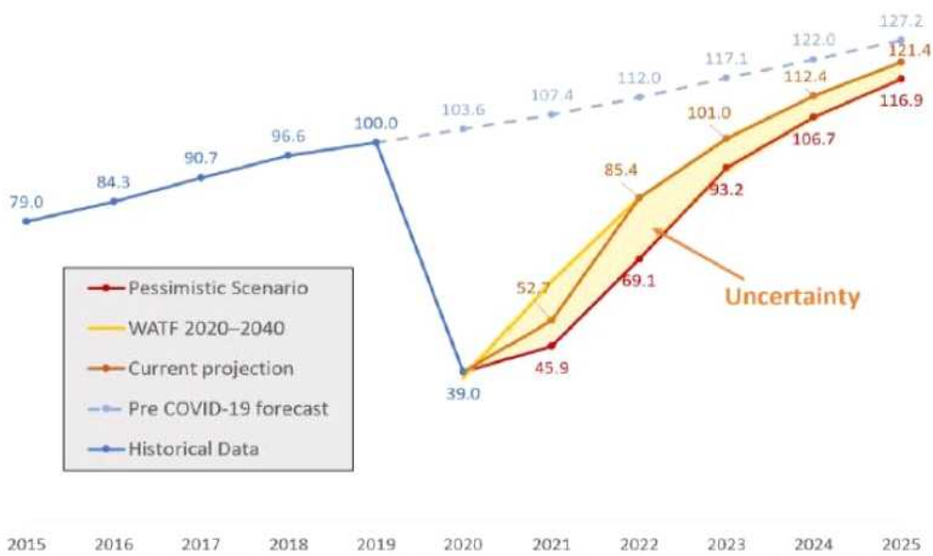
4) Rapid urbanization, air transport demand, and land scarcity: Where will the industry build new airports?, 2020

• 세계 인구의 도시거주 인구 비율 증가: 30% (1950년) → 55% (1950년)

– 도시화에 따른 공항인프라 부족 이슈의 등장으로 활주로 용량 확대기술의 가치가 더욱 중요해지고, 다양한 교통수단간의 연결(connectivity)의 중요도 증가로 연결성을 고려한 항행 계획의 중요성 대두

● (넥스트 코로나) **COVID-19는 공항운영 및 항행 운행에 있어서 감염병 대응을 최우선으로 하는 새로운 패러다임으로의 전환**

– COVID-19사태로 항공교통수요가 크게 감소하였으나, 백신 등이 보급되면 COVID-19 이전 수준 이상으로 빠르게 회복하고 성장할 것으로 전망



자료: The impact of COVID-19 on the airport business and the path to recovery, 2021

<그림 28> 코로나 이후 항공이용객 수요 전망

– 감염병에 의한 항공 교통수요의 변동성에 대한 회복력(resilience)를 요구하고 있고, 사회적 거리두기(social distancing), 항공기 소독·청소 시간을 고려한 최적 스케줄링을 요구[5]

– COVID-19로 인한 재정투입 여력 부족은 공항 인프라 확충을 어렵게 하고, 운항계획 최적화를 통한 공항 수용량 증대에 대한 관심이 증가 될 것으로 전망

나. 기술 (Technological)

● (빅데이터 & 인공지능) **빅데이터와 인공지능기술이 공항 운영에 있어서 광범위하게 활용되고, 예측적 의사결정과 최적화로 스마트한 공항 운영이 가능할 전망**

– 보잉사는 2019년 AI기술을 활용하여 여객기의 완전 자율 착륙에 성공하였다고 발표[6]

5) Guide – COVID-19 airport operations planning – April 2020
6) https://www.bbc.com/news/technology-48908346

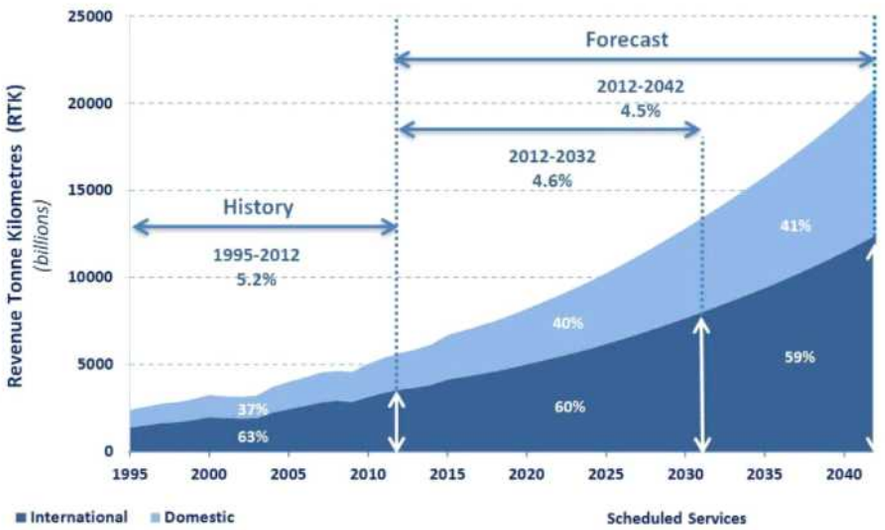
– 항공관제에 있어서 빅데이터와 인공지능 기술을 활용한 최적 운항계획으로 활주로 수용량 증대가 가능할 전망이며, AI항공기의 이착륙을 위한 항공관제기술이 등장할 전망

- (디지털트윈) **디지털트윈 기술은 공항운영에 있어서 데이터 모델 & 시뮬레이션 기반의 최적의사결정이 가능해 질 것으로 전망**
  – 코펜하겐 공항과 베이징 공항은 디지털 트윈 개념을 활용하여 공항운영 성과를 개선하기 위한 프로젝트를 추진 중[7)]
- (5G/6G/IoT센싱) **센싱 & 초고속 통신기술은 디지털 항공관제를 가능게 하는 기술로 자리매김할 전망이며, 실시간으로 활주로 상황에 대한 모니터링이 가능하고, 초연결 기술로 실시간 항행 모니터링 및 관제가 등장할 전망[8)]**
- (UAV & 자율항행) **UAV (unmanned aerial vehicle)과 자율항행기술의 등장으로 항공관제 패러다임의 변화가 예상되며, 항행안전 및 활주로 운영최적화에 크게 기여 할 전망**
  – 항공기는 사고발생시 그 피해규모가 크기 때문에 자율주행 자동차와 같은 완전 자율주행까지는 장기간이 예상되나, 조종사를 도와 안전하고 효율적인 이착륙에 기여[9)]
  – UAV의 등장으로 UAV 관련 안전 항행 이슈 대두[10)]

다. 경제 (Economic)

- (플랫폼 경제) **세계적인 전자상거래 플랫폼 경제의 성장으로 항공물류 시장규모가 지속 성장할 전망이며, 항공화물기의 운행 증가를 견인**
  – 2019년 세계 항공화물시장은 2700억불 수준에서 2027년 3,768억불 수준으로 연평균 5.6% 성장 전망[11)]
  – 글로벌 항공물동량의 증가는 대형 화물항공기를 위한 공항 활주로 수요를 증가

7) https://www.internationalairportreview.com/article/101388/digital-twin-concept-data-airport-operations/
8) The air traffic control tower turns digital, 2017
9) Are Airplane Autopilot Systems the Same as Self-Driving Car AI?, 2017
10) UKRI, Future Flight Initial Aviation Safety Framework, 2021
11) https://www.alliedmarketresearch.com/air-freight-market-A06421



* 자료: Uniting Aviation, Global Air Transport Outlook to 2032 and Trends to 2042, 2017

<그림 29> 글로벌 항공운송 성장 전망

● (디지털 & 데이터 경제) **COVID-19로 인하여 디지털 전환이 가속화될 전망이며, 공항운영 및 항행에 있어서도 디지털 스마트화가 빠르게 이루어질 전망**

– 공항의 디지털화, 스마트화를 위한 디지털 솔루션 구축 및 유지관리 수요 지속 전망

– 공항의 디지털화에 따른 사이버 테러 위험관리 역량이 중요하게 대두

라. 생태 (Ecological)

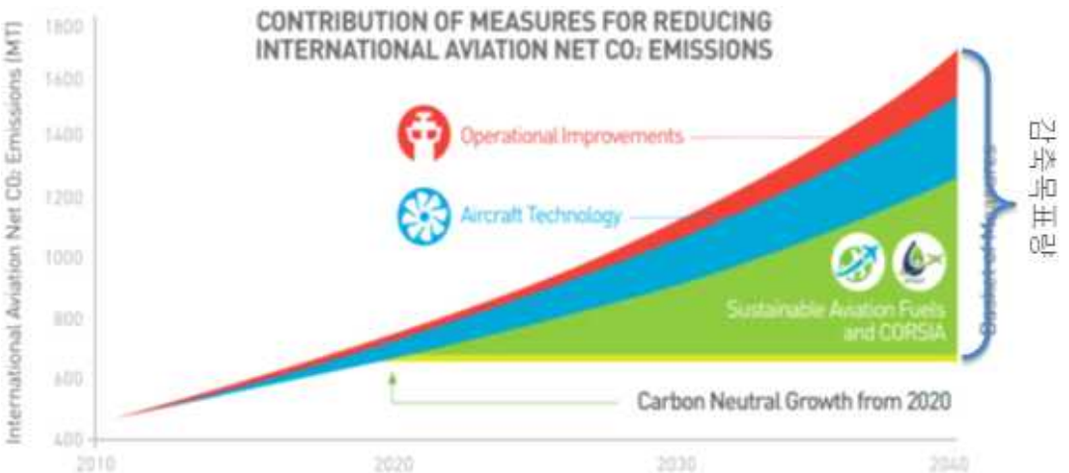
● (온실가스 감축) **온실가스 감축은 항공부문에 있어서도 중요한 도전과제**

– 2019년 기준 항공교통부문은 세계 CO_2배출량의 2.5%를 차지하고 있고, 세계 항공 운항의 빠른 증가[12]로, 온실가스 감축이 쉽지 않은 상황임

– ICAO는 2035년까지 국제항공 온실가스 배출량을 2020년 수준으로 동결하는 것을 목표로 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행

• 국제선 항공사는 2019년부터 CO2 배출량에 대한 산정·보고·검증을 시행하고, 2021년부터는 산정·보고·검증과 함께 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준을 충족해야 함

12) 2000-2019 기간 글로벌 항공운항횟수는 연평균 5% 증가



<그림 30> ICAO의 온실가스 감축 목표

- 2030년까지는 항공부문 온실가스 배출량의 대량 감축은 기대하기 어려울 것이나, 친환경 항공기 도입, 단축항로 확대, 성능기반 항행(PBN)기법 도입, 공항시설 신재생에너지 활용 등의 온실가스 감축 추진
- 최적화된 항행 및 공항관제를 통하여 불필요한 체공시간을 줄임으로서 온실가스 배출 저감 가능

● (기후변화) **자연재난 빈도와 규모가 지속적으로 증가 전망**

- 태풍, 돌풍, 폭우, 폭설, 폭염 등 악기상 빈도와 규모의 증가는 항공운항 안전위험을 증가시키고, 공항인프라 시설의 취약성을 증가시킬 전망
- 악기상 상황에서의 안전한 항행과 항공운행의 지연율을 낮추기 위해서는 악기상에 대한 정확한 예측을 기반으로 한 항공관제의 중요성이 점점 중요해질 것으로 전망

마. 정책·규제 (Political/Legal)

● (국가간 기술패권 경쟁) **미-중, 한-일 등 국가간 갈등으로 글로벌공급망(GVC)의 재편에 따른 불확실성이 증대**

- 국가안보차원에서 인공지능, 반도체, 우주, 바이오, 자율주행차, 배터리, 양자, 5G/6G 통신, 백신 등 국가간 기술패권 경쟁과 신기술신산업 선점 경쟁 지속 전망
- 기술패권 경쟁은 디지털 공항, 디지털 항행 시스템, 드론 활용 등 항공교통 부문에의 기술 혁신 경쟁을 가속화

● (항공 안전 & 시큐리티 강화) **항공시스템의 디지털화로 디지털 & 데이터 보안이 점점 중요해지고, 테러위험 증가에 따른 보안 강화 전망**

2. 항공교통분야 시스템의 메가트렌드

구분	메가트렌드	이슈
사회 (social)	고령화	항공교통 이용 고령자(취약 계층) 증가
	도시화	공항교통이용자 증가에 따른 공항 용량 부족
	넥스트 코로나	공항이용객수의 변동성 증가와 검역/방역 수요 증가
기술 (technological)	빅데이터&AI	AI기술 활용 최적화 및 예측력 증가
	디지털 트윈/5G	데이터모델링 & 시뮬레이션, 디지털화, 연결화
	UAV&자율 항행	새로운 미래 항공교통시스템 등장과 위험 증가
경제 (economical)	플랫폼 경제	항공물류량 증가와 공항 용량 부족
	디지털 경제	디지털항행관리솔루션/사이버보안 니즈증가
생태 (ecological)	탄소중립	항공교통분야 온실가스 배출 저감
	기후변화	악기상으로 항공안전 재난 위험 증가
정치 (political)	기술패권경쟁	디지털 공항 & 디지털 항공교통 시스템 선점 경쟁 가속
	테러&보안 강화	더 안전하고 안심할 수 있는 항행시스템 요구 증대

아젠다	필요기술	중점분야
안전강화	◆ 활주로 기상(바람 외) 탐지기술을 활용한 안전한 이착륙 관제 ◆ 항공기상 빅데이터를 활용한 항공기 이착륙 관제 고도화로 안전사고 예방	항공 난류 탐지 기술
수용량증대	◆ 항공기 이착륙 효율 최적화 통한 공항 수용량 증대 ◆ Pilot 이착륙 의사결정 지원시스템 (실시간 Data)	RECAT (Time Base Separation)
시간 및 지연감소	◆ 항공기 이착륙 Interval 축소를 통한 시간/지연 단축	
자동화/지능화	◆ 활주로 기상(바람 외) 분석 시스템 개발 및 실증 ◆ 분석데이터 실시간 제공을 통한 Pilot 이착륙 의사결정지원 시스템 개발	의사결정지원 시스템
탄소중립	◆ 활주로 포화로 인한 항공기 공역 체공시간 및 활주로 대기 시간 단축으로 탄소배출량 저감 기술	
보안강화	◆ 항공기 관제 및 공항운영에 필요한 기상 데이터를 제공하기 위한 단일시스템으로 보안일원화 및 보안 강화	시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

3. SWOT분석을 통한 연구 중점 과제 도출

가. 분석 결과 및 시사점

- 항공난류 관리 기술개발 전략방향 도출을 위해 국내 관련 산업을 둘러싼 환경의 기회/위협 요인과 내부의 조직적 강점/약점을 정리하고 추후 조직전략 및 사업전략 등의 수립의 가이드라인으로 활용하기 위해 SWOT 분석을 수행함.
- SWOT분석이란, 경영환경 분석의 종합으로써, 미래의 외부환경 변화에 따른 기회, 위협 요인과 기업의 내부능력에 있어서 강점, 약점 요인 분석을 통하여, 기업의 강점을 활용하거나, 약점을 보완하여, 기회 요인을 극대화 하고, 위협요인을 극소화 하는 미래 전략대안을 개발하기 위한 경영도구임
- 항공난류 관리 기술개발의 내외부 환경분석 결과에 따른 SWOT 분석결과는 다음과 같음

<표 12> 항공난류 관리기술 개발의 SWOT 분석

본 사업이 고려해야하는 내부역량	
강점(S)	약점(W)
– (강점1) 세계적 수준의 ICT 기술 보유로 개발시 성과창출에 기여 – (강점2) 국내 R&D 연구기관 및 연구인력 보유 – (강점3) 후방난기류 관리기술은 현재 정책추진중인 항공 사업과 연계와 후속기술 개발 적용 가능	– (약점1) 핵심 탐지기술은 선진사 제품에 의존 – (약점2) 항공난류 관제에 대한 필요성은 높으나 기술수준 및 개발 역량은 낮음 – (약점3) 항공기상/관제 관련 규정 및 법규 등 제도적 체계 미비
본사업이 고려해야하는 외부역량	
기회(O)	위협(T)
– (기회1) 빅데이터, AI 등 융복합 기술 확산 – (기회2) 항공산업육성정책 수립에 따른 정부 R&D사업 추진 – (기회3) ICAO 정책에 따른 항공관제기술 적용 시급 – (기회3) 새로운 미래 항공교통시스템 등장 – (기회4) 데이터를 활용한 시뮬레이션 등 디지털 관리솔루션 산업 성장	– (위협1) 항공교통이용자 증가에 따른 공항용량 부족 – (위협2) 코라나로 인한 공항이용객 변동성 증가와 검역/방역 강화 – (위협3) 항공물류량 증가에 따른 공항용량 부족 – (위협4) 항공교통분야 온실가스 배출 저감 – (위협5) 악기상으로 인한 항공안전 재난 위험증가

- 시사점
  - 기술 및 시장 환경 분석 결과, 핵심 기술에 대한 기술 개발은 이루어졌으나, 해당 기술의 기술과 접목하여 활주로 주변의 난류를 탐지하여 활주로 용량을 증가시키는 기술은 도입단계
  - 공항 기술인프라 구축은 향후 기술 독립을 이루고 해외 투자를 위해 기업자체 보다는 공공의 기술 투자가 이루어져야 개발이 가능하므로, 이러한 환경의 변화를 고려하여 독자적 기술개발 전략을 도출이 필요

나. SWOT분석을 통한 사업 추진방향

● 공항여객의 편의제공과 경제성을 고려한 운영시스템 국산화 필요하며, 이를 위해서는 SWOT 분석 결과를 바탕으로 기술개발을 위한 전략 수립 필요

<표 13> 사업 추진 방향 도출

외부요인 / 내부요인	O(기회)	T(위협)
	– (기회1) 빅데이터, AI 등 융복합 기술 확산 – (기회2) 항공산업육성정책 수립에 따른 정부 R&D사업 추진 – (기회3) ICAO 정책에 따른 항공관제기술 적용 시급 – (기회3) 새로운 미래 항공교통시스템 등장 – (기회4) 데이터를 활용한 시뮬레이션 등 디지털 관리솔루션 산업 성장	– (위협1) 항공교통이용자 증가에 따른 공항용량 부족 – (위협2) 코라나로 인한 공항 이용객 변동성 증가와 검역/방역 강화 – (위협3) 항공물류량 증가에 따른 공항용량 부족 – (위협4) 항공교통분야 온실가스 배출 저감 – (위협5) 악기상으로 인한 항공안전 재난 위험증가
S(강점)	**SO 전략 추진방향**	**ST 전략 추진방향**
– (강점1) 세계적 수준의 ICT 보유기술 개발시 성과 창출에 기여 – (강점2) 국내 R&D 연구기관 및 연구인력 보유 – (강점3) 후방난기류 관리기술은 현재 정책추진중인 항공산업과 연계 및 후속기술개발 적용	– 항공 빅데이터를 활용한 탐지/분석 기술개발로 항공관제 기술력 제고 – 연구기관의 우수한 분석기술을 기반으로 탐지기술 상용화 – 새로운 미래항공교통시장 대응 및 항공산업 후속 기술개발사업으로 기술력 향상	– 항공탐지기술 및 관제기술 개발로 효율적인 공항운영 – RECAT-KOR 개발로 안전하고 신속한 항공관제 실현, 및 공항 탄소배출 저감 – 신속-정확한 항공기상 정보를 활용한 의사결정시스템 지원으로 공항 효율 향상
W(약점)	**WO 전략 추진방향**	**WT 전략 추진방향**
– (약점1) 핵심 탐지기술은 선진사 제품에 의존 – (약점2) 항공난류 관제에 대한 필요성은 높으나 기술수준 및 개발 역량은 낮음 – (약점3) 항공기상/관제 관련 규정 및 법규 등 제도적 체계 미비	– 탐지 및 분석시스템의 국산화율 제고, 공항 수요에 따른 장비 및 관제 표준화 기반 확보 – 빅데이터를 활용한 공항별 후방난기류 모니터링 및 관리기술 개발 – 정부의 공항산업육성정책에 따른 미래 항공기의 기상/관제 분야로 확산	– 국제수준에 부합하는 인증 및 실증체계 구축을 통해 국산화 기술 보급 및 해외 수출 성장 기반 확보 – 공항수용량 증가에 따른 효율적인 공항 운영 및 악기상으로 인한 항공안전 사고 위험 감소

다. 사업추진 전략 및 중점분야 도출

- SWOT 분석과 사업추진 방향 도출을 통해 4개의 중점 분야를 도출

  (1) 의사결정지원시스템

  (2) RECAT & Time Base Separation

  (3) 항공난류 탐지기술

  (4) 시스템 검증 및 법제화



라. 메가트렌드 분석과 중점분야 연계

- 앞서 수행한 메가트렌드 분석과 4개의 중점 분야를 연계를 통한 타당성 확인



제2절. 국내·외 정책 동향

1. 국제민간항공기구(ICAO)

가. GANP(Global Air Navigation Plan)

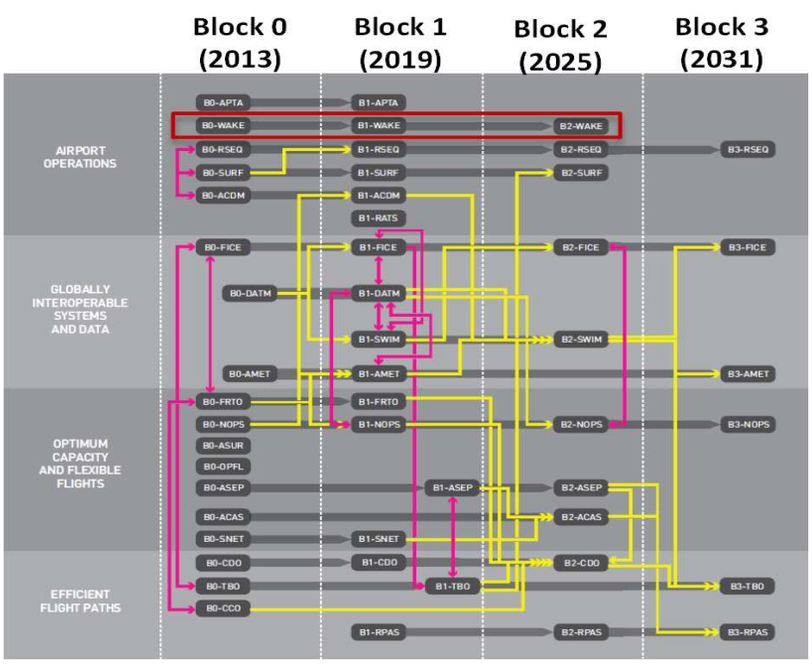
- ICAO는 증가하는 항공교통량의 효율적 관리 및 환경변화 대응을 위해 글로벌항행 계획 (GANP, Global Air Navigation Plan)을 수립('98)



<그림 31> ICAO GANP 발전 과정

– GANP의 미래항공교통시스템 전환계획으로 항공운항 4대 영역을 설정하고, Aviation System Block Upgrade 개념을 도입하여 로드맵을 설정

- 공항운영 개선 (Airport Operations)
- 글로벌 정보관리 체계 (Globally Interoperable System and Data)
- 공역 수용량 및 효율성 증대 (Optimum Capacity Flexible Flights)
- 비행경로 효율화 (Efficient Flight Path)



자료: 2019–2037 Global air navigation plan Fifth Edition, ICAO, 2016

<그림 32> GANP 5th Edition Aviation System Block Upgrade Methodology

– 2019년 GANP(제6판)에서 각 국이 공유해야 할 글로벌 비전·로드맵과 이행주체(지역 국가 등)별 다층적 구조의 프레임워크를 제시



<그림 33> 2019년 GANP 이행 구조

나. ASBU (Aviation System Block Upgrade)

● ASBU는 공항운영개선(Airport Operations) 실행과제로 “항공기 후류요란 분리 기준 개선을 통해 활주로의 이착륙 항공기 처리량을 증대 (Increased Runway Throughput through Optimized Wake Turbulence Separation)” 목표를 제시

– 기존의 3단계 항공기 후류요란 분리 기준은 90년대에 매우 보수적인 값으로 설정된 것으로 이후 항공기 기술과 관련 예측 기술의 발달로 인해 후류에 대한 예측이 어느 정도 가능해져 7단계의 후류분리 기준을 마련하고 일부 공항에 대해 적용하여 운영하고 있는 중

● 2016년 ASBU Wake Module의 각 이행 단계별 주요 내용

1) B0 단계 : 최적화된 항적 난류 분리를 통한 활주로 처리량 증가

개요	최적화된 항적 난류 분리 최저치, 개정된 항공기 항적 난류 카테고리 및 절차를 통해 출발 및 도착 활주로에 대한 처리량 개선	
Doc 9883에 따른 주요 성능 영향	KPA-02 - 수용량(Capacity), KPA-06 - 유연성(Flexibility)	
운항 환경 비행 단계	도착 및 출발	
적용 가능성에 대한 고려사항	복잡하지 않음(Least complex) - 수정된 항적 난류 카테고리의 구현은 주로 절차적인 것이므로, 자동화(Automation) 시스템에 대한 수정이 필요 없습니다.	
Doc 9854에 따른 글로벌 개념 구성요소	CM - 갈등 관리	
글로벌 계획 이니셔티브 (GPI)	GPI-13: 비행장 디자인 GPI-14: 활주로 운영	
주요 의존도	없음	
글로벌 준비 체크리스트	B0-WAKE 표준 준비	상태 (준비가 되었거나 예상되는 날짜) 2018년 예상
	항공전자 가용성	N/A
	지상 시스템 가용성	N/A
	절차 이용 가능성	2018년 예상
	운영 허가	2018년 예상

● Element 1 : 현재의 ICAO 항적 난류 분리 최저치의 수정

– 항적 난류 분리 최저치의 종합적인 검토는 20년 전인 1990년 초반

– 그 이후 A380, B747-8, 매우 작은 제트기와 같이 기체의 다양화가 이루어짐

→ 기존의 난류 분리는 안전성을 제공하지만 효율적이지는 않음

– 최저치의 수정으로 인한 용량 증가는 유럽의 경우 4%, 용량이 제한 된 미국의 비행장의 경우 7%, 전 세계적으로도 유사한 수치가 예상

● Element 2 : 비행장 도착 운항편 수용량 증가

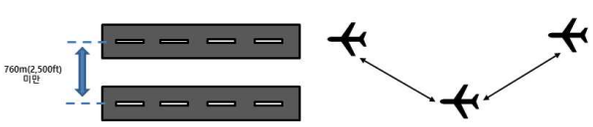
– 기존에 활주로의 중심선이 760m(2,500ft) 미만인 평행활주로에서 계기 착륙을 하는 경우에는 단일 활주로와 동일 규정을 적용

– Heavy 급 미만의 항공기에서 나오는 난류의 이동거리는 예상보다 적음

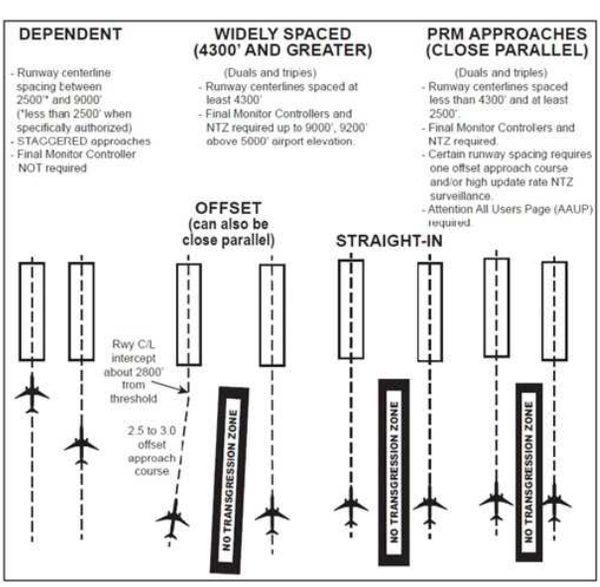
– 종속 대각선-쌍 접근 절차(Dependent diagonal paired approach procedure) 신설

– SFO 공항에서는 3개의 동시 접근 절차를 적용

– 도착 운항편의 경우 시간당 5~10회의 수용량 증가



Dependent diagonal paired approach procedure

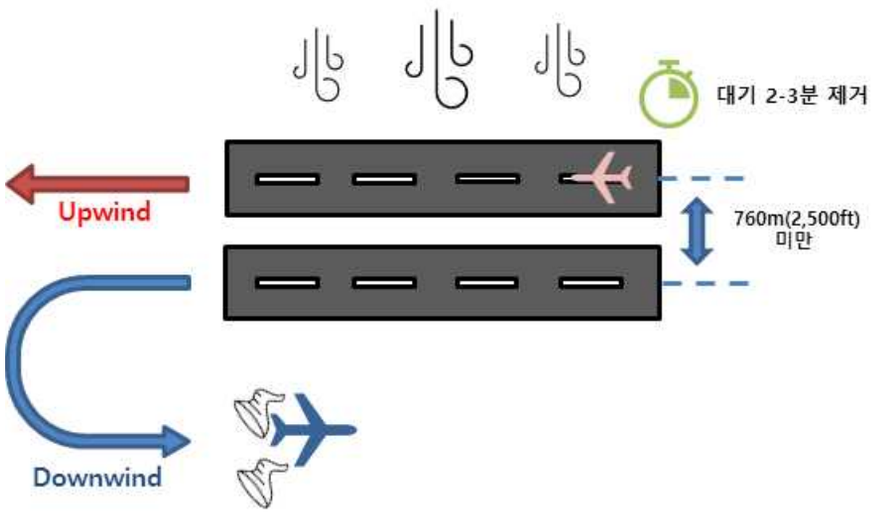


● Element 3 : 비행장 출발 운항편 수용량 증가

– 현재 측풍이 충분히 강하고 지속적으로 부는 상황에서 선행 Heavy급 항공기가 Downwind로 출발한 후, 후행 항공기가 Upwind로 출발하기 위해선 2-3분의 대기가 필요

– 측풍의 모니터링과 예측을 이용한 출발을 위한 항적 난류 완화(Wake turbulence mitigation for departures, WTMD) 절차를 이용하여 2-3분의 지연을 제거

– 시간당 2~4회의 출발 운항편 용량 증가



<그림 34> Element 3 개념도

2) B1 단계 : 동적 항적 난류 분리를 통한 활주로 처리량 증가

개요	항적 난류 위험의 실시간 식별을 기반으로, 항적 난류 최저치의 동적 관리(dynamic management)를 통해 출도착 활주로 처리량 증가	
Doc 9883에 따른 주요 성능 영향	KPA-02 - 수용량, KPA-04 - 효율성, KPA-05 - 환경,	
운항 환경 비행 단계	KPA-06 - 유연성.	
적용 가능성에 대한 고려사항	비행장	
Doc 9854에 따른 글로벌 개념 구성요소	최소의 복잡성 - 항적 난류의 Re-categorized를 구현하는 것은 주로 절차적(Procedural)인 것 입니다. 자동화 시스템에 대한 어떠한 변경도 필요하지 않습니다.	
글로벌 계획 이니셔티브 (GPI)	CM - 갈등 관리 GPI-13: 비행장 디자인	
주요 의존도	GPI 14: 활주로 운영	
글로벌 준비 체크리스트	B1-WAKE 표준 준비	상태 (준비가 되었거나 예상되는 날짜) 2018년 예상
	항공전자 가용성	N/A
	지상 시스템 가용성	2018년 예상
	절차 이용 가능성	2018년 예상
	운영 허가	2018년 예상

● Element 1 : 선행/후행 Pair-wise 정적 매트릭스 항적 난류 최소화 구현

– ICAO는 2013년에 6*6의 카테고리를 승인

– ICAO의 3~6개의 카테고리가 아닌 각 항공기의 타입별 난류 생성, 소멸을 기반으로 한 항적 난류 분리치를 생성

– 단일 활주로와 같이 제한이 있는 경우나, 다양한 항공기 타입이 섞여 있는 경우에 수용량 증가

– Block 0 보다 평균 4%의 수용량 증가 예상

● Element 2 : 활주로의 중심선이 760m(2,500ft) 미만인 활주로를 가진 공항에서 도착 운항에 대한 수용량을 증대

– Block 0에서 도입한 종속 대각선 쌍 계기 접근을 통해서 시간당 최대 10건의 도착 운영이 증가

– Block 1의 경우에는 평행 활주로를 사용하지만 안전 제약을 충족하는 활주로가 없어 수용량에 제약이 있는 공항에서도 사용이 가능하게 확장

– 접근 회랑(Approach Corridor)를 따라 존재하는 바람을 고려하여 도착 운항 횟수 증가

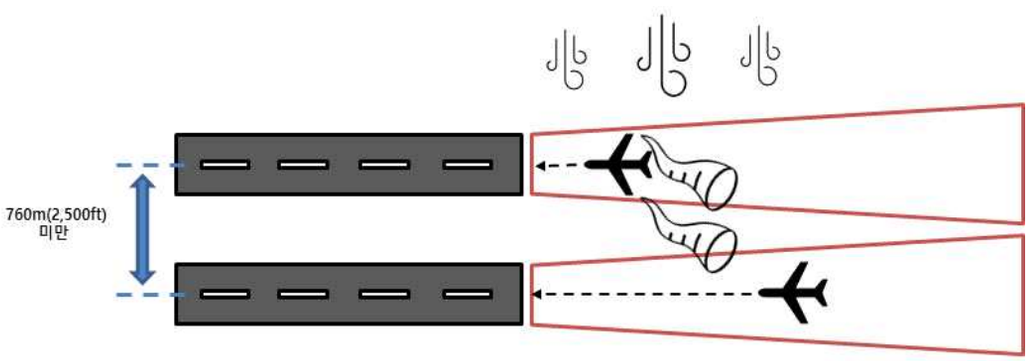
– 특별화(Specialized) 난류 분리 절차를 적용 더 많은 운항편 수용 가능

– ATC 시스템에 도착 항적 난류 완화(Wake turbulence mitigation for arrival, WTMA)의 기능이 추가 되어야하며, 데이터에는 항공기에서 관측한 바람 데이터도 포함

– 항행업무 제공자의 자동화 플랫폼에는 측풍 예측 및 모니터링에 대한 값이 필요

– 평행 활주로에 도착하는 항공기 사이에 필요한 항적 난류 분리를 관제사에게 표시하는 기능 필요

– 운항 승무원에 절차에 대한 수정은 없으며, 항공기의 분리(Separation) 및 순서(Sequencing)는 항행 업무 제공자의 책임



<그림 35> Element 2 개념도

● Element 3 : 추가적인 공항에서 출발 항공편에 대한 수용량 증가

– 안전하게 출발 용량을 늘릴 수 있는 항적 난류 완화 ANSP 출발 절차를 신설

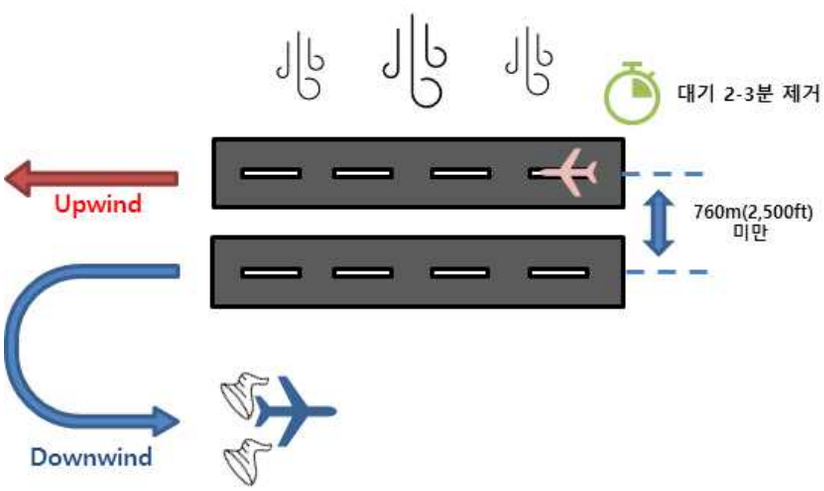
– 활주로의 측풍을 예측하고 모니터링하여 언제 2-3 분 지연이 사라지고, 언제 지연이 다시 적용되어야 하는지에 대해서 관제사에게 가이드를 제공

– 공항에서 출발하는 동안, 항공기에서 관찰된 바람 정보를 수신하고 처리

– 이전에는 데이터의 불확실성으로 인해 금지되었던 감소된 절차 사용 가능

– 시간당 2~4회의 출발 운항편 용량 증가

– 요소2/3은 동일한 바람 예측/모니터링 기술을 사용



<그림 36> Element 3 개념도

● 구현에 필요한 기술

– 관제사를 보조하는 ATC 의사 결정 지원 정보

– 측풍을 예측하고 모니터링 할 수 있는 장비

– X-Band 레이더와 LiDAR의 스캐너 기술의 조합으로 제공

– 항공기에서 실시간으로 바람 관측 : ADS-B 정보 활용

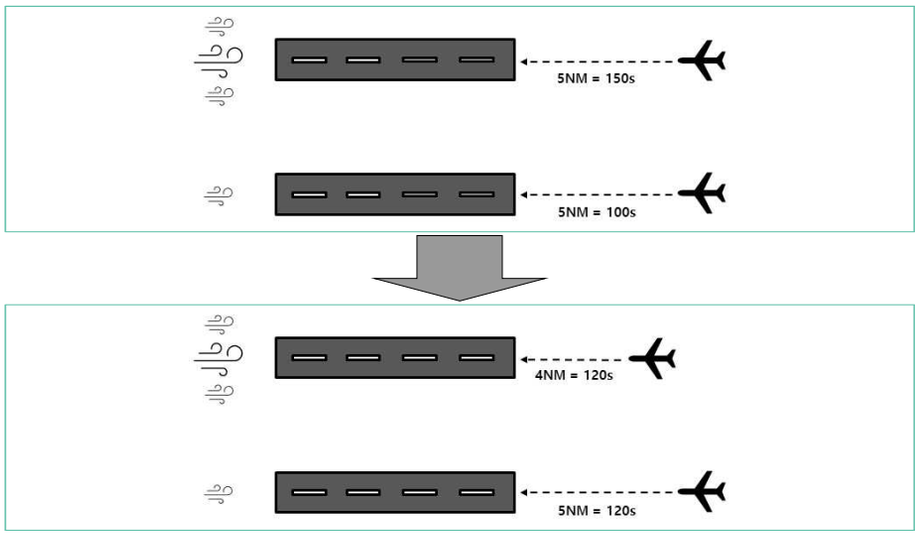
– 정보 연계 : 항공정보종합관리망(SWIM)의 인프라에서 지원

– 지원 체계 : 인간-기계 인터페이스를 고려해 훈련 및 교육을 통한 위험 완화 전략이 필요

3) B2 단계 : 진보된 항적 난류 분리(시간 기반)

개요	시간 기반 항공기-항공기 항적 난류 분리 최소값의 적용 및 항행업무 제공자가 항적 난류 분리 최소값을 적용하는 데 사용하는 절차 변경	
Doc 9883에 따른 주요 성능 영향	KPA-02 - 수용량	
운항 환경 비행 단계	비행장	
적용 가능성에 대한 고려사항	가장 복잡함(Most complex) - 항공기 쌍(Pairs of aircraft)의 시간 기반 분리 기준을 설정하여 현재의 항적 난류 가변 거리 Re-categorization을 조건 별 시간 기반으로 개념을 확장합니다. 이것은 난류의 와해(wake disassociation)와 활주로 점유에 필요한 상호 운용 대기 시간을 최소화 함으로써 최적화를 합니다. 결과적으로 활주로 처리량이 증가합니다.	
Doc 9854에 따른 글로벌 개념 구성요소	CM - 갈등 관리	
글로벌 계획 이니셔티브 (GPI)	GPI-13: 비행장 디자인 GPI 14: 활주로 운영	
주요 의존도	B1-WAKE	
글로벌 준비 체크리스트	B2-WAKE 표준 준비	상태 (준비가 되었거나 예상되는 날짜)
		2023년 예상
	항공전자 가용성	N/A
	지상 시스템 가용성	2023년 예상
	절차 이용 가능성	2023년 예상
	운영 허가	2023년 예상

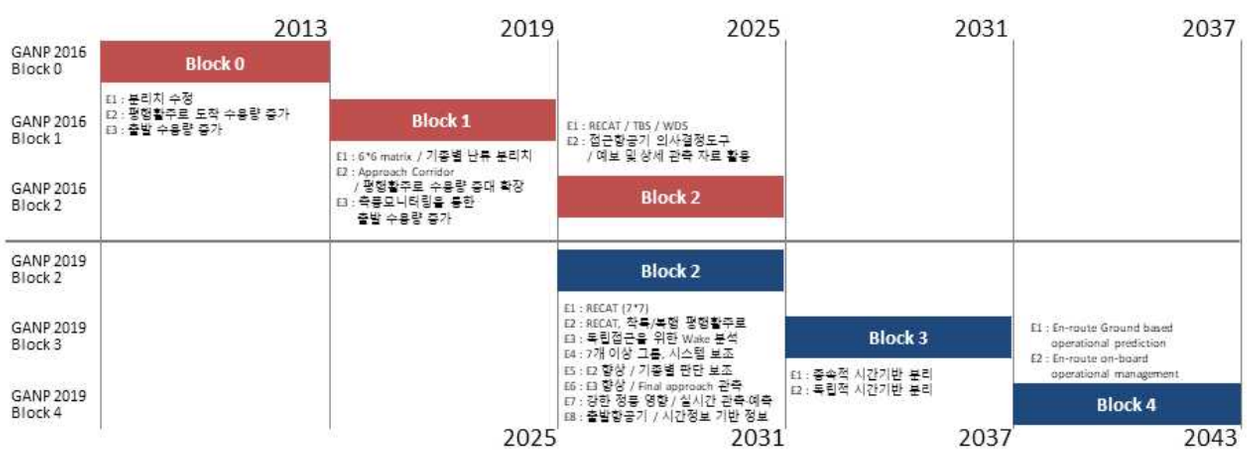
- Re-categorization, 현재의 바람, 할당된 속도 및 실시간 환경 조건에 표시된 기본 기준을 사용하여 항공기 사이의 적절한 간격을 동적(Dynamically)으로 평가
- WDS(Weather Dependent Separation) 개념과 시간 기반 분리의 결합을 통해 용량 및 도착률 증가
- 이전 Block 을 통해 확장되어진 거리 기반 분리에서, 3~60 개 이상의 맞춤형 시간 기반 최소값으로 변경
- 새로운 ANSP 절차는 시간 기반의 항공기 대 항공기 항적 난류 분리에 대한 정보를 관제사에게 제공하는 자동화 지원이 필요
- 구현에 필요한 기술
  - 관제사를 보조하는 ATC 의사 결정 지원 도구 : 접근항공기의 상세 정보 제공을 위한 의사결정 도구
  - 측풍을 예측하고 모니터링 할 수 있는 장비 / 항공기 관측 : B1 구현 기술 활용
  - 기상 정보 연계 : 예보 및 상세 관측 자료 (초단기 모델 자료 등)



<그림 37> Block 2 단계 개념도

4) 2019년 GANP WAKE 모듈의 주요 개정내용

- 기존 6x6 Matrix 분리 기준에서 7x7 Matrix 분리 기준으로 세분화
- Element의 세분화를 통해 다양한 공항과 상황에 적용
  - 기존 중심선의 거리 760m 미만의 공항에서만 적용되던 개념에서 활주로 말단 차이, ILS GP의 높이 차이가 있는 공항에서도 적용
- Approach 에서 독립적(Independent)인 개념을 새로 도입
  - 종속적(Dependent) 접근과 독립적(Independent) 접근의 Element를 세분화
- 기존 Block 2와 Block 3의 이행 일정 조정 및 내용 구체화
  - 7단계 분리 기준 적용을 기반으로 TBS로 이행 단계에 대해 구체적/순차적 내용 제시
- BLOCK 4 En-Route의 개념을 새로 도입
  - 모듈만 제시하고 세부 내용은 기술되어 있지 않은 상태



<그림 38> GANP WAKE 모듈 Timeline

<표 14> 2019년 GANP WAKE 모듈의 주요 개정내용

구분	GANP 2016	GANP 2019
Block	Block 0 ~ Block 2	Block 2 ~ Block 4
Elements	총 9개	총 12개
분리 기준 Matrix	6 x 6	7 x 7
적용 가능 공항	- 활주로 중심선이 760m 미만인 평행활주로	- 활주로 중심선이 760m 미만인 평행활주로 - 활주로 말단의 차이, ILS GP의 높이 차이가 있는 평행활주로
Approach 분리 개념	종속적(Dependent) 개념만 존재	종속적(Dependent)/독립적(Independent) 개념으로 세분화
Block 4	-	En-Route의 개념 도입

<표 15> 2019 GANP WAKE Block Module

Block	Module No.	Description
BLOCK2	WAKE-B2/1	Wake turbulence separation minima based on 7 aircraft groups
	WAKE-B2/2	Dependent parallel approaches
	WAKE-B2/3	Independent segregated parallel operations
	WAKE-B2/4	Wake turbulence separation minima based on leader/follower static pairs-wise
	WAKE-B2/5	Enhanced dependent parallel approaches
	WAKE-B2/6	Enhanced independent segregated parallel operations
	WAKE-B2/7	Time based wake separation minima for arrival based on leader/follower static pair-wise
	WAKE-B2/8	Time based wake separation minima for departure based on leader/follower static pair-wise
BLOCK3	WAKE-B3/1	Time based dependent parallel approaches
	WAKE-B3/2	Time based independent segregated parallel operations
BLOCK4	WAKE-B4/1	En-route Wake Encounter Ground based Prediction
	WAKE-B4/2	En-Route Wake Encounter on-board flight management/mitigation

<표 16> WAKE Block별 Module과 구성요소

Block	Module No.	세부내용
BLOCK2 ('20~'25)	WAKE-B2/1	– WAKE-B2/1 Wake turbulence separation minima based on 7 aircraft groups (7개 항공기 그룹을 기반으로 하는 항적 난기류 분리 기준) – (주요 목적) 비행의 도착 및 출발 단계에서 항적 난기류로 따른 항공기 그룹 간에 적용할 분리 기준을 안전하게 최적화 – (새로운 역량) • ICAO PANS-ATM에 정의된 3가지 항공기 항적 난기류 범주를 안전 및 운용요건 기준에 기초하여 7개 항공기 항적 난기류 그룹으로 대체 – (구성요소 설명) • 새로운 항공기 설계, 항공기 성능, 수집된 기상 및 풍향 데이터, 비행 시험에 기초하여 항적 난기류 그룹 간의 새로운 최소분리 기준을 정의하고 항공기를 그룹에 따라 구분
	WAKE-B2/2	– WAKE-B2/2 Dependent parallel approaches(종속 평행 접근) – (주요 목적) 활주로 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만인 평행 활주로에서 항적 난기류에 따라 줄어든 분리를 적용하여 도착 항공기 간 분리를 최적화 – (새로운 역량) • 도착 항공기 분리에 대한 새로운 정의를 통해 평행 활주로를 동시에 사용하고 7개 항적 난기류 그룹의 최소분리 기준에 따라 수행 – (구성요소 설명) • 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만이고 시단이 일치하지 않은 활주로 또는/그리고 활공각의 높이에 차이가 있는 평행 활주로에 대해 ILS CAT-I 또는 RNAV 또는 LPV 접근 절차의 최저치에 따른 종속접근을 정의
	WAKE-B2/3	– WAKE-B2/3 Independent segregated parallel operations (독립된 분리 평행 운영) – (주요 목적) 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만의 평행 활주로에서 항적 난기류에 의한 분리를 최적화하기 위해 바람의 영향에 기초한 분리 기준을 출발 및 도착에 적용 – (새로운 역량) • 새로운 도착, 출발 및 복행 절차의 정의를 통한 평행 활주로의 동시 사용과 개정된 항적 난기류 7개 그룹에 의한 분리 기준 – (구성요소 설명) • 바람 및 기상 분석에 기초하여 중심선 간격이 760m (2,500ft) 미만인 평행 활주로에 대한 독립된 분리 운영 절차를 정의 • 단, 항적 난기류 3개 등급 또는 7개 그룹 분리를 적용하는 공항을 대상으로 하나, 활주로 배치와 기상 조건에 따라 차별적 적용

Block	Module No.	세부내용
	WAKE-B2/4	– WAKE-B2/4 Wake turbulence separation minima based on leader/follower static pairs-wise (정해진 선행/후행항공기 조합을 기준으로 항적 난기류 분리 기준) – (주요 목적) 도착과 출발 단계에서 항적 난기류로 따른 항공기 간 최소분리 기준을 최적화 – (새로운 역량) • 특정 공항 또는 터미널 지역에 대한 시스템의 지원을 통해 항공기 유형과 항적 난기류에 따른 맞춤형 7개 (또는 그 이상) 그룹 또는 고정된 매트릭스에 의한 분리 – (구성요소 설명) • 항적 난기류를 발생시키는 선행 항공기와 뒤따르는 후행 항공기의 특성을 기반으로 항공기 쌍에 대한 새로운 맞춤형 항적 난기류 분리를 정의 • 선행/후행 항공기에 대한 항적 난기류의 고정된 매트릭스를 구성하며 이는 시스템 지원이 가능한 항공교통관제기관(ATCO)에서 개발할 수 있으며 특정 공항과 터미널 공역에서 항공기 구성(fleet mix에 대한 맞춤형 항적 난기류 그룹으로 사용 • 기존 항적 난기류 분류 또는 그룹은 항공기 간 분리 매트릭스에 포함되지 않은 모든 유형의 항공기 간 최소분리 기준을 결정하는 데 적용 가능
	WAKE-B2/5	– WAKE-B2/5 Enhanced dependent parallel approaches (향상된 종속 평행 접근) – (주요 목적) 감소한 항공기 간 최소분리를 통해 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만인 평행 활주로에서 계기 착륙에 적용되는 항적 난기류에 의한 분리를 안전하게 최적화 – (새로운 역량) • 새로운 착륙 및 복행 절차의 정의를 통한 활주로 동시 운영 및 실시간 바람 모니터링 시스템을 통한 기상정보 개선(선택) • 특정 공항 또는 터미널 공역에서 맞춤형 항적 난기류 분리 시스템에 의한 분리 • 시스템 지원과 함께 항적 난기류의 고정된 매트릭스에 의한 선행/후행 항공기 간 분리 – (구성요소 설명) • 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만이고 시단이 일치하지 않은 활주로 또는/그리고 활공각의 높이에 차이가 있는 평행 활주로에 대해 ILS CAT-I 또는 RNAV 또는 LPV 접근 절차의 최저치에 따른 종속접근을 정의 • 시스템 지원이 있는 항공기 등급에 따른 선행/후행 항공기 간 고정된 매트릭스 또는 특정 공항 또는 터미널 공역에서 맞춤형 항적 난기류 분리 시스템에 의한 항공기 분리 • 여기에는 사용 가능한 향상된 기상정보가 포함될 수 있으나, 이는 선택사항

Block	Module No.	세부내용
	WAKE-B2/6	– WAKE-B2/6 Enhanced independent segregated parallel operations (독립된 분리 평행 운영 개선) – (주요 목적) 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만의 평행 활주로에서 항적 난기류에 의한 분리를 최적화하기 위해 바람의 영향과 감소한 맞춤형 최소분리 기준을 기초로 독립적인 출발 및 도착 운영 – (새로운 역량) • 새로운 착륙, 복행 및 출발 절차의 정의를 통해 분리된 운항을 위해 평행 활주로 동시 운영 • 실시간으로 바람을 모니터링하고 기상정보를 개선하기 위한 시스템(선택사항) • 시스템 지원이 있는 항공기 등급에 따른 선행/후행 항공기 간 고정된 매트릭스 또는 특정 공항 또는 터미널 공역에서 맞춤형 항적 난기류 분리 시스템에 의한 항공기 분리
	WAKE-B2/7	– WAKE-B2/7 Time based wake separation minima for arrival based on leader/ follower static pair-wise (정해진 선행/후행항공기 조합을 기준으로 도착 항공기에 대한 시간 기반의 항적 난기류 분리 기준) – (주요 목적) 도착 단계에서 항적 난기류로 인한 활주로 처리량 및 탄력성을 개선하고 거리보다는 시간에 의한 항공기 최소분리를 최적화하여 강한 정풍의 영향을 완화 – (새로운 역량) • 교통상황에서 빈번하게 발생하는 항적 난기류 최소분리를 안전한 방법으로 지원하는 시간 기반의 최소분리 기준과 강한 정풍으로 인한 영향을 완화 • 실시간 바람을 모니터링하고 기상정보를 개선하는 시스템 – (구성요소 설명) • 항적 난기류를 발생시키는 선행 항공기와 뒤따르는 후행 항공기의 특성을 기반으로 항공기 간 새로운 시간 기반의 항적 난기류 최소분리 기준을 정의 • 이는 활주로 처리량을 증가시키고 탄력성을 강화하며 강한 정풍으로 인한 영향을 완화하기 위해 시스템의 지원과 함께 항공교통관제기관이 이용할 수 있는 고정된 항적 난기류 최소분리 기준 매트릭스를 구성 • 기존 항적 난기류 분류 또는 그룹은 항공기 간 분리 매트릭스에 포함되지 않은 모든 유형의 항공기 간 최소분리 기준을 결정하는 데 적용 가능
	WAKE-B2/8	– WAKE-B2/8 Time based wake separation minima for departure based on leader/ follower static pair-wise (정해진 선행/후행항공기 조합을 기준으로 출발 항공기에 대한 시간 기반의 항적 난기류 분리 기준) – (주요 목적) 항공기 간 최소분리 간격을 안전하게 최적화하여 비행 출발 단계의 항적 난기류로 인한 활주로 처리량 및 탄력성을 향상

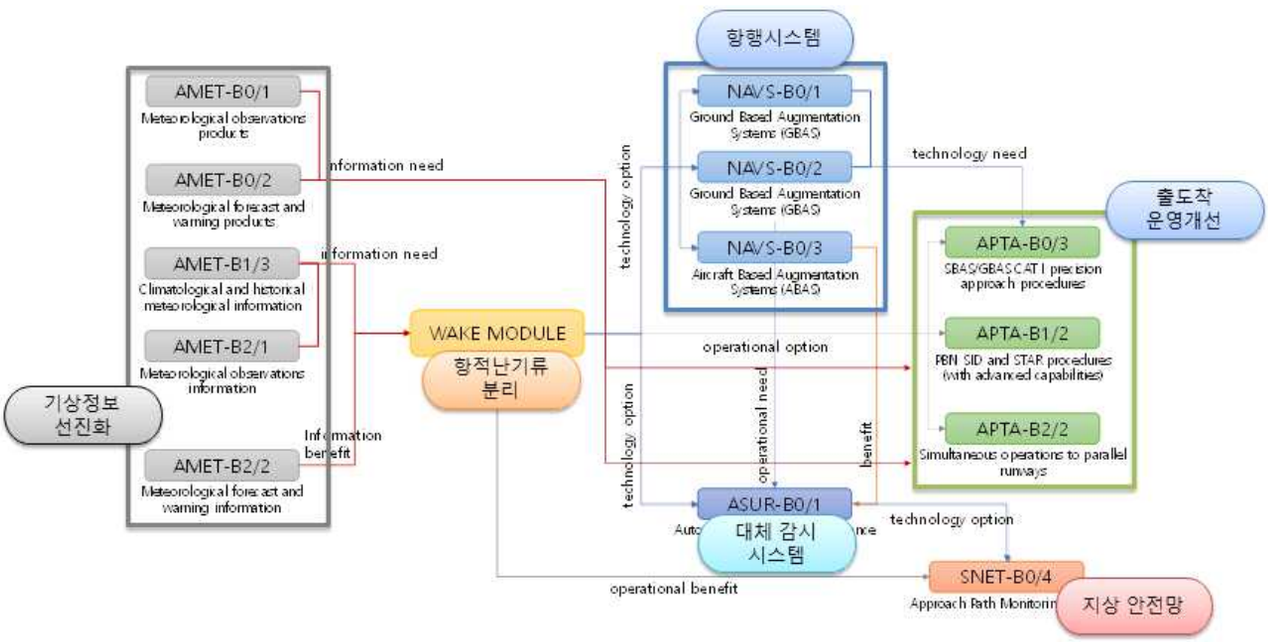
Block	Module No.	세부내용
		– (새로운 역량) • 교통상황에서 빈번하게 발생하는 항적 난기류 최소분리를 안전한 방법으로 지원하는 시간 기반의 최소분리 기준과 강한 정풍으로 인한 영향을 완화 – (구성요소 설명) • 항공기 유형(예: 감시시스템 데이터 분석에서 얻은)별 이륙 활주 거리 및 속도의 변화를 고려하여 관제탑의 항공교통관제사가 출발 항공기에 대한 시간 기반의 항적 난기류 분리 제공할 수 있도록 이를 지원하기 위한 새로운 ATC 도구를 정의 • 이 도구는 비행장 관제탑 항공교통관제사의 감시시스템을 처리하고 표시하고 △시간 기반의 분리 간격 또는 관제사가 발부하는 분리 제한을 동등한 거리로 시각화하기 위한 항공기 위치 표시기와 △시간 기반 최소분리 간격을 최적의 방식으로 전달하기 위한 이륙 허가 타이머 그리고 △위험에 대한 안전 경고 기능을 제공
BLOCK3 ('26~'31)	WAKE-B3/1	– WAKE-B3/1 Time based dependent parallel approaches (시간 기반의 종속 평행 접근) – (주요 목적) 도착 단계에서 항적 난기류로 인한 활주로 처리량과 탄력성을 개선하고 거리가 아닌 시간 기반의 최소분리 간격을 안전한 방법으로 최적화함으로써 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만인 평행 활주로에서 계기 착륙을 위한 강한 정풍의 영향을 완화 – (새로운 역량) • 새로운 착륙 및 복행 절차의 정의를 통해 근접한 평행 활주로를 동시 운영에서 빈번하게 발생하는 항적 난기류 최소분리를 안전한 방법으로 지원하기 위한 시간 기반의 최소분리 기준 • 강한 정풍으로 인한 영향의 완화 및 실시간 바람을 모니터링하고 기상정보를 개선하는 시스템 – (구성요소 설명) • 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만이고 시단이 일치하지 않은 활주로 또는/그리고 활공각의 높이에 차이가 있는 평행 활주로에 대해 ILS CAT-I 또는 RNAV 또는 LPV 접근 절차의 최저치에 따른 종속접근 절차를 정의 • 항적 난기류를 발생시키는 선행 항공기와 뒤따르는 후행 항공기 간 특성을 기반으로 거리 기준이 아닌 시간 기반의 항적 난기류 최소분리 기준에 따라 분리 • 항공교통관제사에게 활주로 처리량 증가, 복원력 향상 및 강한 정풍으로 인한 영향의 완화를 목표로 항공기를 분리하기 위한 시스템을 지원 • 기존 항적 난기류 분류 또는 그룹은 항공기 간 분리 매트릭스에 포함되지 않은 모든 유형의 항공기 간 최소분리 기준을 결정하는 데 적용 가능

Block	Module No.	세부내용
BLOCK4 ('32~'37)	WAKE-B3/2	– WAKE-B3/2 Time based independent segregated parallel operations (시간 기반의 독립된 분리 평행 운영) – (주요 목적) 출발과 도착 단계에서 항적 난기류로 인한 활주로 처리용량과 탄력성을 개선하고 시간 기반의 최소분리 간격을 안전한 방법으로 최적화함으로써 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만인 평행 활주로에서 독립 출발과 도착을 위한 강한 정풍의 영향을 완화 – (새로운 역량) • 새로운 착륙과 복행 절차의 정의를 통해 근접 이격된 평행 활주로를 동시 운영에서 빈번하게 발생하는 항적 난기류 최소분리를 안전한 방법으로 지원하기 위한 시간 기반의 최소분리 기준 • 강한 정풍으로 인한 영향의 완화 및 실시간 바람을 모니터링하고 기상정보를 개선하는 시스템 – (구성요소 설명) • 중심선 간격이 760m(2,500ft) 미만이고 시단이 일치하지 않은 활주로 또는/그리고 활공각의 높이에 차이가 있는 평행 활주로에 대해 ILS CAT-I 또는 RNAV 또는 LPV 접근 절차의 최저치에 따른 독립적인 평행 운영 절차를 정의 • 항적 난기류를 발생시키는 선행 항공기와 뒤따르는 후행 항공기 간 특성을 기반으로 거리 기준이 아닌 시간 기반의 항적 난기류 최소분리 기준에 따라 분리 • 항공교통관제사에게 활주로 처리량 증가, 복원력 향상 및 강한 정풍으로 인한 영향의 완화를 목표로 항공기를 분리하기 위한 시스템을 지원 • 기존 항적 난기류 분류 또는 그룹은 항공기 간 분리 매트릭스에 포함되지 않은 모든 유형의 항공기 간 최소분리 기준을 결정하는 데 적용 가능
	WAKE-B4/1	– WAKE-B4/1 En-route Wake Encounter Ground based Prediction (항공로 상 항적 난기류 조우에 대한 지상 기반 예측)
	WAKE-B4/2	– WAKE-B4/2 En-route Wake Encounter on-board flight management/ mitigation (항공로 상 항적 난기류 조우에 대한 비행 관리 및 완화)

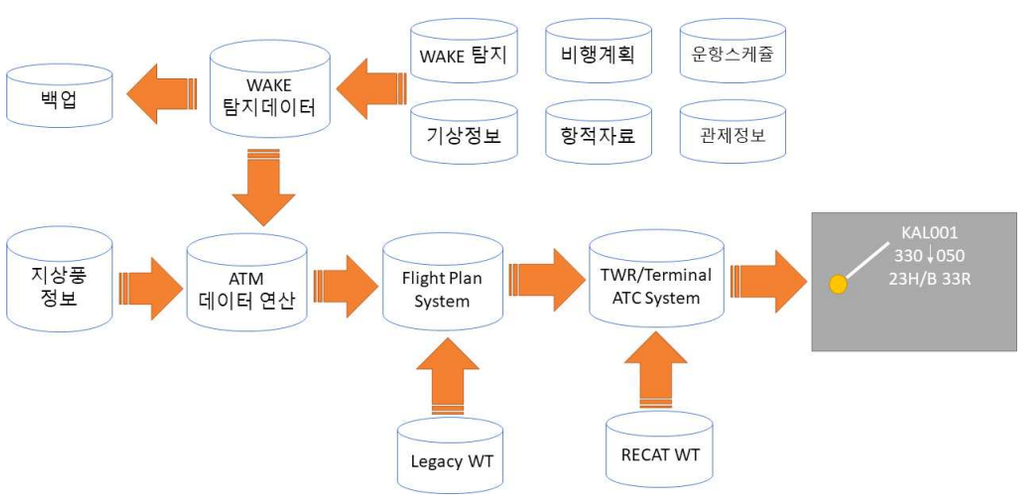
다. ASBU WAKE Block과 연관 Block 분석

- 5개의 Block과 직접적으로 연계되며, Advanced Meteorological Information(AMET)에서 제공되는 기상 관측 및 예보 정보를 활용하여 관련 정보 생성
- WAKE 모듈에서 생성된 정보는 공항 접근성 증대 (APTA) 모듈의 성능기반 항행기술, 지상감시 능력 향상 (ASUR), 항법시스템(NAVS), 항공안전망(SNET)으로 제공

- 현재 제안된 7단계의 후류 등급은 절차상에 적용하고, 자동시스템에 반영하기 위해서는 관제사의 판단을 지원 할 수 있는 자동화된 의사결정 지원 도구(Decision Support Tool)가 필요
- 출·도착항공기의 후류분리 기준 축소를 위해서는 측풍의 강도 및 방향을 예측하고 해당 정보를 관제사에게 전시(Display)해 줄 수 있는 자동화 장비 필요



<그림 39> WAKE블록 - 연관 블록 관계 분석

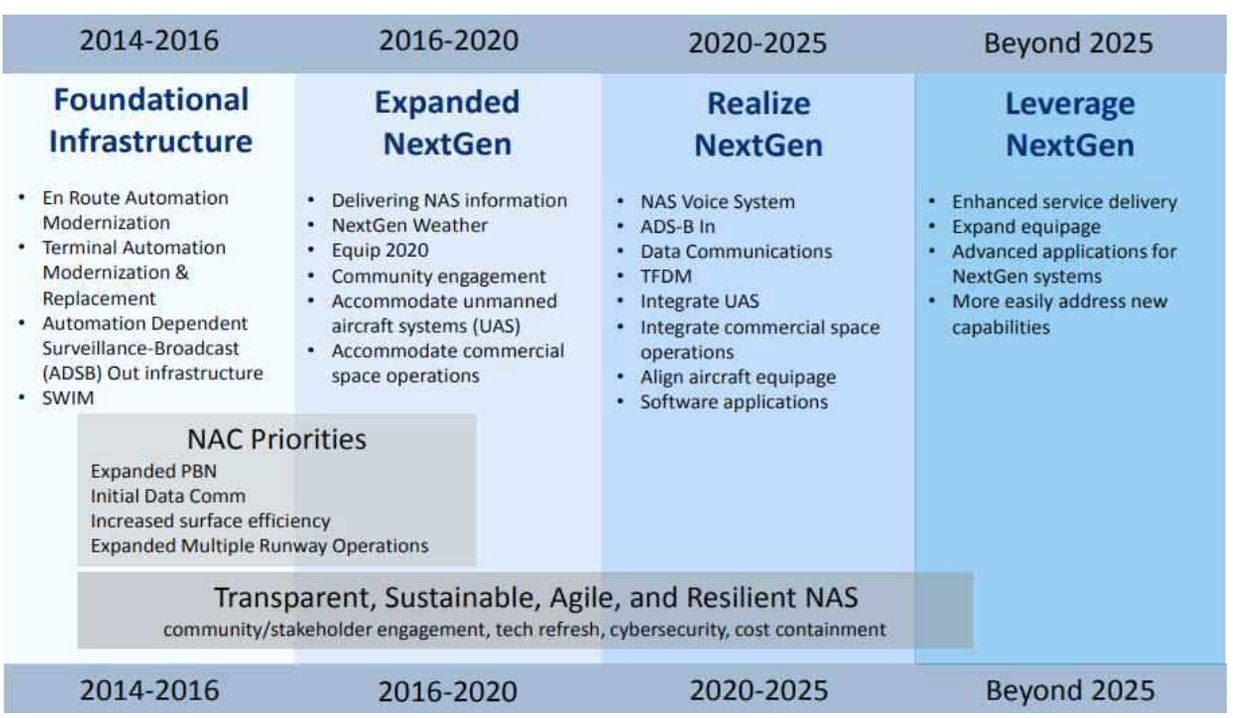


<그림 40> 데이터 흐름도

2. 미국

가. NextGen

- **미국은 “항공안전, 효율, 환경 및 수용량 증대”를 목표로 최첨단 통신. 항행, 감시 및 항공정보관리 기술을 총동원한 NextGen 계획 수립(‘08)**
  - 20세기 후반부터 여객 및 물류 수요는 점차 증가하여* 미국 FAA(연방항공청)가 ’07년 Next Generation Air Transportation System(NextGen) 구현 개념을 수립
  - ’25년까지 항행기술 및 항공교통관리의 통합적이고 유연한 항공교통시스템의 개발로 항공 교통을 보다 정확하고 효과적으로 감시
  - 효율적인 공역의 이용과 운영 및 운항 환경 개선 나아가 국가 전반의 이익 증가를 목적으로 추진
  - 글로벌 항공교통 분야 리더십 유지, 수용량 증대, 안전 보장, 환경 보호, 국가 안보 보장, 국가 보안이라는 6대 목표를 발표
  - 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성된 NextGen 추진 계획 발표
  - 중점분야 이행계획(’14년)을 별도 수립하여 주기적으로 업데이트 진행 중
  - 시간 기반의 흐름 관리(TBFM, Time Based Flow Management) 도입으로 항공 교통 분야 수용량 증대 기대



출처 : FAA: ASBU Implementation Status (August 2017)

<그림 41> NextGen 목표

<표 17> NextGen Implementation Plan 2016 프로그램/포트폴리오

구분	내용
프로그램 (6개)	자동종속감시-방송(ADS-B)
	데이터 통신(Data Communications)
	항로 자동화(ERAM)
	터미널 자동화(TAMR)
	국제 공역 VOICE 시스템(NAS Voice System)
	항공정보종합관리체계(SWIM)
포트폴리오 (11개)	지상운영능력 향상(Improved Surface Operation)
	접근 및 저시정 운영능력 향상(Improved Approach and Low- visibility Operations)
	복수활주로운영능력 향상(Improved Multiple Runway Operations)
	성능기반항행(Performance Based Navigation(PBN))
	시간 기반의 흐름 관리(Time Based Flow Management(TBFM))
	협력적 항공교통관리(Collaborative Air Traffic Management(CATM))
	항공기 분리(Separation Management)
	주문형 NAS 정보 제공(On-demand NAS information)
	환경보호 및 에너지절감(Environment and Energy)
	시스템 안전관리(System Safety Management)
	NAS R&D (NAS Infrastructure)

자료 : Nextgen Implementation Plan 2016, FAA (June, 2016)

● **FAA는 항행기술 및 항공교통 관리의 상호연결 시스템 개발 및 구축을 통해 National Airspace System (NAS) 개선을 목표로 NextGen 이행 추진**

– 공역사용자 및 이해관계자가 차세대 항공교통관리의 목표 및 필요성, 이행 시 초기 혜택 등에 대해 이해함에 따라 목표 달성을 위한 NextGen 이행에 긴밀히 협력

– 전국적인 인프라 개선, 향상된 항공교통 통제, PBN (Performance Based Navigation) 및 향상된 디지털 통신을 제공으로 NAS 개선 추진. 민·관·군의 유기적이고 조직적인 협력 중

– FAA JO 7400.2L Procedures for Handling Airspace Matters에서 공항운영에 필요한 정책, 가이드라인 등을 제시

– FAA Order JO 7110.65Z Air Traffic Control에서 공항 내 교통량 제어를 위한 가이드라인 제시

– FAA JO 7110.126A Consolidated Wake Turbulence (CWT) Separation Standards로 9x9 Matrix를 적용하여 분리 기준 적용

– 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지 도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 관련 기술 적용



출처 : FAA: ASBU Implementation Status (August 2017)

<그림 42> WindTracer 설치 공항

3. 유럽연합(EU)

가. 유럽항공전략

● **EU 집행위원회는 향후 국제 항공분야의 리더십을 발휘하기 위하여 '15년 12월 유럽항공 전략 수립**

– EU 집행위원회(European Commission)는 글로벌 항공시장에서 EU의 경쟁력을 분석하고 향후 국제관계에서 항공분야를 통해 EU가 리더십을 발휘할 수 있도록 '15년 12월 유럽 항공 전략(An Aviation Strategy for Europe)을 수립

– 유럽항공전략은 신흥시장에의 접근강화, 상공 및 지상에서의 규제 완화, EU의 높은 기준 유지, 사회적 아젠다 강화, 승객의 권리보호, 혁신과 디지털기술 수용, 기후변화 정책에 기여 등의 원칙과 EU 집행위원회 차원의 주요 이니셔티브를 제시

- 서비스, 시장 접근, 제3국과의 투자 기회를 촉진함으로써 성장시장을 활용
- 지상과 하늘에서 성장의 한계를 극복
- 높은 수준의 EU의 안전·보안 기준 유지
- 항공 분야에서 사회적 아젠다의 강화와 질 좋은 일자리 창출
- 승객의 권리 보호
- 혁신과 디지털 기술의 수용
- EU의 에너지연합(Energy Union)과 점진적진 기후변화 정책에 기여

● EU는 전략 발표 이후 협상 및 신규 입법 채택과 관련하여 일부 조치를 이행

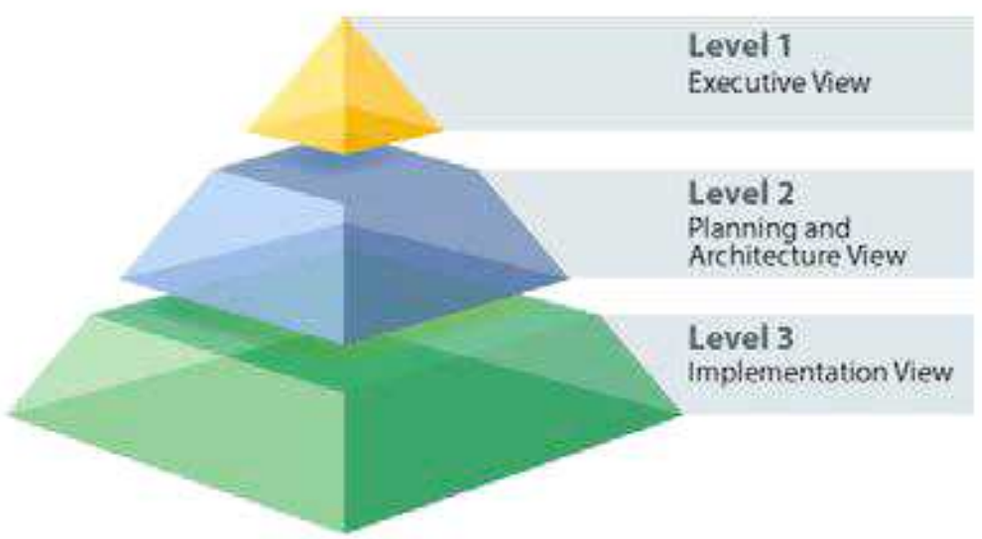
● 항공보안 분야에서 '18년 2월 6일 싱가포르와 원스톱보안(One-Stop Security) 계약 체결

● '17년 6월 8일 위원회는 공개 및 연결항공(Open and Connected Aviation) 패키지를 발표

● '항공교통관리 마스터플랜 레벨3 시행계획'을 통해 SESAR 구현을 위한 프레임워크 제공

– EUROCONTROL 임시위원회는 변경된 EU ATM 마스터플랜 시행목표를 승인('19.5)

- 시행 계획은 유럽항공교통관리 마스터플랜의 시행관점 또는 레벨3을 구성하며, SESAR 시행의 맥락에서 ECAC 이해관계자들이 공통적으로 합의한 행동을 취하기 위한 프레임워크 제공
- 시행목표는 검증된 SESAR 솔루션에 대해 다루고 있으며, 운영, 기술 및 제도적 개선을 제시하여 ATM 마스터플랜 레벨1에 정의된 주요 성능영역(key performance areas, KPAs) 비용효율성, 운영효율성, 용량, 환경, 안전 및 보안에 대한 성능 요구사항에 기여
- 필요한 운영 및 기술성숙도에 도달하고 공통합의에 의해 지원되는 운영 변경 사항에 해당하는 경우, 계획 및 아키텍처 수준(레벨2)의 결과를 반영



자료: EUROPEAN ATM MASTER PLAN Implementation view, 2019

<그림 43> EU ATM의 3레벨 구분

<표 18> 유럽 항공전략 주요 내용

구분	주요내용
신흥시장 접근 강화	-다음 국가 및 지역과 EU 차원의 포괄적인 항공교통협정 체결을 위한 논의 개시 -ASEAN, 중국, 터키, 사우디아라비아, UAE, 쿠웨이트, 카타르, 오만, 멕시코, 아르메니아 등 -항공기 제조국인 중국 및 일본과 항공기 안전 양자협정 체결을 논의 -인도와 같은 중요한 항공 파트너와 새로운 항공대화(dialogue) 추진 -포괄적인 항공교통협정 체결 논의 시 공종경쟁에 관한 규정을 논의하고, 제3국으로부터의 불공정 관행을 검토
상공 및 지상에서의 규제 완화	-(유럽의회 및 이사회) 유럽단일영공(single european sky)을 신속하게 채택할 것을 촉구 -(집행위원회) 유럽단일영공의 완전한 시행을 위하여 회원국과 지속적으로 논의 -공항사용료지침(Airport Charges Directives) 개정의 필요성 검토
EU의 높은 기준 유지	-현재의 민간항공 안전에 관한 규칙(216/2008)을 대체할 '민간항공안전 분야에서 교통 규범을 위한 기본규칙수정안 (Revised Basic Regulation for common rules in the field of civil aviation safety)을 제안
사회적 아젠다 강화	-민간항공에 대한 분야별 사회적 대화 위원회(social dialogue committee)를 통해 사회적 대화를 지지 -EU 회원국 및 이해관계자와 함께 항공 분야 고용에 관한 분석을 강화 -항공분야 M-워커(Mobile Worker)의 고용계약에 대하여 적용가능한 법규 정비
승객의 권리 보호	-유럽의회와 이사회에 규칙 261/2004 (탑승거부·장기지연·취소의 경우 항공승객 권리에 관한 규칙)의 조속한 개정을 촉구
혁신과 디지털 기술의 수용	- '민간항공안전 분야에서 공통 규범을 위한 기본규칙수정안'의 일환으로 EU 역내에서 무인기의 안전한 운용을 위한 법적 제도를 제안 -유럽항공안전기구(European Aviation Safety Agency)를 통해 무인기 운용과 산업 표준에 관한 상세한 규칙을 마련
기후변화 정책에 기여	-단일유럽영공 항공교통관리 연구(Single European Sky Air Traffic Management Research)와 Clean Sky 2를 통해 지구의 기후변화 감소에 기여

자료: An Aviation Strategy for Europe, EUROPEAN Commission(2015.12.7.)

나. SESAR (Single European Sky ATM Research) 프로젝트

- SESAR 프로젝트의 장기 비전은 기술인프라의 최적화와 함께 gate-to-gate 관점에서 네트워크를 통해 항공 및 지상 행위자 간의 정보를 효과적으로 공유하여 비용적으로 효율적인 서비스 제공을 보장하는 고급 자동화 시스템이 가능
- EU SESAR Solutions 3rd edition('19)는 1) SESAR이 제공하는 솔루션, 2) 파이프 라인의 후보 솔루션, 3) On the horizon 등으로 구성

1) SESAR이 제공하는 솔루션

- '08년부터 '16년까지 운영된 최초의 R&D 프로그램(SESAR 1)에서 성숙도에 도달한 63개의 솔루션을 의무적으로 출시 필요
- 솔루션 중 다수는 Pilot Common Project의 프레임워크에서 유럽에서 동기화된 배포를 위해 요구되며, ANSP와 공역사용자는 적시에 조정된 방식으로 솔루션 의무 출시

2) 파이프라인의 후보 솔루션

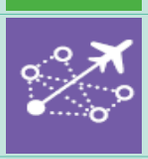
- SESAR1을 기반으로 79개의 솔루션이 개발 중이며, 솔루션의 일부는 '19년에 출시될 예정

3) On the horizon

- SESAR은 현재 진행 중인 R&D 외에도 새로운 아이디어, 개념 및 기술 조사를 통해 유망한 연구 아이디어를 발전시키고 보다 광범위한 작업 프로그램에 활용함으로써 미래 유럽의 항공산업의 글로벌 경쟁력 유지를 지원

- SESAR 솔루션은 유럽항공교통관리 마스터플랜에 요약된 필수 운영 개선사항을 충족하도록 설계된 새롭게 개선된 운영절차 또는 기술을 의미하며, 항공항법 서비스 제공업체(ANSPs), 규제기관, 공항운영자, 공역사용자, 군, 제조업체(공공 및 지상) 직원 조직 및 과학 커뮤니티를 포함한 광범위한 항공 이해관계자 간 공동연구 및 개발 결과
- SESAR 솔루션이 되기 위해서는 ① 종합공항관리, ② 고급항공교통서비스, ③ 최적화된 네트워크 운영, ④ 인프라 활성화 등 4개의 주요영역(핵심기능)에서 비즈니스 요구 충족 필요
- ICAO 및 GANP에 따라 개발되어 전 세계 ATM 환경에 적용 가능

<표 19> SESAR 솔루션 주요 영역(핵심 기능)

주요 영역(핵심기능)	내 용
 고성능 공항운영	종합 공항 관리, 원격타워, 활주로 처리량 기능, 내비게이션 및 라우팅 도구, 컨트롤러 및 조종사를 위한 공항 안전 경보 등
 고급 항공교통 서비스	시간기반 분리 및 유럽 웨이크 와류 재분류(European wake vortex recategorization, RECAT-EU), 더 나은 트래픽 시퀀싱, 자동화 지원 툴, 모든 차량 통합 등
 최적화된 네트워크 운영	ATC 공역 구성(섹터)을 관리하기 위한 동적 협업 툴, 작전 및 공역 사용의 예측 및 관리를 위한 민군 협력 등
 인프라 활성화	규모의 경제 및 원활한 서비스 제공을 촉진하기 위한 CNS 통합, 시스템 전반의 정보관리 거버넌스, 정보 교환을 위한 아키텍쳐 및 기술 솔루션 및 서비스 등

* 자료: SESAR Solutions Catalogue 2019 Third edition, SESAR Joint Undertaking

③ 항공교통 연결성 구축

④ 시장 경쟁 장려

⑤ 환경적 영향을 완화 하는 동시에 성장 지원

⑥ 혁신, 테크놀로지, 기술 개발 등

– 영국 정부는 특히 '여객(소비자)'을 중요하게 간주하여, 여객 경험 개선에 기여 할 정부의 정책적 조치와 산업계와의 협력 방안 등을 제시

– 영국의 유럽연합(EU) 탈퇴 이후에도 영국이 전세계, 특히 유럽과의 연결성을 강화를 위한 신규 노선 개발 예정

– 유럽연합과의 항공부문에 대한 전반적인 새로운 관계 형성을 도모하며, 전 세계적으로도 항공서비스 협정을 통한 노선확대 추진 등을 포함

나. 공역 현대화 전략 (AMS, Airspace Modernization Strategy)

● **영국 민간항공국(UK CAA, Civil Aviation Authority)은 '18년 12월 보다 빠르고, 조용하고, 친환경적인 항공 여행을 위한 공역 현대화 전략을 발표**

– 주요 내용은 공역 현대화의 필요성과 목적, 새로운 거버넌스 구조 하에서 주요 이해관계자들의 역할과 책임, 공역 현대화를 위한 주요 이니셔티브 등임

● **공역 현대화 필요성 증대**

– 공역에 대한 수요 증가, 일반항공과 드론 오퍼레이터 등 다른 공역 사용자들의 공역 접근 수요 증가, 공역 혼잡의 부정적인 영향을 줄일 수 있는 조치 마련에 대한 요구 증가 등에 따른 공역 현대화 필요성 증대

• 영국항공관제센터(National Air Traffic Services, NATS) 연구에 따르면, 영국 공영 내 비행횟수가 2015년 약 225만회에서 '30년 약 325만회로 약 44% 증가할 전망에 따라 항공기 운항지연 증가 우려

● **기존의 '11년에 발표된 미래 공역 전략(Future Airspace Strategy)을 대체하는 것으로 영국과 유럽연합의 관련 법률 및 정책을 바탕으로 '40년까지 영국의 공역활용 및 현대화를 위한 계획들을 제시**

● **공역 현대화의 주요 목표**

– 영국의 새로운 공역 현대화 전략은 보다 빠르고, 조용하며, 깨끗한 비행 실현을 목적으로 민간항공국과 영국 정부가 함께 할 공동 목표들을 제시

– 항공사들의 신규 항공편 추가 권한을 허용, 비행지연 저감, 영국경제 부흥을 위한 글로벌 교통연결성을 향상시킴과 더불어, 안전표준 개선 및 친환경적인 항공 발전이 목표

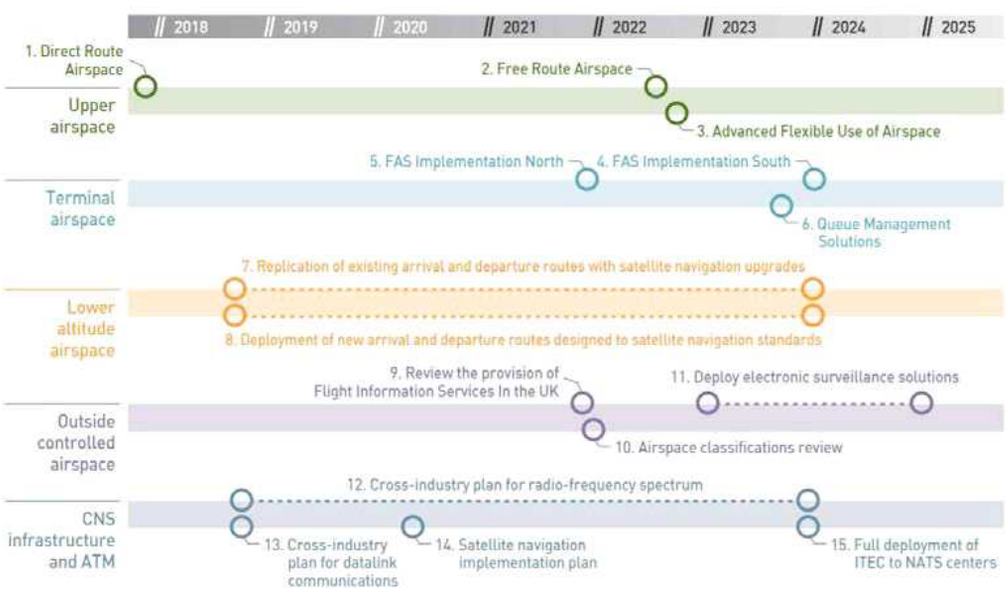
● 새로운 거버넌스 구조

– 교통부(Department for Transport)는 국가적인 정책 및 법률을 개발하고 영국이 관련 국제법과 정책 등을 준수하도록 보장하는 역할을 담당

– 민간항공국은 공역 규제기구이자 공역 설계변경 제안들에 대한 최초의 의사결정을 내리는 독립적인 의사결정기구로서, 영국정부는 '17년 10월 민간항공국에 공역 현대화를 위한 주요 감독기구로서의 역할을 부여

– 우선적으로 '24년 말을 목표로 공역의 설계, 기술, 운영을 현대화할 총 15가지의 추진전략을 통해 공역을 현대화할 방침

● 이에 NATS는 시간기반분리(TBS)기준을 개발하고, 히드로 공항에 세계 최초로 적용 중



출처 : Airspace Modernisation Strategy, CAA 2018

<그림 45> 영국 공역 관련 개발 타임라인('18~'25)

5. 일본

가. 교통안전대책기본법

- 일본 교통안전 최상위 계획으로 항공 분야에서 항공사고 제로화를 목표로 제시
- 2016부터 5년간 교통안전에 관한 시책의 골자로 『제10차 교통안전기본계획』을 정하여 항공사고를 미연에 방지하기 위한 시책 수립
  - 3가지 관점
    - 항공 안전 대책의 심화·고도
    - 항공 수요 증가에 대응 및 안전 유지·향상의 일체적 추진
    - 신기술·산업발전에 따른 안전행정의 새로운 전개
  - 9대 주요 시책
    - 항공 안전 프로그램의 추가 추진
    - 항공기의 안전 운항 확보
    - 항공기의 안전성 확보
    - 항공 교통 환경의 정비
    - 무인 항공기의 안전 대책
    - 항공 교통의 안전에 관한 연구 개발 추진
    - 항공 사고 등의 원인 규명과 재발 방지
    - 구조·구급활동의 충실화
    - 피해자 지원 추진
- 일본 국토교통성(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, MLIT)을 주축으로 항공안전 연구개발 수행을 진행
  - 연구개발 수행 결과는 ICAO 운영개념과의 연계 및 NextGen SESAR 계획과의 조화에 기반을 두고 있으며, 추진로드맵에 기반하여 관련 기술을 도입 중
  - 낙뢰, 화산재, 난류 등에 대해서 항공기 안전성을 확보하기 위한 각기 다른 분야의 전문가들이 협력하여 운항회사, 기업, 대학, 연구기관 등이 참여하는 “기상영향방어기술 연구에 관한 협정”을 2016년 체결하고, 국립연구개발법인 우주항공연구개발기구를 차세대 항공이노베이션허브를 협력거점으로 한 “기상영향방어기술컨소시엄(별칭 :WEATHER-EYE)를 설립하고 활동 중에 있음

<표 20> 교통안전대책기본법 – 9대 주요 시책

1. 항공 안전 프로그램의 추가 추진	
	1) 업무 제공자의 SMS(안전 관리 시스템) 강화
	2) 안전기준의 책정·재검토 등
	3) 업무 제공자에 대한 감사 등의 강화
	4) 안전 정보의 수집·분석 등
	5) 안전문화의 양성 및 안전감독 강화
2. 항공기의 안전한 운항 확보	
	1) 안전한 운항 확보 등에 관한 운항 기준 등의 정비
	2) 운수 안전 경영 평가 실시
	3) 승무원 정책 추진
	4) 음주에 관한 대책 강화
	5) 낙하물 방지 대책 강화
	6) 외국 항공기의 안전성 확보
	7) 소형 항공기 등에 관한 안전 대책의 추진
	8) 위험물 수송 안전 대책의 추진
3. 항공기 안전성 확보	
	1) 항공기·장비품 등의 안전성을 확보하기 위한 기술 기준 등의 정비
	2) 항공기 검사의 정확한 실시
	3) 항공기의 운항·정비 체제에 관한 적확한 심사의 실시
4. 항공교통환경 정비	
	1) 증대하는 항공수요에 대한 대응 및 서비스의 충실
	2) 항공 교통의 안전 확보 등을 위한 시설 정비의 추진
	3) 공항의 안전 대책 등의 추진
5. 무인 항공기의 안전 대책	
6. 항공 교통 안전에 관한 연구 개발 추진	
7. 항공사고 등의 원인 규명과 재발 방지	
8. 구조·구급 활동의 충실	
	1) 수색·구난 체제의 정비
	2) 소방 체제 및 구급 의료 체제를 강화
9. 피해자 지원 추진	
	1) 평시에 있어서의 대처
	2) 사고 발생시의 대처

나. 협동 작업 계획 (CARATS, Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)

● 일본의 항공교통 수요는 '40년까지 급증할 것으로 예상되며, 미래 항공수요에 대비하기 위하여 항공교통 시스템 혁신을 위한 협동 작업 계획 (CARATS, Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)을 2010년 9월 CARATS에 대한 장기비전 수립

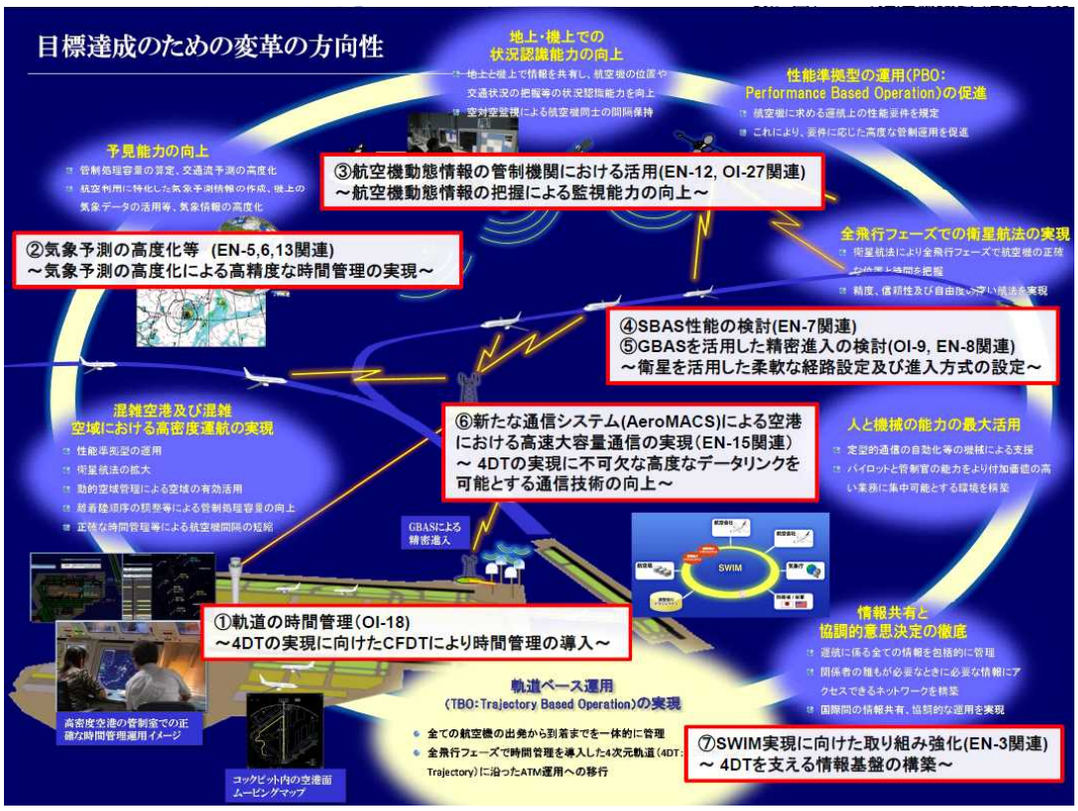
– 본 계획은 일본 항공정책의 주요 분야인 '항공네트워크 구축' 중 항공교통시스템 구축에 해당하는 내용으로 국제 기준과 연계한 차세대 항공교통시스템을 구축 및 수용능력 강화를 위해 수립
→ (1) 안전 개선, (2) 항공 교통 개선, (3) 운영 효율성 향상, (5) 환경 고려 사항, (6)항공 보안 운영의 효율성 향상, (7) 항공 부문에서 일본의 입지를 개선하기 위한 수치 목표, 평가지표 및 이니셔티브 적극지원하며, ICAO의 글로벌 ATM운영 개념에 포괄적으로 대응함

– 안전성 확보, 에너지 절감, 효율성 증대 등의 목표로 이행
  • 안전도 5배 향상, 관제 처리 능력 2배 증대
  • 연료소비량 및 CO2 배출 10% 감소(항공기 1편당), 사용자 편의성(비행시간 감소 및 정시성) 10% 향상, ATM 서비스 생산성 50% 향상
  • 항공교통분야에서의 일본 지위 향상 등 궤적 기반 ATM으로의 이행

<표 21> CARATS의 항공교통시스템 혁신 방향

구분	내용
주요 내용	– 미래 운영개념 현실화를 위한 정책/법규 개선 renovation – 효용대비 계량적 목표 제시 및 단계별 결과 모니터링 – 추진과제의 단계별 이행을 위한 64개의 로드맵 구축
세부 내용	– Time Based Operation 구현 (핵심 추진 과제) – 예측 능력 증대 -항공교통제어 능력, 교통량 예측, 기상 예측 – 성능 기반 운영 (PBO) 증대 – 모든 비행 단계에서의 위성 기반 항법 이행 – 지상과 공역에서의 상황 인식 능력 증대 – 인간–기계 능력 사용의 최대화 – 정보 공유 및 협력적 의사 결정 – 혼잡한 공역과 공항에서의 고밀도 운영 실현

* 자료: 일본 국토교통성 홈페이지, Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems(CARATS)



자료: 일본 국토교통성 홈페이지, Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems(CARATS)

<그림 46> CARATS의 항공교통시스템 계획

- 2021년 3월 CARATS 사무국 중점적으로 추진해야 할 시책(중점 7시책) 선정 및 CARATS로드맵 변경 추진 중

① 궤도 시간관리(OI-18)(혼잡공항 및 혼잡 공역에 있어서 고밀도 운항의 실현)

② 기상예측 고도화 등

- 기상예측 고도화에 따른 고정도인 시간관리 실현(EN-6,7,13 관련)

③ 항공기 동태 정보 관제기관에서 활용

- 항공기동태 정보 파악에 의한 감시능력 향상(EN-12,OI-27관련)(지상, 기상에서의 상황 인식능력의 향상)

④ SBAS성능의 검토(EN-7 관련)(성능준거형 운용)

⑤ GBAS를 활용한 정밀진입 검토(OI-9, EN-8 관련)

- 위성을 활용한 유연한 경로 설정 및 진입방식의 설정 (전기행 Phase로의 위성항법 실현)

⑥ 새로운 통신 시스템(AeroMACS)에 의한 공항에서의 고속 대용량 통신의 실현(EN-15관련)

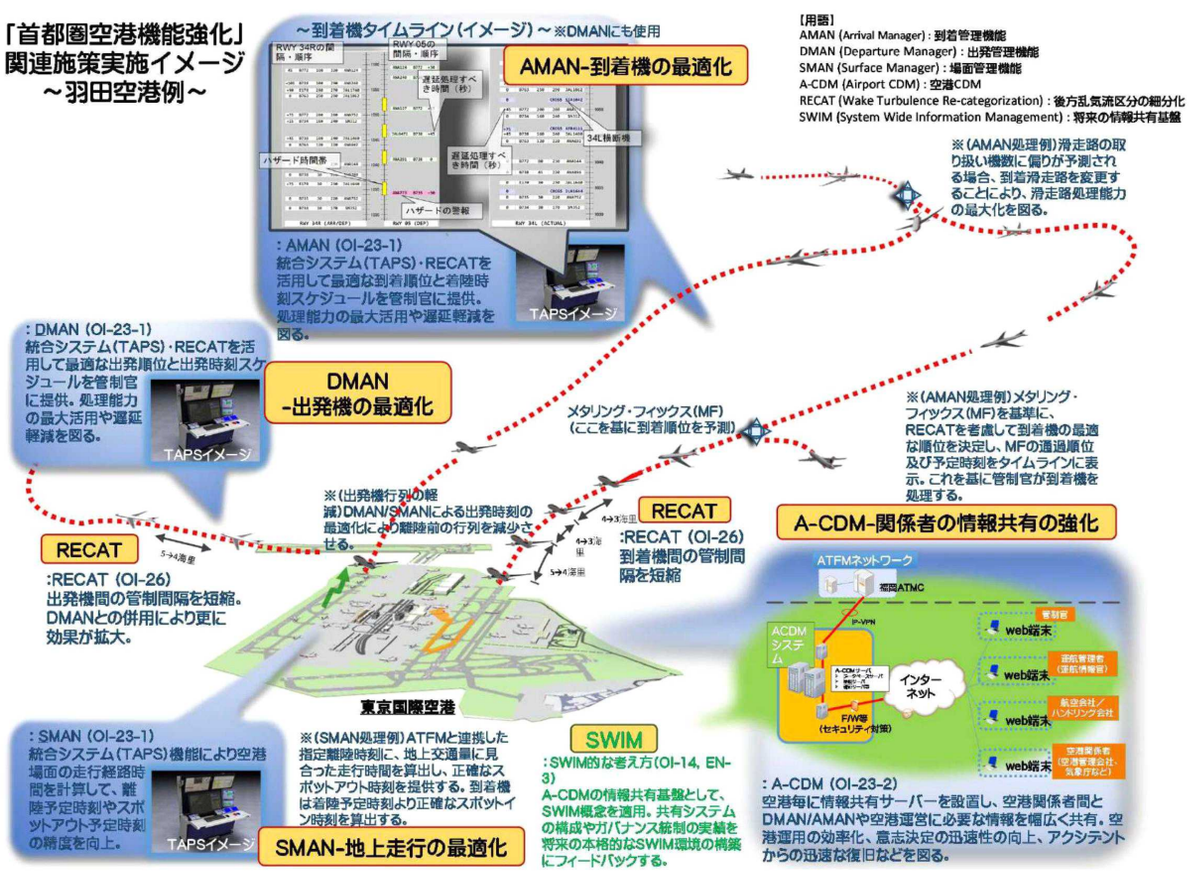
- 4DT의 실현에 불가결한 고도한 데이터링크를 가능하도록 통신기술의 향상(사람과 기계의 능력 최대활용)

⑦ 정보공유와 협조적의사 결정의 철저(SWIM)

分類			施策数	2010年	2015年頃	2020年頃	2025年頃
OI	空域編成	柔軟な空域運用	8	可変セクターの運用 訓練空域の動的管理	動的ターミナル空域の運用 高高度でのフリールーティング	リアルタイムの空域形状変更 フローコリドーの導入	
		性能準拠型運用	4	RNP AR進入・出発	高精度かつ時間軸を含むRNP		
	運航前	協調的な軌道生成	5	継続的な上昇・降下の実現	協調的な運航前の軌道調整	全地点でコンフリクトのない軌道生成	
	運航中	リアルタイムな軌道修正	5	飛行中の初期的な時間管理	合流地点での時刻ベースメタリング	システム支援によるリアルタイムな軌道修正	
		高密度運航	14	空港面運用の高度化 定型通信の自動化による処理能力向上	空対空監視の活用		
		情報サービスの向上	2	機上における情報の充実、運航者への情報サービスの向上			
	運航後	安全情報等の共有と活用	1	安全情報の蓄積・分析・評価		リアルタイムリスクマネジメントの実現	
EN		情報管理	3	情報処理システムの高度化、情報共有基盤の整備(SWIM)			
		航空気象	3	気象情報の高度化(予測精度の向上等)			
		航法	2	全飛行フェーズでの衛星航法の促進(GBAS, SBAS)			
		監視	8	監視能力の向上(WAM, ADS-B等)			

OI : Operational Improvement(운영개선에 관한 시책), EN : Enabler (운영개선 실현에 필요한 기술 등에 관한 시책)

<그림 47> CARATS로드맵(2018년도 개정)



<그림 48> 수도권 공항 기능 강화 계획 (RECAT/AMAN/DMAN/A-CDM/SWIM/SMAN 적용)

6. 중국

가. 제13차 민용항공 발전 5개년 계획(2016~2020)

- **'20년까지 전면적인 소강사회(小康社會) 건설을 발전 목표로 안전하고 간편하며, 효율적인 친환경 첨단 항공시스템을 구축할 것을 선언**
- **발전 목표를 위한 주요 6대 전략 및 내용을 제시**
  - (6대 전략) 지속적인 항공안전 보장, 국제 종합 항공 체계 구축, 항공서비스 능력(품질) 제고, 항공교통관리 서비스 수준 제고, 개혁과 혁신으로 구조 전환 추진, 본 계획의 성공을 위한 보장 조치 이행

(1) 지속적 항공안전 보장

- ICAO가 권고하는 최신 안전관리방안의 도입 및 ASBU에 따른 차세대항공교통시스템 기술 도입, 현재 개발 중인 중형, 대형항공기 개발과 더불어 검증(인증) 센터 업무 확대를 동치 추진 등

(2) 국가 종합 공항 체계 구축

- 3단계 허브전략(세계 정상급 3개, 국제허브공항 7개, 지역허브공항 29개 지정)을 통해 최상위 공항부터 전략적으로 자원을 배분할 예정이며, '20년까지 약 50개 이상의 신규 공항 건설을 위한 예산 확보 및 사회자본 참여를 독려할 계획(혼합소유제 개혁)

(3) 항공서비스 능력(품질) 제고

- 국제 네트워크의 확장, 항공물류의 발전, 항공사 및 공항 정시율 강화, 범용(일반) 항공 발전을 제시

(4) 항공교통관리 서비스 수준 제고

- 국제민간항공기구의 ASBU(Aviation System Block Upgrade)에 따른 차세대 항공교통시스템의 총괄 추진 및 민·군 공역 개편, 주요 국내선의 일방향 순환 대통로(一方向順循.大通道), 공역분류 기준 제시 등을 명시

(5) 개혁과 혁신으로 구조 전환 추진

- 과학분야, 민용항공, 전문인력양성, 친환경 정책, 국제 경쟁력 등 항공 분야 전반의 발전을 추구하기 위하여 연구기관 설립, 민간투자 유치, 고급인력양성·기술지원 체계 마련, 온실가스 감축 표준 체제 마련 등을 제시

(6) (보장 조치)

- 본 계획의 성공적인 목표 달성을 위해 '당의 지도(리더십) 강화', '정책적 협력', '계획 실시 체제', '정책 자금(예산)보장' 제시

나. 제14차 민용항공 발전 5개년 계획(2021~2025)

● 민간 항공 기반 시설 집중 건설 및 항공노선 확장에 따른 병목현상 해결을 위한 스마트 민간 항공 발전 기회 및 개발 방법을 도입, 세계적으로 경쟁력 있는 공항 시스템 구축

– 항공교통량 증가율이 가장 높은 중국은 교통량 수용을 위해 추가적인 공항 30개 이상신설
  • 상하이, 광저우, 선전, 서안, 중경 등 25년까지 공항수용능력을 총 20억명까지 늘림

– 허브공항 경쟁력 강화를 위한 스마트공항 건설 및 항공화물 수송능력 향상을 위한 전용 물류시설 구축

다. 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)

● 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시

– 항공교통량 증가율이 가장 높은 중국은 교통량 수용을 위해 추가적인 공항 건설 및 항공사 설립 등을 추진하고 데이터 처리시설을 증축함에 따라 중국 전역 감시 체계 강화 예정

● CAAMS의 이행을 통한 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환이 최우선 해결 과제로 대두되어 '30년까지 4단계의 프레임워크* 별로 이행이 가속화될 전망

– 1단계 프레임워크: 전략, 포지셔닝, 미션과 비전을 포함하는 목표 수준을 제시

– 2단계 프레임워크: 정책, 법규, 운영기준 및 전략적 운영을 위한 세부 기준 수립

– 3단계 프레임워크: 총체적 목표, 운영개념, 서비스 역량 및 인프라 구성

– 4단계 프레임워크: 상위 단계를 지원 및 보장

(1) (중점과제1)

– 공역 자원의 관리 및 활용, 공역수용량 확대 및 미래 항공교통 수요 충족을 위한 계획 수립

(2) (중점과제2)

– 시스템 지원 역량 및 서비스를 강화하고 항공기 안전을 보장하며 운영 효율성을 향상시켜 지연 최소화

(3) (중점과제3)

– 항공운송에서의 협력관계 수립을 위하여 안전과 효율성에 집중된 ATM–항공사–공항 간의 협력적 의사결정을 위한 메커니즘 및 정보 교환 플랫폼 수립

(4) (중점과제4)

– ATM 역량 강화를 위한 신기술의 도입 및 적용

<표 22> CAAMS 구축 단계 (3단계)

구분	내용
총체적 목표	– (안전) '15년 수준 대비 항공교통제로 인한 항공기 사고 방지, 항공기 1만대 당 사고율 10% 감소, 항공기 1만기 당 관제 오류 20% 감소 – (수용량) 관제로 인한 지연시간 5분 이내로 제한, – (효율성) 종합적·효율적으로 예측 가능한 항공운송 서비스 제공, 톤/킬로미터 당 CO2 배출율 10% 감축 – (서비스) 일반항공에 대한 서비스 개선
운영개념	– 공역관리, 교통흐름협력관리, 혼잡공항운영, 4D궤적기반운항, 다중분리관리, 민군합동운영, 성능기반서비스
서비스 역량	– 공역구축, 공역관리, 교통흐름시스템, 혼잡공항에서의 협력적 의사결정, 항공교통관제통합, 4D궤적기반운항관리, 협력적 항공교통관제 서비스, 교통혼잡관리, 민군 교통관제 융합, 일반항공 서비스, 협력적 정보 환경, 성능기반 커뮤니케이션, 항행 및 감시, 항공기상서비스, 항공정보관리, 안전관리시스템 및 긴급재난복구 시스템
인프라	– 항공교통센터(ACC) 설립, 교통흐름관리센터 설립, 운항관제 전자시스템 구축, 정보관리 시스템 구축, 자동화 시스템 구축, 통신시설 구축, 항행시설 구축 및 감시시설 구축, 기상장비 도입, 항공정보관리 시설 도입, 교육·훈련시설 및 보안시설 구축

● 공항 항공기 후류 재분류(RECAT-CN) 시험 운영

– 2019년12월 중국 민간항공국 항공교통관리국 광저우와 선전공항에서 항적 재분류 관제 시험 운영 시작

• RECAT-CN 표준 초안 작성 및 활주로 용량 향상비율 분석

• RECAT-CN 적용 시, 효율성이 크게 향상되지 않으나, 중량 항공기 비중 증가 시 운영효율성 높일 것으로 전망

– ICAO 새로운 항공정보 발표에 따라 중국 민간항공관리는 베이징 수도, 베이징 다싱, 상하이 홍교, 상하이 푸동, 항저우 샤오산, 난징 루커우, 정저우 신정 등 12개 공항에서 항공기 항적 재분류 시험 시행, 본 시범 운영 이후 공항의 활주로 수용능력 증가 예상

<표 23> 중국 내 후류 재분류에 따른 수용량 증가율 비교

표준분류	CAAC	RECAT-EU	RECAT1.5	RECAT2.0	RECAT-CN
km	6.1795	4.7848	4.8795	4.8795	6.1738
활주로용량 향상 비율	–	29.15%	26.64%	26.64%	0.09%

7. 국내

가. 윤석열 정부 110대 국정 과제 ('22~'26)

- 모빌리티 시대 본격 개막 및 국토교통산업의 미래 전략산업화를 과제로 국토교통 산업의 혁신을 통해 4차 산업혁명 시대의 미래 먹거리로 육성하고, 역동적 경제성장을 지원
  - (미래 모빌리티 육성) 완전자율주행('27), UAM('25) 상용화를 위한 인프라, 법·제도, 실증기반 마련, 전기·수소차 클러스터, 인증·검사정비체계구축(인프라) C-ITS, 정밀도로지도, 버티포트 등 (제도) 안전·보험·보안 (실증) 임시운행허가, 시범운행지구 등- 민간이 모빌리티를 비즈니스 모델로 혁신할 수 있도록, 규제특례등법·제도를 마련하고, ICT 기반 국토교통 빅데이터 공개 확대
  - (항공강국 도약) 코로나19로 인해 위축된 항공산업의 조속 정상화를지원하고, 정비산업 육성·해외 공항 수주 등을 통해 글로벌 항공위상제고
- 항공 난류 관리 기술은 '미래모빌리티 육성'을 위해 필요한 사업으로 관련 인프라 및 제도, 실증이 뒷받침되어야하는 분야로 ICT기반 항공난기류 데이터 분석 및 빅데이터 등을 공개하여 기상분야 및 항공관제시스템 기업의 새로운 먹거리 사업 창출에 기여 할 것으로 예상
- '항공 난류 관측시스템 자립화 기술개발'는 항공교통안전기술 국산화를 통한 장비 수출 및 공항관제시스템에 기술적용을 통해 국민 안전 증진에 기여가 높은 사업임

나. 제5차 과학기술기본계획 정책방향 발표('23~'27)

- 본 계획은 22년말 발표 예정으로 코로나19 이후 급격한 디지털 전환으로 인해 경제·사회 전반의 변화가 발생하였고, 기술패권·기후변화 등 새로운 글로벌 현안이 대두에 대응하기 위한 정책 제안
- 기술 측면에서는 미·중·EU 등 주요국 정책동향을 바탕으로 정부 차원에서 발굴된 국가전략기술 분야를 제시하고, 각각의 기술 분야에 대해 국내외 동향, R&D 현황 및 취약점 등을 분석하여 우리의 대응방향을 제안 계획

<표 24> 분야별 현황분석 및 미래예측

구 분	현황 분석	미래 예측
기 술	미-중 기술패권 경쟁 심화	우방국 중심 기술블록화, 기술규제 확대
경 제	세계시장 지역화, 산업·일자리 격변	국가 간 격차 확대, 양극화 심화
사 회	인구절벽시대 진입 비대면생활 일상화	지역소멸 현실화, 사회적 갈등 확대
환경·안보	탄소중립 노력, 위기의 일상화	환경보전·위기대응을 위한 범세계적 노력

다. 제4차 과학기술기본계획('18~'22)

- 항공산업을 집중적으로 다루는 전략/중점 추진과제는 없으나, 유·무인 자율 비행체 기술 및 통합 관제시스템 기술을 중점과학기술로 선정하여 관련 정책을 지원
- 18년 새롭게 수립된 제4차 과학기술기본계획은 '40년의 미래모습을 달성하기 위한 향후 5년간('18~'22)의 과학기술 혁신정책을 제시하며, 4대 전략/19대 추진과제로 구성

  – 4대 전략

  (1) 미래도전을 위한 과학기술역량 확충

  (2) 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성

  (3) 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출

  (4) 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현

  – 과학기술기본계획 실현을 위한 중점기술 13종을 추가하여 총 133개 중점과학기술을 선정하였으며, 항공 분야는 자율 비행체 관련 기술 및 시스템을 포함

<표 25> 기본계획 실현을 위한 133대 중점과학기술(항공분야)

대분류	중분류	중점과학기술
우주·항공·해양 (7)	우주	우주발사체 개발 및 운용기술 우주환경 관측·감시·분석·기술 우주탐사 및 활요기술
	항공	유·무인 통합 자율 비행체 기술 유·무인 자율 비행체 통합 관제세스템 기술
	해양·극한지	지속가능한 해양공간 개발 기술 극한공간 인프라 기술

출처 : 과학기술정보통신부, 제4차 과학기술기본계획, 2018

라. 제3차 항공정책기본계획('20~'24)

- 항공수요가 급격히 증가하는 만큼('18년 여객 1억 명 돌파) 이에 대응하는 항공안전 정책체계(예산·인력·법령 등)를 공고히 갖추어 안전에 대한 무결점의 대응 필요
- 미래항공산업의 혁신적 패러다임을 구축하고, 빅데이터 AI 등 4차 산업기술 활용 등 5대 전략 30대 핵심과제로 기본방향을 제시
- 제2차 항공정책기본계획 성과평가, 우리 항공산업의 현황, 대내외 여건 전망을 바탕으로 항공정책 패러다임 전환방향 제시

  – 미래항공산업의 혁신적 패러다임 구축

  – 스마트 체감형 및 보편적 무단절 항공서비스 구현

– 전후방 연계 종합산업 생태계 조성

– 공항을 지역경제 기업 성장의 플랫폼으로 구축

– 빅데이터 AI기반 무결점 항공 안전과 보안 실현



출처: 국토교통부, 제3차 항공정책기본계획, 2019

<그림 49> 제3차 항공정책 기본 계획

● 항공교통 데이터를 수집 · 처리 · 관리 · 활용 할 수 있는 항공교통 관리 데이터센터(ATM Bank) 구축(~'23)

● 교통량, 기상, 항공기 성능 등 운항 영향 빅데이터 분석을 통해 항공사 및 관제기관 의사결정 지원 기술 개발(~'24)

– 비행단계별 시간관리 최적화 등을 통해 항공기 지연감소 등 국가 항공 수용량을 높이고, 미래 디지털무인 항공시스템 변환 준비

<표 26> 5대 전략 30대 핵심과제 (5번째, 항공안전)

전략목표	추진과제
빅데이터·AI기반 무결점 항공 안전과 보안 실현 (PeCOM 전략*) * 빈틈없는 빼꼼한 안전 시스템 구축	5.1 자율과 견제의 균형 있는 항공안전문화 조성 (Self to Collaboration)
	5.2 선제적 항공안전 역량 강화 (Organization to Intellectuals)
	5.3 빈틈없는 항공보안 관리체계 구축 (Effective to Complete)
	5.4 미래형 첨단보안 장비 성능인증 체계 구축 (Basic to Competitiveness)

출처: 국토교통부, 제3차 항공정책기본계획, 2019

마. 국가항행계획(NARAE) 2.0

● 항공교통을 안전하고 효율적으로 처리하기 위한 운영, 시설, 제도 등에 대한 국가차원의 종합계획을 수립

● ICAO는 주기적인(3년) 세계항행계획(GANP*) 변경 및 아태지역 항행 계획 수정을 통해 국제정책 기준 등 항행환경변화를 적극 반영 중

● 국제기구 계획 등을 반영한 선진형 항공교통시스템 구축 및 고도화를 추진하고, 2차('17.3, '18.12)에 걸친 수정 및 NARAE 추진위원회 구성·운영

● (항공교통 증가) 교통량 처리를 위해 흐름관리 등 여러 방안을 추진 중이며, 공역의 탄력적 공역운영 환경 조성을 위해 민 군 협력 진행

– 지난 10년간 항공교통량은 약 2배 증가하였으나, 관제사의 경험과 능력에 따른 수동적인 출 도착 순서 배정으로 교통량을 처리 중

• 항공교통량 추이: 48.5만대('10년)→58.5만대('13년)→73.9만대('16년)→84.2만대('19년)

● 컨트롤타워와 데이터 시스템 기능을 강화한 '국가항행계획 2.0'을 통해 코로나 이후 교통량 급증에 선제적 대비 및 효율적 투자 필요

● 5대 추진전략 중, "수요자 중심의 예측 가능한 공항공역 운영"에서 활주로 항공난류 분류 기준 세분화를 통한 수용량 증대 방안 제시

– 공항의 이 착륙시 분리를 최소화하고, 활주로 점유시간 및 지상이동 개선 등을 통해 항공교통의

효율 지연은 대폭 개선(수용량 증대) 가능. 특히, A-SMGCS[15] 등을 통해 공항 지상운영의 안전과 효율도 확보 가능

- 항공기술 발달에 따라 미국, 유럽 등은 항적난기류의 분리기준 재조정(RECAT)[16]을 통해 활주로 수용량 증대에 기여 중으로 국내 도입 필요

15) A-SMGCS (Advanced-Surface Movement Guidance and Control System)
16) RECAT(RE-CATegorization) : 현행 항공기 무게에 따른 4등급의 분리기준과 별도로 항공기 무게와 날개 폭을 적용하여 분리기준을 세분화

〈 비 전 〉

데이터·시스템 지원을 통해 끊김없고 안전한 최적 비행 보장

목표	기존('19년)	~ '24년(단기)	~ '42년(중장기)
◈ 운항효율성 증대	국내 63분, 국제 97분	(국내)62.7분, (국제)96.7분 (비행시간 0.5%↓)	(국내)56.7분, (국제)87.3분 (비행시간 10%↓)
◈ 처리교통량 증대	전체운항 84만편	84만편 (ATM 교통량 회복)	169만편 (ATM 교통량 2배↑)
◈ 이용자 편리 개선	출·도착 76%	출·도착 77% (정시성 1%↑)	출·도착 92% (정시성 20%↑)

추진전략	세부 목표
수요자(항공사) 중심의 예측 가능한 공항·공역 운영 (운 영) Operational	1 민·군, 국제 협력을 통한 유연한 공역 운영 2 4D 개념의 궤적기반운영 체계 구축 3 운영 개선을 통한 수용량 증대
데이터 기반의 과학적 항공교통관리 (정 보) Information	1 디지털 항공정보 체계 구축 2 항공정보 데이터 종합관리체계 구축·운영 3 데이터 기반의 항공교통관리 의사결정 지원
최적의 항행환경 구축을 통한 수용성 확대 (기 술) CNS Tech	1 디지털 기반 항행환경 조성 2 위성을 통한 항행시스템·감시성능 향상 3 조난항공기 안전관리체계 구축
신기술·신비행체를 적용한 新항공교통관리 체계 구축 (전략과제) New Tech	1 UAM 등 신비행체 교통관리 시스템 구축 2 AI·XR 기반의 원격 관제서비스 제공
포스트 코로나 대비 항공교통관리 강화 (특별과제) Post Covid-19	1 직선비행로 확대로 항공사 부담 경감 2 관제 기능 향상으로 관제업무 최적화 3 항공교통관리 조직 및 인력운영 고도화

출처: 관계부처 합동, 국가항행계획(2.0), 2021

<그림 50> NARAE 목표 및 추진전략

추진과제		구성기술	개념도
ATM 성능평가 및 운용효과 분석기술	① ATM 성능평가 관리기술	ATM 성능평가 목표·지표 검증과 개발 ATM 성능평가 적용 기술 개발	
	② ATM 운용효과 분석기술	ATM 지연원인, 경제적 효과, 환경영향 분석 기술 개발 및 의사결정 지원도구 개발	
수용량 예측기술	③ 관제기관별 수용량 예측기술	관제기관별(공항/접근/항로) 전략적 단계 및 전술적 단계의 수용량 예측	
	④ 관제기관 통합 수용량 예측기술	관제기관 통합 수용량 예측, 시뮬레이션 기반 검증기술 개발, 전략적 SLOT 배정기술 등	
4D 궤적기반 흐름관리 운용기술	⑤ 4D 궤적 예측 및 시뮬레이션 기술	데이터 및 항공기 성능 모델 기반 4D 궤적 예측, 4D 궤적 기반 항공교통 시뮬레이션	
	⑥ 흐름관리 제한사항(TMI) 모델링 기술	지상 지연, 시간분리, Fix balancing, Slot 교환·재배정, 항공로 우회 프로그램 등	
	⑦ 항공교통 통합 스케줄링 기술	全공역 항공교통 통합 스케줄링, 공항 출도착 관리시스템과 연계·통합 등	
	⑧ 항적·비행계획 자료 처리 및 흐름관리 모니터링 기술	항적·비행자료 처리용 Traffic Situation Display, Dash-board 기반 흐름관리 모니터링 기술, AI기반 흐름관리 예측기술 등	

출처: 관계부처 합동, 국가항행계획(2.0), 2021

<그림 51> ATM 의사결정지원체계 운영개념

바. 항공안전데이터분석센터 구축 및 운영 (2021년 5월)

- 정부기관, 항공사, 관제기관, 공항공사에서 개별적으로 관리해오던 데이터를 범국가적 차원에서 수집, 통합·분석함으로써 개별 분석만으로는 식별하지 못하는 안전 취약점을 진단하여, 항공안전 경향성 등 각종 안전정보를 생산, 정부와 업계 이해 관계자들이 선제적인 안전조치를 취하도록 지원
- 공공기관의 데이터를 연계·통합하고, 2024년까지 관제기관, 항공사 등 항공서비스 제공자들이 보유한 안전데이터를 통합 분석하는 항공안전 빅데이터 플랫폼 구축
  - 항공기 기종/기령별 고장 경향, 운송사업/사용사업 등 운항 특성에 따른 장애 경향, 공항, 공역/항로, 항공기상 및 인력 등 운영여건·환경에 따른 안전사건 발생 추이 등

8. 소결

- ICAO는 가입국들이 단계적으로 이행해야 할 미래항공시스템 가이드라인을 제시하고 있으며, 한정된 인프라로 교통량을 처리하기 위해 데이터에 기반한 과학적인 접근법을 항공교통관리 정책 수립에 활용할 것을 권고
- 각국의 항공 정책은 ICAO의 가이드라인에 따라 미국은 NextGen, EU는 SESEAR 프로젝트, 일본은 CARATS, 중국은 CAAMS 등 각국의 특성을 반영한 안전 및 효율성 증대를 위한 정책을 수립하고 이행하고 있는 상황
- 각국의 이행 계획에는 후류 요란 분기 기준 개선을 통한 공항 수용량 증대 방안을 수립하여 이행하고 있으며, 미국, 영국, EU 등은 RECAT, TBS 등 시범 도입 및 운영으로 효과성을 확인하고 있는 상황
- 국내의 경우, 국가항행계획 수립 등을 통해 ICAO의 가이드라인에 따르는 정책 수립과 이행을 하고 있으나, 항적난기류의 분리기준 재조정을 통한 활주로 수용량 증대에 대한 이행 실적은 주요 선진국에 비해 진행 정도는 미진한 상황
- 국내는 항공사, 공항운영자, 관제기관, 기상청 등 기관별로 데이터가 산재하여 연계 융합 활용을 위한 플랫폼 구축을 위해 디지털 뉴딜 정책의 일환으로 항공안전분야에서의 데이터 댐 역할을 추진할 수 있는 항공안전데이터센터를 구축 운영으로 향후 항공교통 선진화를 위한 기반은 확보되어 있어, ICAO 정책에 부합하기 위한 운영 기반은 확보된 것으로 판단
- 이에 항공 안전 제고와 공항 수용량 제고를 위한 관련 정책과 기술개발 추진 필요

제3절. 국내・외 시장 현황 및 전망

1. 세계 시장

가. 항공교통 관리 시장

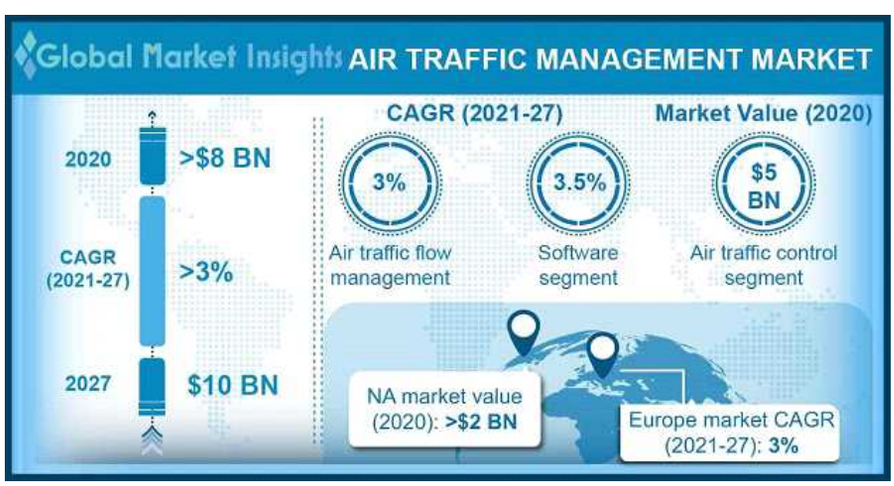
● 세계 항공교통관리 시장 규모는 '20년 기준 80억 달러 규모이며 21년~27년사이에 연평균 3%로 성장하여 '27년에는 100억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망

– 신공항 건설 및 개조/개발을 위한 공항 및 정부 당국 투자 증가에 의해 시장 주도함

• 2020년 항공교통관제시스템 공항 채택 50억달러 수익 초과

– 항공 교통관리 시장은 COVID-19 전염병의 확산 확산으로 인해 2020년 1/2분기 동안 성장 부진 등 ATM시스템의 산업통계에 큰 영향을 미쳤음

– 노동력과 원자재 부족을 포함한 시장요인으로 새로운 항공 교통관리 솔루션의 개발 및 설계에 문제 발생되었으며, 이는 수요과 공급에 큰 격차가 생겨 산업통계에 영향



자료 : Global Markte insights, 2020

<그림 52> 항공교통관리시장 규모(`21~`27년)

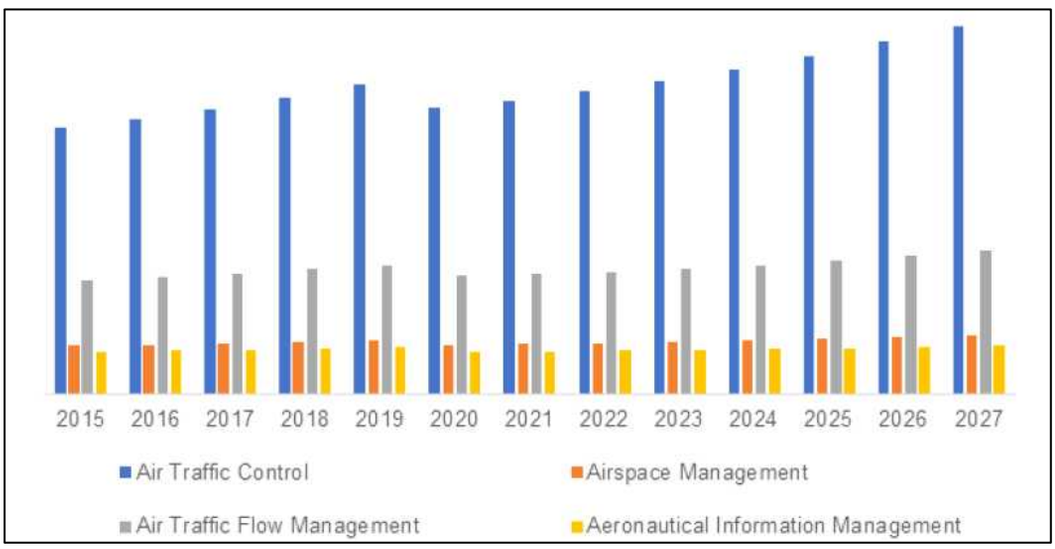
● 소프트웨어 부문은 항공교통관리 솔루션의 기술 혁신 증가로 인해 2026년까지 약 3.5% CAGR의 높은 성장률 전망

– 항공교통관제 소프트웨어는 불규칙한 기상상황에 비행지연을 줄이는데 중요한 역할을 담당하며 항공교통관리시스템의 ICT 기술사용 증가(기내 항공기 제어시스템, ATM시스템 및 공항 내부 컴퓨터 시스템) 시장 성장 확대되고 있으나 ATM시스템을 통한 데이터 전송과 관련된 사이버 보안 위협의 위험 존재

– 기술 제공업체는 공항 효율성을 향상하고 항공사의 원활한 운영을 가능하게 하는 혁신적인 솔루션을 제공하는 데 집중하여 시장 침투 확대에 기여

- 공역 혼잡 증가로 항공교통관제 소프트웨어 시장 성장 지원

– 예) 19년 4월 프리퀀티스와 선힐로 공동으로 UAV조종사와 항공교통관제장치 연결 위해 진보된 기술의 UAS커넥터 시스템 구축



자료 : www.gimsights.com

<그림 53> 항공교통관제 시스템 시장 규모, 2015~2027(USD Million)

● 북미 항공 교통관리시장은 '20년 약 20억달러로 '27년까지 높은 성장률 기록 예상

– 정부와 공항당국이 착수한 중요 이니셔티브는 지역시장 성장 지원, FAA(연방항공청)는 북미국가의 다른 규제기관과 함께 항공교통관리운영 감독책임을 맡고 있으며 항공승객 수요증가에 따라 개선된 시설을 고객에게 제공하기 위해 공항의 항공 교통관리 솔루션 수요 증가

- 미국 FAA는`18년 21개 이상의 항로 교통센터와 약518개의 항공 교통관제탑을 운영하여 150개 이상의 여객기로 서비스를 확장하였으며, 항공교통관리국의 인프라 개선투자로 인해 시장점유율이 확대되고 있음

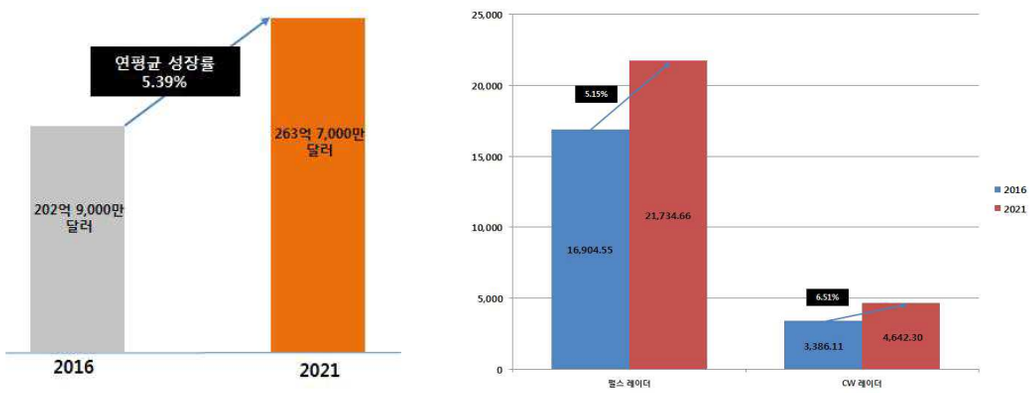
● 주요 제조업체(Lockheed Martin Corporation, Raytheon Company, BAE Systems, Thales Group, Northrop Grumman Corporation, Honeywell International, Inc. 및 Leonardo SpA 등)는 시장점유율을 높이기 위해 파트너쉽 및 계약에 중점

– `20년 12월 Leonardo Spa는 항공 및 기상 관측용 LiDAR 기술개발에 투자 자금 조달을 위해 유럽투자은행으로부터 2억 2,470만달러의 자금 지원을 받아 기술 역량을 강화. `20년 9월 BAE system 은 Aerion Supersonic과 새로운 AS2초음속 제트기의 비행제어(Fly-by-Wire) 시스템 계획, 개발 및 통합하여 시장 수익 가속화

나. 항공난류관측시스템 시장 규모 및 전망

● 핵심 기술인 레이더 및 LIDAR 시스템 시장 규모 전망

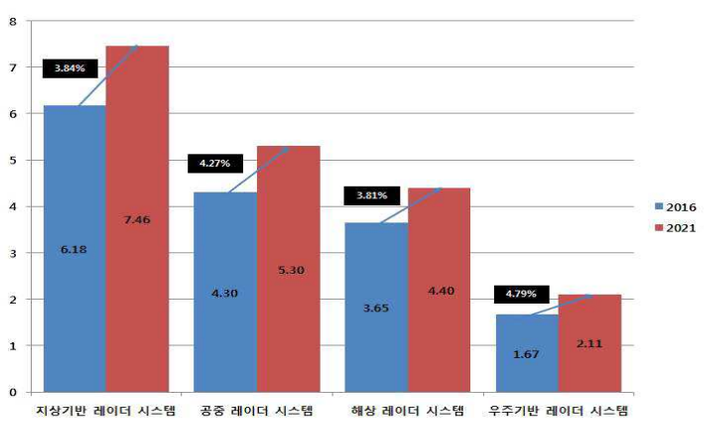
– 전 세계 레이더 시스템 시장은 2016년 202억 9,000만 달러에서 연평균 성장률 5.39%로 증가하여, 2021년에는 263억 7,000만 달러에 이를 것으로 전망



자료 : Marketsandmarkets, Radar Systems Market, 2016

<그림 54> 글로벌 레이더 시스템 시장의 기술별 시장 규모 및 전망

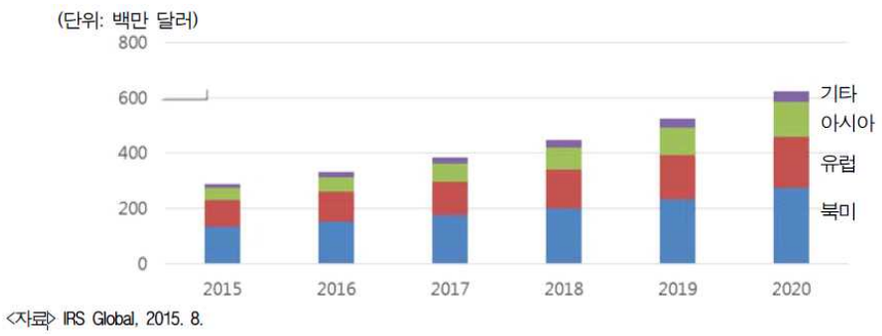
– 전 세계 레이더 시스템 시장을 용도별로 살펴보면 방위산업용, 상업용으로 구분되며, 2016년을 기준으로 방위산업용이 56.08%로 가장 높은 점유율을 차지하였고, 상업용이 43.92%로 나타남



자료 : Technavio, Global Radar Systems and Technology Market, 2017

<그림 55> 분야별 레이더 시스템 시장 성장 전망

– IRS Global 2015년 8월 LiDAR 시장전망보고서에 따르면, 2015년 2.9억달러 수준인 세계 LiDAR 시장은 `20년까지 17% 연평균 성장률을 보이며 6.2억달러 규모로 성장



<자료> IRS Global, 2015. 8.

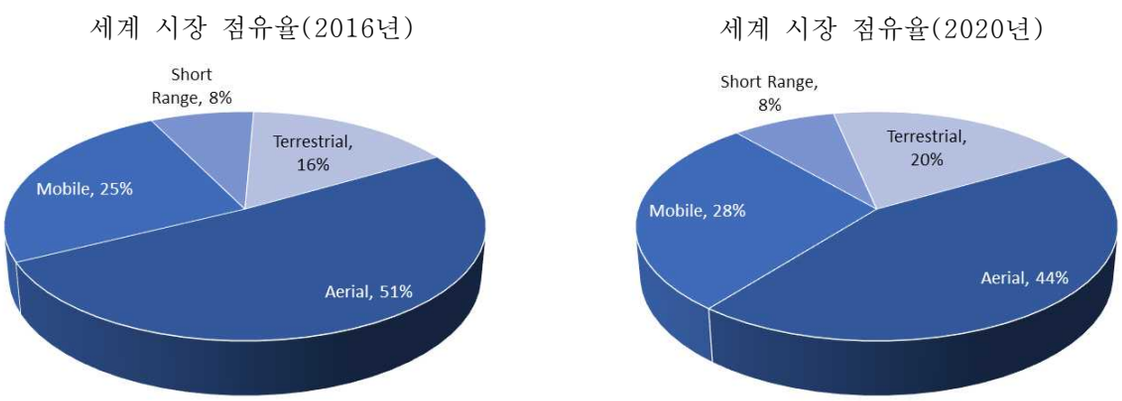
<그림 56> 2015~2016년 세계 라이다 시장

– 아시아의 경우 2015년 4,000만 달러에서 2020년에는 1.3억 달러까지 매년 23% 성장, 특히 자율주행자동차 시장 중심으로 늘어나고 있는 추세

– LiDAR 적용 분야별 세계시장 규모를 보면 항공분야 50%이상의 점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤로 모바일, 우주, 그 외 응용분야에서 시장을 형성

– 도플러 LiDAR시스템은 기상활용 뿐만 아니라 공항에서 효과적인 항공 교통관제–윈드시어 등 난류에 대한 안전성 확보 등 그 성장성이 클 것으로 전망

• 공항에서 운용되는 도플러 라이더 대당 가격은 30~50억원 정도로 판매됨



자료 : World LiDAR Market Opportunities and Forecasts, 2013~2020, Allied Market Research. 2015

<그림 57> LIDAR 적용 분야별 시장 점유율

● (미국) Lockheed Martin사에서 개발된 Windtrace® 제품을 자국 및 독일, 홍공 공항에 납품 운용 중이며 아시아와 유럽으로 판로 확대 중

– 미국 : 샌프란시스코, 세이트루이스, 라스베가스, 아틀란타 공항 등

– 유럽 : 프랑크푸르트, 뮌헨 공항 등

– 아시아 : 홍공 공항

- (프랑스) Leosphere사 Windcube 400S제품을 파리 드골 공항 설치 운용중, 현재 세계적 기상기업인 핀란드 Vaisala에서 Leosphere사 인수하여 세계시장으로 판로 확대
- (일본) Mitsubishi사에서 개발된 도플러 LIDAR 제품을 자국 공항 설치 운영중, 아시아와 유럽으로 판로 확대

<표 27> Mitusbishi Electric사 도플러 LIDAR 공항 운용 현황

Recipient	Delivered	Quantity
Tokyo International Airport (Japan)	2015	1
Narita International Airport (Japan)	2016	1
Hong Kong International Airport (China)	2016	2
Tokyo International Airport (Japan)	2017	1
Antalya Airport (Turkey)	2018	1
Kansai International Airport (Japan)	2019	1
Beijing Daxing International Airport (China)	2019	1
Nice Cote D'Azur Airport (France)	2019	1
Henri Coanta International Airport (Romania)	2020	1

2. 국내 시장

- 기상관측 장비는 기상 예측, 연구, 방재, 국방 등의 목적으로 중앙행정기관, 지방자치단체 등에서 기상관측 목적으로 활용
  - 국내 기상장비업자의 연매출액은 약 1,000억 원 정도, 수출보다 수입이 큰 대외 의존도가 높은 산업
  - 기상청은 연간 약 300억원의 기상장비를 구매 (수출은 10억 원 미만)
- 2013년 바람장 관측 국내시장 장비 규모는 871억 원에 이르나, 국산화율은 약 29.1%에 불과
- 연직바람 관측장비 관련 기술시장은 기존 노후장비 교체 및 신규구매 확대로 국내 시장 확대 예측되며, 부품교체 및 장비 업그레이드를 위해 장비가의 7~8%(연10억원) 소요
- 국내에서 운영 중인 도플러 LiDAR의 경우 대부분 기상관측 및 풍력발전 단지 현황 조사에 활용
  - 에너지기술연구소, 국립기상과학원, 전력연구원, 항공우주연구원, 항공기상청 등 전량 해외에서 수입한 도플러 LIDAR시스템 운용
    - 한국항공우주연구원(나로우주센터) 보유 도플러 LIDAR장비의 경우 스캔 기능 변경시 활용 가능
  - 항공기상청에서는 항공기 이착륙시 위협이 될 수 있는 윈드시어 실시간 탐지하고 관제사에게 위험기상에 대한 경고 메시지를 제공하기 위한 LiDAR도입을 추진을 계획하고 있으나, 아직 설치된 사례 없음

<table>
<tr><th>구분</th><th>'17</th><th>'18</th><th>'19</th><th>'20</th><th>'21</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="2">TDWR</td><td rowspan="2">인천
환경조사</td><td rowspan="2">예산확보</td><td>1차 개량</td><td>2차 개량</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">2021년조
사업완료</td></tr>
<tr><td>28억원</td><td>30억원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TDWR(소형)</td><td rowspan="4">김·포제주환
경조사</td><td rowspan="4">실시설계
예산확보</td><td rowspan="2">예산확보</td><td>제주설치</td><td>김포설치</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>23억원</td><td>23억원</td></tr>
<tr><td>LIDAR</td><td>제주설치</td><td rowspan="2">시험운영</td><td>김포설치</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>30억원</td><td>30억원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">LLWAS</td><td rowspan="4">인·천김포환
경조사</td><td rowspan="2">-</td><td>인천(교체)</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">제주
(교체검토)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>13억원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">AMOS</td><td>김포
(교체)</td><td>인천3활주로
(교체)</td><td>인천1,2활주로
(교체)</td><td>김·포양양
(교체)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>12억원</td><td>13억원</td><td>13억원</td><td>26억원</td></tr>
</table>

: 당초 항공기상관측망 중기계획보다 추진일정을 1년 앞당김

※ LIDAR(Light Detection And Ranging : 라이다
※ TDWR(Terminal Doppler Weather Radar : 공항기상레이다
※ LLWAS(Low Level Windshear Alert System : 저층바람시어경보장치
※ AMOS(Aerodrome Meteorological Observation System : 공항기상관측장비

<그림 58> 항공기상청 도플러 LIDAR 도입계획 및 도입예산 (`19년 계획)

● **`19년 국내 항공운송시장은 '18년에 이어 지속적인 성장세 전망으로 본 사업을 통해 핵심기술 국산화 등을 통해 관련 산업 육성 필요**

– `19년 항공여객은 주 52시간 근무제 도입, YOLO 가치관에 따른 소비패턴의 변화 및 혼자여행족 증가, LCC의 중거리용 항공기 보유 증대 및 중거리노선의 확대 등으로 `19년 항공여객도 성장세를 이어갈 것으로 전망

– 우리나라 항공여객은 '22년까지 연평균 4.6% 증가 전망 ('18년 IATA 보고서)

– `19년 항공화물은 전년과 같이 세계경기 성장세에 따른 반도체·일반기계·디스플레이 등의 수출입 화물 증가, 전자상거래 시장 확대 등으로 지속적인 성장세

– `19년 항공화물 수요는 약 6,590만 톤으로 '18년 대비 3.7% 증가 전망 ('18년 IATA 보고서)

– 세계경기 변동성과 미중 무역전쟁 및 영국의 브렉시트 등의 글로벌 정치·외교 이슈, 유가·환율 등의 경제동향 등의 대외적 변수에 의한 불확실성도 상존

– 항공운송시장 증가세에 따라 공항 교통량의 효율적인 관제시스템 확충에 따라 신규시장이 확대될 것으로 전망됨

3. 소결

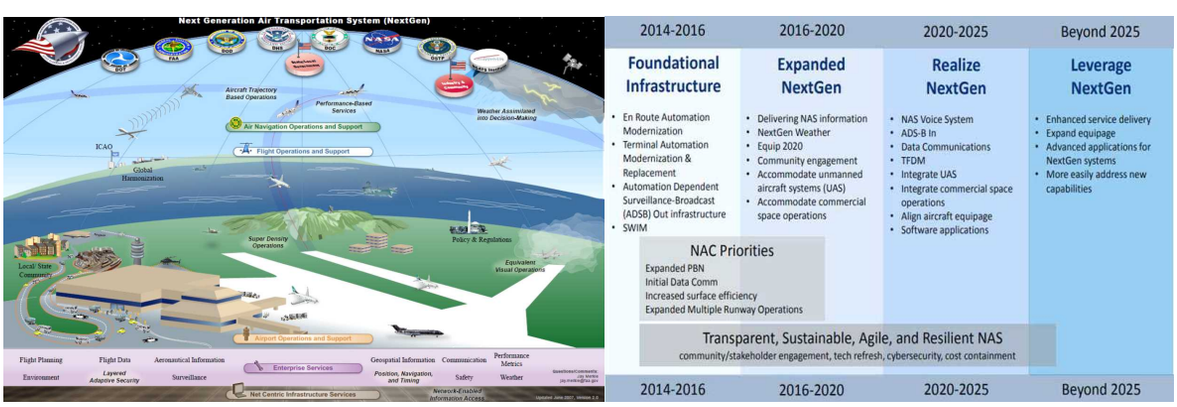
- 늘어나는 항공 수요로 아시아-태평양 지역을 중심으로 항공교통관리 시장의 규모는 연평균 3%의 지속적인 성장에 따라 2027년 100억달로 규모로 전망되며, 관련 S/W 부분은 2026년까지 3.5%의 높은 성장률로 지속적으로 성장할 것으로 예상
- 항공 교통관리 시스템은 ICT 기술사용 증가로 모든 데이터를 통합 운영하는 방향으로 개발 될 것으로 전망
- 국내 항공 수요의 지속적 성장으로 항공교통관리 시장 역시 지속적으로 증가할 것으로 판단되나, 이와 연관된 핵심기술은 전량 수입에 의존하고 있는 상황
- 이에 따른 무역수지 적자 및 유지보수 비용 외화유출 등 기술 의존 심화되고 있으나 국산화 대한 대응은 미진한 상황
- 이에 관련 항공교통관제시스템 핵심기술 국산화 등을 통해 관련 산업 육성 필요
- 항공 난류 관측 시스템역시 지속적으로 성장할 것으로 전망되며, 도플러 LiDAR시스템은 기상활용 뿐만 아니라 공항에서 효과적인 항공 교통관제-윈드시어 등 난류에 대한 안전성 확보 등 그 성장성이 클 것으로 전망
- 항공기상 관측시스템 및 분석소프트웨어의 대외 의존도는 매우 높은(약 70%) 상황으로 관련 시스템의 개발을 통한 대외 의존도 완화 필요

제4절. 기술 동향 분석

1. 해외 국가별 연구개발 동향

가. 미국

- **글로벌 항공교통 분야 리더십 유지, 수용량 증대, 안전 보장, 환경 보호, 국가 안보 보장, 국가 보안이라는 6대 목표로 미국의 미래교통시스템에 대한 NextGen계획 수립**
  - NextGen은 기상정보, 운항 정보 공유 등 통합 정보 운영을 위한 계획을 포함하고 있으며, 목표 달성을 위해 FAA , NASA, 운항회사, 대학 등 협력체제로부터, 기상예측기술, 운항 기상영향 저감 기술, 안전성 확보에 관한 연구개발 프로그램 (NextGen Weather)을 진행 중
  - FAA 중심의 AWRP (Aviation Weather Research Program)등의 연구프로그램 존재
    - AWRP 중은 NWS(National Weather Service)와 협력하여 난류발생, 착빙, 시계의 예측도구 또는 이것에 대응한 비행계획·네비게이션 툴 개발 추진 중
  - 시간 기반의 흐름 관리(Time Based Flow Management(TBFM))을 도입하여 항공 교통 분야의 수용량 증대 기대



<그림 59> NEXTGEN 프로젝트 및 로드맵

- **차세대 기술인 모듈화 위상배열 안테나, DBS&Spaced 안테나 방식, 펄스코드 압축, 디지털 IF, SDR기반 고성능 신호처리 기술, 품질관리기술 등 확보 완료**
- **항공교통관제를 위해 Windlind, SODAR, LiDAR 등 다양한 기상관측 시스템에 대한 연구 개발이 활발히 이루어짐**
- **연직바람 관측장비용 안테나 모듈화 기술로 안테나의 크기와 전력 확장가능하도록 모듈화, 디지털 신호처리 기능을 보완하여 유연성이 높은 시스템 개발(DeTect사의 Raptor) 기존의 DBS방식이 아닌 복수(3~11개) 안테나 모듈로 구성된(Spaced Antenna)시스템 개발중으로 바람장 관측 기술을 선도하고 있음 (NCAR)**

– 바람장 관측을 위한 LIDAR기술은 NASA를 중심으로 1980년대부터 활발히 개발 및 추진되어 항공기 탑재형, 위성탑재형 등 양산하여 세계시장을 선도함

– 1967년 최초로 10.6um파장의 이산화 탄소 레이저를 사용하여 바람장 측정

– 1980년 단일파장의 고출력 펄스 레이저 개발되어 도플러 LIDAR로 발전

– 1985년 1.06um의 파장을 갖는 MOPA방식의 Nd:YAG레이저를 사용한 도플러 LIDAR 개발되어 가장 많이 사용하는 레이저가 됨

– 2000년대 파장이 1.55um대역의 MOPA방식의 레이저를 사용하는 LIDAR 개발, 안정성 면에서 큰 강점을 가짐

– 미 국방성에서 인공위성 탑재형 Hybrid Doppler Wind Lidar(HDWL) 개발 프로젝트 수행중

- 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지 도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 관련 기술 적용하여 운영 중

– 최대 탐측 거리 25km, 2,000 ft 내의 수직 거리 탐측, 최소 100 m 분해능

– 처리시간은 30초 ~ 5분

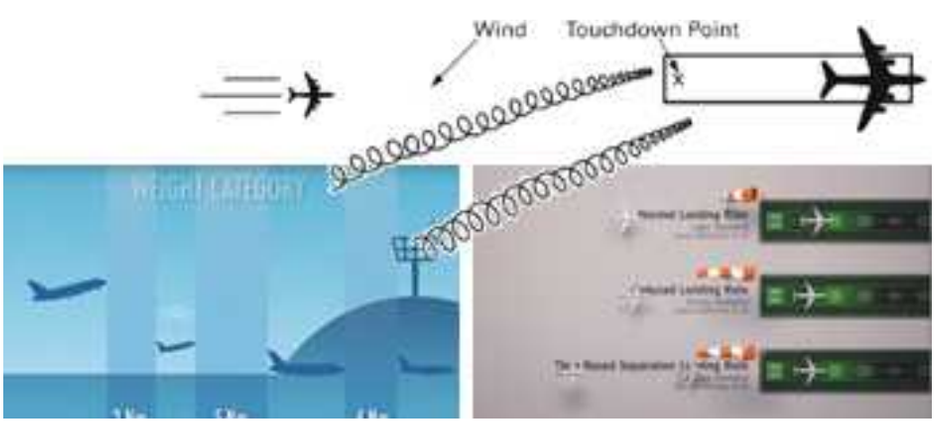


<그림 60> Lockheed Martin 社 Wind Tracer

나. 유럽연합(EU)

- EU는 FlightPath 2050 비전을 내걸고 각종 기상조건에서의 항공기 운항안전을 달성하기 위해 개별과제 및 시스템개발에 관한 연구개발을 산학관 연계로 진행
- SESAR(Single European Sky ATM Research)의 활주로 용량 증대 솔루션으로 RECAT-EU & TBS 제시
- RECAT-EU와 Time-Based Separation을 도입하여, 공항의 수용량 증대를 목표로 일부 공항에 도입하여 12%의 수용량 증대 달성
- RECAT-EU와 TBS에서 얻은 지식을 토대로 추가적인 활주로 용량을 확보할 수 있는 포괄적인 솔루션 개발 추진 중

- Charles de Gaulle Airport(Paris)에 소용돌이 분리최소화(RECAT-EU) 적용으로 활주로 용량 10% 증가
- Heathrow Airport(London)에 시간 기반 분리(TBS) 적용으로 강풍 조건에서 항공기 지연 62 % 감소 효과 검증
- 2005년 Frankfurt 공항에 레이더 기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR 기반의 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중
- 2010년 Charles de Gaulle 공항에 WIDAO(Wake-Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR 기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영
- Leading Optimised Runway Delivery(LORD) 프로그램으로 활주로 처리량 향상을 위한 통합 시스템 개발 추진



<그림 61> SESAR 시간 기반 분리 기술 개념

- FP7 (7th Framework Program) 연구개발프로그램에서 항공기운항에 관련된 안전성에 관한 각종 연구개발프로그램이 진행
  - 난류감지, 결빙, 뇌격방어, 비행제어, 손상허용·헬스모니터링, 휴먼 팩터 등 각 주제에 대해연구개발 프로그램을 병행하여 지속적으로 실시
- Horizon 2020에서도 중장기적인 기초연구기술에 더하여 Clean Sky2와 SESAR2에서보다 TRL(Technology Readiness Level)이 높은 수준의 기술개발 실시
  - 구현을 위한 시스템 개발을 포함하여 전략적으로 연구개발을 수행
  - Horizon 2020 프로그램

(1) FUTURE SKY SAFETY (https://futuresky-safety.eu/)

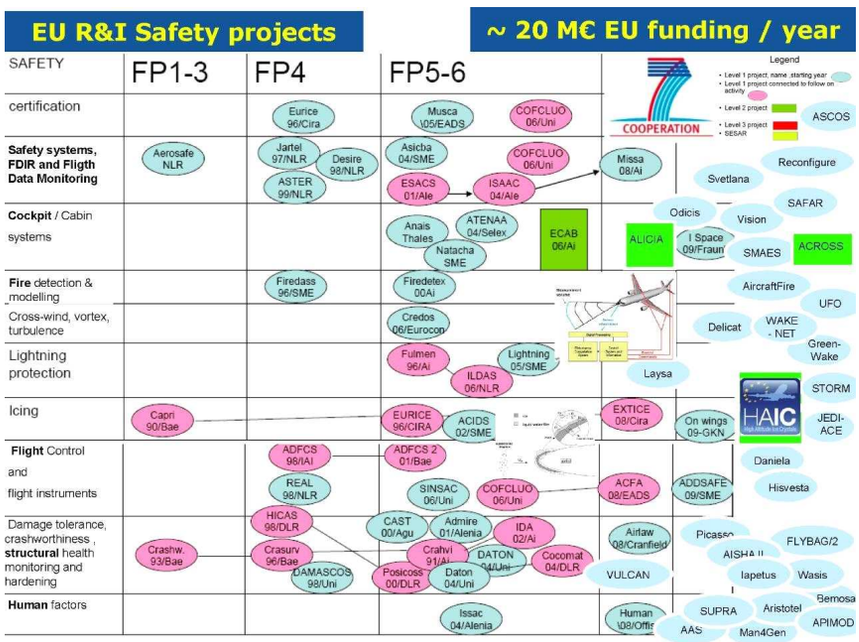
- 활주로 사고저감, 화재·연기위험감소 등의 기술개발

(2) MUSIC-haic (http://www.music-haic.eu/)

– 항공기의 설계인증에 사용가능한 아이싱에 관한 수치해석기술의 구축

(3) EUNADICS-AV (http://www.eunadics.eu/)

– 화산재, 연기 등의 데이터 분석, 탐지 및 경보시스템 등의개발



<그림 62> 항공안전에 관한 연구개발프로그램의 흐름

- 유럽에서는 다양한 종류의 라이더가 개발되어 있지만, 2003년부터 시작된 AWIATOR (Aircraft WIng with Advanced Technology OpeRation, 프로젝트8) 는 자외선 레이더를 이용한 라이더 에어 버스 A340 유형 제품에 탑재하여 2006년 11월, 약 150m 먼지 기류를 측정하는 실험에 성공
- 측정 거리가 짧기때문에 난기류를 해결하는 판단에 사용하는 대신, 이를 자동제어 하기 위해 개발
- 자외선 라이더는 공기 분자에 의한 빛의 산란을 이용하고 있기 때문에, 에어로졸이 적은 높은 고도에서도 성능이 저하하지 않는 장점이 있지만, 송수신 광학계의 렌즈 구경이 커져 소형화는 어려움
- 현재 ESA(European Space Agency)에서 Atmospheric Dynamics Mission (ADM-Aeolus)의 일환으로 지구 전체의 바람장을 측정하는 비간섭성 펄스형 도플러 LiDAR를 개발하는 프로젝트 추진

다. 영국

– 영국민간항공국은 국가 공역관리의 대대적인 개혁계획을 담은 새로운 공역 현대화를 위한 15가지 추진전략 발표

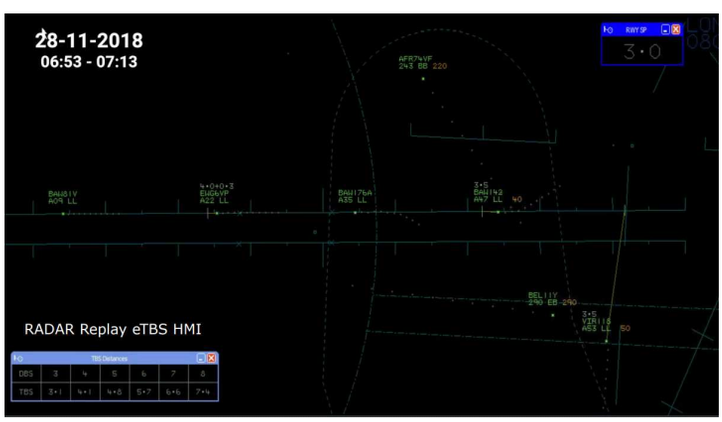
– 영국과 유럽연합의 관련 법률 및 정책을 바탕으로 '40년까지 영국의 공역 활용 및 현대화를 위한 계획들을 제시

– NATS는 시간기반분리(TBS)기준을 개발하고, 히드로 공항에 세계 최초로 적용 중

– 2018년 3월, RECAT-EU를 사용한 개선된 TBS 개발로 62%의 출도착 지연 감소

– 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집

– Optimised Runway Delivery, Runway Occupancy indicators 등을 지원도구로 개발을 하였으며, Dynamic separation Indicators를 표현하기 위한 운영 시스템의 HMI를 개선



<그림 63> eTBS HMI 예시

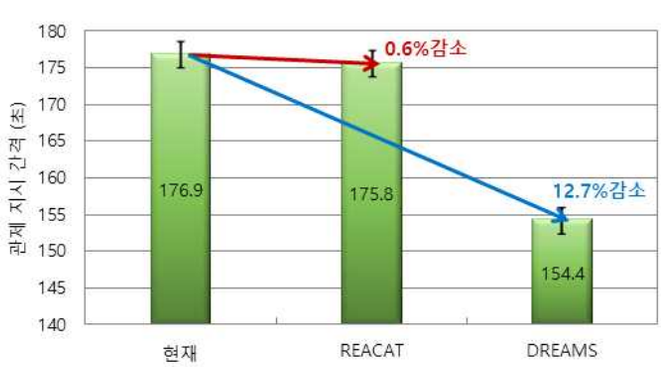
라. 일본

● 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI LiDAR를 설치하여, 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류기준을 적용하여 운영

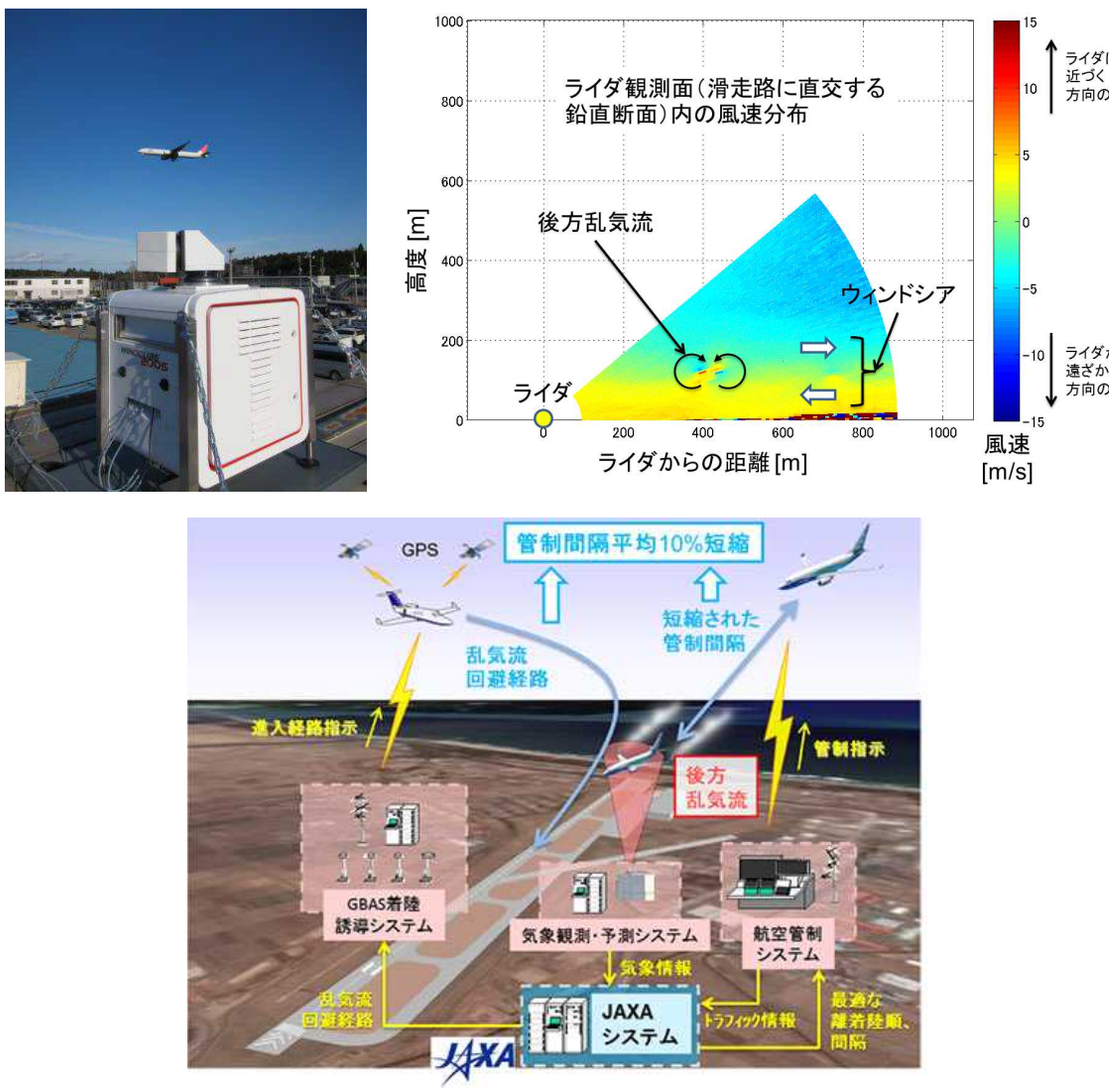
– 본 기술은 2016년 나리타 공항 실증 운영을 통해 기술을 입증하였으며, 이착륙 거리 단축에 대한 연구결과는 2020년 국제표준화로 채택되었으며, 항공국 시책에 반영

• 2020년 후방난기류 구분의 재분류에 따른 관제방식 기준개정, 나리타, 도쿄 국제공항에 적용, ICAO PANS-ATM을 개정하여 출도착 운영시스템 개선 추진

● RECAT보다 관제시간 11.1%이상 감소로 교통량 증가



<그림 64> 시스템 적용 효과(1년간 기상조건하 평균)



<그림 65> LiDAR에 의한 후방 난기류 관측 사례 및 예측에 기초한 관제 간격 단축 개념도

- 일본 항공협회(JAXA)는 2012년 CRAFTS와 협력하여 항공교통관리시스템 (DREAMS) 프로젝트 추진
  - ICAO 글로벌 ATM운영 개념 실현 및 국제표준 핵심기술 제공
  - 차세대 운영시스템 개발 핵심목표는 ① 후방난기류의 실측에 의한 안전성 입증, ② 항공교통 트래픽 최적화 기술 개발 및 실증을 통해 효율적인 이착륙, 안전한 이착륙 실현을 검증
- 2017년 4월부터 도쿄국제공항과 나리타국제공항에서 저층바람 장애현상을 탐측하기 위해 공항 저층 바람 정보(Airport low-level information,, 이하 ALWIN) 시스템 운영
- ALWIN은 풍향·풍속, 윈드시어 또는 난류 등과 같은 상세 바람정보를 웹 기반서비스를 통해 항공교통센터와 운항사에 제공하고 ACARS 시스템을 통하여 최종 진입(Final approach)하는 조종사에게 제공

● 도플러 레이더

– 난기류 사고를 방지 할 목적으로, 현재는 모든 여객기에 기상 레이더의 탑재가 의무화되어있으며, 기상 레이더는 파장 3 ~ 6 cm 의 전파를 사용하고 몇 100 km 앞서 적란운 감지 가능

– 따라서 조종사는 적란운을 피하기 위해 비행코스를 설정할 수 있지만, 두꺼운 구름을 수반하지 않는 난 기류에는 효과가 없음

– 대형 지상 설비의 도플러 레이더는 강수입자의 이동 속도를 측정함으로써 난기류를 감지 수 있지만, 역시 맑은 날의 난기류는 검지 불가

– 그러나 비교적 긴 파장을 이용한 일부 레이더는 대기의 굴절률의 요동에 의한 전파 산란(브래그 산란)을 검출 할 수 있는 것도 있어, 맑은 날에도 적용 가능



<그림 66> 도플러 레이더

● SODAR (Sound Detection And Ranging)

– 측정 대상(대기)을 향해 음파를 발신하고, 대기의 요동에 의한 산란파를 수신 및 처리하여 상공의 대기상태를 원격탐사하는 장비로 도플러 효과를 이용한 SODAR는 지상 설비로 개발되었으며, 설치 바로 위 수백미터 상공의 기류를 청천에서 이슬비 상태까지 관측 가능

- 측정 간격은 몇 초에서 몇 분으로 길며, 공기의 미세한 난류의 상황을 관측 할 수 없지만, 저고도의 난기류에 대해서는 실험적으로 사용된 예가 있음
- 전자파에 비해 전파 속도가 느린 음파를 사용한 것으로, 고속 비행하는 항공기에 탑재로는 적합하지 않음



<그림 67> SODAR 측정 장비

● LiDAR

– 항공 교통사고의 발생률을 대폭 삭감한다는 목표 아래, 1990 년대 항공기 탑재용 라이더를 개발하였으며, 파장 2 μm 고체 레이저와 10 μm CO2 레이저를 이용한 라이더를 개발

– 대기 에어로졸이 많은 저고도에서 최대 8 km 정도 먼 곳의 기류를 관측, 주로 지상 설치형 장비로 활용되고, 일본에서는 도쿄 국제 공항 (하네다) 나리타 국제 공항과 간사이 국제 공항에 설치되어 운영

- 저고도 난기류와 항공 난기류 관측에 효과적이며, 지상 장비는 파장 2 μm 대의 레이저를 사용하며, 최대 10 km 정도 먼 곳의 기류 관측 가능
- 전자항법 연구소가 파장 1.54 μm 근적외선 고체 레이저를 이용한 도플러 라이더를 센다이 공항에 설치하고, 2002년 8월부터 후방 난기류를 관측 실시
- 본 장치는 수평 거리 8 km 정도까지의 풍속을 관측하는 능력이 있지만, 공간 분해능을 높여 최대 거리 2.4 km 로 운용하고 있으며, 홋카이도에서는 동일 파장 1.54 μm 레이저를 이용한 도플러 라이더 삿포로에 설치하여 2004 년 5월부터 상공을 관측
- 사양 상의 최대 관측거리 20 km에서 청천 난기류의 관측에도 성공하였으며, 정보통신연구기구(NICT)는 인공위성에 탑재하는 것을 최종 목표로 하여 도플러 라이더를 개발 중
- 2004년 6월 실시 한 비행 실험에서는 기체에서 하향 기류를 관측하고 고도 7km에서 지표 부근까지의 바람 데이터 취득에 성공하였으며, 미국산 라이더를 기반으로, 파장 2.012 μm 고체 레이저를 사용
- 우주항공 연구개발기구(JAXA)는 항공기의 전방 약 9km 끝까지의 난기류를 감지 할 수 있는 항공기 탑재 시스템의 실용화를 목표로 파장 1.5 μm 대 레이저를 이용한 도플러 라이더의 개발을 실시 중

– JAXA는 소형화에 유리한 광 앰프 방식을 채용하여 2001년도에 최초의 시험장치를 개발

- 초기의 장치는 레이저 출력이 매우 낮고 관측 가능 거리 2km 이하였으나, 개량을 추진 2007년도에는 당초 목표인 9km 관측 거리를 저고도의 비행시험을 달성

- 그러나, 여객기가 순항하는 고고도에서 대기 에어로졸이 희박하기 때문에, 고출력 장치를 개발하여 2010년 1월 비행실험을 실시하여 저고도에서 15km 최대 관측 거리를 달성하였으나, 고고도에서 3km 정도였기 때문에 개량을 추진하고 있는 중
- 또한, JAXA와 미국 보잉은 2010년 2월에 공동 연구를 시작하고 실용 장비의 사양에 대해서 검토한 실적이 있음



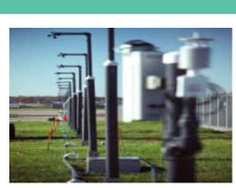
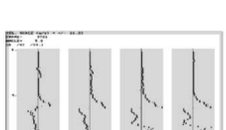
출처: 항공기 국제공동개발촉진기금 해설개요 22-1, 일본

<그림 68> 도플러 라이더 비행 시범

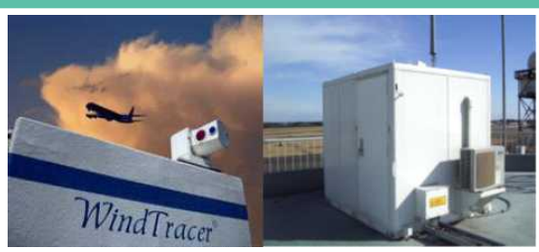
2. 대표 탐지 기술과 공항 적용 사례

- 전세계적으로 탐지기술은 일본 Mitsubishi社, 미국 Lock Heed Martin社의 LIDAR를 사용하고 있으며, 각 국별 항공난류관리와 관련된 정책 수립하여 추진 중에 있음
- 기상 관측 기술로 Lidar/radar를 사용한 기술이 대표적인 기술이며, 전 세계적으로 중·대형 윈드라이다는 일본 Mitsubishi社, 미국 Lock Heed Martin社 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산하고 있으며, 각 제조사별로 파장, 연직해상도 등의 기술규격은 상이하지만 측정원리는 유사함
- 도플러 레이더의 경우 구름이 존재하거나 강우 발생시 바람장을 측정 할 수 있지만 대기 상태가 맑은 청천 날씨에는 관측이 어려운 단점을 보완하기 위해 청천 날씨에도 바람장 관측이 가능한 도플러 LIDAR를 결합한 시스템에 관한 연구 및 개발 진행 중

가. 대표 탐지 기술

센서	범위	날씨 제한	사용	특징	사진
Windline	수직: 낮음 측면: 조정 가능	없음	공항 데이터 세트	단일, 다중 축 풍속계 사용 1970년 적용 가장많은 후방난류 데이터 수집	
SODAR	수직: 중간 측면: 조정 가능	폭우와 눈	공항데이터 세트	대기중의 좁고 수직방향 음향빔의 후방산란 측정 펄스라이더의 특성 평가 위해 사용	
CW LiDAR	중간	짙은 안개와 비구름	특수 데이터, 공항 데이터 세트	도플러라이다, 에어로졸 후방산란 측정 NASA Marshall개발 1977년 Lockheed에서 사용, EU에서 펄스라이더 데이터 벤치마킹	
RADAR	넓음	없음	특수 데이터, 공항 데이터 세트	FMCW, VHF, UHF, L-, S-, C-대역 X, K, mm-Wave 등 종류 다양 주로 후방난기류 연구는 C-밴드 多數, 청천시 후방난기류 레이더 반사율 낮음	
Pulsed Lidar (광학 RADAR)	넓음	짙은 안개와 비구름	특수 데이터, 공항 데이터 세트	광학라이다, 범위가 초점이 아닌 범위게이트에 의해 결정 2007년 프랑크푸르트에서 출발후 와류 측정	

나. 항공 후류 탐지 장비 공항 운영 사례

① 탐지기술	LIDAR
사진	
특징	(장점) 미세난류 탐지가능, 측정시간 中 , 적용사례 많음 (단점) 낮은 고도 탐지범위
적용사례	프랑크푸르트(2005), 나리타(2013), 하네다공항(2017), 중국 등
제조사	Lock heed Martin(미국), Mitsubishi(일본)
국내 기술수준	– 자동차 및 형상인식 분야 국산화 완료 – 기상 관측 장비는 기상장비관측 국산화 기술 개발 사업으로 진행 중
② 탐지기술	SODAR
사진	
특징	(장점) 청천시 탐지가능, 가격 낮음 (단점) 미세난류 탐지 LIDAR&RADAR혼용 사용, 측정시간 김
적용사례	프랑크프루트(2007), 히드로(2018) 등
제조사	METEK Messtechnik GmbH, Scintec GmbH(독일)), Remtech, Inc(프랑스), Kaijo Corp(일본)
국내 기술수준	– 관련 기술 없음
③ 탐지기술	RADAR
사진	
특징	(장점) 탐지범위 넓음, 측정시간 짧음 (단점) 풍속정밀도 낮음, 높은 설치 가격, LIDAR와 혼용 사용
적용사례	프랑크푸르트(2005)
제조사	Vaisala (스웨덴), Tomco Electronics Pty Ltd (호주), Degreance Horizon(프랑스) 등
국내 기술수준	– 고고도 기상 관측 장비는 국산화 개발되어 시범 운영 중 –저고도 관련 관측 장비는 없는 상태

3. 국내 연구개발 동향

- 국토부는 GANP 반영 ATM 시스템 전환을 위해 차세대항공교통시스템구축계획(NARAE) 수립
- ICAO GANP 최신화에 따른 NARAE 2.0으로 개정 추진

가. 항공 난류 관련 연구 개발 동향

- NTIS를 통해 “항공 난류”로 관련 과제 검색 결과 127건이 검색되었으며, 직/간접적으로 관련이 있는 과제는 8건으로 분석
  - 검색 키워드 : 항공 난류
  - 연구분야별 항공기상 3건, 항공시스템 3건, 항공안전 1건, 항공지상설비 시스템 1건
  - 항공난류와 직접적인 연구과제는 없으나, 활용 가능한 기술 및 연계성이 있는 과제는 4건으로 분석되었으며, 연구주요 내용은 기상청의 예보시스템 개발과 관련

<표 28> 항공 난류 관련 과제 검색 결과

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
1	2021	AI를 이용한 UAM용 비행 위험 예보 및 최적 이착륙 계획 (2021.03.-2025.02, 충남대학교, 223 백만원)	한국연구재단	항공 시스템 관련 S/W	• 인공지능 기술을 이용한 UAM용 비행 위험 지표와 예보시스템 구축 및 이를 이용한 이착륙 경로 최적화 알고리즘 개발 1. UAM용 기체의 사이즈에 적합한 비행 위험 지표 개발 2. 도심의 복잡한 빌딩풍의 영향을 고려할 수 있는 비행 위험 지역 예보시스템 개발 3. 위험 지표와 예보시스템에 기반한 이착륙 경로 최적화 알고리즘 개발	UAM용 예보시스템 개발로 본 과제와 상이함 (하)
2	2020	전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)의 검증 및 확률예보시스템(P-G-KTG) 개발 (2018.04.-2020.12., 연세대학교 산학협력단, 450 백만원)	기상청	항공기상	• 본 연구의 최종 목표는 기상청 최신 현업 전지구 수치예보모델(UM-17km, Kim-10km)을 이용하여 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)을 개발, 검증하고, 전지구 앙상블예측모델(UM-32km, Kim-25km)을 이용하여 항공난류 확률예보시스템(P-G-KTG)을 개발함으로써, 궁극적으로 안전하고 경제적인 항행 정보를 제공함	항공난류 주제는 동일하나 2015년 과제의 연속성으로 보이며 기상청 예보시스템 개발 과제임 (하)

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
3	2018	PAV 등 미래항공서비스의 운항 안전을 위한 기상정보 서비스 모델 연구 (2017.04.– 2018.12, 한서대학교 산학협력단, 490 백만원)	국토교통부	항공안전기술	• 최종목표 :PAV 등 미래형 항공서비스의 운항 안전을 위한 기상정보 서비스 모델 개발 • 세부목표 : 수치예보 모델, 항공기상정보, 영상정보 등을 활용하여 기존 항공기상서비스와 차별되는 새로운 형태의 기상서비스 플랫폼을 정의하고, 서비스를 위한 시제품 개발 및 개발 시험을 수행하여 TRL4 수준의 기술을 확보 – PAV 등 미래형 항공서비스의 안전한 운항을 지원	PAV 등 미래항공서비스 운항에 필요한 기상정보 서비스 제공과제로 기상정보 서비스 기술은 유사함 (중)
4	2017	기상청 전지구예측모델을 이용한 전지구 항공난류 예측시스템 개발 (2015.05.– 2018.04., 연세대학교 산학협력단, 570 백만원)	기상청	항공기상	• 기상청 현업 통합모델 (UM)을 기반으로 한 고해상도 전지구 예보모델 (GDAPS) 자료와 항공난류 관측자료를 이용하여 전지구 항공난류 예측시스템(G–KTG)을 개발하고, 다양한 통계적 검증으로 시스템을 개선함으로써 궁극적으로 안전하고 경제적인 항행을 위한 항공기상 정보를 제공	항공난류 주제는 동일하나 2012년 과제의 연속성으로 보이며 기상청 예보시스템 개발 과제임 (하)
5	2014	한국형 항공 난류 및 착빙 예측 시스템 개발 (2012.03.– 2015.02., 연세대학교 산학협력단, 340 백만원)	기상청	항공기상	• 구축된 계절–KTG 시스템의 최적화 및 고해상도 한반도–KTG 시스템 구축 • 1.5 km 수평 해상도의 현업지역모델을 이용한 고해상도 한반도–KTG 시스템 구축 • 2013년도에 개발된 계절–KTG 시스템의 검증 및 최적화	항공난류 주제는 동일하나 기상청 예보시스템 개발 과제임 (중)
6	2014	항행 위험기상 감시망 및 예보생산 체계 구축 (2012.03.– 2015.02., (주) 넥스다임, 556 백만원)	기상청	항공기상	• 연구개발 목표는 양방향 항행기상 예보서비스 개선 및 특화 • 연구개발 주요내용은 융합형 항행기상 예보콘텐트 개발 및 예보 브리핑 서비스 개발 • 주요 연구범위는 1~2차년도 개발내용 고도화 개선을 통한 예보 콘텐트 및 서비스 개발	항행 위험기상 예보시스템 개발 (중)
7	2012	6DOF 해석기술 (2009.09.– 2016.02., 한국과학기술원, 344백만원)	교육과학기술부	항공시스템	• 6DOF 연구 및 유동해석 프로그램 개발 – 복잡한 회전 동력체 및 선체의 해석을 위한 정교한 형상 모델링과 비정렬 격자기반의 기법 적용 – 상대운동을 가지는 복잡한 유동해석을 위한 6DOF 운동 해석기술 연구 – 복잡한 형상 주변 유동장 모사를 위한 비정렬 격자계 유동해석 기법 개발/구축/정립 – 다양한 Reynolds수의 층·난류 점성 유동장 해석	유동해석 프로그램 개발로 본 과제와 연관성 낮음 (하)
8	2011	현업 UM을 이용한 한국형 중,상층 난류예측시스템 개발 (2011.03.– 2012.02., 연세대학교 산학협력단, 80 백만원)	기상청	항공기상	• 최적화된 한국형 중 상층 난류예측시스템을 개발하기 위해, 미국해양대기관리국 (NOAA)에서 현업으로 사용되고 있는 통합난류예측시스템 (GTG)의 방법론을 기상청 현업 UM에 적용한다. 또한, 최상의 예측성을 가지도록 시스템의 구성요소들을 구축하기 위해 다양한 민감도 실험 및 통계적 검증을 병행한다.	난류 예측시스템 개발로 본과제와 상이함 (하)

나. 공항운영 관련 연구 개발 동향

● NTIS를 통해 “공항운영”, “출도착 관리 기술”로 관련 과제 검색 결과 380건이 검색되었으며, 직/간접적으로 관련이 있는 과제는 9건으로 분석

– 검색 키워드 : 공항운영, 출도착 관리 기술

– 연구분야별 공항운영 2건, 교통관제시스템 3건, 항공안전 3건, 무인비행체 1건

– 활주로 출도착 및 운영과 직접적인 연구과제는 없으나, 활용 가능한 기술 및 연계성이 있는 과제는 5건으로 이종 시스템 연계, 의사결정 알고리즘 개발, HMI 표출 기술 개발 등은 활용 가능할 것으로 판단 등

<표 29> 공항운영 관련 과제 검색 결과

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
1	2021	공항수용능력기반 인천공항 Airside 운영지원 시스템 개발 (2021.06. – 2022.06. ㈜우리엘소프트, 180.00 백만원)	중소벤처기업부	S/W 솔루션	• Airside 내 항공기 운항시 발생되는 내.외부 데이터를 연계/수집하고 핵심 지표를 정의.분석하여 실시간 공항수용능력, 운영상황, 교통량 조절 정보를 표출하는 시스템 개발 • Airside 내 항공기 운항시 발생되는 내.외부 데이터를 연계/수집하고 핵심 지표를 정의.분석하여 실시간 공항수용능력, 운영상황, 교통량 조절 정보를 표출하는 시스템 개발 • HTML5 기반의 인포그래픽(Infographics) 대시보드를 이용하여 도출/분석된 데이터를 기간별 분석 및 통계 그래프 등으로 시각화하여 표현하고 다양한 검색 조건에 따른 모델 데이터를 문서화(Excel, PDF) 할 수 있는 기능을 탑재	이종 시스템간 데이터 수집 및 연계 기능 활용 가능 (중)
2	2013	미래성장을 대비한 공항 운영 및 유지관리 기술 구축 (2011.12. – 2014.12. 주식회사 로드텍, 1,458 백만원)	국토교통부	공항시스템 기술	• 노후화된 공항포장에서 추진하는 현장 재생 골재 재활용 사업으로 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발, 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구 수행	활주로 유지보수를 위한 친환경 포장 공법 개발 (하)
3	2014	항공기 비행절차 및 공역 설계 프로그램 개발 (2011.12. – 2015.05., ㈜아이비리더스, 84,435 백만원)	국토교통부	도로교통 기술	• ICAO 및 FAA 의 항공기 비행절차 및 공역 설계 기준에 부합하고 검증을 통해 비행절차 및 공역의 설계 결과물에 대한 유효성 검사를 완료한 항공기 비행절차 및 공역 설계 프로그램, 설계된 절차 및 공역 대한 시뮬레이션 프로그램 및 비행절차 및 공역 평가 프로그램의 개발	공역 관리를 위한 프로그램 개발로 이종 시스템 연계 및 HMI 개발 등에 활용 가능 (중)

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
4	2021	대규모 영상정보를 활용한 인공지능 기반 실시간 공항교통관제 지원 플랫폼 (ATC AI Assistant) (2020.07. – 2021.12., 몬드리안에이아이(주), 400 백만원)	과학기술정보통신부	S/W 솔루션	• 대량의 공항 영상을 분석하여 실시간 공항교통관제를 지원하는 인공지능 기술 및 인프라 기술 개발 • 항공기와 조업차량 등을 모니터링하는 CCTV영상을 활용하여 공항관제사의 교통관제 업무와 의사결정을 효과적으로 지원하기 위해 영상인식 및 상황분석을 수행하는 인공지능 기술 확보 • 다채널 CCTV를 통해 동시에 들어오는 실시간 영상 스트리밍을 대량의 인공지능 기반으로 분석 처리하여 그 결과를 생산할 수 있는 다차원 AI 파이프라인 및 이를 운영할 수 있는 확장성 있는 클러스터 인프라 체계 기술 개발 • 인공지능 인식 및 분석 결과를 관제사에게 효과적으로 전달하고 실시간 의사 결정을 지원하기 위해 CCTV 영상에 대한 AR정보 표출과 상호작용성이 있는 관제지원 시스템을 구축할 수 있는 기술 개발	교통관제 업무와 의사결정을 효과적으로 지원 시스템 활용 가능 (상)
5	2015	항공기 지상이동 유도 및 통제시스템(A-SMGCS) 개발 (2013.12. – 2016.03., 인천국제공항공사 1,279 백만원)	국토교통부	공항시스템 기술	• ICAO Doc 9830 LevelⅣ급 A-SMGCS 시스템 개발을 목적으로 A-SMGCS 로직 및 시스템 인터페이스 핵심기술 개발, A-SMGCS 시스템 검증, 테스트베드 실증 개발 연구 수행	이종 시스템 연계 기술, HMI 표출 기술 등 관련 연계 기술 활용 가능 (상)
6	2022	인천공항 항공교통 3D 통합 관제 시스템 개발 (2021.06. – 2022.12., ㈜다보이앤씨, 360 백만원)	중소벤처기업부	S/W 솔루션	• 인천국제공항 시스템 조사와 요구사항 분석을 통한 설계 및 개발을 목표로 항공기 감시정보 연계, 통합 데이터 구조 설계, 3차원 모델링 구현, 항적분석 서버 개발, 시각화 항적분석 서버 개발 수행	타 시스템 연계구조 활용 가능 (상)
7	2018	PAV 등 미래항공서비스의 운항 안전을 위한 기상정보 서비스 모델 연구 (2017.04. – 2018.12., 한서대학교 산학협력단, 238 백만원)	국토교통부	항공안전 기술	• 수치예보 모델, 항공기상정보, 영상정보 등을 활용하여 기존 항공기상서비스와 차별되는 새로운 형태의 기상서비스 플랫폼을 정의하고, 서비스를 위한 시제품 개발 및 개발 시험을 수행하여 TRL4 수준의 기술을 확보 • PAV 등 미래형 항공서비스의 안전한 운항을 위하여 기본적으로 필요한 기상정보 서비스 방안 제시 • 수치 예보 모델, 항공기상정보, 영상정보 등을 활용하여 기존 항공기상서비스와 차별되는 새로운 형태의 기상서비스 플랫폼의 시제품 개발 및 개발 시험	능동적 실시간 기상정보 제공 알고리즘과 연계 가능 (중)
8	2019	항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구 (2014.10. – 2020.08., 한국항공우주연구원, 21,048 백만원)	국토교통부	달리 분류되지 않는 항공교통 기술	• 항공기 출발 및 도착 효율 향상을 위한 통합 관제 최적화 및 관리 기술 획득을 목표로 국내 항공교통 환경 분석 및 운용 개념 수립, 출발 관리 기술 연구(도착관리와 연계), 출도착 통합 관리를 위한 도착관리 시스템 기능 확장, 출도착 통합 관리 시스템 구축 및 시험평가	활주로 운영관리와는 직접적 연관성은 없으나, 활주로 운영에 활용가능한 이종 시스템 연계, 최적화 알고리즘 및 통합 시스템 시험평가 등에 활용 가능 (상)

다. 도플러 LiDAR 관련 연구 개발 동향

● NTIS를 통해 “도플러 LiDAR” 관련 연구 총 13건이 검색되었으며, 직/간접적으로 관련이 있는 과제는 3건으로 분석

– 검색 키워드 : 도플러 라이다, Doppler Lidar

● 연구주요 내용은 LiDAR 개발 및 활용기술로 관련기술개발 기관 참여 가능할 것으로 판단

– 활주로 항공난류 관측용 기술개발은 없으나, 도플러 라이다 기술이 적용된 유사 개발사례는 다수 있으며, 관련 개발사례를 통하여 항공난류 탐지용 기술개발 적용이 가능할 것으로 판단

① 한국원자력 연구원

- 과제명: “원격 기상인자(온도, 습도, 에어로졸 상태) 측정장치 개발 및 응용연구”
- 핵심기술: 라만-도플러 라이다 시스템 개발
- 개발연도: 2010 ~ 2012년

② ㈜솔탑

- 과제명: “3차원 풍향 풍속 관측용 라이다 시스템 개발”
- 핵심기술: 저가-소형 3차원 풍향풍속 관측용 라이다 시스템 개발
- 개발연도: 2015 ~ 2017년

③ 서울대학교

- 과제명: “도플러 라이다를 이용한 대기 경계층 바람분포 측정”
- 핵심기술: 도플러 라이다의 원시 관측자료를 이용한 바람(풍속, 풍향)산출 알고리즘 개발
- 개발연도: 2018 ~ 2020년

<표 30> 라이다 시스템 관련 과제 검색 결과

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
1	2021	자동차 ACC를 위한 FMCW LiDAR 개발 (20191106-20211105, 인포웍스, 640백만원)	중소벤처기업부	달리 분류되지 않는 전기전자 부품	• 레이저 송수광 광학계 설계 및 제작 • 광학계 정렬용 광학벤치 제작 • FMCW 신호처리 보드 시제품 개발 • 고정밀 주파수 선형화 제어기 개발 • 광반도체 패키징 및 성능 시험 • 도플러 주파수 획득 알고리즘 개발 • Point cloud 기반 PC용 GUI 개발 • LiDAR와 PC간 연동 S/W 구현 • 기구 하우징 설계 및 제작	자동차 적용되는 라이다 개발로 본 기술과 연계 가능 (중)

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
2	2021	컬러변조 초감각 인지기술 선도연구센터 (20210601-20280229, 부산대학교, 400백만원)	과학기술정보통신부	광계측/제어기기	• 본 사업에서 신개념 컬러변조 효과를 이용한 3차원 이미징 광계측 기술의 한계 돌파를 비전으로 삼고, 이를 위해 원천 컬러변조 개념을 기반으로 초감각 광계측 기술과 광계측 빅데이터의 인지 시스템 기술을 구현하고자 함 • 인간의 후각, 청각, 시각 등 감각 인지능력의 한계를 극복하여 광학적 초감지를 수행하여 3차원 공간 상에 영상으로 표현	인지시스템개발로 본과제와 연계성낮음 (하)
3	2020	중국발 오염물질 유입 예측을 위한 대기경계층 모의 개선 방안 연구 (20190601-20220531 부산대학교, 160백만원)	교육부	응용환경대기과학	• 최근 많은 연구들에서 대기 경계층의 과소/과대 모의로 인해 대기질 모델의 초미세먼지 농도 오보에 영향을 미치는 것이 보고되고 있다. 따라서, 본 연구는 에어로졸 라이다와 윈드 도플러레이더 등의 3차원 관측과 대기화학 수송모델을 이용하여 한반도에 영향을 미치는 중국발 초미세먼지 예보에 관계된 대기 경계층의 성장 및 대기 연직 구조 모의 정확도를 개선하고자 한다.	오염물질 예측시스템 개발로 본 사업과 연계성 낮음 (하)
4	2020	도플러 라이다를 이용한 대기경계층 바람 분포 측정 (20180401-20201231 서울대학교 산학협력단, 379백만원)	기상청	대기 관측/분석 기술	• 윈드 도플러 라이다의 원시 관측 자료를 이용한 바람(풍속, 풍향) 산출 알고리즘 개발 및 검증 • 윈드 도플러 라이다 관측 자료를 이용한 대기경계층 내 3차원 바람 분포 특성 분석	본 과제와의 연계성 높음 (상)
5	2020	미세먼지 및 대기질예보 개선을 위한 실시간 혼합고 산출 및 자료동화기법 개발 (20180601-20220531 한국외국어대학교, 200백만원)	교육부	달리 분류되지 않는 대기질관리	• 라이다 지상 장비-운고계, 윈드라이다를 이용한 실시간 혼합고 산출 알고리즘 개발 • 집중관측된 라디오존데 자료를 이용한 혼합고 산출 및 개발된 알고리즘에서 산출된 혼합고와의 비교 및 검증, 개선 • 개발된 알고리즘을 통해 산출된 혼합고의 일별, 월별, 계절별 변화 경향 분석 및 제시	본 과제와의 연계성 낮음 (하)
6	2020	Automotive IoT 네트워크를 위한 밀리미터파 다중안테나 기반 통합 레이더, 무선 정보 및 전력 전송 기법 연구 (20180601-20230531 부경대학교, 237백만원)	교육부	이동통신 시스템	• 본 과제에서는 Automotive IoT 네트워크를 위한 밀리미터파 다중안테나 기반 레이더용 무선 정보 및 전력 전송 기법을 연구 개발하고자 함. • Automotive IoT 네트워크 특성상 많은 간섭 및 빠른 이동 채널 환경에서 정밀한 주변 환경 인지(목표물의 거리 및 속도 추정)를 위해 정밀한 레이더 기능을 수행	본 과제와의 연계성 낮음 (하)

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
7	2016	3차원 풍향·풍속 관측용 라이다 시스템 개발 (20150501-20170430 ㈜솔탑, 780백만원)	미래창조과학부	기상관측/분석기술	• 확보된 특허 기술을 바탕으로 저가-소형 3차원 풍향·풍속 관측용 라이다 시스템 개발. (속도 분해능 : 1 m/sec, 최대 측정 속도 : ± 60 m/sec) 저가 일반 레이저를 이용한 풍향·풍속 관측용 라이다 송수신단 설계 제작 • 수신된 산란 신호 분리 기술 및 고감도 분광계 설계 및 최적화 장치의 자동화를 통한 현업 적용 가능성 확인 및 운용	본 과제와의 연계성 높음 (상)
8	2014	방사성물질누출 원격탐지 기술개발 (20121206-20151130 한국원자력연구원, 1,430백만원)	미래창조과학부	방사선 방호/환경 방사선 관리기술	• 원전 주변의 방사성 물질 원격 탐지를 위한 차분흡수형 라이다(DIAL; Differential Absorption Lidar) 기술 및 확산 경로 관측을 위한 3차원 바람장 측정 도플러 기술이 통합된 원격 라이다 핵심기술 개발 • 원격측정 거리 : 0~ 5 km • 방사성물질 측정 농도 : sub-ppb • 속도 측정 범위 : 1~100 m/s	본 과제와의 연계성 낮음 (하)
9	2012	방사성핵종 원격탐지 핵심기술 개발 (20120101-20121231 한국원자력연구원, 100백만원)	교육과학기술부	달리 분류되지 않는 원자력 안전기술	• 원전 주변의 방사성 물질 원격 탐지를 위한 차분흡수형 라이다(DIAL; Differential Absorption Lidar) 기술 및 확산 경로 관측을 위한 3차원 바람장 측정 도플러 기술이 통합된 원격 라이다(LIDAR; Light Detection and Ranging) 핵심기술 개발	본 과제와의 연계성 낮음 (하)
10	2011	원격 측정 핵심 기술 개발 (20100301-20120229 한밭대학교 산학협력단, 449백만원)	기상청	대기 관측/분석 기술	• 기상인자 원격 모니터링을 위한 핵심기술 개발-기존 라이다 시스템의 측정시간&고도 확장(낮시간), 오차 보정, 활용 연구-기상인자 및 바람장 측정을 위한 라만-도플러 라이다 기술 개발 및 응용기술 확립-GNSS 연직 수증기량 산출 및 정밀도 검증 기술 개발-기상현업적용을 위한 GNSS 준실시간 3차원 수증기량 분포도 결정기술개발	본 과제와의 연계성 높음 (상)
11	2010	원격 기상인자(온도, 습도, 에러로졸 상태) 측정 장치 개발 및 응용연구 (20090301-20120331 한국원자력연구원, 360백만원)	기상청	대기과학	• 본 연구개발의 목표는 "기상인자 및 바람장 측정을 위한 라만-도플러 라이다 기술 개발 및 응용기술 확립" 이다. 이를 통하여 기존에 개발한 라만 라이다 장치에 바람장 측정이 가능한 도플러 라이다 장치를 개발하여 통합 설치하고, 그 운용기술을 개발	본 과제와의 연계성 높음 (상)
12	2008	도플러 라이다 기술의 한중 공동 연구 (20060801-20090228 한국원자력연구소, 50백만원)	교육과학기술부		• 본 연구의 목표는 중국 안휘광학정밀기계연구소에서 운용 중에 있는 도플러 라이다 현지랩에 한국 KAERI 연구팀이 참여하여, 한국은 자체 개발한 핵심 기술을 중국이 보유하고 있는 대형 시설을 이용하여 시험함으로써 기존에 중국이 갖고 있는 기술을 더욱 발전시키고, 우리는 중국의 대형 시설을 활용하여 조기에 적은 비용으로 첨단 기술을 습득	본 과제와의 연계성 낮음 (하)

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
13	2006	도플러라이다 기술의 한중 공동연구 (20060801-20090401 국원자력연구원, 총연구비 100백만원)	과학기술부		• 본 연구의 목표는 중국 안휘광학정밀기계연구소에서 운용 중에 있는 도플러 라이다 현지랩에 한국 KAERI 연구팀이 참여하여, 한국은 자체 개발한 핵심 기술을 중국이 보유하고 있는 대형 시설을 이용하여 시험함으로써 기존에 중국이 갖고 있는 기술을 더욱 발전시키고, 우리는 중국의 대형 시설을 활용하여 조기에 적은 비용으로 첨단 기술을 습득	본 과제와의 연계성 낮음 (하)

라. 레이더 관련 연구 개발 동향

- "윈드프로파일", "레이더" 관련 과제 조사 결과 연구주요 내용은 기상청의 관측 및 예보시스템 개발로 조사
  - 검색 키워드 : 윈드프로파일, Windprofiler, 기상관측레이더, 레이더, Radar, Wind Radar
- 주요 연구분야는 기상원격탐사기술 4건, 대기관측/분석기술 1건, 기상예보기술 1건, 응용환경대기과학 1건, 미 분류 1건으로 조사됨
- 항공난류와 직접적인 연구과제는 없으나, 활용 가능한 기술 및 연계성이 있는 과제는 4건으로 파악

<표 31> 윈드프로파일 레이더 관련 과제 검색 결과

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
1	2021	연직바람관측장비 (SW) 융합기술 개발 (20171103-20211231 ㈜에스이랩, 1,167 백만원)	기상청	기상원격탐사기술	• 연직바람 관측장비 시스템 통합 및 시험평가 • 연직바람 관측장비 S/W 성능개선 - S/W 플랫폼 구축 및 검증 - S/W 플랫폼 운용 및 지원 • 수직측풍기 신호처리 기술 - 신호처리 기술 시험 및 운영 • TestBed 운영 기술 - TestBed 장비 및 부수장비 설치. TestBed 장비 운용 - 기술기준 표준화(KS)	난류 관측 장비 및 기술 개발과제로 본과제 연계성 높음 (상)
2	2021	연직바람관측장비(RWP) 융합기술개발 (20171103-20211231 알에프코어, 200 백만원)	기상청	대기 관측/분석 기술	• 연직바람 관측장비 S/W 개발 - 기상변수 산출기술 통합시험 - 기상변수 산출기술 통합 및 현업화 • TestBed 운영 및 평가/활용 기술 - TestBed 운영 기술 및 관측변수 평가기술 • TestBed 장비 및 부수장비 설치. TestBed 장비 운용 비교검증 관측 수행	난류 관측 장비 및 기술 개발과제로 본과제 연계성 높음 (상)

NO	기준 년도	사업명 (연구기간)	부처명	과학기술 표준_연구 분야분류	연구목표요약	본 사업과의 연관성 (상, 중, 하)
3	2021	연직바람관측장비 융합기술개발 (20171103-20211231 알에프코어(주), 2,771백만원)	기상청	기상원격탐사기술	• 민·군 공동 활용 고층기상 관측을 위한 연직바람 관측장비 기술 및 검증체계 개발 - 연직바람 관측장비 하드웨어 개발기술 확보 : 연직바람 관측장비용 위상배열 안테나, 송수신기 등 부품 개발 기술 및 시스템 종합화 기술(조립 및 시험 등 체계 통합 기술) - 연직바람 관측장비 신호처리 및 S/W 개발기술 확보 : 기상변수 산출을 위한 디지털 신호처리 및 S/W...	난류 관측장비 및 기술 개발과제로 본과제 연계성 높음 (상)
4	2013	WRF 3DVAR를 적용한 고분해능 수치모의자료를 이용한 영동폭설 발달메카니즘 연구 (20110501-20140430 강릉원주대학교, 127 백만원)	교육부	기상예보기술	• 서쪽으로는 험준한 태백산맥이 위치하고 동쪽으로는 동해가 위치한 강원도 영동 지역은 복잡한 지형과 동해의 영향을 받기 때문에 재해기상이 자주 발생하는 지역임. • 특히 겨울철에 북동기류에 동반된 폭설 현상으로 제설 작업에 많은 어려움을 주고 있음.	영동폭설 매커니즘에관한 연구 (하)
5	2011	동남지역 국지기상결합에 따른 대기환경복합성연구 (20090301-20120229 부산대학교, 295 백만원)	기상청	응용환경대기과학	• 연안지역은 육지와 바다의 경계지역으로 상이한 지표상태로 인해 시 공간적 대기경계층의 변화가 심하게 나타나고 동시에 해륙풍과 같은 중규모 순환장이 발생하는 지역이다. • 특히, 매우 복잡한 형태인 우리나라 동남 연안지역의 대기상태 및 유동장을 이해하기 위해서는 정밀한 지형 및 지표면 상태를 고려함은 물론이 지역에 대한 정확한 대기경계층 분석이 필요하다.	대기현상 분석 연구 (하)
6	2008	호남지방 대설의 역학 및 미세물리 구조와 국지적 특성 연구 (20080201-20090131 조선대학교, 46 백만원)	기상청		• 호남지방의 강설피해 예방을 위한 방재연구의 일환으로 대기-지표면 및 대기-수면의 역학?열역학적인 특성을 분석하며, 실제 중규모 관측을 통하여 대설의 발달 및 쇠약의 구조를 규명하고, 한반도 서해안 지역 대설의 공간적 국지성을 살펴보고 이를 현업예보에 활용할 수 있는 정보와 기술을 제공한다.	대기현상 분석 연구 (하)

4. 논문 동향 분석

● **항공난류 관련 논문 조사 결과 연구 주요 내용은 항공난류 진단 및 예측 기상시스템 관련 중심로 수행되었으며, 총 83건 수행**

- 검색 DB : NTIS
- 검색 키워드 : (항공기상|후방)활주로 라이다|레이다|의사결정지원|항공관제|RECAT

● **조사된 국내 논문 검토 결과, 본 과제와 직간접적으로 관련있는 논문은 13건**

<표 32> 검색결과 항공난류 및 항공 관제 관련 과제 검색 결과

NO	기준 년도	논문명	내용
1	2020	고해상도 규모상세화 수치자료 산출체계(KMAPP)를 이용한 저고도 항공난류 진단 (석재혁; 최희욱; 김연희; 이상삼 / 한국항공운항학회)	국내 저준위 난류를 진단하기 위해 2016년 8월부터 2019년 7월까지 국립기상과학원(NIMS)에서 개발한 기상청 후처리(KMAPP)를 이용하여 저준위 난류의 진단지표를 산출하였고, Aircaft Meteorological Data Relay(AMDAR)를 이용하여 지표를 평가하였다. 산정된 진단지표의 평균 수평분포는 지형적 요인으로 인해 태백산맥, 소백산맥, 제주도 한라산 부근 등 국내 주요 산을 따라 심한 난류를 모의하였다. 이후, 개별 진단 지표의 AUC 값을 가중치로 사용하여 결합지수에 대한 KMAPP Low-Level Turbulencd 지수(KLT)를 계산하여 검출 성능을 평가하였다. 그 결과, KLT의 AUC 값은 0.73이었고, 인덱스를 조합하였을 때 검출 성능이 향상되었다(0.02-0.13). 또한 AMDAR 데이터를 연도, 계절, 고도로 구분하여 살펴보면 겨울(DJF)과 지표면(표면-1,000ft)에서 최대 0.94 AUC 값이 발견되었다. 상세한 지형자료를 반영한 고해상도 수치자료를 이용하여 국지적 난류분포가 잘 나타나고 낮은 수준에서도 높은 탐지성능을 보였다.
2	2018	기상청 전지구 수치예보모델을 이용한 전지구 한국형항공난류 예측시스템(G-KTG) 개발 (이단비, 전혜영 / 한국기상학회)	G-KTG(Global-Korean Aviation Turbulence Guidance) 시스템은 17km 수평 격자 간격을 가진 기상청의 운영 글로벌 데이터 동화 및 예측 시스템을 사용하여 개발되었다. G-KTG 시스템은 낮은 [10 kft (3.05 km) 이하], 중간 [10 kft (3.05 km) - 20 kft (6.10 km)] 및 상부 [20 kft (6.10 km) - 50 kft (15.24 km)]에 대한 다양한 맑은 공기 난류 (CAT) 진단 및 산파 유도 난류 (MWT) 진단의 통합 솔루션을 제공합니다. 수준. G-KTG의 개별 CAT 및 MWT 진단은 에너지 소산 속도(EDR)의 1/3 전력으로 변환됩니다. G-KTG의 12시간 예측은 6개월(2016.06~2016.11)의 현장 EDR 관측 데이터를 사용하여 평가된다. 예측 기술은 곡선 아래 영역(AUC)에 의해 계산되며, 곡선은 중간 또는 더 큰 수준의 난류 이벤트에 대한 {예} 및 널 레벨 난류 이벤트에 대한 {아니오}의 탐지 확률 쌍에 의해 그려집니다. 상위, 중위 및 하위 수준에 대한 G-KTG의 AUC는 각각 0.79, 0.69 및 0.63입니다. 동아시아의 지역-KTG와 상위 수준의 G-KTG를 비교한 결과, G-KTG(AUC = 0.77)의 예측 능력은 12km 수평 격자 간격의 지역 데이터 동화 및 예측 시스템을 사용하는 지역-KTG(AUC = 0.79)의 예측 능력과 유사하다는 것이 밝혀졌다.
3	2017	Comparison of Turbulence Indicators Obtained from In Situ Flight Data (Soo-Hyun Kim ; Pak-Wai Chan, 한국기상학회)	난류의 두 가지 지표인 소용돌이 소멸 속도(EDR)와 파생된 등가 수직 돌풍 속도(DEVG)는 홍콩에 본사를 둔 항공사의 항공기 관찰을 사용하여 계산된다.
4	2016	Aviation turbulence encounters detected from aircraft observations: spatiotemporal characteristics and application to Korean Aviation Turbulence	12년 1월부터 12월까지 대한항공(KAL) 보잉(B) 737×800, B777×200, B777×300 항공기의 관측자료를 이용하여 유도등가수직풍속(DEVG)을 난류지표로 산정하였다. 계산된 DEVG를 이용한 1분 비행 구간을 기준으로 북반구 겨울철에 가장 높은 MOG 난기류가 발생하였고, 북반구 여름

NO	기준 년도	논문명	내용
		Guidance (Soo-Hyun Kim ; Pak-Wai Chan, Meteorological applications)	철에 가장 낮은 난기류가 발생하였다. 공간적으로, KAL 난기류 조우 (KAL | DEVG)는 주요 비행 경로를 따라 아시아, 오세아니아, 서유럽, 북미 및 남미의 5 개 지역을 대상으로했습니다. 관측된 난류 사건의 수는 비행 밀도와 항법 시간에 의해 정규화된다. 그 결과, 1 MOG 난류는 per 비행과 per 10시간의 항법이 관측되었다. 동아시아에서 관측된 MOG KAL|DEVG는 주로 제트 기류를 따라가는 것으로 보였으며 대부분의 난류 사건은 전단 불안정성과 관성 불안정성과 관련이 있었다. KAL|DEVG는 기상청의 지역 데이터 동화 및 예측 시스템 (RDAPS)과 동아시아에 대한 파일럿 보고서를 결합하여 개발된 한국 항공 난기류 지침(KTG) 시스템을 평가하는 데 사용되었다. KAL-DEVG 및 RDAPS 분석 데이터에 대한 운영 KTG 시스템의 기술 점수 (검출 통계 확률에 따라 곡선 아래 영역으로 정의 됨)로 평가 된 예측 성능은 0.815이며 95 % 신뢰 수준은 0.812에서 0.821 사이입니다. RDAPS 6 및 12 시간 예측 데이터를 사용하여 기술 점수는 KAL | DEVG에 비해 0.8 미만이었습니다.
5	2014	기상청 통합지역모델을 이용한 계절 한국형 항공난류 예측시스템(계절-KTG) 개발 (이단비, 전혜영 / 한국기상학회)	항공 난기류의 출처는 계절에 따라 다르며, 특히 한반도를 포함한 동아시아에서는 주로 제트 / 프론트 시스템 및 대류 활동의 변화와 관련이 있다. 이러한 이유로 본 연구에서는 2011년 6월부터 2013년 5월까지 2년간 기상청의 운영통합모델(UM)의 파일럿 보고서(PIREPs)와 분석 데이터를 이용하여 계절별 한국형 항공난류지도(KTG) 시스템을 개발하였다. PIREPs와 UM 데이터를 이용하여 탐지 확률(POD) 방법으로 각 계절의 항공 난류에 대한 20가지의 최선의 진단을 선택한다. 곡선 아래 영역(AUC)을 사용하여 각 선택된 진단의 가중치를 계산한 후, 20개의 최상의 진단은 가중 점수와 계절별 단일 앙상블 평균 지수로 결합된다. 현재의 운영-KTG 시스템이 사계절을 적용한 진단을 기반으로 하고 있는 것에 비하여 계절-KTG 시스템의 성능은 가을을 제외한 모든 계절에서 더 좋은 것으로 나타났다.
6	2012	기상청 현업 통합모델과 조종사가기상보고 자료를 이용한 한국형 항공난류 예측시스템 개발 (김정훈; 전혜영 /한국항공운항학회)	한국형 항공난류안내(KTG) 시스템은 동아시아 상공에 대한 기상청(KMA)의 운영통일모델(UM)과 파일럿리포트(PIREP)를 활용해 개발된다. KTG 시스템은 다양한 난류 전위를 나타내며 최고의 예측 능력을 가진 20개의 난류 진단으로 구성되어 있으며, 이는 상위(FL250 이상) 및 중간(FL250 이하) 수준에서 단일 앙상블 평균 지수, 즉 KTG로 결합된다. KTG의 전반적인 성능은 단일 최고 지수로 산출된 것보다 높고, 시스템이 항공 산업에서 운영상 유용하다는 최소 기준(80% 정확도)을 만족하는 것으로 나타났다.
7	2012	한국에서 발생한 청천난류 사례들에 대한 수치연구 (민재식, 김정훈, 전혜영/ 한국기상학회)	한국 상공에서 발생하는 세 가지 중간 이상(MOG) 수준의 맑은 공기 난기류(CAT)의 발생 메커니즘은 기상 연구 및 예측(WRF) 모델을 사용하여 조사된다. 이 사례는 Min 등이 이전 연구에서 2002-2008년 동안 한국에서 발생한 MOG 수준의 CAT 사건 중 세 가지 다른 발생 메커니즘(상위 전방 및 제트 스트림, 고기압 흐름, 산파)으로 분류된 경우이다. 2003년 6월 18일 0127 UTC의 경우, 강한 수직 윈드 시어

NO	기준 년도	논문명	내용
			(0.025 s?1)는 최대 풍속이 50 ms?1을 초과하는 향상된 상부 제트 코어 아래에서 전단 불안정성을 발생시키며, 이는 한국 중부 상공에서 관측된 CAT 사건 근처에서 난류를 유발한다. 2006년 11월 22일 2330 UTC의 경우, 음의 절대 소용돌이로 대표되는 관성 불안정 영역은 제트기류의 고기압으로 전단된 쪽에 형성되며, 한국 남서쪽에서 관측된 CAT 사건 근처에서 난류가 활성화된다. 2003년 2월 16일 0450 UTC의 경우, 수직으로 전파되는 산파는 리처드슨 수가 충분히 적은 지역(0.25 < Ri < 1) 부근에서 전단 불안정성(Ri < 0.25)을 유발하며, 이는 대한민국 동부 산악지대에서 관측된 CAT 부근에서 난류를 유발한다.
8	2011	통합지역모델을 이용한 한국형 중상층 항공난류예측시스템 개발 (김정훈, 전혜영/ 한국기상학회)	한국형 중상위 항공난류유도(KTG) 시스템은 기상청의 통합모델(UM) 기반 지역데이터동화예측시스템(RDAPS)을 활용해 개발된다. KTG 시스템은 세 단계를 포함한다. 첫째, KTG 시스템은 UM-RDAPS 도메인에서 진단 세트를 계산한다. 둘째, 단위와 수치 크기가 다른 부품 진단은 KTG 시스템에서 자체 임계값에 따라 0과 1 사이의 값으로 정규화된다. 마지막으로 정규화된 진단은 탐지 확률을 기반으로 가중치 점수를 측정하여 하나의 KTG 예측기로 결합되며, 이는 MOG(중등도) 및 NIL(Null) 강도의 관측 파일럿 보고서(PIREP)를 사용하여 계산된다. KTG 시스템의 최적 성능을 조사하기 위해 한국과 동아시아에 걸쳐 PIREP를 사용하여 KTG 시스템의 두 가지 유형(RD-KTG 및 UM-KTG)을 개발하고 평가한다. RD-KTG의 구성 요소 진단 및 임계값은 8년(2002.12-2010.11) MM5 기반 RDAPS(이전 버전의 RDAPS; Δx = 30km) 및 PIREPs 데이터를 기반으로 하며, UM-KTG의 구성 요소 진단 및 임계값은 6개월(2010.12-2011.5) 및 UM-KTG 기반 RDAPS(= 12km) 데이터를 기반으로 한다. RD-KTG와 UM-KTG를 비교했을 때, 최근 6개월 동안 UM-KTG(0.815)의 전반적인 성능은 RD-KTG(0.79)보다 우수하다. 이는 상층풍 예측 능력이 MM5-RDAP보다 UM-KTG(0.79)에서 더 높기 때문이다. 또한 성분 진단 횟수에 대한 통계적 평가와 민감도 테스트에 따르면 UM-KTG가 RD-KTG보다 효율적이라는 것이 밝혀졌다.
9	2010	효율적인 항공교통흐름을 위한 항로 연산 알고리즘 연구 (김용균, 조윤현, 윤진원, 박동화, 최상방, 박효달 / 한국항행학회)	최근 항공교통량의 증가에 따라 보다 효율적인 항공교통흐름 제어가 요구되고 있다. 이에 본 논문에서는 효율적인 항공관제를 위하여 항공기의 흐름을 유연하게 하기 위한 알고리즘 기법을 연구하였다. 항공교통 환경은 일반 교통 환경과는 다르게 항공기 기종에 따른 수평 및 수직 분리 간격이 존재한다. 빈센티 공식을 이용하여 항로의 거리를 산출하고 다익스트라 알고리즘을 이용하여 항로의 거리에 교통량을 적용하여 가중치를 생성하고 이를 이용하여 항공기가 연료 및 시간의 낭비를 최소화하는 항로를 선택하도록 하였다. 성능평가 결과 기존의 항로 연산 알고리즘의 단순한 최단항로 산출과는 달리 제안된 알고리즘은 교통량 파악을 통한 최적항로를 선택함으로써 효율적으로 항공교통관제를 할 수 있음을 확인하였다.
10	2010	항공관제 시스템 자동화를 위한 자동 관제권 이양 알고리즘 연구 (김용균, 원인수, 윤준철,박효달 / 한국항행학회)	최근 항공교통량의 증가에 따라 효율적인 항공교통관제를 위한 자동화가 요구되고 있다. 항공교통 환경은 일반 교통 환경과는 다르게 공역내의 섹터에 대한 항공기를 제어하는 관제사가 존재하며, 타 섹터로 이동시에는 해당 항공기에 대해 수동으로 관제권을 이양하고 있다. 이에 본 논문에서는 효율

NO	기준 년도	논문명	내용
			적인 항공관제를 위하여 항공기의 흐름을 유연하게 하기 위한 자동 관제권 이양 알고리즘의 연구 수행
10	2012	항공교통정보가 제공되는 CDTI 효과 연구 (길현철, 안동만, 홍교영 / 한국항행학회)	국제민간항공기구(ICAO)는 급증하는 항공교통 수요에 대비하고자 위성항법과 데이터 통신 기술이 접목된 차세대 항행시스템 CNS/ATM의 도입을 권고하고 있다. 차세대 항행시스템은 통신, 항법, 감시 및 교통관리로 구성되어 있다. 이중 감시 분야에 대해서는 ADS-B 정보를 바탕으로 한 CDTI가 구축이 되어 지고 있으며, 항공기 조종사, 항공교통관제사, 지상 이동체의 운용자 등에게 항공교통정보를 공유할 수 있는 장치이다. 본 논문에서는 CDTI를 통해 조종사와 관제사 사이에 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위한 연구이다. 실제 조종사와 관제사 사이에 주고받은 ATC통신 내역을 바탕으로 시뮬레이션 환경을 구축하여 비교분석을 하였으며, 분석 결과 CDTI를 사용할 경우 ATC 환경과 기존레이더 체계보다 항공기 식별부호, 위치, 고도 정보 인식률이 향상 되는 것을 확인하였고, 조종사와 관제사의 항공교통정보 인식이 개선되어짐을 확인을 하였다.
11	2009	항행 및 항법 : 항공용 임베디드 시스템 하드웨어 신뢰성 평가 (김병영, 이동우, 나종화 / 한국항행학회)	항공관제시스템은 안전하고 신뢰할 수 있는 공항 운영을 위해 절대적으로 높은 신뢰성이 요구된다. 본 연구에서는 서버 워크스테이션과 네트워크를 포함하는 ATM 하드웨어 시스템의 신뢰성을 분석하였다. 구체적으로 하드웨어 신뢰성 평가에 자주 사용되는 신뢰도 불록도(Reliability Block Diagram)와 고장수목분석법(Fault Tree Analysis)을 이용하여 분석하였다. 분석 실험은 Relex 사의 Reliability Studio를 이용하여 ATM 하드웨어 시스템의 신뢰도를 예측하였다.
12	2015	다중 센서 인터페이스 시스템 설계 및 구현 (문명주, 김현경 / 한국항행학회)	국내의 공항 및 접근 관제소에서는 SSR, ADS-B, MLAT 등 다양한 감시 센서와 비행계획 데이터를 이용하여 항공관제 업무를 수행하고 있다. 각 센서는 물리적인 연결 방법 뿐 아니라 제공하는 데이터 형태가 매우 다양하며, 이 데이터를 직접적으로 사용함에 따라 항공관제장비의 개발 및 유지 보수에 많은 비용이 소요될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로, 이기종의 감시 센서로부터 수신되는 데이터를 항공관제장비가 처리할 수 있는 단일화된 포맷으로 변환하여 제공하기 위한 시스템을 제안하고자 한다. 본 논문에서는 국내에서 사용중인 대표적인 감시 센서들의 물리적 특성과 자료 포맷 분석 결과와, 다수의 감시 센서와 연동 가능한 다중 센서 인터페이스 시스템의 설계 및 구현 결과에 대해 상세히 기술하였다.
13	2021	Wake Turbulence RECAT을 적용한 활주로 절대 수용량 비교 분석 (박정우, 김휘양, 구성관 / 한국항행학회)	앞선 항공기의 wingtip의 큰돌이 난류에 따라 항공기의 정상적인 운전에 영향을 미칠 수 있다.항공기 4개로 그들의 최대 이륙 무게에 따르면, 점점 수평선 간 거리 이 범주 매트릭스에 적용된다 분류된다.그 FAA와 EUROCONTROL이 앞선 항공기 큰돌이 난류의 강도와 효과 현재 거리 분리 최소치 이상 추천한다 작은 있다는 것이다.이 새로운 정보 7개 부문(RECAT)에 큰돌이 난류에서 최소의 개정에 찬성하는 기회를 제공한다.이 종이 한국에서 주요 공항에서 ICAO독의 초안을 사용하는 RECAT 구현의 실현 가능성 10122을 확인시켜 준다.이 문서는 또한 상대적으로 활주로 용량의 양을 분석하여 인천 국제 공항의 궁극적인 활주로 용량이 해리스 모델을 이용해 계산한다.분석의 결과, RECAT의 구현 인천 국제 공항의 궁극적인 활주로 용량을 증가시킬 수 있을 것으로 확인됐다.이 종이의 계산 결과와 방법 주요 데이터로 다른 공항들에서 RECAT을 구현하기 위해 사용될 수 있다.

5. 기상 관측 관련 국내 상용화 현황

- 국내 기상 관측 관련 LiDAR 장비는 3종이 국산화 되어 있으며, 안개 감지 및 구름 상태 모니터링을 위한 장비로 난류 측정을 위한 장비는 아님
- 바람 관측을 위한 레이더 장비는 1종이 국산화 개발 되었으며, 최소 측정 거리는 200 m, 최소 분해능 50 m의 성능을 가지고 있음
- 항공 난기류 측정 목적은 아니나 난류 측정을 위한 도플러 LiDAR와 RADAR에 대한 기반 기술은 활용 가능한 것으로 보임.

		
JSFS-150 (정상라이다)	차량용 3D LiDAR(VL-R16) (카네비컴)	CHM 8k (Lufft)
목적 : 소형 안개감지기 센서 : LIDAR 측정방법 : 산란식 측정거리 : 10 ~ 25,000m 관측 종류 : 안개, 박무, 연무, 시정 및 현천(눈, 비)	목적 : 차량용 라이다 센서 센서 : LIDAR 관측 종류 : 3D 형상	목적 : 구름 상태 측정 센서 : LIDAR 측정방법 : TOF 측정거리 : 5 ~ 8,000m 분해능 : 5, 10, 15 m
		
SRL-300 LIDAR ((주)솔탑)	Radar Wind Profiler (RFCore)	
목적 : 구름, 먼지 등 기상관측 센서 : LIDAR 측정방법 : 산란식 측정거리 : ~ 20,000m	목적 : 연직방향 바람 관측 센서 : Radar 측정거리 : 200 ~ 10,000m 분해능 : 50, 100 m	

6. 국내・외 연구개발 비교

구분	NextGEN(미국)	SESAR(EU)	CARATS(일본)/CAAM(중국)	NARAE(한국)	분석결과
프로그램	① 차세대 항공기 자동종속감시방송(ADS-B) ② 데이터 통신 ③ 항로 비행 자동화 ④ 터미널공역 비행 자동화 ⑤ 글로벌 항공데이터 종합관리망(SWIM) ⑥음성통신	① 자동화 디지털화 ② 위성기반 모바일 기술 도입 ⇒ 공항수용량 효율증대 ③ SWIM을 통한 동적 비행계획 ④ 궤적기반운영(TBO) ⑤ 민·군 등 정보공유체계	[일본] ① 안전성 향상 ② 항공교통증가에 대비 ③ 이용편리성 향상 ④ 운항 효율성 제고 ⑤ 항공보안의 효율성 향상 ⑥ 환경보전 ⑦ 항공교통분야 일본의 국제적 지위 향상 [중국] ① 성능기반 운영 ② 유연한 공역 구성 및 관리 ③ 협력적 운영 ④ 협력적 수요 및 수용량 균형 ⑤ 궤적기반 운영	① 수요자(항공사) 중심의 예측 가능한 공항·공역 운영 ② 데이터 기반의 과학적 항공교통관리 ③ 최적의 항행환경 구축을 통한 수용성 확대 ④ 신기술·신비행체를 적용한 신항공교통관리체계구축 ⑤ 포스트 코로나 대비 항공교통관리 강화	ICAO의 ASBU와 국가 항행계획 세부과제 반영 [독립요소] ① 관제 시뮬레이터 확대 ② 전자스트립 확대 ③ 능력기반 교육·훈련체계 도입 ④ AI 기반 음성인식시스템 도입 ⑤ 방역·비상대응체계 강화 ⑥ SP 총괄기능 강화 등
현재 TRL 단계	5 ~ 7 단계	5 ~ 6 단계	4 ~ 6 단계	2 ~ 6단계	-
TRL 수준의 이유	• 관측 관련 장비 개발 및 연구 개발 지속적 수행으로 관측 관련 장비 개발은 완료되었으나, 연계 시스템의 개발은 진행 중 • 의사결정지원시스템 개발 진행 중 • 실용화를 위한 개발 장비의 신뢰성 시험 및 규정 개정 등을 추진	• 기존 기상 관측 장비를 활용한 관측 시스템 개발과 연계 시스템의 개발 진행 중 • 의사결정지원시스템 개발 진행 중 • 실용화를 위한 개발 장비의 신뢰성 시험 및 규정 개정 등을 추진	• 관측 관련 장비 개발 및 연구 개발 지속적 수행으로 관측 관련 장비 개발과 연계 시스템의 개발은 진행 중 • RECAT 도입 효과성 검증을 위한 연구 수행 중 • 실용화를 위한 개발 장비의 신뢰성 시험 및 규정 개정 등을 추진	• RECAT 도입을 위한 정책 검토 중 • ICAO 제시 RECAT 기준의 국내 적용에 따른 활주로 수용량 증감 분석에 대한 연구는 수행되고 있으나, 국내 공항에 적합한 RECAT 기준 마련을 위한 연구는 미미한 상황 • 항공교통운영지원시스템 중 기존연구개발(A-MAN/D-MAN) 을 통해 출도착 관련 의사결정지원기능의 적용을 위한 기존 시스템과의 연동 기술은 확보 되어 있는 상태 • 기존연구개발	– 공항운영과 관련된 의사결정지원시스템의 개발과 RECAT 효과성 분석을 위한 연구 수행과 RECAT 도입 – 기존 관측 장비 또는 전용 장비의 개발을 통한 관측 시스템의 개발 수행 중 – 실용화를 위한 개발 장비의 신뢰성 시험 및 규정 개정 등을 추진

구분	NextGEN(미국)	SESAR(EU)	CARATS(일본)/CAAM(중국)	NARAE(한국)	분석결과
				(A-MAN/D-MAN)의 의사 결정지원 시스템은 공역 내 운항경로 최적화를 위한 시스템으로 활주로 이착륙 항공기 대상 의사결정 지원 연구는 없는 상태 • 공항 의사결정 지원 기술(ACDM)과 A-MAN/D-MAN은 활주로 운영의 의사결정 기능은 제공하지 않으나, 선행된 연구부분 중 공항 및 항적 데이터 연계 개념을 활용 • 원거리 기상 관측(풍향, 풍속 등)관련 기반 기술과 데이터분석 기술은 확보되어 있으나, 항공기상(활주로 주변)과 관련된 관측기술 적용은 미미한 상황	
세부분야 (포트폴리오, 마스터플랜 개선분야)	[포트폴리오] ① 지상 운영 개선 ② 접근 및 저시정 운영 개선 ③ 다중 활주로 운영 개선 ④ 성능기반항행 ⑤ 시간기반 흐름 관리 ⑥ 협력적 항공교통관리 ⑦ 분리 관리 ⑧ 맞춤(On-demand) 공역정보 ⑨ 환경 및 에너지 ⑩ 시스템 안전 관리 ⑪ 공역 인프라	[개선분야] ① 공항 운영 개선(21개 과제) ② 항공교통업무 개선(21개 과제) ③항공교통 네트워크 최적화(8개 과제) ④ 항공 인프라 개선(13개 과제)	[개선분야] ① 궤적기반 운영(6개 과제) ② 예측성 개선(4개 과제) ③ 성능기반 운영(4개 과제) ④ 위성기반 항행(3개 과제) ⑤ 상황인식성능 개선(3개 과제) ⑥인적 및 물적자산 활용능력 최적화 (7개 과제) ⑦정보제공 및 협력적 의사결정(5개 과제) ⑧ 혼잡 구역 운영 개선(5개 과제) ※ 상세 중국 자료 없음	[세부목표] ①-1 민·군, 국제 협력을 통한 유연한 공역 운영 ①-2 4D 개념의 궤적기반운영 체계 구축 ①-3 운영 개선을 통한 수용량 증대 ②-1 디지털 항공정보 체계 구축 ②-2 항공정보 데이터 종합관리체계 구축 운영 ②-3 데이터 기반의 항공교통관리 의사결정 지원 ③-1 디지털 기반 항행환경 조성 ③-2 위성을 통한 항행시스템 감시성능 향상 ③-3 조난항공기 안전관리체계 구축 ④-1 UAM 등 신비행체 교통관리	ICAO의 ASBU와 국가 항행계획 세부 과제 반영됨

구분	NextGEN(미국)	SESAR(EU)	CARATS(일본)/CAAM(중국)	NARAE(한국)	분석결과
				시스템 구축 ④-2 AI XR 기반의 원격 관제서비스 제공 ⑤-1 직선비행로 확대로 항공사 부담 경감 ⑤-2 관제 기능 향상으로 관제업무 최적화 ⑤-3 항공교통관리 조직 및 인력운영 고도화	
항공난류 관련 기술 현황	• US RECAT 1.5, RECAT-EU 내용과 연계하여 2017년 말 ICAO RECAT솔루션 공동제안하여 ICAO DOC4444항공교통관리절차에 업데이트되어 반영됨 • CWT 구현은 `21~`22년까지 계획 [다중 활주로 운영] • 2019년 초 FAA 14개 TRACONS (터미널 레이더 접근 제어시설)에서 통합 후류 난류(CWT) 표준 구현 • 유럽의 SESAR와 협력하여 RECAT 3개발 중	• PJ02 EARTH(활주로 및 공항 처리량 증가) • PJ.02-01 – 웨이크난류 분리 최적화 • PJ.02-02 – 향상된 도착 절차 • PJ.02-03 – RSP를 기반으로 하는 최소 쌍 분리 • PJ.02-05 – 공항에서 독립적인 로터크래프트 운영 • PJ.02-06 – 가시성이 낮은 조건에서 2차 공항으로의 접근 개선 • PJ.02-08 – 단일 및 다중 활주로 공항의 교통 최적화 • PJ.02-11 – 효율적인 곡선 작업을 위한 향상된 터미널 영역 • PJ02-01 솔루션은 공항 활주로 처리량을 향상시키기 위해 도착 및 출발에 대한 후류 난류 분리 최소값을 최적화하는 것을 목표로 합니다. 다음 개발에 중점을 둡니다. – 기상 및 정적 항공기 특성에 기반한 후류 분리 감소; – ATCO를 위한 분리 전달 지원 도구; – 후류 위험 모니터링 기능(지상 및 공중);	• 후방난기류 구분의 재분류 RECAT에 따른 관제 간격 분류연구 : ICAO PANS-ATM개정 • 실제 관제기술로 적용되고 있음 • RECAT에 의한 후방 난기류 관제 간격 ①레이더를 이용한 경우, ②레이더를 이용하지 않은 경우- 출발 최소간격,출발 인터섹션, 후방난기류 발생보고 등 • DREAM 미션 및 CARATS에서 항공난류 관련기술 : 기상정보 기술, ①OI 025 : 근접 평행 활주로의 처리량 향상, ②OI-26:후방난류로 인한 제어간격 감소 ※ 상세 중국 자료 없음	[국내 개발 목표] ① 활주로 항공난류 실시간 탐지시스템 ② 항공난류 실시간 분석 ③ 통합 및 연계시스템 ④ 분류기준 ⑤ 시간분리기술분야 ⑥ 종합관리체계 연계	[시스템 개발] • 활주로 항공난류 실시간 탐지시스템 개발을 통해 항공난류 실시간 분석 기술이 개발되어야하며(최소 2년간 수집데이터), 국내 공항 여건에 맞는 시간분리기술을 개발 적용 필요. 핵심기술인 라이다, 레이더의 기술에 주요 부품은 선진사 제품 활용에 대해 검토되어야 함 • 분류기준은 최신 ICAO RECAT 기준이 국내에 부합되는지 여부에 대해 공항 실증을 통한 검증이 필요함 [항공난류 관제시스템] • 통합 및 연계시스템, 종합관리체계 연계의 경우 의미상 명확한 분류가 필요함. 항공기 운항관제, 난류 관제 등으로 개발 및 연계에 대한 세분화된 목표 수립 필요 따라서, 시스템은 공항, 항공기의 여건에 따라, 지상 및 기상의 시스템 구성에 대한 개발에 대해 검토 필요.

구분	NextGEN(미국)	SESAR(EU)	CARATS(일본)/CAAM(중국)	NARAE(한국)	분석결과
		– 후류 와류 감쇠 강화 장치. 관련 ICAO 블록 모듈 ①B1–WAKE 동적 WAKE 외란 분류를 통한 활주로 처리량 증가 ②B2–WAKE 고급후류 난류 분리(시간 기반)			
안전평가 및 성능평가	[안전평가] • FAA Order 7400.2L • [성능평가] • FAA ATO	[안전평가] • 유럽항공교통관리(EATM) 안전정책 및 Eurocontrol 안전규제요건(ESARR)준수 [성능평가] • EC규정 N. 691/2010의 핵심 기능인 SES 성능 계획	[안전평가] • RMA와 EMA 기능을 수행하고 있는 JASMA(Japan Airspace Safety Monitoring Agency)가 존재. JASMA는 후쿠오카 FIR을 운항하는 항공기에 대한 모니터링을 수행하고 있으며, 일본의 CAB(Civil Aviation Bureau), MLIT(Ministry of Land, Infrastructure, Trans–port and Tourism)의 지원을 바탕으로 수집된 데이터를 기반으로 수직안전평가와 횡적안전평가 수행 [성능평가] • 성과 관리를 위하여 미래항공교통시스템으로의 발전계획인 CARATS를 수립하고 이를 성공적으로 수행하기 위한 정량적 성과 목표와 주요지표를 설정하였으며, 성과를 평가할 수 있는 방안에 대한 연구와 지속적인 모니터링 수 ※ 상세 중국 자료 없음	[안전평가] • ICAO는 공역 수용량과 안전성 확보를 위한 평가를 주요 내용으로 하는 Doc 4444 PANS–ATM을 수립하였으며, 항공교통업무 안전관리를 체계적으로 수행하기 위한 내용을 명시 [성능평가] • Doc 9883(Manual on Global Performance of the Air Navigation System)을 통해 항공 및 비 항공 산업의 다양한 분야에서 성과 관리 활동의 성공적인 개발 및 관리를 위한 가이드라인을 제시	• 2019년 국토교통 R&D 동향조사 항공교통분야–성능인증 및 성능검사 절차에 따라 안전 및 성능평가 – 시험평가 기준 수립을 통해 국제 수준에 맞도록 성능 평가 • 시스템 평가 기준 개발 및 공항실증을 통한 성능평가 • 항공 관계법 및 규정 등에 대한 반영 – 공항수용능력 설정지침 등의 개정
검토사항	• 미국의 공역 관리는 연방항공청(FAA)의 국가공역시스템(National Airspace System, NAS)15)을 통해 이루어지고 있으며, 항공교통서비스에 필요한 적절한기술, 인프라, 절차 및 정책을 제공하여 안전하고 효율적인 공역운영을 목표	• 2004년에 항공교통관리의 효율성 제고, 최적의 항공교통서비스 제공을 위하여 유럽연합 공역에 대한 단일화 계획인 유럽영공 단일화 계획(Single European Sky, SES)을 추진 • 유럽영공 단일화 계획(SES)에 의거,	• NextGen, SESAR 등 국제적 호환성 및 자국실정에 적합한 중장기 발전계획 수립 ※ 상세 중국 자료 없으나, ICAO의 정책에 따름	• ICAO는 GANP의 이행을 위해 ASBU(Aviation System Block Upgrade)를 통한 단계별 항행시스템 개선계획 방법, 세부요소 등을 따르고 있음 • 항공교통관리 시스템의 경우 통합보다 분리 운영되고 있음	• 국가별 독자적인 계획에 따른 개발로 인하여, 항공교통분야의 시스템 간 상호운용성에 제약이 발생함에 따라, 표준을 제시하여 국가 간 불일치문제를 해결하도록 하는 요구가 발생 • ICAO에서 세계항행계획(Global Aviation Navigation Plan, GANP)

구분	NextGEN(미국)	SESAR(EU)	CARATS(일본)/CAAM(중국)	NARAE(한국)	분석결과
	• SESAR와 하모니 정책 추진	유럽연합의 공역을 단일 공역으로 운영하는 것은 전체 유럽 공역 범위에서의 안전성과 수용량, 효율성을 향상		• 선진국에 비해 10년 이상 기술적인 차이가 있음	을 수립하였으며, 동일한 운영개념의 상호운용이 가능한 가이드라인을 제시 • 이에 더불어 ICAO GANP에서 전 세계적으로 조화로운 항행 시스템을 구성하고, 좀 더 지역적인 수준에서 GANP가 보다 현실적으로 실행될 수 있도록, 미래항공시스템 전환계획(Aviation System Block Upgrades, ASBU)을 제시

7. 소결

- 국외의 경우, NextGen, SESAR Project, CARATS 등 다양한 항공운영 개선을 위한 다양한 연구개발 프로그램을 개발 운영
- TBFM, RECAT-EU, TBS 등 다양한 활주로 용량 증대를 위한 프로그램 제안
- 해외 기술개발 및 시범운영 사례 등에서 후류 재분류에 따른 항공기 이착륙 간격 단축으로 공항 교통 효율성이 개선됨을 확인
- 다양한 정보를 통합하여 운영하기 위한 LORD 플랫폼 개발 등을 개발하여 운영하고 있으며, 특히 운영자의 작업 부하 경감을 위해 운영 시스템의 HMI 개선 실시
- 우리나라는 GANP 반영 ATM 시스템 전환을 위해 차세대항공교통시스템구축계획(NARAE) 수립하여 운영
- ICAO Doc. 10122에 따른 RECAT의 기준 국내 적용에 따른 활주로 수용량 증감 분석에 대한 연구는 초기 단계(TRL 2)로 국내 공항에 적합한 RECAT 기준 마련을 위한 연구는 미미한 상황
- 항공교통운영지원시스템 중 기존 연구개발 (A-MAN/D-MAN)을 통해 출도착 관련 의사결정지원기능의 적용을 위한 기존 시스템과의 연동 기술은 확보 되어 있는 상태로 이들 기술은 연계하여 개발 가능
- 기존 연구개발에서 의사 결정지원 시스템은 공역 내 운항경로 최적화를 위한 시스템으로 활주로 이착륙 항공기 대상 의사결정 지원 연구는 없는 상태로 공항 의사결정 지원 기술(ACDM)과 A-MAN/D-MAN은 활주로 운영의 의사결정 기능은 제공하지 않으나, 선행된 연구부분 중 공항 및 항적 데이터 연계 개념을 활용하여 개발 가능할 것으로 판단
- 국내외 기술동향 분석결과 난기류 탐지는 도플러 라이더 기술을 주로 적용
- 선진사 제품의 경우, 최대 탐측 거리 25km, 2,000 ft 내의 수직 거리 탐측, 100 m 이상의 분해능을 가지고, 처리시간은 30초 ~ 5분까지 운용목적과 탐측 범위에 따라 다양
- 국내에서는 항공 난기류 측정 목적은 아니나 도플러 라이다에 대한 연관기술 개발이 수행된 사례가 있으며, 기 수행된 과제와 연계를 통한 항공난류 탐지관리 기술 국산화 개발은 가능할 것으로 판단
- 국내의 항공 난기류 관측, 관련 실증 실적은 없는 상황이며, 관련 기반 기술은 확보된 것으로 판단되며, 후류 재분류 기준 도입의 시범 운영 등을 통한 효과성 관련 자료 축적이 필요한 것으로 판단

제5절. 특허 동향 분석

1. 특허분석

● **특허조사 요약**

특허 동향 분석 범위	미래 항공 교통 시스템 환경 구축을 위한 가이드 라인으로 ICAO에서 제안한 ASBU (Aviation System Block Upgrade)의 이행 과제의 하나인 “Wake Turbulence Separation”에 대응하기 위한 실시간 활주로 항공 난류 탐지시스템과 분석기술, 항공기 후류 요란 분리 기준 개선을 통해 활주로의 이착륙 및 항공기 처리량을 증대시키기 위한 시간 기반 분리 기술 및 항공관리시스템과 연계 기술에 관련한 특허기술 동향을 분석함

● **분석대상 특허**

– 본 분석에서는 1990년~2021년 12월까지 출원 공개된 한국, 미국, 일본 및 유럽 공개특허와 1990년~2021년 12월까지 출원 등록된 미국등록특허를 대상으로 특허 분석을 수행함.

<표 33> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	wisdomain	1990 ~ 2021.12	특허공개 및 등록 전체문서
	미국	wisdomain		특허공개 및 등록 전체문서
	일본	wisdomain		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽	wisdomain		특허공개 및 등록 전체문서

● **기술분류체계**

– 본 분석에서는 과제의 기술 요약서를 기초로 기술분류를 실시하여, 연구범위 내의 기술을 검색하고, 검색된 기술들을 대상으로 심층 분석을 진행함.

● **활주로 운영의사지원(A-CDM) 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술개발**

<표 34> 분석대상 기술의 기술분류 체계

대분류		중분류		소분류	
A	Wake연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 (A)	AA	활주로 운영지원 기술 (A)	AAA	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 및 실시간 분리 기준 산출 기술 (A)
				AAB	항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계 기술(B)
				AAC	항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술(C)

대분류		중분류		소분류	
		AB	의사결정 지원기술 (B)	ABA	항공교통관제 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술 (A)
				ABB	항공교통 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 기술 (B)
				ABC	기상데이터, 항공난류 데이터 표준화 관련 기술 (C)
				ABD	CWP(End User, Controller working position), HMI 표출 기술 (D)
B	전천후 WAKE탐지 기술 (B)	BA	Wake 탐지 시스템 (A)	BAA	수평거리 10km, 고도 2000ft(600m), 해상도 100m급 전천후 Wake 탐지 기술 (A)
				BAAA	청천 풍향/풍속 측정 도플러 레이더, LiDAR 센서 신호검출 기술 (A)
				BAAB	전방향 측정을 위한 센서 구동 기술 (B)
				BAAC	풍향/풍속 데이터 HMI 표출 기술 (C)
				BAAD	풍향/풍속 센서 성능시험 기술 (D)
				BAB	데이터/장비 신뢰도 검증 기술 (B)
		BB	실시간 Wake 정보 산출 (B)	BBA	효율적 데이터 획득을 위한 위치 선정 기술 (A)
				BBB	이종 센서 데이터 융합(통합) 산출 기술 (B)
				BBC	탐지 장비 검증을 위한 1차 Test-Bed 구축 및 실증(소형비행장) (C)
				BBD	관제현장 지원을 위한 2차 Test-Bed 구축 및 실증(ARTS 연계 공항) (D)
C	시스템 검증 및 운영기반 기술 (C)	CA	Wake 시스템 검증 기술 (A)	CCA	시스템 규격서 안전도 산출 및 검증 (A)
		CB	Wake 운영기반 구축 (B)	CCB	WAKE 법제화 및 ICAO 의제 대응 (B)

<표 35> 최종 검색식에 따른 검색결과

대분류	중분류	소분류	KR	US	EP	JP	합계
Wake연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 (A)	활주로 운영지원 기술 (AA)	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 및 실시간 분리 기준 산출 기술 (AAA)	52	548	189	39	828
		항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계 기술 (AAB)	182	1,088	475	68	1,813
		항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술 (AAC)	31	414	30	39	514
	의사결정 지원기술 (AB)	항공교통관제 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술 (ABA)	32	157	74	26	289
		항공교통 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 기술 (ABB)	125	753	62	48	988
		기상데이터, 항공난류 데이터 표준화 관련 기술 (ABC)	39	842	126	98	1,105
		CWP(End User, Controller working position), HMI 표출 기술 (ABD)	43	100	21	9	173
전천후 WAKE탐지 기술 (B)	Wake 탐지 시스템 (BA)	수평거리 10km, 고도 2000ft(600m), 해상도 100m급 전천후 Wake 탐지 기술 (BAA)	12	48	26	6	92
		청천 풍향/풍속 측정 도플러 레이더, LiDAR 센서 신호검출 기술 (BAAA)	128	2,408	1,756	529	4,821
		전방향 측정을 위한 센서 구동 기술 (BAAB)	57	489	251	187	984
		풍향/풍속 데이터 HMI 표출 기술 (BAAC)	21	108	115	45	289
		풍향/풍속 센서 성능시험 기술 (BAAD)	8	86	47	29	170
		데이터/장비 신뢰도 검증 기술 (BAB)	5	39	24	12	80

대분류	중분류	소분류	KR	US	EP	JP	합계
	실시간 Wake 정보 산출 (BB)	효율적 데이터 획득을 위한 위치 선정 기술 (BBA)	88	467	385	127	1,067
		이종 센서 데이터 융합(통합) 산출 기술 (BBB)	46	174	156	86	462
		탐지 장비 검증을 위한 1차 Test-Bed 구축 및 실증(소형비행장) (BBC)	3	41	5	1	50
		관제현장 지원을 위한 2차 Test-Bed 구축 및 실증 (ARTS 연계 공항) (BBD)	2	30	3	1	36
시스템 검증 및 운영기반 기술 (C)	Wake 시스템 검증 기술 (CA)	시스템 규격서 안전도 산출 및 검증 (CCA)	1	10	4	1	16
	Wake 운영기반 구축 (CB)	WAKE 법제화 및 ICAO 의제 대응 (CCB)	1	6	1	1	9
총합계			701	6,847	3,010	1,049	11,607

2. 유효특허 선별 기준 및 결과

가. 유효특허 선별 기준

- 활주로 항공난류 관리기술 개발 구성기술의 Raw Data에 대하여 아래 표와 같이 유효특허 선별 기준을 마련하여 유효특허를 선별함.

<표 36> 유효특허 선별 기준

대분류	중분류	소분류	유효특허 선별기준
Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 (A)	활주로 운영지원 기술 (AA)	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 및 실시간 분리 기준 산출 기술 (AAA)	• Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 산출 기술 • 공항별 및 기종별 Wake 적용 3차원 시뮬레이션 연구 • Wake 탐지 및 공간 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 산출 기술 • Wake 탐지 및 공간 풍향/풍속 연계 실시간 TBS(Time Based Separation) 기준 산출 기술
		항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계 기술 (AAB)	• Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현 • Wake 탐지 정보 표출 시스템 (이중화) 설계 및 적용 기술

대분류	중분류	소분류	유효특허 선별기준
		항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술 (AAC)	• 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 • Wake 운영/의사결정 지원 시스템 신뢰성/안정성 평가 • 활주로 운영 지원(Matrix, TBS) 정보의 정확도/적정성/효과성/효율성 산출 및 검증 기술 • 단위 시스템 연계 및 시스템 통합 • 시스템 통합 검증 • ATCS 협업 연계 및 현장 검증
	의사결정 지원기술 (AB)	항공교통관제 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술 (ABA)	• ATC(항공교통관제) 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술 • ATC(항공교통관제) 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 및 적용 기술
		항공교통 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 기술 (ABB)	• Matrix 산출을 위한 비행계획 기반 항공기 기종 정보, 실시간 위치정보 연계 기술 • 비행계획 기반 항공기 기종 정보 연계 기술
		기상데이터, 항공난류 데이터 표준화 관련 기술 (ABC)	• Wake(항공난류) 정보 데이터 표준화 및 SWIM/CDM 연계 기술 연구 • Wake 적용을 위한 교육 프로그램 개발
		CWP(End User, Controller working position), HMI 표출 기술 (ABD)	• Wake 분리 Matix CWP / HMI (End User) 표출 기술 및 시스템 구축 • Wake 분리 TBS CWP / HMI (End User) 표출 기술 및 시스템 구축
전천후 Wake 탐지 기술 (B)	Wake 탐지 시스템 (BA)	수평거리 10km, 고도 2000ft(600m), 해상도 100m급 전천후 Wake 탐지 기술 (BAA)	• 수평거리 10km, 고도 2000ft(600m), 해상도 100m급 전천후 Wake 탐지 기술
		청천 풍향/풍속 측정 도플러 RADAR, LIDAR 센서 신호검출 기술 (BAAA)	• 청천 풍향/풍속 측정 도플러 LIDAR 신호검출 설계 기술 • 청천 풍향/풍속 측정 RADAR 신호검출 설계 기술
		전방향 측정을 위한 센서 구동 기술 (BAAB)	• 전방향 측정을 위한 RADAR 센서 구동부 설계 및 위치 선정 기술 • 전원부(통합 또는 센서별) 설계 기술 • 시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술 • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 개발
		풍향/풍속 데이터 HMI 표출 기술 (BAAC)	• 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술 • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축
		풍향/풍속 센서 성능시험 기술 (BAAD)	• Wake 센서 기본성능 시험 기술 • Wake 센서 안정성/신뢰성 평가
		데이터/장비 신뢰도 검증 기술 (BAB)	• Wake 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 • Wake 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발 • Wake 탐지장비 기본성능 평가 • Wake 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가

대분류	중분류	소분류	유효특허 선별기준
	실시간 Wake 정보 산출 (BB)	효율적 데이터 획득을 위한 위치 선정 기술 (BBA)	• Wake 탐지장비(LIDAR/RADAR)별 위치 선정 기술 • 효율적 데이터 획득을 위한 위치 선정 기술
		이종 센서 데이터 융합(통합) 산출 기술 (BBB)	• Wake 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술 • TCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술
		탐지 장비 검증을 위한 1차 Test-Bed 구축 및 실증(소형비행장) (BBC)	• Wake 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계 • 탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증 • 탐지 장비 검증을 위한 1차 Test-Bed 구축 및 실증(소형비행장)
		관제현장 지원을 위한 2차 Test-Bed 구축 및 실증(ARTS 연계 공항) (BBD)	• Wake 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계 • 탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증 • 관제현장 지원을 위한 2차 Test-Bed 구축 및 실증(ARTS 연계 공항)
시스템 검증 및 운영기반 기술 (C)	Wake 시스템 검증 기술 (CA)	시스템 규격서 안전도 산출 및 검증 (CCA)	• Wake 탐지 시스템 기술기준, 최소 운영 요구 성능(MOPS, MAPS) 개발 • "Wake 시스템 시험 및 검증 범위(안) 개발 • 운영 및 의사결정 지원 시스템 시험 및 검증 범위(안) 개발 • 장비/시스템 안전성 평가 방안 수립 연구 • 시스템 검증 상세 규정(안) 개발
	Wake 운영기반 구축 (CB)	Wake 법제화 및 ICAO 의제 대응 (CCB)	• 항행안전시설 적용 범위(안) 개발 • Wake 운영을 위한 규격 및 정책적 요구사항 개발 • 공항별 RECAT 적용/운영 규정 개발 • TBS 운영을 위한 규정(안) 개발 • "관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 법제화 지원 (시행규칙, 고시, 훈령, 지침 등)“ • ICAO 의제 대응(안) 개발 • ICAO 의제 대응 및 실용화 전략 수립

나. 유효특허 선별 결과

- 위의 선별 기준을 통하여 유효특허를 선별한 결과 [표 1-5]와 같이, 활주로 운영지원 기술(AA)이 119건, 의사결정 지원기술(AB)이 268건, Wake 탐지 시스템(BA)이 129건, 실시간 Wake 정보산출(BB)이 52건으로 도출되었음.
- 그러나 Wake 시스템 검증기술(CA), Wake 운영기반 구축(CB)과 관련한 기술은 검색결과 0건으로 관련 기술이 검색되지 않음.

<표 37> 유효특허 선별결과

대분류	중분류	소분류	KR	US	EP	JP	합계
Wake연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 (A)	활주로 운영지원 기술 (AA)	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 및 실시간 분리 기준 산출 기술 (AAA)	1	17	0	5	23
		항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계 기술 (AAB)	10	26	19	27	82
		항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술 (AAC)	7	1	0	6	14
		소계					119
	의사결정 지원기술 (AB)	항공교통관제 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술 (ABA)	1	25	8	6	40
		항공교통 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 기술 (ABB)	7	110	48	21	186
		기상데이터, 항공난류 데이터 표준화 관련 기술 (ABC)	0	8	4	4	16
		CWP(End User, Controller working position), HMI 표출 기술 (ABD)	0	19	1	6	26
		소계					268
전천후 WAKE탐지 기술 (B)	Wake 탐지 시스템 (BA)	수평거리 10km, 고도 2000ft(600m), 해상도 100m급 전천후 Wake 탐지 기술 (BAA)	4	0	0	2	6
		청천 풍향/풍속 측정 도플러 레이더, LiDAR 센서 신호검출 기술 (BAAA)	7	53	17	23	100
		전방향 측정을 위한 센서 구동 기술(BAAB)	0	9	0	2	11
		풍향/풍속 데이터 HMI 표출 기술(BAAC)	0	2	0	0	2
		풍향/풍속 센서 성능시험 기술 (BAAD)	0	4	0	3	7
		데이터/장비 신뢰도 검증 기술 (BAB)	0	1	0	2	3
		소계					129
	실시간 Wake 정보 산출 (BB)	효율적 데이터 획득을 위한 위치 선정 기술 (BBA)	1	23	4	1	29
		이종 센서 데이터 융합(통합) 산출 기술 (BBB)	0	22	0	0	22
		탐지 장비 검증을 위한 1차 Test-Bed 구축 및 실증(소형비행장) (BBC)	1	0	0	0	1
		관제현장 지원을 위한 2차 Test-Bed 구축 및 실증(ARTS 연계 공항) (BBD)	0	0	0	0	0
		소계					52
시스템 검증 및 운영기반 기술 (C)	Wake 시스템 검증 기술 (CA)	시스템 규격서 안전도 산출 및 검증 (CCA)	0	0	0	0	0
		소계					0
	Wake 운영기반 구축 (CB)	WAKE 법제화 및 ICAO 의제 대응(CCB)	0	0	0	0	0
		소계					0
총합계			39	320	101	108	568

- 주요 출원 시장은 미국과 유럽이 주도하고 있는 것으로 조사됨.
- 각국의 년도별 출원 동향을 살펴보면 다음과 같음.
  - [미국]의 특허 출원 동향이 전체 특허 출원 동향과 비슷한 경향으로 보이는 것으로 보면 미국 특허가 전체 특허 출원 동향에 영향을 크게 미치는 것으로 보이며, 1990년부터 2020년에 이르기까지 급격한 출원 증가세를 보인 이후, 2019년과 2020년에 가장 활발한 특허 출원을 진행한 것으로 조사됨.
  - [유럽]의 경우 1990년부터 1997년까지 출원 증가세를 보이다가, 1997년 이후부터는 출원이 증가하지 않고 정체되고 있는 것으로 조사됨.
  - [한국]의 경우 2008년부터 특허 출원이 증가하기 시작하였고, 현재까지도 증가 추세에 있는 것으로 보이나, 미비하게 증가하거나 미국 및 유럽과 대비하면 특허 출원 활동이 활발하지 않은 것으로 판단됨.
  - [일본]의 경우 유럽과 비슷한 출원 동향을 보이며, 1992년 이후 출원 증가세를 보이나, 미국과 유럽과 대비하면 특허 출원 활동이 활발하지 않은 것으로 판단됨.

나. 주요출원국 내·외국인 특허출원 동향

- 각 주요 시장국의 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국에서의 출원 건수가 320건으로 전체의 56%를 차지하여 비중이 가장 높았음.
- 대부분의 국가에서 내국인에 의하여 출원이 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 유럽의 경우 전체 출원국가 중 외국인의 비중이 42%로 가장 높아, 유럽 내에서 외국인에 의한 기술 경쟁과 특허 확보를 위한 경쟁이 가장 치열한 것으로 조사됨.
- 일본은 외국인에 의한 출원 비중이 38%로서 유럽 다음으로 외국인에 의한 출원 비중이 높은 상태이며, 미국은 외국인에 의한 출원 비중이 23%, 한국은 외국인의 출원 비중이 18%로 각각 나타나, 미국과 한국은 상대적으로 외국인의 특허 확보 수요가 높지 않은 것으로 조사됨.

다. 국가별 기술 성장 단계 분석



<그림 71> 기술 성장 단계 표준 모델

구간	1구간	2구간	3구간	4구간
년도	1990년~1996년	1997년~2004년	2005년~2012년	2013년~2021년

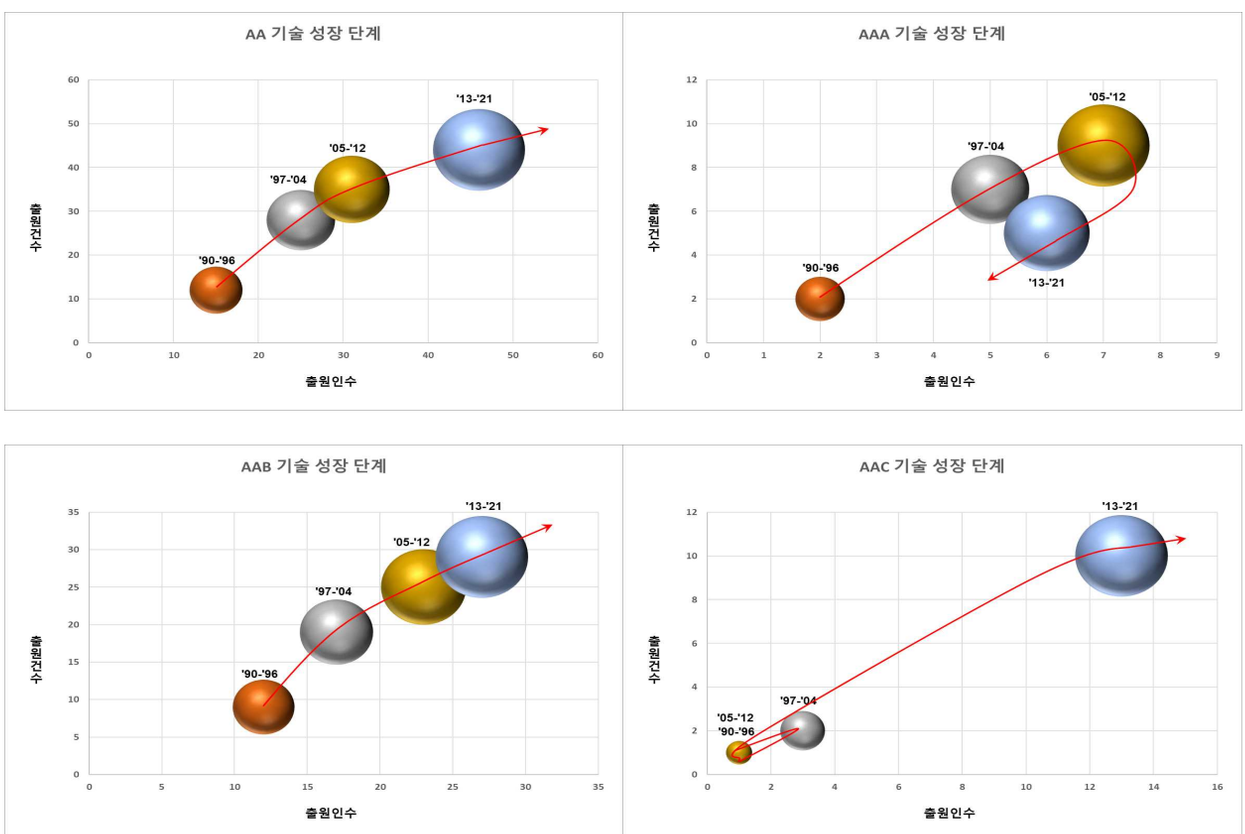
- 활주로 항공난류 관리기술 개발 구성기술의 성장 단계를 분석한 것으로, 출원연도를 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수의 비율을 통해 특허 출원의 태동기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기, 회복기 단계 여부를 판단함.
- 출원 건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고, 출원인수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 이는 해당 기술 분야의 시장이 커지고 있다는 것을 의미함.
- 태동기 단계에서는 출원인과 출원건수가 출현하는 시기이고, 성장기는 출원인과 출원건 수가 활발하게 증가하는 단계로서, 연구 활동이 활발한 것으로 판단할 수 있으며, 성숙기 단계는 출원 건수 및 출원인의 증가율이 낮아지면서 시장 진입자들이 감소하는 단계임.
- 쇠퇴기 단계는 출원인뿐만 아니라 출원건수도 감소하여 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음. 회복기 단계는 원천 기술을 이용하여 현 시장에 맞는 기술들이 다시 개발되어 새로운 아이디어와 함께 시장이 재형성되는 단계로 볼 수 있음.
- 전체 국가의 출원을 기초로 살펴볼 때, 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 조사됨.
- [미국] 미국 특허의 경우 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 조사됨.
- [유럽] 유럽 특허의 경우 1구간부터 3구간까지 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 성장기에 있다가, 4구

라. 기술분류별 기술 성장 단계 분석

● 활주로 운영지원 기술 (AA)

– 활주로 운영지원 기술(AA)의 경우, 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 다시 증가하는 회복기에 있는 것으로 조사됨.

- 항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계 기술(AAB)는 활주로 운영지원 기술(AA)와 같이 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 다시 증가하는 회복기에 있는 것으로 조사됨.
- Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 및 실시간 분리 기준 산출 기술(AAA)는 쇠퇴기에 접어든 것으로 보이며, 항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계, 항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술(AAC)의 경우 태동기를 거쳐 쇠퇴기를 지나 4구간에서 급격하게 출원인과 출원 건수가 다시 증가하는 회복기에 있는 것으로 조사됨.



<그림 73> 활주로 운영지원 기술(AA) 분류별 기술 성장 단계

● 의사결정 지원기술 (AB)

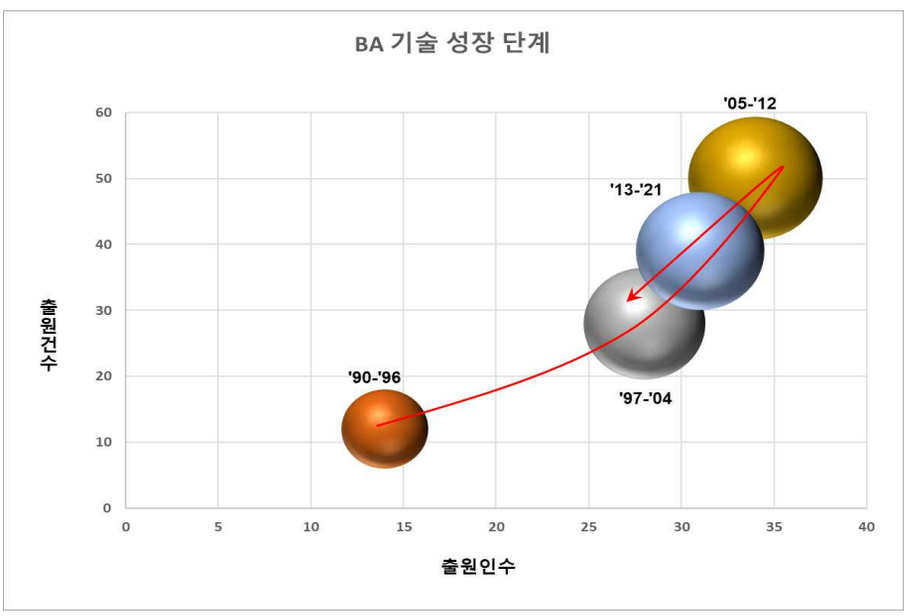
– 의사결정 지원기술의 경우, 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 조사됨.

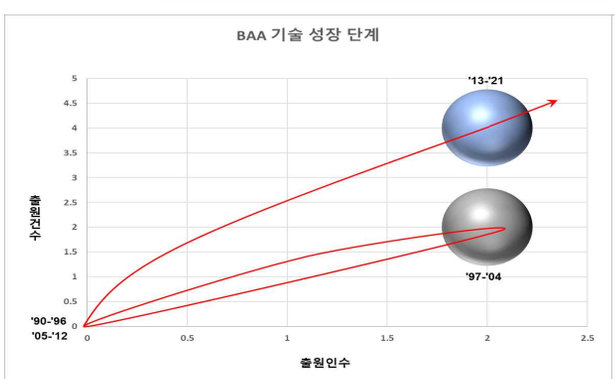
- 항공교통 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계(ABB), CWP(End User, Controller working position) 표출 기술(ABD)의 경우 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 성

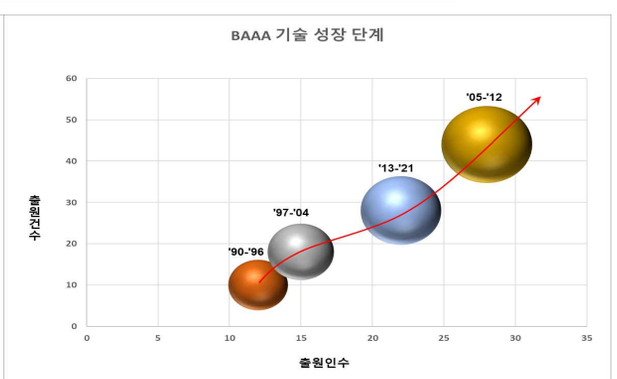
● Wake 탐지 시스템 (BA)

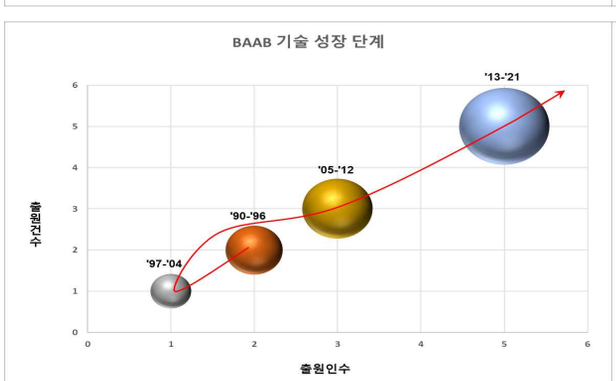
– Wake 탐지 시스템의 경우, 1구간부터 2구간까지 급격하게 성장하다가 2구간이후부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 모두 감소하는 쇠퇴기로 접어들고 있는 것으로 조사됨.

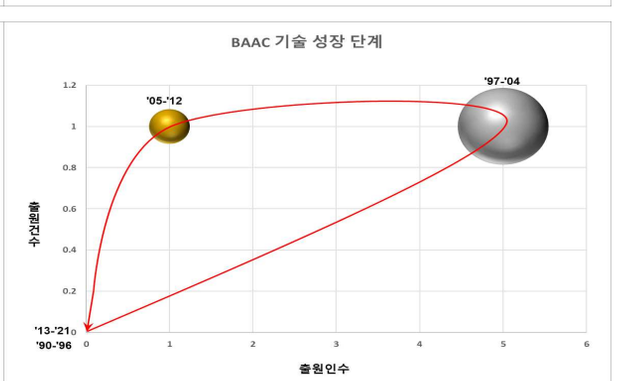
• Wake 탐지 시스템의 경우 전반적인 모든 분류 기술들이 출원인과 출원건수가 감소하는 쇠퇴기에 접어들거나 유지하는 것으로 보여지나, 청천 풍향/풍속 측정 도플러 레이더, LiDAR 센서 신호검출 기술(BAAA)는 1구간부터 4구간까지 출원인과 출원건수가 꾸준히 성장하는 성장기의 형상을 보여주는 것으로 조사됨.











- Wake 시스템 검증 기술 (CA)

  – Wake 시스템 검증 기술의 경우, 출원인과 출원건수가 없는 것으로 조사됨.

    • 시스템 규격서 안전도 산출 및 검증에 대한 특허 기술 진입 장벽이 어려운 것으로 판단됨.

- Wake 운영기반 구축 (CB)

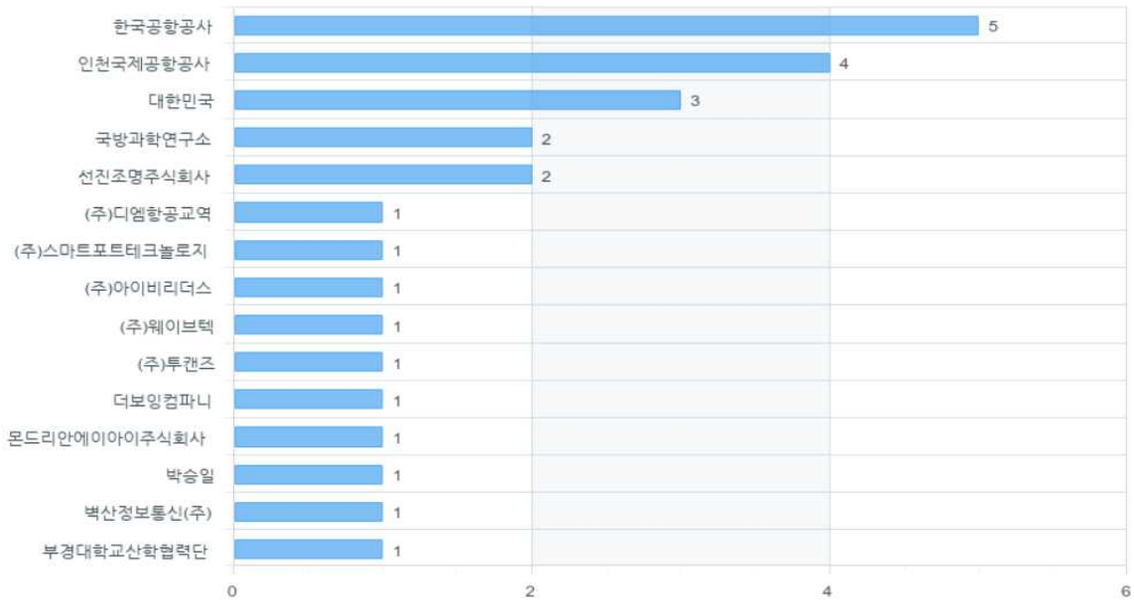
  – Wake 운영기반 구축의 경우, 출원인과 출원건수가 없는 것으로 조사됨.

    • Wake 법제화 및 ICAO 의제 대응에 대한 특허 기술 진입 장벽이 어려운 것으로 판단됨.

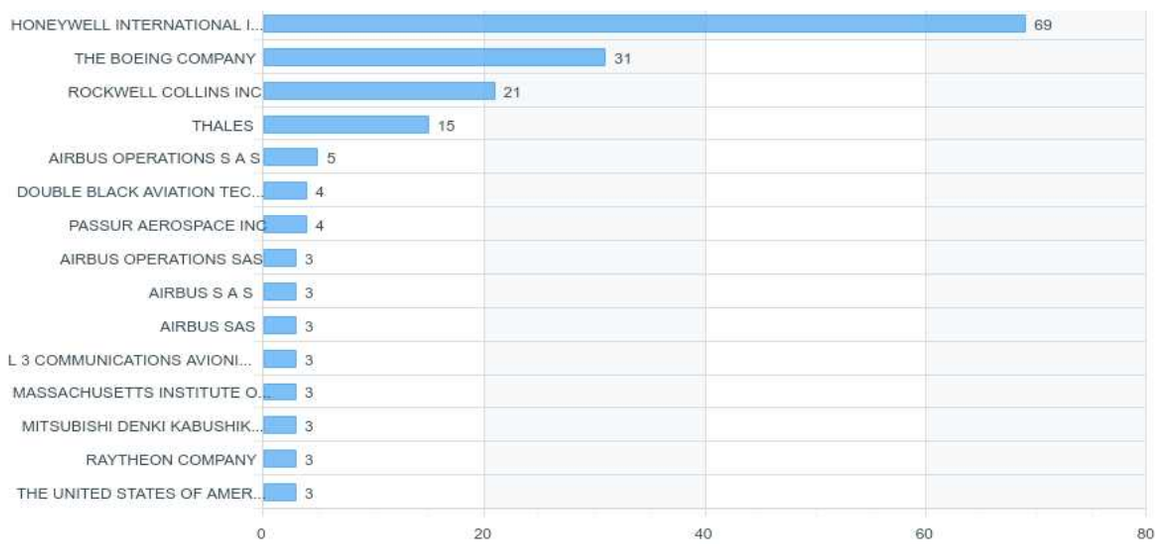
4. 경쟁자 분석

가. 주요 시장국 상위 출원인 현황

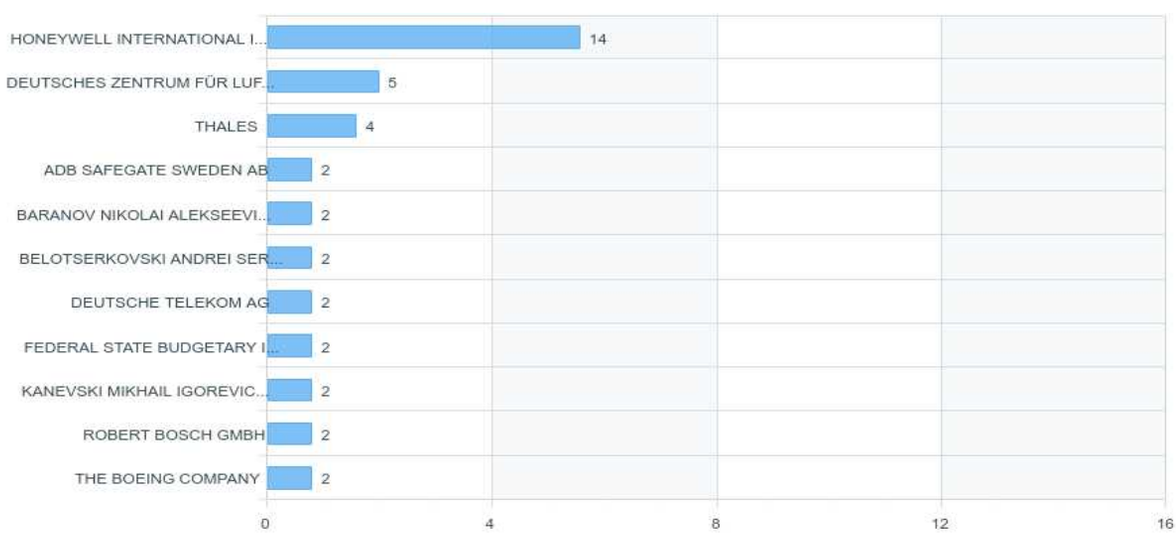
- [한국] 한국에서는 한국공항공사와 인천국제공항공사가 타 출원인에 비해 다소 많은 출원을 진행한 상태이나, 전체적으로 출원 건수가 많지는 않아 해당 기술 시장을 선도하고 있다고 보기에는 부족함이 있음.
- [미국] 미국에서는 HONEWELL INTERNATRIONAL이 69건으로서 가장 많은 출원을 확보하고 있는 것으로 조사되었으며, 그 다음으로는 THE BOEING COMPANY, ROCKWELL COLLINS CONMPANY INC, THALES의 순서로 다출원을 진행하고 있음.
- [유럽] 유럽에서는 HONEWELL INTERNATRIONAL이 9건으로서 가장 많은 출원을 확보하고 있는 것으로 조사되었고, 그 다음으로는 DEUTSCHES ZENTRUM FUR LUF, ABD SAFEGATE SWEDEN 등의 순서로 다출원을 진행하고 있음.
- [일본] 일본에서는 TOSHIBA CORP, MITSUBISHI ELECTRIC CORP가 타 출원인에 비해 다소 많은 출원을 진행한 상태이나, 전체적으로 출원 건수가 많지는 않아 해당 기술 시장을 선도하고 있다고 보기에는 부족함이 있음.


한국공항공사 5
인천국제공항공사 4
대한민국 3
국방과학연구소 2
선진조명주식회사 2
(주)디엠항공교역 1
(주)스마트포트테크놀로지 1
(주)아이비리더스 1
(주)웨이브텍 1
(주)투캔즈 1
더보잉컴파니 1
몬드리안에이아이주식회사 1
박승일 1
벽산정보통신(주) 1
부경대학교산학협력단 1
0
2
4
6

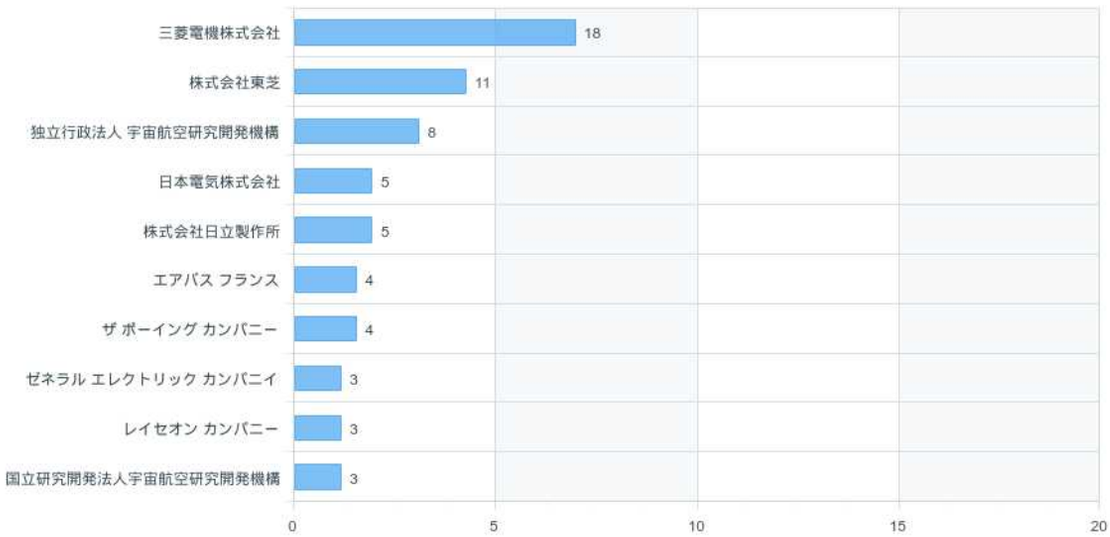
〈한국〉


HONEYWELL INTERNATIONAL I... 69
THE BOEING COMPANY 31
ROCKWELL COLLINS INC 21
THALES 15
AIRBUS OPERATIONS S A S 5
DOUBLE BLACK AVIATION TEC... 4
PASSUR AEROSPACE INC 4
AIRBUS OPERATIONS SAS 3
AIRBUS S A S 3
AIRBUS SAS 3
L 3 COMMUNICATIONS AVIONI... 3
MASSACHUSETTS INSTITUTE O... 3
MITSUBISHI DENKI KABUSHIK... 3
RAYTHEON COMPANY 3
THE UNITED STATES OF AMER... 3
0
20
40
60
80

〈미국〉


HONEYWELL INTERNATIONAL I... 14
DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUF... 5
THALES 4
ADB SAFEGATE SWEDEN AB 2
BARANOV NIKOLAI ALEKSEEVI... 2
BELOTSERKOVSKI ANDREI SER... 2
DEUTSCHE TELEKOM AG 2
FEDERAL STATE BUDGETARY I... 2
KANEVSKI MIKHAIL IGOREVIC... 2
ROBERT BOSCH GMBH 2
THE BOEING COMPANY 2
0
4
8
12
16

〈유럽〉



〈일본〉

<그림 77> 국가별 주요 출원인 현황

나. 주요 경쟁자 Landscape

출원인	출원인 국적	주요IP국가 출원건수				최근 5년 패밀리 출원수	전체 패밀리 출원수	최근 출원 점유율	주력기술분야
		KR	JP	US	EP				
Honeywell International Inc.	US	0	2	86	64	61	194	31%	활주로 운영지원 기술 / 의사결정 지원기술 / Wake 탐지 시스템 / 실시간 Wake 정보 산출
The Boeing Company	US	3	9	33	17	42	92	46%	활주로 운영지원 기술 / 의사결정 지원기술 / Wake 탐지 시스템 / 실시간 Wake 정보 산출
Rockwell Collins, Inc.	US	0	0	27	3	7	27	26%	활주로 운영지원 기술 / 의사결정 지원기술 / Wake 탐지 시스템
Thales	FR	0	3	18	10	13	78	17%	의사결정 지원기술 / Wake 탐지 시스템 / 실시간 Wake 정보 산출
Airbus Operations (S.A.S.)	FR	-	-	9	2	18	23	78%	활주로 운영지원 기술 / 의사결정 지원기술 / Wake 탐지 시스템
Deutsches Zentrum fur Luftund Raumfahrt e.V.	DE	-	-	2	6	-	22	0%	활주로 운영지원 기술
ADB Safegate Sweden AB	SE	1	-	-	2	15	15	100%	활주로 운영지원 기술 / Wake 탐지 시스템
Deutsche Telekom AG	DE	-	-	-	2	-	9	0%	의사결정 지원기술
미쓰비시전기 주식회사	JP	0	17	2	2	1	23	4%	Wake 탐지 시스템 / 의사결정 지원기술
주식회사 도시바	JP	0	9	0	0	1	9	11%	활주로 운영지원 기술
독립 행정 법인 우주 항공 연구 개발기구	JP	0	10	4	3	-	19	0%	활주로 운영지원 기술
일본 전기 주식회사	JP	0	6	0	0	-	6	0%	활주로 운영지원 기술 / Wake 탐지 시스템
주식회사 히타치 제작소	JP	0	5	0	0	-	6	0%	활주로 운영지원 기술 / 의사결정 지원기술
한국공항공사	KR	5	0	1	0	1	5	20%	활주로 운영지원 기술
인천국제공항공사	KR	4	0	0	0	1	4	0%	활주로 운영지원 기술 / 의사결정 지원기술
대한민국	KR	3	0	0	0	3	3	100%	Wake 탐지 시스템
합 계		16	61	182	111	168	535	31%	-

5. 기술평가등급

가. 기술평가등급분류

- 활주로 항공난류 관리기술 개발 구성기술에 대한 특허등급을 기술분류에 따라 [표1-6]과 같이 기술평가등급을 평가함.
- 전체 기술평가 평균은 3.5로 평가됨.

<표 38> 기술별 기술 평가 등급

대분류	중분류	소분류	평가평균
Wake연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 (A)	활주로 운영지원 기술 (AA)	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 및 실시간 분리 기준 산출 기술 (AAA)	4.5
		항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계 기술 (AAB)	3.7
		항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술 (AAC)	3.0
		소계	3.7
	의사결정 지원기술 (AB)	항공교통관제 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술 (ABA)	3.3
		항공교통 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 기술 (ABB)	3.3
		기상데이터, 항공난류 데이터 표준화 관련 기술 (ABC)	3.1
		CWP(End User, Controller working position), HMI 표출 기술 (ABD)	3.1
		소계	3.2
전천후 WAKE탐지 기술 (B)	Wake 탐지 시스템 (BA)	수평거리 10km, 고도 2000ft(600m), 해상도 100m급 전천후 Wake 탐지 기술 (BAA)	2.0
		청천 풍향/풍속 측정 도플러 레이더, LiDAR 센서 신호검출 기술 (BAAA)	3.8
		전방향 측정을 위한 센서 구동 기술 (BAAB)	3.8
		풍향/풍속 데이터 HMI 표출 기술 (BAAC)	6.5
		풍향/풍속 센서 성능시험 기술 (BAAD)	3.8
		데이터/장비 신뢰도 검증 기술 (BAB)	3.5
		소계	3.7
	실시간 Wake 정보 산출 (BB)	효율적 데이터 획득을 위한 위치 선정 기술 (BBA)	4.0
		이종 센서 데이터 융합(통합) 산출 기술 (BBB)	5.1
		탐지 장비 검증을 위한 1차 Test-Bed 구축 및 실증 (소형비행장) (BBC)	2.0
		관제현장 지원을 위한 2차 Test-Bed 구축 및 실증 (ARTS 연계 공항) (BBD)	N/A
		소계	
시스템 검증 및 운영기반 기술 (C)	Wake 시스템 검증 기술(CA)	시스템 규격서 안전도 산출 및 검증 (CCA)	N/A
		소계	
	Wake 운영기반 구축(CB)	WAKE 법제화 및 ICAO 의제 대응 (CCB)	N/A
		소계	
총 기술평가 평균			3.5

6. 소결

- 특허출원은 1999년 이후를 기점으로 완만한 증가세를 보이다가, 2009년에서 2010년에 잠시 정체기가 있었으나, 2012년부터 급격한 증가세를 보이고 있으며, 이후에도 꾸준한 출원이 이루어지고 있음. 향후에도 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 특히 주요 시장국 중 미국과 유럽이 특허 출원을 주도하고 있는 것으로 판단
- 각 주요 시장국의 내외국인 특허출원현황을 살펴보면, 미국에서의 출원 건수가 297건으로 전체의 61%를 차지하여 비중이 가장 높아, 미국 내에서 외국인에 의한 기술 경쟁과 특허 확보를 위한 경쟁이 가장 치열한 것으로 조사되었고, 한국은 상대적으로 외국인의 특허 확보 수요가 높지 않은 것으로 판단됨.
- 각 기술 분야별 기술성장 단계를 살펴보면, Wake연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술(A)과 전천후 WAKE탐지 기술(B)은 기술 성장기에 있는 것으로 보이임.
- 각 국가별로 주요 출원인의 특허출원 활동을 살펴본 결과, HONEWELL INTERNATRIONAL, THE BOEING COMPANY, ROCKWELL COLLINS CONMPANY INC, THALES, TOSHIBA CORP, MITSUBISHI ELECTRIC CORP 등이 활발하게 특허 확보 활동을 진행하고 있는 것으로 판단
- 항공기 위치 정보 연계, 항공교통정보 연계, 항공교통 시스템 검증, 효과성 및 효율성 검증 기술기술의 경우, 기술의 회복기에 있는 것으로 조사되어 관련 기술의 개발 및 시장 진입이 필요한 것으로 판단
- 의사결정지원기술 역시 성장기에 있는 것으로 조사되어 관련 기술의 개발 및 시장 진입이 필요한 것으로 판단
- 청천 풍향 풍속 Wake 탐지 시스템은 성장기에 있어 관련 기술의 개발 및 시장 진입이 필요한 것으로 판단
- 실시간 Wake 정보 산출 역시 성장기에 있어 관련 기술의 개발 및 시장 진입이 필요한 것으로 판단

제6절. 연구개발 인프라 분석

1. 연구 인프라 분석

1) 인천국제공항 공항산업기술연구원

(1) 기관 개요

● **인천국제공항공사 내에 항공기술 관련 연구를 위한 연구 조직**

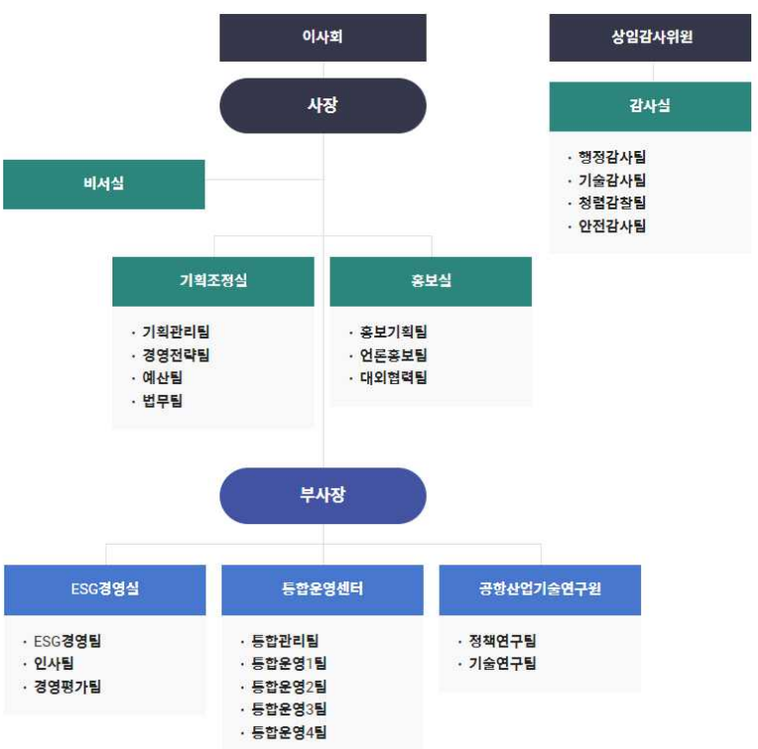
– 세계 공항산업을 선도하는 글로벌 공항전문기업 달성을 위한 공항 R&D 및 기술경영 추진

– '인천국제공항공사법 제10조(사업) 인천국제공항의 건설 및 관리·운영에 관한 연구 및 조사'에 의거하여 설립(2009년)

– 공항운영효율개선 및 혁신기술개발 기획 및 관리 총괄(R&D 매트릭스 조직운영)

– 한국산업기술진흥협회(KOITA) 기업부설연구소(2015)

– 공항산업기술연구원 확대, 정책연구팀 및 기술연구팀 신설(2019)



<그림 78> 인천국제공항 조직체계(공항산업기술연구원)

● **정책연구팀**

– 경영·정책연구

- 여객처리 프로세스 효율화를 통한 서비스 고도화 연구
- 공항운영 프로세스 효율화를 통한 공항 경쟁력 제고
- 데이터기반 항공교통관리기술개발 주관연구기관

– 항공통계

- 항고통계 실적 집계 및 관리
- 대국민 항공통계 데이터 개반을 통한 공공가치 창출
- 항공통계 기반 경영의사결정 지원

● **기술연구팀**

– 기술연구

- 국토부, 중기청 등 정부 연구 과제 발굴 및 수행
- 공항 기술 관련 자체 연구 과제 발굴 및 수행
- R&D 과제 성과물 실용화 지원

– 중소기업 동반성장

- 인천공항 테크마켓을 통한 중소기업 혁신기술 발굴 및 판로개척지원
- 중소기업 통합지원 제도 F.A.S.T 운영
- 해외 전시회 공동참가 등으로 중소기업 해외 판로 개척 지원

(2) 관련사업 및 연구

● **인천공항공사 자체적 연구 및 정부 R&D 등 수행**

– 수하물 스마트 방역 시스템 개발

– UAE 항공운송 전략과 한국 항공운송산업 영향 연구

– 공항이용객 특성(페르소나) 조사 연구, 인천공항 항공여객 행동특성조사 연구

– 항공수요예측 및 분석 모델 개발, 항공산업 연구 지능형 플랫폼 개발

– 인천공항 운항안전지표 및 지표 평가 개선 연구

2) 한국공항공사 항공산업연구원

(1) 기관 개요

● **한국공항공사 내의 항공 및 공항 관련 연구를 위한 조직**

– 중소기업과 상생협력 등의 공통특허 출원과 공항 건설사업에 적용

– 중소기업 신사업 창출의 기회를 제공하고 국내외 기술 교류 확대

– 다국어 자동안내 시스템, 수하물 위치추적 시스템 등 특허기술

– 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템, AI 활용 보안검색 고도화 사업 등 항공분야 연구개발에서 시너지 창출



<그림 79> 한국공항공사 조직체계(항공산업연구원)

(2) 관련사업 및 연구

● **한국공항공사 자체적 연구 및 정부 R&D 등 수행**

- 미국 FAA 공동 연구 수행
- 공항 활주로 포장 신기술 연구개발
- 국제민간항공기구(ICAO)의 차세대 연구 개발 전담 기관 지정

3) 항공우주연구원

(1) 기관개요

● **항공우주과학기술 영역 관련 연구를 위한 조직**

- 과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률 (약칭: 과기출연기관법) 제8조(연구기관의 설립)에 의거하여 1989년 설립
- 항공연구소 산하 항공기술연구부, 국가종합비행성능시험센터 등 보유
- 항공기·인공위성·우주발사체의 종합시스템 및 핵심기술 연구개발

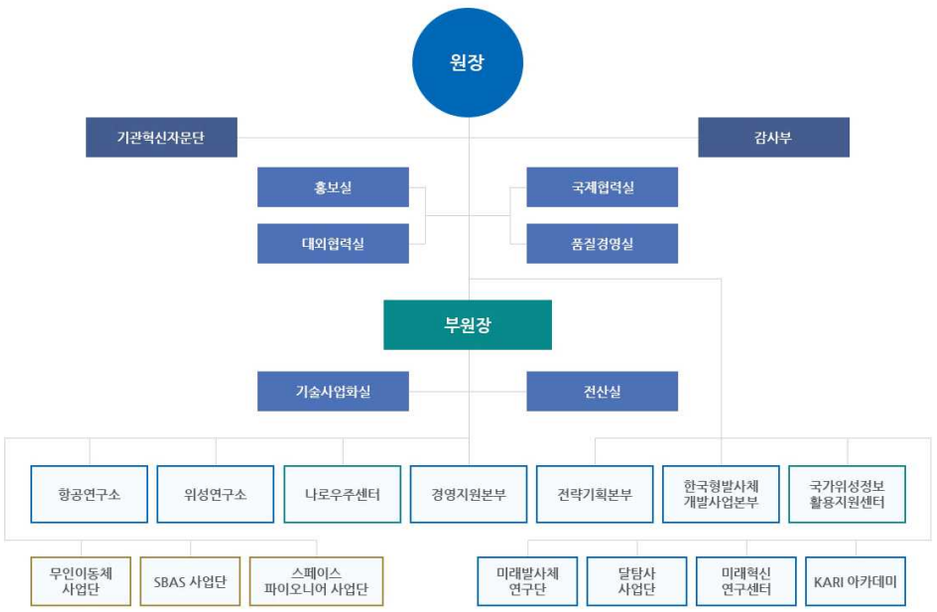
(2) 관련사업 및 연구

● **한국항공우주연구원 자체적 연구 및 정부 R&D 등 수행**

- 미래형 유무인 겸용 개인항공기(OOPAV, Optionally Piloted Personal Air Vehicle) 개발 연구 수행
- 저고도 무인비행장치 교통관리시스템(UTM, Unmanned Aerial System Traffic Management) 개발 연구 수행
- 차세대 항공기 출도착 관리시스템 (MIDAS, Management on Integrated operations of

Departure, Arrival, and Surface) 연구 수행

– 데이터기반 항공교통관리 기술개발 연구 수행



<그림 80> 항공우주연구원 조직체계

4) 한국교통연구원

(1) 기관개요

● **교통정책 기술을 연구·개발하는 정부출연연구기관**

– 민법 제32조에 의거 재단법인 교통개발연구원 설립 뒤, 도시교통정비촉진법 제24조에 의거하여 정부출연연구기관 교통개발연구원으로 변경

– 항공교통 연구본부 산하 항공정책·산업연구팀, 항공기술·안전연구팀, 공항·항행정책연구센터 보유

– 신규 항공산업 전략연구, 항공안전 및 드론 연구 공항・소음 분석연구 등 수행



<그림 81> 한국교통연구원 조직체계

(2) 관련사업 및 연구

● 한국교통연구원 자체적 연구 및 정부 R&D 등 수행

– 데이터기반 항공교통관리 기술개발 연구 수행

– 항공교통 정보 분석 사업 수행

– 항공 산업부문의 혁신성장 방안 연구 수행

5) 항공안전기술원

(1) 기관개요

● 항공안전에 필요한 항공안전기술 전문인력의 양성, 항공사고 예방에 관한 인증 · 시험 · 연구 · 기술개발 등을 전문적으로 수행하는 조직

– 항공안전기술원법 1조(목적)에 의거하여 2013년 설립

– 항공기술본부 및 미래항공연구본부 산하 항공안전연구실, 미래항공연구실 등 보유

– 국내 유일 항공안전 전문기관



<그림 82> 항공안전기술원 조직체계

(2) 관련사업 및 연구

- 항공안전기술원 자체적 연구 및 정부 R&D 등 수행
  - 시스템 기반 항공안전감독지원 기술 개발 수행
  - 국가 비행종합시험 인프라 개발 구축 연구 수행
  - 저고도 무인비행장치 교통관리체계 개발 및 실증시험 수행

6) 알에프코어

(1) 기관 개요

- RF 전력증폭기, 초고주파 MMIC 등의 연구개발, 생산 및 수출 기업
- 보유기술
  - 능동위상배열안테나의 송수신 모듈에 사용되는 빔조향 핵심칩인 빔포밍 코어칩을 CMOS 기반 MMIC 설계 기술로 개발하여 상용화
  - L, S, C, X, Ku, Ka 및 광대역 빔 포밍 코어칩 설계 기술 및 제품군 보유

(2) 관련사업 및 연구

- 연구개발 및 보유기술 특징 장점
  - 디지털 위상변위기, 디지털 감쇠기, 양방향 증폭기, 스위치, 디지털로직, 전원조절기 등을

CMOS 기반 MMIC 설계 기술로 1칩으로 개발

- 능동위상배열용 송수신모듈 개발시, 기존 개별소자 사용에 비해 사용소자수를 감소시킬 수 있어 송수신 모듈의 소형, 경량, 저가격 가능
- 기존 브릭형 능동위상배열안테나를 타일형 능동위상배열 안테나로 개발 가능

7) 삼우티시에스

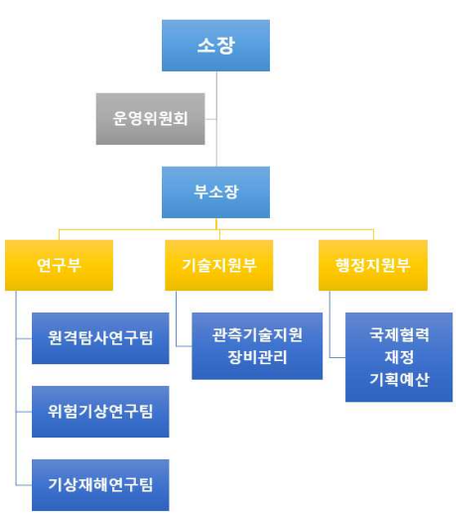
(1) 기관 개요

- **복합소재, 레이저 및 라이다 관측 장비 등의 연구개발, 생산 및 수출 기업**
- **보유기술**
  - 광 계측 장비와 소프트웨어 개발
  - 레이저를 대기중으로 조사하여 공기 분자나 에어로졸에 의해 산란되어 되돌아오는 신호를 감지하여 구름의 높이, 물리적 광학적 특성 관측
  - 대기오염 감시, 기상관측, 황사관측, 농업해양 응용, 국방 응용, 원자력 응용 및 자원 탐자 등을 위한 원천 기술 보율

8) 경북대학교 대기원격탐사연구소

(1) 기관 개요

- **기상위성과 기상레이더 등의 원격관측 장비를 이용한 위험기상 감지 연구 수행**
  - 수직측풍기(RADAR wind profiler) 개발
  - 청천 및 강수시 고도별 바람을 원격관측 할 수 있는 장비 개발



<그림 83> 경북대학교 대기원격탐사연구소 조직도

(2) 관련사업 및 연구

● **홍수통제소, 기상청, 한국연구재단 연구 및 정부 R&D 등 수행**

– 겨울철 집중관측 자료를 이용한 통계특화 모델링

2. 시설 인프라 분석

- WAKE 관련 기술의 개발시 적용 가능한 국내 공항은 인천국제공항공사 및 한국공항공사의 운영중인 공항이 있음
- 추가로 연구 결과의 활용 및 적용이 가능한 민간 비행장은 한서대학교 태안비행장 및 대한항공 정석 비행장이 있음
- 해당 시설 인프라는 아래와 같음

(1) 인천국제공항공사

- 인천국제공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		3,750×60m(2본) 4,000×60m(1본)	41만회/년
여 객 계 류 장		3,085,000㎡	173대
화 물 계 류 장		1,155,000㎡	57대
여객 터미널 (탑승동포함)	국내	16,000㎡	200만명/년
	국제	997,000㎡	7,000만명/년
화 물 터 미 널		258,000㎡	580만톤/년
주 차 장		1,402,550㎡	26,166대
항행안전시설		CAT-IIIb	시정 75m

(2) 한국공항공사

- 김포공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		3,600×45m 3,200×60m	22.6만회/년
계 류 장		1,215,487㎡	73대(소형항공기 미포함)
여 객 터미널	국 내	88,352㎡	3,527만명/년
	국 제	79,185㎡	493만명/년
화 물 터미널	국 내	30,363㎡	607천톤/년
	국 제	96,072㎡	826천톤/년
주 차 장		335,493㎡	9,452대
항 행 안 전 시 설		활주로14R : CAT-IIIa 활주로32L : CAT-I 활주로14L : CAT-I 활주로32R : CAT-I	시정 175m 시정 550m 시정 550m 시정 550m

● 청주공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		2,744×60m(민항사용) 2,744×45m *활주로 2본 모두 군 소유	14만회/년 (민항 : 6만회/년)
계 류 장		91,047㎡	18대 (B747급 4대, A300급 1대 B737급 4대, Q400급 1대 경항공기 8대)
여 객 터미널	국 내	8,000㎡	189만명/년
	국 제	14,406㎡	126만명/년
화 물 터미널	국 내	1,667㎡	3.3만/톤
	국 제	590㎡	0.5만/톤
주 차 장		41,978㎡	1,290대
항 행 안 전 시 설		활주로24R : CAT-I 활주로06L : CAT-I 활주로24L : PAR 활주로06R : PAR	시정 800m 시정 800m 시정 1,200m 시정 1,200m

● 양양공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		2,500×45m	4.3만회/년
계 류 장		45,250㎡	9대 (A300급 2대, B737급 2대, 경항공기 5대)
여객터미널	국내	10,083㎡	207만명/년
	국제	16,047㎡	110만명/년
주 차 장		18,466㎡	426대
항행안전시설		활주로33 : CAT- I 활주로15 : 비정밀	시정 550m 시정 2,800m

● 원주공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,743×45m(군소유)	11.5만회/년
계 류 장	6,590	B737급 1대 주기
여객터미널	1,596㎡	24만명/년
주 차 장	2,006㎡	90대
항행안전시설	활주로03 : 정밀(PAR) 활주로21 : 정밀(PAR) 선회접근	시정 2,000m, 시정 4,800m 시정 2,000m, 시정 4,800m

● 김해공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		2,743×46m 3,200×60m(민항사용) *활주로 2본 모두 군 소유	15.2만회/년 (민항: 11.8만회/년)
계 류 장		389,358㎡	34대 (B737급 17대, B767급 10대, B747급 7대)
여객터미널	국내	37,935㎡	1,269만명/년
	국제	71,995㎡	630만명/년
화물터미널	국내	9,685㎡	194천톤/년
	국제	18,378㎡	158천톤/년
주 차 장		151,438㎡	4,977대
항행안전시설		활주로36L : CAT-I 활주로18R : 선회접근 활주로36R : CAT-I 활주로18L : 선회접근	시정 550m 시정 4,800m 시정 550m 시정 4,800m

● 대구공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		2,755×45m 2,743×45m *활주로 2본 모두 군 소유	14만회/년
계 류 장		41,582㎡	9대 (B737급 4대, B767급 2대, 경항공기 3대)
여객터미널	국내	11,985㎡	257만명/년
	국제	15,008㎡	118만명/년
화물터미널		844㎡	1.8만톤/년
주 차 장		25,115㎡	1,030대
항행안전시설		활주로31L : CAT-I 활주로13R : CAT-I 활주로31R : 비정밀 활주로13L : 선회접근	시정 730m 시정 2,400m 시정 2,000m 시정 4,400m

● 울산공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,000×45m	6만회/년
계 류 장	33,480㎡	6대 (B737급 4대, 경항공기 2대)
여객터미널	8,886㎡	241만명/년
주 차 장	26,860㎡	500대
항행안전시설	활주로36 : CAT-I 활주로18 : 비정밀	시정 800m 시정 4,400m

● 사천공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,744×45m(2본) *활주로 2본 모두 군 소유	16.5만회/년
계 류 장	13,140㎡	2대 (B737급 2대)
여객터미널	3,960㎡	101만명/년
화물터미널	133㎡	2.7천톤/년
주 차 장	9,667㎡	309대
항행안전시설	활주로06L : 비정밀 활주로24R : CAT-I 활주로06R : 정밀(PAR) 활주로24L : 정밀(PAR)	시정 2,400m 시정 1,600m 시정 4,800m 시정 4,800m

● 포항공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,133×45m(군소유)	10만회/년
계 류 장	32,617㎡	B737 : 5대
여객터미널	11,707㎡	357만명/년
주 차 장	17,057㎡	472대
항행안전시설	활주로10 : 정밀 활주로28 : 비정밀	시정 1,200m 시정 4,400m

● 무안공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		2,800×45m	14만회/년
계 류 장		90,692㎡	25대 (B747급 4대, A300급 1대, 경항공기 20대)
여객터미널	국내	20,000㎡	416만명/년
	국제	9,106㎡	94만명/년
화물터미널	화물	2,022㎡	33천톤/년
	정비격납고	1,090㎡	경항공기 6대
주 차 장		66,990㎡	1,888대
항행안전시설		활주로01 : CAT- I 활주로19 : CAT- I	시정 550m 시정 550m

● 광주공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,835×45m(2본) *활주로 2본 모두 군 소유	14만회/년
계 류 장	44,300㎡	5대 (B767급 1대, A321급 4대)
여객터미널	10,561㎡	294만명/년
화물터미널	2,765㎡	56천톤/년
주 차 장	38,300㎡	949대
항행안전시설	활주로04R : CAT-I 활주로22L : 비정밀 활주로04L : 정밀(PAR) 활주로22R : 정밀(PAR)	시정 730m 시정 2,400m 시정 800m 시정 3,200m

● 여수공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,100×45m	6만회/년
계 류 장	41,868㎡	B737 : 5대
여객터미널	13,328㎡	272만명/년
주 차 장	19,676㎡	543대
항행안전시설	활주로17 : CAT-I 활주로35 : CAT-I	시정 550m 시정 800m

● 군산공항

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	2,745×45m 2,454×23m *활주로 2본 모두 군 소유	14만회/년
계 류 장	13,758㎡	B737 : 2대
여객터미널	2,852㎡	44만명/년
주 차 장	10,421㎡	337대
항행안전시설	활주로18 : CAT-I 활주로36 : CAT-I	시정 800m 시정 800m

● 제주공항

구 분		시설규모	수용능력
활 주 로		3,180×45m 1,910×45m	17.2만회/년
계 류 장		384,458㎡	36대 (B737급 19대, B767급 6대, B747급 8대, 경항공기 3대 포함)
여객 터미널	국내	68,639㎡ (76,951㎡, 단기대책 완료시)	2,326만명/년 (2,735만명/년)
	국제	27,156㎡ (47,308㎡, 단기대책 완료시)	263만명/년 (420만명/년)
화물 터미널	국내	15,652㎡	313천톤/년
	국제	1,922㎡	17천톤/년
주 차 장		103,910㎡	2,500대
항행안전시설		활주로07 : CAT-II 활주로25 : CAT-I 활주로13 : 비계기 활주로31 : 비계기	시정 300m 시정 800m - -

(3) 민간비행장

● 한서대학교 태안비행장

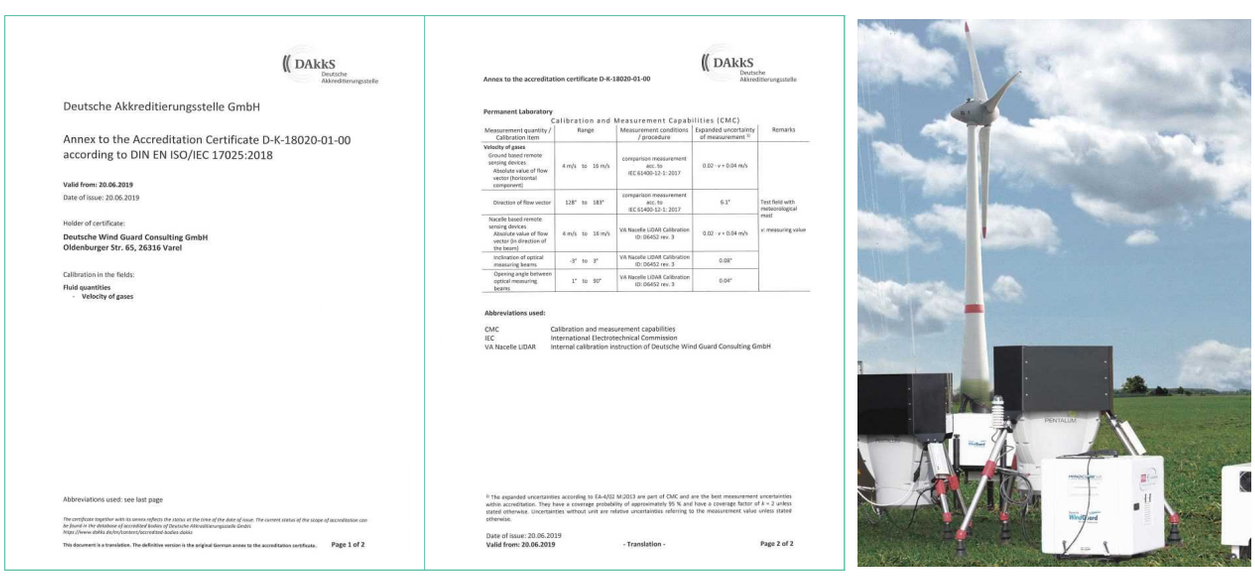
구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	1,180×35m	-
계 류 장	27,95㎡	Citation 40대
항행안전시설	활주로15 : 시계비행 활주로33 : 시계비행	시정 5000m

● 울진비행장

구 분	시설규모	수용능력
활 주 로	1,800×45m	6만회/년
계 류 장	27,95㎡	B737 : 2대
여객터미널	6,664㎡	101만명/년
주 차 장	5,580㎡	250대
항행안전시설	활주로17 : CAT-I 활주로35 : CAT-I	시정 550m 시정 550m

3. 시험 인프라 분석

- 기상관측표준화법의 개정(2018.04.17.)에 따라 국내 기상측기에 대한 형식승인을 위한 법적근거는 마련되었으나, 온도계, 강수량계, 기압계, 습도계, 풍향계, 풍속계, 일사계, 일조계, 적설계, 증발계 등으로 한정되어 있음
- 이들 장비에 대한 측기 검정은 한국기상산업기술원에서 수행되고 있으며, 풍속계는 현장 검정 기준으로 10 m/s를 기준으로만 제시를 하고 있어 본 개발 과제에서 요구되는 수준의 검증은 어려운 상황이며, LiDAR 또는 레이더기반 풍향풍속의 검교정은 불가능
- 풍력자원평가를 위한 IECRE 규격 기반의 Wind LiDAR Calibration 인증 시설은 독일의 WINDGUARD가 유일하나, 검교정 범위가 4 ~ 16 m/s로 한정



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Annex to the Accreditation Certificate D-K-18020-01-00
according to DIN EN ISO/IEC 17025:2018

Valid from: 20.06.2019
Date of issue: 20.06.2019

Holder of certificate:
Deutsche Wind Guard Consulting GmbH
Oldenburger Str. 65, 26316 Varel

Calibration in the fields:
Fluid quantities
- **Velocity of gases**

Abbreviations used: see last page

The certificate together with its annex reflects the status at the time of the date of issue. The current status of the scope of accreditation can be found in the database of accredited bodies of Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH.
https://www.dakks.de/en/content/accredited-bodies-dakks

This document is a translation. The definitive version is the original German annex to the accreditation certificate. Page 1 of 2

Annex to the accreditation certificate D-K-18020-01-00

Permanent Laboratory

Calibration and Measurement Capabilities (CMC)

Measurement quantity / Calibration item	Range	Measurement conditions / procedure	Expanded uncertainty of measurement [1]	Remarks
Velocity of gases				
Ground based remote sensing devices Absolute value of flow vector (horizontal component)	4 m/s to 16 m/s	comparison measurement acc. to IEC 61400-12-1: 2017	0.02 · v + 0.04 m/s	
Direction of flow vector	128° to 183°	comparison measurement acc. to IEC 61400-12-1: 2017	6.1°	Test field with meteorological mast
Nacelle based remote sensing devices: Absolute value of flow vector (in direction of the beam)	4 m/s to 16 m/s	VA Nacelle LiDAR Calibration ID: 06452 rev. 3	0.02 · v + 0.04 m/s	v: measuring value
Inclination of optical measuring beams	-3° to 3°	VA Nacelle LiDAR Calibration ID: 06452 rev. 3	0.08°	
Opening angle between optical measuring beams	1° to 90°	VA Nacelle LiDAR Calibration ID: 06452 rev. 3	0.04°	

Abbreviations used:

CMC	Calibration and measurement capabilities
IEC	International Electrotechnical Commission
VA Nacelle LiDAR	Internal calibration instruction of Deutsche Wind Guard Consulting GmbH

[1] The expanded uncertainties according to EA-4/02 M:2013 are part of CMC and are the best measurement uncertainties within accreditation. They have a coverage probability of approximately 95 % and have a coverage factor of k = 2 unless stated otherwise. Uncertainties without unit are relative uncertainties referring to the measurement value unless stated otherwise.

Date of issue: 20.06.2019
Valid from: 20.06.2019 - Translation - Page 2 of 2

<그림 84> WINDGUARD 기관지정 인정서 및 시험 장비

4. 소결

- 국내외 연구 인프라 및 시설 인프라 검토 결과 본 사업 목표 달성을 위한 충분한 역량 및 시험기반을 확보하고 있음
- 도플러 라이더, 레이더 제조 기업은 선행 연구 경험을 보유하고 있으나, 성능 평가를 위한 장치 및 기반은 없는 상황
- 항공 분야에 직접적으로 연관되지는 않으나, 풍력 발전 분야에 난류 계측 및 탐지를 위한 규격을 제공하고 있어, 이를 활용한 성능 시험 평가 기법의 개발은 가능할 것으로 판단

제 3 장

연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절. 개발 비전 및 목표

- 우리나라 공항은 항공운송측면에서는 세계 최고의 수준에 있으나, 활주로의 효율적 운영 측면의 활주로 당 이착륙 횟수는 최고라고 할 수 없으며, 항공기의 이착륙 단계에서 활용하는 정보 기반으로 활주로 운영을 위한 세부 기술(예, RADAR, 정보시스템 등)은 국외에 종속되어 있음
- 활주로 운영 지원을 위한 항공난류 관리기술은 항공교통 이용객 편의 및 이를 위한 필요 기술의 활용적 측면에서 미래 기술을 접목하고 이를 활용한 효율화를 통해 서비스의 편의성을 확대해야 할 것임
- 활주로 운영 부분에서 효율적 극대화를 위한 관리(management) 기술이 필요하며, 특히 항공기 이착륙의 효율화 증진과 안전 확보를 위한 기반 지원 기술의 개발이 필요함
- 궁극적으로 최신의 기술을 적용한 시스템의 개발을 통해 국내 공항의 적용은 물론 해외 기술 수출이 가능한 한국형 활주로 항공난류 관리 시스템을 개발하는 것임
- 본 과제의 비전과 목표는 다음과 같음



<그림 85> 활주로 항공난류 관리기술 개발의 비전 및 목표

1. 설정 근거

가. 비전 설정 근거

- 본 연구의 비전은 “활주로 주변의 항공 난류 관측 및 예측 기반의 활주로 효율 향상을 통한 공항 수용량 증대와 운항 효율성 향상, 난기류 관측을 통한 안전성 향상”으로 활주로 주변 실시간 난류 탐지 시스템의 개발, 공항 활주로 운영의 효율 최적화를 위한 활주로 운영 의사결정 지원 기술의 개발의 요소 기술을 개발하고, 관련 시스템 통합과 도입 및 운영을 위한 법령의 정비, 성능시험 기준 마련, 운영 매뉴얼 개발 등을 통한 실 관제 업무에 적용이 가능하도록 하는 비전을 제시

나. 목표 설정 근거

- (구성 기술 1) Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발
  - 공항의 항공기 이착륙 횟수 증대를 위해 국내 공항운영자(인천국제공항공사, 한국공항공사)는 전사적으로 수립한 자체 계획을 바탕으로 공항운영의 효율화 모델을 구축하고 이를 달성하기 위한 기반을 갖추고 있으며, 이는 향후 첨단화된 공항의 기반 기술을 활용하여, 안전한 이착륙의 지원 및 운영 효율화 달성을 위한 것을 목표로 하고 있음
  - 본 구성 기술은 항공기 이착륙 효율화를 위해 필요한 세부 기술 개발이 범위이며, 항공기 이착륙 의사결정자인 항공교통관제사의 업무 부하 감소 및 이를 통한 활주로 안전 확보를 최우선으로 하기 위한 기술 개발 필요
- (구성 기술 2) 전천후 Wake 탐지기술 개발
  - 항공기 운항 중 발생하는 날개끝 와류는 사람의 목측으로 식별이 불가능한 정보로 관제사, 조종사 등은 ICAO 등에서 권고된 기준에 따라 항공기의 분리를 실행하고 있으며, Wake 관측 데이터 축척 및 분석을 통한 효율적인 방안 연구, 최종 접근 구역에서의 항공기 이동 특성을 확인하여 시간적 개념 반영 운영을 위한 기반 기술의 고려하기 위한 다양한 관측 기술의 개발 필요
  - 본 구성 기술은 효과적인 활주로 이착륙 운영을 위한 정보의 주도권 및 독립적 의사 결정 능력 확보를 위한 Wake 탐지에 관한 정보를 생성하고, 확보된 정보를 기반으로 세부적 의사결정을 위한 기반 기술을 개발 수행
- (구성 기술 3) 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발
  - 개발 결과의 현장 적용을 위해서는 산출된 기술의 적정성에 대한 검증이 필요하며, 특히 항공분야의 현업에서 이용할 때에는 하부 시스템의 기능적 구현뿐만 아니라 모듈, 하부시스템, 통합시스템 등의 전체 구성품이 적절하게 이루어졌는지 검증이 필요

– 항공분야 장비의 특성은 타 산업분야 대비 매우 높은 안전성을 요구하는 것이며, 이를 입증할 수 있는 방법이 실제 현장에서의 설치 및 활용을 통하여 장기간의 신뢰성 데이터 확보가 필수적이며, 실제 공항의 현장에서 장비를 설치 및 운영을 위한 법률적 검토 및 정책 제안을 위한 기술 개발 필요

2. 단계별 목표

가. 1단계 : 기술 개발 단계 (2024 ~ 2026)

- **(구성 기술 1) Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발**
  - 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발
  - 분리기준 산출 기준 개발
  - Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축
  - RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
  - 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발
- **(구성 기술 2) 전천후 Wake 탐지기술 개발**
  - 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발
  - 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발
  - 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발
- **(구성 기술 3) 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발**
  - 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원
  - 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발
  - 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발
  - ICAO 등 국제 기술협력 지원

나. 2단계 : 기술 통합 및 검증 단계 (2027 ~ 2028)

- **(구성 기술 1) Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발**
  - RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
  - 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발

– 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발

● (구성 기술 2) 전천후 Wake 탐지기술 개발

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발

● (구성 기술 3) 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발

– 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발

– 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발

– 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원

– ICAO 등 국제 기술협력 지원

3. 최종 목표

가. 구성 기술별 최종 연구 성과물

● (구성 기술 1) Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

– 분리기준 산출을 위한 모델링 기술 1식

– Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 1식

– RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 1식

– 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 1식

● (구성 기술 2) 전천후 Wake 탐지기술 개발

– 전천후 실시간 난류 탐지 장비 1식

– 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 기술 1식

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 1식

● (구성 기술 3) 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발

– 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 1식

– 시스템 실증 1건 이상

– 정부 정책, 제도(법제화 등) 등 정책 반영 및 ICAO 등 국제 기술협력 3건 이상

나. 목표 설정 근거

● (구성 기술 1) Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

정량목표	설정 근거
분리기준 산출을 위한 모델링 기술 1식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : 항공기 크기별 일률적 적용을 위한 분리 (거리/시간) 기준 규정 (ICAO, FAA 등) ・국내 : ICAO 규정을 준수한 국제 적용 규정 (항공교통관제절차) 고시 – 공항별 운영 특성을 고려한 분리기준 설정 필요
Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 1식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : 레이더 항적 자료 활용 분리 기준 충족 여부 확인 시스템 초기 컨셉 제시 ・국내 : 레이더 시현 화면에서 관제사 수동 확인 – 성능 지표 ・데이터 연계 시스템 3종 이상 ・의사 결정 지원 시스템 1식 ・HMI 갱신 속도 1 Hz 이상
RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 1건	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : RECAT 운영을 위한 비정규화된 초기 교육 실행 – 성능 지표 ・교육 프로그램 1건 이상
활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 1 식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : 없음 – 성능 지표 ・의사결정 처리 시간 5초 이내

● (구성 기술 2) 전천후 Wake 탐지기술 개발

정량목표	설정 근거
전천후 실시간 난류 탐지 장비 1식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : 록히드마틴 (WindTracer) 유효 탐지 거리 최대 33 km 분해능 100 m 최대 탐지 풍속 ±40 m/s – 성능 지표 ・유효 탐지 거리 10 km 이상 ・탐지고도 2,000 ft 이상 ・분해능 100 m 이하 ・최대 탐지 풍속 60 m/s 이상
전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 기술 1식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : 록히드마틴 (WindTracer) 30 ~ 60초 내외 성능 지표 ・데이터 처리 속도 15초 이내
전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 1식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 ・국외 : 없음

● (구성 기술 3) 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발

정량목표	설정 근거
규정 및 법제화 등 정책 반영 및 ICAO 의제 대응	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 성능 지표 · 규정 및 법제화 개발 3건 이상
난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 1식	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 성능 지표 · 성능시험 절차서 개발 3건 이상
시스템 실증	– 기술분과 위원회 세부 검토 및 확정 성능 지표 · 시스템 실증 1건 이상

다. 개발 목표 TRL 설정

세부 기술 구분	연구 개발 전		연구 개발 후	
	TRL 단계	설명	TRL 단계	설명
Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발	2	– ICAO Doc. 10122에 따른 RECAT의 기준 국내 적용에 따른 활주로 수용량 증감 분석에 대한 기초 연구 – 선행된 연구 중 공항 및 항적 데이터 연계 기술과 의사결정지원 기술의 적용 가능 확인	7	– ICAO ASBU 이행을 위한 기반 기술 확보 – 실증을 통한 개발 개발품의 적용 가능성 확인 – WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기반 기술 확보
전천후 Wake 탐지기술 개발	4	– 장비 개발을 위한 핵심 부품인 바람탐지를 위한 레이터 및 LiDAR 구현 기술 개발	7	– 실증을 통한 개발 개발품의 적용 가능성 확인 – 전천후 Wake 탐지 및 데이터 연계 기반 기술 확보
시스템 검증 및 운영기반 기술 개발	4	– ICAO ASBU 이행을 위한 이행 방안 검토 – 장비 개발 및 실증 검증을 위한 개념 정립	7	– ICAO ASBU 이행을 위한 기반 기술 확보

제2절. 기술개발에 따른 미래상

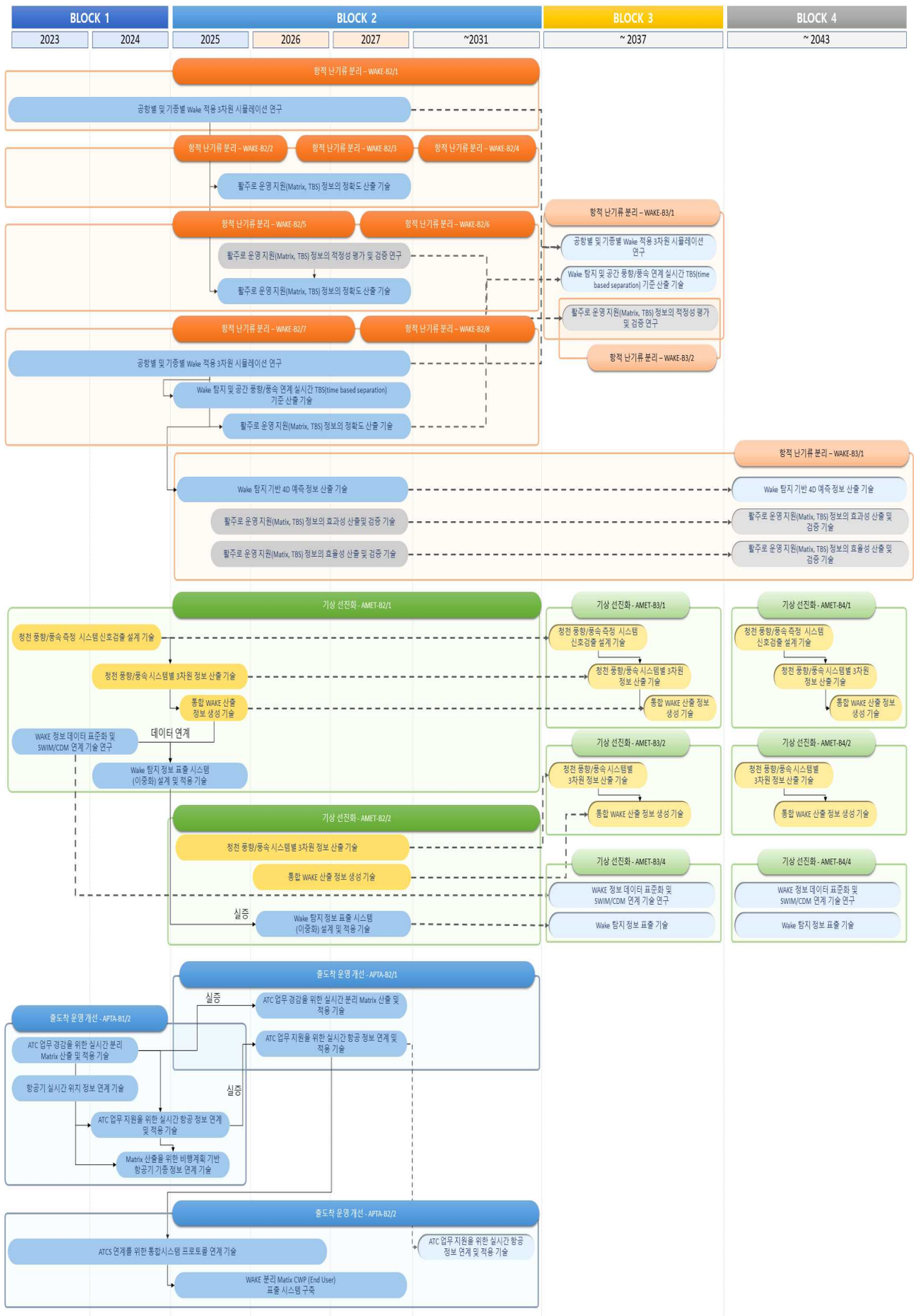
1. 현황

- 항공교통량 10년간 약 2배 증가, 활주로 용량 부족, 항공편 지연에 따른 사회적 손실증가
- ICAO ASBU 이행과제인 항공난류관리기술 개발 시급
- 탄소배출 저감을 위해 이착륙대기시간 단축
- A-CDM 3단계(~25년) 운영계획 수립 현재 1단계 기본적인 시간정보를 협업기관과 공유(Wake 탐지 및 관리 미적용)

2. 기술개발 전략 및 성과

가. 기술개발 전략

- 한정된 수요와 특수한 기술의 제약, 해외 기술기업의 선점으로 인해 국내 수요에 맞추어 개발 설치 후 검증이 완료되어 해외로 기술 수출이 가능하므로 다음과 같은 기술개발 전략이 필요함
  - ICAO GANP 정책 로드맵 이행계획에 따른 선제 기술 개발
  - 국내 개발 후 국내 산업기술 인증과 국제적 신뢰성 검증
- 활주로 항공난류 관리기술의 개발과 적용 전략은 ASBU 이행 계획과 국내외 공항개발 사업에 적용할 수 있도록 단계적 개발과 적용이 필요
- 아래 그림과 같이 ASBU 이행 일정에 따라 개발을 수행할 필요가 있음
- 기술적 기대효과
  - ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
  - 공항운영기술개발이 선진화되지 못해 기술을 전적으로 해외에 의존하고 필요이상의 예산을 투자하는 부분이 상당하였으나 본 과제의 수행을 통해 활주로 항공난류 관리 기술의 "Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술"을 기반으로 한 공항운영기술개발기술을 개발함으로써 기술 예속에서 벗어남은 물론 기술 자립국으로 변모가 기대됨
  - 주요핵심기술의 확보로 해외 기술과 시스템의 운용에 따른 불리한 유지보수 예산의 낭비가 개선되고, 확보된 국내 기술 주도로 시스템 구축 및 운영 유지가 가능하여 이용자들의 요구사항에 적절히 대처할 수 있음



<그림 86> ASBU 로드맵과 기술 적용 계획

● 사회 경제적 기대효과

– RECAT 운영으로 대형공항의 활주로 용량 증대

- 인천공항 활주로 절대용량 10% 증가[17] 기대
- 항공교통 안전성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 기여
- 외산 장비 대비 운영기간(10년 가정) 총 운영비 30% 이상 절감 가능
- 국내 김포-제주 기준, 활주로 효율성 증가로 전체 비행 운항 중 출발·도착 시간 약 1분 감소 시, 연간 연료 소비량 3,100톤, 이산화탄소 9,800톤 저감
- ICAO 기준 RECAT 적용 시, 인천공항에서 총 비행거리 시간당 7.8마일 감소, 분리 거리 감소에 따른 편익 비용 편당 487천원[18]

– 항공기 운영 시간 단축에 따른 탄소 배출량 저감에 따라 항공산업 탄소중립에 기여

- 2021년 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행으로, 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준 충족

– 공항운영기술 관련하여, 국내 산업체 주도로 새로운 공항운영기술의 구축에 따른 수입대체 효과와 우리나라가 국제경제력을 확보하고 있는 IT 기술과 각종 인프라를 차세대 항공교통 핵심기술의 접목을 통해 공항운영 관련 산업의 국가 경쟁력 제고 가능

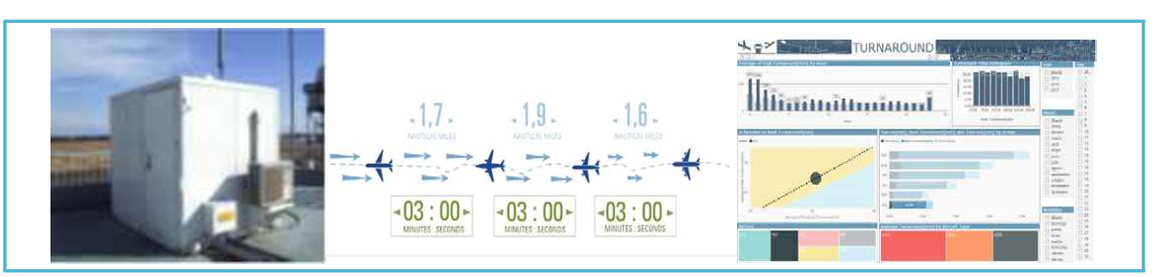
나. 기술개발 성과

● 활주로 항공난류 운영 지원 시스템 : 항공기 이착륙 횟수 10% 증가

● 실시간 WAKE 탐지 기술 개발 : 탐지거리 10km 이상, 고도 2,000ft 이상, 최대 탐지 풍속 60m/s 이상, 해상도 100m 이하

● 실용화 지원을 위한 활주로 운영 기반 구축 및 운영 기술

● ICAO 의제 대응을 동한 국제 표준 선도



17) Wake Turbulence RECAT을 적용한 활주로 절대 수용량 비교 분석, 한국항행학회논문지, 2021년 12월
18) Wake Turbulence RE-CAT 적용과 효과성에 관한 연구, 한국항공운항학회지, 2021년 9월

3. As-is, To-be

- **지속적으로 증가하고 있는 항공 교통량 대응과 탄소배출량 감소 목표 달성을 위해, 공항운영시스템 및 운항경로 최적화를 위한 수용량 증가 및 운항 효율화를 목표로 지속적인 연구개발 수행 중**
- **분리기준 최적화를 통한 활주로 수용량 증대**
  - 이륙대기시간 최소화, 항공기 동적분리 등을 통해 효율적으로 활주로를 사용 할 수 있게 되어 활주로 용량 증대 및 늘어나는 항공 수요에 대처 가능
  - 의사결정지원시스템을 활용한 실시간 이착륙 정보의 제공으로 공항 인프라 활성화 및 효율성 제고 측면에서 유용
  - 실시간 항공기상을 예측 및 분석이 가능하게 되어 현재보다 더욱 안전한 항공교통서비스 제공 가능
- **기술개발 과정에서 취득한 항공기상 데이터를 활용한 기술서비스산업 및 관측기술을 활용하여 다양한 분야로 적용이 가능**

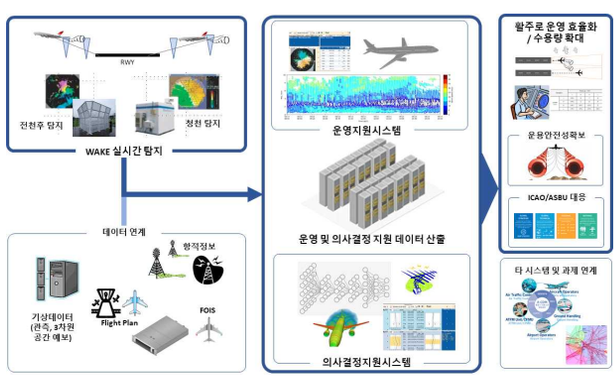
As-Is (현재)

- 항공교통량 10년간 약 2배 증가, 활주로 용량 부족
  ➡ 항공편 지연에 따른 사회적 손실증가
- ICAO ASBU 이행과제인 항공난류관리기술 개발 시급
- 탄소배출 저감을 위해 이착륙대기시간 단축
- A-CDM 3단계(~25년) 운영계획 수립 현재 1단계 기본적인 시간정보를 협업기관과 공유 (Wake 탐지 및 관리 미적용)



To-Be (미래상)

- 공항 운영 및 항공교통이용자 편의 증대
- 활주로 항공난류 관리기술개발을 통해 활주로 수용량 증가(기존대비 10%이상) 및 항공교통 안정성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 달성에 기여
- Wake turbulence 탐지장비 및 예측/분석기술 국산화를 통해 항공난류관리기술 확보
- 김포-제주 운항편수 기준 년간 탄소배출량 9,800톤 이상 저감으로 탄소 중립 정책 부응
- ICAO ASBU WAKE Block2, A-CDM 3단계(~25년)와 연동 운영 기술 확보



제3절. 연구개발 과제 구성

1. 기술 수요조사 실시

가. 기술수요 조사 목적

- 산학연 전문가의 다양한 의견수렴을 통해 시급성이 요구되는 후방난류제어기술 수요 발급
- 공항수용성 향상을 위해 요구되고 있는 활주로 항공난류 관리기술의 중점분야별 핵심 구성기술 선정의 근거자료로 활용
- 기술개발분야의 핵심 구성기술 선정에 있어 산학연관 전문가의 다양한 의견수렴 및 반영

나. 기술수요조사 진행 개요

- (목적) 본 기획연구에서 도출해야 하는 활주로 항공난류 관리기술의 세부적 범위, 이를 구현하기 위한 유관·연계 기술 등의 개발 범위를 검토함
- (중점추진 분야) ①실시간 WAKE 탐지 기술, ②운영·의사결정 지원 기술, ③인증 방안 및 법제화 등 산출되는 WAKE 정보의 연계 순으로 핵심 범위를 설정
- (조사 항목) 제안기술/과제의 명칭, 연구개발 목표, 산업/시장 동향, 기술개발 현황 및 수진, 기존 기술 활용 방안, 기술개발 필요성, 주요 연구 내용, 정부 지원의 타당성, 기술 확보 전략, 최종 성과물 및 활용 방안, 파급효과 및 기대 효과, 연구개발 지원 규모 등
- (공고 방법 및 기간) 항공분야 주요 학회(한국항공운항학회, 한국항행학회, 한국항공우주학회, 항공시스템공학회 등)의 공고 및 가능한 범위 내(학회 회원 명단 등)의 이메일 안내 및 온라인 설명회(21년 10월 7일 실시간 회의 및 녹화영상 전달 등) 개최
- (수요조사 기간) 2021년 9월 30일부터 2021년 10월 13일까지
- (수요조사 제출 방법) 공고시 제안된 기술수요조사서 작성 후 담당자 제출 또는 온라인 양식 작성 후 접수

다. 기술수요조사 진행 결과

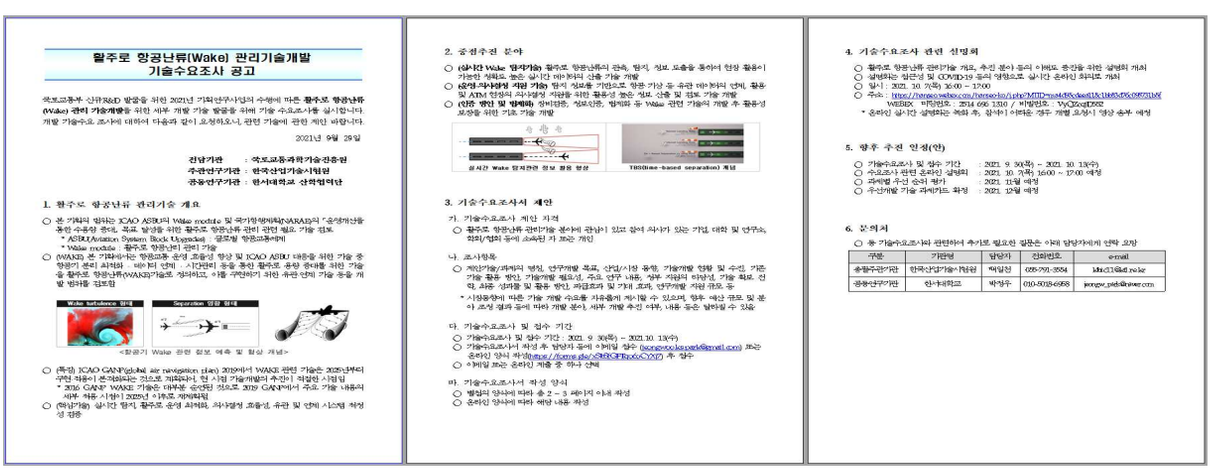
- (조사결과 요약) 본 기획 범위에서 고려된 WAKE 탐지 및 정보 산출과 관련된 세부 기술 중 RADAR 센서 탐지 관련 기술 3건, LIDAR 센서 탐지 관련 기술 2건, 운영 및 의사결정의 데이터 처리 연계 기술 2건, ICAO 의제 대응 관련 기술 1건 등 접수

제안기술명	제안자	소속기관
전천후 WAKE 탐지를 위한 L대역 레이더 개발	이규원	경북대학교
Wake vortex 탐지 및 감시 시스템 개발	이규원	경북대학교
X-band Wake 탐지 레이더 관측센서 개발	정우재	알에프코어 주식회사
청천 Wake 탐지를 위한 도플러 LiDAR 시스템 개발	최성철	㈜삼우티시에스
실시간 고분해능 Wake Turbulence 가시화를 위한 LIDAR 관측센서 개발	이정률	KAIST
WAKE 정보교환을 위한 SWIM 연계 기술 개발	강지석	㈜에이시스
다차원 항공기 분리정보 표출 시스템 개발	강지석	㈜에이시스
항공기상데이터 연계를 위한 데이터 변환 기술 개발	김기영	㈜포디솔루션

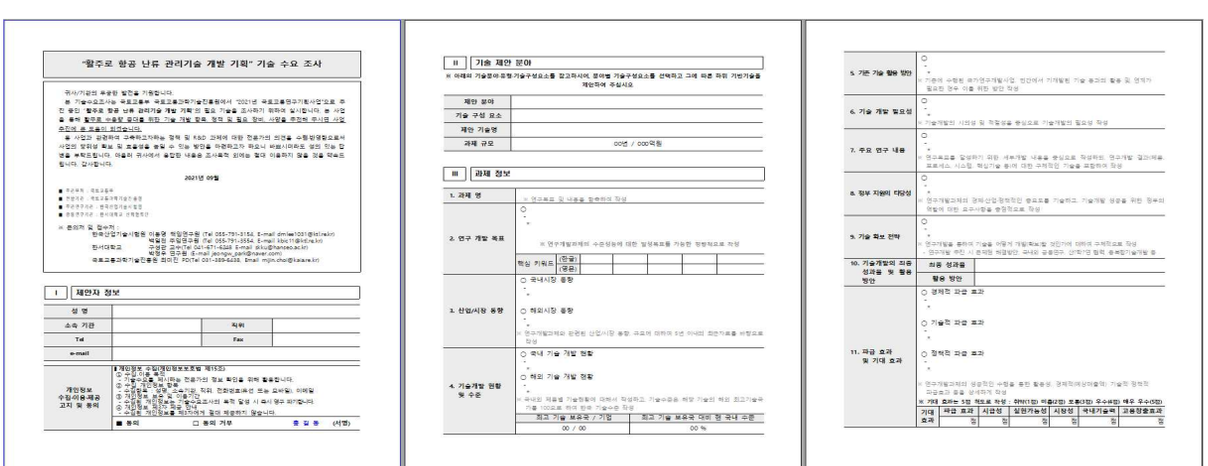
● (세부 연구 수행을 위한 산업 범위 검토) **국내 기수행된 연구개발 과제의 범위와 결과, 이를 활용한 연구개발의 추진 가능 여부, 국외 유관 기술의 국산화 등을 포함한 본 연구 수행을 위한 기반 기술 조사 및 확인**

라. 기술수요조사서 진행

● 기술수요조사 공고문



● 수요조사서



- 온라인 설명회



마. 현장-관제사 등 의견 수렴

- 관제사 workload 감소에 관한 효과성 표현 필요 - 현실적으로 매우 어려운 문제 / 현장에서는 신규 정보 추가시 workload 증가로 판단 할듯
- 해당 시스템 정보 이용시 업무적 benefit 제시 필요 - ex) 시스템에서 제공된 정보를 기반으로 업무 중 Go Around / Near miss 등 발생시 관제사 잘잘못 판단 보류 / 조종사 동일 등
- 관제사의 업무적 보수성 고려 필요 - 특히 연구개발품에 대한 현업 근무자의 신뢰도 한계 등 존재 / 신규 정보 생성의 경우 동일함
- capacity 증대를 위한 지원시스템의 필요성 - 해당 연구 결과 활용을 위한 수혜자 명확화 필요(관제사 or 공항운영자 or 항공사 or 당국) / 해당 내용 바탕 대응 필요
- 탐지 데이터의 중요성은 클 것으로 판단 / 이를 연계한 시스템의 구현 필요 - 연계 범위의 제시 등은 적절
- RECAT, TBS 등이 적용 가능한 공항의 제시 등 필요
- 7*7 matrix 의 복잡성 / 9*9 matrix 의 복잡성 등의 고려 필요 - 관제사들의 업무 부하 증가 ⇨ 현 시스템에서 해당 정보의 제시 기능 부재
- Tales 개발 시스템의 데이터 제공 형상이 좋은 것으로 판단 / 다만, 해당 정보가 분리 간격이 축소 가능한지는 검토 필요
- 인천공항은 교통량이 매우 많은 공항으로, 실제 운영 중 분리 간격이 최소화되는 경우가 다수 발생. 이는 조종사 / 관제사 workload 증가시킴

- 항행안전시설로 제안 필요의 당위성 해석 가능 – 아닌 경우 현업 관제사 활용 여부 의문
- 이륙 지시 시점을 알려주는 기능 필요 판단, Wake 탐지 및 안전 관련 정보에 관한 상세한 제공은 필요할 것임
- 다만, 제주공항의 경우 (사실상) 활주로 1개 운영으로 Wake Separation 규정보다 큰 값으로 적용 중
- Arr-Dep-Arr-Dep 의 운영으로 Arr-Arr 항공기 사이에 Dep 를 위해 Arr-Arr 항공기 분리치를 Wake 보다 큰 값 적용
- Dep 항공기의 출발은 Arr 항공기가 활주로 개방(runway vacated) 후 즉시 이륙 지시 (아닌 경우 Arr 항공기 Missed approach 필요)
- 제주공항은 관제사의 Work load 가 매우 높은 편(1대 이륙 or 착륙 시간 간격이 2분 미만
- Wake 정보가 유용할 것이나 정보 확인과 조작을 위한 work load 증가시 사용성 확보 어려움
- Tower 의 경우 활주로 이착륙 항공기에 대하여 관제사가 눈으로 확인 후 지시하기 때문에 현재 레이더 화면의 경우도 참고용 사용
- 레이더 화면에 착륙 항공기 도착 예정시간이 초단위로 도출되나, 사실상 해당 수치 정보 활용하지 않음
- A-MAN/D-MAN 장비의 경우 제주에 신규 레이더 도입 후 해당 레이더 장비에 관련 정보를 제공하므로 철수를 요청함
- A-MAN 연구개발품은 좋으나, 다양한 기능 구현으로 인하여 오히려 work load 증가함
- A-MAN 시범 운영 시간 동안 사용자(관제사) 의견 반영 – 현업화 등을 위한 개선/calibration 등 을 위한 업무가 불편하였음
- ICAO RECAT의 적용에 관한 내용은 알고 있으나, 제주공항은 항공기 크기가 다양하지 못하여 다양한 matrix로 적용되지 않을 것으로 판단됨. 즉, 앞서 언급한 것과 같이 1개 활주로 운영으로 인한 한계 등 존재

바. 해외 전문가 의견 수렴

- 싱가폴 NTU 대학의 Dr. Wan.S. Won (School of Mechanical and Aerospace Engineering)로부터 의견 수렴
  - 과제 구성은 전체적으로 잘 구성되어있으나, 실제 프로젝트 수행 시 의사결정 지원 시스템의 적용 방식에 대한 명확한 방법 제시가 필요
  - 이 로드맵에 따르면 다양한 활주로 조건과 환경을 고려한 난기류 탐지시스템의 정확성 및 효율성을 확인할 수 있고, ICAO 의제 및 ASBU 이행 체계 마련의 기반이 될 것으로 판단



NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY SINGAPORE

Review and Comments Letter for the research-design project

Attn: Prof Sungkwan Ku
Department of Aerospace Industrial and Systems Engineering
Hanseo University
Gomseom-ro 236-49,Nam-myeon,Taean-gun,Chungcheongnam-do,Korea,32158
Tel: +82 41 6716246 Fax: +82 41 6716248
email: skku@hanseo.ac.kr

10th February 2022

Title of the project: Research design and proposal for Runway Wake Turbulence Control & Management technology

Dear Prof Ku

This letter serves to review the project proposal on "Research resign for runway wake-turbulence control and management technology". We are pleased to have the opportunity to review your works on this project.

In the 1st section, runway operations and decision support technologies by using real-time separation matrix were proposed to reduce work load of air traffic controller. This proposal describes a systematic procedure, standard, and technologies, which includes RECAT operations support system, TBS standard, wake turbulence detection-based 4D prediction technology, CWP(End user) display technologies, and test and evaluation of the accuracy and efficiency of the operation support information (matrix and TBS).

The 2nd section presents the development of real-time all-weather wake turbulence detection system. The copes of the development include wake-turbulence detection equipment, data processing platform, and a testbed with field demonstration, which is based on both Doppler LIDAR and RADAR signal detection technologies.

The 3rd section presents systems verification and operational-based technology development with strategies for responding to ICAO agenda and commercialization.

The proposal report is overall well written and nicely structured. Here are several items to be addressed for successful achievement of the project.

At first, future project needs to clarify how runway operations and decision support technologies will be applied to ATC operations in details. In addition, the project would be able to comprehensibly evaluate the accuracy and efficiency of wake-turbulence detections systems for different runway conditions and environment and build a wake-turbulence separation standard in conjunction with the ICAO agenda and ASBU implementation.

Sincerely yours,

Wan.S. Won (Dr.)
School of Mechanical and Aerospace Engineering
Nanyang Technological University, Singapore
10th February 2022

- 의견 반영 결과
  - 의사결정지원 시스템의 현장적용을 위해서 관제사에게 직접적 정보 제공을 위한 데이터 연계 및 적용 부분에 대한 연구 내용 반영
  - 실제 산출 데이터의 범위 및 종류의 확정을 위한 관제사 인터뷰 진행 결과를 확인하여 세부 내용에 대한 반영하고 실제 시스템 구성 형태에 관제사의 의사결정 지원의 효과성 확보를 위한 내용의 반영

2. 최종 과제도출

가. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

- 공항의 항공기 이착륙 횟수 증대를 위해 국내 공항운영자(인천국제공항공사, 한국공항공사)는 전사적으로 수립한 자체 계획을 바탕으로 공항운영의 효율화 모델을 구축하고 이를 달성하기 위한 기반을 갖추고 있음
- 이는 향후 첨단화된 공항의 기반 기술을 활용하여, 안전한 이착륙의 지원 및 운영 효율화 달성을 위한 것을 목표로 하고 있음
- 활주로 운영의사결정 지원 시스템 개발의 목표는 항공기 이착륙 효율화를 위해 필요한 세부 기술 개발이 범위이며, 항공기 이착륙 의사결정자인 항공교통관제사의 업무 부하 감소 및 이를 통한 활주로 안전 확보를 최우선 목표로 수립함

개발목표

- 활주로 수용량 10% 증가를 위한 관제사 의사결정 지원 시스템 개발
- 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발
- 분리기준 산출 기준 기술 개발
- Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축
- RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
- 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발
- 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발

예상산출물

- Wake 분리를 위한 다차원 Matrix
- 항공정보 연계 기준 문서
- 비행계획 정보 연계 모듈 및 항공기 감시 정보 연계 모듈
- RECAT, TBS, 기준산출 알고리즘
- 예측 정보 산출 알고리즘
- 설계서 및 단위 모듈
- 교육 프로그램 및 시뮬레이터
- 정확도 산출 기준
- 효과성 및 효율성 산출 기준
- Wake 통합 시스템

나. 전천후 Wake 탐지기술 개발

- 항공기 운항 중 발생하는 날개끝 와류는 사람의 목측으로 식별이 불가능한 정보로 관제사, 조종사 등은 ICAO 등에서 권고된 기준에 따라 항공기의 분리를 실행함
- 다만, Wake를 고려한 기 권고된 분리기준은 기술적 성숙도가 충분히 확보되지 않은 시기에 연구된 결과를 바탕으로 한 것으로 2000년 이후 ICAO, FAA, EASA 등에서는 기존 기준을 효율화 할 수 있는 기술에 대한 연구를 수행중임
- Wake를 확인할 수 있는 방법, Wake 관측 데이터 축척 및 분석을 통한 효율적인 방안 연구, 최종 접근 구역에서의 항공기 이동 특성을 확인하여 시간적 개념 반영 운영을 위한 기반 기술의 고려하기 위한 다양한 방법론을 설정함
- 본 연구에서는 활주로 운영 효율화를 위한 방법으로 Wake 탐지에 관한 정보를 생성하고, 확보된 정보를 기반으로 세부적 의사결정을 위한 기반 기술을 구현하는데 목표가 있음
- 특히, Wake의 실시간 탐지 기술은 더욱 효과적인 활주로 이착륙 운영을 위한 정보의 주도권 및 독립적 의사결정 능력 확보를 위한 기로, 정밀한 Wake 탐지를 연구 목표로 설정함

개발목표

- 유효탐지거리 10km, 고도 2000ft 이상, 해상도 100m 이하, 최대 탐지 풍속 60 m/s 아상, 처리 속도 15초 이내 전천후* 실시간 난류 탐지 장비 개발
- 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발
- 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발
- 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발

* 기상 상황(청천, 흐린날씨, 강우 상태 등)과 관계 없이 관측 가능

예상산출물

- Wake 탐지 LIDAR 센서
- Wake 탐지 RADAR 센서
- 신호 통합 처리 알고리즘
- Wake 탐지 센서 설계도
- HMI 표출 알고리즘 및 시스템

다. 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발

- 개발 결과의 현장 적용을 위해서는 산출된 기술의 적정성에 대한 검증이 필요하며, 특히 항공분야의 현업에서 이용할 때에는 하부 시스템의 기능적 구현뿐만 아니라 모듈, 하부시스템, 통합시스템 등의 전체 구성품이 적절하게 이루어졌는지 검증이 필요함
- 이러한 검증의 과정에서 기반이 되는 것이 해당 장비, 시스템 또는 기술에 관한 세부적인 정의이며, 이를 규격 또는 표준이라고 말함
- 신규로 개발되는 시스템의 경우 이러한 규격 또는 표준이 정의되지 않아 실제적으로 개발된 결과의 적정성 확인을 수행하기 어려워 신규로 제안된 개념의 시스템은 개발 과정에서 이러한 시스템 구성에 관한 세부적 사항의 정의가 필요할 수 있음
- 항공분야 장비의 특성은 타 산업분야 대비 매우 높은 안전성을 요구하는 것이며, 이를 입증할 수 있는 방법이 실제 현장에서의 설치 및 활용을 통하여 장기간의 신뢰성 데이터를 확보함
- 실제 공항의 현장에서 장비를 설치 후 활용하는 것은 실무적으로 어려운 업무이며, 이는 항공기 운영성에 저해되지 않는 범위내에서만 가능함
- 본 연구에서는 기술 기반의 원천 능력을 확인하기 위한 ICAO 의제 대응도 연구 목표로 설정함

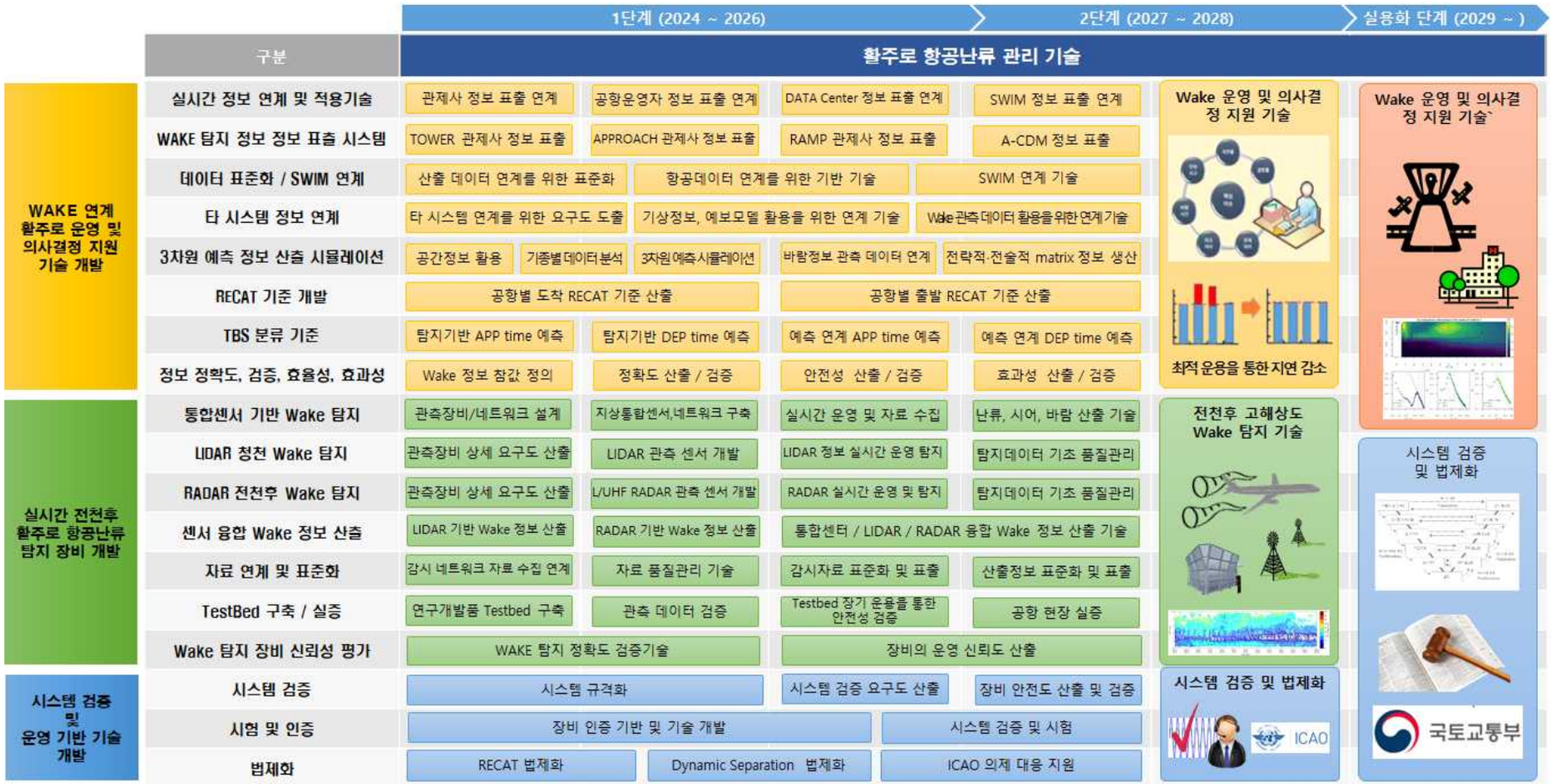
개발목표

- 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원
- 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발
- 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발
- 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발
- ICAO 등 국제 기술협력 지원 및 실용화 전략 수립

예상산출물

- 시스템 검증 보고서
- 각종 지침/기준서

● 최종 도출 과제 및 추진 로드맵



<그림 87> 도출 과제 목록 및 추진 로드맵

제4절. 총괄 및 구성기술별 R&D 과제카드

1. 총괄과제 R&D 과제카드

WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

구분	내용
목적	• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축 • 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• (정책) 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 * (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선 * (미국-NextGen)"항공안전·효율·환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영 * (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성 * (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진 * (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시 • (시장) 세계 항공교통관리 시장은 '18년 기준 80억 달러 규모이며 연평균 3%로 성장하여 '25년에는 100억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망 ('19년, Global Market Insights) 되며, 항행장비인 레이더 시스템 시장은 2016년 202억 9,000만 달러에서 연평균 성장률 5.39%로 증가하여, 2021년에는 263억 7,000만 달러에 이를 것으로 전망 ('16년, Radar Systems Market) • (기술) LIDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 미국 Lockheed Martin, 일본 Mitsubishi 등의 제조사에서 대표적으로 생산 * (미국) 록히드마틴은 저고도 급변풍(윈드시어) 탐지용 도플러 LIDAR를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">* (영국) 히드로 공항 내 LIDAR 기반 록히드마틴의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 항공기 관측 자료 수집
* (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LIDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 및 채택</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="3">• 항공수요 증가에 따른 인한 저비용의 효과적 대응 방안 필요
• 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표
• ICAO GANP 2019에서 활주로 항공난류 관련기술은 2025년부터 구현·적용하는 것으로 계획하고 있어, 이에 부합한 기술 개발이 필요하며, 실증을 통해 국내에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계 개발이 필요
• ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요
* '25년 ASBU WAKE Block 2, 35년 Wake Block 4 이행을 위한 난류 탐지, 활주로 운영 의사지원 및 분리 최적화 기술 운용에 대한 관련 운영 데이터의 확보가 필수적이며, 이에 활주로 운영 의사지원 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발이 필요한 상황
• CO2 감축 등 정책 추진을 위한 정부 지원 방안
* 2021년 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행으로, 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준 충족 필요
* 美 MEM공항 연간 417만 갤런 연료절감, 39,992 ton CO2 감축 자동차 8,421대 또는 3,650가구 에너지 사용량</td></tr>
<tr><td rowspan="18">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="17">활주로 수용량
10% 증가를 위한
관제사
의사결정
지원 시스템</td><td>항공정보 연계 기준 문서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>비행계획 정보 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>항공기 감시 정보 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>데이터 표준 연계 설계서 및 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>연계 데이터 표준(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>공항·기종별 Wake 시뮬레이션 해석 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>RECAT 기준 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>TBS 기준 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>WAKE 정보 기반 4D 예측 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>WAKE 운영지원 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>정보 표출 시스템 설계서 및 단위 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>CWP 설계서 및 단위 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>CWP 시제품</td><td>5</td></tr>
<tr><td>교육 프로그램 및 교안</td><td>4</td></tr>
<tr><td>WAKE 교육을 위한 시뮬레이터</td><td>5</td></tr>
<tr><td>성능시험절차서</td><td>4</td></tr>
</table>

구분	내용		
		운영지원 정보 정확도 산출 기준(안)	4
		적정성 평가 검증 기술(안)	4
		효과성/효율성 산출 기준(안)	5
		성능시험장비 설계서	5
		성능시험 성적서 / 결과 보고서	5
		단위 시스템 연계 및 통합 시스템 프로토타입	5
		시스템 통합 검증 보고서 또는 성적서	5
		현장 운영 검증 보고서 또는 성적서	5
	활주로 수용량 10% 증가를 위한 전천후 Wake 탐지기술 개발 (반경 10km, 고도 2000ft, 해상도 100m 급 전천후 Wake 탐지 기술)	Wake 탐지 시스템	5
		LiDAR 기반 Wake 탐지 시스템	4
		Radar 기반 Wake 탐지 시스템	4
		신호 데이터 처리 시스템	3
		관측 데이터 시각화 표출 시스템	5
		전천후 Wake 탐지 시스템	55
		LIDAR·RADAR 데이터 통합 처리 시스템	3
		데이터 연계 시스템	4
		Wake 표출 HMI 시스템	5
		시스템규격서(안)	2
		성능시험절차서	3
		안전성평가문서	5
		실증결과보고서	5
		현장적용보고서	5
	WAKE 시스템 검증 및 운영 기반 개발	시설 분류 및 해외 사례 검토 보고서	2
		항행안전시설 적용(안)	4
		공항 환경 분석 보고서	3
		탐지 시스템 운영(안) 보고서	5
		RECAT 운영 매뉴얼(안)	5
		TBS 운영 매뉴얼(안)	5
		탐지 시스템/ 의사결정 지원 운영 정책 요구(안)	5
		RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)	5
		TBS운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)	5
		운영 요구 성능(안)	2
		기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안)	4
		신뢰성 시험 평가 절차서(안)	4
		실증결과보고서	5
		현장적용보고서	5
		ICAO 의제(안)	3, 4, 5
		개발 시스템 실용화 전략	5
세부 연구내용	• Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 • 분리기준 산출 기준 기술 개발		

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td></td><td>• Wake 연계 활주로 운영지원 시스템 구축
• RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
• 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 및 실증 기술 개발
• 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발
• 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발
• 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 및 실증 기술 개발
• 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원
• 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 및 검증/실증 기술 개발
• ICAO 등 국제 기술협력 지원</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>26,000 (82%)</td><td>3,500</td><td>5,100</td><td>6,200</td><td>6,000</td><td>5,200</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>5,650 (18%)</td><td>820</td><td>1,250</td><td>1,480</td><td>1,204</td><td>896</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td>
<table>
<tr><td>최종성과물</td><td>• Wake 정보 연계 활주로 운영 의사결정 지원 시스템 일체
• 시스템 현장 운영 결과</td></tr>
<tr><td>목표 TRL</td><td>• TRL 7 : [시제품 신뢰성 평가] 실제 환경에서 시제품 데모</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td>• 공항운영 (ICN, GMP)
• 정보 연계 시스템 및 알고리즘 (A-CDM)
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td>• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보
* Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술
• 공항 운영* 및 항공교통이용자 편의 증대
* RECAT 운영으로 대형공항의 활주로 절대 용량 10% 증대, 항공교통 안전성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 기여
* 외산 장비 대비 운영기간(10년 가정) 총 운영비 30% 이상 절감 가능
* 김포-제주 기준, 활주로 효율 증가로 연료 소비량 3,100톤/년, 이산화탄소 9,800톤 저감
* ICAO 기준 RECAT 적용 시, 인천공항에서 총 비행거리 시간당 7.8마일 감소, 분리 거리 감소에 따른 편익 비용 편당 487천원 감소</td></tr>
</table>

2. 구성기술 R&D 과제카드

1. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발

구분	내용
목적	• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 진행 중 • (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선 • (미국-NextGen)"항공안전・효율・환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영 • (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성 • (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진 • (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시
기술개발 필요성	• (공항용량증대) 항공수요 증가에 따른 효과적 대응 방안 필요 • COVID-19로 2019년 대비 70%이상 급감하였으나, 3~4년 내 이전 수준으로 회복 전망 • 2021년 현재, 김포/제주공항 활주로 수용량 한계치 근접, 인천공항 수요량 증가 대비를 위한 제4단계 건설(제4활주로 포함 4.8조 투입) 등 인프라 대응 필요 • [FAA] 美 MEM RECAT 적용 후 활주로 용량 20% 증가 • [EASA] 佛 CDG RECAT 적용 활주로 용량 10% 증가, 英 LHR 지연 62% 감소 • (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 기술개발이 필요하며, 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 기술 개발과 실증을 통한 사전 데이터 확보 및 체계개발이 필요 • (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사지원, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 및 관측 기술 개발 필요

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="20">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="19">활주로 수용량
10% 증가를 위한
관제사 의사결정
지원 시스템
(TRL 단계
[시작] 2 단계
~
[종료] 7 단계)</td><td>항공정보 연계 기준 문서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>비행계획 정보 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>항공기 감시 정보 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>데이터 표준 연계 설계서 및 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>연계 데이터 표준(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>공항·기종별 Wake 시뮬레이션 해석 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>RECAT 기준 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>TBS 기준 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>WAKE 정보 기반 4D 예측 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>WAKE 운영지원 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>정보 표출 시스템 설계서 및 단위 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>CWP 설계서 및 단위 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>CWP 시제품</td><td>5</td></tr>
<tr><td>교육 프로그램 및 교안</td><td>4</td></tr>
<tr><td>WAKE 교육을 위한 시뮬레이터</td><td>5</td></tr>
<tr><td>성능시험절차서</td><td>4</td></tr>
<tr><td>운영지원 정보 정확도 산출 기준(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>적정성 평가 검증 기술(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>효과성/효율성 산출 기준(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>성능시험장비 설계서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>성능시험 성적서 / 결과 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>단위 시스템 연계 및 통합 시스템 프로토타입</td><td>5</td></tr>
<tr><td>시스템 통합 검증 보고서 또는 성적서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>현장 운영 검증 보고서 또는 성적서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="3">• 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발
• 분리기준 산출 기준 기술 개발
• Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축
• RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
• 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발
• 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>8,300 (85.1%)</td><td>900</td><td>1,200</td><td>1,700</td><td>2,400</td><td>2,100</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>1,450 (14.9%)</td><td>120</td><td>130</td><td>255</td><td>504</td><td>441</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="2">• WAKE 정보 연계 활주로 운영 의사결정 지원 시스템 일체
• 시스템 현장 운영 결과</td></tr>
<tr><td></td><td>목표 TRL</td><td colspan="2">• TRL 7 : [시제품 신뢰성 평가] 실제 환경에서 시제품 데모</td></tr>
</table>

구분	내용	
	성과활용처	• 공항운영(ICN, GMP) • 정보 연계 시스템 및 알고리즘 (A-CDM) • IIAC, KAC, 관제기관
활용방안 및 기대효과	• 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보 • RECAT 운영으로 대형공항의 활주로 용량 증대 (인천공항 활주로 절대용량 10% 증가 기대), 항공교통 안전성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 기여 • 국내 김포-제주 기준, 활주로 효율성 증가로 전체 비행 운항 중 출·도착 시간 약 1분 감소 시, 연간 연료 소비량 3,100톤, 이산화탄소 9,800톤 저감 • ICAO 기준 RECAT 적용 시, 인천공항에서 총 비행거리 시간당 7.8마일 감소, 분리 거리 감소에 따른 편익 비용 편당 487천원	

1-1. 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요
• 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 활용 가능한 데이터 제공을 위한 체계 구축</td></tr>
<tr><td>정책·기술·
시장동향 조사
및 분석</td><td colspan="3">• (공항용량증대) 항공수요 증가에 따른 효과적 대응 방안 필요. COVID-19로 2019년 대비 70%이상 급감하였으나, 3~4년 내 이전 수준으로 회복 전망. 2021년 현재, 김포/제주공항 활주로 수용량 한계치 근접, 인천공항 수요량 증가 대비를 위한 제4단계 건설(제4활주로 포함 4.8조 투입) 등 인프라 대응.
• ICAO에서 7개 그룹으로 분류된 항적 난기류 최소분리 기준을 반영하여 '항공교통관리 지침(PANS-ATM, Doc. 4444)'을 개정함에 따라 우리나라는 '항공교통관제절차(국토교통부고시 제2021-1052호)'를 개정하여 ICAO의 지침과 동일한 기준을 반영</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="3">• (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 4D 궤적 기반 항항계획 운영을 위한 기술 개발 계획을 2025년부터 본격적인 구현·적용을 계획함에 따라 국내공항에 적용하기 위한 운영 시스템 사이의 데이터 연계를 위한 체계 개발 필요
• (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사지원, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 및 관측 기데이터 등을 유기적으로 연결하기 위한 데이터 연계 체계 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="5">항공정보, 비행계획정보, 항공기 감시정보 연계를 이종 시스템간 데이터 연계
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>항공정보 연계 기준 문서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>비행계획 정보 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>항공기 감시 정보 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>데이터 표준 연계 설계서 및 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>연계 데이터 표준(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="3">• ATC 시스템 연계를 위한 콤포넌트 별 프로토콜 분석
• Wake 정보 활용을 위한 데이터 표준화 설계
• Wake 정보 활용을 위한 연계 프로토콜 설계
• ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계
• ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 구현
• 비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 설계
• Wake 정보 데이터 표출 시스템 설계
• Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 설계
• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 분석
• 주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 분석</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>890 (83.0%)</td><td>180</td><td>180</td><td>170</td><td>192</td><td>168</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>183 (17.0%)</td><td>24</td><td>26</td><td>38</td><td>51</td><td>44</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물
• 이종 데이터 간 데이터 연계 기술
• 데이터 연계 관련 기술의 적정성 확인을 위한 중간 산출물
성과활용처
• 활주로 항공난류 운영 및 의사결정지원 시스템에서의 연계 기술 구현
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td>• 기존 시스템과 개발시스템간의 Interface 기술개발로 이종 시스템간 시스템 연계
• 기존 시스템의 지속 활용 및 신규시스템 확장성 제한확대
• 기존 및 신규 시스템 혼재운영으로 인한 혼란요소 제거 및 관련 비용절감 효과
• 공항 운영 및 항공시스템 사용자 시스템 전환으로 인한 불편 최소화
• 기존 데이터 이동 및 설비 전환으로 인한 불편 최소화
• 교체시 신규시스템/기기 적응 및 운영 정체요소 제거
• 시스템 교체비용 최소화로 인한 경제적 효과</td></tr>
</table>

1-2. 분리기준 산출 기준 기술 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 효과적인 적용과 TBS로 이행을 위한 기초 데이터 확보
• Wake 정보와 분리기준 세분화와 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템 개발에 적용하기 위한 세부 분리 기준 및 분리 알고리즘 제공</td></tr>
<tr><td>정책·기술·시장동향 조사 및 분석</td><td colspan="3">• (ICAO) 『공항운영분야』 개선 항목 중“후방난기류를 위한 비행거리”단축에 의한 활주로 활용도 향상(WAKE)을 위해, 기존 3단계 항공기 후류요란 분리기준에서 7단계로 세분화하여 공항 실증 및 기술적용 운영 확대
• (미국-NextGen) 시간 기반의 흐름 관리(Time Based Flow Management(TBFM))을 도입하여 항공 교통 분야의 수용량 증대 기대
• FAA Order JO 7110.65Z Air Traffic Control에서 공항 내 교통량 제어를 위한 가이드라인 제시
• FAA JO 7110.126A Consolidated Wake Turbulence (CWT) Separation Standards로 9x9 Matrix를 적용하여 분리 기준 적용
• (유럽-SESAR) RECAT-EU와 Time-Based Separation을 도입하여, 공항의 수용량 증대를 목표로 일부 공항에 도입하여 12%의 수용량 증대 달성
• (영국) NATS는 2015년 히드로 공항에 TBS기준을 개발하고, 세계 최초로 적용하여, 2018년 3월, RECAT-EU를 사용한 개선된 TBS 개발로 62%의 출도착 지연 감소
• (일본-CARATS) 2020년 후방난기류구분의 재분류에 따른 관제 방식 기준 개정하고, 나리타 국제공항, 도쿄 국제공항에 적용, ICAO PANS-ATM을 개정하여 출도착 운영시스템 개선 추진
• (중국-CAAMS) 홍콩 항공청과 협력으로 RECAT-EU에 따른 분리기준세분화 연구 수행</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="3">• (공항용량증대) 항공수요 증가에 따른 인한 효과적 대응 방안 필요
• 2021년 현재, 김포/제주공항 활주로 수용량 한계치 근접, 인천공항 수요량 증가 대비를 위한 제4단계 건설(제4활주로 포함 4.8조 투입) 등 인프라 대응
• [FAA] 美 MEM RECAT 적용 후 활주로 용량 20% 증가
• [EASA] 佛 CDG RECAT 적용 활주로 용량 10% 증가, 英 LHR 지연 62% 감소
• (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사지원 시스템 개발의 의사결정을 위한 이착륙 분리 최적화 기술 개발 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="5">기술개발 최종목표 및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ASBU Block 3 대응 기술 구현을 위한 TBS 분리 기준(안)
(TRL 단계
[시작] 2 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>공항별·기종별 Wake 적용 시뮬레이션 해석 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>RECAT 기준 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>TBS 기준 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>WAKE 정보 기반 4D 예측 산출 알고리즘</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부 연구내용</td><td colspan="3">• RECAT / TBS 기준을 적용한 공항별 항공교통 시뮬레이션
• 공항별 – 기종별 Wake 시뮬레이션 조건 연구</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td></td><td>• 공항별 – 기종별 Wake 시뮬레이션 및 결과 분석
• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 분석
• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 개발
• 주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 분석
• 주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 개발
• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 기반 4D 예측 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>1,903 (100.0%)</td><td>198</td><td>240</td><td>340</td><td>600</td><td>525</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물
• TBS(time based separation)분리 기준(안)
• RECAT 기준 산출 알고리즘
• TBS 기준 산출 알고리즘

성과활용처
• 활주로 항공난류 운영 및 의사결정지원 시스템에서의 실시간 분리기준 산출 운영
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td>• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 국내 지형 및 기후조건을 반영한 분리기준 확립으로 안전성 확보
• 국내용 분리기준 확보로 한국형 분리기준 Data 확보 및 ICAO RECAT의 효과적인 적용
• 국내 대상 공항의 환경 Data를 근간으로 운영 최적화를 위한 데이터 축적/분석 및 최적 분리기준 확립 가능
• 적용 공항 및 향후 적용 예정 공항의 분리기준 기초 Data로 활용</td></tr>
</table>

1-3. Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축
• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>정책·기술·시장동향 조사 및 분석</td><td colspan="3">• (미국-NextGen) 록히드마틴은 저고도 윈드시어 탐지도플러(WindTracer)를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 설치하여 운영 중
• FAA Order JO 7110.65Z Air Traffic Control에서 공항 내 교통량 제어를 위한 가이드라인 제시
• (유럽-SESAR) RECAT-EU와 TBS에서 얻은 지식을 토대로 추가적인 활주로 용량을 확보할 수 있는 포괄적인 솔루션 개발 추진 중
• Leading Optimised Runway Delivery(LORD) 프로그램으로 활주로 처리량 향상을 위한 통합 시스템 개발 추진
• (영국) Optimised Runway Delivery, Runway Occupancy indicators 등을 지원도구로 개발을 하였으며, Dynamic separation Indicators를 표현하기 위한 운영 시스템의 HMI를 개선
• (일본-CARATS) ICAO PANS-ATM을 개정하여 출도착 운영시스템 개선 추진
• (중국-CAAMS) 항공편 지연 문제가 주요 이슈로 대두되면서 중국 공항들은 정시 운항 관리를 위한 A-CDM(Airport-Collaborative Decision Making) 시스템을 구축하고, 공항의 슬롯, 공역자원, 활주로 및 항공기 스팟 자원 사용 효율을 향상</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="3">• (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 WAKE 관련기술은 2025년부터 구현·적용이 본격화를 계획하고 있어, 이에 부합한 기술개발이 필요하며, 실증을 통해 국내공항에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계개발이 필요
• (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사지원, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 및 관측 기술 개발 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="5">기술개발 최종목표 및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="4">WAKE 운영 지원을 위한 연계 시스템 구축
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>WAKE 운영지원 연계 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>정보 표출 시스템 설계서 및 단위 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>CWP 설계서 및 단위 모듈</td><td>5</td></tr>
<tr><td>CWP 시제품</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부 연구내용</td><td colspan="3">• ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 구현
• ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 구현
• 비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 구현
• Wake 정보 데이터 표출 시스템 구현
• Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 구현
• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 실시간 분리 Matrix 산출 기술 구현
• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 실시간 TBS 산출 기술 구현</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">• Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 기반 4D 예측 알고리즘 구현
• 연계 모듈 통합 인터페이스 설계 및 제작
• 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 및 시스템 제작
• Matrix 정보 HMI 표출을 위한 CWP 설계 및 시스템 제작
• TBS(time based separation) 정보의 HMI를 위한 CWP 설계 및 제작</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="2">
<table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>1,182 (69.8%)</td><td>90</td><td>288</td><td>459</td><td>240</td><td>105</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>511 (30.2%)</td><td>48</td><td>52</td><td>102</td><td>176</td><td>132</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td>• WAKE 연계 활주로 운영지원 시스템 단위 모듈
• 탐지정보 표출 시스템 설계서 및 시제품</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td>• 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템 사용자(End User, CWP ; Controller Working Position) 정보 제공
• IIAC
• KAC
• 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="2">• ICAO RECAT 항공이 이착륙 분류기준 확립에 따른 운영 효율성 제고
• 신규 기준/시스템 운영을 위한 효과적인 정보제공 및 의사결정을 위한 정보제공
• 운영자의 신속하고 정확한 판단을 위한 지원시스템으로 활용
• 신규 시스템 운영으로 인한 혼란 요소 최소화
• 기존-신규 시스템간 정보 통합으로 인한 정보 불일치성 제거
• 시스템간 실시간 정보제공으로 인한 정보 시간 지연요소 제거</td></tr>
</table>

1-4. RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="4">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="4">• 안전한 운항 보장하기 위해서 항공기 분리 기준 세분화에 대한 이해와 관련 업무 내용 변화에 따른 항공교통관제사의 Work Load 경감을 위한 교육 프로그램 개발</td></tr>
<tr><td>정책·기술·
시장동향
조사 및 분석</td><td colspan="4">• 우리나라는 ICAO 세계항행계획의 6차 개정에 따라 이전의 국가항행계획(NARAE)을 개정하여 항공교통량 증가에 따른 현안 과제와 미래 예상 문제를 해결하고 항공교통관리(ATM) 체계를 전환・발전시키기 위한 개정안을 제시('21.8월)
• ICAO에서 7개 그룹으로 분류된 항적 난기류 최소분리 기준을 반영하여 '항공교통관리 지침(PANS-ATM, Doc. 4444)'을 개정함에 따라 우리나라는 '항공교통관제절차(국토교통부고시 제2021-1052호)'를 개정하여 ICAO의 지침과 동일한 기준을 반영
• 새로운 항적 난기류 분류에 의한 7개 그룹의 기준이 추가된 것이며 공항에서 적용하는 시간 분리와 레이더 업무가 제공되는 터미널 공역에서의 거리 분리로 구분</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="4">• (공항용량 증가에 따른 관제사업무증가) 항공수요 증가에 따른 관제사 업무 증가의 효과적 대응 방안 필요
• 2021년 현재, 김포/제주공항 활주로 수용량 한계치 근접, 인천공항 수요량 증가 대비를 위한 제4단계 건설(제4활주로 포함 4.8조 투입) 등 인프라 대응
• [FAA] 美 MEM RECAT 적용 후 활주로 용량 20% 증가
• [EASA] 佛 CDG RECAT 적용 활주로 용량 10% 증가, 英 LHR 지연 62% 감소
• (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) 분리기준 세분화, 활주로 운영 의사지원 시스템 및 관측정보 등 활주로 운영 효율 개선을 위해 필요한 늘어나는 정보에 대한 관제사의 효율적 판단과 업무 지원을 위한 교육 프로그램 개발 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td colspan="2">산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TBS/RECAT 운영을 위한 교육 프로그램 개발
(TRL 단계
[시작] 2 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td colspan="2">교육 프로그램 및 교안</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">WAKE 교육을 위한 시뮬레이터</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="4">• Wake 운영 교육 커리큘럼 개발
• Wake 운영 교육 교재/교안 개발
• 교육용 시뮬레이터 설계 및 제작</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>'24</th><th>'25</th><th>'26</th><th>'27</th><th>'28</th></tr><tr><td>정부출연금</td><td>956 (79.7%)</td><td>180</td><td>180</td><td>170</td><td>216</td><td>210</td></tr><tr><td>기업부담금</td><td>243 (20.3%)</td><td>24</td><td>26</td><td>51</td><td>76</td><td>66</td></tr></table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">• WAKE 운영을 위한 교육 커리큘럼, 프로그램 및 교안
• WAKE 교육을 위한 시뮬레이터</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td colspan="3">• 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템 사용자 교육
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
</table>

구분	내용
활용방안 및 기대효과	• 신규 시스템 운영자 적응 Lead Time 최소화 • 분리기준 및 신규 시스템 운영에 따른 시행착오 요소 최소화 • 교육 프로그램을 통한 운영자 시스템/Process 친밀도 및 운영능력 향상 • 신규 시스템/Process로 인한 운영 지연 등 공항 이용객 불편 최소화 • 신규시스템 적용시 운영 연착륙 및 운영 효율성 저해요소 사전 제거 • 예측가능한 문제요소에 대한 사전 훈련으로 문제 대처능력 향상 등

1-5. 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결을 통한 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술의 안전성 및 신뢰성 확보를 위한 성능 평가를 위한 기반 체계 구축</td></tr>
<tr><td>정책·기술·시장동향 조사 및 분석</td><td colspan="3">• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중
• (ICAO) “후방난기류를 위한 비행거리”단축에 의한 활주로 활용도 향상(WAKE)을 위해, 기존 3단계 항공기 후류요란 분리기준에서 7단계로 세분화하여 공항 실증 및 기술적용 운영 확대
• (미국-NextGen)“항공안전・효율・환경 및 수용량 증대”를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영
• (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성
• (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진
• (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="3">• (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 기술개발 필요
• (국내 환경에 적합한 체계 개발 필요) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 기술 개발과 실증을 통한 사전 데이터 확보 및 체계 개발과 개발 기술의 적합성 평가를 위한 기술 개발 필요
• (개발 시스템의 안전성 확보) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사지원 시스템, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발 등이 필요하며, 개발 기술의 현장 적용을 위한 성능/신뢰성 및 안전성 평가 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="7">기술개발 최종목표 및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="6">활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템 성능시험 방안 및 절차서 개발
(TRL 단계 [시작] 0 단계 ~ [종료] 0 단계)</td><td>성능시험절차서</td><td>4</td></tr>
<tr><td>운영지원 정보 정확도 산출 기준(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>적정성 평가 검증 기술(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>효과성/효율성 산출 기준(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>성능시험장비 설계서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>성능시험 성적서 / 결과 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부 연구내용</td><td colspan="3">• 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
• 기본 측정 성능 시험 평가 기술 설계
• 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
• 기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발
• 기본 측정 성능 시험 평가 장치의 기본/상세 설계</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">• 신뢰성 평가 기술 알고리즘 설계/개발
• 신뢰성 평가 절차서(안) 개발
• 성능 시험 수행을 통한 장치 평가 기술의 타당성 검증 및 개발품 측정 성능 확인
• 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인
• 정보 정확도 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
• 표준 평가 모델 기반 정확도 평가 알고리즘 개발
• 평가 알고리즘 기반 정확도 평가 기준(안) 개발
• 적정성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
• 시뮬레이션을 통한 표준 평가 모델 평가
• 표준 평가 모델과 시뮬레이션 기반 적정성 평가 알고리즘 개발
• 평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발
• 적정성 표준 평가 모델과 연계한 효과성 및 효율성 검증 시나리오 설계
• 활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가
• 활주로 운영 지원의 효과성/효율성 산출 방안 개발</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="2"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>1,449 (100.0%)</td><td>162</td><td>192</td><td>306</td><td>432</td><td>357</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td>• WAKE 운영 및 의사결정 지원 시스템 성능시험 절차서
• 성능시험 장비 설계서
• 운영지원 정보 정확도 산출 기준(안)
• 효과성/효율성 산출 기준(안)
• 성능시험 성적서 / 결과 보고서</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td>• 운영 및 의사결정 지원 시스템 적정성 활용.
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="2">• 신규 운영시스템 적용 전 신뢰성 확보
• 실제 운영시 문제점 예상 및 대응책 마련을 통한 신속한 시스템 정착/안정화 기여
• 평가 모델 Data 축적 및 차후 Update 기초자료로 활용
• 활주로 운영 지원 정보의 신뢰성 확보
• 운영 시행착오 최소화를 통한 효율적인 활주로 운영지원 시스템 운영 효과
• 기타 신규시스템 평가 Process를 수립의 기초 Data 활용</td></tr>
</table>

1-6. 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축
• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 시스템의 시범 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>정책·기술·시장동향 조사 및 분석</td><td colspan="3">• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중
• (ICAO) “후방난기류를 위한 비행거리”단축에 의한 활주로 활용도 향상(WAKE)을 위해, 기존 3단계 항공기 후류요란 분리기준에서 7단계로 세분화하여 공항 실증 및 기술적용 운영 확대
• (미국–NextGen)“항공안전&・효율・환경 및 수용량 증대”를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영
• (유럽–SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성
• (일본–CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진
• (중국–CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="3">• (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 개발 기술의 실증을 통한 적합성 평가 필요
• (개발시스템의 적합성 평가를 위한 실증) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위해 개발된 기술의 사전 운영 데이터 확보와 성능평가 기술의 적합성 평가를 위한 실증 기술 개발 필요
• (개발 시스템의 안전성 확보) 활주로 운영 의사지원 시스템, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발 등 개발 기술의 현장 적용을 통한 성능/신뢰성 및 안전성 평가 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술개발 최종목표 및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="3">통합시스템 시험 및 실증
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>단위 시스템 연계 및 통합 시스템 프로토타입</td><td>5</td></tr>
<tr><td>시스템 통합 검증 보고서 또는 성적서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>현장 운영 검증 보고서 또는 성적서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부 연구내용</td><td colspan="3">• 데이터 연계 시스템 통합 및 구현
• 탐지시스템과 Wake 정보 데이터 표출 시스템 통합 구현
• 운영/의사결정 시스템 데이터 통합 구현
• 단위 시스템 성능 평가 및 검증
• 통합 시스템 성능 평가 및 검증
• 현장 검증 시나리오 설계
• 1차 비행장 적용 시스템 구현
• 2차 공항 ARTS 적용 실증</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="2">
<table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>1,920 (78.9%)</td><td>90</td><td>120</td><td>255</td><td>720</td><td>735</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>514 (21.1%)</td><td>24</td><td>26</td><td>64</td><td>202</td><td>198</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td>• WAKE 운영 및 의사결정 지원 시스템 프로토타입
• 시스템 통합 검증 보고서 또는 성적서
• 현장 운영 검증 보고서 또는 성적서</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td>• WAKE 운영지원 시스템 구현</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="2">• 실증기술 개발을 통한 시스템 적합성 기초 데이터 확보 및 적합성 기준 확립
• ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 개발 기술의 실증을 통한 적합성 및 운영 신뢰성 확보
• 실증기술 개발을 통한 활주로 운영 의사지원 시스템 현장 적용 성능/신뢰성 확보</td></tr>
</table>

2. 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발

구분	내용
목적	• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 전천후 난류 탐지 시스템 개발 • 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘 개발 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템 구축 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적 연결이 가능한 데이터 제공 인터페이스 구축으로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 요구되는 데이터 제공 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 필요한 활주로 운영 및 의사결정 지원시스템과 난류 정보 연계를 위한 난류 탐측 시스템의 구축과 실증 운영
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • (ICAO) 활주로 및 접근 항공로 상의 윈드시어 및 후류요란에 대한 정보를 항공기 안전 운항을 위해 조기 탐지하여 실시간으로 제공하도록 권고 • LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중 • (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영 • (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 • (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행 • 국내에서는 항공 난기류 측정 목적은 아니나 도플러 라이다 및 기상관측 레이더에 대한 연관기술 개발이 수행된 사례가 있어, 관련 기반 기술을 활용하여 항공난류 탐지관리 기술 국산화 개발이 가능할 것으로 판단
기술개발 필요성	• (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 항공 난류 탐지 기술개발 필요

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="4">내용</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">• (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 기술 개발과 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 실증 기술 개발 및 실증을 통한 사전 데이터 확보와 체계개발이 필요
• (전천후 관측 시스템 개발 필요) 스마트항공교통관제 기술에 필요한 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RECAT)에 중요한 요소인 윈드시어 탐지를 위해 기존에 설치된 레이더 및 저층윈드시어 경고장비(LLWAS:Low Level Windshear Alert System)뿐만 아니라 강수 나 구름이 없는 청천 날씨에도 윈드시어 탐측이 가능한 도플러 LiDAR(Light Detection and Ranging) 기술력 확보가 필수
• 펄스 도플러 레이더 기술이 적용되는 연직바람 관측장비의 기술 또한 항공교통관리에 필요한 항공기상장비이나 이 또한 국내 기술력 수준이 낮아 해외 업체 기술에 의존 심화
• (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요
• (국산화 개발 필요) 현재 공항이나 유관기관에 구축된 관측장비는 100% 해외 수입에 의존하고 있으며, 관측기기 고장 발생시 신속한 대응 및 조치가 곤란하여 항공교통관제의 안전우려와 심각한 외화 유출로 인한 국가적 경제손실을 초래</td></tr>
<tr><td rowspan="14">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td rowspan="14">활주로 수용량 10% 증가를 위한 전천후 Wake 탐지기술 개발 (반경 10km, 고도 2000ft, 해상도 100m 급 전천후 Wake 탐지 기술)

(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>산출물</td><td colspan="2">연차</td></tr>
<tr><td>Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>LiDAR 기반 Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>Radar 기반 Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>신호 데이터 처리 시스템</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td>관측 데이터 시각화 표출 시스템</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>전천후 Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>LIDAR·RADAR 데이터 통합 처리 시스템</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td>데이터 연계 시스템</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>Wake 표출 HMI 시스템</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>시스템규격서(안)</td><td colspan="2">2</td></tr>
<tr><td>성능시험절차서</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td>안전성평가문서</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>실증결과보고서</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>현장적용보고서</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="4">• 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발
• 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발
• 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발
• 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>'24</th><th>'25</th><th>'26</th><th>'27</th><th>'28</th></tr><tr><td>정부출연금</td><td>12,000 (74.1%)</td><td>2,000</td><td>3,200</td><td>3,500</td><td>2,000</td><td>1,300</td></tr><tr><td>기업부담금</td><td>4,200 (25.9%)</td><td>700</td><td>1,120</td><td>1,225</td><td>700</td><td>455</td></tr></table></td></tr>
</table>

구분	내용	
최종성과물 및 활용처	최종성과물	• 전천후 Wake 탐지기술/시스템
	목표 TRL	• TRL 7 : [시제품 신뢰성 평가] 실제 환경에서 시제품 데모
	성과활용처	• IIAC, KAC, 관제기관
활용방안 및 기대효과	• 실시간 WAKE 탐지 기술 개발(탐지거리 10km 이상, 고도 2,000ft 이상,최대 탐지 풍속 50m/s 이상, 해당도 100m 이하)로 실시간 전천후 3차원 공간 난류 관측용 시스템 분야 세계 선도기술 확보 • 활주로 주변에 설치된 RADAR/LIDAR 고정밀 전천후 난류 탐지 센서로 항공기 이·착륙에 따른 실시간 후류 탐지 기술 확보 • ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련 • 보다 정확한 기상정보를 적시에 제공함으로써 공역 이용의 탄력성을 향상시키며 효율적 운항을 기대 • 관측된 실시간 활주로 주변 난류 정보를 바탕으로 이·착륙 단계에서의 활주로 운영 정보를 제공하고, 효율적이고 안전한 활주로 운영 지원 • 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보 • Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 • UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영관련 기술 지원 • 비행계획의 항공기 운영 데이터와 난류 탐지 센서 수신 데이터 연계 처리를 통해 생성된 항공기 분리 기준 정보 (7x7 Matrix, 9x9 Matrix 등) 및 활주로 안전 정보를 담당 관제사에게 제공 • 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능 • 선진국의 체계적인 항공기상 예·특보 시스템에 대한 조사와 국내에서 운용되는 예·특보 현황의 비교 및 분석을 통해 선진국의 효율적인 부서 간 소통 및 항공기상 정보의 적극적인 활용	

2-1. 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발

구분	내용
목적	• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 탐지거리 10km 이상, 고도 2000ft 이상, 해상도 100m 이하급 전천후 난류 탐지 시스템 개발 • 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘 개발 • 적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템 구축
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중 • (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영 • (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 • (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행 • 국내에서는 항공 난기류 측정 목적은 아니나 도플러 라이다 및 기상관측 레이더에 대한 연관 기술 개발이 수행된 사례가 있어, 관련 기반 기술을 활용하여 항공난류 탐지관리 기술 국산화 개발이 가능할 것으로 판단
기술개발 필요성	• (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 항공 난류 탐지 기술개발 필요 • (전천후 관측 시스템 개발 필요) 스마트항공교통관제 기술에 필요한 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RECAT)에 중요한 요소인 윈드시어 탐지를 위해 기존에 설치된 레이더 및 저층 윈드시어 경고장비(LLWAS:Low Level Windshear Alert System)뿐만 아니라 강수 나 구름이 없는 청천 날씨에도 윈드시어 탐측이 가능한 도플러 LiDAR(Light Detection and Ranging)기술력 확보가 필수 • 펄스 도플러 레이더 기술이 적용되는 연직바람 관측장비의 기술 또한 항공교통관리에 필요한

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="4">내용</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">항공기상장비이나 이 또한 국내 기술력 수준이 낮아 해외 업체 기술에 의존 심화
• (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요
• (국산화 개발 필요) 현재 공항이나 유관기관에 구축된 관측장비는 100% 해외 수입에 의존하고 있으며, 관측기기 고장 발생시 신속한 대응 및 조치가 곤란하여 항공교통관제의 안전우려와 심각한 외화 유출로 인한 국가적 경제손실을 초래</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td colspan="2">연차</td></tr>
<tr><td rowspan="5">활주로 수용량 10% 증가를 위한 전천후 Wake 탐지기술 개발(반경 10km, 고도 2000ft, 해상도 100m 급 전천후 Wake 탐지 기술)
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>LiDAR 기반 Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>Radar 기반 Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>신호 데이터 처리 시스템</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td>관측 데이터 시각화 표출 시스템</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>전천후 Wake 탐지 시스템</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="4">• 전천후 풍향/풍속 레이저 광원 및 파장 안정화 기술 설계
• 송수신 광학계 설계, 도플러 신호 검출기 설계
• 위상배열안테나 설계, 고출력 RF 송수신부 설계
• 중간주파수 변환기 설계
• 관측 범위, 처리 시간 등을 고려한 구동부 사양 검토
• 선정 사양에 따른 구동 방식 결정 및 구동부 설계
• 디지털 신호 파형 발생기 설계
• 노이즈 저감 및 에너지 효율화를 위한 공통 시스템 전원 공급 장치 설계
• 전원 분배 시스템 설계, 시스템별 전원 공급 장치 설계
• 관측 장비 S/W 기본 설계
• 시스템별 3차원 바람장 데이터(신호) 처리 기술 개발
• 시스템별 생성 데이터 통합 처리를 위한 데이터 프로토콜 설계
• 관측 데이터 시각화 표출 S/W 설계, LiDAR 및 RDAR 센서 모듈 제작
• 센서 구동부 및 전원부 제작, 탐지 시스템 통합 시제품 제작
• 탐지 시스템 데이터 처리 S/W 구현</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="4"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>4,845 (72.8%)</td><td>1,000</td><td>1,600</td><td>1,750</td><td>300</td><td>195</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>1,811 (27.2%)</td><td>385</td><td>616</td><td>625</td><td>140</td><td>46</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">• 전천후 Wake 탐지 시스템</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td colspan="3">• IIAC, KAC, 관제기관 / 항공기상청 데이터 연계</td></tr>
</table>

구분	내용
활용방안 및 기대효과	• 실시간 WAKE 탐지 기술 개발 : 탐지거리 10km 이상, 고도 2,000ft 이상,최대 탐지 풍속 50m/s 이상, 해당도 100m 이하 • ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련 • 실시간 3차원 공간 난류 관측 분야 선도 기반 기술의 확보

2-2. 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘 개발
• 적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템 구축
• 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적 연결이 가능한 데이터 제공 인터페이스 구축으로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 요구되는 데이터 제공</td></tr>
<tr><td>정책·기술·
시장동향 조사
및 분석</td><td colspan="3">• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중
• LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산
• (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용
• (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중
• (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영
• (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집
• (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안
• (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="3">• (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 기술 개발과 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 실증 기술 개발 및 실증을 통한 사전 데이터 확보와 체계개발이 필요
• (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="3">처리시간 15초 이내, 이종 데이터 통합 처리 및 데이터 표출 시스템
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>LIDAR·RADAR 데이터 통합 처리 시스템</td><td>3</td></tr>
<tr><td>데이터 연계 시스템</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Wake 표출 HMI 시스템</td><td>5</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="2">• 산출정보 통합 S/W 기본 설계
• 시스템별 생성 데이터 통합 처리를 위한 알고리즘 설계
• 관측 장비 S/W 체계 통합
• 데이터 연계 시스템 프로토콜 및 API 분석
• 데이터 활용 시스템과 연계를 위한 데이터 프로토콜 설계
• 통합 연계 운영을 위한 시뮬레이션 시스템 설계 및 제작
• 관측 데이터 통합 시각화 표출 S/W 설계
• HMI 시스템 내 표출을 위한 UI 설계
• 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="2"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>2,660 (70.9%)</td><td>500</td><td>800</td><td>700</td><td>400</td><td>260</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>1,092 (29.1%)</td><td>210</td><td>336</td><td>294</td><td>161</td><td>91</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td>• 이종 데이터 통합 처리 시스템
• HMI 데이터 표출 시스템</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td>• IIAC
• KAC
• 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="2">• 실시간 WAKE 탐지 데이터 처리 기반 기술 확보
• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 공항분야 빅데이터 플랫폼을 통하여 공공/민간 데이터의 효율적인 활용 가능</td></tr>
</table>

2-3. 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발

구분	내용
목적	• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 적합성평가를 위한 전천후 난류 탐지 시스템 성능평가 기술 개발 • 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘의 적합성 검증을 위한 시험평가 기술 개발 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템의 적합성 검증을 위한 시험평가 기술 개발 • 실증을 통한 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적 연결이 가능한 데이터 제공 인터페이스의 검증과 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 제공되는 데이터 적합성 검증을 위한 시험평가 기술 개발
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지 도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중 • (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영 • (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 • (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행
기술개발 필요성	• (탐측 데이터 안전성 확보) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 데이터의 적합성 평가 기술 개발은 미미한 상황으로, 관측 및 생성 데이터의 적합성 검증을 위한 시험 평가 체계 개발 필요 • (난류 탐지 시스템 시험평가 체계 필요) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 시험평가 기술 개발과 실증을 위한 시나리오 개발 등 실증을 통한 사전 데이터 확보와 분석을 위한 평가 체계개발이 필요 • (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="4">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종 목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="3">전천후 Wake 탐지 시스템의 성능 평가 기준 확립
(TRL 단계
[시작] 0 단계 ~
[종료] 0 단계)</td><td>시스템규격서(안)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>성능시험절차서</td><td>4</td></tr>
<tr><td>성능 및 안전성평가보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="3">• 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
• 기본 측정 성능 시험 평가 기술 설계
• 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
• 기본 측정 성능 시험 평가 장치의 기본/상세 설계
• 신뢰성 평가 기준 설계
• 신뢰성 평가 절차서(안) 개발
• 기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발
• 탐지 시스템 기본 성능 시험 실시
• 신뢰성 시험 평가 결과 분석 기술 개발
• 탐지 시스템 기본 신뢰성 시험 실시
• 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="3"><table><tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>'24</th><th>'25</th><th>'26</th><th>'27</th><th>'28</th></tr><tr><td>정부출연금</td><td>2,130 (85.4%)</td><td>300</td><td>480</td><td>525</td><td>500</td><td>325</td></tr><tr><td>기업부담금</td><td>364 (14.6%)</td><td>35</td><td>56</td><td>123</td><td>105</td><td>46</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td colspan="3">최종성과물
• 시스템규격서
• 성능시험절차서
• 성능 및 안전성평가보고서
성과활용처
• 장비 개발 업체
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="3">• 실시간 WAKE 탐지 기술 개발(탐지거리 10km 이상, 고도 2,000ft 이상,최대 탐지 풍속 50m/s 이상, 해당도 100m 이하) 시스템의 성능 평가 기법 확립에 따른 연관 시스템의 개발 활성화 기대
• ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능
• 실시간 3차원 공간 난류 관측 분야 선도 기반 기술의 확보</td></tr>
</table>

2-4. 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발

구분	내용
목적	• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 필요한 활주로 운영 및 의사결정 지원시스템과 난류 정보 연계를 위한 난류 탐측 시스템의 구축과 실증 운영 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 전천후 난류 탐지시스템의 실증 • 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합처리 알고리즘의 적합성 검증 및 실증 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템의 실증 • 실증을 통한 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적 연결이 가능한 데이터 제공 인터페이스의 검증과 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 제공되는 데이터의 적합성 검증
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중 • (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영 • (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 • (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행
기술개발 필요성	• (탐측 데이터 안전성 확보) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 데이터의 적합성 평가 기술 개발은 미미한 상황으로, 관측 및 생성 데이터의 적합성 검증을 위한 시험 평가 체계 개발 필요 • (난류 탐지 시스템 실증 체계 필요) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위해 개발된 시험평가 기술의 실증을 통한 평가 체계개발의 적합성 검증 필요 • (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="4">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종 목표</td><td colspan="2">산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="2">전천후 Wake 탐지
시스템의 실증
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td colspan="2">실증결과보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="2">현장적용보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="4">• 탐지 장비 최적 위치 선정을 위한 공항 환경 분석
• 탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 장비 최적 위치 선정(안) 도출
• 공항 내 탐지 장비 네트워크 구축 설계(안) 도출
• 탐지 장비 검증을 위한 공항 환경 분석
• 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계
• 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발
• 시스템 구성품 및 체계 실증
• 공항 내 탐지 장비 네트워크 구축
• 검증 시나리오에 따른 운영 데이터 분석
• 공항 적용 실증</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="4"><table><tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr><tr><td>정부출연금</td><td>2,365 (71.7%)</td><td>200</td><td>320</td><td>525</td><td>800</td><td>520</td></tr><tr><td>기업부담금</td><td>933 (28.3%)</td><td>70</td><td>112</td><td>184</td><td>294</td><td>273</td></tr></table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">• 실증결과보고서
• 현장적용보고서</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td colspan="3">• IIAC
• KAC
• 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="4">• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보
• Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술
• UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영관련 기술 지원
• 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능
• 실시간 3차원 공간 난류 관측 분야 선도 기반 기술의 확보
• 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능
• 선진국의 체계적인 항공기상 예·특보 시스템에 대한 조사와 국내에서 운용되는 예·특보 현황의 비교 및 분석을 통해 선진국의 효율적인 부서 간 소통 및 항공기상 정보의 적극적인 활용</td></tr>
</table>

3. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

구분	내용
목적	• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 시스템 검증 체계 구축 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템의 효율성 평가를 위한 검증 체계 구축 • 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• (정책) 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선 • (미국-NextGen)“항공안전・효율・환경 및 수용량 증대”를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영 • (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성 • (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진 • (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시 • (시장) 세계 항공교통관리 시장은 ’18년 기준 80억 달러 규모이며 연평균 3%로 성장하여 ’25년에는 100억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망 (’19년, Global Market Insights) 되며, 항행장비인 레이더 시스템 시장은 2016년 202억 9,000만 달러에서 연평균 성장률 5.39%로 증가하여, 2021년에는 263억 7,000만 달러에 이를 것으로 전망 (’16년, Radar Systems Market) • (기술) LIDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 미국 Lockheed Martin, 일본 Mitsubishi 등의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드마틴은 저고도 급변풍(윈드시어) 탐지용 도플러 LIDAR를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (영국) 히드로 공항 내 LIDAR 기반 록히드마틴의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 항공기 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LIDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 및 채택

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="3">• 항공수요 증가에 따른 인한 저비용의 효과적 대응 방안 필요
• 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표
• ICAO GANP 2019에서 활주로 항공난류 관련기술은 2025년부터 구현·적용하는 것으로 계획하고 있어, 이에 부합한 기술 개발이 필요하며, 실증을 통해 국내에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계 개발이 필요
• ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요
• '25년 ASBU WAKE Block 2, 35년 Wake Block 4 이행을 위한 난류 탐지, 활주로 운영 의사지원 및 분리 최적화 기술 운용에 대한 관련 운영 데이터의 확보가 필수적이며, 이에 활주로 운영 의사지원 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발이 필요한 상황
• 2021년 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행으로, 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준 충족 필요
• 美 MEM공항 연간 417만 갤런 연료절감, 39,992 ton CO2 감축 자동차 8,421대 또는 3,650가구 에너지 사용량</td></tr>
<tr><td rowspan="16">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="15">WAKE 시스템 검증 및 운영 기반 개발
(TRL 단계
[시작] 0 단계 ~
[종료] 0 단계)</td><td>시설 분류 및 해외 사례 검토 보고서</td><td>2</td></tr>
<tr><td>항행안전시설 적용(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>공항 환경 분석 보고서</td><td>3</td></tr>
<tr><td>탐지 시스템 운영(안) 보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>RECAT 운영 매뉴얼(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>TBS 운영 매뉴얼(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>탐지 시스템/ 의사결정 지원 운영 정책 요구(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>TBS운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>운영 요구 성능(안)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>신뢰성 시험 평가 절차서(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>실증결과보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>현장적용보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ICAO 의제(안)</td><td>3, 4, 5</td></tr>
<tr><td>개발 시스템 실용화 전략</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="3">• 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원
• 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발
• 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">• 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발
• ICAO 등 국제 기술협력 지원</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="2"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>5,700 (100.0%)</td><td>600</td><td>700</td><td>1,000</td><td>1,600</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="3">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td>• 운영 요구 성능(안)
• 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안)
• 신뢰성 시험 평가 절차서(안)
• 실증결과보고서
• 현장적용보고서
• ICAO 의제 대응 의제(IP등)
• 개발 시스템 실용화 전략</td></tr>
<tr><td>목표 TRL</td><td>• TRL 7 : [시제품 신뢰성 평가] 실제 환경에서 시제품 데모</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td>• 국토부 등 관계 부처
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="2">• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 확보
• 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능</td></tr>
</table>

3-1. 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원

구분	내용		
목적	• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요 • 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출		
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• (정책) 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선 • (미국-NextGen)"항공안전& · 효율 · 환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영 • (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성 • (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진 • (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시		
기술개발 필요성	• 항공수요 증가에 따른 인한 저비용의 효과적 대응 방안 필요 • 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표 • ICAO GANP 2019에서 활주로 항공난류 관련기술은 2025년부터 구현·적용하는 것으로 계획하고 있어, 이에 부합한 기술 개발이 필요하며, 실증을 통해 국내에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계 개발이 필요 • ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요		
기술개발 최종목표 및 산출물	최종목표	산출물	연차
	지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 (TRL 단계 [시작] 0 단계 ~ [종료] 0 단계)	시설 분류 및 해외 사례 검토 보고서	2
		항행안전시설 적용(안)	4
		공항 환경 분석 보고서	3
		탐지 시스템 운영(안) 보고서	5
		RECAT 운영 매뉴얼(안)	5
		TBS 운영 매뉴얼(안)	5
		탐지 시스템/ 의사결정 지원 운영 정책 요구(안)	5

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>TBS운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부 연구내용</td><td colspan="3">• 국내 항행안전시설 분류 기준 검토 및 해외 사례 조사
• 항행안전시설 적용(안) 도출
• 탐지 시스템 운영을 위한 공항 환경 분석
• 탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 시스템 운영(안) 도출
• 공항별 RECAT 적용 사전 결과(안) 도출
• Wake/RECAT 운영 매뉴얼(안) 도출
• 공항별 TBS 적용 사전 결과(안) 도출
• Wake/TBS 운영 매뉴얼(안) 도출
• Wake 탐지 시스템 운영 / 의사결정 지원 정책 요구(안) 도출
• RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출
• TBS 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출</td></tr>
<tr><td>소요기간 및 예산</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>1,568 (100.0%)</td><td>165</td><td>193</td><td>275</td><td>440</td><td>495</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물 및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="2">• 항행안전시설 적용(안)
• Wake/RECAT 운영 매뉴얼(안)
• Wake/TBS 운영 매뉴얼(안)
• 탐지 시스템/ 의사결정 지원 운영 정책 요구(안)
• RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)
• TBS운영을 위한 기술/정책 요구사항(안)</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td colspan="2">• 국토부 등 관계 부처
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안 및 기대효과</td><td colspan="3">• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련</td></tr>
</table>

3-2. 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발

구분	내용
목적	• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 시스템 검증 체계 구축 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원시스템의 효율성 평가를 위한 검증 체계 구축
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• (정책) 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선 • (미국-NextGen)"항공안전・효율・환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영 • (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성 • (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진 • (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시 • (시장) 세계 항공교통관리 시장은 '18년 기준 80억 달러 규모이며 연평균 3%로 성장하여 '25년에는 100억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망 ('19년, Global Market Insights) 되며, 항행장비인 레이더 시스템 시장은 2016년 202억 9,000만 달러에서 연평균 성장률 5.39%로 증가하여, 2021년에는 263억 7,000만 달러에 이를 것으로 전망 ('16년, Radar Systems Market) • (기술) LIDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 미국 Lockheed Martin, 일본 Mitsubishi 등의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드마틴은 저고도 급변풍(윈드시어) 탐지용 도플러 LIDAR를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (영국) 히드로 공항 내 LIDAR 기반 록히드마틴의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 항공기 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LIDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 및 채택

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="3">• (탐측 데이터 안전성 확보) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 데이터의 적합성 평가 기술 개발은 미미한 상황으로, 관측 및 생성 데이터의 적합성 검증을 위한 시험 평가 체계 개발 필요
• (난류 탐지 시스템 시험평가 체계 필요) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 시험평가 기술 개발과 실증을 위한 시나리오 개발 등 실증을 통한 사전 데이터 확보와 분석을 위한 평가 체계개발이 필요
• (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종 목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="3">전천후 Wake 탐지 시스템의 성능 평가 기준 확립
(TRL 단계
[시작] 0 단계 ~
[종료] 0 단계)</td><td>운영 요구 성능(안)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>신뢰성 시험 평가 절차서(안)</td><td>4</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="3">• 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능 개발을 위한 공항 환경 분석
• 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능(안) 개발
• 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
• 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
• 신뢰성 시험 평가 절차서(안) 개발
• 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인
• 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
• 신뢰성 평가 기술 알고리즘 설계/개발
• 데이터 연계 검증 기술 개발
• Development Test 수행 방안/절차 개발
• Operation Test 수행 방안/절차 개발
• SW 개발 검증 절차 개발
• 장비/시스템(모듈, 서브시스템, 시스템 포함) 안전성 평가 절차 개발
• 시스템 성능 평가 절차 개발
• 1차 현장 검증(안) 개발 (탐지 시스템 기능, 데이터 연계성 확인 등)
• 2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)
• 개발시험/운용시험 수행 방안 개발</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="3"><table><tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr><tr><td>정부출연금</td><td>855 (100.0%)</td><td>90</td><td>105</td><td>150</td><td>240</td><td>270</td></tr><tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="2">• 운영 요구 성능(안)
• 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안)
• 신뢰성 시험 평가 절차서(안)</td></tr>
</table>

구분	내용	
	성과활용처	• 국토부 등 관계 부처 • 장비 개발 업체 • IIAC, KAC, 관제기관
활용방안 및 기대효과	• ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련 • 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보 • Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 • UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영관련 기술 지원 • 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능 • 실시간 3차원 공간 난류 관측 분야 선도 기반 기술의 확보 • 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능 • 선진국의 체계적인 항공기상 예·특보 시스템에 대한 조사와 국내에서 운용되는 예·특보 현황의 비교 및 분석을 통해 선진국의 효율적인 부서 간 소통 및 항공기상 정보의 적극적인 활용	

3-3. 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요
• 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 시스템 검증 체계 구축
• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템의 효율성 평가를 위한 검증 체계 구축</td></tr>
<tr><td>정책·기술·시장동향 조사 및 분석</td><td colspan="3">• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중
• LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산
• (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지 도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용
• (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중
• (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영
• (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집
• (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안
• (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="3">• (탐측 데이터 안전성 확보) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 데이터의 적합성 평가 기술 개발은 미미한 상황으로, 관측 및 생성 데이터의 적합성 검증을 위한 시험 평가 체계 개발 필요
• (난류 탐지 시스템 시험평가 체계 필요) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 시험평가 기술 개발과 실증을 위한 시나리오 개발 등 실증을 통한 사전 데이터 확보와 분석을 위한 평가 체계개발이 필요
• (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술개발 최종목표 및 산출물</td><td>최종 목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="3">전천후 Wake 탐지 시스템의 성능 검증 기준 확립
(TRL 단계
[시작] 0 단계 ~
[종료] 0 단계)</td><td>시스템규격서(안)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>성능시험절차서</td><td>4</td></tr>
<tr><td>성능 및 안전성평가보고서</td><td>5</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td>
• 정보 정확도/적정성/효과성 및 효율성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
• 평가 알고리즘 기반 정확도 평가 기준(안) 개발
• 평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발
• 평가 알고리즘 기반 효과성 및 효율성 평가 기준(안) 개발
• 활주로 운영 지원 정보정확도/적정성/효과성 및 효율성 평가
• 활주로 운영 지원의 효과성/효율성 산출 방안 개발
• 데이터 연계성 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발
• 2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)
• 신뢰성/안전성 평가 기준 설계
• 신뢰성/안전성 평가 절차서(안) 개발
• 신뢰성 시험 평가 결과 분석 기술 개발
• 탐지 시스템 신뢰성 시험 실시
• 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인
• 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
• 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
• 기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발
• 탐지 시스템 기본 성능 시험 실시
• 탐지시스템 기능 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발
• 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
• 적정성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
• 시뮬레이션을 통한 표준 평가 모델 평가
• 표준 평가 모델과 시뮬레이션 기반 적정성 평가 알고리즘 개발
• 평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발
• 데이터 연계성, 적정성 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발
• 2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)
</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>998 (100.0%)</td><td>105</td><td>123</td><td>175</td><td>280</td><td>315</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td>
최종성과물
• 시스템규격서
• 성능시험절차서
• 성능 및 안전성평가보고서
성과활용처
• 장비 개발 업체
• IIAC, KAC, 관제기관
</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td>
• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보
</td></tr>
</table>

구분	내용
	• Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 • UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영 관련기술 지원 • 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능 • 실시간 3차원 공간 난류 관측 분야 선도 기반 기술의 확보 • 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능 • 선진국의 체계적인 항공기상 예·특보 시스템에 대한 조사와 국내에서 운용되는 예·특보 현황의 비교 및 분석을 통해 선진국의 효율적인 부서 간 소통 및 항공기상 정보의 적극적인 활용

3-4. 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발

구분	내용
목적	• 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 필요한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템과 난류 정보 연계를 위한 난류 탐측 시스템의 구축과 실증 운영 • 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 전천후 난류 탐지 시스템의 실증 • 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘의 적합성 검증 및 실증 • 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템의 실증 • 실증을 통한 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적 연결이 가능한 데이터 제공 인터페이스의 검증과 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 제공되는 데이터의 적합성 검증
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산 • (미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지 도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용 • (유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중 • (유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영 • (영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집 • (일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안 • (중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행
기술개발 필요성	• (탐측 데이터 안전성 확보) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 데이터의 적합성 평가 기술 개발은 미미한 상황으로, 관측 및 생성 데이터의 적합성 검증을 위한 시험 평가 체계 개발 필요 • (난류 탐지 시스템 실증 체계 필요) 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위해 개발된 시험 평가 기술의 실증을 통한 평가 체계개발의 적합성 검증 필요 • (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">기술개발
최종목표
및 산출물</td><td>최종 목표</td><td>산출물</td><td>연차</td></tr>
<tr><td rowspan="2">전천후 Wake 탐지 시스템의 실증
(TRL 단계
[시작] 4 단계 ~
[종료] 7 단계)</td><td>실증결과보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>현장적용보고서</td><td>5</td></tr>
<tr><td>세부
연구내용</td><td colspan="3">• 실증 연구를 위한 임시허가 관련 조사
• 임시허가를 위한 시험 및 검사
• 실증 연구용 임시허가 인증
• 설치 운영에 필요한 법제도 정비방안 조사
• 관측 시스템 사용 허가(안) 연구
• 실증연구를 위한 지원 정책 요구(안) 도출
• 실증 운영을 위한 공항 환경 분석
• 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계
• 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발
• 관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축
• 실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영</td></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>1,425 (100.0%)</td><td>150</td><td>175</td><td>250</td><td>400</td><td>450</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>최종성과물
및 활용처</td><td colspan="3">최종성과물
• 실증결과보고서
• 현장적용보고서
성과활용처
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및 기대효과</td><td colspan="3">• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
• 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보
• Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술
• UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영관련 기술 지원
• 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능
• 실시간 3차원 공간 난류 관측 분야 선도 기반 기술의 확보
• 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능
• 선진국의 체계적인 항공기상 예·특보 시스템에 대한 조사와 국내에서 운용되는 예·특보 현황의 비교 및 분석을 통해 선진국의 효율적인 부서 간 소통 및 항공기상 정보의 적극적인 활용</td></tr>
</table>

3-5. ICAO 등 국제 기술협력 지원

구분	내용		
목적	• 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요 • 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출 • ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련		
정책·기술·시장동향 조사 및 분석	• (정책) 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중 • (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선 • (미국-NextGen)"항공안전・효율・환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영 • (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성 • (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진 • (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시		
기술개발 필요성	• 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표 • ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요 • '25년 ASBU WAKE Block 2, 35년 Wake Block 4 이행을 위한 난류 탐지, 활주로 운영 의사지원 및 분리 최적화 기술 운용에 대한 관련 운영 데이터의 확보가 필수적이며, 이에 활주로 운영 의사지원 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발이 필요한 상황		
기술개발 최종목표 및 산출물	최종목표	산출물	연차
	국제 기준 대응 및 실용화 전략 수립 (TRL 단계 [시작] 0 단계 ~ [종료] 0 단계)	ICAO 의제(안)	3, 4, 5
		개발 시스템 실용화 전략	5
세부 연구내용	• WAKE 관련 ICAO 의제 대응 • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발		

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>소요기간
및 예산</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>구 분</th><th>총연구비</th><th>’24</th><th>’25</th><th>’26</th><th>’27</th><th>’28</th></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>855 (100.0%)</td><td>90</td><td>105</td><td>150</td><td>240</td><td>270</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>0 (0.0%)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">최종성과물
및 활용처</td><td>최종성과물</td><td colspan="2">• ICAO 의제 대응 의제(IP등)
• 개발 시스템 실용화 전략</td></tr>
<tr><td>성과활용처</td><td colspan="2">• 국토부 등 관계 부처
• 장비 개발 업체
• IIAC, KAC, 관제기관</td></tr>
<tr><td>활용방안
및
기대효과</td><td colspan="3">• ICAO ASBU, 항공정책기본계획(‘19.12.) 및 제2차 국가항행계획(’21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련</td></tr>
</table>

제5절. 과제 중복성 검토

1. 연구개발 과제의 선정

가. 유사사업 현황 및 중복성 검토

- NTIS 검색결과 항공사업 중 항공기상, 라이다&레이다 관제기술 등 키워드를 포함한 유사사업은 조사되지 않음
  - 조사결과 등록과제 1건은 본 용역과제임
- NTIS유사과제 검색결과 : 없음

<표 39> NTIS 유사과제 검색결과

검색조건	검색일시	2021/11/16 11:39:07
	검색년도	2002년 ~ 2021년
	기준유사도	60 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제수	0 건

세부 검색 결과				
순번	과제명	연구책임자	유사과제 검색결과	
			기수행과제	공공R&D과제
1	후방난기류	홍길동	0	0

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

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

<표 40> 사업중복성 검토

사업명	소관부처/관리기관	예산(백만원)	사업내용	차별성	연계성(상/중/하)
항공기 출발 및 도착 통합관리 기술 연구(201410-2020.08)	국토부	15,780	출발 스케줄링을 위한 공역 교통 모니터링 및 예측 기술 연구 출발 스케줄링을 위한 가변 지상이동 시간 예측 적용 연구 출발 스케줄링 핵심 기술 연구 출도착 통합 관리를 위한 도착관리 시스템 기능 확장 외부 시스템 연동 프로그램, 사용자 프로그램, 시스템 제어/모니터링 프로그램 개발 시험 평가 기술 연구	출도착 통합관리를 위한 도착관리 시스템 개발로 후방난류 탐지 기술을 적용하지 않은 기술로 본 사업과 연계성 높음	상

사업명	소관부처/관리기관	예산(백만원)	사업내용	차별성	연계성(상/중/하)
항공교통데이터 시스템 구축(2019.1~2021.6)	국토부	407	데이터기반의 항공교통관리 체계 구축방안 연구용역 – 수용량의 개념 정의 – 국내·외 연구 및 활용사례 검토 – 관제시설별 수용량 산정방법 정립 – 관제시설별 수용량 산정방법론 적용 예시 – 행정규칙(훈령) 개선안 제시 항공교통데이터 시스템 구축을 위한 기본설계 데이터기반 ATM 체계 구축을 위한 항공교통 데이터 통합 처리 시스템 요건 정의 및 기본 설계 및 차년도 용역 수주를 통해 시스템 상세설계 및 개발 추진 제6판 글로벌항행계획을 반영한 국가항행계획(NARAE) 수정·이행계획 수립	실 질 적 인 Wake 탐지기술과 관제연계 기술이 적용된 사업은 아님. Wake 분리기술 및 분리기술과 연계성이 높음	상
데이터 기반 항공교통관리기술개발(R&D)(202104-202512)	국토부	2,049	정량적이고 예측적인 예방형 항공안전관리를 위한 항공안전 빅데이터 분석 기술 및 플랫폼 개발 1단계 : 접근 및 활용 가능한 데이터 수집을 통한 대표적 국가 항공안전장애 시범분석 2단계 : 항공사, 공항공사 등 관공사의 복합 데이터 수집 및 활용을 통한 우리나라 항공시스템의 예측적 안전관리 연구성과 도출	항공 빅데이터를 활용한 항송시스템 예측관리 기술로 본 과제와 연계 가능	상
AI를 이용한 UAM용 비행 위험 예보 및 최적 이착륙 계획(202103-202502)	한국연구재단	223	인공지능 기술을 이용한 UAM용 비행 위험지표와 예보시스템 구축 및 이를 이용한 이착륙 경로 최적화 알고리즘 개발 1. UAM용 기체의 사이즈에 적합한 비행 위험 지표 개발 2. 도심의 복잡한 빌딩풍의 영향을 고려할 수 있는 비행 위험 지역 예보시스템 개발 3. 위험 지표와 예보시스템에 기반한 이착륙 경로 최적화 알고리즘 개발	UAM용 예보시스템 개발로 본과제와 상이함	하
전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)의 검증 및 확률예보시스템(P-G-KTG) 개발(201804-202012)	기상청	450	본 연구의 최종 목표는 기상청 최신 현업 전지구 수치예보모델(UM-17km, Kim-10km)을 이용하여 전지구 한국형 항공난류 예측시스템(G-KTG)을 개발, 검증하고, 전지구 앙상블예측모델(UM-32km, Kim-25km)을 이용하여 항공난류 확률예보시스템(P-G-KTG)을 개발함으로써, 궁극적으로 안전하고 경제적인 항행 정보를 제공함	항공난류 주제는 동일하나 2015년 과제의 연속성으로 보이며 기상청 예보시스템 개발 과제임	하
PAV 등 미래항공서비스의 운항 안전을 위한 기상정보 서비스 모델 연구(201704-201812)	국토교통부	490	최종목표 :PAV 등 미래형 항공서비스의 운항 안전을 위한 기상정보 서비스 모델 개발 세부목표 : 수치예보 모델, 항공기상정보, 영상정보 등을 활용하여 기존 항공기상서비스와 차별되는 새로운 형태의 기상서비스 플랫폼을 정의하고, 서비스를 위한 시제품 개발 및 개발 시험을 수행하여 TRL4 수준의 기술을 확보 – PAV 등 미래형 항공서비스의 안전한 운항을 지원	PAV 등 미래 항공서비스 운항에 필요한 기상정보서비스 제공과제로 기상정보 서비스 기술은 유사함	중

사업명	소관부처/관리기관	예산(백만원)	사업내용	차별성	연계성(상/중/하)
기상청 전지구예측모델을 이용한 전지구 항공난류 예측시스템 개발(201505-201804)	기상청	570	기상청 현업 통합모델 (UM)을 기반으로 한 고해상도 전지구 예보모델 (GDAPS) 자료와 항공난류 관측자료를 이용하여 전지구 항공난류 예측시스템(G-KTG)을 개발하고, 다양한 통계적 검증으로 시스템을 개선함으로써 궁극적으로 안전하고 경제적인 항행을 위한 항공기상 정보를 제공	항공난류 주제는 동일하나 2012년 과제의 연속성으로 보이며 기상청 예보시스템 개발 과제임	하
한국형 항공 난류 및 착빙 예측 시스템 개발(201203-201502)	기상청	450	구축된 계절-KTG 시스템의 최적화 및 고해상도 한반도-KTG 시스템 구축 1.5 km 수평 해상도의 현업지역모델을 이용한 고해상도 한반도-KTG 시스템 구축 2013년도에 개발된 계절-KTG 시스템의 검증 및 최적화	항공난류 주제는 동일하나 기상청 예보시스템 개발 과제임	중
항행 위험기상 감시망 및 예보생산 체계 구축(201203-201502)	기상청	556	연구개발 목표는 양방향 항행기상 예보서비스 개선 및 특화 연구개발 주요내용은 융합형 항행기상 예보콘텐트 개발 및 예보 브리핑 서비스 개발 주요 연구범위는 1~2차년도 개발내용 고도화 개선을 통한 예보 콘텐트 및 서비스 개발	항행 위험기상 예보시스템 개발	중
3D DLES 난류연소 모델을 이용한 다수 스월인젝터 연소기의 난류연소 해석 및 연소불안정 진단기법 연구(201009-201308)	교육과학기술부	171	스월 인젝터 특성 및 인젝터 간 상호 간섭 특성을 잘 파악하여야 각종 요구 조건을 충족하는 연소기 설계 및 엔진의 출력/효율을 향상시킬 수 있으므로 다음의 목표를 설정한다. 단일 스월 연소기 해석을 기초로 한 다수 스월 연소기의 난류 유동/연소 특성 해석 스월 인젝터간 상호간섭 영향 분석 및 운전조건에 따른 연소기 동특성 해석 연소기 불안정 진단 기술 도출	연소기 개발과제로본 과제와 관련성 없음	하
6DOF 해석기술(200909-201602)	교육과학기술부	243	6DOF 연구 및 유동해석 프로그램 개발 - 복잡한 회전 동력체 및 선체의 해석을 위한 정교한 형상 모델링과 비정렬 격자 기반의 기법 적용 - 상대운동을 가지는 복잡한 유동해석을 위한 6DOF 운동 해석기술 연구 - 복잡한 형상 주변 유동장 모사를 위한 비정렬 격자계 유동해석 기법 개발/구축/정립 - 다양한 Reynolds수의 층·난류 점성 유동장 해석	유동해석 프로그램 개발로본 과제와 연관성 낮음	하
비선형 천이 현상의 수치적 연구(201005-201304)	교육과학기술부	162.399	경계층(boundary layer) 천이(transition)는 공기역학(aerodynamics) 분야의 중요한 연구주제이다. 항력 감소, 고속유동에서의 열전달 현상 등의 연구를 위해서 필수적인 주제이지만, 아직 미해결 된 문제가 많다. 해석과 예측의 어려움에도 불구하고 공기역학적 설계 및 성능 향상을 위해서는 천이 현상에 대한 이해와 예측능력이 필수적이다.	난류 예측시스템 개발로 본 과제와 상이함	하
현업 UM을 이용한 한국형 중,상층 난류예측시스템 개발(201103-201202)	기상청	80	최적화된 한국형 중 상층 난류예측시스템을 개발하기 위해, 미국해양대기관리국(NOAA)에서 현업으로 사용되고 있는 통합난류예측시스템 (GTG)의 방법론을 기상청 현업 UM에 적용한다. 또한, 최상의 예측성을 가지도록 시스템의 구성요소들을 구축하기 위해 다양한 민감도 실험 및 통계적 검증을 병행한다.	난류 예측시스템 개발로 본 과제와 상이함	하

나. 국토교통과학기술진흥원 소관사업 등과의 중복성 검토

● 국토부 소관 Wake 관제기술과 관련된 유사과제는 2건으로 조사되었으면, 유사성은 낮으며 연구성과물의 관제시스템은 본 사업과 연계성이 높음

<표 41> 국토교통과학기술진흥원 소관사업 중복성 검토

①과제명	항공기 출발 및 도착 통합관리 기술 연구 (2014.10~2020.08)
연구목적 및 내용	• 출발 스케줄링을 위한 공역 교통 모니터링 및 예측 기술 연구 • 출발 스케줄링을 위한 가변 지상이동 시간 예측 적용 연구 • 출발 스케줄링 핵심 기술 연구 • 출도착 통합 관리를 위한 도착관리 시스템 기능 확장 • 외부 시스템 연동 프로그램, 사용자 프로그램, 시스템 제어/모니터링 프로그램 개발 • 시험 평가 기술 연구
연구성과	출도착 통합관리시스템, 통합관리 검증용 시뮬레이션 도구
연계방향	본 과제에서 개발된 스케쥴링 기술, 협력적 의사결정 지원도구 및 시뮬레이션 도구 관련 요소 기술을 활용한 A-CDM 연계 적용
②과제명	항공교통데이터 시스템 구축 (2019.01~2021.06)
연구목적 및 내용	• 데이터기반의 항공교통관리 체계 구축방안 연구용역 – 수용량의 개념 정의 – 국내·외 연구 및 활용사례 검토 – 관제시설별 수용량 산정방법 정립 – 관제시설별 수용량 산정방법론 적용 예시 – 행정규칙(훈령) 개선안 제시 • 항공교통데이터 시스템 구축을 위한 기본설계 – 데이터기반 ATM 체계 구축을 위한 항공교통 데이터 통합 처리 시스템 요건 정의 및 기본 설계 및 차년도 용역 수주를 통해 시스템 상세설계 및 개발 추진 • 제6판 글로벌항행계획을 반영한 국가항행계획(NARAE) 수정·이행계획 수립
연구성과	수용량 예측 기술 개발 및 결과값 검증을 통한 실무적 활용
연계방향	기 개발된 관제기관별 전략적 수용량 산정기술과 연계 개발

③과제명	데이터 기반 항공교통관리기술개발(R&D) (2021.04~2025.12)
연구목적 및 내용	• 빅데이터 기반 안전하고 효율적인 미래 항공교통체계 구현 • 항공교통시스템 고도화를 위한 성능평가,수용량 예측,흐름관리 기술개발 • 구성기술별 최종 목표 1) 구성기술 1: ATM 성능평가 및 목표관리 시작품 (ATPMS*)개발 및 의사결정 시스템 개발 ○ ATM KPI 성능평가 시스템 개발 ○ ATM 의사결정지원 프로그램 개발 ○ 미래 ATM 의사 결정 연구 * ATPMS:Air Traffic Management Performance Monitoring System 2) 구성기술 2: 수용량 예측 핵심기술 개발 및 ISAAC*시작품 개발 ○ 관제기관 별 전술/전략 및 통합 수용량 예측 핵심 소프트웨어 개발 ○ ISAAC* 시작품 개발 및 통합시험 ○ SLOT 운영 최적화 원천기술 및 전략적 SLOT 배정최적화 소프트웨어 개발 * ISAAC:Integrated System for Airport & Airspace Capacities 3) 구성기술 3: 항공교통 흐름관리 핵심기술 개발 및 CTFMS* 시작품 개발 ○ 4D궤적기반 항공교통 흐름관리 핵심 소프트웨어 개발 ○ CTFMS 시작품 개발 및 통합 시험 ○ 전공역 일괄 스케줄링 기술 및 인공지능 기반 항공교통 흐름 예측 기술 연구 *CTFMS:Collaborative Tactical Flow Management System
연구성과	ATM 성능평가 및 목표관리 시작품 (ATPMS)개발 및 의사결정 지원 프로그램 개발, ICAO SARPs, PANS, GANP, ASBU 등에서 제시된 ATM성능평가 요소 분석 및 목표 수준 검토 추진 중
연계방향	개발 중인 의사결정지원프로그램과 연계한 Wake 분리 기술 개발 및 협력시스템 활용 및 연동 시스템 구축

제6절. 총괄 및 구성기술별 주요내용 및 추진전략

1. 연구개발과제 및 구성

- 본 과제는 Wake 연계 활주로 운영·의사결정 지원기술 개발, 이를 지원하기 위한 Wake 탐지 시스템 개발과 개발 시스템의 성능 평가 및 도입/운영의 법적 근거 마련을 위한 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발을 수행함
- 본 과제의 최종목표 및 세부기술은 다음과 같음

최종목표	항공기 이·착륙 시 발생하는 항적난류(Wake Turbulence) 영향의 관리로 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사 결정 지원, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 및 탐지 정보 산출 기술 개발로 공항 수용량 및 이용률 증가

구성기술 구성 및 주요내용		
<구성기술1> Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발	<구성기술2> 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발	<구성기술3> 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발
• 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 • 분리기준 산출 기준 기술 개발 • Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 • RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 • 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 • 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발	• 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 • 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 • 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 • 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발	• 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 • 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 • 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 • 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 • ICAO 등 국제 기술협력 지원

2. 과제별 주요내용

가. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발

● **기술개발 정의**

– 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축

– 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축

● **과제목표**

– 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발

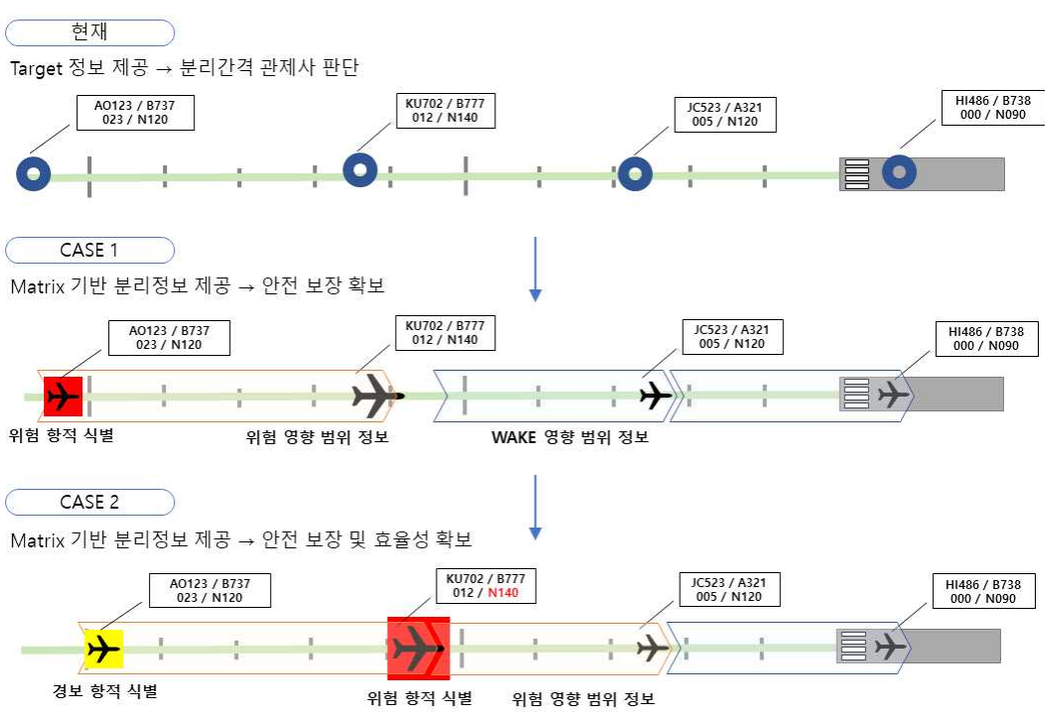
– 분리기준 산출 기준 기술 개발

– Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축

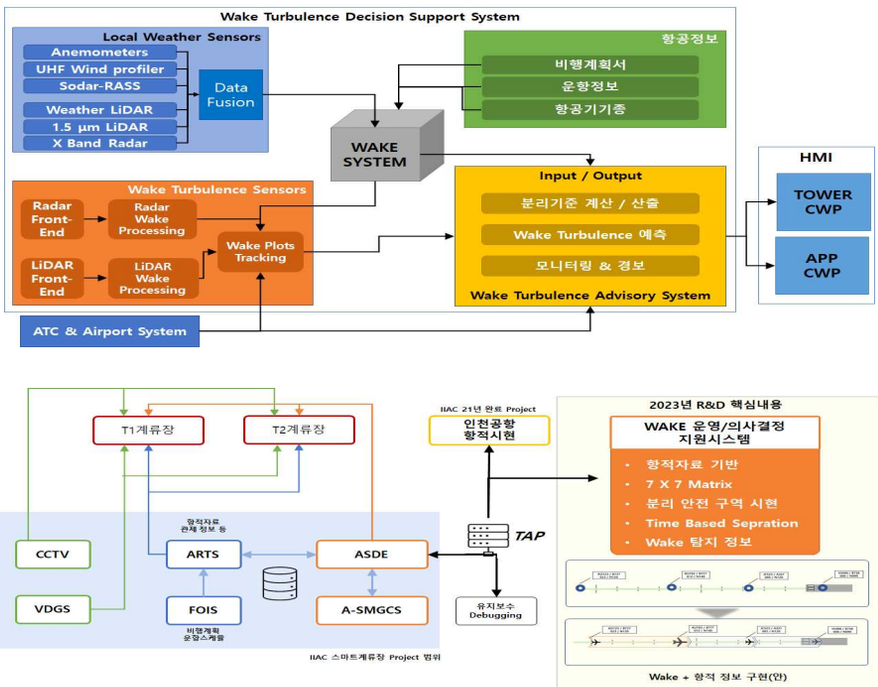
– RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발

– 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발

– 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발



<그림 88> 운영 및 의사결정 지원시스템 기술개발 개념도



<그림 89> Wake 정보 및 항적 정보 연계 시스템 구현 개념도(안)

● 세부구성기술

항목	세부구성기술	목표성능
1-1-1	ATC(항공교통관제) 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술	(1-1) 이종 시스템 간 데이터 연계
1-1-2	ATC(항공교통관제) 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 및 적용 기술	
1-1-3	Matrix 산출을 위한 비행계획 기반 항공기 기종 정보, 실시간 위치정보 연계 기술	
1-1-4	WAKE 정보 데이터 표준화 및 SWIM/CDM 연계 기술 연구	
1-1-5	비행계획 기반 항공기 기종 정보 연계 기술	
1-2-1	공항별 및 기종별 Wake 적용 3차원 시뮬레이션 연구	(1-2) ASBU Block 3 대응 기술 구현 TBS 분리 기준(안)
1-2-2	Wake 탐지 및 공간 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 산출 기술	
1-2-3	Wake 탐지 및 공간 풍향/풍속 연계 실시간 TBS(time based separation) 기준 산출 기술	
1-2-4	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 산출 기술	
1-3-1	Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현	(1-3) 시스템 구축
1-3-2	Wake 탐지 정보 표출 시스템 (이중화) 설계 및 적용 기술	
1-3-3	WAKE 분리 Matix CWP (End User) 표출 기술	
1-3-4	WAKE 분리 Matix CWP (End User) 표출 시스템 구축	
1-3-5	Wake 분리 TBS CWP (End User) 표출 기술	
1-3-6	Wake 분리 TBS CWP (End User) 표출 시스템 구축	
1-4-1	WAKE 적용을 위한 교육 프로그램 개발	(1-4) 교육 프로그램 개발
1-4-2	WAKE 적용을 위한 교육 시뮬레이터 시스템 개발	

항목	세부구성기술	목표성능
1-5-1	활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발	(1-5(a)) 성능시험 절차서 기준 제안 및 시스템의 실제 환경 사용 가능성 증명 단계
1-5-2	활주로 운영 지원 기본 성능 시험 설비 및 장비 설계 기술	
1-5-3	WAKE 운영/의사결정 지원 시스템 신뢰성 평가	
1-5-4	WAKE 운영/의사결정 지원 시스템 안전성 성능 시험 평가	
1-5-5	활주로 운영 지원(Matrix, TBS) 정보의 정확도 산출 기술	(1-5(b)) 성능시험 절차서 기준 제안 및 시스템의 실제 환경 사용 가능성 증명 단계
1-5-6	활주로 운영 지원(Matrix, TBS) 정보의 적정성 평가 및 검증 기술	
1-5-7	활주로 운영 지원(Matix, TBS) 정보의 효과성 산출및 검증 기술	
1-5-8	활주로 운영 지원(Matix, TBS) 정보의 효율성 산출 및 검증 기술	
1-6-1	단위 시스템 연계 및 시스템 통합	(1-7) 통합 시스템 시험/실증 프로토타입 모델의 실제현장 적용 및 사용 가능성 증명 단계
1-6-2	시스템 통합 검증	
1-6-3	ATCS 현업 연계 및 현장 검증	

● 목표성능 항목별 연구활동 및 성과산출물

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
1-1	[연계 시스템 프로토콜 분석 설계] • ATC 시스템 연계를 위한 콤포넌트 별 프로토콜 분석 • Wake 정보 활용을 위한 데이터 표준화 설계 • Wake 정보 활용을 위한 연계 프로토콜 설계 [Wake 연계 활주로 운영지원 기술 연구] • ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 • ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계구현 • 비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 설계 • Wake 정보 데이터 표출 시스템 설계 • Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 설계 [RECAT 및 TBS 기준 산출 연구] <- 분리기준과 연계 수행 • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 분석 • 주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 분석	(1-1-1) Wake 분리를 위한 다차원 Matrix (1-1-2) 항공정보 연계 기준 문서 (1-1-3) 비행계획 정보 연계 모듈 항공기 감시정보 연계모듈 (1-1-4) 설계서 및 보고서 (1-1-5) 데이터 표준(안)
1-2	[공항수용량 효과성 분석 연구] • RECAT / TBS 기준을 적용한 공항별 항공교통 시뮬레이션 [기종별 Wake 적용 3차원 시뮬레이션 연구] • 공항별 – 기종별 Wake 시뮬레이션 조건 연구 • 공항별 – 기종별 Wake 시뮬레이션 및 결과 분석 [RECAT 및 TBS 기준 산출 연구] • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 분석 (<- 연계기술부분과 공동연구) • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 개발 • 주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 분석 • 주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 개발 • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 기반 4D 예측 알고리즘 개발	(1-2-1) 해석 보고서 (1-2-2) RECAT 기준산출 알고리즘 (1-2-3) TBS 기준산출 알고리즘 (1-2-4) 예측 정보 산출 알고리즘

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
1-3	[Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현] • ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 구현 • ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 구현 • 비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 구현 • Wake 정보 데이터 표출 시스템 구현 • Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 구현 [분리기준 산출 기술 구현] • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 실시간 분리 Matrix 산출 기술 구현 • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 실시간 TBS 산출 기술 구현 • Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 기반 4D 예측 알고리즘 구현 [CWP 표출 기술 개발] • 연계 모듈 통합 인터페이스 설계 및 제작 • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 및 시스템 제작 • Marix 정보 HMI 표출을 위한 CWP 설계 및 시스템 제작 • TBS(time based separation) 정보의 HMI를 위한 CWP 설계 및 제작	(1-3-1) 단위 모듈 (1-3-2) 설계서 및 단위 모듈 (1-3-3) 설계서 및 단위 모듈 (1-3-4) CWP 시제품 (1-3-5) 설계서 및 단위 모듈 (1-3-6) CWP 시제품
1-4	[교육 프로그램 개발] • Wake 운영 교육 커리큘럼 개발 • Wake 운영 교육 교재/교안 개발 [교육 시뮬레이터 개발] • 교육용 시뮬레이터 설계 및 제작	(1-4-1) 교육 프로그램 및 교안 (1-4-2) 교육 시뮬레이터
1-5	[활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발] • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 기술 설계 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발 [활주로운영지원 기본 성능 시험 설비 및 장비 설계 기술 개발] • 기본 측정 성능 시험 평가 장치의 기본/상세 설계 [WAKE운영/의사결정지원시스템평가기술개발] • 신뢰성 평가 기술 알고리즘 설계/개발 • 신뢰성 평가 절차서(안) 개발 [성능평가] • 성능시험 수행을 통한 장치 평가 기술의 타당성 검증 및 개발품 측정 성능 확인 • 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인	(1-5-1) 성능시험절차서 (1-5-2) 성능시험장비 설계서 (1-5-3) 성능시험 성적서 또는 보고서 (1-5-4) 성능시험 성적서 또는 보고서
	[활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발] • 정보 정확도 평가를 위한 표준 평가 모델 선정 • 표준 평가 모델 기반 정확도 평가 알고리즘 개발 • 평가 알고리즘 기반 정확도 평가 기준(안) 개발 [활주로운영지원정보의적정성평가및검증기술개발] • 적정성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정 • 시뮬레이션을 통한 표준 평가 모델 평가 • 표준 평가 모델과 시뮬레이션 기반 적정성 평가 알고리즘 개발 • 평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발	(1-5-5) 정확도 산출 기준(안) (1-5-6) 적성적 평가 알고리즘 (1-5-7) 효과성, 효율성 산출 기준(안)

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
	[활주로운영지원정보효과성및효율성검증기술개발] • 적정성 표준 평가 모델과 연계한 효과성 및 효율성 검증 시나리오 설계 • 활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 • 활주로 운영 지원의 효과성/효율성 산출 방안 개발	(1-5-8) 효과성, 효율성 산출 기준(안)
1-7	[단위 시스템 연계 및 시스템 통합] • 데이터 연계 시스템 통합 및 구현 • 탐지시스템과 Wake 정보 데이터 표출 시스템 통합 구현 • 운영/의사결정 시스템 데이터 통합 구현	(1-7-1) 통합 시스템
	[시스템통합검증] • 단위 시스템 성능 평가 및 검증 • 통합 시스템 성능 평가 및 검증	(1-7-2) 검증보고서 또는 성적서
	[ATCS현업연계및현장검증] • 현장 검증 시나리오 설계 • 1차 비행장 적용 시스템 구현 • 2차 공항 ARTS 적용 실증	(1-7-3) 검증보고서 또는 성적서

● 최종 성과지표

성과지표	연차					성과유형
	'24	'25	'26	'27	'28	
논문 mrnIF	50.0	50.0	50.05	50.0	50.0	과학적 성과
특허(SMART등급)	-	3.5	3.5	3.5	3.5	기술적 성과
S/W 등록			1건	2건	2건	
시작품 제작			2개	1개	1개	
인력양성	8	8	8	8	8	사회적 성과

나. 실시간 전천후 난류 탐지 장비 개발

● 기술개발 정의

– 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 전천후 난류 탐지 시스템 개발

– 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘 개발

– 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템 구축

– 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 필요한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템과 난류 정보 연계를 위한 난류 탐측 시스템의 구축과 실증 운영

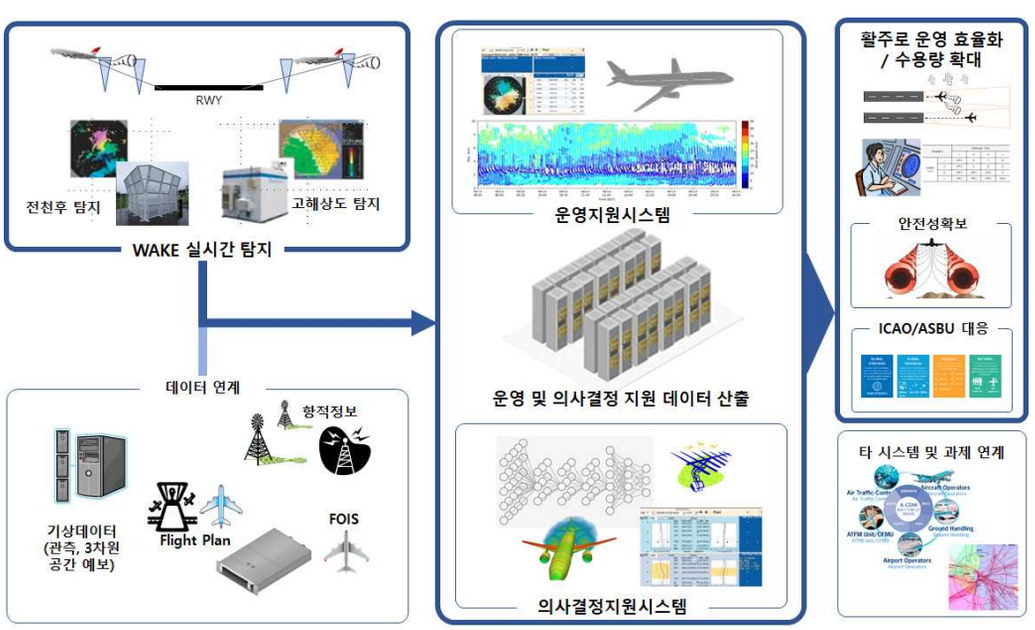
● 과제목표

– 유효관측거리 10 km, 고도 2,000 ft, 분해능 100m 이하 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발

– 처리속도 15초 이내 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발



<그림 90> 전천후 Wake 탐지기술 장비 및 데이터 연계 개념도(안)

● 세부구성기술

항목	세부구성기술	목표성능
2-1-1	청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술	(2-1) 유효 관측거리 10 km 이상, 고도2,000ft이내, 분해능100m이하, 탐지가능Wake속도60m/s이상 처리속도15초이내, WAKE정보산출
2-1-2	청천 풍향/풍속 측정 레이더 신호검출 설계 기술	
2-1-3	전방향 측정을 위한 레이더 센서 구동부 설계 및 위치 선정 기술	
2-1-4	전원부(통합 또는 센서별) 설계 기술	
2-1-5	시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술	
2-1-6	전천후 난류 탐지 시스템 시제품 개발	
2-2-1	WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술	(2-2) 고신뢰성 실제운행환경 적용
2-2-2	ATCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술	
2-2-3	센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술	
2-2-4	센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축	
2-3-1	WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발	(2-3) 성능 시험 평가 절차서 개발 성능시험성적서
2-3-2	WAKE 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발	
2-3-3	WAKE 탐지장비 기본성능 평가	
2-3-4	WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가	
2-4-1	WAKE 탐지장비(LIDAR/RADAR)별 위치 선정 기술	(2-4) 통합 시스템 시험 / 실증 프로토타입모델의실제현장적용 및사용가능성증명단계
2-4-2	WAKE 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계	
2-4-3	탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증	

● 목표성능 항목별 연구활동 및 성과산출물

목표성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
2-1	[청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술 개발] • 전천후 풍향/풍속 레이저 광원 및 파장 안정화 기술 설계 • 송수신 광학계 설계 • 도플러 신호 검출기 설계	(2-1-1) Wake 탐지 LiDAR 센서
	[청천풍향/풍속측정레이더신호검출설계기술개발] • 위상배열안테나 설계 • 고출력 RF 송수신부 설계 • 중간주파수 변환기 설계	(2-1-2) Wake 탐지 RADAR 센서
	[전방향측정을위한구동부설계기술개발] • 관측 범위, 처리 시간 등을 고려한 구동부 사양 검토 • 선정 사양에 따른 구동 방식 결정 및 구동부 설계	(2-1-3) 설계도
	[신호발생기및전원부설계기술개발] • 디지털 신호 파형 발생기 설계 • 노이즈 저감 및 에너지 효율화를 위한 공통 시스템 전원 공급 장치 설계 • 전원 분배 시스템 설계 • 시스템별 전원 공급 장치 설계	(2-1-4) 설계도
	[시스템별3차원탐지정보산출기술개발] • 관측 장비 S/W 기본 설계	(2-1-5) 탐지 정보 산출

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
	• 시스템별 3차원 바람장 데이터(신호) 처리 기술 개발 • 시스템별 생성 데이터 통합 처리를 위한 데이터 프로토콜 설계 • 관측 데이터 시각화 표출 S/W 설계	시스템
	[전천후난류탐지시스템시제품개발] • LiDAR 및 RDAR 센서 모듈 제작 • 센서 구동부 및 전원부 제작 • 탐지 시스템 통합 시제품 제작 • 탐지 시스템 데이터 처리 S/W 구현	(2-1-6) Wake 탐지 시스템
2-2	[WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술 개발] • 산출정보 통합 S/W 기본 설계 • 시스템별 생성 데이터 통합 처리를 위한 알고리즘 설계 • 관측 장비 S/W 체계 통합	(2-2-1) 신호 통합 처리 알고리즘
	[ATCS연계를위한통합시스템프로토콜연계기술개발] • 데이터 연계 시스템 프로토콜 및 API 분석 • 데이터 활용 시스템과 연계를 위한 데이터 프로토콜 설계 • 통합 연계 운영을 위한 시뮬레이션 시스템 설계 및 제작	(2-2-2) 데이터 표준(안)
	[센서융합Wake데이터HMI표출기술개발] • 관측 데이터 통합 시각화 표출 S/W 설계 • HMI 시스템 내 표출을 위한 UI 설계	(2-2-3) HMI 표출 알고리즘
	[센서융합Wake데이터HMI표출시스템구축개발] • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축	(2-2-4) HMI 표출 시스템
2-3	[WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발] • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 기술 설계 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 기본 측정 성능 시험 평가 장치의 기본/상세 설계	(2-3-1) 성능 시험절차서
	[WAKE탐지시스템장비및산출데이터신뢰도평가기술개발] • 신뢰성 평가 기준 설계 • 신뢰성 평가 절차서(안) 개발	(2-3-2) 성능 시험절차서
	[WAKE탐지장비기본성능평가] • 기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발 • 탐지 시스템 기본 성능 시험 실시	(2-3-3) 성능시험 성적서 또는 보고서
	[WAKE탐지장비안전성/신뢰성시험평가] • 신뢰성 시험 평가 결과 분석 기술 개발 • 탐지 시스템 기본 신뢰성 시험 실시 • 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인	(2-3-4) 성능시험 성적서 또는 보고서
2-4	[WAKE 탐지장비(LIDAR/RADAR)별 위치 선정 기술 개발] • 탐지 장비 최적 위치 선정을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 장비 최적 위치 선정(안) 도출 • 공항 내 탐지 장비 네트워크 구축 설계(안) 도출	(2-4-1) 설계서 및 보고서
	[WAKE탐지시스템검증을위한실증시나리오설계] • 탐지 장비 검증을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계 • 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발	(2-4-2) 기준서

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
	[탐지장비및시스템프로토타입현장운영을통한시스템검증] • 시스템 구성품 및 체계 실증 • 공항 내 탐지 장비 네트워크 구축 • 검증 시나리오에 따른 운영 데이터 분석 • 공항 적용 실증	(2-4-3) 검증보고서 또는 성적서

● 성과지표

성과지표	연차					성과유형
	'24	'25	'26	'27	'28	
논문 mrnIF	50.0	50.0	50.05	50.0	50.0	과학적 성과
특허(SMART등급)	–	3.5	3.5	3.5	3.5	기술적 성과
S/W 등록	–	–	1건	1건	–	
시작품 제작	–	–	2개	–	–	
인력양성	4	6	8	6	6	사회적 성과

다. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

● 기술개발 정의

– 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 시스템 검증 체계 구축

– 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원시스템의 효율성 평가를 위한 검증 체계 구축

– 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출

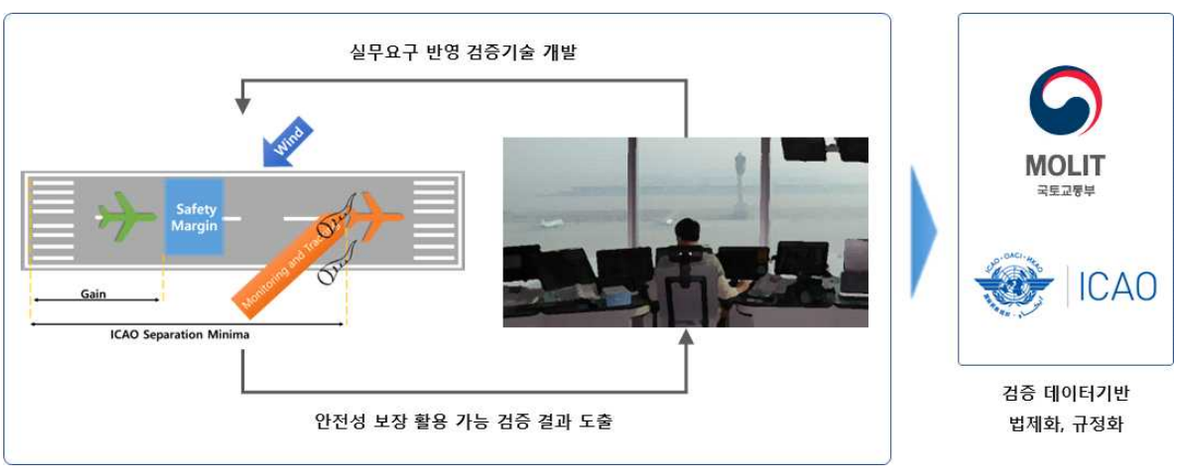
● 과제목표

– 전천후 WAKE 탐지 시스템 검증 기술 개발

– 관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 정비방안

– WAKE 탐지 시스템, 시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립

– ICAO 의제 대응(안) 개발 및 실용화 전략 수립



<그림 91> 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 기술 개념도(안)

● 세부구성기술

항목	세부구성기술	목표성능
3-1-1	항행안전시설 적용 범위(안) 개발	(3-1) 실용화를 위한 법, 제도 정비 지원
3-1-2	WAKE 운영을 위한 규격 및 정책적 요구사항 개발	
3-1-3	공항별 RECAT 적용/운영 규정 개발	
3-1-4	TBS 운영을 위한 규정(안) 개발	
3-1-5	관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 법제화 지원(시행규칙,고시,훈령,지침등)	
3-2-1	WKAE 탐지 시스템 기술기준, 최소 운영 요구 성능(MOPS, MAPS) 개발	(3-2) 성능시험 절차서 기준 개발
3-2-2	WAKE 시스템 시험 및 검증 범위(안) 개발 운영및의사결정지원시스템시험 및 검증범위(안) 개발	
3-2-3	장비/시스템 안전성 평가 방안 수립 연구	
3-2-4	시스템 검증 상세 규정(안) 개발	
3-3-1	SW 개발 검증	(3-3) 시스템 검증
3-3-2	WAKE탐지장비 안전성 평가 검증	
3-3-3	WAKE 탐지시스템 검증	
3-3-4	운영/의사결정지원 시스템 검증	
3-4-1	실증연구 임시허가 인증·검사	(3-4) 시범운영을 통한 시스템의 실제 현장 사용 가능성 증명 및 실용화를위한법,제도정비
3-4-2	관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 정비방안	
3-4-3	실증 운영을 위한 시스템 운영 시나리오 설계	
3-4-3	시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립	
3-5-1	ICAO 의제 대응(안) 개발	(3-5) 국제 기준 대응 및 실용화 전략 수립
3-5-2	ICAO 의제 대응 및 실용화 전략 수립	

● 목표성능 항목별 연구활동 및 성과산출물

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
3-1	[항행안전시설 적용 범위(안) 개발] • 국내 항행안전시설 분류 기준 검토 및 해외 사례 조사 • 항행안전시설 적용(안) 도출	(3-1-1) 지침/기준서
	[WAKE탐지시스템운영을위한규격및정책적요구사항개발] • 탐지 시스템 운영을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 시스템 운영(안) 도출	(3-1-2) 정책(안)
	[공항별RECAT적용/운영규정개발] • 공항별 RECAT 적용 사전 결과(안) 도출 • Wake/RECAT 운영 매뉴얼(안) 도출	(3-1-3) 지침/기준서
	[TBS운영을위한규정(안)개발] • 공항별 TBS 적용 사전 결과(안) 도출 • Wake/TBS 운영 매뉴얼(안) 도출	(3-1-4) 지침/기준서
	[관련법·제도·정책적요구사항도출 및 법제화지원] • Wake 탐지 시스템 운영 / 의사결정 지원 정책 요구(안) 도출	(3-1-5) 정책(안)

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
	• RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출 • TBS 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출	
3-2	[WKAE 탐지 시스템 기술기준, 최소 운영 요구 성능(MOPS, MAPS) 개발] • 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능 개발을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능(안) 개발	(3-2-1) 성능시험절차서
	[WAKE시스템시험및검증범위(안)개발] • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 신뢰성 시험 평가 절차서(안) 개발 • 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인 [운영및의사결정지원시스템시험및검증범위(안)개발] • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 신뢰성 평가 기술 알고리즘 설계/개발 • 신뢰성 평가 절차서(안) 개발 • 데이터 연계 검증 기술 개발 [시스템검증상세규정(안)개발] • Development Test 수행 방안/절차 개발 • Operation Test 수행 방안/절차 개발 • SW 개발 검증 절차 개발 • 장비/시스템(모듈, 서브시스템, 시스템 포함) 안전성 평가 절차 개발 • 시스템 성능 평가 절차 개발 • 1차 현장 검증(안) 개발 (탐지 시스템 기능, 데이터 연계성 확인 등) • 2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인) • 개발시험/운용시험 수행 방안 개발	(3-2-2) 성능시험절차서 (3-2-3) 성능시험절차서 (3-2-4) 성능시험절차서
3-3	[운영/의사결정지원 시스템 검증] • 정보 정확도/적정성/효과성 및 효율성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정 • 평가 알고리즘 기반 정확도 평가 기준(안) 개발 • 평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발 • 평가 알고리즘 기반 효과성 및 효율성 평가 기준(안) 개발 • 활주로 운영 지원 정보정확도/적정성/효과성 및 효율성 평가 • 활주로 운영 지원의 효과성/효율성 산출 방안 개발 • 데이터 연계성 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발 • 2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인) [WAKE탐지장비안전성평가검증] • 신뢰성/안전성 평가 기준 설계 • 신뢰성/안전성 평가 절차서(안) 개발 • 신뢰성 시험 평가 결과 분석 기술 개발 • 탐지 시스템 신뢰성 시험 실시 • 신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인 [WAKE탐지시스템검증] • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발 • 탐지 시스템 기본 성능 시험 실시	(3-3-1) 성적서 (3-3-2) 성적서 (3-3-3) 성적서

목표 성능 항목	연구활동	세부구성기술 성과산출물
	• 탐지시스템 기능 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발	
	[SW개발검증] • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • 적정성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정 • 시뮬레이션을 통한 표준 평가 모델 평가 • 표준 평가 모델과 시뮬레이션 기반 적정성 평가 알고리즘 개발 • 평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발 • 데이터 연계성, 적정성 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발 • 2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)	(3-3-4) 성적서
3-4	[실증연구 임시허가 인증·검사] • 실증 연구를 위한 임시허가 관련 조사 • 임시허가를 위한 시험 및 검사 • 실증 연구용 임시허가 인증	(3-4-1) 지침/기준서
	[관련법·제도·정책적요구사항도출및정비방안] • 설치 운영에 필요한 법제도 정비방안 조사 • 관측 시스템 사용 허가(안) 연구 • 실증연구를 위한 지원 정책 요구(안) 도출	(3-4-2) 법 개정(안)
	[실증 운영을 위한 시스템 운영 시나리오 설계] • 실증 운영을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계 • 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발	(3-4-3) 지침/기준서
	[시범사업수행방안및실용화전략수립] • 관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축 • 실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영	(3-4-4) 지침/기준서
3-5	[ICAO 의제 대응] • WAKE 관련 ICAO 의제 대응	(3-5-1) ICAO 의제(안)
	• Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발	(3-5-2) 시스템 실용화 전략

● 성과지표

성과지표	연차					성과유형
	'24	'25	'26	'27	'28	
논문 mrnIF	50.0	50.0	50.05	50.0	50.0	과학적 성과
특허(SMART등급)	-	3.5	3.5	3.5	3.5	기술적 성과
S/W 등록	-	-	-	-	-	
시작품 제작	-	-	-	-	-	
인력양성	4	4	4	4	4	사회적 성과

3. 성과지표 측정산식

● 논문 mrnIF

지표 ①	논문 mrnIF (표준화된 영향력지수)
측정산식	산출 논문당 mrnIF의 평균 ※ 측정산식: {N×(rnIF−1)}/(N−1)×100, N: 해당분야의 총 저널 수
측정방법	국내외 논문게재 실적에 대한 질적 성과를 목표로 잡고 있으며, 활주로 항공난류 기술 관리 연구분야에 대한 기존 실적을 50점으로 설정 ※ 국토교통R&D사업관리시스템, NTIS에 논문발표 성과로 등록된 것을 대상으로 측정

● 특허 SMART 등급

지표 ②	특허 SMART 등급
측정산식	특허 SMART 등급
측정방법	국내외 특허 출원/등록 대한 질적 성과를 목표로 잡고 있으며, 활주로 항공난류 관리 기술에 대한 기존 실적이 부재하여 3.5등급으로 설정 ※ 국토교통R&D사업관리시스템, NTIS에 특허성과로 등록된 건수로 측정

● S/W 등록

지표 ③	S/W 등록
측정산식	∑(S/W 등록 건수)
측정방법	구성기술별 S/W 등록 건수 ※ 국토교통R&D사업관리시스템, NTIS에 S/W 등록 건수로 측정

● 시작품 제작

지표 ④	시작품 제작
측정산식	∑(시작품 제작 건수)
측정방법	구성기술별 시작품 제작 건수

● 인력양성

지표 ⑥	인력 양성
측정산식	∑(석/박사 졸업자 수)
측정방법	연구과제 참여인력 중 석/박사 졸업자수를 성과지표로 설정

4. 연차별 연구내용 및 성과

가. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요성과물
1차년도 (9개월)	• ATC 시스템 연계를 위한 콤포넌트 별 프로토콜 분석 • Wake 정보 활용을 위한 연계 프로토콜 설계 • ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 • 연계 모듈 통합 인터페이스 설계 Ⅰ • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 Ⅰ • RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅰ • 교육 프로그램 개발 Ⅰ • 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅰ	– ATC시스템 연계를 위한 프로토콜 정의서 – ATC시스템 연계 인터페이스 설계서 초안 – 운영지원시스템 개발 TEMP
2차년도 (12월)	• Wake 정보 활용을 위한 데이터 표준화 설계 • 비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 설계 • Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 설계 • ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 구현 • RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅱ • 공항수용량 효과성 분석 연구 Ⅰ • 연계 모듈 통합 인터페이스 설계 및 제작 Ⅱ • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 및 제작 Ⅱ • Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현 Ⅰ • 교육 프로그램 개발 Ⅱ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅰ • 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅱ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅰ	– 항공정보 연계를 위한 상세 인터페이스 설계서 – RECAT/TBS 운영 규정(안) – WAKE 운영자 교육커리큘럼 – 운영지원 시스템 기능 정의서 – 운영지원 시스템 기능시험 절차서(초안)
3차년도 (12개월)	• Wake 정보 데이터 표출 시스템 설계 • RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅲ • 공항수용량 효과성 분석 연구 Ⅱ • Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현 Ⅱ • 분리기준 산출 기술 구현 • 연계 모듈 통합 인터페이스 제작 • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 제작 • 교육 프로그램 개발 Ⅲ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅱ • 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅲ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅱ • 단위 시스템 연계 및 시스템 통합	– WAKE 표출 HMI 설계서 – 분리기준 최적화 산출 알고리즘 및 표출시스템 – 운영지원 시스템 성능 정의서 – 운영지원 시스템 성능시험 절차서(초안) – WAKE 적용 수용량 효과 분석서
4차년도 (12개월)	• RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅳ • 교육 프로그램 개발 Ⅳ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅲ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅲ • 활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 및 검증 기술 개발 Ⅰ • 활주로 운영 지원 정보 효과성 및 효율성 검증 기술 개발 Ⅰ • 성능 평가 및 시스템 통합 검증 Ⅰ • ATCS 현업 연계 및 현장 검증 Ⅰ	– 운영지원 시스템 산출 결과 분석서 – 분리기준 최적화 산출 시스템 프로토타입 – ATCS 현업 실증 – 기능시험 결과서 – WAKE 운영 교육용 시뮬레이터
5차년도 (12개월)	• RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅴ • 교육 프로그램 개발 Ⅴ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅳ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅳ • 활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 및 검증 기술 개발 Ⅱ • 활주로 운영 지원 정보 효과성 및 효율성 검증 기술 개발 Ⅱ • 성능 평가 및 시스템 통합 검증 Ⅱ • ATCS 현업 연계 및 현장 검증 Ⅱ	– 대형공항 ATCS 현업 실증 – 운영지원 정보 효과성 분석서 – 성능시험 결과서 – WAKE 운영 교육결과 분석서 – WAKE 운영 지원 관련 규정(안)
최종 성과물	– WAKE 운영 및 의사결정 지원 시스템 – WAKE 운영 관련 교육 커리큘럼 – WAKE 운영자 교육용 시뮬레이터 – WAKE 연계 운용 규정(안) – 운영 및 의사결정 지원 시스템 검증 문서(TEMP, 기능·성능시험 절차서, 결과서) – WAKE/RECAT 운영의 수용량 영향 관련 효과성 분석서	

나. 실시간 전천후 난류 탐지 장비 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요성과물
1차년도 (9개월)	• 청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술 개발 Ⅰ • 청천 풍향/풍속 측정 레이더 신호검출 설계 기술 개발 Ⅰ • 전방향 측정을 위한 구동부 설계 기술 개발 Ⅰ • 신호 발생기 및 전원부 설계 기술 개발 Ⅰ • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술 개발 Ⅰ • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 부품 제작 Ⅰ	– WAKE 탐지시스템 요구사항 분석서 – WAKE 탐지를 위한 프로토콜 정의서 – LIDAR 센서 적용/연계 방안 문서 초안 – RADAR 센서 적용/연계 방안 문서 초안 – WAKE 탐지시스템 개발 TEMP
2차년도 (12월)	• 청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술 개발 Ⅱ • 청천 풍향/풍속 측정 레이더 신호검출 설계 기술 개발 Ⅱ • 전방향 측정을 위한 구동부 설계 기술 개발 Ⅱ • 신호 발생기 및 전원부 설계 기술 개발 Ⅱ • 시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술 개발 Ⅰ • WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술 개발 Ⅰ • 데이터 연계 시스템 프로토콜 및 API 분석 • 데이터 활용 시스템과 연계를 위한 데이터 프로토콜 설계 • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅰ • WAKE 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발 Ⅰ • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 부품 제작 Ⅱ	– LIDAR 센서 설계서 – RADAR 센서 설계서 – 전방향 측정을 위한 구동부 설계서 – 시스템 프로토콜 및 API 분석서 – WAKE 탐지를 위한 데이터 프로토콜 설계서 – 탐지를 위한 주요 센서(LIDAR, RADAR) 핵심 모듈 프로토타입 – 탐지 시스템 기능 시험절차서 초안
3차년도 (12개월)	• 시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술 개발 Ⅱ • 통합 연계 운영을 위한 시뮬레이션 시스템 설계 및 제작 • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축 • WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발 Ⅱ • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 제작 • WAKE 탐지장비 기본성능 평가 Ⅰ • WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가 Ⅰ • WAKE 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계 Ⅰ	– WAKE 3차원 정보 산출을 위한 데이터 및 시스템 설계서 – 탐지 시스템 검증을 위한 시뮬레이션 시스템 – 전천후 난류 탐지시스템 시제품 – WAKE 탐지 정보 표출 HMI 초도품 – 탐지시스템 성능시험절차서 초안 – 탐지시스템 성능시험 시나리오
4차년도 (12개월)	• 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 보완 Ⅰ • ATCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술 개발 Ⅰ • WAKE 탐지장비 기본성능 평가 Ⅱ • WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가 Ⅱ • WAKE 탐지장비(LIDAR/RADAR)별 위치 선정 기술 개발 • WAKE 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계 Ⅱ • 탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증 Ⅰ	– ATCS 현장 운영을 통한 기능 시험 결과 – 센서 융합 데이터 산출 HMI – LIDAR/RADAR 위치 선정 기법
5차년도 (12개월)	• 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 보완 Ⅱ • ATCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지장비 기본성능 평가 Ⅲ • WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가 Ⅲ • 탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증 Ⅱ	– WAKE 탐지시스템 성능시험 결과 분석서 – ATCS 현장 운영을 통한 성능시험 결과서
최종 성과물	– 전천후 WAKE 탐지 시스템 – WAKE 탐지를 위한 LIDAR / RADAR 센서 기술 – WAKE 탐지 데이터 검증 및 시스템 실증을 위한 시뮬레이터 – WKAE 탐지 최적화를 위한 센서 위치 선정 기술 – 전천후 WAKE 탐지시스템 검증 문서(TEMP, 기능·성능시험 절차서, 결과서)	

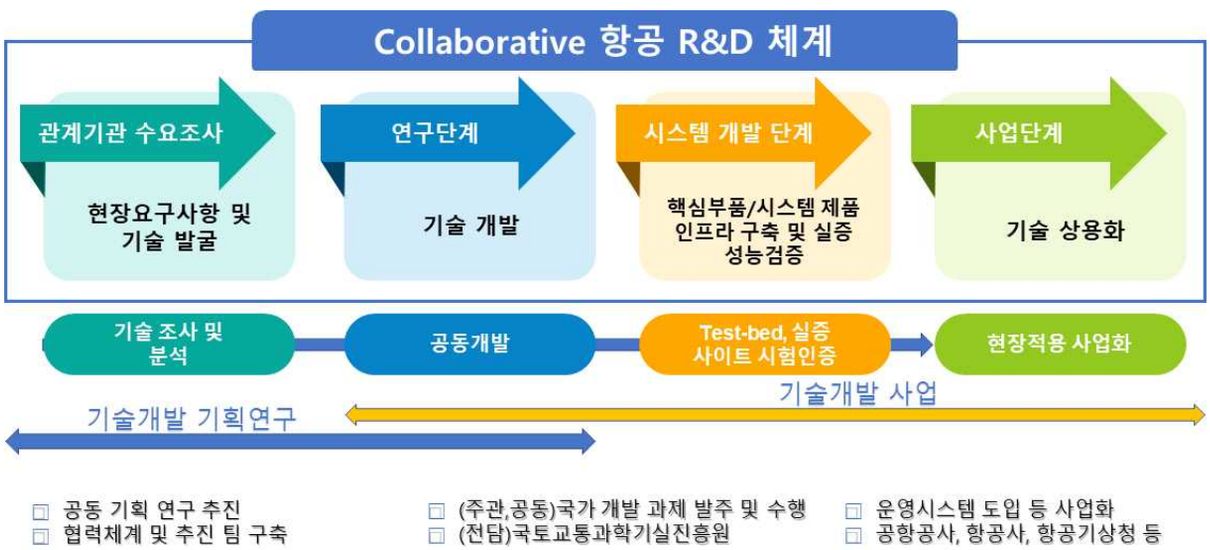
다. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요성과물
1차년도 (9개월)	• 국내 항행안전시설 분류 기준 검토 및 해외 사례 조사 • 항행안전시설 적용(안) 도출 • 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능 개발을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능(안) 개발 • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅰ	- WAKE탐지 및 운영지원시스템 항행안전시설 적용(안) - WAKE시스템 운영 규정 관련 분석서
2차년도 (12월)	• 공항별 RECAT 적용 사전 결과(안) 도출 • 탐지 시스템 운영을 위한 공항 환경 분석 • RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출 • 탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 시스템 운영(안) 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 설치 운영에 필요한 법제도 정비방안 조사 • 시스템 검증 상세 규정(안) 개발 Ⅰ • SW 개발 검증을 위한 표준 평가 모델 및 평가 알고리즘 개발 Ⅰ • 실증 연구를 위한 임시허가 관련 조사 • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅱ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅰ	- 운영지원 및 탐지시스템 MOPS (안) - 탐지 및 의사결정 시스템 시험평가 절차 규정 초안 - 탐지 기능/성능 평가 시스템 구성(안) - ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서
3차년도 (12개월)	• Wake/RECAT 운영 매뉴얼(안) 도출 • 관측 시스템 사용 허가(안) 연구 • 신뢰성 시험 평가 절차서(안) 개발 • 시스템 검증 상세 규정(안) 개발 Ⅱ • SW 개발 검증을 위한 표준 평가 모델 및 평가 알고리즘 개발 Ⅱ • 운영/의사결정지원 시스템 검증 Ⅰ • WAKE 탐지시스템 검증 Ⅰ • 임시허가를 위한 시험 및 검사 Ⅰ • 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계 Ⅰ • 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발 Ⅰ • 관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축 Ⅰ • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅲ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅱ	- WAKE/RECAT 운영매뉴얼(안) - ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서 - 시스템 검증 상세 규격(안) - 신뢰성 시험평가 절차(안) - 시험시나리오에 따른 평가 및 검증 기준(안) - ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서
4차년도 (12개월)	• 공항별 TBS 적용 사전 결과(안) 도출 • Wake/TBS 운영 매뉴얼(안) 도출 • 운영/의사결정지원 시스템 검증 Ⅱ • WAKE 탐지시스템 검증 Ⅱ • WAKE탐지장비 안전성 평가 검증 Ⅱ • 임시허가를 위한 시험 및 검사 Ⅱ • 실증 연구용 임시허가 인증 • 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계 Ⅱ • 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발 Ⅱ • 관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축 Ⅱ • 실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영 Ⅰ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅲ • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅳ	- 현장 실증 장비의 운영을 위한 사전 검증 결과서 - ATCS 현장 실증 분석 결과서 - WAKE 시스템 관련 기술의 국제화/실용화 전략 개발 - ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서
5차년도 (12개월)	• TBS 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출 • 운영/의사결정지원 시스템 검증 Ⅲ • WAKE탐지장비 안전성 평가 검증 Ⅲ • 실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영 Ⅱ • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅴ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅳ	- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 검증 결과서 - 대형공항 현업 실증 결과 분석서 - ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서

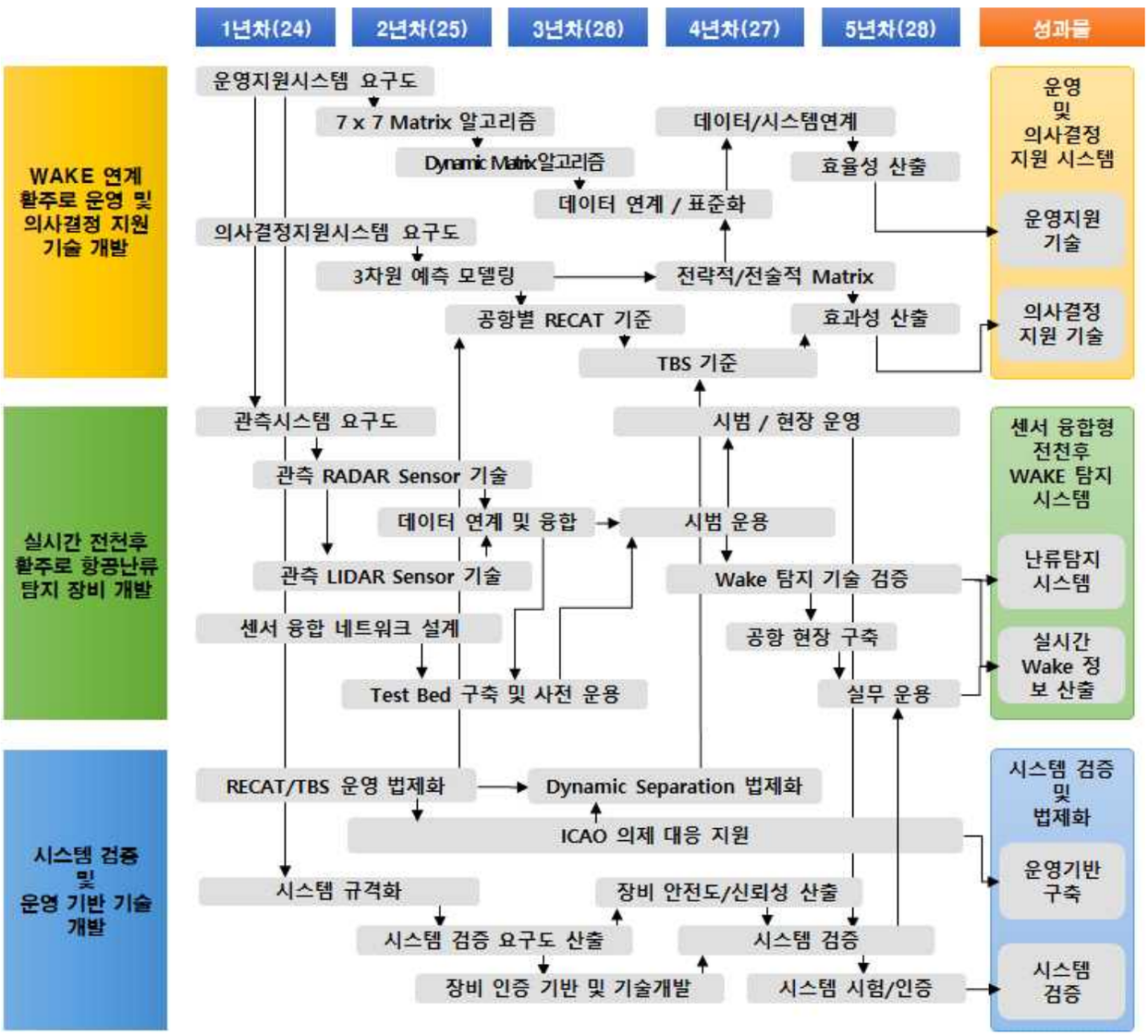
연도	연구목표 및 연구내용	주요성과물
최종 성과물	- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 MOPS(안) - WAKE 운영지원 및 탐지시스템 운영 매뉴얼(안) - WAKE 운영지원 및 탐지시스템 성능시험 절차서 - WAKE 탐지 성능평가 시스템 및 시험절차서 - 시스템 성능평가 결과서(성적서) - ATCS 현장실증 분석 결과서 - ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서 - WAKE 시스템 관련 기술의 실용화 전략	

5. 과제 추진전략

- 활주로 운영 의사결정 지원 및 황공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발의 업무 추진전략은 기반체계구축과 참여기관·기업의 협업 모델로 구축
- 활주로 운영 최적화 중심의 다양한 기술 융합과 수요 맞춤형 과제 도출을 위한 협업체계를 구축하는 것이 요구됨
- 활주로 수용량 증대를 위해 세부 요소기술별 서비스 모델을 적용하고, 이에 대한 관련 기업들의 도출과 참여를 유도함
- R&D 기술 기획단계에서는 과제 도출시 연구 관심 기관·기업을 대상으로 공동으로 과제를 도출하고, Partnership을 구축하여, 기획단계에서부터 기업의 참여를 추진
- 전문기업 및 공항운영자 간의 협력은 연구단계에서부터 필요하며, 공동개발이 요구됨. 이는 기술 수요처가 대부분 공항이므로 기술 구현단계에서부터 참여하여 공항이 Test bed가 될 수 있도록 해야 함
- 개발단계에서는 상업적 목적의 사용을 고려하여 제품 단계로서의 개발품으로서 개발의 목표를 설정하며, 인증 및 시험 절차도 과업에 포함해야 함
- 기술개발만을 목표로 할 경우 사업화에 제약이 되는 결과품의 시험인증을 개발단계에서부터 사전 연구가 되어야 할 것임
- 사업단계에서는 참여기업뿐만 아니라 이러한 기술개발에 도전할 수 있는 Start-up기업들도 참여할 수 있도록 하며, WAKE 탐지 기술을 활용한 타 산업과의 연계까지도 고려해야 함. 향 후 4차 산업혁명의 기술발전과 항공환경변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 협업체계를 잘 구축하는 것이 필요함



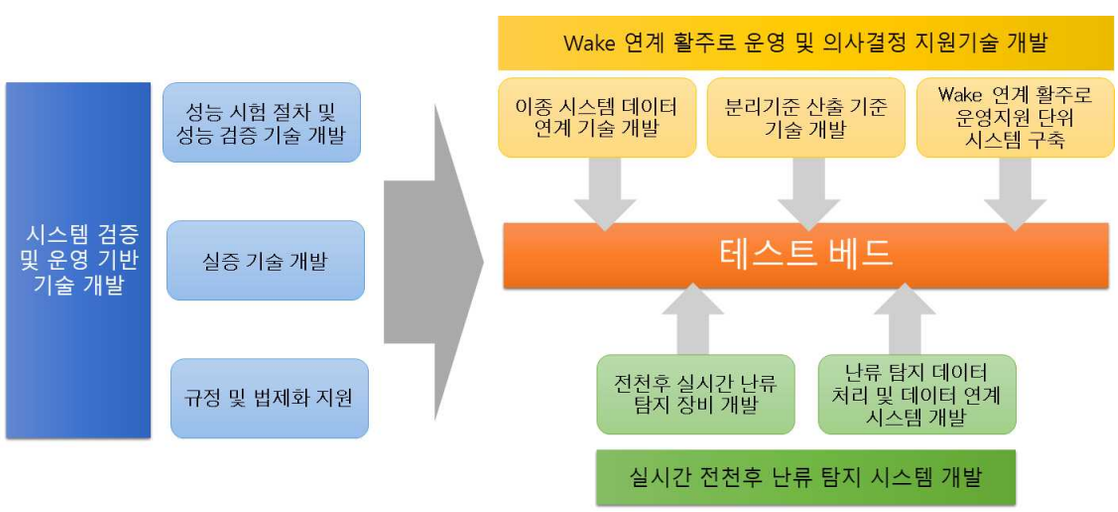
<그림 92> 과제 추진전략



<그림 93> 구성기술 간 추진전략

6. 성과 검증 전략

- 활주로 운영 최적화 중심의 다양한 기술 융합과 수요 맞춤형 과제 도출을 위한 협업체계를 구축하여, 전문기업 및 공항운영자 간의 협력을 통해 공동개발 수행
- 주관기관에서 수행되는 과제에 대한 성과물 검토와 방향 제시를 위하여 각 분야의 전문가를 위촉하여 성과검증위원회를 구성하여 운영함
- 실시간 전천후 난류 탐지 장비는 개발 장비에 대한 기본 성능 시험과 시스템 연동 시험을 실시하여 실증 시험으로 개발품의 적합성을 검증함
- Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템은 실시간 전천후 난류 탐지 장비와 데이터 연동 시험을 실시하여 적합성을 검증함
- 개발된 두 시스템의 통합으로 1차 테스트 베드를 구축하여 현장 적용 가능성을 확인함
- 실무 적용을 위한 2차 테스트 베드를 공항공사와 연계하여 실증 시험 수행함
- 개발 제품의 테스트 베드 및 실무 적용을 위해 필요한 행정 기준(안)을 도출하고, 인증 및 시험평가는 국제표준의 기준에 따라 설정하고 테스트 베드 시험 시 적용하여 검증 수행함



<그림 94> 연구 과제 성과 검증 전략

7. 활주로 항공난류 관리기술 개발 실증 전략

가. 연구개발 실증 개념

- 국토교통 연구개발 사업은 연구 성과물의 현장 활용성 확인을 위해 실증 과정이 필요
- 연구개발 실증에 대한 개념과 범위는 정책적 배경이나 연구 출처에 따라 구분 가능
  - 정책의 수립 및 사용 촉진을 위한 사용자 실증(user demonstration)과 기술 검증을 위한 연구개발 세부 내용으로서의 기술적 실증(technical demonstration)으로 구분
  - 연구개발에 포함되는 실증은 기술적 실증이며, 양산 직전 단계 개발은 연구개발의 범위 이후로 연구개발 범위내에 포함되지 않음
  - 개발을 위한 연구와 양산 직전 단계의 구분하는 기준은 신규성[19]으로 이를 구분하기 위해서는 공학적 판단(engineering judgement) 필요
- 미항공우주국(NASA)에서 실증은 기술성숙도(TRL) 내에서 1~4 단계의 연구를 9단계 사업화로 연계하기 위한 중간 과정으로 정의
- 실증은 TRL 5~7 단계에서 해당하는 것으로, 일부 필요한 경우 인증 및 표준화 단계인 TRL 8 단계도 실증의 범위에 포함
- 실정은 사업화에 근접한 정도를 연구개발 단계를 통해 확인할 수 있다는 장점이 있으나, 분야별로 TRL을 산정하는 세부 기준이 상이함
- TRL에 따른 실증의 산정 방식은 공학적 판단을 적용하는 것으로 산정 방식 또한 명확한 기준을 적용하기에는 한계가 있음



<그림 95> 기술성숙도(TRL) 단계 및 실증 범위

19) OECD frascati manual 2015 : 개발 연구와 생산 이전 단계의 개발 간의 명확한 경계를 설정하는 것은 쉽지 않으므로 두 활동을 구분하기 위해서는 신규성이라는 요소가 언제 중단되는지, 언제 통합 시스템의 일상적 개발로 변경되는지를 파악해야 함

- 주요 법규정 및 제도에서 실증에 대하여 정의하고 있으며, 시제품의 개선, 시범 적용, 인증 등으로 다양하게 명시
  - 규정상 명시된 실증은 '인증 - 산업기술혁신 촉진법 시행령', '성능평가·개선 - 산업기술혁신 사업 에너지 실증연구 평가관리 지침', '설비 적용 - 환경기술개발사업 운영 규정' 등으로 표현
- 다양한 실증은 공통적으로 기술의 개발 결과를 산업 현장에 적용하기 위해 연구개발 성과를 검증하는데 목적이 있음

<표 42> 실증 지원의 주요 법령 및 제도

법령 및 제도적 근거	주요 내용	주요 대상 요소
산업기술혁신 촉진법 시행령 제18조의2	실증화시험은 이론으로 정립된 기술을 시작품 등으로 제작하여 시험 또는 운영으로 정의	시제품 제작
산업기술혁신사업 에너지기술 실증연구 평가관리지침	실증과제를 사업화를 목적으로 실제 환경에서 일정 기간 이상의 운영을 통해 시제품의 성능을 평가·개선하는 과제로 정의	시제품 성능평가 및 개선
환경기술개발사업 운영규정	실증화 과제를 개발된 기술을 실증설비적용을 위하여 최적화, 규모 확장 및 주변기술 확보 등을 목적으로 추진되는 과제로 정의	실증설비 적용 최적화 및 규모 확장 주변기술 확보
기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률	공공·민간영역에서 기술개발 결과의 이전 및 사업화를 촉진하여 산업 전반의 기술경쟁력 강화와 경제 발전에 이바지하는 것을 목표	기술이전 사업화

나. 활주로 항공난류 관리기술 실증 범위 도출

- 활주로 항공난류 관리기술 실증은 연구개발 중 도출된 기술적 사항을 항공교통 현장에 적용하여 실제 운영적 구현이 가능한지 확인하고, 개발된 결과물의 적정성을 확인하기 위한 데이터 획득 및 실제 관제 업무 수행에 도움이 될 수 있는지 검토하기 위한 데이터 수집을 주요 목적으로 함
- 이를 위해 세부적으로 도출된 핵심 기술을 각각 검토하기 위한 단계를 구분하고, 실제 연구개발 결과물을 적용 구현하기 위한 범위를 설정
  - 1단계 실증
    - 활주로 항공난류 측정 기술의 적용 가능 여부 확인
    - 활주로 항공난류 측정의 기술적 구현 및 시스템 적정성 검토 데이터 획득
    - 활주로 항공난류 관리 기술의 관제 현장 적용을 위한 시스템 구현
    - 초기 운영을 위한 활주로 운영 안전 정보의 유효성 도출
    - 현장 운영을 위한 교육 프로그램 구현 및 적용 가능 여부 확인
    - 활주로 항공난류 관리 기술의 기초 데이터 확보 및 측정 장비의 적합성 검토

– 2단계 실증

- 활주로 항공난류 관리 기술의 적용을 위해 기존 항공정보 등과의 연계 구현
- 활주로 항공난류 관리 시스템의 적합성 검토를 위한 데이터 확보
- 활주로 항공난류 측정 기술과 운영 지원 기술의 상호 운영성 확보
- 실제 항공교통 현장에서 활용되는 다양하고 복잡한 외부시스템과의 인터페이스를 구축
- 기존 운영 방식과의 비교 운영 등을 통한 시스템 실증

다. 활주로 항공난류 관리기술 개발 실증 실행 계획

● 연구개발 과정에서 개발된 활주로 항공난류 관리를 위한 세부 기술을 실제 현장에 설치, 적용, 운영하는 실증을 통해 운영 데이터 획득, 단계별 확인, 기존 운영 방식과 비교 운영 실증 등의 과정 수행

● 실증을 위한 테스트베드는 개발된 시스템의 단계적 검증을 위하여 총 2단계 구축 시험이 필요

– 1단계 : 시스템 구현 및 기초 검증

– 2단계 : 개발 실증 및 운영 적합성 검증

<표 43> 활주로 항공난류 관리기술 실증 실행 방안

구분	실증목표	실증방안	실증시기
TestBed 1단계	시스템 구현 및 기초 검증	국내 소규모 비행장 – 비행장 운영기관의 연구개발 참여(태안비행장 등) – 활주로 항공난류 측정 장비 및 시스템 구현 설치 – 항공교통 현장 연계를 통한 Wake 정보 전달 – Wake 정보 기반 활주로 운영 안전 지원 정보 구현 – 교육프로그램 구현 및 적용 가능여부 확인	3차년 (1단계 종료이전)
TestBed 2단계	개발 실증 및 운영 적합성 검증	국내공항 – 기술수요처의 연구개발 참여(인천공항 등) – 국내 운영중인 중대형 공항 실증 – 항공교통 현장에서 활용되는 다양한 정보 인터페이스 – 시스템 간의 상호 운영성 확보 및 비교 운영 실증	5차년 (2단계 종료이전)

라. TestBed 1단계

● 실증목표

– 시스템 구현 및 기초 검증

● 실증 범위

– 국내 소규모 비행장에서의 기초 검증

– 활주로 항공난류 측정 장비 및 시스템 구현 설치

– 항공교통 현장 연계를 통한 Wake 정보 전달 체계 구축

– 활주로 항공난류 정보 기반 활주로 운영 안전 지원 정보 구현

– 교육프로그램 구현 및 적용 가능 여부 확인

● 실증 방안

– 비행장 운영 기관의 연구개발 참여 등을 통하여 실증 실행

– 물리적 설치 범위 : 활주로 인근 WAKE 탐지 장비 설치 및 데이터 획득

– 적정한 초기 실험 데이터 획득을 위한 이동식 센서 구현 가능성 검토

– 인터페이스 구축 범위 : 항공교통 관제 현장 정보 전달 체계 구축

● 실증시기

– 1단계 연구개발 종료되는 3차년도 시스템 구현 및 데이터 획득



<그림 96> 1단계 실증 비행장 예(태안비행장)

마. TestBed 2단계

- **실증목표**
  - 개발 실증 및 운영 적합성 검증
- **실증 범위**
  - 국내 운영중인 중대형 공항에서의 실증
  - 활주로 항공난류 측정 장비 및 시스템 구현 설치
  - 항공교통 현장에서 활용되는 다양한 정보 인터페이스
  - 시스템 간의 상호 운영성 확보 및 비교 운영 실증
- **실증 방안**
  - 본 연구개발의 기술수요처의 연구개발 참여를 통한 실증 실행
  - 물리적 설치 범위 : 활주로 인근 WAKE 탐지 장비 설치, 데이터 획득, 기존 항공 교통 시스템 주요 정보 연계 후 활주로 운영 지원 정보 산출
  - 기존 항공교통시스템 운영과 독립된 별도의 정보 연계 및 시스템 구축
  - 인터페이스 구축 범위 1 : 기존 항공교통 정보의 수신(one-way)을 통한 연계 구축
  - 인터페이스 구축 범위 2 : 항공교통관제 현장 정보 전달 체계 구현
- **실증시기**
  - 2단계 연구개발 종료되는 5차년도 시스템 구현 및 데이터 획득



<그림 97> 2단계 실증 공항 예(기술수요처 : 인천공항)

제7절. 연구추진체계

1. 연구과제 추진체계

- 활주로 항공난류 관리기술개발 연구 총괄 주관기관과 각 구성기술별로 공동연구기관, 협동, 위탁 기관 등을 구성하여 추진함
- 기획 연구 단계에서 선정된 총 3가지의 구성요소는 기존 국토부 공항사업과 연계가 될 수 있도록 협력체계를 구축해야 함.
- 협의체는 시범 적용이 가능 할 수 있도록 국토교통부-공항공사-항공사-항공기상청-기존 항공사업 주관기관 및 협력업체 등 과제 관련 실무진과 협의 할 수 있도록 구성함
- 활주로 항공난류 관리기술 사업 추진시, 연구개발 성과물을 시험 및 실증, 시범운영 적용 할 수 있는 공항을 확보하도록 함
  - Wake 탐지 기술 적용 RECAT 실증 및 의사결정 지원시스템 연계 시범운영



* 본 연구과제 추진체계는 확정된 것이 아니며, 향후 변동 가능

- 국토교통부
  - 본 과제 수행에 필요한 사업비 지원
  - NARAE 및 ASBU 로드맵 이행 및 개발 시스템 도입을 위한 법제화 지원
- 국토교통과학기술진흥원
  - 기술개발 사업관리 및 평가

● 총괄주관기관

– Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발

– 전천후 Wake 탐지 기술 개발

– 시스템 검증 및 운영기반 기술개발

● 자문위원회

– 주관기관에서 수행되는 과제에 대한 성과물 검토와 방향 제시를 위하여 각 분야의 전문가를 위촉하여 세부 분과위원회를 구성하여 운영함

● 사업화·실증 연계 협의체

– 연구 과제 성과물의 공항 실증과 사업화 방향 제시를 위하여 수요기관(인천국제공항공사, 한국공항공사 등) 및 전문가가 참여하는 협의체를 구성하여 추진 방향 및 계획을 수립함

● 과제별 공동연구기관

– 각 과제를 맡아서 수행할 수 있는 기관으로 구성하며, 구성기술에 대해 전문성을 갖춘 기관을 선정하도록 함

– 공동연구기관은 과제를 수행하며 주관기관과 지속적으로 협의 진행

2. 연구과제 추진방안

● **'24~'28년까지 연구기간을 총 2단계로 구분하여 계획을 수립, 1단계는 각 세부 분야별 동향, 공항공사-항공사-항공기상청 등 기술수요처 대상으로 세부 개발목표 요구사항 수집 및 성능검증을 위한 절차서 개발, 난류 탐지시스템 시제품 제작, 시뮬레이션을 통한 활주로 운영 및 의사결정지원시스템 개발 및 성능 검증, 2단계에서는 시범운영을 통해 시제품 등의 보완 및 실증 적용**

– 1단계(`'24~'26): 관련기관(공항공사-항공사-항공기상청 등) 세부개발 목표 및 요구사항수집, 탐지시스템 기술개발 계획수립, 성능검증을 위한 시험절차서(안)을 개발, 전천후 실시간 난류 탐지시스템 시제품 개발 및 시뮬레이션을 통한 시험 및 검증

– 2단계('27~'28) : 시범운영을 통해 시제품 보안 및 실증 적용 성능 검증, 사업화 추진

● **활주로 항공난류 관리기술은 개발 단계별 사업 성과물이 직접 적용 현장과의 연계가 필요함으로 관제와 관련된 산·학·연·관의 연계 체계 구축과 현장 전문가로 구성된 자문위원회 운영이 필수**

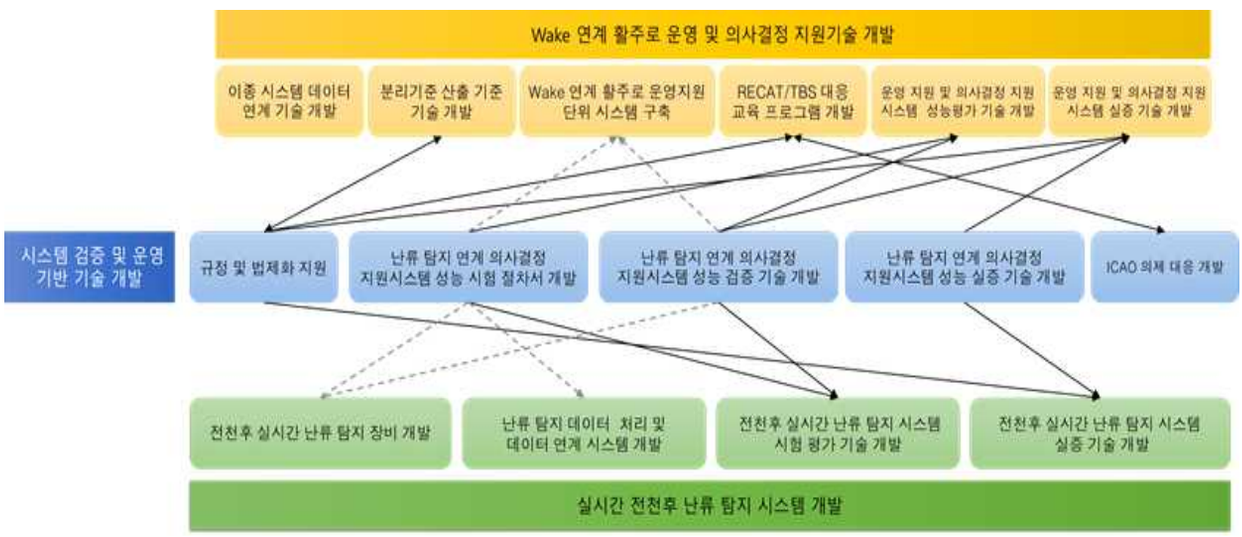
● 기 수행 중 또는 수행 예정이 과제와의 연계방안

– 국토부 사업으로 진행중인 "데이터 기반 항공교통관리기술개발" 2021년부터 추진 중에 있으며 정량적이고 예측적인 예방형 항공안전관리를 위한 항공안전 빅데이터 분석기술 및 플랫폼을 개발하는 과제로 본 과제로 수집된 데이터와 연계하여 운영이 가능함

– 2014년 국토부 사업으로 추진 개발된 항공기 출발 및 도착 통합관리기술과 연계하여 A-CDM 의사결정 지원시스템 개발 방안 검토

제8절. 구성기술 간 연계관계

● 구성기술로는 “Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발”, “실시간 전천후 난류 탐지 장비 개발”, “시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발”로 구성되어 있으며, 세부 연계 관계는 다음과 같음

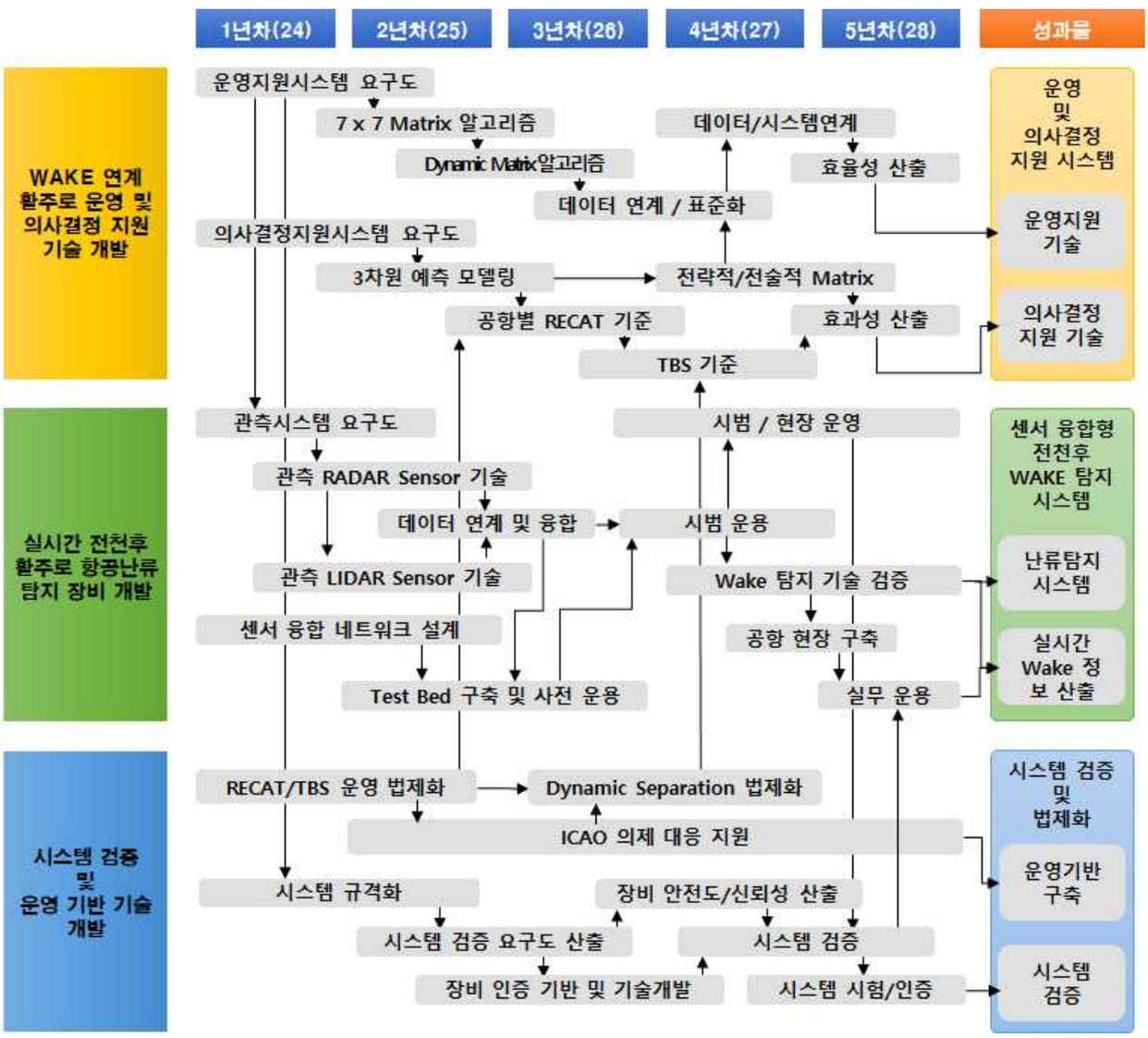


<그림 98> 연구 과제 별 연계도

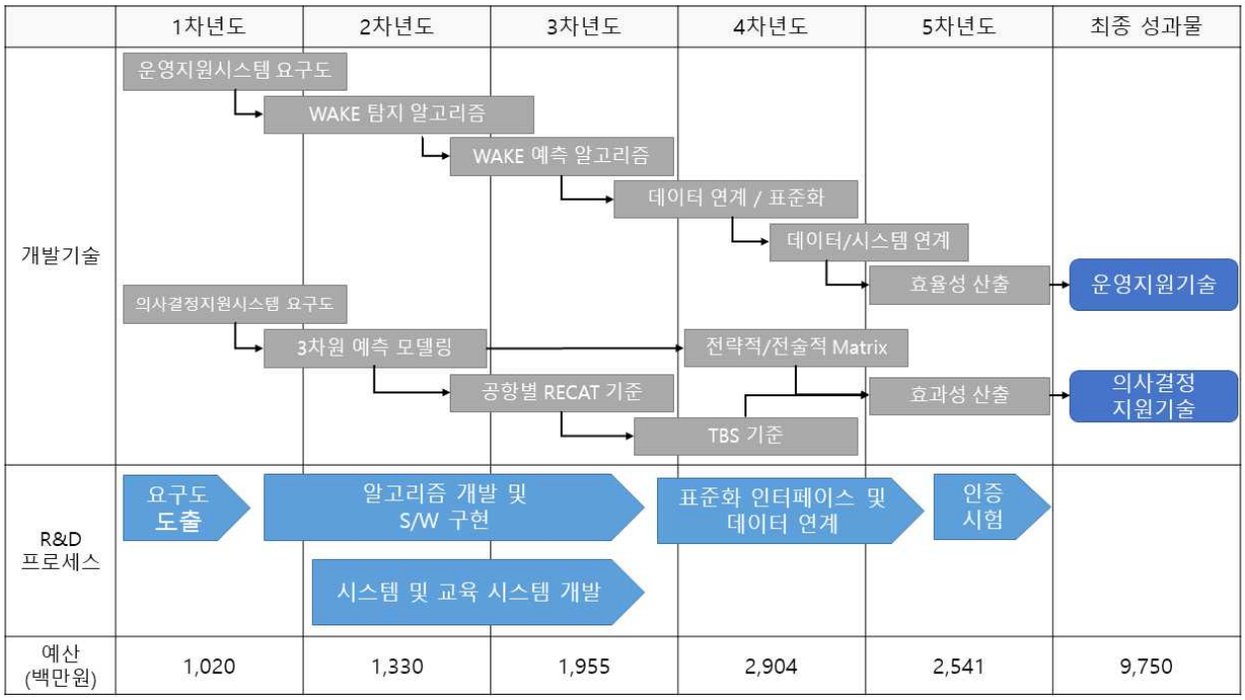
제9절. 과제별・연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 과제별・연차별 기술로드맵

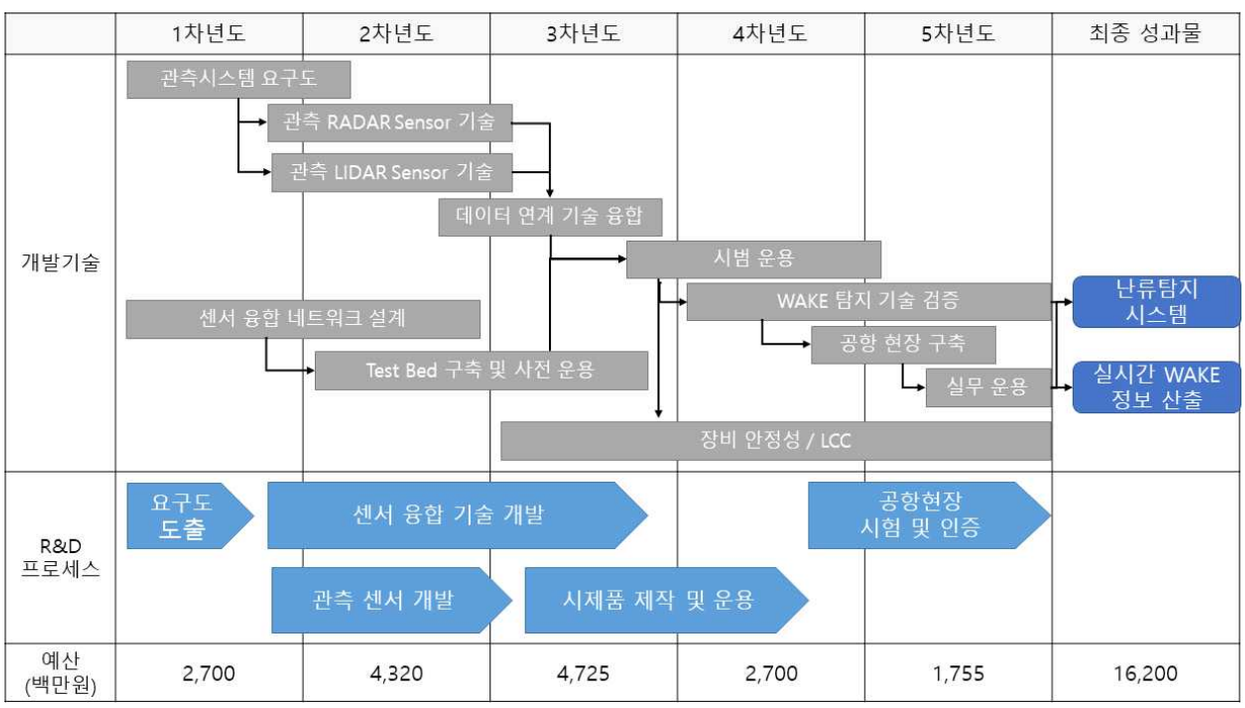
가. 개발 총괄 로드맵



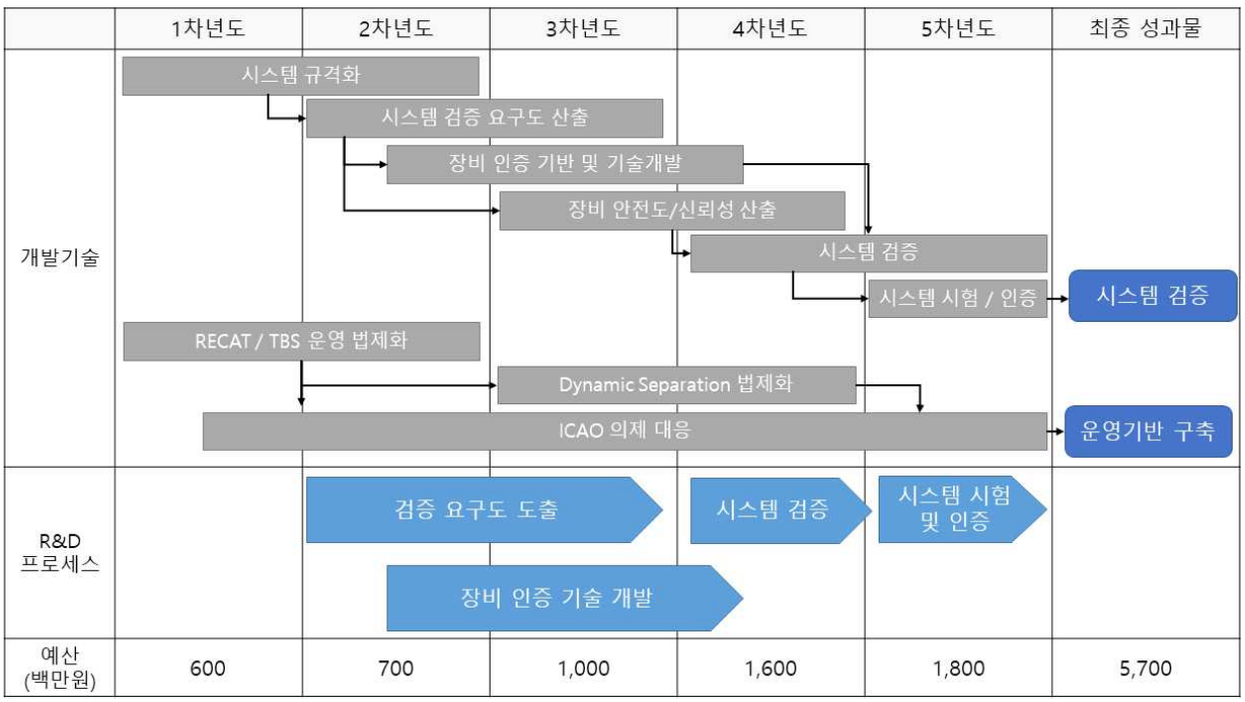
나. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발



다. 실시간 전천후 난류 탐지 장비 개발

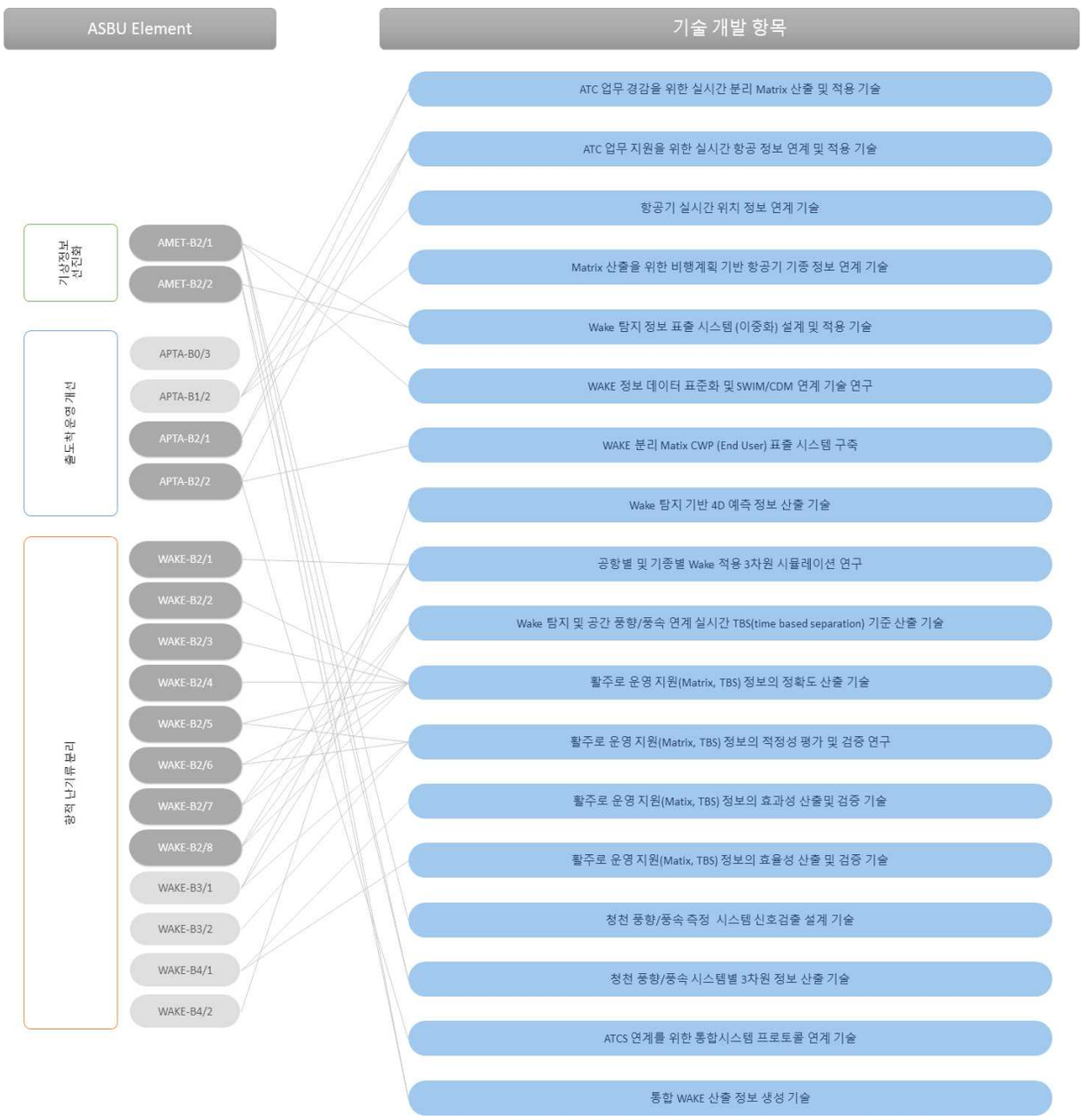


라. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

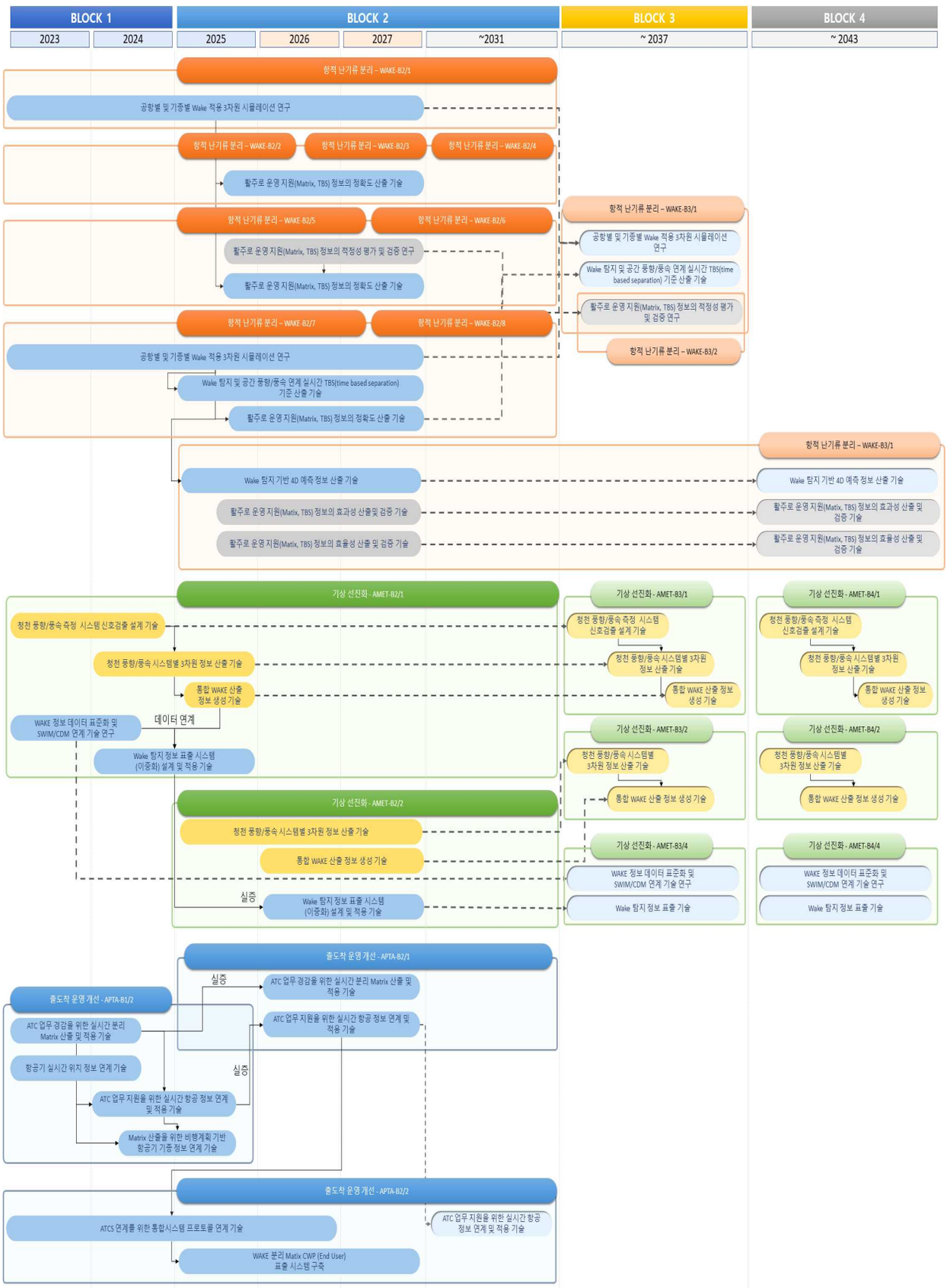


2. 활주로 항공난류 관리기술 세부 개발 항목과 ASBU Element 매핑

- 활주로 항공난류 관리기술의 세부 기술 내용과 ASBU의 각 Block별 주요 Element에서 요구되는 주요 개발 항목에 대응되는 기술은 아래와 같음



<그림 99> 개발 항목과 ASBU Element 매칭



<그림 100> ASBU 로드맵과 기술 관계도

3. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발 기술성과 로드맵

가. 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-1-1	ATC(항공교통관제) 업무 경감을 위한 실시간 분리 Matrix 산출 및 적용 기술	Wake 분리를 위한 다차원 Matrix	5					
1-1-2	ATC(항공교통관제) 업무 지원을 위한 실시간 항공 정보 연계 및 적용 기술	항공정보 연계 기준 문서	5					
1-1-3	Matrix 산출을 위한 비행계획 기반 항공기 기종 정보, 실시간 위치정보 연계 기술	비행계획 정보 연계 모듈 항공기감시정보연계모듈	5					
1-1-4	WAKE 정보 데이터 표준화 및 SWIM/CDM 연계 기술 연구	설계서 및 보고서	5					
1-1-5	비행계획 기반 항공기 기종 정보 연계 기술	데이터 표준(안)	5					

나. 분리기준 산출 기준 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-2-1	공항별 및 기종별 Wake 적용 3차원 시뮬레이션 연구	해석 보고서	5					
1-2-2	Wake 탐지 및 공간 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 산출 기술	RECAT 기준산출 알고리즘	5					
1-2-3	Wake 탐지 및 공간 풍향/풍속 연계 실시간 TBS(time based separation) 기준 산출 기술	TBS 기준산출 알고리즘	5					
1-2-4	Wake 탐지 기반 4D 예측 정보 산출 기술	예측 정보 산출 알고리즘	5					

다. Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-3-1	Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현	단위 모듈	4					
1-3-2	Wake 탐지 정보 표출 시스템 (이중화) 설계 및 적용 기술	설계서 및 단위 모듈	4					
1-3-3	WAKE 분리 Matix CWP (End User) 표출 기술	설계서 및 단위 모듈	4					
1-3-4	WAKE 분리 Matix CWP (End User) 표출 시스템 구축	CWP 시제품	4					
1-3-5	Wake 분리 TBS CWP (End User) 표출 기술	설계서 및 단위 모듈	4					
1-3-6	Wake 분리 TBS CWP (End User) 표출 시스템 구축	CWP 시제품	4					

라. RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
1-4-1	WAKE 적용을 위한 교육 프로그램 개발	교육 프로그램 및 교안	3					
1-4-2	WAKE 적용을 위한 교육 시뮬레이터 시스템 개발	교육 시뮬레이터	4					

마. 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
1-5-1	활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발	성능시험절차서	4					
1-5-2	활주로 운영 지원 기본 성능 시험 설비 및 장비 설계 기술	성능시험장비 설계서	5					
1-5-3	WAKE 운영/의사결정 지원 시스템 신뢰성 평가	성능시험 성적서 또는 보고서	4					
1-5-4	WAKE 운영/의사결정 지원 시스템 안전성 성능 시험 평가	성능시험 성적서 또는 보고서	4					
1-5-5	활주로 운영 지원(Matrix, TBS) 정보의 정확도 산출 기술	정확도 산출 기준(안)	4					
1-5-6	활주로 운영 지원(Matrix, TBS) 정보의 적정성 평가 및 검증 기술	적성적 평가 알고리즘	4					
1-5-7	활주로 운영 지원(Matix, TBS) 정보의 효과성 산출및 검증 기술	효과성, 효율성 산출 기준(안)	4					
1-5-8	활주로 운영 지원(Matix, TBS) 정보의 효율성 산출 및 검증 기술	효과성, 효율성 산출 기준(안)	4					

바. 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
1-6-1	단위 시스템 연계 및 시스템 통합	통합 시스템	5					
1-6-2	시스템 통합 검증	검증보고서 또는 성적서	5					
1-6-3	ATCS 현업 연계 및 현장 검증	검증보고서 또는 성적서	3					

4. 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발 기술성과 로드맵

가. 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
2-1-1	청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술	Wake 탐지 LiDAR 센서	4	■	■	■	■	
2-1-2	청천 풍향/풍속 측정 레이더 신호검출 설계 기술	Wake 탐지 RADAR 센서	4	■	■	■	■	
2-1-3	전방향 측정을 위한 레이더 센서 구동부 설계 및 위치 선정 기술	설계도	3	■	■	■		
2-1-4	전원부(통합 또는 센서별) 설계 기술	설계도	2	■	■			
2-1-5	시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술	탐지 정보 산출 시스템	5	■	■	■	■	■
2-1-6	전천후 난류 탐지 시스템 시제품 개발	Wake 탐지 시스템	3		■	■	■	

나. 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
2-2-1	WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술	신호 통합 처리 알고리즘	3	■	■	■		
2-2-2	ATCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술	데이터 표준(안)	4	■	■	■	■	
2-2-3	센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술	HMI 표출 알고리즘	5	■	■	■	■	■
2-2-4	센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축	HMI 표출 시스템	5	■	■	■	■	■

다. 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
2-3-1	WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발	성능 시험절차서	4	■	■	■	■	
2-3-2	WAKE 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발	성능 시험절차서	4	■	■	■	■	
2-3-3	WAKE 탐지장비 기본성능 평가	성능시험 성적서 또는 보고서	3		■	■	■	
2-3-4	WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가	성능시험 성적서 또는 보고서	4		■	■	■	■

라. 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
2-4-1	WAKE 탐지장비(LIDAR/RADAR)별 위치 선정 기술	설계서 및 보고서	3		■	■	■	
2-4-2	WAKE 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계	기준서	4		■	■	■	■
2-4-3	탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증	검증보고서 또는 성적서	3			■	■	■

5. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 기술성과 로드맵

가. 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
3-1-1	항행안전시설 적용 범위(안) 개발	지침/기준서	4	■	■	■	■	
3-1-2	WAKE 운영을 위한 규격 및 정책적 요구사항 개발	정책(안)	3		■	■	■	
3-1-3	공항별 RECAT 적용/운영 규정 개발	지침/기준서	3	■	■	■		
3-1-4	TBS 운영을 위한 규정(안) 개발	지침/기준서	4		■	■	■	■
3-1-5	관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 법제화 지원 (시행규칙, 고시, 훈령, 지침등)	정책(안)	4		■	■	■	■

나. 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
3-2-1	WKAE 탐지 시스템 기술기준, 최소 운영 요구 성능(MOPS, MAPS) 개발	성능시험절차서	3		■	■	■	
3-2-2	WAKE 시스템 시험 및 검증 범위(안) 개발 운영및의사결정지원시스템시험및검증범위(안)개발	성능시험절차서	3		■	■	■	
3-2-3	장비/시스템 안전성 평가 방안 수립 연구	성능시험절차서	3		■	■	■	
3-2-4	시스템 검증 상세 규정(안) 개발	성능시험절차서	3		■	■	■	

다. 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
3-3-1	SW 개발 검증	성적서	5	■	■	■	■	■
3-3-2	WAKE탐지장비 안전성 평가 검증	성적서	5	■	■	■	■	■
3-3-3	WAKE 탐지시스템 검증	성적서	5	■	■	■	■	■
3-3-4	운영/의사결정지원 시스템 검증	성적서	5	■	■	■	■	■

라. 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
3-4-1	실증연구 임시허가 인증·검사	지침/기준서	4		■	■	■	■
3-4-2	관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 정비방안	법 개정(안)	3	■	■	■		
3-4-3	실증 운영을 위한 시스템 운영 시나리오 설계	지침/기준서	5	■	■	■	■	■
3-4-3	시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립	지침/기준서	5	■	■	■	■	■

마. ICAO 등 국제 기술협력 지원

항목	세부구성기술	성과	연구 기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
3-5-1	ICAO 의제 대응(안) 개발	ICAO 의제(안)	5					
3-5-2	ICAO 의제 대응 및 실용화 전략 수립	시스템 실용화 전략	5					

제4장

사전 타당성 검토



제1절 타당성 검토의 전제조건
제2절 기술적 타당성
제3절 정책적 타당성
제4절 경제적 타당성

제 4 장

사전 타당성 검토

제1절. 개발 비전 및 목표

- 구성요소 선정을 위한 수요조사 및 간담회, 기술 및 정책동향 등 메가트렌드 분석, SWOT 분석 등을 통해 중요성 및 필요성 도출 적절성
- 항공분야 특성을 고려한 추진전략 제시 여부
- ICAO 탄소배출 기준, 공항 정보 포털 자료를 토대로 조사항목 및 조사 쟁점사항을 분석함
- 구성요소 기술 개발에 따른 경제성 분석 수행
  - 기술개발 주요목표는 현재 기준 2042년까지 운항효율성 10%증대, 공항수용량 2배 증가로 RECAT 기술개발의 경제적 효과 분석
  - 공항수용량 증가에 따른 탄소배출 저감 효과 분석
    - 기술개발의 경우 비용 추정하기 어려우며, 편익 역시 마찬가지임으로 이러한 경우 비용효과 분석을 적용하는 것을 권고
  - NARAE 2.0 성능역역별 중장기 개선수치 및 지연감소·운항시간 단축에 따른 경제편인 분석 반영

제2절. 기술적 타당성

1. 개요

- 연구개발 사업에 대한 타당성 평가를 위해서는 사업의 경제성과 정책적 타당성을 분석함과 동시에 해당사업에 포함되어 있는 기술개발의 내용의 타당성에 대한 평가가 요구됨. 이는 연구개발 사업이 직접적인 경제창출을 목적으로 하는 경우도 있지만, 직접적인 경제적 효과를 기대하긴 어렵지만 장기적인 투자가 필요한 기초 원천연구에 대한 투자나 인력양성을 위한 투자를 주목적으로 하는 경우도 있기 때문임
- 과학기술적 타당성 분석은 연구개발부문의 예비타당성조사에서 가장 중요한 항목으로서, 국가적 차원의 문제나 이슈를 해결하기 위해 과학기술기반 정책수단을 통한 사업계획의 충실성을 분석하기 위한 조사항목임
- 2계층 평가항목은 '문제/이슈 도출의 적절성', '사업목표의 적절성', '세부활동 및 추진전략의 적절성'으로 구성되며, 예비타당성조사가 수행되는 모든 국가연구개발사업에 대하여 해당 항목에 대한 쟁점을 도출하여 분석을 실시함.

<표 44> 과학기술적 타당성 분석의 기본평가 항목 구성

구분	2계층 항목	의미
기본평가 항목	문제/이슈 도출의 적절성	• 사업이 기획된 배경과 경위의 적절성 • 문제·이슈 식별 과정의 적절성 • 과학기술기반 문제·이슈 정의의 적절성
	사업목표의 적절성	• 식별된 문제·이슈와의 연관성 • 사업목표 설정의 적절성
	세부활동 및 추진전략의 적절성	• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 • 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성

출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, KISTEP, 2019.1

가. 연구개발사업 계획의 적정성

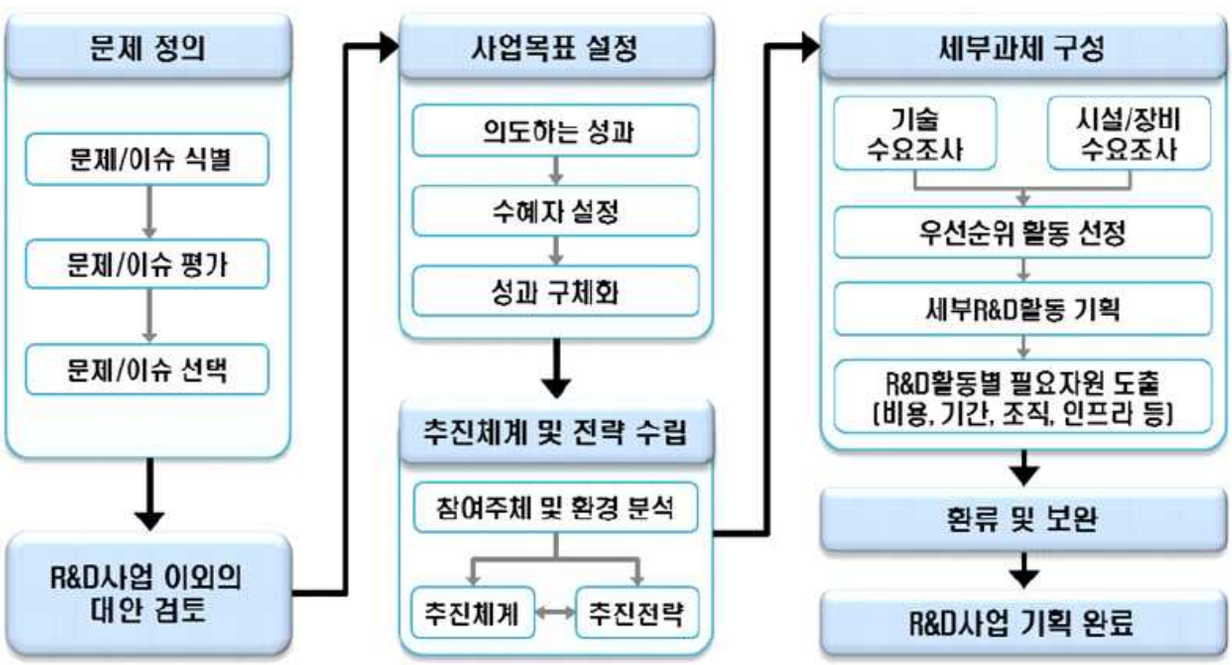
- 사업의 배경이나 추진경위를 분석하는 문제/이슈 도출의 적절성, 사업추진의 이유와 문제 해결을 위해 사업이 작동되는 논리를 분석하는 사업목표의 적절성, 사업목표를 중심으로 한 세부활동의 구체성과 연계성을 분석하는 세부활동 및 추진전략의 적절성이 과학기술적 타당성 분석을 위한 평가항목으로 포함 됨
- 이러한 세 가지 평가항목들은 사업 기획 관점에서의 중요사항과도 직접적으로 연관됨



출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, KISTEP, 2019.1

<그림 101> 과학기술적 타당성 분석 평가 항목별 의미

● 아래의 그림은 연구개발 예비타당성조사에 반영하는 과정을 그린 도식임



출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, KISTEP, 2019.1

<그림 102> 연구개발사업의 기획과정(예시)

● 사업을 기획하기 위해서는 신규 사업의 추진을 통해 해결하고자 하는 이슈 또는 문제가무엇인지 먼저 파악하기 위해 동향조사, 예측조사, 설문조사, 인터뷰, 통계분석 등 다양한 분석방법을 통해 적절한 범위 내에서 이슈·문제를 식별한 후, 기획 의도를 고려한 합리적인 평가기준을 적용하여 사업에서 집중하고자 하는 문제를 선택해야 함

● 선택한 문제해결 방법으로 연구개발이 세금, 자금, 인력 지원 등 다른 대안과 비교할 때 가장 효율적인 방법인지도 검토되어야 하며, 해결하고자 하는 문제가 정의되었으며, 문제의 해결에 연구개발이 가장 효율적인 방법이라고 판정되었다면, 해당 사업이 추구하는 성과가 무엇인지 구체적이고 객관적으로 제시되어야 하며, 이를 위해서는 사업의 성과물이 전달되는 수혜 대상이 명확히 정의되어야 함

- 사업목표가 설정되었다면 이를 효과적으로 달성하기 위한 추진체계와 추진전략이 수립되어야 하며, 이때 추진체계는 다양한 참여주체에 대한 분석을 통해 적절한 역할과 조정·협력관계 등이 조직화되어 있어야 하며, 추진전략은 사업 및 해당 분야의 특성 분석으로부터 목표 달성의 가능성을 높일수 있는 기술개발전략이 제시되어야 함
- 또한, 세부과제는 사업목표와 직접적인 연계성을 지니도록 구성되어야 하며, 아울러 기술수요조사와 시설·장비수요조사 등의 수요를 반영하여 후보과제를 도출하고, 사업의 전략적 방향을 고려한 기준과 가중치를 적용하여 과제의 우선순위를 도출해야 함
- 선정된 세부과제는 목표를 달성할 수 있도록 적절한 단위의 세부활동으로 구성되어야 하며, 각각의 세부성과지표가 구체화되어 있어야 함
- 이러한 일련의 과정을 거친 이후 비로소 세부활동을 수행하기 위한 비용, 기간, 조직, 인프라 등의 소요계획을 수립해야 함
- 기획과정에서 도출된 결과물은 다시 문제 정의, 사업목표 설정, 추진체계 및 추진전략 수립, 세부과제 구성 등 단계별 분석 내용과 부합하는지 검토 및 보완 작업을 거쳐 최종적으로 기획을 완료함
- 현실적으로 기획과정에서 모든 정보를 완벽하게 수집하고 분석하는 것은 불가능하며, 신규로 제안되는 사업과 유사한 선행사업이 없는 경우 과거 사례의 참조 역시 제한적이거나 아예 불가능할 수도 있어 사업계획의 내용은 기획과정 당시로부터 시간이 경과함에 따라 점진적으로 구체화되는 특성이 있으므로, 환류(feedback) 과정을 거쳐 사업계획을 보완하는 것이 중요함

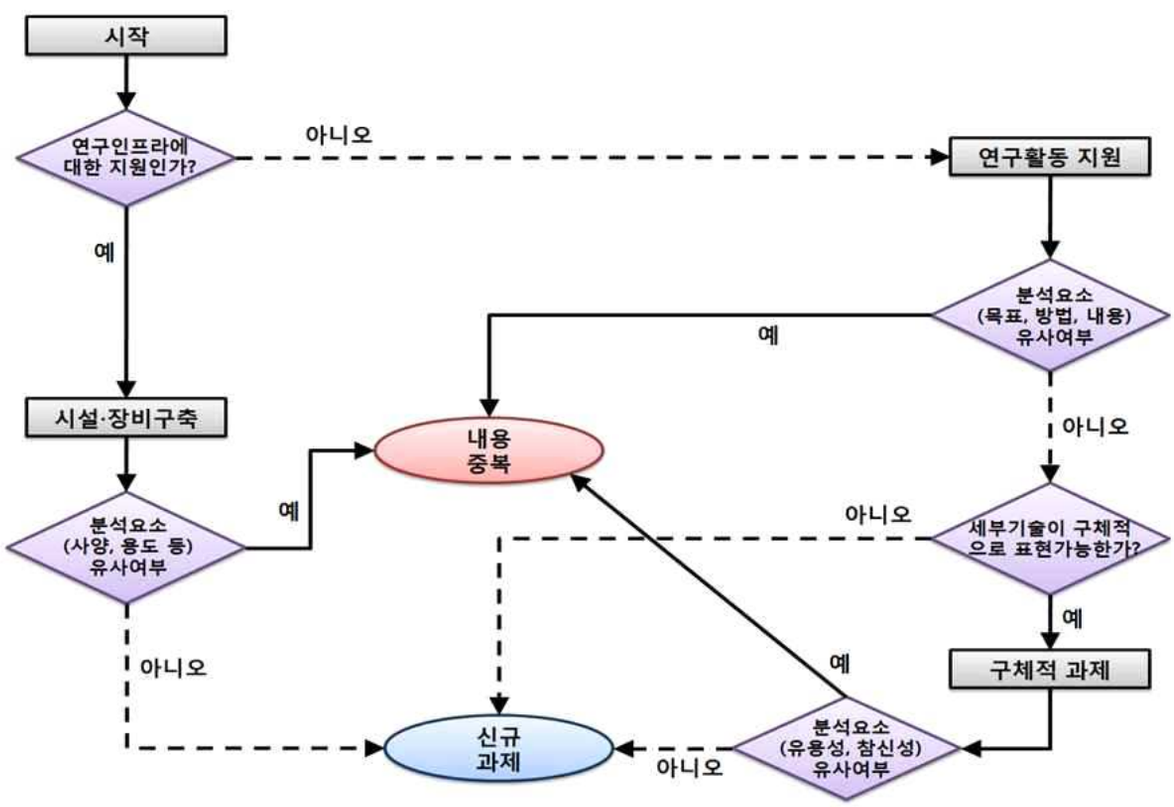
나. 연구개발계획의 성공가능성

- 연구개발 성공 가능성은 제안하는 기술의 발전추세가 사업목표를 고려한 합리적인 대규모 투자 근거인지 여부를 분석하는 기술추세분석과 주요 연구개발 활동주체와의 상대적인 기술격차를 분석하는 기술수준 분석의 절차로 진행
- 기술추세 분석은 대규모 기술개발 활동이 발생하기 위한 관련분야의 동향, 기술개발의 추진준비, 사업에서 설정한 목표의 정도, 기술개발 결과물을 활용하기 위한 경제.사회적 상황 등을 동태적인 관점에서 분석한 것을 의미
- 성공가능성은 기초자료 또는 선택평가항목으로 조사항목이라기보다 사업계획에 사전에 참고해야할 “기초자료”의 성격임

다. 개발계획의 중복성

- 중복성은 과학기술적 재정투자의 효율성 측면에서는 조사의 중요성이 인정되나, 연구개발활동이 분절적인 임무수행을 통해 목표달성을 할 수없는 비정형적 특성을 감안하여 중복성의 발견·지적보다는 사업계획의 차별적 요소와 목표달성을 위한 연계방안을 조사함에 있음

- 세부활동의 중복성 검토 관점에서 기획단계의 과제는 크게 연구개발활동을 지원하는 것과 시설 · 장비를 구축하는 것으로 구분됨
- 연구개발활동을 지원하는 경우 사업기획단계에서 세부기술을 구체적으로 표현할 수 있는 것과 표현할 수 없는 것으로 구분이 가능함
- 이는 공개경쟁의 원칙을 따르는 국가연구개발사업의 전달체계로 인하여, 기획단계에서 세부기술의 도출 여부가 사업에 따라 다르게 나타나기 때문이며, 시설 · 장비를 구축하는 과제는 예비타당성조사대상 사업의 경우 명칭, 사양, 용도, 활용처 등의 사항이 구체적으로 명시되어야 하므로 세부기술이 구체적으로 제시되지 않는 경우가 존재한다고 볼수 없기때문에 세부활동 분석은 과제의 성격과 세부기술의 구체성에 따라서 달리 진행함
- 연구개발활동지원과 관련된 과제는 과제의 중복을 판단하되, 연구인프라를 구축하는 과제는 별도의 판단기준을 적용
- 특히 기획단계에서 세부기술이 구체적으로 표현될 수 있는 경우 연구개발활동과 관련된 과제는 기술의 중복까지 검토가 이루어져야 함



출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, KISTEP, 2019.1

<그림 103> 세부활동의 중복성 분석절차

2. 핵심기술과제별 내용

가. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

- COVID-19로 2019년 대비 70%이상 급감하였으나, 3~4년 내 이전 수준으로 회복 전망이되어 항공수요 증가에 따른 효과적 대응 방안 필요
- 2021년 현재, 김포/제주공항 활주로 수용량 한계치 근접, 인천공항 수요량 증가 대비를 위한 제4단계 건설(제4활주로 포함 4.8조 투입) 등 인프라 대응 필요
- 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 진행 중
- 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요
- 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축
- 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보와 RECAT 운영으로 대형공항의 활주로 용량 증대 (인천공항 활주로 절대용량 10% 증가 기대), 항공교통 안전성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 기여할 수 있을 것으로 예상
- ICAO 기준 RECAT 적용 시, 인천공항에서 총 비행거리 시간당 7.8마일 감소, 분리 거리 감소에 따른 편익 비용 편당 487천원이상 발생할 것으로 기대

나. 전천후 Wake 탐지기술 개발

- ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 항공 난류 탐지 기술개발 필요
- Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 기술 개발과 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 실증 기술 개발 및 실증을 통한 사전 데이터 확보와 체계개발이 필요
- 스마트항공교통관제 기술에 필요한 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RECAT)에 중요한 요소인 윈드시어 탐지를 위해 기존에 설치된 레이더 및 저층윈드시어 경고장비(LLWAS:Low Level Windshear Alert System)뿐만 아니라 강수 나 구름이 없는 청천 날씨에도 윈드시어 탐측이 가능한 도플러 LiDAR(Light Detection and Ranging)기술력 확보가 필수

- ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요
- 현재 공항이나 유관기관에 구축된 관측장비는 100% 해외 수입에 의존하고 있으며, 관측기기 고장 발생시 신속한 대응 및 조치가 곤란하여 항공교통관제의 안전우려와 심각한 외화 유출로 인한 국가적 경제손실을 초래
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 탐지거리 10km 이상, 고도 2000ft 이상, 해상도 100m 이하급 전천후 난류 탐지 시스템 개발
- 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘 개발
- 적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템 구축

다. 시스템 검증 및 운영기반 기술 개발

- 항공수요 증가에 따른 인한 저비용의 효과적 대응 방안 필요
- 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표
- ICAO GANP 2019에서 활주로 항공난류 관련기술은 2025년부터 구현·적용하는 것으로 계획하고 있어, 이에 부합한 기술 개발이 필요하며, 실증을 통해 국내에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계 개발이 필요
- ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요
  - '25년 ASBU WAKE Block 2, 35년 Wake Block 4 이행을 위한 난류 탐지, 활주로 운영 의사지원 및 분리 최적화 기술 운용에 대한 관련 운영 데이터의 확보가 필수적이며, 이에 활주로 운영 의사지원 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발이 필요한 상황
- 2021년 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행으로, 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준 충족 필요
- 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 시스템 검증 체계 구축
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템의 효율성 평가를 위한 검증 체계 구축

- 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출
- Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 확보
- 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능

3. 기술 적정성 분석

가. 사업목표의 적절성

- 미국과 유럽의 기업들이 이끄는 항공시장의 진입을 위해서는 선도그룹의 원천기술을 확보하고 이를 활용하여 새로운 한국적인 항공솔루션을 개발하여 선도그룹과의 격차를 줄이고 세계 항공시장에 진입하여야 함
- 본 연구과제의 경우, ICAO ASBU Wake Block 2 단계의 이행과 국가항행계획 2.0 이행을 목표로 설정하여 추진하고 있으며, 현재의 개발계획으로 추정 시 연구개발의 결과물이 ICAO ASBU Wake Block 2 단계를 포함하여 향후 Block 4까지 이행하기 위한 토대는 만들 수 있을 것으로 판단됨
- 향후 진행시에는 공항 솔루션의 한 부분으로 최소한 김포, 제주 공항 및 인천국제공항에서 사용하는 부분과의 연계성 등을 고려하여 사전 한국공항공사 및 인천국제공항공사의 기술적인 검토가 선행되어야 한다고 사료됨

나. 인프라 개발 적합성

- WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발 시 기술의 적합성 및 제품의 검증을 위해서는 Test Bed의 개발이 요구되며, 특히 S/W와 H/W의 운영 및 제어에 대한 실증적 분석을 위해 높은 비용이 부과되는 Test bed의 구축이 필수적
- WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발 만을 위한 Test bed의 개발에 많은 비용을 소요하는 것은 연구개발의 효율성을 낮추고, 향 후 불필요한 투자에 대한 부담이 있어 시험기반 시설 개발 후 활용계획을 수립이 필요함.
- Test bed의 활용계획
  - WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발 이후, 난류 탐지 및 기상 관측 장비의 시험 시설로 활용 방안
  - 공항시스템의 해외 사업 시, Test bed를 이용하여 시현하고, 검증 후 관련 기술의 적합성 홍보에 활용

4. 기술개발 성공가능성 분석

- WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발에서 Wake 탐지 시스템의 경우, 미국, 유럽, 일본의 선도그룹이 기술을 선점하고 있고, 주로 미국의 기술에 관측 기술은 의존하고 있는 상태임
- 공항 운영 시스템의 경우, 경우 미국과 유럽의 선도그룹이 기술을 선점하고 있고, 한국공항공사, 인천국제공항공사의 경우 역시 해외 기술을 활용하여 설계, 건설된 시스템으로 공항건설의 핵심 시스템에 우리나라의 기술력은 없는 상황임
  - 공항 유지운영을 거치면서 전체 시스템에 대한 이해도와 국내 IT계열의 강세에 따른 시스템적 접근은 충분한 상태라고 판단되며, 원천기술의 개발이 아닌 기존 기술의 국산화 성격이 강한 본 연구과제의 성공 가능성은 높다고 판단됨

과업명	운영 경험	개발 경험	관련 기업	특허 보유	연관 기술	개발 능력	기술력 평가
이종 시스템 데이터 연계 기술 개발	있음	보유	있음	없음	보유	보유	가능 (원천개발)
분리기준 산출 기준 기술 개발	없음	없음	있음	없음	있음	있음	가능 (원천개발)
전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발	있음	있음	있음	있음	보유	보유	가능 (국산화)
난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발	있음	있음	있음	있음	보유	보유	가능 (국산화)
국제수준의 적합성 검증기술 및 시험체계 개발	있음	있음	있음	있음	보유	보유	가능 (응용개발)

제3절. 정책적 타당성

1. 분석 방법

- 상위계획과의 부합성
- 유관사업과의 연계협력방안 제시 여부
- 재원조달 방안과 재원분담 방식의 적절성
- 연구개발사업과 관련된 법·제도·규정 등 제약조건 대응 방안 제시 여부

2. 분석 내용

- ICAO 세계 항공항법계획(GANP:Global Air Navigation Plan)에서 세계 각국 각 지역 간의 조화와 상호 운용성을 확보하면서 안전하고 효율적인 ATM시스템 실현을 가리키는 세계적 ATM운용 컨셉(GATMOC:Global Air Traffic Management Operational Concept)의 실현에 필요한 구체적인 단계 지침인 ASBU(Aviation System Block Upgrades)가 포함됨
  - ICAO는 주기적(3년)으로 세계항행계획(GANP) 변경 및 아태지역 항행 계획 수정을 통해 국제 정책·기준 등 항행환경변화를 적극 반영 중
- 정부의 「차세대 항공교통시스템 구축계획」을 수립, 변화하는 국제정책·기술수준·환경여건 등에 적기 대응 가능하도록 “국가항행계획(NARAE) 2.0”을 수립하여 코로나 이후 교통량 급증에 선제적 대비 및 효율적 투자 계획 수립
- 연구개발하고자 하는 기술이 정부정책과 직접적인 연관성이 높음
  - 관계 법령의 반영
    - 「과학기술기본법」 제12조의2 (국가연구개발사업에 대한 조사·분석·평가)
    - 「국토교통과학기술 육성법」 제8조 (연구개발사업의 추진)
    - 「항공사업법」 제3조 (항공정책기본계획의 수립), 제5조 (항공기술개발계획의 수립)
  - 주요 정책과의 연계성
    - 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획('18~'27)
    - 제3차 항공정책 기본계획('20~'24)
    - 제3차 항공산업발전기본계획('21~'30)
    - 제2차 국가항행계획(NARAE)2.0 ('21~'25)
    - 국가 필수전략기술 선정 및 육성·보호전략(부처합동, '21.12)

- 관련부처의 사업 추진체계와 그에 관련된 자료를 바탕으로 역할분담과 협력체계, 운영 관리체계 구축됨
- 사업추진상의 제약조건(법/제도적 기반 등)을 검토하여 각 요인에 대한 대응방안을 제시함

□ : 국가항행계획 2.0 반영 현황

정 보	운 영			기 술
1. 기상정보 선진화 (AMET) <반영> - 기상정보 스마트화	5. 공중충돌 경고장치 (ACAS) <미반영> (사유) ASBU B1을 기달성하여 중장기계획 재검토 필요	10. 글로벌 항공 조난 및 안전 시스템(GADS) <반영> - 웹기반 정보공유체계 - 국가수색구조계획 수립	15. 비행안전망 (SNET) <반영> - 스마트통합관제 플랫폼 구축	19. 항공기 감시시스템 강화 (ASUR) <반영> - 항공기 감시체계 고도화
2. 디지털 항공정보 관리 (DAIM) <반영> - 전자항공정보 고도화	6. 공항협력적 의사결정 (ACDM) <반영> - ACDM 구축연계 - 공항운영관리 플랫폼 구축	11. 항공교통흐름관리 네트워크 운영(NOPS) <반영> - 흐름관리기능 강화 - 공역체계 재검토	16. 공항지상운영 (SURF) <반영> - A-SMGCS 고도화	20. 통신 시설 (COMI) <반영> - 차세대 국제 항공통신망 구축 - AeroMacs 구축
3. 관제기관 간 비행정보공유체계 구축 (FICE) <반영> - 비행계획서 통합관리 - AIDC 구축	7. 공항 접근성 (APTA) <반영> - 연속상승·강하 확대	12. 최적 비행고도 이용(OPFL) <미반영> (사유) 대양지역 운항효율성을 위한 영역으로 국내 해당 없음	17. 궤적기반 항공교통운영 체계 구축 (TBO) <반영> - 흐름관리기능 강화 - 출도착 시간관리	21. ATS 통신업무 (COMS) <반영> - CPDLC 확충
4. 항공정보 종합관리체계 구축 (SWIM) <반영> - SWIM 프로토콜 개발	8. 협동 분리 (CSEP) <반영> - UAM 교통관리 개념 마련 - 초기 교통관리 기능구현	13. 원격 관제 (RATS) <반영> - AI 원격 관제 기술 개발·구축	18. 항적난기류 분리기준 (WAKE) <반영> - 분리기준 재조정 - 활주로 점유시간 관리	22. 항행시스템 (NAVS) <반영> - KASS 구축 - GBAS 도입검토
	9. 유연비행로 운영(FRTO) <반영> - 탄력적 공역운영 - 공역 운영현황 공유 - 한중일 공역활용 증진 - 수도권 군공역 조정 - 조건부항공로 확대·절차화	14. 활주로 도착·출발 순서(RSEQ) <반영> - 출도착 시간관리 - MDI 개선		

제4절. 경제적 타당성

1. 목적 및 개요

- R&D사업 경제성 분석은 경제적 관점에서 사업시행의 타당성 여부를 판단하는 절차로, 일반적으로 R&D 사업을 통해 창출되는 경제적 편익 또는 효과가 투입된 비용보다 크다면 경제적 타당성이 있다고 판단함
- “2012년도 예비타당성조사 운용지침 제34조”(기획재정부. 2012)에 따르면 예비타당성조사 분석방법 중 경제성 분석은 예비타당성조사 대상사업의 국민 경제적 파급효과와 투자적합성을 분석하는 핵심적 조사과정으로서, 비용편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 기본적인 방법론으로 채택하여 분석함
- 비용편익분석(Cost-Benefit Analysis)은 공공사업에 대하여 그 경제적 타당성을 평가하는 대표적인 방법으로 비용과 편익을 측정하고 평가하여 최선의 대안을 도출하는 것이 그 목적으로 가장 중요한 절차는 비용과 편익을 정확히 산정하는 것임
- 본 연구에서는 R&D사업에 따른 목표비용을 설정하기 비용분석과 사업 목적의 달성에 따른 편익 추정 과 경제적 파급효과, 그리고, 직접적으로 발생하는 편익을 대상으로 하는 경제성분석(비용편익분석 – Cost / Benefit Analysis)과 비용과 할인율의 변화에 따른 민감도 분석의 순서로 진행함

2. 비용 분석

가. 비용분석의 정의 및 목적

- 총사업비는 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판. 한국과학기술기획평가원 2011.12) 중 “예비타당성조사 운용지침” 제6조 제3항에 따른 제안된 사업 기간내에 포함되는 모든 비용으로 회계상의 원가의 의미와 유사하게 제안된 사업기간내에 포함되는 모든 비용으로 정의됨
- IDA(미국 국방연구원)에서는 비용분석(Cost Analysis)을 ‘대안을 비교할 수 있도록 비용을 추정하는 과정’으로 정의하고 있음
- 일반적인 비용분석의 목적은 ① 유리한 대안의 발굴, ② 가용예산 내에서의 실현가능성 판단, ③ 비용절감을 위한 대안 모색으로 요약 할 수 있음
- 본 경제성분석에서 분석의 목적은 예산당국에 사업의 효과적인 수행을 위해 필요로 하는 재원의 규모에 대한 정보의 제공을 그 목적으로 함

나. 비용분석의 전제

- 비용의 분류는 합리적인 통제를 위해서 원가구조와 유사한 연구개발과제별로 구분하여 최소한의 기준으로 “과학기술기본법” 제12조의 과제비의 성격에 따른 구분하는 분류체계를 적용함

– 국가연구개발사업의 관리체계와 일관성을 유지하고 예비타당성조사의 다른 항목과 연계하여 통일된 틀에서 결과의 해석을 함

과제성격	분 류 기 준
연구개발	연구시설.장비구입 및 유지비, 연구관리비를 제외한 모든 연구개발비
연구시설, 장비구입 및 유지비	연구시설 구축 및 유지비, 연구 장비 구입 및 유지비, 시설.장비의 차입금 상환
연구관리	연구과제 평가 및 관리비, 국공립연구소와 출연연구소의 인건비, 경상비, 연구개발 관련 사무국 운영비 등

출처: 예비타당성조사표준지침연구. 한국과학기술기획평가원. 2016

● **연구기관은 비용분류 체계를 구성하는 가장 하부구성요소를 기준으로 비용을 추정하고 이를 기반으로 원가 계산서를 제출, 제출된 원가계산서의 구체화정도에 따라 비용분석을 수행함**

– 원가계산서는 비용추정의 가장 중요한 기초자료로 원가계산서가 존재하지 않는 경우에는 연구진은 기초자료 불충분으로 인해 비용추정이 어려운 것으로 결론지을 수 있음

* 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구. 한국과학기술기획평가원. 2016.11

● **기획연구단계에서 비용은 사업의 목적 및 내용에 비추어 보았을 때, 기획연구에서 제안된 사업비 규모가 적절한지에 대해 판단하는데 초점이 있음**

– 비용분석의 대상은 총사업비로 그 범위가 제한적인 것이 아니라 운영유지비용을 포함한 전 주기에 걸쳐 발생하는 비용이 그 대상이 됨

– 기존 유사 사업의 사업비 규모 등을 참조, 사업내용을 고려하여 연구비 규모의 적절성 판단 검토함

– 비용분석은 2012년 5월에 개정된 국가과학기술위원회의 “국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정”을 준수하여 비용을 분석함

다. 비용추정

● 총사업비 정의

– 연구개발부문 예비타당성조사에서는 '예비타당성조사 운용지침' 에 따라 정의할 수 잇으며, 총사업비를 제안된 시업기간내 포함되는 모든 비용으로 정의함

– 총사업비는 목표가 달성되기 위해 달성되기 위하여 소요되는 수명주기비용에 대한 추정이 필수적이며, 이를 총비용으로 산정함. 본 사업은 국내 공항 및 해외 기술 수출이 가능한 한국형 활주로 항공난류 관리 시스템을 개발하는 것으로 항공난류 관측 및 예측 시스템 구축과 공항의 활주로 운영의사결정 지원기술을 개발하는 것임

– 시스템 구축의 경우 총비용 산출 기간을 30년까지 할 수 있으며, 경제성 분석을 위해서는 사업의 효과가 최종적으로 발생하는 해의 말까지 소요되는 비용을 총비용으로 고려하고 있음

– Wake 탐지 시스템은 별도의 시스템으로 공항에 구축되지만, ATC 및 공항운영시스템 중에 일부로 운영될 것이므로 이에 대한 운영비를 별도로 산출하는 것은 적정하지 않음. 이는 ATC 및 공항운영시스템을 운영하는 주관기관(사업자)가 전체 시스템을 운영하고 있어 이에 대한 독립적 관리 운영을 하지 않기 때문에 운영비를 산출하는 것은 적정하지 않음.

– 그러므로 기술개발과 시스템 구축 운영에 따른 수명주기에 따른 총비용의 산출보다는 기술개발과 시스템 구축에 대한 연구 R&D사업으로 사업비를 산출하도록 함

● 비용분류체계의 종류

– 본 사업은 기술 연구개발(세부과제 1, 3)과 장비(시스템) 개발 사업(세부과제 2)으로 순수 R&D사업과 연구기반구축 R&D사업을 모두 포함하고 있음. 그러나 세부과제에서도 세세부 과제로 분류할 경우 각 세부과제에는 연구개발과 시스템 구축이 복합적으로 혼합되어 있고, 'Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술개발' 사업의 경우 '기술개발–시스템구축–시험평가–실증기술개발'과 같이 R&D와 시스템 구축을 모두 포함하고 있는 과제임

<표 45> 표준지침의 비용분류체계와 순수R&D사업의 분류체계의 관계

과제성격	인건비	연구비	장비비	간접비
연구개발	○	○	○	○
연구시설, 장비구입 및 유지비	×	×	△	×
연구관리	○	○	○	○

주 : ○ 관계있음, △ 복합R&D, X 관계없음
출처: 예비타당성조사표준지침연구. 한국과학기술기획평가원. 2016

<표 46> 표준지침의 비용분류체계와 연구기반R&D사업의 분류체계의 관계

과제성격	건축공사비	용지보상비	시설부대경비	장비구축·구입비
연구개발	×	×	○	×
연구시설, 장비구입 및 유지비	○	○	○	○
연구관리	×	×	○	×

주 : ○ 관계있음, X 관계없음
출처: 예비타당성조사표준지침연구. 한국과학기술기획평가원. 2016

● 비용의 추정

– 과제 기획에 따라 도출된 세부과제별 연구개발비는 예비타당성 표준지침에 따라 분류된 연구비 구분에 따라 아래와 같이 산출되었음. 각 세부과제는 기술개발은 물론 시스템 구축과 프로그램 개발, 시험평가, 검증 및 실증기술 개발까지 체계 전체를 개발하는 연구개발 비용임

– 연구개발에 소요되는 인건비를 포함하여 시스템 구축에 소요되는 연구장비, 시설구축비가 산출되었으며, 사업단 구성과 같이 연구인력 지원비와 성과활용지원비를 포함하는 간접비도 산출되었음. 총 연구개발 사업비는 아래와 같이 316.5억원으로 산출되었음

<표 47> 연구개발비 추정

단위 : 백만원

구분	인건비	연구장비/재료비	연구활동비	연구수당	간접비	합계
Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발	3,169.7	4,720.6	633.8	411.9	814.0	9,750
실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발	4,319.1	9,981.7	631.7	561.4	706.1	16,200
시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발	2,717.1	914.8	860.0	353.1	855.0	5,700
합계	10,205.9	15,617.1	2,125.5	1,326.4	2,375.1	31,650

- 기획된 연구과제들에는 Wake 측정 데이터를 이용하는 활주로 운영지원 시스템과 공항으 의사결정 지원시스템이 구축되며, 실시간 난류 탐지 장비를 개발과 설치 등 시스템의 운영과 유지도 포함되어 있음.
- 다만, 이러한 시스템이 차세대항공교통시스템(NARAE) 내에 항공정보종합관리체계(SWIM)에 한 부분으로 설치 운영될 것이며, 별도의 운영조직이 관리 운영되는 것이 아닌 종합시스템으로 시설 운영유지비는 추정하지 않았음

3. 편익 추정

가. 편익의 개요

● **연구개발의 편익**

– 편익은 실질적(real) 편익과 금전적(pecuniary)으로 구분되며, 실질적인 편익이 경제성 분석에 이용되고 예비타당성 조사에도 고려되는 있음. 이는 실질적 편익에 금전적 편익을 포함할 경우 이중 계산 또는 과대계산이 되기 때문임

– 또한 편익이 내부적(internal)으로 발생하는가 또는 외부적(external)으로 발생하느냐에 따른 구분으로 공공투자사업의 경우 직접적인 편익과 2차적인 목적, 즉 부산물의 성격을 가지고 있는 간접적 편익도 발생하게 됨

– 연구개발 사업의 편익 추정에는 연구개발 수행을 통한 수혜의 범위를 파급의 관점에서 지식파급, 시장파급, 네트워크파급으로 구분할 수 있으며, 특히 시장파급은 시장정보를 통해 계측이 가능하고 화폐단위로 표현할 수 있어 비용편익 분석이 용이함

– 네트워크 파급은 계측이 불가능하고 지식파급의 경우 화폐단위 표현이 제한적이어서 시장파급과 같이 사업수행에서 발생하는 순편익만을 경제성 분석의 대상으로 함. 다만, 연구개발사업 이후 편익발생과 관련된 추가 비용을 위한 객관적이 자료가 부족할 경우 효과에 대한 해당 연구개발 사업의 기여부분만을 편익 추정에 고려함

– 그러므로 본 연구에서도 추정이 가능한 사업수행 중 발생하거나, 연구개발 이후 발생할 수 있는 파급효과에 대한 경제적 가치를 편익으로 고려함

● **편익항목의 구분**

– 연구개발사업의 편익으로 인정되기 위해서는 그 효과가 해당 사업의 핵심 목표와 부합해야 하며 사업의 결과로부터 직접적으로 얻어지는 것이 어야 함. 이러한 편익은 크게 정(positive)의 편익인 가치창출 편익과 부(negative)의 편익인 비용저감 편익으로 구분할 수 있음.

<표 48> 연구개발부문 예비타당성 조사의 편익항목 구분

구분	세부편익항목	설명
가치창출 편익	소비자 중심 편익	연구개발사업의 효과가 소비자에게 영향을 주는 경우, 후생경제학에 근거
	생산자 중심 편익	연구개발사업의 효과가 생산자에게 영향을 주는 경우, 시장수요접근법이 대표적
비용저감 편익	생산비용저감 편익	자원비용, 공정비용, 연구장비 사용비용, 출장비용 등 각종 생산비용의 저감
	피해비용저감 편익	재난재해, 사고, 질병 등으로 인해 발생하는 피해비용의 저감

출처: 예비타당성조사표준지침연구. 한국과학기술기획평가원. 2016

- 가치창출 편익은 연구개발사업의 결과로 소비자의 후생을 향상시키거나 사업의 산출물이 시장을 통해 거래됨으로서 새롭게 부가가치를 창출하는 것을 사업의 목적으로 할 때 반영할 수 있는 편익항목임. 비용저감 편익은 연구개발사업을 통해 개발된 기술을 적용함으로써 특정 분야에서 기존에 소요되던 비용이 감소하는 것과 관련됨
- 본 연구에서는 항공기 운항의 효율성을 증대시키고 항공안전에 기여할 수 있는 기술개발로 지연을 줄여 항공기 연료를 절감할 수 있고, 항공기 사고를 예방할 수 있으므로 비용저감 편익이 발생할 것임.
- 또한 정시성이 개선되어 항공사(생산자)와 항공여객(소비자)에게 비용편익을 발생할 수 있어 가치창출과 비용저감 편익이 모두 발생할 것임

<표 49> 본 연구를 통한 편익항목

구분	세부편익항목	설명
가치창출 편익	항공여객 편익	항공여객의 정시성 개선으로 여행시간 절감을 통한 시간비용 편익이 발생
	항공사 편익	항공기 정시성을 통해 항공기의 효율적 운영을 통한 항공기 가동시간 및 효율성 개선
비용저감 편익	항공사, 공항 편익	항공기 지연을 방지하여 연료효율을 증대시켜 항공기 연료비용을 절감
	항공여객, 국가(사회)	항공기 안전을 확보하여 항공사고 피해을 저감하고, 항공기를 효과적으로 운영하여 탄소배출량을 저감시킴

나. 편익의 산출 방법

● 편익 산출방법의 설정

– 연구개발사업은 사업 추진과정 및 예산 집행에서의 변동, 목표 달성 및 실제 편익 발생의 가능성, 환경 변화 등 다양한 불확실성이 존재하기 때문에 사전에 편익을 추정하기가 매우 어려움

– 편익항목의 제출하는 사업계획에 따라 세분화하며, 사업계획의 구체화에 의한 명확한 목표 제시가 이루어진 경우에 한하여 편익추정함

– 그러나, 사업의 효과를 대변하는, 화폐가치로 계량화된 편익을 구하기 어렵고, 사업의 목표, 수혜자, 내용 등을 고려할 때 비용편익 분석이 적절치 않다고 판단되는 경우에는 비용효과 분석을 수행함

– 본 연구로 발생되는 편익은 화폐가치로 계량하는 연구가 진행되었으며, 이러한 계량화된 수치가 제시되기도 하였음. 이는 항공기 운용시 Wake 정보를 활용할 경우 ①비행시간 단축과 ② 항공기 효율적 운영을 통한 지연 감소, 이를 통한 ③ 연료비 감소량 ④ 항공기 안전성 증가 등이 아래와 같이 명확하게 나타날 수 있음

● 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RE-CAT)을 통한 비행 시간 단축 및 활주로 수용량 증가 기대

– 후류 분리기준 세분화는 항공기간 간격을 조정함으로써 항공기 이착륙의 시간이 단축될 수 있으며, 후류 정보관리를 통해 출도착 항공기에 대한 관리가 용이함

– 유럽의 프랑스, 영국에서는 분리 기준 세분화를 통해 약 10%의 활주로 수용량 증가하였으며, 특히 영국 히드로 공항의 경우, 시간 기반 분리 기준 적용 등으로 강풍 상황에서 62%의 출도착 지연 감소한 것으로 조사됨

– 우리나라에서도 실증연구를 통해 김포-제주 공항 노선 기준, 전체 비행 운항 시간 중 출·도착 시간 약 1분 감소 시 비행기 대당 평균 유류소비량 약 35 kg 감소한 것으로 조사[19]됨

<표 50> 운항단계별 실제 소요시간 및 연료효율(김포-제주 구간)

구분	Taxi/Idle (In)	Taxi/Idle (Out)	Take-Off	Climb-out	Approach	Cruise	합계
평균 소요시간	4.77	9.98	0.59	1.17	4.25	45.72	66.49
평균 연료효율 (Kg/s)	0.139	0.139	1.303	1.052	0.388	0.718	–

출처 : 항공기 기종별 탄소배출량 측정 및 그에 따른 사회적 비용의 항공 요금화 효과, 2010, 한국항공대학교 대학원, 조윤경

19) 비행시간 단축은 연료비 감소 뿐만 아니라 탄소배출량의 감소와 직접연관됨. 김포-제주 공항 연구에서는 RE-CAT을 통해 이산화탄소 발생량이 약 112 kg 감축 가능한 것으로 조사되었음.이를 연간 김포-제주 운항 편수는 약 87,000편으로 가정하면, 연료 소비량은 3,100톤, 이산화탄소 발생량 약 9,800톤 저감 가능한 것으로 나타남

– 출도착에서의 비행시간 감소에 대해서는 현재 각 공항별로 실제 운항 데이터에 기초하여 분석하면 아래와 같이 추가이동시간이 조사됨. 이는 후류 관리를 통해 충분히 감소할 수 있는 수준에서의 추가시간임

<표 51> 공항별 지상이동 추가시간

단위 : 분

구분	출발지상이동 추가시간				도착지상이동 추가시간			
	김포	김해	제주	인천	김포	김해	제주	인천
2018년 (2020.11)	2.18	2.02	3.55	4.01	1.76	1.9	1.05	2.54
2019년 (2020.12)	1.79	1.77	3.04	3.85	1.5	1.79	1.13	2.59
2020년 (2021.1)	2.48	1.77	2.94	3.93	1.65	1.4	1.02	2.32
평균	2.15	1.85	3.18	3.93	1.64	1.70	1.07	2.48
편차	0.35	0.14	0.33	1.43	0.13	0.26	0.06	0.14
증감율	6.7%	−6.4%	−9.0%	−2%	−3.2%	−14.2%	−1.4%	−4.4%

출처 : 한국공항공사, 인천국제공항공사

● **후류 분리 기준 세분화(Wake Turbulence RE-CAT) 적용에 따른 편익 산출 방법**

– Wake Turbulence RE-CAT과 효과성에 관한 연구(2021, 한국항공운항학회)에서는 경제적 효과성에 대해 측정하였음

– 해당 연구에서는 실증데이터로 항공기 등급을 ICAO, 유럽, 미국의 기준에 따라 재분류하고 분리 간격 변화는 재분류된 항공기의 이륙 순서를 그대로 하고 선행 항공기와 후행 항공기를 쌍(Pair)으로 하여 기존의 ICAO 기준에 따른 분리 간격과 ICAO와 유럽, 미국의 RE-CAT 기준을 적용한 분리 간격을 계산하여 비교하였음

– RE-CAT의 적용에 따른 편익은 출발 대기열, 즉 지상 대기시간 감소에 따른 경제 편익과 환경 편익으로 구분할 수 있으며 경제 편익은 항공사 운항비용과 함께 여객과 화물의 시간가치를 포함함. 그러나 이 연구에서는 RE-CAT 기준 간 비교 및 효용성의 확인에 중점을 두어 운항비용 감소에 대한 편익만을 추정하였음

$$Bfo = \sum_{i}^{n}(NBchg \times ACF_i \times AVGC \times COgnd_i)$$

Bfo : 분리 간격 변화에 대한 운항 편익

I : 항공기 등급(i=1, 2, 3, 4), 1: C급, 2: D급, 3: E급, 4: F급

$NBchg$: 편익 대상 항공편 수

ACF : 항공기 등급의 비율(%)

$AVGC$: 평균 분리 간격의 변화(Min/Flight)

$COgnd$: 시간당 지상 운항비용(원/Hour)

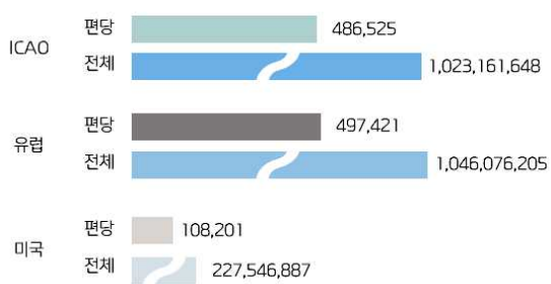
– 축소된 분리간격과 이에 따른 분리거리의 감소량을 운항비용에 대한 절감편익으로 환산한 연구 결과는 다음과 같음.

[분리거리 감소에 따른 운항비용 편익]

(단위 : 원)

구분	RE-CAT		
	ICAO	유럽	미국
C급	313,040,647	320,051,453	69,618,936
D급	30,917,603	31,610,029	6,875,946
E급	679,203,398	694,414,724	151,052,006
전체 편익	1,023,161,648	1,046,076,205	227,546,887
편당 편익	486,525	497,421	108,201

[운항비용 편익]



– 해당 연구에서는 RE-CAT 적용시 두 가지 측면인 수용량증대와 운항 효율성 향상에 효과가 있다는 것을 확인하였으며, ICAO와 유럽 분리기준을 적용할 경우 시간당 7.8~7.9마일이 감소하는 것으로 분석되었음

– 그러므로 본 연구에서 기획된 기술개발의 경우 RE-CAT 적용에 대한 편당 편익을 산출할 경우 약 50만원/편의 편익을 적용함

다. 편익의 추정

● 비행시간 단축에 의한 운항비용 편익

– 비행시간 단축은 항공기 연료소모 감소 및 탄소배출량 감소 등의 편익으로 산출될 수 있음. 이러한 편익효과를 별도로 추정하기 보다는 연관된 개념하에서 편익으로 산출할 수 있음

– 기술개발에 의해 후류 측정과 정보관리를 통해 분리기준을 세분화한다면 공항의 출도착 항공기에 대한 비행시간 단축이 가능해 지며, 각 항공기당 평균 단축되는 시간을 시간가치화 또는 운영비용 감축으로 추정할 수 있음.

– 다만, 이러한 후류 측정관리에 따른 분리기준 세분화는 혼잡한 공항에서 발생할 것이며, 인천, 김포, 제주, 김해 등의 항공기 이착륙이 많은 공항에서 단축효과가 발생할 것임. 해당 공항에서도 모든 시간에서 분리기술 세분화로 비행시간이 단축되기 보다는 항공기 입출항이 많은 혼잡시간에서 이러한 단축효과는 크게 나타날 것임

<표 52> 공항별 운항횟수 수요예측

단위 : 편

구분	김포	김해	인천	제주
2026	117,724	104,108	502,613	157,462
2027	119,725	108,132	522,935	160,192
2028	121,752	112,303	543,910	162,978
2029	123,800	116,628	565,552	165,825
2030	125,051	120,890	594,101	167,501
2031	125,184	123,408	609,650	167,648
2032	125,298	125,905	625,512	167,796
2033	125,386	128,360	641,732	167,943
2034	125,456	130,770	658,314	168,091
2035	125,500	133,118	676,074	168,238
2036	125,534	135,414	693,506	168,352
2037	125,547	137,633	711,355	168,465
2038	125,537	139,774	729,648	168,579
2039	125,511	141,835	748,389	168,692
2040	125,464	143,818	764,829	168,806
2041	125,400	144,785	780,103	168,926
2042	125,321	145,667	795,670	169,047
2043	125,223	146,469	811,509	169,168
2044	125,109	147,202	827,697	169,288
2045	124,982	147,897	844,174	169,409

주 : 1. 코로나로 인해 제6차 공항개발 중장기 수요는 왜곡이 발생하여 5차 공항개발 중장기 계획의 수요를 적용함
2. 국내선은 출도착 항공기가 1/2편으로 함(국내선 출발 공항, 도착공항에서 중복 계상되므로 한 공항만을 계산)

출처 : 제5차 공항개발 중장기 종합 계획, 국토교통부

– 혼잡공항인 4개 거점공항의 경우 C, D, E급 항공기들이 운영되고 있으며, 항공기 출도착시 혼잡이 발생하여 지연의 원인이 되기도 함. 이러한 수용량 한계인 공항에서 후류 분리 기준 적용시 비행시간 단축이 가능해 질 것임

<표 53> 공항별 slot 수용량

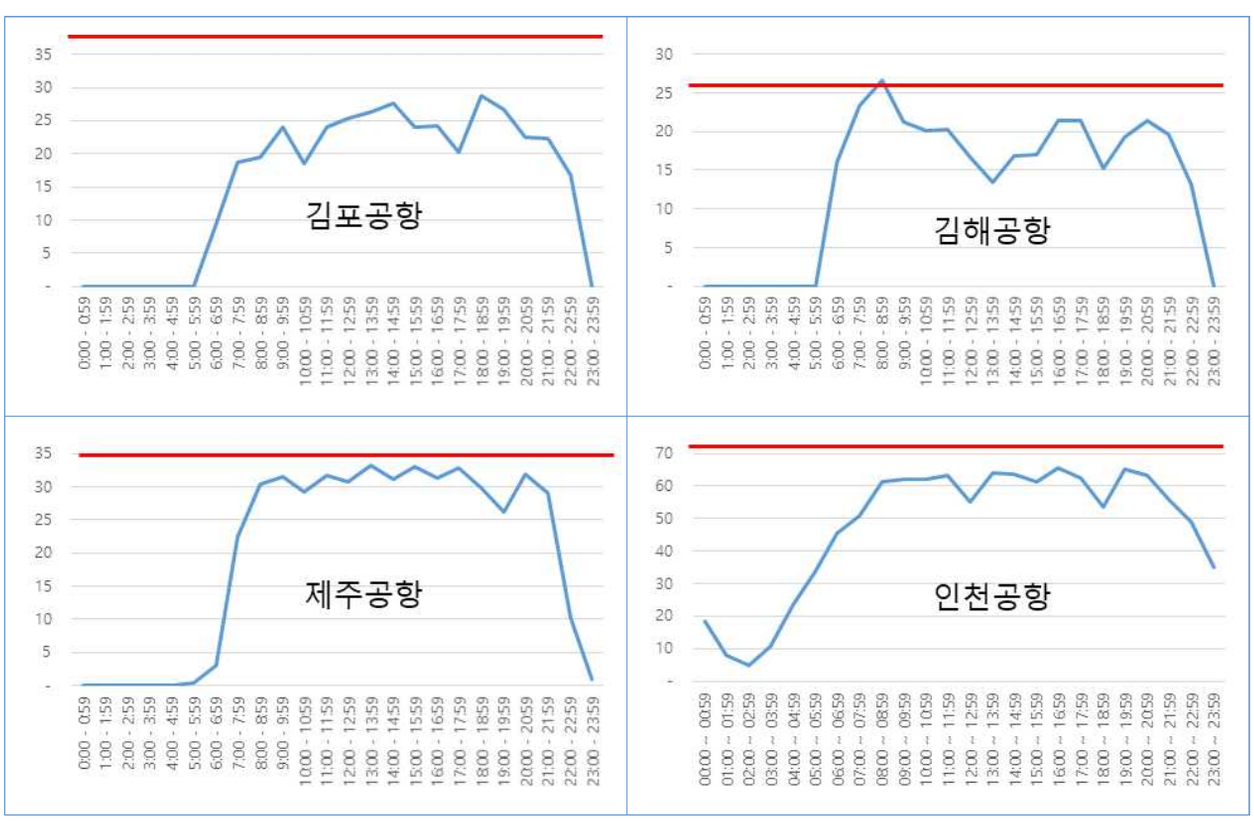
단위 : 편

공항	도착	출발	공항 수용량
제주공항	17	18	35
김해공항	13	13	26
인천공항	37	38	75
김포공항	24	24	48

출처 : 국토교통부

– 해당 공항들은 혼잡(피크시)시간대에 항공기 분리를 적정하게 할 경우 공항의 수용량도 증가하며, 항공기 지상이동 시간 등이 단축될 것임. 다만, 이러한 공항에서 매시간 혼잡이 발생하는 것이 아닌 전체 운영시간 중 혼잡시간에만 적용될 수 있음. 슬랏(수용량) 분석 결과 김포공항은 70%, 김해공항 55%, 제주공항, 80%, 인천공항 70% 시간대에서 혼잡이 발생하는 것으로 분석되어 해당 시간대에서 비행시간 감소 가능함

<그림 104> 공항별 수용량 현황



출처 : 항공통계, 한국공항공사

– 실증연구(Wake Turbulence RE-CAT과 효과성에 관한 연구, 한국항공운항학회, 2021)에서는 측정된 연구에서는 비행편당 50만원의 경제적 효과으로 추정하였음. 이를 수요에 반영할 경우 경제적 효과는 매우 높게 나타남

- 김포공항 : 117,724편(2027년 수요)x0.7(혼잡 적용율)[20]x50만원/편 = 412억원
- 김해공항 : 104,108편(2027년 수요)x0.5(혼잡 적용율)x50만원/편 = 286억원
- 인천공항 : 502,613편(2027년 수요)x0.7(혼잡 적용율)x50만원/편 = 1,759억원
- 제주공항 : 157,462편(2027년 수요)x0.8(혼잡 적용율)x50만원/편 = 824억원

– 연구결과를 적용하면 공항별 400억~1,800억원/년간 경제적 효과가 있는 것으로 추정할 수 있음.

● **비행시간 단축에 의한 유류비용 감소 편익**

– 기존 실증연구에서는 운항비용의 편익을 지상 운항 시간의 감소에 따른 편익으로서 RE-CAT의 대상인 편익 항공편 수와 분리간격의 변화량 및 시간당 지상 운항비용을 이용하여 산출하였음

– 이는 항공기 운항에 소요되는 직접비와 간접비를 모두 합하여 산출하였고, 분리간격에 의한 비행시간 단축에 의한 유류비 감소를 포함하고 있음. 분리간격 감소에 따른 유류비감소의 직접적인 편익으로 본다면 운항비용 중 유류비에 대해 편익을 별도로 산출할 수 있음

<표 54> 시간당 항공기 운항비용

(단위 : 원/시간)

구분	항공기 등급		
	C급	D급	E급
· 승무원 인건비	929,201	2,673,159	2,673,159
· 유류비	1,212,744	3,897,859	3,897,859
· 유지관리비	1,006,065	2,826,887	2,826,887
· 임대료	609,787	2,177,814	2,177,814
· 감가상각비	307,457	1,339,141	1,339,141
· 보험료	25,620	71,740	71,740
합계	4,065,254	12,914,862	11,647,460

주: 한국개발연구원, 공항부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(2019년 소비자 물가지수: 104.85반영)
자료 : Wake Turbulence RE-CAT 적용과 운항 효율성에 관한 연구, 항공운항학회, Vol26. No2., 2021

– RE-CAT 연구에서 평균 감소거리는 7.8~7.9마일로 나타났으며, 이를 위해 거리를 지상 운항시간으로 계산하여야 하는데 서울접근관제소와 인천관제탑 간 협조 절차에 따라 5마일을 1분으로 환산하였음. 그러므로 평균거리 감소인 8마일을 기준으로 하였을 때 시간 절감은 1.6분으로 추정할 수 있음

20) 혼잡적용율은 후류 분리시 혼잡시간대에 적용되므로 수용량 대비 혼잡한 시간대에 대하여 전체 운용시간 중 혼잡시간 비율로 각 공항별 산정 값

– 위의 표에서 유류비 감축에 의한 편익을 산출하며, 시간당 유류비에서 시간절감 평균 1.6분으로 하였을 경우 C급 108,407원[21], D급 344,396원, 310,599원으로 산출될 수 있음.

– 이를 항공수요예측(운항횟수)에 적용하여 편익을 산출할 경우, 2026년부터 적용하여 20년간의 편익을 산출하면 아래와 같음

<표 55> 유류비 감소에 따른 편익 산출

단위 : 백만원

구분	김포	김해	인천	제주	합계
2026	8,241	5,726	35,183	12,597	61,747
2027	8,381	5,947	36,605	12,815	63,749
2028	8,523	6,177	38,074	13,038	65,811
2029	8,666	6,415	39,589	13,266	67,935
2030	8,754	6,649	41,587	13,400	70,390
2031	8,763	6,787	42,676	13,412	71,638
2032	8,771	6,925	43,786	13,424	72,905
2033	8,777	7,060	44,921	13,435	74,194
2034	8,782	7,192	46,082	13,447	75,503
2035	8,785	7,321	47,325	13,459	76,891
2036	8,787	7,448	48,545	13,468	78,249
2037	8,788	7,570	49,795	13,477	79,630
2038	8,788	7,688	51,075	13,486	81,037
2039	8,786	7,801	52,387	13,495	82,469
2040	8,782	7,910	53,538	13,504	83,735
2041	8,778	7,963	54,607	13,514	84,863
2042	8,772	8,012	55,697	13,524	86,005
2043	8,766	8,056	56,806	13,533	87,160
2044	8,758	8,096	57,939	13,543	88,336
2045	8,749	8,134	59,092	13,553	89,528

주 : 제5차 공항개발 중장기 운항횟수 수요예측 결과에 혼잡시간비율 적용하여 C급 항공기 유류비 절감액을 고려하여 산출

– 유류비 감소에 의한 편익은 600억~900억/년으로 나타났으며, 이는 RE-CAT으로 비행시간 단축에 의한 유류비용 감소 편익임[22].

21) C급 시간당 유류비 1,212,744원/시간, 67,754원/분당으로 산출하고 1.6분(감소시간) × 67,754 = 108,407원
22) 운항비용 감소 편익에 유류비 편익을 추출한 것으로 RE-CAT 분리의 연료비 감소 직접 편익임

● 비행시간 단축에 의한 탄소배출량 감소 편익

– 교통시설투자평가지침(6차 개정, 2017)에 따르면 항공부문에서의 탄소 사회적 가치는 평균 163,363원/톤Co2로 나타났으며, 이를 비행시간 단축에 따른 절감액으로 추정

● 항공안전도 향상에 따른 편익

– 항공교통사고는 한국교통연구원 교통사고비용 추정(2016)에 따르면 2016년 기준 항공기 사고 시 약 530억원 정도 소요되는 것으로 조사되었음

– 이를 사고 1건당 교통사고비용으로 추산할 경우 35억으로 나타났음(표 2 참조). 그러므로 년간 1건을 가정하였을 때 항공안전 기여 편익은 연간 35억으로 추정함

4. 경제성 분석

가. 경제성 분석 개요

● **경제성 분석 개념**

– 경제성 분석은 사업의 자원 투입에 따른 활동의 직접적 산출물이 사회적으로 얼마나 많은 경제적 이익이나 성과를 가져오는지를 정량적 또는 정성적으로 측정하고 그 관계를 밝히는 경영관리 활동의 하나임

– 연구개발부문 사업의 경제성 분석에 있어서는 건설 분야와는 달리 실질수요 추정에 기반한 편익 추정이 매우 제한적임. 기술개발과 같은 물리적 제품이 없을 경우에 가치를 측정하는 방법으로서 현시선호접근이나 진술선호접근을 적용한 다양한 방법이 개발되었지만 산출은 현실적으로 어려움이 있음

– 그러나 기술개발과 같은 사업에서 예비타당성 조사시 경제성 분석에서는 비용편익 분석기법을 기본적으로 적용하며, 사업의 특성을 반영하여 비용효과 분석으로 대체 할 수 있음

● **경제성 분석 방법 설정**

– 경제성 분석은 사업 시행으로 예상되는 직접효과와 파급효과의 총합으로 산정 각각의 내용은 다음과 같음

- 비용편익분석 : 사업으로 발생하는 편익과 비용을 비교해서 시행 여부를 평가하는 분석 방식으로 장래의 편익과 비용을 현재가치로 환산
- 비용효과분석 : 비용효과 분석은 사업의 효과를 화폐가치로 환산할 수 없어 시작가격의 측정이 곤란한 공공재나 집합체를 다룰 수 있고, 무형적인 것이나 외부효과를 분석하는데 적합

<표 56> 비용편익 분석과 비용효과 분석의 특성

구분	비용편익분석	비용효과분석
특성	• 효율적인 수단 외에 그 목적이 추구할만한 가치가 있는지 결정 • 화폐단위로 측정하여 비용효과 분석보다 넓은 대상에 대해 명확한 비교가 가능	• 동일한 목적에 대해 가장 효율적인 대안을 찾음 • 화폐단위로 측정하는 문제를 피하기 때문에 비용편익 분석보다 더 폭넓고 쉽게 적용
장점	• 비교가능 대안의 폭이 넓음 • 경제적 효율성 등 비용효과 분석보다 • 많은 의사결정 정보를 제공함	• 외부효과나 무형적인 것의 분석에 용이 • 비효율적인 대안을 제거할 수 있음 • 대안들의 상대적 편익발생 지수를 제시할 수 있음
단점	• 계량화가 어렵거나 주관적이기 쉬움	• 비교가능한 대안의 폭이 좁음 • 최적 편익수준의 결정문제는 해결하지 못함

– 본 연구는 연구개발 사업으로 비용과 편익을 산출이 가능함. 그러나 비용의 경우 개발기간 내에 연구개발비 이외에 기술 개발 후 시스템 구축과 운영에 대한 비용을 산정하는 것은 의미가 없으며, 이는 전체 시스템 중에 일부로 공항 운영기관의 일부 체계이므로 운영비를 산정하는 것은 한계가 있음

– 또한 편익의 경우에도 기술개발 사업으로 생산되는 제품보다는 안전과 공항의 효율성 등으로 추상적인 편익에 해당하며, 이를 가치와 가능하지만 실제 금전적 가치와 부가가치를 나타낼 경우 직접적인 효과로 판단하는데 한계가 있음

– 예를 들어, 수용량 증대와 정시성 개선은 후류관리 시스템뿐만 아니라 타 공항의사결정 시스템 상에서 복합적으로 이루어지기 때문에 해당 연구에서만 발생하는 편익으로 보기는 어려움. 즉, 본 연구의 기술개발 이외에 타 시스템에서의 영향을 고려한다면 이를 모든 편익으로 보았을 경우 중복된 경제적 가치로 산출되어 과대한 경제적 효과가 나타날 수 있음. 그러므로 본 연구에서는 기술개발에 따른 경제적 효과를 분석하여 기술개발에 따른 타당성이 있는지를 검토해 보았음

나. 비용효과 분석

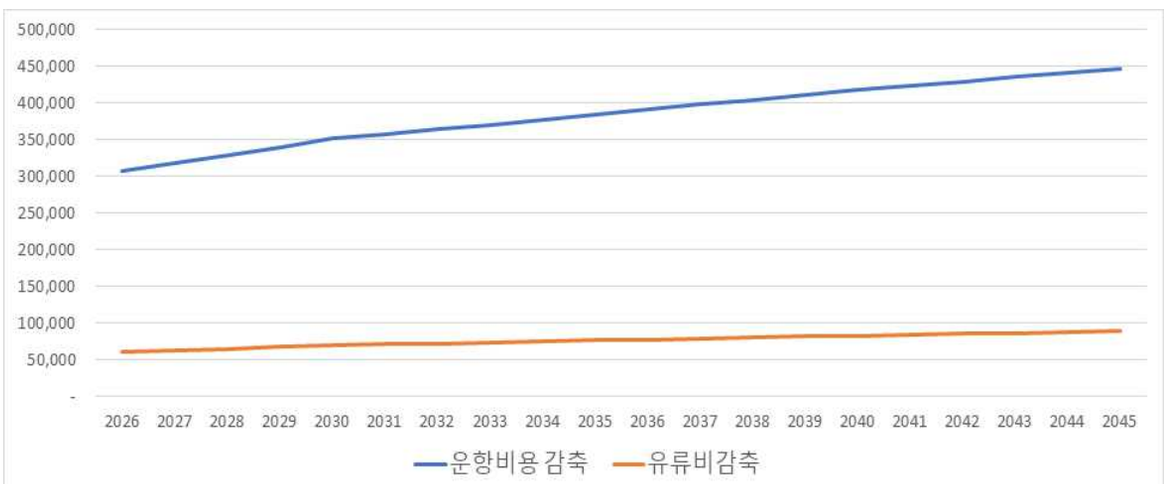
● 비행시간 단축 효과

– 비행시간 단축은 항공기 운항비용 감소에 의한 편익이 발생할 것이며, 운항비용 중 유류비 감축에 의한 편익이 직접적인 편익이 될 것임.

– 분석결과 운항비용 감축은 연간 4,000억원~5,000억원 정도로 나타났음. 이는 김포, 김해, 제주, 인천공항에서 운항하는 항공기들의 분리간격 조정을 통한 운항비용 감축의 총액으로 환산한 것임

<그림 105> 비행시간 단축 비용효과

단위 : 백만원



● 항공안전 사고 감소 효과

– 우리나라 항공사고는 2015~2019년까지 평균 4건이 발생하였음. 이러한 사고는 민간항공 전체에서 발생하는 것으로 경항공기부터 민간여객기까지 포함한 사고임. 공항에서의 사고는 이착륙 중에 발생율이 높으며, 활주로 내에서도 사고가 발생하였음

<표 57> 항공사고 현황

구분	2015	2016	2017	2018	2019
사건발생건수	1	8	5	3	3
준사고발생건수	11	5	1	1	6

자료원 : 국토교통 통계누리, 국토교통부

– 항공사고 비용 추정(2016년 교통사고비용 추정, 한국교통연구원)에서는 연간 항공사고 총 비용을 추정하고 건당 항공사고 비용을 산출하였음. 산출결과는 사고 1건당 약 35억원으로 추정하였음. 이는 항공사고 발생에 따라 차이가 발생할 수 있으나, 사고관련 전체 비용에 대해 비용분해 후 건별 사고를 산출하여 이를 근거로 하였음.

– 항공사고의 우리나라 항공사고는 2015~2019년까지 평균 4건이 발생하였음. 이러한 사고는 민간항공 전체에서 발생하는 것으로 경항공기부터 민간여객기까지 포함한 사고임. 비용 추정은 사고 발생확률을 기반으로 하여 추정할 수 있으나, 연간 사고 감소목표를 고려하여 연간 1건 사고 발생을 감소하는 경제적 효과를 기대함

• 항공사고 감소 효과 : 항공사고 발생 건당 비용 35억원

● 환경비용 감소 효과

– 우리나라 국제항공부문도 연료효율은 개선되고 있으나, 항공 수송량 증가에 따른 연료소비량과 CO2 배출량은 연료효율 개선보다 더 큰 폭으로 증가하고 있는 추세임. 2007년 0.927에서 2017년 0.865으로 8.6% 감소하였으며, 연평균 -0.69%로 감소

– 이와 같이 항공기 증가에 따라 탄소배출량도 증가하고 있으나, 비행시간 단축할 경우 탄소비용 감축에 따른 편익이 발생함. 탄소배출 비용에 대한 사회적 가치는 원단위로 환산시 163,363원/tCo2로 제시되고 있으며, 2021년 물가지수로 환산시 199,565원ㅇ로 산출됨(교통투자시설 투자평가 지침, 2017)

<표 58> 탄소의 사회적 가치(2009년 가격)

구분	영국	스위스	프랑스	독일	평균
탄소잠재가치 (/tCo2)	25.5파운드	100유로	112.39유로	218.6유로	
원환산가치 (원/tCo2)	52.049	139,126	156,969	305,306	163.363 (199,565)

주 : ( ) 2022년 소비자 물가지수 환산시
자료 : 교통시설 투자평가지침, 국토교통부(2017)

– 항공기 후류관리를 통해 항공기의 비행시간 감소의 경우 편익 산출에서와 같이 항공기 편당 1.6분으로 추정할 경우 우리나라 연평균 운항 항공기의 이착륙 시간 단축을 통해 발생되는 연료감소량을 환경비용으로 추산할 수 있음

– 항공기 연료소비는 실증연구[23]에 따르면 C급 항공기 지상에서 연료 소모량은 406.8kg/h로 나타났으며, 비행시간 단축 1.6분을 기준으로 하면, 10.8kg이 소요되는 것으로 추정할 수 있음. 후류 분류 세분화 기준을 적용할 공항의 수요에 적용할 경우 연료소모량과 탄소배출 값이 도출됨.

- 항공기 비행시간 단축 1.6분은 10.8kg/min의 연료 소모 감소
- 감소된 연료에서의 탄소배출은 34.71Co2·Kg/fuel·kg 발생(=10.8×3.2)
  (탄소배출계수 3.2Co2·kg/fuel·kg 적용)
- 탄소거래가격 기준 21.1원Co2·Kg 적용시 732원/Co2·Kg(=34.71×21.1)

23) 정밀접근활주로 등급 상향에 따른 편익산정에 관한 연구항공기 비행단계별 연료소비 분석 및 Tier 3 배출량 산정, 한국항공운항학회지, 2019

<표 59> 연료 감소에 따른 환경편익

단위 : 백만원

구분	김포	김해	인천	제주	합계
2026	22,730	15,793	97,043	34,745	170,312
2027	23,116	16,404	100,966	35,348	175,834
2028	23,507	17,037	105,016	35,963	181,523
2029	23,903	17,693	109,195	36,591	187,381
2030	24,144	18,339	114,707	36,961	194,151
2031	24,170	18,721	117,709	36,993	197,594
2032	24,192	19,100	120,772	37,026	201,090
2033	24,209	19,473	123,903	37,058	204,643
2034	24,223	19,838	127,105	37,091	208,256
2035	24,231	20,194	130,534	37,123	212,083
2036	24,238	20,543	133,900	37,148	215,829
2037	24,240	20,879	137,346	37,173	219,639
2038	24,238	21,204	140,878	37,198	223,519
2039	24,233	21,517	144,496	37,223	227,470
2040	24,224	21,818	147,671	37,249	230,961
2041	24,212	21,964	150,620	37,275	234,071
2042	24,197	22,098	153,625	37,302	237,222
2043	24,178	22,220	156,683	37,328	240,409
2044	24,156	22,331	159,809	37,355	243,650
2045	24,131	22,436	162,990	37,382	246,939

● 장비수입 대체 효과

– 국토부에서는 차세대 항공교통시스템 구축 및 운영을 위한 예산을 지속적으로 확보하여, 첨단 항행안전시설 운영하고 있으며, 기상청에서는 관련 항공기상 장비를 운영·구축하고 있음

– 대부분의 항행안전시설은 해외생산 장비를 사용하고 있으며, 정부에서 관련 장비를 도입하여 설치하고 있음. 후류 탐지 장비 및 시스템 역시 외산 장비를 도입해야 하지만, 기술개발을 통해 국산 장비로 대체할 경우 수입대체 효과가 발생할 것임

<표 44> 국토교통부 ATM 관련 항행안전시설 및 기상청 항공기상시설 예산(단위 : 백만원)

세사업 명	2016년 예산액	2017년 예산액	2018년 예산액	2019년 예산액	2020년 예산액
항행안전시설 운영(국토부)	6,528	11,739	11,498	11,530	14,450
항행안전시설 구축(국토부)	45,709	20,246	19,022	12,076	9,571
항공기상시설 운영 및 구축(기상청)	762	196	196	287	923
합 계	52,999	32,181	30,716	23,893	24,944

– 유사 제품으로는 미국 Lockheed Martin 社의 WindTracer 장비가 있으며, 장비의 비용은 대당 약 25억원 수준으로, 4개 공항(김포, 김해, 인천, 제주)에 설치를 가정하면 약 100억원 정도 규모이고, 장비의 유지보수 비용은 연간 10억 정도로 추산됨[24)]

● **경제적 효과 종합**

– 후류 탐지 및 관리 기술개발에 의한 경제적 효과는 아래와 같음

<표 60> 경제적 효과 종합

단위 : 백만원

구분	비행시간단축			항공안전증가	수입대체효과
	운항비용감축	유류비감축	배출가스절감		
2026	308,733	61,747	170,312	3,500	10,000
2027	318,744	63,749	175,834	3,500	2,500
2028	329,056	65,811	181,523	3,500	2,500
2029	339,676	67,935	187,381	3,500	2,500
2030	351,948	70,390	194,151	3,500	2,500
2031	358,188	71,638	197,594	3,500	2,500
2032	364,526	72,905	201,090	3,500	2,500
2033	370,968	74,194	204,643	3,500	2,500
2034	377,517	75,503	208,256	3,500	2,500
2035	384,453	76,891	212,083	3,500	2,500
2036	391,244	78,249	215,829	3,500	10,000
2037	398,151	79,630	219,639	3,500	2,500
2038	405,184	81,037	223,519	3,500	2,500
2039	412,347	82,469	227,470	3,500	2,500
2040	418,675	83,735	230,961	3,500	2,500
2041	424,313	84,863	234,071	3,500	2,500
2042	430,024	86,005	237,222	3,500	2,500
2043	435,802	87,160	240,409	3,500	2,500
2044	441,678	88,336	243,650	3,500	2,500
2045	447,639	89,528	246,939	3,500	2,500

24) 자료 출처 : https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/windtracer.html)

제5장

자원투입 계획



제1절 인력투입계획
제2절 소요예산 투입계획

제 5 장

자원투입 계획

제1절. 인력투입계획

1. 구성요소 사업별 중점분야별 소요인력

● 세부과제 3개별 구성요소기술 15개의 연구내용별 총 소요인력을 산출한 결과 886명 연구인력 (産·學·硏 연구자 연평균 180명)과 총 102.1억원(국비 77.8억원, 민자 24.3억원)의 비용이 필요한 것으로 산출되었음.

<표 62> 세부과제별 인력투입계획

(단위: 명)

세부과제		연도					계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
1. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발	1.1 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발	8	8	11	11	11	49
	1.2 분리기준 산출 기준 기술 개발	7	7	7	18	18	57
	1.3 Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축	6	6	6	9	9	36
	1.4 RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발	7	7	7	11	11	43
	1.5 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발	5	5	5	12	12	39
	1.6 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발	6	6	6	15	15	48
2. 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발	2.1 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발	31	31	31	16	16	125
	2.2 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발	25	25	25	20	20	115
	2.3 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발	12	12	12	14	14	64
	2.4 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발	12	12	12	22	22	80
3. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발	3.1 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원	7	7	7	23	23	67
	3.2 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발	4	4	6	12	12	38
	3.3 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발	6	6	6	16	16	50
	3.4 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발	6	6	9	15	15	51
	3.5 ICAO 등 국제 기술협력 지원	3	3	3	7	8	24
계		145	145	153	221	222	886

2. 세부과제 별 투입 인력

<표 63> [세부과제1]활주로 운영 및 의사 결정 지원 기술개발 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	11	11	12	20	20	74
석사급	13	13	13	28	28	95
학사급	15	15	17	28	28	103
계	39	39	42	76	76	272

<표 64> [세부과제2] 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	19	19	19	15	15	87
석사급	27	27	27	24	24	129
학사급	34	34	34	33	33	168
계	80	80	80	72	72	384

<표 65> [세부과제3] 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	7	7	8	20	20	62
석사급	11	11	14	27	28	91
학사급	8	8	9	26	26	77
계	26	26	31	73	74	230

3. 세세부 과제별 투입 인력

<표 66> [세부과제1-1]이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	3	3	3	13
석사급	3	3	3	4	4	17
학사급	3	3	5	4	4	19
계	8	8	11	11	11	49

<표 67> [세부과제1-2] 분리기준 산출 기준 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	2	4	4	14
석사급	2	2	2	8	8	22
학사급	3	3	3	6	6	21
계	7	7	7	18	18	57

<표 68> [세부과제1-3] Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	2	3	3	12
석사급	2	2	2	3	3	12
학사급	2	2	2	3	3	12
계	6	6	6	9	9	36

<표 69> [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	2	3	3	12
석사급	2	2	2	3	3	12
학사급	3	3	3	5	5	19
계	7	7	7	11	11	43

<표 70> [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	1	1	1	3	3	9
석사급	2	2	2	5	5	16
학사급	2	2	2	4	4	14
계	5	5	5	12	12	39

<표 71> [세부과제1-6] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	2	4	4	14
석사급	2	2	2	5	5	16
학사급	2	2	2	6	6	18
계	6	6	6	15	15	48

<표 72> [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	7	7	7	3	3	27
석사급	11	11	11	5	5	43
학사급	13	13	13	8	8	55
계	31	31	31	16	16	125

<표 73> [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	6	6	6	4	4	26
석사급	9	9	9	8	8	43
학사급	10	10	10	8	8	46
계	25	25	25	20	20	115

<표 74> [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	3	3	3	3	3	15
석사급	4	4	4	4	4	20
학사급	5	5	5	7	7	29
계	12	12	12	14	14	64

<표 75> [세부과제2-4] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	3	3	3	5	5	19
석사급	3	3	3	7	7	23
학사급	6	6	6	10	10	38
계	12	12	12	22	22	80

<표 76> [세부과제3-1] 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	2	6	6	18
석사급	3	3	3	8	8	25
학사급	2	2	2	9	9	24
계	7	7	7	23	23	67

<표 77> [세부과제3-2] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	1	1	2	4	4	12
석사급	2	2	2	4	4	14
학사급	1	1	2	4	4	12
계	4	4	6	12	12	38

<표 78> [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	1	1	1	3	3	9
석사급	2	2	2	5	5	16
학사급	3	3	3	8	8	25
계	6	6	6	16	16	50

<표 79> [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	2	2	2	4	4	14
석사급	3	3	6	7	7	26
학사급	1	1	1	4	4	11
계	6	6	9	15	15	51

<표 80> [세부과제3-5] ICAO 등 국제 기술협력 지원 연차별 인력 구성

(단위: 명)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
박사급	1	1	1	3	3	9
석사급	1	1	1	3	4	10
학사급	1	1	1	1	1	5
계	3	3	3	7	8	24

제2절. 소요예산 투입계획

1. 총괄 예산

- 세부과제 3개별 구성요소기술 15개의 연구내용별 총 예산은 총 316.5억원(국비 260억원, 민자 56.5억원)의 비용이 필요한 것으로 산출되었음.

<표 81> 세부과제별 예산투입계획

(단위: 백만원)

세부과제		연도					계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
1. Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원기술 개발	1.1 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발	204.0	206.0	208.3	242.4	212.1	1,072.8
	1.2 분리기준 산출 기준 기술 개발	198.0	240.0	340.0	600.0	525.0	1,903.0
	1.3 Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축	138.0	340.0	561.0	416.4	237.3	1,692.7
	1.4 RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발	204.0	206.0	221.0	291.6	276.2	1,198.8
	1.5 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발	162.0	192.0	306.0	432.0	357.0	1,449.0
	1.6 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발	114.0	146.0	318.8	921.6	933.5	2,433.8

세부과제		연도					계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
2. 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발	2.1 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발	1,385.0	2,216.0	2,374.8	440.0	240.5	6,656.3
	2.2 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발	710.0	1,136.0	994.0	561.0	351.0	3,752.0
	2.3 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발	335.0	536.0	647.5	605.0	370.5	2,494.0
	2.4 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발	270.0	432.0	708.8	1,094.0	793.0	3,297.8
3. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발	3.1 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원	165.0	192.5	275.0	440.0	495.0	1,567.5
	3.2 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발	90.0	105.0	150.0	240.0	270.0	855.0
	3.3 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발	105.0	122.5	175.0	280.0	315.0	997.5
	3.4 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발	150.0	175.0	250.0	400.0	450.0	1,425.0
	3.5 ICAO 등 국제 기술협력 지원	90.0	105.0	150.0	240.0	270.0	855.0
계		4,320.0	6,350.0	7,680.0	7,204.0	6,096.0	31,650.0

가. 활주로 운영 및 의사 결정 지원 기술개발

(단위: 백만원)

연도	연구목표 및 연구내용	예산
1차년도 (12개월)	• ATC 시스템 연계를 위한 콤포넌트 별 프로토콜 분석 • Wake 정보 활용을 위한 연계 프로토콜 설계 • ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 • 연계 모듈 통합 인터페이스 설계 Ⅰ • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 Ⅰ • RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅰ • 교육 프로그램 개발 Ⅰ • 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅰ	1,020
2차년도 (12월)	• Wake 정보 활용을 위한 데이터 표준화 설계 • 비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 설계 • Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 설계 • ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 구현 • RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅱ • 공항수용량 효과성 분석 연구 Ⅰ • 연계 모듈 통합 인터페이스 설계 및 제작 Ⅱ • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 및 제작 Ⅱ • Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현 Ⅰ • 교육 프로그램 개발 Ⅱ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅰ • 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅱ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅰ	1,330
3차년도 (12개월)	• Wake 정보 데이터 표출 시스템 설계 • RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅲ • 공항수용량 효과성 분석 연구 Ⅱ • Wake 연계 활주로 운영지원 연계 기술 구현 Ⅱ • 분리기준 산출 기술 구현 • 연계 모듈 통합 인터페이스 제작 • 실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 제작 • 교육 프로그램 개발 Ⅲ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅱ • 활주로 운영 지원 시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅲ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅱ • 단위 시스템 연계 및 시스템 통합	1,955
4차년도 (12개월)	• RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅳ • 교육 프로그램 개발 Ⅳ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅲ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅲ • 활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 및 검증 기술 개발 Ⅰ • 활주로 운영 지원 정보 효과성 및 효율성 검증 기술 개발 Ⅰ • 성능 평가 및 시스템 통합 검증 Ⅰ • ATCS 현업 연계 및 현장 검증 Ⅰ	2,904
5차년도 (12개월)	• RECAT 및 TBS 기준 산출 연구 Ⅴ • 교육 프로그램 개발 Ⅴ • 교육 시뮬레이터 개발 Ⅳ • 활주로 운영 지원 정보의 정확도 산출 기술 개발 Ⅳ • 활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 및 검증 기술 개발 Ⅱ • 활주로 운영 지원 정보 효과성 및 효율성 검증 기술 개발 Ⅱ • 성능 평가 및 시스템 통합 검증 Ⅱ • ATCS 현업 연계 및 현장 검증 Ⅱ	2,541
합계	–	9,750

나. 실시간 Wake 탐지 시스템 개발

(단위: 백만원)

연도	연구목표 및 연구내용	예산
1차년도 (12개월)	• 청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술 개발 Ⅰ • 청천 풍향/풍속 측정 레이더 신호검출 설계 기술 개발 Ⅰ • 전방향 측정을 위한 구동부 설계 기술 개발 Ⅰ • 신호 발생기 및 전원부 설계 기술 개발 Ⅰ • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술 개발 Ⅰ • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 부품 제작 Ⅰ	2,700
2차년도 (12월)	• 청천 풍향/풍속 측정 도플러 LiDAR 신호검출 설계 기술 개발 Ⅱ • 청천 풍향/풍속 측정 레이더 신호검출 설계 기술 개발 Ⅱ • 전방향 측정을 위한 구동부 설계 기술 개발 Ⅱ • 신호 발생기 및 전원부 설계 기술 개발 Ⅱ • 시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술 개발 Ⅰ • WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술 개발 Ⅰ • 데이터 연계 시스템 프로토콜 및 API 분석 • 데이터 활용 시스템과 연계를 위한 데이터 프로토콜 설계 • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅰ • WAKE 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발 Ⅰ • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 부품 제작 Ⅱ	4,320
3차년도 (12개월)	• 시스템별 3차원 탐지 정보 산출 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지 시스템 산출 정보 통합 기술 개발 Ⅱ • 통합 연계 운영을 위한 시뮬레이션 시스템 설계 및 제작 • 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축 • WAKE 탐지시스템 기본 성능 시험 평가 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지 시스템 장비 및 산출 데이터 신뢰도 평가 기술 개발 Ⅱ • 전천후 난류 탐지 시스템 시제품 제작 • WAKE 탐지장비 기본성능 평가 Ⅰ • WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가 Ⅰ • WAKE 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계 Ⅰ	4,725
4차년도 (12개월)	• 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 보완 Ⅰ • ATCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술 개발 Ⅰ • WAKE 탐지장비 기본성능 평가 Ⅱ • WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가 Ⅱ • WAKE 탐지장비(LIDAR/RADAR)별 위치 선정 기술 개발 • WAKE 탐지 시스템 검증을 위한 실증 시나리오 설계 Ⅱ • 탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증 Ⅰ	2,700
5차년도 (12개월)	• 센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 보완 Ⅱ • ATCS 연계를 위한 통합시스템 프로토콜 연계 기술 개발 Ⅱ • WAKE 탐지장비 기본성능 평가 Ⅲ • WAKE 탐지장비 안전성/신뢰성 시험 평가 Ⅲ • 탐지장비 및 시스템 프로토 타입 현장 운영을 통한 시스템 검증 Ⅱ	1,755
합계	–	16,200

다. 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

(단위: 백만원)

연도	연구목표 및 연구내용	예산
1차년도 (12개월)	• 국내 항행안전시설 분류 기준 검토 및 해외 사례 조사 • 항행안전시설 적용(안) 도출 • 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능 개발을 위한 공항 환경 분석 • 탐지 시스템 최소 운영 요구 성능(안) 개발 • 관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출 • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅰ	600
2차년도 (12월)	• 공항별 RECAT 적용 사전 결과(안) 도출 • 탐지 시스템 운영을 위한 공항 환경 분석 • RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출 • 탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 시스템 운영(안) 도출 • 기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발 • 설치 운영에 필요한 법제도 정비방안 조사 • 시스템 검증 상세 규정(안) 개발 Ⅰ • SW 개발 검증을 위한 표준 평가 모델 및 평가 알고리즘 개발 Ⅰ • 실증 연구를 위한 임시허가 관련 조사 • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅱ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅰ	700
3차년도 (12개월)	• Wake/RECAT 운영 매뉴얼(안) 도출 • 관측 시스템 사용 허가(안) 연구 • 신뢰성 시험 평가 절차서(안) 개발 • 시스템 검증 상세 규정(안) 개발 Ⅱ • SW 개발 검증을 위한 표준 평가 모델 및 평가 알고리즘 개발 Ⅱ • 운영/의사결정지원 시스템 검증 Ⅰ • WAKE 탐지시스템 검증 Ⅰ • 임시허가를 위한 시험 및 검사 Ⅰ • 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계 Ⅰ • 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발 Ⅰ • 관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축 Ⅰ • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅲ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅱ	1,000
4차년도 (12개월)	• 공항별 TBS 적용 사전 결과(안) 도출 • Wake/TBS 운영 매뉴얼(안) 도출 • 운영/의사결정지원 시스템 검증 Ⅱ • WAKE 탐지시스템 검증 Ⅱ • WAKE탐지장비 안전성 평가 검증 Ⅱ • 임시허가를 위한 시험 및 검사 Ⅱ • 실증 연구용 임시허가 인증 • 탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계 Ⅱ • 시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발 Ⅱ • 관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축 Ⅱ • 실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영 Ⅰ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅲ • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅳ	1,600
5차년도 (12개월)	• TBS 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출 • 운영/의사결정지원 시스템 검증 Ⅲ • WAKE탐지장비 안전성 평가 검증 Ⅲ • 실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영 Ⅱ • WAKE 관련 ICAO 의제 대응 Ⅴ • Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발 Ⅳ	1,800
합계	-	5,700

2. 세부과제 별 예산

<표 82> [세부과제] 총괄 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	1,672.1	1,672.1	1,764.7	2,542.5	2,554.6	10,205.9
재료비	1,864.6	3,774.8	4,846.5	3,105.6	2,025.5	15,617.1
연구활동비	298.3	328.3	360.6	563.3	575.1	2,125.5
연구수당	217.3	217.3	229.3	330.5	332.0	1,326.4
간접비	267.8	357.6	478.8	662.2	608.8	2,375.1
계	4,320.0	6,350.0	7,680.0	7,204.0	6,096.0	31,650.0

<표 83> [세부과제1]활주로 운영 및 의사 결정 지원 기술개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	455.1	455.1	487.4	886.0	886.0	3,169.7
재료비	332.0	624.2	1,158.2	1,472.4	1,133.7	4,720.6
연구활동비	91.0	91.0	97.5	177.2	177.2	633.8
연구수당	59.1	59.1	63.3	115.2	115.2	411.9
간접비	82.8	100.6	148.6	253.2	228.9	814.0
계	1,020.0	1,330.0	1,955.0	2,904.0	2,541.0	9,750.0

<표 84> [세부과제2]실시간 Wake 탐지 시스템 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	907.1	907.1	907.1	798.9	798.9	4,319.1
재료비	1,444.0	3,007.0	3,383.7	1,516.5	630.6	9,981.7
연구활동비	136.0	136.0	136.0	111.8	111.8	631.7
연구수당	117.9	117.9	117.9	103.8	103.8	561.4
간접비	95.0	152.0	180.3	169.0	109.9	706.1
계	2,700.0	4,320.0	4,725.0	2,700.0	1,755.0	16,200.0

<표 85> [세부과제3] 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	309.8	309.8	370.2	857.6	869.7	2,717.1
재료비	88.7	143.7	304.6	116.7	261.2	914.8
연구활동비	71.2	101.2	127.1	274.3	286.1	860.0
연구수당	40.3	40.3	48.1	111.5	113.0	353.1
간접비	90.0	105.0	150.0	240.0	270.0	855.0
계	600.0	700.0	1,000.0	1,600.0	1,800.0	5,700.0

3. 세세부 과제별 예산

<표 86> [세부과제1-1]이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	92.6	92.6	125.0	128.9	128.9	568.0
재료비	80.8	82.8	42.0	71.0	40.7	317.4
연구활동비	18.5	18.5	25.0	25.8	25.8	113.6
연구수당	12.0	12.0	16.2	16.8	16.8	73.8
간접비	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
계	204.0	206.0	208.3	242.4	212.1	1,072.8

<표 87> [세부과제1-2] 분리기준 산출 기준 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	80.6	80.6	80.6	209.4	209.4	660.6
재료비	61.1	96.8	181.8	231.5	167.7	739.0
연구활동비	16.1	16.1	16.1	41.9	41.9	132.1
연구수당	10.5	10.5	10.5	27.2	27.2	85.9
간접비	29.7	36.0	51.0	90.0	78.8	285.5
계	198.0	240.0	340.0	600.0	525.0	1,903.0

<표 88> [세부과제1-3] Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	72.4	72.4	72.4	108.6	108.6	434.5
재료비	39.9	237.9	455.5	267.1	90.7	1,091.2
연구활동비	14.5	14.5	14.5	21.7	21.7	86.9
연구수당	9.4	9.4	9.4	14.1	14.1	56.5
간접비	1.8	5.8	9.2	4.8	2.1	23.6
계	138.0	340.0	561.0	416.4	237.3	1,692.7

<표 89> [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	80.6	80.6	80.6	125.0	125.0	491.8
재료비	78.8	80.8	96.8	103.8	88.9	449.2
연구활동비	16.1	16.1	16.1	25.0	25.0	98.3
연구수당	10.5	10.5	10.5	16.2	16.2	63.9
간접비	18.0	18.0	17.0	21.6	21.0	95.6
계	204.0	206.0	221.0	291.6	276.2	1,198.8

<표 90> [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	56.4	56.4	56.4	140.9	140.9	451.1
재료비	62.6	88.1	185.0	179.8	116.1	631.7
연구활동비	11.3	11.3	11.3	28.2	28.2	90.2
연구수당	7.3	7.3	7.3	18.3	18.3	58.6
간접비	24.3	28.8	45.9	64.8	53.6	217.4
계	162.0	192.0	306.0	432.0	357.0	1,449.0

<표 91> [세부과제1-6] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	72.4	72.4	72.4	173.2	173.2	563.7
재료비	8.7	37.7	196.9	619.2	629.5	1,492.1
연구활동비	14.5	14.5	14.5	34.6	34.6	112.7
연구수당	9.4	9.4	9.4	22.5	22.5	73.3
간접비	9.0	12.0	25.5	72.0	73.5	192.0
계	114.0	146.0	318.8	921.6	933.5	2,433.8

<표 92> [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	350.8	350.8	350.8	173.6	173.6	1,399.6
재료비	916.0	1,735.0	1,890.8	219.7	22.3	4,784.0
연구활동비	52.6	52.6	52.6	18.0	18.0	193.9
연구수당	45.6	45.6	45.6	22.6	22.6	181.9
간접비	20.0	32.0	35.0	6.0	3.9	96.9
계	1,385.0	2,216.0	2,374.8	440.0	240.5	6,656.3

<표 93> [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	286.1	286.1	286.1	225.8	225.8	1,309.9
재료비	333.8	753.8	613.8	264.0	56.8	2,022.1
연구활동비	42.9	42.9	42.9	33.9	33.9	196.5
연구수당	37.2	37.2	37.2	29.4	29.4	170.3
간접비	10.0	16.0	14.0	8.0	5.2	53.2
계	710.0	1,136.0	994.0	561.0	351.0	3,752.0

<표 94> [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	137.0	137.0	137.0	153.4	153.4	717.9
재료비	114.6	288.6	393.4	333.6	125.4	1,255.6
연구활동비	20.6	20.6	20.6	23.0	23.0	107.7
연구수당	17.8	17.8	17.8	19.9	19.9	93.3
간접비	45.0	72.0	78.8	75.0	48.8	319.5
계	335.0	536.0	647.5	605.0	370.5	2,494.0

<표 95> [세부과제2-4] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	133.2	133.2	133.2	246.1	246.1	891.6
재료비	79.5	229.5	485.8	699.1	426.1	1,920.0
연구활동비	20.0	20.0	20.0	36.9	36.9	133.7
연구수당	17.3	17.3	17.3	32.0	32.0	115.9
간접비	20.0	32.0	52.5	80.0	52.0	236.5
계	270.0	432.0	708.8	1,094.0	793.0	3,297.8

<표 96> [세부과제3-1] 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	84.5	84.5	84.5	265.9	265.9	785.2
재료비	25.4	48.8	118.9	12.4	59.1	264.6
연구활동비	19.4	19.4	19.4	61.2	61.2	180.6
연구수당	11.0	11.0	11.0	34.6	34.6	102.1
간접비	24.8	28.9	41.3	66.0	74.3	235.1
계	165.0	192.5	275.0	440.0	495.0	1,567.5

<표 97> [세부과제3-2] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	48.3	48.3	72.4	144.8	144.8	458.6
재료비	10.9	23.6	29.0	7.1	32.6	103.1
연구활동비	11.1	11.1	16.7	33.3	33.3	105.4
연구수당	6.3	6.3	9.4	18.8	18.8	59.6
간접비	13.5	15.8	22.5	36.0	40.5	128.3
계	90.0	105.0	150.0	240.0	270.0	855.0

<표 98> [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	64.6	64.6	64.6	173.6	173.6	541.2
재료비	1.4	16.2	60.9	1.9	31.6	111.9
연구활동비	14.9	14.9	14.9	39.9	39.9	124.4
연구수당	8.4	8.4	8.4	22.6	22.6	70.3
간접비	15.8	18.4	26.3	42.0	47.3	149.6
계	105.0	122.5	175.0	280.0	315.0	997.5

<표 99> [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	76.3	76.3	112.4	181.0	181.0	627.0
재료비	23.8	45.0	59.6	93.9	136.4	358.6
연구활동비	17.5	17.5	25.9	41.6	41.6	144.2
연구수당	9.9	9.9	14.6	23.5	23.5	81.5
간접비	22.5	26.3	37.5	60.0	67.5	213.8
계	150.0	175.0	250.0	400.0	450.0	1,425.0

<표 100> [세부과제3-5] ICAO 등 국제 기술협력 지원 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

예산구분	연도					계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
인건비	36.2	36.2	36.2	92.3	104.3	305.2
재료비	27.3	10.0	36.3	1.5	1.5	76.6
연구활동비	8.3	38.3	50.3	98.3	110.1	305.4
연구수당	4.7	4.7	4.7	12.0	13.6	39.6
간접비	13.5	15.8	22.5	36.0	40.5	128.3
계	90.0	105.0	150.0	240.0	270.0	855.0

4. 세세부 과제별 연구시설 장비비 목록

<표 101> [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	HMI	교육용 관제 시스템	1	40,000	40,000
2차년도	HMI	교육용 관제 시스템	1	40,000	40,000
3차년도	-	-	-	-	-
4차년도	-	-	-	-	-
5차년도	-	-	-	-	-

<표 102> [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	분석 장비	기본 측정 성능 분석용 Workstation	1	20,000	20,000
2차년도	분석 장비	표준 평가 모델 분석용 Workstation	1	25,000	25,000
3차년도	-	-	-	-	-
4차년도	-	-	-	-	-
5차년도	-	-	-	-	-

<표 103> [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	레이저 광원 및 레이더 발진기 설계 구성 신호획득설계구성	레이저 및 레이더 발진기 광학망원경 (송수신경로분리형,20cm이상급) 위상안테나	2 2	150,000 25,000	350,000
2차년도	광원 측정장비	레이저 빔 프로파일러, 파워미터 등	1	100,000	100,000
3차년도	-	-	-	-	-
4차년도	-	-	-	-	-
5차년도	-	-	-	-	-

<표 104> [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	제어 시스템	운영 및 제어 H/W	2	80000	160,000
2차년도	데이터 ATP (취득/전송/처리) 기술 개발	서브 시스템 인터페이스 데이터연계처리용 시스템 구성	1 2	150,000 29,000	208,000
3차년도	HMI	HMI UI 표출용 시스템 구성	2	27,000	54,000
4차년도	-	-	-	-	-
5차년도	-	-	-	-	-

<표 105> [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	데이터 획득 장치	고속 데이터 회득 장치	2	55,000	110,000
2차년도	센서류	데이터 비교 측정용 센서	20	5,000	100,000
3차년도	분석 시스템	데이터 분석 시스템	2	25,000	50,000
4차년도	-	-	-	-	-
5차년도	-	-	-	-	-

<표 106> [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	-	-	-	-	-
2차년도	-	-	-	-	-
3차년도	Wind Generator	Wind Generator	1	58,000	58,000
4차년도	-	-	-	-	-
5차년도	공간데이터처리장치	병렬처리 장치, 공간 데이터 수집/처리 공간 10TB 이상	1	25,000	25,000

<표 107> [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구시설 장비비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	-	-	-	-	-
2차년도	데이터 플랫폼 구축	1차 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 실증 데이터 플랫폼 구축	1	35,000	35,000
3차년도	데이터 플랫폼 구축 네트워크시스템	1차 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 실증 데이터 플랫폼 구축 공유데이터처리및분석처리용네트워크 시스템	1 2	30,000 15,500	45,500
4차년도	실증 플랫폼 구축	2차 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 실증 데이터 플랫폼 구축	1	50,000	50,000
5차년도	실증 플랫폼 구축	2차 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 실증 데이터 플랫폼 구축	1	80,000	80,000

5. 세세부 과제별 연구 재료비 목록

<표 108> [세부과제1-1]이종 시스템 데이터 연계 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	연계데이터처리장치 기타 S/W 연계데이터처리장치	ATC 연계 모듈 개발 소모품 개발S/W라이선스및소모품 연계 데이터 처리용 병렬처리 장치	1 1 1 1	20,000 5,590 25,200 30,000	80,790
2차년도	연계데이터처리장치 기타 S/W	ATC 연계 모듈 개발 소모품 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1	40,000 4,990 37,800	82,790
3차년도	연계데이터처리장치 기타 S/W	ATC 연계 모듈 개발 소모품 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1	15,000 2,032 25,000	42,032
4차년도	연계데이터처리장치 기타 S/W	ATC 연계 모듈 개발 소모품 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1	50,000 864 20,160	71,024
5차년도	연계데이터처리장치 기타 S/W	ATC 연계 모듈 개발 소모품 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1	23,000 84 17,640	40,724

<표 109> [세부과제1-2] 분리기준 산출 기준 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	S/W Workstation	시뮬레이션 S/W 임차 및 전산소모품 시뮬레이션용 Workstation	1 1	21,123 40,000	61,123
2차년도	S/W Workstation	시뮬레이션 S/W 임차 및 전산소모품 시뮬레이션용 Workstation	1 1	56,823 40,000	96,823
3차년도	연동 모듈 S/W Workstation	개발 알고리즘 연계 시스템 시뮬레이션&개발용S/W임차및재료비 시뮬레이션용 Workstation	1 2 1	37,000 52,412 40,000	181,823
4차년도	네트워크 및 연계 설계 S/W Workstation	테스트 베드 연계를 위한 네트워크 시스템 및 연계 시스템 시뮬레이션&개발용S/W임차및재료비 시뮬레이션용 Workstation	1 2 1	67,000 54,248 56,000	231,495
5차년도	네트워크 및 연계 설계 S/W	테스트 베드 연계를 위한 네트워크 시스템 및 연계 시스템 시뮬레이션&개발용S/W임차및재료비	1 2	45,000 61,372	167,745

<표 110> [세부과제1-3] Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	S/W Workstation	인터페이스라이선스및소모품 CWP 표출용 Workstation	1 1	11,897 28,000	39,897
2차년도	연계데이터처리장치 S/W 저장장치 S/W Workstation	연계 네트워크 및 통합 DB 시스템 구축 개발용S/W라이선스및소모품 DB데이터연계저장장치 인터페이스라이선스및소모품 CWP 표출용 Workstation	1 1 1 1 2	100,000 28,500 17,500 35,937 28,000	237,937
3차년도	연계데이터처리장치 S/W 네트워크시스템 S/W Workstation	1차 테스트 베드 연계 네트워크 시스템 구축 개발용S/W라이선스및소모품 L3Switch등네트워크시스템 인터페이스라이선스및소모품 CWP 표출용 Workstation	1 1 1 1 2	208,800 81,517 42,000 67,200 28,000	455,517
4차년도	연계데이터처리장치 S/W 네트워크시스템 S/W	2차 테스트 베드 연계 네트워크 시스템 구축 개발용S/W라이선스및소모품 L3Switch등네트워크시스템 인터페이스라이선스및소모품	1 1 1 1	100,000 66,341 42,000 58,800	267,141
5차년도	S/W S/W	개발용 S/W 라이선스 및 소모품 인터페이스라이선스및소모품	1 1	34,041 56,700	90,741

<표 111> [세부과제1-4] RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	교육 프로그램 개발 기타 S/W	교육용 관제 시스템 개발 기타소모품 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1	18,000 5,823 15,000	38,823
2차년도	교육 프로그램 개발 기타 S/W	RECAT 연계 교육용 관제 시스템 개발 기타소모품 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1	21,000 4,823 15,000	40,823
3차년도	교육 프로그램 개발 기타 교육프로그램개발 S/W	RECAT 연계 교육용 관제 시스템 개발 기타소모품 RECAT연계의사결정시스템인터페이스 개발 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1 1	40,000 2,223 25,000 29,600	96,823
4차년도	교육 프로그램 개발 기타 교육프로그램개발 S/W	TBS 연계 교육용 관제 시스템 개발 기타소모품 TBS인터페이스개발 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1 1	60,000 5,983 12,000 25,800	103,783
5차년도	교육 프로그램 개발 기타 교육프로그램개발 S/W	TBS 연계 교육용 관제 시스템 개발 개발S/W라이선스및소모품 TBS연계의사결정시스템인터페이스개발 개발S/W라이선스및소모품	1 1 1 1	50,000 10,583 15,000 13,350	88,933

<표 112> [세부과제1-5] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	평가 기술 개발 S/W 개발용S/W라이선스및소모품	기본 측정 성능 평가 알고리즘 설계 개발용S/W라이선스및소모품	1 1	26,000 16,646	42,646
2차년도	평가 기술 개발 S/W 개발용S/W라이선스및소모품	기본 측정 성능 평가 알고리즘 개발 개발용S/W라이선스및소모품	1 1	47,000 16,146	63,146
3차년도	평가 기술 개발 S/W 개발용S/W라이선스및소모품	활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 알고 리즘 개발 개발용S/W라이선스및소모품	1 1	175,000 38,390	213,390
4차년도	평가 기술 개발 S/W 개발용S/W라이선스및소모품	활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 알고 리즘 개발 개발용S/W라이선스및소모품	1 1	145,000 34,801	179,801
5차년도	평가 기술 개발 S/W 개발용S/W라이선스및소모품	활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 알고 리즘 개발 개발용S/W라이선스및소모품	1 1	80,000 36,051	116,051

<표 113> [세부과제1-6] 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	단위모듈평가	개발단위모듈평가 및 기타소모품	1	8,697	8,697
2차년도	단위모듈평가	개발 단위 모듈 평가 기타소모품	1	37,697	37,697
3차년도	시스템 통합 기타 시스템통합 기타	탐지시스템과 Wake 정보 데이터 표출 시스템 통합 및 네트워크 시스템 등 기타소모품 탐지시스템과Wake정보데이터표출시스템통합및네트워크시스템등 기타소모품	1 1 1 1	110,000 17,247 42,000 27,700	196,947
4차년도	시스템 통합 기타 시스템통합 기타	1차 실증 시스템 통합 및 운영 기타소모품 1차실증시스템통합및운영 기타소모품	1 1 1 1	420,000 35,394 100,000 63,800	619,194
5차년도	시스템 통합 기타 시스템통합 기타	2차 실증 시스템 통합 및 운영 기타소모품 2차실증시스템통합및운영 기타소모품	1 1 1 1	420,000 48,894 100,000 60,650	629,544

<표 114> [세부과제2-1] 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	광학계 신호수신부및전원부설계 구성 광학장비정렬기 및 전장 부품 S/W	레이저 빔 송신 광학계 도플러신호획득가능 레이저광정렬 테스트 부품 및 전장 시스템 광학및전파시뮬레이션용S/W	2 2 4 2	58,020 100,000 28,000 69,000	566,040
2차년도	시작품 제작 개발S/W 시작품제작 S/W	LiDAR 및 레이더 시제품 제작 신호처리용S/W개발용 LiDAR및레이더시작품제작 광학및전파시뮬레이션용S/W	2 2 2 2	600,000 27,020 12,1500 69,000	1,635,040
3차년도	기구부 및 시제품 제작 개발S/W 전원부및시제품제작 S/W	기구부 및 시제품 제작 신호처리용S/W개발용 전장및전원부제작 광학및전파시뮬레이션용S/W	2 2 2 2	673,000 27,520 175,875 69,000	1,890,790
4차년도	전장 및 연계 시스템 개발S/W 전장및연계시스템	테스트 베드 연계를 위한 전장 및 네트워크 장치 신호처리용S/W개발용 테스트베드연계를위한 네트워크 장치	1 2 1	108,705 27,520 56,000	219,745
5차년도	테스트 베드 테스트베드	유지보수용 자재 유지보수용자재	1 1	4,145 18,200	22,345

<표 115> [세부과제2-2] 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	제어 시스템 S/W 제어시스템 기타	운영 및 제어 S/W 개발 개발용S/W라이선스및소모품 운영및제어S/W개발 기타소모품	1 1 1 1	50,000 39,767 80,000 4,000	173,767
2차년도	전기 장치 및 데이터 연계 S/W 전기장치및데이터연계 기타	전기 장치 및 하네스 통합 / ATC 등 연계 프로토콜 연계시뮬레이션시스템개발 개발용S/W라이선스및소모품 연계시뮬레이션시스템개발 기타소모품	2 1 1 1	135,000 65,767 200,000 10,000	545,767
3차년도	통합 데이터 처리 시스템 개발 네트워크DB및S/W 통합데이터처리시스템개발 기타	데이터 통합 처리 알고리즘 네트워크직접부착방식Storage및공유기 능구현개발용 S/W라이선스및소모품 HMI표출UI시스템개발 기타소모품	1 1 1 1	320,000 71,767 140,000 28,000	559,767
4차년도	시스템 통합 기타 시스템통합 테스트베드	1차 실증 시스템 통합 및 운영 기타소모품 1차실증시스템통합및운영 유지보수용자재	1 1 1 1	130,000 27,617 80,000 26,400	264,017
5차년도	시스템 통합 기타 시스템통합 테스트베드	2차 실증 시스템 통합 및 운영 기타소모품 2차실증시스템통합및운영 유지보수용자재	1 1 1 1	20,000 417 35,000 1,400	56,817

<표 116> [세부과제2-3] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	단위 모듈 평가 기타 단위모듈평가	광학계 평가용 장치 및 신호 획득 장치 평가 장치 제작 기타소모품 광학계평가용장치및신호획득장치평가장치제작	2 1 1	35,000 9,600 35,000	114,600
2차년도	단위 모듈 평가 기타 단위모듈평가	시제품 평가용 장치 제작 기타소모품 시제품평가용장치제작	2 1 1	54,000 14,600 56,000	178,600
3차년도	시스템 평가 기타 시스템평가	시스템 평가용 Jig 제작 기타소모품 시스템평가용Jig제작	1 1 1	150,000 20,850 122,500	293,350
4차년도	시스템 평가 기타 시스템평가	1차 실증 시스템 평가용 Jig 제작 기타소모품 1차실증시스템평가용Jig제작	1 1 1	150,000 28,642 105,000	283,642
5차년도	시스템 평가 기타 시스템평가	2차 실증 시스템 평가용 Jig 제작 기타소모품 2차실증시스템평가용Jig제작	1 1 1	50,000 29,892 45,500	125,392

<표 117> [세부과제2-4] 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	기타 기타 기타 기타	공항 환경 분석용 관측 기록 장치 기타소모품 1차실증단지 분석용 관측 기록 장치 기타소모품	2 1 1 1	21,000 9,549 21,000 7,000	79,549
2차년도	기타 기타 기타 기타	공항 환경 분석용 관측 기록 장치 기타소모품 1차실증단지 분석용 관측 기록 장치 기타소모품	6 1 3 1	21,000 33,549 21,000 7,000	229,549
3차년도	네트워크 기타 네트워크 기타	1차 실증 탐지 네트워크 구축 기타소모품 1차실증탐지네트워크구축 기타소모품	1 1 1 1	330,000 14,049 140,000 1,750	485,799
4차년도	네트워크 기타 네트워크 테스트베드	1차 및 2차 실증 탐지 네트워크 구축 유지보수용자재 1차및2차실증탐지네트워크구축 유지보수용자재	1 1 1 1	530,000 25,062 120,000 24,000	699,062
5차년도	네트워크 기타 네트워크 테스트베드	2차 실증 탐지 네트워크 구축 유지보수용자재 2차실증탐지네트워크구축 유지보수용자재	1 1 1 1	300,000 3,062 100,000 23,000	426,062

<표 118> [세부과제3-1] 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	정책 개발 규격구매및비품구입비	공항 환경 분석 규격 구매 및 비품 구입비	1 4	20,000 1,346	25,384
2차년도	정책 개발 기타	공항 환경 분석 기타소모품	1 1	40,000 8,759	48,759
3차년도	정책 개발 기타	RECAT & TBS 도입 안 분석 및 개발 기타소모품	1 1	110,000 8,884	118,884
4차년도	정책 개발 기타	운영 매뉴얼 개발 기타소모품	1 1	11,000 1,394	12,394
5차년도	정책 개발 기타	운영 매뉴얼 개발 기타소모품	1 1	55,000 4,144	59,144

<표 119> [세부과제3-2] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	평가 기술 개발 기타	기본 측정 성능 평가 알고리즘 설계 기타소모품	1 2	6,000 2,440	10,880
2차년도	평가 기술 개발 기타	기본 측정 성능 평가 알고리즘 개발 기타소모품	1 1	18,000 5,630	23,630
3차년도	평가 기술 개발 기타	활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 알고리즘 개발 기타소모품	1 1	25,000 4,027	29,027
4차년도	평가 기술 개발 기타	활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 알고 리즘 개발 기타소모품	1 1	7,000 54	7,054
5차년도	평가 기술 개발 기타	활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가 알고 리즘 개발 기타소모품	1 1	32,000 554	32,554

<표 120> [세부과제3-3] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	기타	기타소모품	1	1,363	1,363
2차년도	전기 장치	Wind Generator 전기 장치	1	16,237	16,237
3차년도	기타	기타소모품	1	2,862	2,862
4차년도	기타	기타소모품	1	1,855	1,855
5차년도	기타	기타소모품	1	6,605	6,605

<표 121> [세부과제3-4] 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발 연차별 예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	시험규격 기타	관련 표준 구매 기타 소모품	4 4	3,000 2,942	23,768
2차년도	데이터 분석용 W/S 기타	데이터 분석용 W/S 기타 소모품	1 1	6,500 3,518	10,018
3차년도	데이터 분석용 W/S 시험용JIG	데이터 분석용 W/S Wake탐지장치시험용JIG	1 1	6,500 7,590	14,090
4차년도	전산처리 관리비	데이터 저장용 매체 (SSD 외)	5	371	1,855
5차년도	네트워크 장치	데이터 전송 케이블 외	4	1,651	6,605

<표 122> [세부과제3-5] ICAO 등 국제 기술협력 지원 연차별 소요예산

(단위: 천원)

예산 구분	연구 재료비				
	품명	규격	수량	단가	소계
1차년도	기타	의제 대응 및 실용화 전략 개발	1	27,274	27,274
2차년도	기타	기타 소모품	1	10,024	10,024
3차년도	기타	의제 대응 및 실용화 전략 개발	1	36,274	36,274
4차년도	기타	기타 소모품	1	1,499	1,499
5차년도	기타	기타 소모품	1	1,506	1,506

제6장

과제공모 방안



제1절 과제제안 요구서
제2절 공모조건
제3절 선정평가

제 6 장

과제공모 방안

제1절. 과제제안 요구서

연구개발과제명	WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

1. 연구개발목표

- 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요
- 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축
- 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

■ 연구개발 필요성

- 항공수요 증가에 따른 인한 저비용의 효과적 대응 방안 필요
- 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표
- ICAO GANP 2019에서 활주로 항공난류 관련기술은 2025년부터 구현·적용하는 것으로 계획하고 있어, 이에 부합한 기술 개발이 필요하며, 실증을 통해 국내에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계 개발이 필요
- ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요
  - '25년 ASBU WAKE Block 2, 35년 Wake Block 4 이행을 위한 난류 탐지, 활주로 운영 의사지원 및 분리 최적화 기술 운용에 대한 관련 운영 데이터의 확보가 필수적이며, 이에 활주로 운영 의사지원 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발이 필요한 상황
- CO2 감축 등 정책 추진을 위한 정부 지원 방안
  - 2021년 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행으로, 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준 충족 필요
  - * 美 MEM공항 연간 417만 갤런 연료절감, 39,992 ton CO2 감축 자동차 8,421대 또는 3,650 가구 에너지 사용량

■ 기술동향

- 국내 동향
  - 우리나라는 ICAO 세계항행계획의 6차 개정에 따라 이전의 국가항행계획(NARAE)을 개정하여 항공교통량 증가에 따른 현안 과제와 미래 예상 문제를 해결하고 항공교통관리(ATM) 체계를 전환·발전시키기 위한 개정안을 제시('21.8월)
  - ICAO에서 7개 그룹으로 분류된 항적 난기류 최소분리 기준을 반영하여 '항공교통관리 지침

(PANS.ATM, Doc. 4444)'을 개정함에 따라 우리나라는 '항공교통관제절차(국토교통부고시 제2021-1052호)'를 개정하여 ICAO의 지침과 동일한 기준을 반영

- 다만, 기존 4개 등급으로 구분한 분리 기준은 계속해서 유지하되, 새로운 항적 난기류 분류에 의한 7개 그룹의 기준이 추가된 것이며 공항에서 적용하는 시간 분리와 레이더 업무가 제공되는 터미널 공역에서의 거리 분리로 구분

● **국외 기술동향**

- 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 진행 중
  * (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선
  * (미국-NextGen)"항공안전・효율・환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영
  * (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성
  * (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진
  * (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시

3. 연구개발 내용

● **최종 목표 : WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발 (TRL 단계 : [시작] 2 단계 ~ [종료] 7단계)**

- Wake 연계 활주로 운영 및 의사결정 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발
- 분리기준 산출 기준 기술 개발
- Wake 연계 활주로 운영지원 시스템 구축
- RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
- 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 및 실증 기술 개발
- 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발
- 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발
- 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 및 실증 기술 개발
- 정부 정책, 제도(법제화 등) 지원
- 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 및 검증/실증 기술 개발
- ICAO 등 국제 기술협력 지원

성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	데이터 연계 시스템	SET	3 이상	-	-
2	의사결정 지원 시스템	SET	1	-	-
3	의사결정 처리 시간	초	5 이내	-	-
4	HMI 갱신 속도	Hz	1 이상	-	-
5	교육 프로그램	건	1 이상	-	-
6	유효탐지거리	km	10 이상	-	미국, 록히드마틴
7	탐지 고도	ft	2,000 이상	-	미국, 록히드마틴
8	분해능	m	100 이하	-	미국, 록히드마틴

성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
9	최대 탐지 풍속	m/s	60 이상	–	미국, 록히드마틴
10	데이터 처리시간	초	15 이내	–	미국, 록히드마틴
11	규정 및 법제화 개발	건	3 이상	–	–
12	성능 시험 절차서 개발	건	3 이상	–	
13	시스템 실증	건	1 이상	–	–

4. 연구개발 추진방법

■ 총괄연구개발과제 및 사업단 내 연관되어 추진되는 연구개발과제(舊 세부과제)와 협력체계 구축방안 제시

● **정량적 연구목표와 목표 설정근거 및 산출근거 제시**
- 수요처 니즈 등을 고려한 목표성능 제시
- 연구개발성과목표 및 성과지표를 제시하고 성과물의 목표수준 달성여부를 확인할 수 있는 검증방안 제시

● **단계별 구체적 목표를 수립하고, 그에 따른 추진전략 및 일정계획 수립**
- 핵심기술별 단계별, 연차별 목표와 추진일정, 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시

● **ICAO에서 권고한 분리기준 검토와 국내 공항 여건을 고려한 분리기준 제시**
- ICAO 권고 분리기준과 연구 개발 결과물의 연계성 고려 필요
- 연구개발성과와 운영지원시스템 및 의사결정지원시스템과의 구체적 연계·활용 방안 제시

● **선행 연구개발과제 성과 및 국내외 민간 기술·제품 등과 연계·활용 추진**
- 선행 연구개발과제와의 중복검토 및 연구개발성과의 구체적 연계·활용 방안 제시

● **정부 및 예상수요기관 등의 의견수렴과 유기적 협조체계를 구축하여 연구개발성과의 실용화 가능성 제고**
- 스마트공항 R&D사업 및 데이터 기반 항공교통관제시스템 구축사업 참여업체와의 협력 계획 제시

● **연구개발성과물의 성능 및 신뢰성을 객관적으로 검증할 수 있는 검증방안 제시**
- 테스트베드 구축을 통한 검증시 이에 대한 구체적인 구축 및 실증방안 제시

● **구체적인 실용화 계획 반드시 제시**

● **연구개발성과 실용화를 위한 법·제도 또는 기준 등의 정비 및 제·개정의 필요성 검토**

■ 추진체계

● **본 연구개발성과의 실용화 및 사업화를 위해 주관연구개발기관을 중소·중견기업으로 지정**

● **본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행**
- 주관연구개발기관은 개발 기술간 연계·활용, 최종 연구개발성과물의 실용화 등을 고려하여 컨소시엄을 구성하고 연구개발과제의 총괄 역할을 수행
- 연구책임자는 역할 분담의 필요성 및 명확성 등을 고려하여 공동연구개발기관과의 협의를 통해 구체적인 연구개발계획을 수립하고, 전체 연구개발과제를 책임지고 진행·관리

● **연구개발품의 완성도를 위하여 연구 경험이 풍부한 산/학/연 전문 연구팀으로 연구개발기관 구성**

● **기관별 상호 유기적인 협력체계 구축을 위하여 주기적인 공정회의 및 업무협의를 통한 정보 공유 필요**

● **특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극적으로 활용하여 추진**

- 관련 분야별 전문가들의 적극 참여로 융합기술체계 구축
- 연구개발성과 실용화를 위해 실수요처 및 실시기업의 참여 권장
- 연구개발내용 검증 및 객관성 확보를 위해 외부전문가 자문위원회 구성 · 운영하고 연구개발내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문 실시
- 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요
- 연구신청자는 과다한 연구개발기관수의 참여 및 연구개발계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 연구개발기관으로만 구성하여 연구개발추진의 효율성을 도모
  – 본 과제는 산학연과 수요처인 공항운영자 등이 적극 참여할 수 있도록 추진체계 구성 필요
- 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

5. 최종성과물

- WAKE 운영 및 의사결정 지원 시스템
- WAKE 운영 관련 교육 커리큘럼
- WAKE 운영자 교육용 시뮬레이터
- WAKE 연계 운용 규정(안)
- 운영 및 의사결정 지원 시스템 검증 문서(TEMP, 기능·성능시험 절차서, 결과서)
- WAKE/RECAT 운영의 수용량 영향 관련 효과성 분석서
- 전천후 WAKE 탐지 시스템
- WAKE 탐지를 위한 LIDAR / RADAR 센서 기술
- WAKE 탐지 데이터 검증 및 시스템 실증을 위한 시뮬레이터
- WKAE 탐지 최적화를 위한 센서 위치 선정 기술
- 전천후 WAKE 탐지시스템 검증 문서(TEMP, 기능·성능시험 절차서, 결과서)
- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 MOPS(안)
- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 운영 매뉴얼(안)
- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 성능시험 절차서
- WAKE 탐지 성능평가 시스템 및 시험절차서
- 시스템 성능평가 결과서(성적서)
- ATCS 현장실증 분석 결과서
- ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서
- WAKE 시스템 관련 기술의 실용화 전략

6. 활용방안 및 기대효과

■ 활용방안

- 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보 및 시스템 국산화 확산
- RECAT 운영으로 대형공항의 활주로 용량 증대(인천공항 활주로 절대용량 10% 증가 기대), 항공교통 안전성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 기여

■ 기대효과

- 국내 김포-제주 기준, 활주로 효율성 증가로 전체 비행 운항 중 출•도착 시간 약 1분 감소 시, 연간 연료 소비량 3,100톤, 이산화탄소 9,800톤 저감
- ICAO 기준 RECAT 적용 시, 인천공항에서 총 비행거리 시간당 7.8마일 감소, 분리 거리 감소에 따른 편익 비용 편당 487천원
- 공항 활주로 수용성 향상 및 항공교통관제 안정성을 확보하여 국민 안전에 기여

7. 연구개발기간 및 연구개발비

■ 총 연구개발기간 : '24.4 ~ '28.12 (4년 9개월)

- 1단계
  - 1차년도 연구개발기간 : '24.4 ~ '24.12(9개월)
  - 2차년도 연구개발기간 : '25.1 ~ '25.12(12개월)
  - 3차년도 연구개발기간 : '26.1 ~ '26.12(12개월)
- 2단계
  - 4차년도 연구개발기간 : '27.1 ~ '27.12(12개월)
  - 5차년도 연구개발기간 : '28.1 ~ '28.12(12개월)
- 총 정부지원연구개발비 : 26,000 백만원 이내
  - 1차년도 정부지원연구개발비 : 3,500 백만원 이내
    ※ 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
    ※ 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능
    ※ 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기타

- 본 연구개발과제의 보안등급은 "일반과제"임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구개발내용을 참고하여 작성하되 최종 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으며, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표 · 내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구개발과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사 연구개발과제와 연구개발내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
  ※ http://www.kaia.re.kr, http://www.ntis.go.kr의 유사 연구개발과제목록 참조
  - 제안된 연구개발내용이 타 유사 연구개발과제와 연구개발방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
    ※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능
- 연구개발 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시

● 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
  – 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
    *연구개발과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검・관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
  – 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시
  – 아래 표를 참고하여 본 연구개발과제와 관련되는 성과지표를 반영하고 그 외 과제특성을 고려한 고유 성과지표도 제안할 수 있음
    *필수지표는 반드시 반영해야하는 성과지표임
  – 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시
    *“성과지표 설정의 적정성 및 목표 도전성”은 선정평가 평가항목이며 미흡할 경우 협약시 조정

● 추후 연구개발계획 등은 수정 · 보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  – 본 연구개발과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
  – 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정・보완(연구개발목표, 내용 및 범위 등을 구체화・명확화)할 수 있음
  – 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구개발내용(연구개발비 포함)이 조정될 수 있음

● 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함
  – 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시



연구개발과제명	WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발

1. 연구개발목표

- 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 항공기 운항의 보장을 위한 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용
- 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적으로 연결하여 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 기반 체계 구축
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 개발 개발과 시범 시스템 구축

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

■ 연구개발 필요성

- (공항용량증대) 항공수요 증가에 따른 효과적 대응 방안 필요
  - COVID-19로 2019년 대비 70%이상 급감하였으나, 3~4년 내 이전 수준으로 회복 전망
  - 2021년 현재, 김포/제주공항 활주로 수용량 한계치 근접, 인천공항 수요량 증가 대비를 위한 제4단계 건설(제4활주로 포함 4.8조 투입) 등 인프라 대응
    * [FAA] 美 MEM RECAT 적용 후 활주로 용량 20% 증가
    * [EASA] 佛 CDG RECAT 적용 활주로 용량 10% 증가, 英 LHR 지연 62% 감소
- (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 기술개발이 필요하며, 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 기술 개발과 실증을 통한 사전 데이터 확보 및 체계개발이 필요
- (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 활주로 운영 의사지원, 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 및 관측 기술 개발 필요

■ 기술동향

- 국내 동향
  - 우리나라는 ICAO 세계항행계획의 6차 개정에 따라 이전의 국가항행계획(NARAE)을 개정하여 항공교통량 증가에 따른 현안 과제와 미래 예상 문제를 해결하고 항공교통관리(ATM) 체계를 전환·발전시키기 위한 개정안을 제시('21.8월)
  - ICAO에서 7개 그룹으로 분류된 항적 난기류 최소분리 기준을 반영하여 '항공교통관리 지침(PANS.ATM, Doc. 4444)'을 개정함에 따라 우리나라는 '항공교통관제절차(국토교통부고시 제2021-1052호)'를 개정하여 ICAO의 지침과 동일한 기준을 반영
  - 다만, 기존 4개 등급으로 구분한 분리 기준은 계속해서 유지하되, 새로운 항적 난기류 분류에 의한 7개 그룹의 기준이 추가된 것이며 공항에서 적용하는 시간 분리와 레이더 업무가 제공되는 터미널 공역에서의 거리 분리로 구분
- 국외 기술동향
  - 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 진행 중
    * (ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선

* (미국-NextGen)“항공안전・효율・환경 및 수용량 증대”를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영
* (유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성
* (일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진
* (중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시

3. 연구개발 내용

● **최종 목표 : WAKE 연계 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술 개발 (TRL 단계 : [시작] 2 단계 ~ [종료] 7단계)**

- 이종 시스템 데이터 연계 기술 개발
  - *ATC 시스템 연계를 위한 콤포넌트 별 프로토콜 분석
  - *Wake 정보 활용을 위한 데이터 표준화 설계
  - *Wake 정보 활용을 위한 연계 프로토콜 설계
  - *ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계
  - *ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 설계 구현
  - *비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 설계
  - *Wake 정보 데이터 표출 시스템 설계
  - *Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 설계
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 분석
  - *주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 분석
- 분리기준 산출 기준 기술 개발
  - *RECAT / TBS 기준을 적용한 공항별 항공교통 시뮬레이션
  - *공항별 – 기종별 Wake 시뮬레이션 조건 연구
  - *공항별 – 기종별 Wake 시뮬레이션 및 결과 분석
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 분석
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 Matrix 기준 개발
  - *주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 분석
  - *주요 공항별 Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 TBS 기준 개발
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 기반 4D 예측 알고리즘 개발
- Wake 연계 활주로 운영지원 단위 시스템 구축
  - *ARTS 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 구현
  - *ASDE / ADS-B 항공기 감시 데이터 연계 인터페이스 구현
  - *비행계획, FOIS 데이터 연계 인터페이스 구현
  - *Wake 정보 데이터 표출 시스템 구현
  - *Wake 정보 활용 비행계획기반 의사결정 시스템 연계 인터페이스 구현
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 실시간 분리 Matrix 산출 기술 구현
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 실시간 TBS 산출 기술 구현
  - *Wake 탐지 정보, 풍향/풍속 연계 기반 4D 예측 알고리즘 구현
  - *연계 모듈 통합 인터페이스 설계 및 제작
  - *실시간 Wake 탐지 정보 표출 시스템 설계 및 시스템 제작

*Matrix 정보 HMI 표출을 위한 CWP 설계 및 시스템 제작
*TBS(time based separation) 정보의 HMI를 위한 CWP 설계 및 제작

– RECAT/TBS 대응 교육 프로그램 개발
*Wake 운영 교육 커리큘럼 개발
*Wake 운영 교육 교재/교안 개발
*교육용 시뮬레이터 설계 및 제작

– 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 성능평가 기술 개발
*관측시스템–운영시스템–관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
*기본 측정 성능 시험 평가 기술 설계
*기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
*기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발
*기본 측정 성능 시험 평가 장치의 기본/상세 설계
*신뢰성 평가 기술 알고리즘 설계/개발
*신뢰성 평가 절차서(안) 개발
*성능 시험 수행을 통한 장치 평가 기술의 타당성 검증 및 개발품 측정 성능 확인
*신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인
*정보 정확도 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
*표준 평가 모델 기반 정확도 평가 알고리즘 개발
*평가 알고리즘 기반 정확도 평가 기준(안) 개발
*적정성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
*시뮬레이션을 통한 표준 평가 모델 평가
*표준 평가 모델과 시뮬레이션 기반 적정성 평가 알고리즘 개발
*평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발
*적정성 표준 평가 모델과 연계한 효과성 및 효율성 검증 시나리오 설계
*활주로 운영 지원 정보의 적정성 평가
*활주로 운영 지원의 효과성/효율성 산출 방안 개발

– 활주로 운영 지원 시스템 및 의사결정 지원 시스템 실증 기술 개발
*데이터 연계 시스템 통합 및 구현
*탐지시스템과 Wake 정보 데이터 표출 시스템 통합 구현
*운영/의사결정 시스템 데이터 통합 구현
*단위 시스템 성능 평가 및 검증
*통합 시스템 성능 평가 및 검증
*현장 검증 시나리오 설계
*1차 비행장 적용 시스템 구현
*2차 공항 ARTS 적용 실증

성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	데이터 연계 시스템 종	SET	3 이상	–	–
2	의사결정 지원 시스템	SET	1	–	–
3	의사결정 처리 시간	초	5 이내	–	–
4	HMI 갱신 속도	Hz	1 이상	–	–
5	교육 프로그램	건	1 이상	–	–

4. 연구개발 추진방법

■ 총괄연구개발과제 및 사업단 내 연관되어 추진되는 연구개발과제(舊 세부과제)와 협력체계 구축방안 제시

- **정량적 연구목표와 목표 설정근거 및 산출근거 제시**
  - 수요처 니즈 등을 고려한 목표성능 제시
  - 연구개발성과목표 및 성과지표를 제시하고 성과물의 목표수준 달성여부를 확인할 수 있는 검증방안 제시
- **단계별 구체적 목표를 수립하고, 그에 따른 추진전략 및 일정계획 수립**
  - 핵심기술별 단계별, 연차별 목표와 추진일정, 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시
- **ICAO에서 권고한 분리기준 검토와 국내 공항 여건을 고려한 분리기준 제시**
  - ICAO 권고 분리기준과 연구 개발 결과물의 연계성 고려 필요
  - 연구개발성과와 운영지원시스템 및 의사결정지원시스템과의 구체적 연계·활용 방안 제시
- **선행 연구개발과제 성과 및 국내외 민간 기술·제품 등과 연계·활용 추진**
  - 선행 연구개발과제와의 중복검토 및 연구개발성과의 구체적 연계·활용 방안 제시
- **정부 및 예상수요기관 등의 의견수렴과 유기적 협조체계를 구축하여 연구개발성과의 실용화 가능성 제고**
  - 스마트공항 R&D사업 및 데이터 기반 항공교통관제시스템 구축사업 참여업체와의 협력 계획 제시
- **연구개발성과물의 성능 및 신뢰성을 객관적으로 검증할 수 있는 검증방안 제시**
  - 테스트베드 구축을 통한 검증시 이에 대한 구체적인 구축 및 실증방안 제시
- **구체적인 실용화 계획 반드시 제시**
- **연구개발성과 실용화를 위한 법·제도 또는 기준 등의 정비 및 제·개정의 필요성 검토**

■ 추진체계

- **본 연구개발성과의 실용화 및 사업화를 위해 주관연구개발기관을 중소·중견기업으로 지정**
- **본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행**
  - 주관연구개발기관은 개발 기술간 연계·활용, 최종 연구개발성과물의 실용화 등을 고려하여 컨소시엄을 구성하고 연구개발과제의 총괄 역할을 수행
  - 연구책임자는 역할 분담의 필요성 및 명확성 등을 고려하여 공동연구개발기관과의 협의를 통해 구체적인 연구개발계획을 수립하고, 전체 연구개발과제를 책임지고 진행·관리
- **연구개발품의 완성도를 위하여 연구 경험이 풍부한 산/학/연 전문 연구팀으로 연구개발기관 구성**
- **기관별 상호 유기적인 협력체계 구축을 위하여 주기적인 공정회의 및 업무협의를 통한 정보 공유 필요**
- **특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극적으로 활용하여 추진**
- **관련 분야별 전문가들의 적극 참여로 융합기술체계 구축**
- **연구개발성과 실용화를 위해 실수요처 및 실시기업의 참여 권장**
- **연구개발내용 검증 및 객관성 확보를 위해 외부전문가 자문위원회 구성·운영하고 연구개발내용의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문 실시**
- **연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요**
- **연구신청자는 과다한 연구개발기관수의 참여 및 연구개발계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 연구개발기관으로만 구성하여 연구개발추진의 효율성을 도모**
  - 본 과제는 산학연과 수요처인 공항운영자 등이 적극 참여할 수 있도록 추진체계 구성 필요

- 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

5. 최종성과물

- WAKE 운영 및 의사결정 지원 시스템
- WAKE 운영 관련 교육 커리큘럼
- WAKE 운영자 교육용 시뮬레이터
- WAKE 연계 운용 규정(안)
- 운영 및 의사결정 지원 시스템 검증 문서(TEMP, 기능·성능시험 절차서, 결과서)
- WAKE/RECAT 운영의 수용량 영향 관련 효과성 분석서

6. 활용방안 및 기대효과

■ 활용방안

- 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보 및 시스템 국산화 확산
- RECAT 운영으로 대형공항의 활주로 용량 증대(인천공항 활주로 절대용량 10% 증가 기대), 항공교통 안전성 50%, 운영효율성 10%, 항공편 정시성 20% 증진 목표 기여

■ 기대효과

- 국내 김포-제주 기준, 활주로 효율성 증가로 전체 비행 운항 중 출•도착 시간 약 1분 감소 시, 연간 연료 소비량 3,100톤, 이산화탄소 9,800톤 저감
- ICAO 기준 RECAT 적용 시, 인천공항에서 총 비행거리 시간당 7.8마일 감소, 분리 거리 감소에 따른 편익 비용 편당 487천원
- 공항 활주로 수용성 향상 및 항공교통관제 안정성을 확보하여 국민 안전에 기여

7. 연구개발기간 및 연구개발비

■ 총 연구개발기간 : '24.4 ~ '28.12 (4년 9개월)

- 1단계
  - 1차년도 연구개발기간 : '24.4 ~ '24.12(9개월)
  - 2차년도 연구개발기간 : '25.1 ~ '25.12(12개월)
  - 3차년도 연구개발기간 : '26.1 ~ '26.12(12개월)
- 2단계
  - 4차년도 연구개발기간 : '27.1 ~ '27.12(12개월)
  - 5차년도 연구개발기간 : '28.1 ~ '28.12(12개월)
- 총 정부지원연구개발비 : 8,300 백만원 이내
  - 1차년도 정부지원연구개발비 : 900 백만원 이내

※ 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기타

- 본 연구개발과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구개발내용을 참고하여 작성하되 최종 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으며, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표 · 내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구개발과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사 연구개발과제와 연구개발내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

  ※ http://www.kaia.re.kr, http://www.ntis.go.kr의 유사 연구개발과제목록 참조

  – 제안된 연구개발내용이 타 유사 연구개발과제와 연구개발방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

    ※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능
- 연구개발 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시
- 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

  – 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

    *연구개발과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검 · 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

  – 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시

  – 아래 표를 참고하여 본 연구개발과제와 관련되는 성과지표를 반영하고 그 외 과제특성을 고려한 고유 성과지표도 제안할 수 있음

    *필수지표는 반드시 반영해야하는 성과지표임

  – 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시

    *“성과지표 설정의 적정성 및 목표 도전성”은 선정평가 평가항목이며 미흡할 경우 협약시 조정
- 추후 연구개발계획 등은 수정 · 보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

  – 본 연구개발과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음

  – 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정 · 보완(연구개발목표, 내용 및 범위 등을 구체화 · 명확화)할 수 있음

  – 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구개발내용(연구개발비 포함)이 조정될 수 있음
- 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함

  – 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시


1단계
기초이론 /실험
2단계
실용목적 아이디어 특허 등 개념정립
3단계
연구실 규모의 기본성능 평가
4단계
연구실 규모의 부품/시스템 성능평가
5단계
부품/시스템 시작품 제작
6단계
시작품 성능평가
7단계
시제품 신뢰성평가
8단계
시제품 인증 및 표준화
9단계
사업화
T1
T2
T3
T4
T5
기초연구 단계
실험 단계
시작품 단계
실용화 단계
사업화 단계

연구개발과제명	실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발

1. 연구개발목표

- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT의 적용과 TBS로 이행을 위한 활주로 주변 난류 탐측 데이터의 확보를 위한 전천후 난류 탐지 시스템 개발
- 공항 이착륙 과정 운영 특성을 반영한 실시간 처리가 가능한 이기종 난류 탐지 데이터 통합 처리 알고리즘 개발
- 적, 비행계획, 비행정보 등 공항의 효율적 운영과 안전 확보를 위한 처리 데이터 증가에 따른 항공교통관제사 업무량 증가가 발생하지 않는 형태의 탐측 데이터 제공시스템 구축
- 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적 연결이 가능한 데이터 제공 인터페이스 구축으로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술에 요구되는 데이터 제공
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 필요한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템과 난류 정보 연계를 위한 난류 탐측 시스템의 구축과 실증 운영

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

■ 연구개발 필요성

- (항행환경변화 반영) ICAO GANP 2019에서 2025년부터 WAKE 관련기술을 포함한 4D 궤적 기반 항행 계획 운영을 위한 구체적이고 본격화된 계획을 제시하고 있어, 이에 대응 가능한 항공 난류 탐지 기술개발 필요
- (활주로 수용량 개선을 위한 기반 조성) Wake Turbulence로 인한 활주로 운영 효율 개선을 위한 난류 탐측 기술 개발과 국내 공항과 실정에 적합하게 적용하기 위한 실증 기술 개발 및 실증을 통한 사전 데이터 확보와 체계 개발이 필요
- (전천후 관측 시스템 개발 필요) 스마트항공교통관제 기술에 필요한 항공 난류 및 후류 분리 기준 세분화(RECAT)에 중요한 요소인 윈드시어 탐지를 위해 기존에 설치된 레이더 및 저층윈드시어 경고장비(LLWAS:Low Level Windshear Alert System)뿐만 아니라 강수 나 구름이 없는 청천 날씨에도 윈드시어 탐측이 가능한 도플러 LiDAR(Light Detection and Ranging)기술력 확보가 필수
  - 펄스 도플러 레이더 기술이 적용되는 연직바람 관측장비의 기술 또한 항공교통관리에 필요한 항공기상장비이나 이 또한 국내 기술력 수준이 낮아 해외 업체 기술에 의존 심화
- (실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술 확보) ICAO에서 권고하고 있는 난류의 실시간 데이터 제공을 위한 기반 기술과 연관 데이터 처리 주도권 확보를 위한 기술개발 필요
- (국산화 개발 필요) 현재 공항이나 유관기관에 구축된 관측장비는 100% 해외 수입에 의존하고 있으며, 관측기기 고장 발생시 신속한 대응 및 조치가 곤란하여 항공교통관제의 안전우려와 심각한 외화 유출로 인한 국가적 경제손실을 초래

■ 기술동향

- 국내 동향
  - 우리나라의 항공기상청에서 공항의 실시간 기상 정보 관측, 공항 예보, 공역 예보 등의 업무를 수행하며, 이렇게 생산된 항공기상정보는 국내외 항공종사자 등이 활용할 수 있도록 공지 되고 있음
  - 항공기상정보로 제공되는 정보의 범위는 ICAO의 부속서(Annex3)에서 각국의 항공 당국이 제공하도록 요구하는 기상 정보의 범주에 포함되며, 실시간 관측의 범위는 이착륙을 위한 공항기상관측(AMOS), 저층윈드시어경보 및 공항 주변의 기상 관측을 포함하고 있음
  - 항공기 운항 결과로 발생하는 활주로 항공난류(Wake turbulence) 정보는 기상현상에 의하여 발생하는 정보가 아닌 추가적으로 생성되는 것으로 현재 항공기상 관측망에는 포함되지 않은 정보이며, 이에 대한 실시간 관측과 정보의 생산이 이루어지지 않음

● 국외 기술동향

– LiDAR/RADAR를 사용한 기술이 대표적인 항공 난류 관측 기술로 사용되고 있으며, 전 세계적으로 중·대형 라이다는 일본 Mitsubishi, 미국 Lock Heed Martin 총 2개의 제조사에서 대표적으로 생산

*(미국) 록히드 마틴은 저고도 윈드시어 탐지도플러를 개발하여 LA, 뉴욕, 샌프란시스코 공항 등에 항공기 이착륙 안전 확보를 위한 관련 기술 적용

*(유럽) 2005년 Frankfurt공항에 레이더기반 Wake Vortex Warning System을 설치하여 운영하였으며, 2007년 LiDAR기반의 록히드마틴사의 WindTracer를 설치하여 운영 중

*(유럽) 2010년 Charles de Gaulle공항에 WIDAO(Wake Independent Departure and Arrival Operations) 프로젝트로 LiDAR기반 Wake 관측장비를 설치하여 운영

*(영국) 히드로 공항 내 LiDAR 기반 록히드 마틴사의 WindTracer를 설치하여 NAT와 EUROCONTROL의 공동연구로 150,000대 이상의 관측 자료 수집

*(일본) 도쿄 공항 내 JAXA와 ENRI의 개발 LiDAR 관측 장비를 설치 후 항공 후류 측정을 실시하고 있으며, 측정 데이터를 바탕으로 JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)은 7단계의 후류 분류 기준을 적용하기 위해 ICAO에 기준 제안

*(중국) 홍콩국제공항 주변에 LiDAR 기반 관측 장비를 설치하고, 지속적으로 측정 및 분석 수행

3. 연구개발 내용

● **최종 목표 : 유효 탐지거리 10 km 이상, 고도 2,000ft 이상, 최대 탐지 풍속 60m/s 이상, 해당도 100m 이하급 실시간 전천후 난류 탐지 시스템 개발**
(TRL 단계 : [시작] 4 단계 ~ [종료] 7단계)

– 전천후 실시간 난류 탐지 장비 개발

*전천후 풍향/풍속 레이저 광원 및 파장 안정화 기술 설계

*송수신 광학계 설계, 도플러 신호 검출기 설계

*위상배열안테나 설계, 고출력 RF 송수신부 설계

*중간주파수 변환기 설계

*관측 범위, 처리 시간 등을 고려한 구동부 사양 검토

*선정 사양에 따른 구동 방식 결정 및 구동부 설계

*디지털 신호 파형 발생기 설계

*노이즈 저감 및 에너지 효율화를 위한 공통 시스템 전원 공급 장치 설계

*전원 분배 시스템 설계, 시스템별 전원 공급 장치 설계

*관측 장비 S/W 기본 설계

*시스템별 3차원 바람장 데이터(신호) 처리 기술 개발

*시스템별 생성 데이터 통합 처리를 위한 데이터 프로토콜 설계

*관측 데이터 시각화 표출 S/W 설계, LiDAR 및 RDAR 센서 모듈 제작

*센서 구동부 및 전원부 제작, 탐지 시스템 통합 시제품 제작

*탐지 시스템 데이터 처리 S/W 구현

– 전천후 실시간 난류 탐지 데이터 처리 및 데이터 연계 시스템 개발

*산출정보 통합 S/W 기본 설계

*시스템별 생성 데이터 통합 처리를 위한 알고리즘 설계

*관측 장비 S/W 체계 통합

*데이터 연계 시스템 프로토콜 및 API 분석

*데이터 활용 시스템과 연계를 위한 데이터 프로토콜 설계

*통합 연계 운영을 위한 시뮬레이션 시스템 설계 및 제작

*관측 데이터 통합 시각화 표출 S/W 설계
*HMI 시스템 내 표출을 위한 UI 설계
*센서 융합 Wake 데이터 HMI 표출 시스템 구축

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 시험 평가 기술 개발
*관측시스템–운영시스템–관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
*기본 측정 성능 시험 평가 기술 설계
*기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
*기본 측정 성능 시험 평가 장치의 기본/상세 설계
*신뢰성 평가 기준 설계
*신뢰성 평가 절차서(안) 개발
*기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발
*탐지 시스템 기본 성능 시험 실시
*신뢰성 시험 평가 결과 분석 기술 개발
*탐지 시스템 기본 신뢰성 시험 실시
*신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인

– 전천후 실시간 난류 탐지 시스템 실증 기술 개발
*탐지 장비 최적 위치 선정을 위한 공항 환경 분석
*탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 장비 최적 위치 선정(안) 도출
*공항 내 탐지 장비 네트워크 구축 설계(안) 도출
*탐지 장비 검증을 위한 공항 환경 분석
*탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계
*시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발
*시스템 구성품 및 체계 실증
*공항 내 탐지 장비 네트워크 구축
*검증 시나리오에 따른 운영 데이터 분석
*공항 적용 실증

성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	유효탐지거리	km	10 이상	–	미국, 록히드마틴
2	탐지 고도	ft	2,000 이상	–	미국, 록히드마틴
3	분해능	m	100 이하	–	미국, 록히드마틴
4	최대 탐지 풍속	m/s	60 이상	–	미국, 록히드마틴
5	데이터 처리시간	초	15 이내	–	미국, 록히드마틴

4. 연구개발 추진방법

■ 총괄연구개발과제 및 사업단 내 연관되어 추진되는 연구개발과제(舊 세부과제)와 협력체계 구축방안 제시

● **정량적 연구목표와 목표 설정근거 및 산출근거 제시**
– 수요처 니즈 등을 고려한 목표성능 제시
– 연구개발성과목표 및 성과지표를 제시하고 성과물의 목표수준 달성여부를 확인할 수 있는 검증방안 제시

● **단계별 구체적 목표를 수립하고, 그에 따른 추진전략 및 일정계획 수립**
– 핵심기술별 단계별, 연차별 목표와 추진일정, 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시

- 연구개발성과물의 성능 및 신뢰성을 객관적으로 검증할 수 있는 검증방안 제시
  - 테스트베드 구축을 통한 검증시 이에 대한 구체적인 구축 및 실증방안 제시
- 선행 연구개발과제 성과 및 국내외 민간 기술 · 제품 등과 연계 · 활용 추진
  - 선행 연구개발과제와의 중복검토 및 연구개발성과의 구체적 연계 · 활용 방안 제시
- 정부 및 예상수요기관 등의 의견수렴과 유기적 협조체계를 구축하여 연구개발성과의 실용화 가능성 제고
  - 스마트공항 R&D사업 및 데이터 기반 항공교통관제시스템 구축사업 참여업체와의 협력 계획 제시
- 구체적인 실용화 계획 반드시 제시
- 연구개발성과 실용화를 위한 법 · 제도 또는 기준 등의 정비 및 제 · 개정의 필요성 검토

■ 추진체계

- 본 연구개발성과의 실용화 및 사업화를 위해 주관연구개발기관을 중소 · 중견기업으로 지정
- 본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행
  - 주관연구개발기관은 개발 기술간 연계·활용, 최종 연구개발성과물의 실용화 등을 고려하여 컨소시엄을 구성하고 연구개발과제의 총괄 역할을 수행
  - 연구책임자는 역할 분담의 필요성 및 명확성 등을 고려하여 공동연구개발기관과의 협의를 통해 구체적인 연구개발계획을 수립하고, 전체 연구개발과제를 책임지고 진행·관리
- 연구개발품의 완성도를 위하여 연구 경험이 풍부한 산/학/연 전문 연구팀으로 연구개발기관 구성
- 기관별 상호 유기적인 협력체계 구축을 위하여 주기적인 공정회의 및 업무협의를 통한 정보 공유 필요
- 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극적으로 활용하여 추진
- 관련 분야별 전문가들의 적극 참여로 융합기술체계 구축
- 연구개발성과 실용화를 위해 실수요처 및 실시기업의 참여 권장
- 연구개발내용 검증 및 객관성 확보를 위해 외부전문가 자문위원회 구성 · 운영하고 연구개발내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문 실시
- 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요
- 연구신청자는 과다한 연구개발기관수의 참여 및 연구개발계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 연구개발기관으로만 구성하여 연구개발추진의 효율성을 도모
  - 본 과제는 산학연과 수요처인 공항운영자 등이 적극 참여할 수 있도록 추진체계 구성 필요
- 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

5. 최종성과물

- 전천후 WAKE 탐지 시스템
- WAKE 탐지를 위한 LIDAR / RADAR 센서 기술
- WAKE 탐지 데이터 검증 및 시스템 실증을 위한 시뮬레이터
- WKAE 탐지 최적화를 위한 센서 위치 선정 기술
- 전천후 WAKE 탐지시스템 검증 문서(TEMP, 기능·성능시험 절차서, 결과서)

6. 활용방안 및 기대효과

■ 활용방안

- UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영관련 기술 지원
- 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능

■ 기대효과

- 실시간 WAKE 탐지 기술 개발(탐지거리 10km 이상, 고도 2,000ft 이상,최대 탐지 풍속 50m/s 이상, 해당도 100m 이하)로 실시간 전천후 3차원 공간 난류 관측용 시스템 분야 세계 선도기술 확보
- 보다 정확한 기상정보를 적시에 제공함으로써 공역 이용의 탄력성을 향상시키며 효율적 운항을 기대
- 관측된 실시간 활주로 주변 난류 정보를 바탕으로 이·착륙 단계에서의 활주로 운영 정보를 제공하고, 효율적이고 안전한 활주로 운영 지원
- 항공교통관리의 4차원 공간 예측 기술 확보
- Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 확보
- 공항 활주로 수용성 향상 및 항공교통관제 안정성을 확보하여 국민 안전에 기여

7. 연구개발기간 및 연구개발비

■ 총 연구개발기간 : '24.4 ~ '28.12 (4년 9개월)

- 1단계
  - 1차년도 연구개발기간 : '24.4 ~ '24.12(9개월)
  - 2차년도 연구개발기간 : '25.1 ~ '25.12(12개월)
  - 3차년도 연구개발기간 : '26.1 ~ '26.12(12개월)
- 2단계
  - 4차년도 연구개발기간 : '27.1 ~ '27.12(12개월)
  - 5차년도 연구개발기간 : '28.1 ~ '28.12(12개월)
- 총 정부지원연구개발비 : 12,000 백만원 이내
  - 1차년도 정부지원연구개발비 : 2,000 백만원 이내

※ 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기타

- 본 연구개발과제의 보안등급은 "일반과제"임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구개발내용을 참고하여 작성하되 최종 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으며, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표 · 내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구개발과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

● 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사 연구개발과제와 연구개발내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ http://www.kaia.re.kr, http://www.ntis.go.kr의 유사 연구개발과제목록 참조

– 제안된 연구개발내용이 타 유사 연구개발과제와 연구개발방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능

● 연구개발 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시

● 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

– 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

*연구개발과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검・관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

– 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시

– 아래 표를 참고하여 본 연구개발과제와 관련되는 성과지표를 반영하고 그 외 과제특성을 고려한 고유 성과지표도 제안할 수 있음

*필수지표는 반드시 반영해야하는 성과지표임

– 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시

*"성과지표 설정의 적정성 및 목표 도전성"은 선정평가 평가항목이며 미흡할 경우 협약시 조정

● 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

– 본 연구개발과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음

– 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정・보완(연구개발목표, 내용 및 범위 등을 구체화・명확화)할 수 있음

– 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구개발내용(연구개발비 포함)이 조정될 수 있음

● 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함

– 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시



연구개발과제명	시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발

1. 연구개발목표

- 항공기 기종별 7단계 분리 규정인 RECAT을 적용하기 위해서는 기존 항공교통관제사의 Work Load를 증가시키지 않고, 안전한 운항 보장 필요
- 항적, 비행계획, 비행정보 등 공항 운영 분야의 다양한 이해관계자와 관련 정보를 유기적인 연결로 활주로 운영 및 의사결정 지원 기술을 기반으로 안전하고 효율적인 수용량 증대 기술의 시스템 검증 체계 구축
- 활주로 운영 효율성 확대를 통한 수용량 증대를 위해 Wake 정보를 연계한 활주로 운영 및 의사결정 지원 시스템의 효율성 평가를 위한 검증 체계 구축
- 개발 시스템의 효율적인 도입과 운영을 위한 시스템의 검증 체계 개발 및 지원 법체계 정비를 위한 정책적 제안 도출

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

■ 연구개발 필요성

- 항공수요 증가에 따른 인한 저비용의 효과적 대응 방안 필요
- 국제민간항공기구(ICAO)는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환 계획(GANP)을 발표('13.9)하여 체약국에 이행을 권고, 우리나라도 자체 이행계획을 수립 운영 중으로 21년 수정계획(NARAE 2.0)을 발표
- ICAO GANP 2019에서 활주로 항공난류 관련기술은 2025년부터 구현·적용하는 것으로 계획하고 있어, 이에 부합한 기술 개발이 필요하며, 실증을 통해 국내에 적용하기 위한 사전 데이터 확보 및 체계 개발이 필요
- ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획(NARAE 2.0) 이행 기반 마련 필요
- '25년 ASBU WAKE Block 2, 35년 Wake Block 4 이행을 위한 난류 탐지, 활주로 운영 의사지원 및 분리 최적화 기술 운용에 대한 관련 운영 데이터의 확보가 필수적이며, 이에 활주로 운영 의사지원 및 항공기 이착륙 분리 최적화 기술 개발이 필요한 상황
- 2021년 국제항공운송 탄소상쇄·감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 시행으로, 상쇄의무량 (Offset Requirement) 기준 충족 필요

■ 기술동향

- 국내 동향
  - 우리나라는 ICAO 세계항행계획의 6차 개정에 따라 이전의 국가항행계획(NARAE)을 개정하여 항공교통량 증가에 따른 현안 과제와 미래 예상 문제를 해결하고 항공교통관리(ATM) 체계를 전환·발전시키기 위한 개정안을 제시('21.8월)
  - ICAO에서 7개 그룹으로 분류된 항적 난기류 최소분리 기준을 반영하여 '항공교통관리 지침(PANS;ATM, Doc. 4444)'을 개정함에 따라 우리나라는 '항공교통관제절차(국토교통부고시 제2021-1052호)'를 개정하여 ICAO의 지침과 동일한 기준을 반영
  - 다만, 기존 4개 등급으로 구분한 분리 기준은 계속해서 유지하되, 새로운 항적 난기류 분류에 의한 7개 그룹의 기준이 추가된 것이며 공항에서 적용하는 시간 분리와 레이더 업무가 제공되는 터미널 공역에서의 거리 분리로 구분
- 국외 기술동향
  - 전 세계적으로 항공안전 확보 및 공항의 효율적인 운영을 위한 기술과 시스템 도입 및 공항 실증 진행 중

*(ICAO) 통일적인 운용을 목표로 한 글로벌 ATM시스템 구축을 위한 구상 ASBU를 발표, 4가지 개선분야와 4개의 블록을 규정하고 각국의 시스템 개발 계획을 일치시키는 것을 목적으로 NextGen, SESAR 등 의견 수렴하여 계획을 개선
*(미국-NextGen)"항공안전& · 효율 · 환경 및 수용량 증대"를 목표로 6개 프로그램 및 11가지 포트폴리오로 구성하여 운영
*(유럽-SESAR) 유럽 전 지역에 걸쳐 항공교통의 안전과 효율성을 보장하는 신세대 항공교통 관리 시스템의 능력을 개발하는 것을 목표로 5가지 프로그램으로 구성
*(일본-CARATS) 항공교통량의 증대 대응과 미래의 항공교통시스템 구축을 목표로 7대 목표를 수립하여 추진
*(중국-CAAMS) 항공교통관리 현대화 구축 전략(CAAMS)에 따라 종합적이고 효율적인 항공운송 서비스 제공을 목표로 제시하고 있으며, 최우선과제로 신규 항공교통관리 시스템 개발 및 전환을 제시석 수행

3. 연구개발 내용

● **최종 개발 목표 : 시스템 검증 및 운영 기반 기술 개발**
(TRL 단계 : [시작] 4 단계 ~ [종료] 7단계)

- 규정 및 법제화 지원
  *국내 항행안전시설 분류 기준 검토 및 해외 사례 조사
  *항행안전시설 적용(안) 도출
  *탐지 시스템 운영을 위한 공항 환경 분석
  *탐지 범위, 방식 등을 고려한 탐지 시스템 운영(안) 도출
  *공항별 RECAT 적용 사전 결과(안) 도출
  *Wake/RECAT 운영 매뉴얼(안) 도출
  *공항별 TBS 적용 사전 결과(안) 도출
  *Wake/TBS 운영 매뉴얼(안) 도출
  *Wake 탐지 시스템 운영 / 의사결정 지원 정책 요구(안) 도출
  *RECAT 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출
  *TBS 운영을 위한 기술/정책 요구사항(안) 도출
- 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 시험 절차서 개발
  *탐지 시스템 최소 운영 요구 성능 개발을 위한 공항 환경 분석
  *탐지 시스템 최소 운영 요구 성능(안) 개발
  *관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
  *기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
  *신뢰성 시험 평가 절차서(안) 개발
  *신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인
  *관측시스템-운영시스템-관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
  *신뢰성 평가 기술 알고리즘 설계/개발
  *데이터 연계 검증 기술 개발
  *Development Test 수행 방안/절차 개발
  *Operation Test 수행 방안/절차 개발
  *SW 개발 검증 절차 개발
  *장비/시스템(모듈, 서브시스템, 시스템 포함) 안전성 평가 절차 개발
  *시스템 성능 평가 절차 개발

*1차 현장 검증(안) 개발 (탐지 시스템 기능, 데이터 연계성 확인 등)
*2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)
*개발시험/운용시험 수행 방안 개발
– 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 검증 기술 개발
*정보 정확도/적정성/효과성 및 효율성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
*평가 알고리즘 기반 정확도 평가 기준(안) 개발
*평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발
*평가 알고리즘 기반 효과성 및 효율성 평가 기준(안) 개발
*활주로 운영 지원 정보정확도/적정성/효과성 및 효율성 평가
*활주로 운영 지원의 효과성/효율성 산출 방안 개발
*데이터 연계성 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발
*2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)
*신뢰성/안전성 평가 기준 설계
*신뢰성/안전성 평가 절차서(안) 개발
*신뢰성 시험 평가 결과 분석 기술 개발
*탐지 시스템 신뢰성 시험 실시
*신뢰성 평가를 통한 개발 시스템의 실제 환경 사용 가능성 확인
*관측시스템–운영시스템–관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
*기본 측정 성능 시험 평가 절차서(안) 개발
*기본 측정 성능 시험 평가 결과 분석 기술 개발
*탐지 시스템 기본 성능 시험 실시
*탐지시스템 기능 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발
*관측시스템–운영시스템–관제 시스템 연계 성능 평가 요소 도출
*적정성 평가를 위한 표준 평가 모델 선정
*시뮬레이션을 통한 표준 평가 모델 평가
*표준 평가 모델과 시뮬레이션 기반 적정성 평가 알고리즘 개발
*평가 알고리즘 기반 적정성 평가 기준(안) 개발
*데이터 연계성, 적정성 확인 등 1차 현장 검증(안) 개발
*2차 현업 적용(안) 개발 (실제 적용 가능 연구 범위 확인)
– 난류 탐지 연계 의사결정 지원시스템 성능 실증 기술 개발
*실증 연구를 위한 임시허가 관련 조사
*임시허가를 위한 시험 및 검사
*실증 연구용 임시허가 인증
*설치 운영에 필요한 법제도 정비방안 조사
*관측 시스템 사용 허가(안) 연구
*실증연구를 위한 지원 정책 요구(안) 도출
*실증 운영을 위한 공항 환경 분석
*탐지 장비 및 시스템 검증을 위한 표준 시나리오 설계
*시나리오 구성에 따른 평가 및 검증 기준(안) 개발
*관측 시스템 신뢰성 검증을 위한 인프라 구축
*실증 사이트에서의 관측시스템의 시험 및 운영
– ICAO 의제 대응 개발
*WAKE 관련 ICAO 의제 대응

*Wake 관련 기술 국제화 / 실용화 전략 개발

성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	규정 및 법제화 개발	건	3 이상	–	–
2	성능 시험 절차서 개발	건	3 이상	–	
3	시스템 실증	건	1 이상	–	–

4. 연구개발 추진방법

■ 총괄연구개발과제 및 사업단 내 연관되어 추진되는 연구개발과제(舊 세부과제)와 협력체계 구축방안 제시

● **정량적 연구목표와 목표 설정근거 및 산출근거 제시**
- 수요처 니즈 등을 고려한 목표성능 제시
- 연구개발성과목표 및 성과지표를 제시하고 성과물의 목표수준 달성여부를 확인할 수 있는 검증방안 제시

● **단계별 구체적 목표를 수립하고, 그에 따른 추진전략 및 일정계획 수립**
- 핵심기술별 단계별, 연차별 목표와 추진일정, 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시

● **연구개발성과물의 성능 및 신뢰성을 객관적으로 검증할 수 있는 검증방안 제시**
- 테스트베드 구축을 통한 검증시 이에 대한 구체적인 구축 및 실증방안 제시

● **선행 연구개발과제 성과 및 국내외 민간 기술 · 제품 등과 연계 · 활용 추진**
- 선행 연구개발과제와의 중복검토 및 연구개발성과의 구체적 연계 · 활용 방안 제시

● **정부 및 예상수요기관 등의 의견수렴과 유기적 협조체계를 구축하여 연구개발성과의 실용화 가능성 제고**
- 스마트공항 R&D사업 및 데이터 기반 항공교통관제시스템 구축사업 참여업체와의 협력 계획 제시

● **구체적인 실용화 계획 반드시 제시**

● **연구개발성과 실용화를 위한 법 · 제도 또는 기준 등의 정비 및 제 · 개정의 필요성 검토**

■ 추진체계

● **본 연구개발성과의 실용화 및 사업화를 위해 주관연구개발기관을 중소 · 중견기업으로 지정**

● **본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행**
- 주관연구개발기관은 개발 기술간 연계·활용, 최종 연구개발성과물의 실용화 등을 고려하여 컨소시엄을 구성하고 연구개발과제의 총괄 역할을 수행
- 연구책임자는 역할 분담의 필요성 및 명확성 등을 고려하여 공동연구개발기관과의 협의를 통해 구체적인 연구개발계획을 수립하고, 전체 연구개발과제를 책임지고 진행·관리

● **연구개발품의 완성도를 위하여 연구 경험이 풍부한 산/학/연 전문 연구팀으로 연구개발기관 구성**

● **기관별 상호 유기적인 협력체계 구축을 위하여 주기적인 공정회의 및 업무협의를 통한 정보 공유 필요**

● **특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극적으로 활용하여 추진**

● **관련 분야별 전문가들의 적극 참여로 융합기술체계 구축**

● **연구개발성과 실용화를 위해 실수요처 및 실시기업의 참여 권장**

● **연구개발내용 검증 및 객관성 확보를 위해 외부전문가 자문위원회 구성 · 운영하고 연구개발내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문 실시**

● **연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요**

- 연구신청자는 과다한 연구개발기관수의 참여 및 연구개발계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 연구개발기관으로만 구성하여 연구개발추진의 효율성을 도모
  - 본 과제는 산학연과 수요처인 공항운영자 등이 적극 참여할 수 있도록 추진체계 구성 필요
- 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

5. 최종성과물

- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 MOPS(안)
- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 운영 매뉴얼(안)
- WAKE 운영지원 및 탐지시스템 성능시험 절차서
- WAKE 탐지 성능평가 시스템 및 시험절차서
- 시스템 성능평가 결과서(성적서)
- ATCS 현장실증 분석 결과서
- ICAO WAKE 의제 대응 결과 문서
- WAKE 시스템 관련 기술의 실용화 전략

6. 활용방안 및 기대효과

■ 활용방안

- UAM 등 VertiPort 등 도심난류 관측 및 운영관련 기술 지원
- 장비 국산화를 통해 전량 수입에 의존하는 기상 관측 장비의 수입 대체 효과 및 상용제품 개발을 통한 해외 글로벌 시장 진입 가능

■ 기대효과

- ICAO ASBU, 항공정책기본계획('19.12.) 및 제2차 국가항행계획('21.08, NARAE 2.0) 이행 기반 마련
- Wake 탐지 능력을 활용한 공항 인근의 실시간 3차원 공간정보 생성 기술, 시간 단위 운영 최적화를 위한 4차원 데이터 확인 및 검증 기반 기술 확보
- 보다 정확한 기상정보의 적시 제공으로 공역 이용의 탄력성 향상과 위험 요소와 관련된 정보 제공으로 항공 안전 강화 가능

7. 연구개발기간 및 연구개발비

■ 총 연구개발기간 : '24.4 ~ '28.12 (4년 9개월)

- 1단계
  - 1차년도 연구개발기간 : '24.4 ~ '24.12(9개월)
  - 2차년도 연구개발기간 : '25.1 ~ '25.12(12개월)
  - 3차년도 연구개발기간 : '26.1 ~ '26.12(12개월)
- 2단계
  - 4차년도 연구개발기간 : '27.1 ~ '27.12(12개월)
  - 5차년도 연구개발기간 : '28.1 ~ '28.12(12개월)

● 총 정부지원연구개발비 : 5,700 백만원 이내
- 1차년도 정부지원연구개발비 : 600 백만원 이내
  ※ 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
  ※ 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능
  ※ 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기타

● 본 연구개발과제의 보안등급은 "일반과제"임

● 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구개발내용을 참고하여 작성하되 최종 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으며, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

● 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표 · 내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구개발과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

● 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사 연구개발과제와 연구개발내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ http://www.kaia.re.kr, http://www.ntis.go.kr의 유사 연구개발과제목록 참조
- 제안된 연구개발내용이 타 유사 연구개발과제와 연구개발방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
  ※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능

● 연구개발 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시

● 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
  *연구개발과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검 · 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시
- 아래 표를 참고하여 본 연구개발과제와 관련되는 성과지표를 반영하고 그 외 과제특성을 고려한 고유 성과지표도 제안할 수 있음
  *필수지표는 반드시 반영해야하는 성과지표임
- 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시
  *"성과지표 설정의 적정성 및 목표 도전성"은 선정평가 평가항목이며 미흡할 경우 협약시 조정

● 추후 연구개발계획 등은 수정 · 보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 연구개발과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정 · 보완(연구개발목표, 내용 및 범위 등을 구체화 · 명확화)할 수 있음
- 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구개발내용(연구개발비 포함)이 조정될 수 있음

● 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함

– 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시



제2절. 공모조건

- 본 사업 공모시 하기 조건을 반영함.

1. 연구개발 목표

- 라이다와 레이더를 적용한 항공기 후방난류 관측시스템 및 협력적 의사결정 시스템 개발이라는 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시.
- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토교통부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시.

2. 연구개발 내용

- 활주로 수용성 확대를 위한 후방난류 관측 시스템 및 ㅎ벼력적 의사결정 시스템 개발과 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함.
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가.
- 의사결정시스템, RECAT 구현을 위한 탐지시스템 개발, 활주로 수용성 확대를 검증 할 수 있는 공항/항공사 연관기관과의 체계적인 과제구성여부 평가.
- 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

3. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한 함.
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단.
- 후방난류 탐지 및 관제 시스템 개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성. 개발기술의 검증(극한환경)을 통한 신뢰성 향상.
- 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부.
- 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부

4. 개발기술의 실용성 및 경제성

- 기관선정의 우선순위는 개발기술의 제품화에 따른 시장점유율 및 부가가치확대, 세계최고 수준의 기술 경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.
- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구제적 항목으로 제시 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

5. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

- 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.
- 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술 협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.
- 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

6. 가점 및 감점 기준

1) 연구수행 형태에 따른 가점

(1안) 일반적인 기준

- 대기업이 주관연구기관으로서
  - 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점
  - 중소기업이 참여하는 경우 : 2점
- 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점
- 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

(2안) 연구단 수정 기준

가) 일반과제의 경우

- 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

● 대기업이 주관연구기관인 경우 : 1점

● 기업 이외의 기관이 주관연구기관이며

– 중소기업/참여기업이 1/2이상인 경우 : 2점

– 중소기업이 과제에 참여한 경우 : 1점

(단, 참여기업은 과제를 직접 수행하는 기관으로서 위탁기관 및 단순 참여기업은 제외한다.)

나) 연구단 과제의 경우

● 산,학,연이 모두 참여하며

– 세부 주관연구기관으로 산,학,연이 각각 구성된 경우 : 2점

– 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점

● 산,학 또는 산,연으로 구성되며

– 중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점

– 중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우 : 1점

2) 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

● 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)

– 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점

– 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

3) 추적평가결과에 따른 가점

● 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

4) 기타

● 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)

● 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점

● 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점

- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

제3절. 선정평가

1. 선정평가 절차

절차	방법 및 내용	일정
시행 공고	• 시행 공고(범부처통합연구지원시스템 또는 홈페이지)	'24.01
⇩		
신청서류 접수 및 검토·보완	• 주관연구개발기관 : 연구개발계획서 등 신청서류 온라인 접수 및 보완 • 전문기관(진흥원) : 신청서류 적합성 등 검토	'24.02
⇩		
사전검토	• 전문기관 : 연구개발기관과 연구자의 참여제한 해당 여부, 연구개발과제 신청자격 적합 여부 등 검토	'24.02
⇩		
연구개발과제평가단 선정평가	• 연구개발목표의 명확성, 추진전략 및 방법의 구체성 등에 대한 발표평가(100점 만점) – RFP와의 부합성 및 중복성 평가, 연구개발계획 평가 등 – (유의사항) 발표자료는 신청서류 접수시 제출한 연구개발계획서를 사용하여 발표(PPT 등 별도자료 사용 불가)	'24.03
⇩		
평가결과 통보 및 협약체결	• 주관연구개발기관에 선정평가 결과 통보 • 선정된 주관연구개발기관과 전문기관간 협약체결	'24.04 內

※ 신청서류 접수 이후의 일정은 사정에 따라 다소 변경될 수 있음

2. 평가항목 및 배점

● (1단계) 부합성·중복성 평가

– RFP와의 부합성 및 중복성에 대해 연구개발과제평가단 평가를 통해 선정대상 여부 결정

※ 부합되지 않거나 중복으로 판정시 연구개발계획에 대한 평가점수를 부여하지 않고 선정대상에서 제외

부합성 평가	• 연구개발과제평가단에서 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는 것으로 판정시 '탈락' 조치
중복성 평가	• 연구개발과제평가단에서 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 '탈락' 조치

● (2단계) 연구개발계획 평가

기준항목	세부 평가항목	배점
연구개발목표 (25점)	• 연구개발목표 및 성과목표의 명확성, 타당성 및 창의성	10
	• 성과지표 설정의 적절성 및 성과지표별 목표치의 도전성 (질적지표 설정여부, 지원예산대비 목표치의 적정성 등)	15
연구개발내용 (20점)	• 최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	5
	• 목표 달성을 위한 연구개발내용·성과의 적절성 및 실현가능성	5
	• 연구개발내용 구성의 타당성 및 연계성	5
	• 연구개발기간 및 연구개발비 편성의 적절성	5
추진전략 및 계획 (25점)	• 연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성 및 타당성	10
	• 연구수행체계 구성의 타당성(적정기관수, 산학연 구성 등) 및 연구자의 전문성	10
	• 연구개발기관의 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성, 신규 인력 채용 의지	5
활용방안 및 실용화 가능성(20점)	• 연구개발성과 활용시나리오의 적절성 및 구체성	5
	• 연구개발성과 실용화 및 정책제안 가능성	10
	• 개발기술의 기대성과(기술적/경제적) 및 파급효과	5
연구책임자의 연구수행능력(10점)	• 연구책임자의 연구역량(관련분야 연구경험) 및 관리능력	5
	• 연구윤리 수준	5
계		100

※ 선정평가시 기준항목(세부 평가항목) 및 배점 기준이 일부 달라질 수 있음

3. 평가점수 산정방법

● 연구개발과제평가단 종합평가점수는 위원별 점수 중 최고점수와 최저점수 각 1개를 제외한 총점을 산술평균하여 산정(소수점 셋째자리에서 반올림)

● 종합평가점수가 60점 미만인 과제는 단독신청일 경우도 '탈락' 조치

※ 연구개발과제평가단 종합평가점수가 60점 미만이고 가점 포함시 60점 이상일 경우 '탈락', 종합평가점수가 60점 이상이고 감점 포함시 60점 미만일 경우 '탈락' 조치

– '부합성 평가' 결과 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는 것으로 판정시 '탈락' 조치

– '중복성 평가' 결과 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 '탈락' 조치

– 평가 당일 주관연구개발기관 연구책임자가 발표하지 않은 경우 '탈락' 조치

※ 감염병에 따른 격리 조치로 인해 발표가 곤란할 경우에 한하여 예외 인정(해당 시 진흥원과 별도 협의 요망)

4. 가점 및 감점기준

● 관리지침 제17조(가점 및 감점 기준) 및 운영규정 별표2를 준용하여 연구개발과제평가단 종합평가점수를 기준으로 가점 및 감점을 부여

● 가점 및 감점은 접수 마감일까지 제출된 자료(증빙)를 근거로 종합평가점수에 합산하되, 60점 미만인 연구개발과제에 대하여는 부여하지 않음

– 신청기관은 가점 및 감점 해당사항이 있는 경우, [서식4] 가점 및 감점 사항 확인서에 따라 해당 목록과 증빙서류 제출

– 가점 및 감점의 적용기준일은 접수 마감일을 기준으로 함

< 가점 및 감점 기준 >

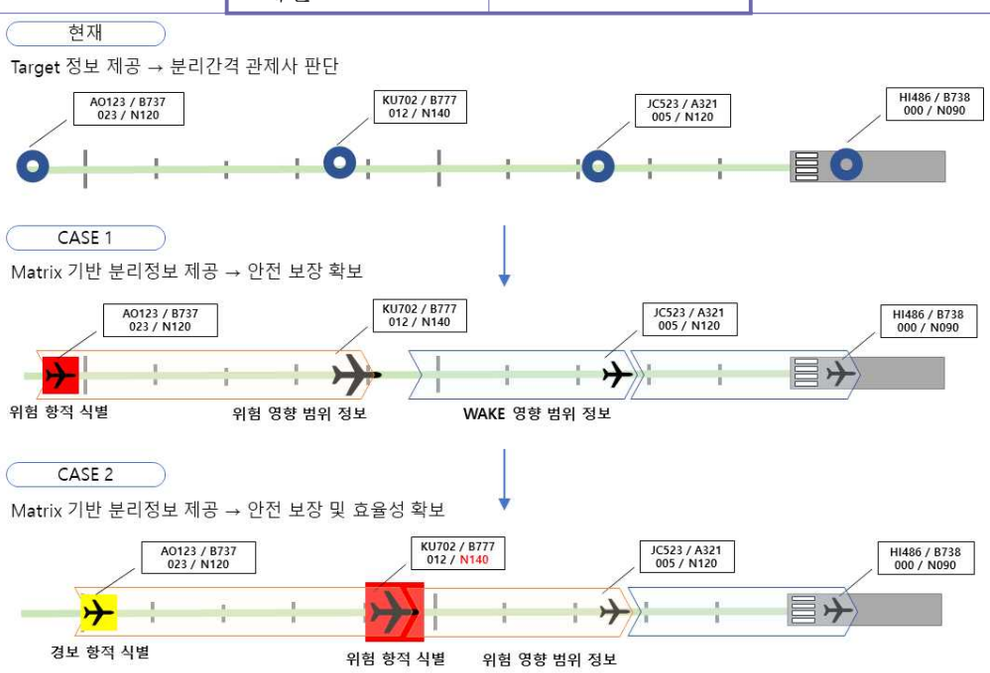
구분	내 용
평가결과 등에 따른 가점	• 국토교통부 소관 연구개발과제의 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가시 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자※가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정평가점수의 2% 가점
우수 기업부설연구소에 대한 가점	• 최근 3년 이내(운영규정 제25조에 따른 접수 마감일을 기준으로 한다. 이하 이 표에서 같다)에 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 시행령」 제16조의3에 따라 선정된 우수 기업부설연구소가 소속된 기업이 참여기업에 포함된 연구개발과제의 경우 선정평가점수의 1% 가점
보안과제 수행에 따른 가점	• 최근 3년 이내에 협약한 국토교통부 소관 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 주관연구책임자※가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점

구분	내 용
기술실적에 따른 가점	• 최근 3년 이내에 국토교통부 소관 연구개발과제를 통해 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만원 이상이거나, 같은 기간 내에 2건 이상의 기술이전 실적이 있는 연구책임자※※가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점
신기술 또는 녹색인증에 따른 가점	• 최근 2년 이내에 「건설기술 진흥법」 제14조에 따른 건설신기술, 「국가통합교통체계효율화법」 제102조에 따른 교통신기술 또는 「물류정책기본법」 제57조·제58조에 따른 물류신기술을 받은 중소·중견기업이 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점(보호기간 내에 있는 경우에 한한다) • 최근 2년 이내에 국토교통부장관으로부터 녹색인증 및 확인을 받은 실적이 있는 연구개발기관이 관련 녹색기술로 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점(보호기간 내에 있는 경우에 한한다)
신진연구자에 대한 가점	• 접수 마감일 기준 박사학위 취득 후 7년 이내 또는 만 39세 이하인 연구자가 주관연구책임자로서 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정 평가점수의 1% 가점
연구부정행위에 따른 감점	• 최근 3년 이내에 「국가연구개발혁신법」 제32조제1항제3호에 따른 사유로 제재처분을 받은 연구개발과제의 연구책임자※※나 연구개발기관이 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 4% 감점
연구 포기에 따른 감점	• 최근 3년 이내에 정당한 사유없이 연구개발과제 수행을 포기하여 제재처분을 받은 연구개발과제의 연구책임자※※가 새로운 연구개발과제를 신청하거나 제재처분을 받은 연구개발기관이 참여기관에 포함된 경우 선정 평가점수의 2% 감점

※ 혁신법 체제 이전('21.01.01 이전)의 "주관연구책임자"를 의미함

※※ 혁신법 체제 이전('21.01.01 이전)의 "주관·협동·공동·위탁연구책임자"를 의미함

참고1 활주로 항공난류 사업 분야 향후 모습

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'25년 수준	최종 목표수준	
	~'22	'25	'28(종료년도)	'29~(종료이후)
활주로 이착륙 운영	• 관제사 목측에 활주로 이착륙 단계의 항공기간 분리 실행 • 항공기분리기준 단순(3×3matrix)	• 이착륙 단계에서 항공기 위치, 기종별 기준 최소 분리기준 시각화 • 항공기분리기준 복잡화(7×7matrix) • 최소 안전 확보를 위한 정보 제공 • 착륙분리거리감소 (B767-B737:-2nm, B777-B737:-1nm, B777-B777:-1nm)	• 항적데이터 및 항공기 운항 데이터 연계 활주로 용량 증가를 위한 실시간 정보 제공 • 인적오류 방지를 위한 상세 분리 정보 데이터 제공 • 안전 및 효율성 확보(이착륙 횟수 10% 증대)	• 항로 및 접근 운항 중 실시간 운영 WAKE 모니터링 기술 개발
실시간 WAKE 탐지	• 국내 활주로 항공난류 탐지 전무 (Windshear 탐지 정보만 제공) • 국외 비실시간성 관측만 실행	• WAKE 탐지 기술 개발 • 필요 데이터 표출 및 SWIM/CDM 연계	• 거리 10km, 고도 2,000ft, 해상도 100m급 실시간 WAKE 탐지기술 보유 • 이·착륙 구간 탐지 데이터 생성 • 실시간 Dynamic Matrix 산출을 위한 기술 적용	• 공항이착륙 최대화를 위한 실시간 WAKE 정보 산출 • 정보 연계 구축을 통한 항공안전 확보
시스템 검증 법제화	• WAKE 탐지 관련 시스템 기준(장비, 운영기준 등) 미비	• RECAT 관련 상세 운영 기준 제시 • 실시간 WAKE 탐지 운영방안 제시 • ICAO 등 국제기준 제안	• WAKE 운영지원 시스템 검증 절차 수립 • WAKE운영지원을 위한 법규 수립	• 국내 연구개발 결과의 국제기준(ICAO 규정 등) 반영
WAKE 시스템 지원 (관제사 HMI 예)				

별첨 1 **총괄 위원회 및 분과 위원회 회의록**

"활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획"
총괄기획위원회 Kick-off 회의 결과

<'21.6.18, 한국산업기술시험원>

□ 개요

○ **(목적) 활주로 항공 난류 관리기술 개발** 상세기획을 위한 **총괄기획위원회 발족** 및 **추진계획 논의**

○ **(時/所)** '21.6.10(목), 14:00~16:00, 서울역 삼경교육센터 8층 회의실

○ **(참석)** 국토교통부(주관부처), 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 한국산업기술시험원(주관연구기관), 한서대학교(공동기관), 총괄기획위원 총 18명

* (첨부1) Kick-off 회의 참석자 명단

□ 세부일정

시간	주요 내용		비고
~ 14:00	회의장 입장		참석자 등록 (방역지침 준수)
14:00~14:20	('20)	개회 / 진행순서 안내/참석자 소개	한국산업기술시험원
14:20~14:30	('10)	인사말	국토교통부 항공교통과/ 국토교통과학기술진흥원
14:30~15:00	('30)	기획과제 소개	한국산업기술시험원
15:00~15:20	('20)	질의 응답	전체
15:20~15:40	('20)	휴식	
15:40~16:40	('60)	기획위원회 운영(안) 안내 및 논의	전체
16:40~17:00	('20)	정리 / 폐회	한국산업기술시험원

□ 주요 논의사항

(1) 총괄기획위원회 운영 방안

○ **기획연구 완성도 제고**를 위해 **총괄기획위원회 구성 및 운영**

- **(역할)** 기획 사업에 대해 **거시적 관점**에서 **기획 방향 제시** 및 분

과위원회가 도출한 **사업 추진 내용 조정 및 최종결과 도출**

- **(운영규모)** 13명 (산: 5명, 학: 3명, 연: 3명, 관: 2명)
- **(운영기간)** ’21년 6월~12월, 총 6회

* (첨부2) 총괄기획위원회 명단

(2) 기술분과 구성

○ 활주로 항공난류 관리기술 **상세기획을 위한 기술분과 구성**

- **(역할)** 사업에 대해 **기술적 관점**에서 **전문적으로 검토하여 상세기획 결과(안) 도출**
- **(운영규모)** 분과 별 6명 내외
- **(운영기간)** ’21년 6월~’22년 1월, 월 1회 또는 필요시
- **(구성)** 활주로 항공난류 관리기술 기술로드맵 및 과제발굴을 위해① **난류탐지시스템**, ② **탐지 데이터 처리 및 TBS 분류기준***, ③ **인증 및 제도화**, 총 3개 분과로 운영하며 ④ **통합연계분야**는 기획 과정 중 검토하여 **필요 시 추후 운영 예정**

* 의사결정시스템(A-CDM)과 연계방안은 TBS 분류기준에 포함하여 기획 필요

(3) 타부처 사업 연계방안

○ **항공기상청 신규과제**와 **중복성·연계방안** 검토

- 항공기상청 ’22년 추진 과제인 ‘차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발(NARAE-Weather)’의 세부내용을 검토하여 본 기획 세부과제 도출 시 중복성 확인 및 연계방안 마련 필요

(4) 향후 일정

○ 기술분과 구성 및 기술수요조사 설문지 검토: ~’21.7.9

○ 2차 총괄기획위원회 개최: ’21.7.29

□ 회의전경





첨부1 기획위원회 Kick-off 회의 참석자 명단

순번	소속	직위/직책	성명	비고
1	국토교통부	사무관	김영민	주관부처
2	국토교통부	주무관	박소현	주관부처
3	국토교통과학기술진흥원	그룹장	김종욱	전문기관
4	국토교통과학기술진흥원	PD	최미진	전문기관
5	한국산업기술시험원	책임연구원	이동명	주관기관
6	한국산업기술시험원	주임연구원	백일천	주관기관
7	한서대학교	연구원	박정우	공동기관
8	인천국제공항공사	차장	이용길	
9	인천국제공항공사 공항산업기술연구원	책임연구원	조남현	박근효 팀장 대리참석
10	한국공항공사 항공산업연구소	책임연구원	김재호	박동기 연구소장 대리참석
11	한국교통연구원	연구위원 (센터장)	김준혁	
12	항공안전기술원	선임연구원	배동환	
13	항공기상청	예보과장	허복행	
14	한국천문연구원	책임연구원	임형철	
15	경상대학교	교수	명노신	
16	서울대학교	교수	이관중	
17	한국민간항공조종사협회 (항공환경관제 위원)	기장/대표위원	이승표	

※ 불참 : 한국항공대학교 김휘양 교수, 서울지방항공청 김종성 팀장,
한국항공우주연구원 전대근 책임연구원 (별도로 회의 내용 전달예정)

첨부2 총괄 기획위원회 명단

순번	기관명	직위 /직책	이름	전문분야	구분
1	한국항공대학교	교수	김휘양	항공교통(관제)	학
2	서울지방항공청	팀장	김종성	항공교통(관제)	관
3	한국항공우주연구원	책임연구원	전대근	항공교통(관제)	연
4	인천국제공항공사	차장	이용길	항행안전시설	산
5	인천국제공항공사 공항산업기술연구원	팀장	박근효	공항운영	산
6	한국공항공사 항공산업연구소	연구소장	박동기	공항운영	산
7	한국교통연구원	연구위원 (센터장)	김준혁	공항운영	연
8	항공안전기술원	선임연구원	배동환	항행안전시설 성능적합성증명	연
9	항공기상청	예보과장	허복행	항공기상	관
10	한국천문연구원	책임연구원	임형철	난류계측	연
11	경상대학교	교수	명노신	난류계측	학
12	서울대학교	교수	이관중	난류계측	학
13	한국민간항공조종사협회 (항공환경관제 위원)	기장/대표위원	이승표	항공운항	산

“활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획”
제2차 총괄기획위원회 회의 결과

<’21.8.18, 한국산업기술시험원, 한서대학교 산학협력단>

□ 개요

○ (목적) 활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획을 위한 기술수요조사 계획 검토 및 향후 추진계획 공유

○ (時/所) ‘21.8.18(목), 10:00~12:00, 온라인 비대면 회의

○ (참석) 국토교통부 항공교통과(주관부처), 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 기획연구진, 총괄기획위원회 위원 등 19명

* (첨부1) 총괄기획위원회 회의 참석자 명단

□ 세부일정

일시		내용	비고
~10:00	-	온라인 회의 입장	전체
10:00~10:05	(’5)	개회 / 진행순서 안내 / 참석자 소개	국토교통과학기술진흥원
10:05~10:10	(’5)	인사말씀	국토교통부 항공교통과
10:10~10:50	(’40)	- 논의 안건 발제 • 기획 및 사업 표적화 • 분과 운영방안 • 기술소요조사계획(안)	한국산업기술시험원 한서대학교 산학협력단
10:50~11:50	(’60)	안건별 논의	전체
11:50~12:00	(’10)	정리/ 폐회	국토교통과학기술진흥원

□ 주요 논의사항

(1) 기술수요조사 진행 계획

○ 기술수요조사 전 **연구개발 목표에 대한 명확한 범위 설정 필요**

- ASBU Block 단계 및 TRL 단계에 대한 명시

○ **기존 연구(시스템)와 연계**는 구체적인 **방법 및 구현 가능성 검토** 필요

- 진행 중 이거나 진행될 시스템에 대한 연계보다는 현재 사용하

고 있는 시스템과 연계 방안 제시가 현실성 있다고 판단

○ ICAO ASBU 정책과 **유럽 및 미국**의 항공난류 관리기술 **선행 연구 사례** 검토를 통한 개발과제 **방향성 및 개발수준** 검토/정의

- 해외 선진 사례 조사를 통해 효과적인 기획과제의 개발방향 설정 및 시행착오 최소화

○ 개발 결과물의 안전성/신뢰성을 확보할 수 있는 **검증/실증 단계에 대한 내용 추가 필요**

- 개발 시스템의 적용을 위해서는 장기간 실증 DATA의 축적이 필요하며, 이에 대한 기획안 반영 필요

○ 개발 시스템의 공항 적용을 위한 **필수 인증 선정** 및 유사 시스템의 **인증 사례 조사를 통한 인증범위 설정**

- 현재 운영중인 항행 관제시설 사용승인 사례 조사 필요(해외공항 설치이력, 자체검증 이후 사용되는 시스템 사례)

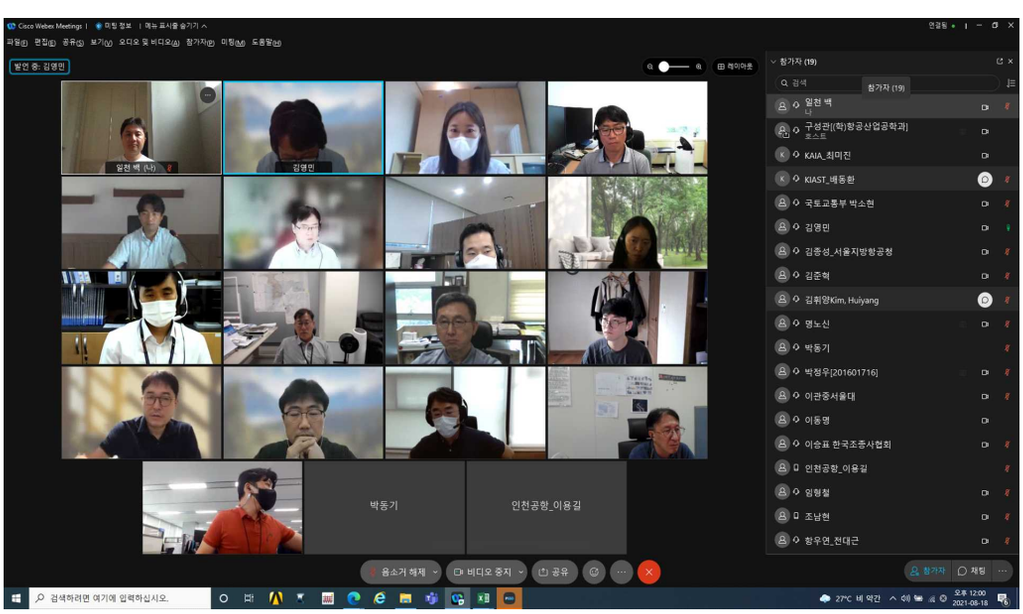
○ 효과적인 개발기획 방향성 설정을 위해 기술분과 위원의 Top-Down 의견 수렴이후 기술수요조사를 수행에 대한 검토

(2) 향후 일정

○ 기술분과 구성안 공유: ~'21.8.27

○ 기술분과 기술수요조사 방향성 및 의견 수렴: ~'21.8.31

□ 회의전경



첨부1 기획위원회 참석자 명단

□ 국토교통부 · 전문기관 · 주관연구기관

No.	성명	직위/직책	소 속	비고
1	김영민	사무관	국토교통부 항공교통과	사업담당관
2	박소현	주무관	국토교통부 항공교통과	사업담당관
3	최미진	PD	국토교통과학기술진흥원	총괄담당
4	이동명	책임연구원	한국산업기술시험원	주관연구기관(연구책임자)
5	구성관	교수	한서대학교	공동기관 (연구책임자)
6	백일천	주임연구원	한국산업기술시험원	기획위 운영
7	박정우	연구원	한서대학교	기획위 운영

□ 총괄기획위원회

No.	성명	직위/직책	소 속	전문분야	구분	비고
1	김휘양	교수	한국항공대학교	항공교통(관제)	학	총괄기획위원회
2	김종성	팀장	서울지방항공청	항공교통(관제)	관	총괄기획위원회
3	전대근	책임연구원	한국항공우주연구원	항공교통(관제)	연	총괄기획위원회
4	이용길	차장	인천국제공항공사	항행안전시설	산	총괄기획위원회
5	조남현	책임연구원	인천국제공항공사	항행안전시설	산	박근효 팀장 대리 참석
6	박동기	연구소장	한국공항공사 항공산업연구소	공항운영	산	총괄기획위원회
7	김준혁	연구위원	한국교통연구원	공항운영	연	총괄기획위원회
8	배동환	선임연구원	항공안전기술원	항행안전시설 성능적합성증명	연	총괄기획위원회
9	임형철	책임연구원	한국천문연구원	난류계측	연	총괄기획위원회
10	명노신	교수	경상대학교	난류계측	학	총괄기획위원회
11	이관중	교수	서울대학교	난류계측	학	총괄기획위원회
12	이승표	기장/대표위원	제주항공/항공관제위원회	항공운항	산	총괄기획위원회

"활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획"

제3차 총괄기획위원회 회의 결과

<'22.3.22, KTL&한서대학교>

□ 개요

○ **(목적)** 활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획에서 도출한 사업내용 검토 및 위원회 의견 수렴

○ **(時/所)** '22.3.22(목), 15:00~17:00, 온라인 비대면 회의

○ **(참석)** 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 기획연구진, 총괄기획위원회 위원 등 12명

* (첨부1) 총괄기획위원회 회의 참석자 명단

□ 세부일정

일시		내용	비고
~15:00	-	온라인 회의 입장	전체
15:00~15:05	('5)	개회 / 진행순서 안내 / 참석자 소개	국토교통과학기술진흥원
15:05~16:00	('55)	- 최종 기획보고서 발표 • 기술수요조사결과 • 기획 및 사업 목표 • 세부별 과업내용/세부 과제 도출	한국산업기술시험원
16:00~16:50	('50)	총괄위원 의견 개진 및 답변	전체
16:50~17:00	('10)	정리/ 폐회	국토교통과학기술진흥원

□ 주요 내용

○ **(필요성)** 착수회의때부터 제기된 국내 현황 분석을 통해 본 연구개발이 국내에 필요한 기술인지(독립 활주로가 아닌곳, 김포나 다른 지방공항에 적용여부)가 과제 종료시까지 도출이 되지 않아 보완 필요

○ **(분리치)** 최적의 분리치는 후류뿐 아니라 항공기 속도, 활주로 점유시간(ROT, Runway Occupancy Time) 등 종합적으로 고려해야 함

- ㅇ **(의사결정지원시스템)** 의사결정지원시스템은 HMI에 반영되어야 하며 사용자(관제사)의 의견수렴을 통해 관제사의 work load를 증가시키지 않아야 함(ARTS 화면에 현시 등)
- ㅇ **(구현가능성)** 개발시스템 정보의 HMI 표출과 기존 시스템(ARTS) 반영 가능여부 확인(현재 관제화면에 add-on이 가능한지) 필요하며 레이더를 운영하는 접근관제소 등과 협의해야 함
- ㅇ **(의제대응)** ICAO 의제 대응 개발은 의제를 제안하는 것인지 의제를 모니터링 하는 것인지 명확화 필요
- ㅇ **(효과도 분석) 난류탐지시스템의 효용성에 대해** 효과도 분석을 할 수 있는 평가지표 수립 필요
- ㅇ **(사업기간)** 사업기간내(총5년) 개발한 **라이다 및 레이다 기반 난류탐지시스템의 개발 완료** 및 **신뢰성을 충분히 확보**할 수 있는지 확인 필요
- ㅇ **(중복성) 구성기술간 중복성**(구성기술 1과 2에서 별도의 운영검증이 있고, 구성기술3에서 운영검증이 있음)이 있으므로 검토 및 조정 필요

□ 회의전경



첨부 **회의 참석자 명단**

□ 국토교통부 · 전문기관 · 주관연구기관

No.	성명	직위/직책	소 속	비고
1	최미진	PD	국토교통과학기술진흥원	총괄담당
2	이동명	책임연구원	한국산업기술시험원	주관연구기관(연구책임자)
3	구성관	교수	한서대학교	공동기관 (연구책임자)
4	백일천	주임연구원	한국산업기술시험원	기획위 운영

□ 총괄기획위원회

No.	성명	직위/직책	소 속	전문분야	구분	비고
1	김휘양	교수	한국항공대학교	항공교통(관제)	학	총괄기획위원회
2	김종성	팀장	서울지방항공청	항공교통(관제)	관	총괄기획위원회
3	전대근	책임연구원	한국항공우주연구원	항공교통(관제)	연	총괄기획위원회
4	이용길	차장	인천국제공항공사	항행안전시설	산	총괄기획위원회
5	박동기	연구소장	한국공항공사 항공산업연구소	공항운영	산	총괄기획위원회
6	김준혁	연구위원	한국교통연구원	공항운영	연	총괄기획위원회
7	배동환	선임연구원	항공안전기술원	항행안전시설 성능적합성증명	연	총괄기획위원회
8	임형철	책임연구원	한국천문연구원	난류계측	연	총괄기획위원회
9	명노신	교수	경상대학교	난류계측	학	총괄기획위원회
10	이승표	기장/대표위원	제주항공/항공관제위원회	항공운항	산	총괄기획위원회

활주로 난류관리 기술개발 기획연구
1차 기술분과위원회 결과 공유

<'21.09.17, KTL & 한서대학교>

□ 개요

○ (**목적**) 사업 기획을 위한 기술 범위 검토 및 과제 발굴(안) 검토
- 신규사업의 사업구조(안) 및 분과위원회의 역할, 향후 추진계획 공유
- 상세한 기술에 대한 세부 내역 제안 및 구성 추진

○ (**時/所**) '21.9.9/16:00～17:50(탐지분과), 온라인 회의(Webex)
- 실시간 Wake 탐지 : '21. 9. 9, 16:00 ~ 17:50
- 운영·의사결정지원 : '21. 9. 15, 16:00 ~ 17:50

○ (**참석**) 주관연구기관 및 분과기획위원 등 약 20여명

□ 안건

○ 활주로 난류관리 기술개발 기획연구 개요
- 연구개발 개요 및 주요 기술 구분
- 기술 구조에 따른 분과위원회 구성

○ 총괄 기획위원회 결과 공유
- 연구개발 기술 관련 주요 검토 및 회의 결과

○ 기술개발과제 도출을 위한 분과위 업무 프로세스
- 분과위 역할 및 세부 프로세스별 수행 사항

- 실시간 Wake 탐지 기술 관련 세부 범위 도출 결과
- 운영·의사결정 지원 기술 관련 세부 범위 도출 결과
- 기술수요조사 계획(안) 검토
- 기술개발 후보군 도출 계획(안) 검토

○ 기술개발과제 발굴을 위한 분과 토론
- 실시간 Wake 탐지 기술 하부 기술 범위 검토
- Lv 3 중점기술의 내용이 연구개발 가능 범위, 기술 특성을 반영하여 재구성할 필요
- 탐지 결과의 정보 연계를 위한 기반 기술 논의
- 운영·의사결정 지원을 위한 기반 기술 논의
- 의사결정 지원 정보 연계를 위한 기반 기술 논의

○ 분과 운영 방안 토의
- 분과장 선출 및 분과 상세 운영 방안 논의
- 향후 일정(안) 검토 및 논의

□ 회의결과

○ 하부 기술 상세 논의 필요
- Lv 3 중점기술의 내용이 연구개발 가능 범위, 기술의 특성을 반영하여 재구성할 필요가 있음

(1) 실시간 Wake 탐지 기술

- Lv 3 ~ Lv 4 등을 재분류 등에 전문가 의견반영 필요
- 난류 정보 생산, LIDAR & RADAR 등의 구성 요소 추가 필요
- 표출 자료에 대한 표준화 및 통합 시스템 구축 방안 수립 필요
- LIDAR, RADAR 등 센서 부분의 기술 수준을 조사하여 개발 여부 도출 및 반영 필요
- 이동형 관측 장비는 연구적인 측면에서는 적절하나 운영 가능

측면에서는 적절한지 추가적 의견 수렴 필요
- SONIC 등 추가적 관측 기술에 대한 조사 후 반영 필요

(2) 운영 · 의사 결정지원 기술

- 실제 항공기 운영시 발생하는 Wake 는 비행 후 하방 방향으로 발생하며, 이에 대한 특성이 반영된 탐지 범위 설정 필요
- 우리나라 공항의 특성상 항공기 이륙 후 지정된 고도까지는 경로가 일정한 편이며, 항공기 이륙시 무게 및 엔진 출력의 특성으로 착륙시 보다 Wake의 영향이 크므로 이륙 후 Wake 에 대한 정보의 산출도 필요
- 항공기 운영과 관련된 다양한 사용자에게 산출된 정보를 전달하는 방법에 대한 형태 등의 고려 필요
- 의사결정 지원을 위한 3차원 데이터 산출에서 기상정보 중 예보 모델과 연계가 필요한 경우 현재 기상청 모델에서 산출되는지여부 등을 추가로 고려가 필요하며, 필요시 데이터의 요구에 대한 항공기상청과의 사전 논의 필요
- Wake 정보가 공항 운영의 영향이 있을 수 있으므로 A-CDM 등 기존 공항 의사결정 지원시스템과 ATM 관련하여 연구개발 중인 타 과제와의 연계성에 대한 고려 필요

ㅇ 분과위원회 운영 관련
- 일부 추가적 의견과 검토가 필요한 내용에 대한 분과위원 추가

추천 요청

□ 향후 계획

ㅇ 하부 기술 도출

- Lv 3 이하의 하부기술 도출을 위해 기 수행된 분과회의 결과를 반영한 기술 정의 재수정 후 배포 [9. 17]
- 분과별 위원 분들의 의견 작성 등 요청 [~ 9. 24]

ㅇ 기술수요 조사

- 9월 4주차 기술수요 조사를 위한 공고 등 시작 예정

활주로 난류관리 기술개발 기획연구 2차 기술분과위원회 결과 공유

<'22.01.22, KTL & 한서대학교>

□ 개요

○ (**목적**) 사업 기획을 위한 기술 범위 검토 및 과제 발굴(안) 검토
- 신규사업의 사업구조(안) 및 분과위원회의 역할, 향후 추진계획 공유
- 상세한 기술에 대한 세부 내역 제안 및 구성 추진

○ (**時/所**) 대면 및 온라인 회의(Webex)
- 실시간 Wake 탐지 : '22. 1. 19, 10:30 ~ 13:00
- 운영·의사결정지원 : '22. 1. 19, 14:00 ~ 16:00
- 시스템 검증 및 법제화 : '22. 1. 19, 17:00 ~ 19:00

○ (**참석**) 주관연구기관 및 분과기획위원 등 약 20여명

□ 안건

○ 활주로 난류관리 기술개발 기획연구 도출 세부 분야 검토
- 기술 구조에 따른 세부 연구 분야 도출
- 사전 내용 공유 후, 수정(안) 확인
- 수정 내용 검토 및 연구범위 확정(안) 논의

○ 기술개발과제 도출을 위한 기술분과별 상세 토의
- 실시간 전천후 WAKE 탐지 개발
- 운영 및 의사결정지원 시스템 개발
- 시스템 검증 및 법제화

□ 회의결과

(1) 실시간 Wake 탐지 기술

○ 세부기술 용어 및 범위 변경 필요
- 통합 신호 처리 기술을 WAKE 정보 산출 시스템 등으로
- 기구부 설계를 구동부 설계 등으로
- 레이더, LiDAR에 대한 구분 등

○ 목표 성능 설정을 위한 구체적인 탐지범위 설정 필요
- 록히드마틴, 미츠비시 社 10km 이상까지 측정 가능
- Wake 속도에 대한 측정 필요(초속 45m/s, 65m/s 등)
- LiDAR와 RADAR의 탐지범위가 상이하기 때문에 목표 성능 세분화도 고려

○ 예산 범위를 고려한 탐지범위 구축 필요
- Wind Profiler 관측 방법 혹은 필요시 LiDAR 단일화 방안 고려

(2) 운영 · 의사 결정지원 기술

○ 공항별 및 기종별 Wake 적용 3차원 시뮬레이션 연구에서 SOP, CDF의 고려 필요

○ 조종사의 항공기 속도 Setting 값을 반영한 규정 고려 필요
- 항공기의 연료 탑재량을 고려하여 출발 항공기 Wake Separation 효율성 극대화
- 현재 관제사는 최소 분리치보다 Margin을 두고 항공기를 분리
- 현재의 RADAR의 표시되는 속도는 Ground Speed 기준으로 속도에 대한 반영과 정확도가 낮음
- ADS-B 등을 이용한 IAS 값을 이용하여 더욱 Dynamic한 분리치 반영 필요

(3) 시스템 검증 및 법제화

ㅇ 항행안전시설 범위는 ICAO의 Annex 10을 참고하여 추가적인 방안 논의 필요

ㅇ (EU) 2017/373와 같은 유럽 규정 참고하여 인증방안 검토

ㅇ 장비 시스템 안전성 평가 등 연구 세부 문구 수정 필요

ㅇ 시스템 통합의 대한 성능 평가가 필요
- DT / OT 구분을 통한 세부기술 내역 작성 필요
- 시스템 통합에 대한 Verification, Validation, 안전성 평가에 대한 정의 필요
- 시스템 통합 Verification, Validation, 안전성 평가 방법에 대한 테스트 방법 고려

ㅇ TRL 유형에 대한 추가 검토 필요

□ 향후 계획

ㅇ 총괄위원회
- 22년 1월 27일 예정

ㅇ 수요자 간담회
- 22년 2월 초 예정

ㅇ 부처보고
- 22년 2월 초 예정 (간담회 후 상세 계획)

□ 연구범위 및 세부 기술 수정(안)

ㅇ 첨부 참조

※ 세부 사항의 명확화 등의 사항 발생시 추가 공유 예정

□ 참석자 명단

○ 실시간 Wake 탐지 기술 분과 [10:30 ~ 12:30]

No.	성명	소속	직위	구분	회의참석
1	이규원	경북대학교	교수	학	대면
2	정우재	알에프코어	이사	산	대면
3	임형철	한국천문연구원	책임연구원	연	비대면
4	최성철	㈜삼우티시에스 기업부설연구소	연구소장	산	대면
5	장경식	울산대학교	교수	학	-
6	김영진	KAIST	교수	학	비대면

○ 운영 및 의사결정 지원 분과 [14:00 ~ 16:00]

No.	성명	소속	직위	구분	참석
1	강지석	㈜에이시스	전무	산	대면
2	정세연	인천국제공항공사	책임연구원	산	비대면
3	조남현	인천국제공항공사	선임연구원	산	비대면
4	김기영	㈜포디솔루션	대표	산	대면
5	윤석재	한국교통연구원	부연구위원	연	대면
6	명노신	경상대학교	교수	학	비대면
7	이승표	제주항공	기장	산	대면

○ 시스템 검증 및 법제화 [17:00 ~ 19:00]

No.	성명	소속	직위	구분	참석
1	심상우	㈜ICR	상무	산	비대면
2	김인중	㈜에어로솔루션	대표	산	비대면
3	윤동환	항공안전기술원	연구원	연	비대면
4	남경민	기술표준원	사무관	정	-

활주로 난류관리 기술개발 기획연구
3차 기술분과위원회 결과

<'22.02.15, 한서대학교>

□ 개요

○ (**목적**) 사업 기획을 위한 기술 범위 및 과제 발굴(안) 최종 검토
- 신규 사업의 사업구조(안) 도출 내용 사전 공유 및 검토
- 상세한 기술에 대한 세부 내역 제안 및 구성 내용 검토
- 세부 연구 범위 별 도출 내용 및 수정 사항 반영

○ (**時/所**) 온라인 회의(Webex)
- 실시간 Wake 탐지 : '22. 2. 15, 15:00 ~ 16:00
- 운영·의사결정지원 : '22. 1. 19, 16:00 ~ 17:00
- 시스템 검증 및 법제화 : '22. 1. 19, 17:00 ~ 18:00

○ (**참석**) 주관연구기관 및 분과기획위원 등 약 20여명

□ 안건

○ 활주로 난류관리 기술개발 기획연구 도출 세부 분야 검토
- 기술 구조에 따른 세부 연구 분야 검토
- 사전 내용 공유 후, 수정(안) 확인
- 수정 내용 검토 및 연구범위 확정(안) 논의

○ 기술개발과제 도출을 위한 기술 분과별 연구 범위 내용 최종 검토
- 실시간 전천후 WAKE 탐지 개발

- 운영 및 의사결정지원 시스템 개발
- 시스템 검증 및 법제화

□ 회의결과

(1) 실시간 Wake 탐지 기술

○ RADAR와 LIDAR의 목표 성능 범위 설정 필요
- RADAR와 LIDAR의 성능 차이를 고려하여 목표 성능을 개별로 설정

=> 연직면 탐지 데이터, 유효거리 탐지 데이터 등으로 세부 목표 설정

=> 탐지 센서의 종류별 특성을 고려한 탐지 범위/성능 산출 명시

○ 용어 및 오타 수정/검토

(2) 운영 · 의사결정지원기술

○ 구체적인 목표 성능 설정 필요
- 1Hz 데이터 표출, 연계 데이터 종류 이상 연계와 같은 방식으로 구체적인 목표 성능 설정 필요

=> 항적, 비행계획, 분리정보로 세부 내용 명시

○ 용어 및 오타 수정/검토

(3) 인증 및 법제화

○ SW 개발검증의 내용을 시스템 및 SW 개발 검증으로 변경
- 시스템/SW 개발 기준 설계, 시스템/SW 개발 절차서(안) 개발, 시스템/SW 개발 도구 검증의 내용 추가

○ 용어 및 오타 수정/검토

□ 향후 계획

○ 최종 검토 내용의 기획 보고서 반영

- 22년 3월 초 기획보고서(안) 산출 예정

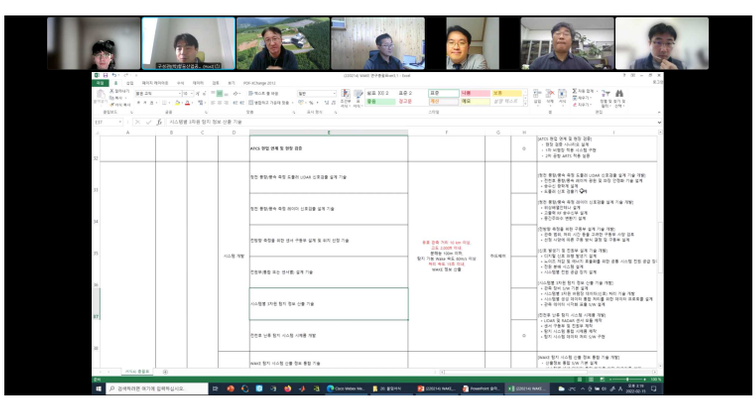
○ 수요자 간담회 및 총괄위원회

- 22년 3월 초

□ 참석자 명단

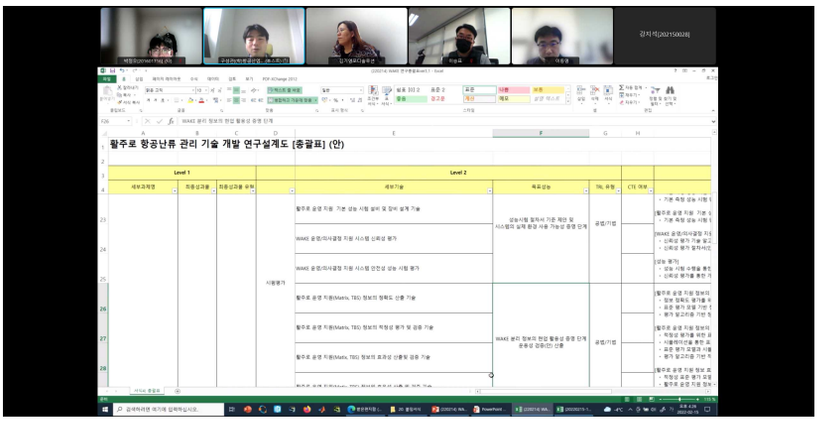
○실시간 Wake 탐지 기술 분과 [15:00 ~ 16:00]

No.	성명	소속	직위	구분	회의참석
1	이규원	경북대학교	교수	학	비대면
2	임형철	한국천문연구원	책임연구원	연	비대면
3	최성철	㈜삼우티시에스 기업부설연구소	연구소장	산	비대면
4	김영진	KAIST	교수	학	비대면



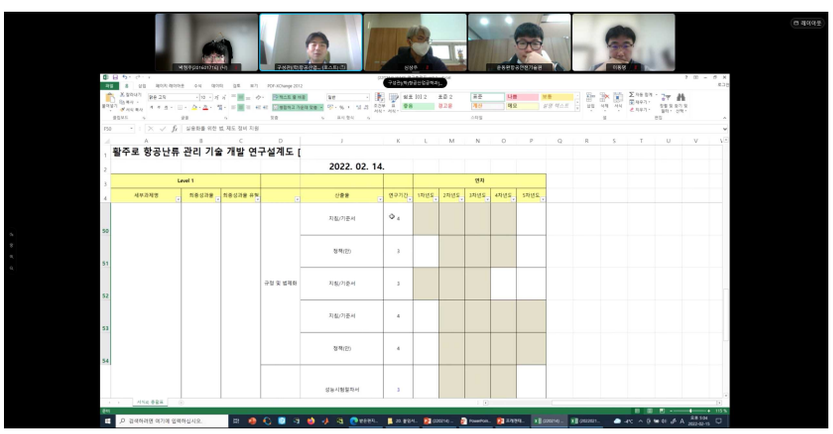
○운영 및 의사결정 지원 분과 [16:00 ~ 17:00]

No.	성명	소속	직위	구분	참석
1	강지석	㈜에이시스	전무	산	비대면
2	조남현	인천국제공항공사	선임연구원	산	서면
3	김기영	㈜포디솔루션	대표	산	비대면
4	윤석재	한국교통연구원	부연구위원	연	서면
5	명노신	경상대학교	교수	학	서면
6	이승표	제주항공	기장	산	대면



○ 시스템 검증 및 법제화 [17:00 ~ 18:00]

No.	성명	소속	직위	구분	참석
1	심상우	㈜ICR	상무	산	비대면
2	윤동환	항공안전기술원	연구원	연	비대면
3	남경민	기술표준원	사무관	정	서면



주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 활주로 항공 난류 관리기술 개발 기획 연구의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.