최종보고서(일반과제용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	항공안전기술개발사업
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	공항안전
공고번호	공고-제43호	총괄연구개발 식별번호		-
		연구개발과제번호		21ATRP-C108046-07

국가과학기술 표준분류	EI0701 (항공안전기술)	50%	ED1101 (레이더센서)	30%	ED1103 (전자광학센서)	20%

총괄연구개발명	국문	공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발		
	영문	Development for Foreign Object Automatic Detection System in the Airport Operation Area		
연구개발과제명	국문	공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발		
	영문	Development for Foreign Object Automatic Detection System in the Airport Operation Area		
주관연구기관	기관명	㈜웨이브텍	사업자등록번호	134-81-46647
	주소	경기도 안양시 만안구 일직로94번길 15	법인등록번호	135511-0100417
주관연구책임자	성명	박 명 규	직위	상무이사
	연락처 직장전화	070-4940-0948	휴대전화	010-5552-6785
	연락처 전자우편	mkpark@wave-tech.co.kr	국가연구자번호	1083 8541
연구개발기간	전체	2015. 12. 29 - 2021. 12. 28(6년 개월)		
	1년차	2015. 12. 29 - 2016. 06. 28(년 6개월)		
	2년차	2016. 06. 29 - 2017. 04. 28(년 10개월)		
	3년차	2017. 04. 29 - 2018. 02. 28(년 10개월)		
	4년차	2018. 03. 01 - 2018. 12. 31(년 10개월)		
	5년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 개월)		
	6년차	2020. 01. 01 - 2021. 12. 31(1년 개월)		
	7년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 28(1년 개월)		

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	18,188,000	1,749,947	5,775,972	-	-	-	-	19,934,347	5,775,972	25,713,919	-
1년차	721,000	132,202	143,580	-	-	-	-	853,202	143,580	996,782	-
2년차	3,035,000	121,235	997,794	-	-	-	-	3,156,235	997,794	4,154,029	-
3년차	4,734,000	174,707	1,496,173	-	-	-	-	4,908,707	1,496,173	6,404,880	-
4년차	4,769,000	178,366	1,492,525	-	-	-	-	4,947,366	1,492,525	6,439,891	-
5년차	2,598,000	411,581	797,091	-	-	-	-	3,009,581	797,091	3,806,672	-
6년차	1,166,000	673,774	435,816	-	-	-	-	1,839,774	435,816	2,275,590	-
7년차	1,165,000	58,082	412,993	-	-	-	-	1,223,082	412,993	1,636,075	-

공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구기관	PLEXTEK	Gareth Wiams	기술이사	+44-1799533200	gareth.wiams@plextek.com	공동	중소기업
	㈜영국전자	김배훈	대표이사	070-4349-6173	bhkim@youngkook.com	공동	중소기업
	㈜유넷컨버전스	이준용	대표이사	031-695-6827	jylee@unetconv.co.kr	공동	중소기업
	한국공항공사	박동기	소장	02-2660-4362	pdkie@airport.co.kr	공동	대기업
	인천국제공항공사	신욱수	차장	032-741-5672	sbomber@airport.kr	공동	대기업
위탁연구기관	한서대학교	홍교영	교수	041-671-6232	kiathgy@hanseo.ac.kr	위탁	학교
	대구경북과학기술원	이종훈	교수	053-785-4580	jhlee@dgist.ac.kr	위탁	학교
	조선대학교	오순수	교수	062-230-7061	ssoh@chosun.ac.kr	위탁	학교
	항공우주정책연구원	고형규	책임	02-823-4311	hybo@hanmir.com	위탁	사단법인
연구기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	김민수	직위	책임연구원
	연락처 직장전화	070-4940-0951	휴대전화	010-2660-0622
	연락처 전자우편	mskim@wave-tech.co.kr	국가연구자번호	

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

2022 년 01 월 28 일

주관연구책임자 : 박 명 규 (직인)

주관연구기관의 장 : ㈜웨이브텍 이 승 모 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 서식은 「국가연구개발혁신법」 시행('21.01.01) 이전에 최종 협약하여 '21.01.01 이후에 최종평가를 시행하는 일반과제 입니다.

< 요 약 문 >

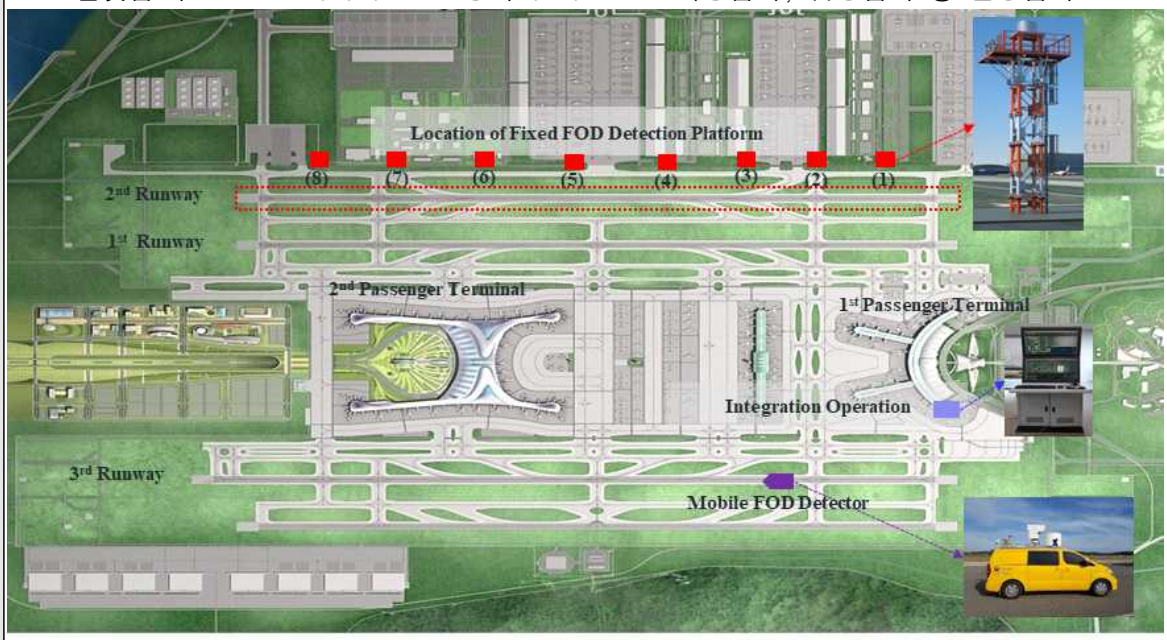
<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">항공안전기술개발사업</td><td>총괄연구개발 식별번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명</td><td colspan="3">공항안전</td><td>연구개발과제번호</td><td>21ATRP-C108046-07</td></tr>
<tr><td colspan="2">국가과학기술
표준분류</td><td colspan="6">EI0701 (항공안전기술) 50% | ED1101 (레이더센서) 30% | ED1103 (전자광학센서) 20%</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명</td><td colspan="6">공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="6">공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2015. 12. 29 - 2021. 12. 28(6년 개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 25,713,919 천원
(정부지원연구개발비 : 18,188,000 천원, 기관부담연구개발비 : 7,525,919 천원,
지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="2">기초[ ] 응용[ ] 개발[✔]
기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td>기술성숙도</td><td colspan="2">착수시점 기준(6)
시범규모의 시작품 제작 및 성능평가
종료시점 목표(7)
신뢰성 평가 및 수요기업 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형</td><td colspan="6">지정공모 [✔] 자유공모 [ ]</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성</td><td colspan="6">실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="12">연구
개발
목표
및
내용</td><td colspan="2">최종 목표</td><td colspan="5">공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 내용</td><td colspan="5">공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1년차</td><td>목표</td><td colspan="5">이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="5">- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요구사항 분석 및 운용시나리오 개발
- 고정형 이물질 자동탐지 시스템 프로토 타입 기본설계
- 이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토 타입 기본설계
- 레이저 센서 모듈 개발 타당성 검토
- 국내외 인증방안 연구
- 마케팅 전략수립</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2년차</td><td>목표</td><td colspan="5">이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 상세설계 및 시제 제작</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="5">- 고정형 이물질 자동탐지 시스템 프로토 타입 상세설계 및 시제 1대 제작
- 이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토 타입 상세설계 및 시제 1대 제작
- 공인전문 성능시험 계획 및 방안 수립
- 2차년도 TTA 개발프로세스 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3년차</td><td>목표</td><td colspan="5">현장운용시험용 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 제작</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="5">- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 1대 제작
- 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계
- 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 및 시스템 연동시험
- 3차년도 TTA 개발프로세스 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4년차</td><td>목표</td><td colspan="5">이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="5">- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 2대 제작
- 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 3대 제작
- 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험
- 4차년도 TTA 개발프로세스 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5년차</td><td>목표</td><td colspan="5">현장운용시험용 레이다 센서 국내제작(2대) 및 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="5">- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 2대 제작
- 한서대학교 태안비행장 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험
- 현장운용시험용 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td></td><td></td><td>- 인천국제공항 시스템 구축을 위한 전파영향성 검토</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6년차</td><td>목표</td><td>현장운용시험용 레이다 센서 국내제작(4대) 및 인천국제공항 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 4대 제작
- 인천국제공항 시스템 구축 (고정형 8대, 이동형 1대)
- 이물질 자동탐지 시스템 국내 공인전문시험기관 성능평가 진행계획 수립</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7년차</td><td>목표</td><td>이물질 자동탐지 시스템의 현장운용시험, 공인성능시험 및 수요처시범운용</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 공인전문시험기관(KTL) 성능시험
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 수요처 시범운용
- 국내외 마케팅 추진</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td colspan="3">○ 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템 개발 완료
- 고정형 이물질 자동탐지 시스템 8대 (고정형 레이다 6대 국내 제작)
- 이동형 이물질 자동탐지 시스템 2대
- 통합운영시스템 (통합운영서버, 통합운영 콘솔) 1대
 
< 활주로 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 >
좌측부터 고정형 시스템, 이동형 시스템 통합운영시스템(콘솔 및 서버)
 
< 국내 제작완료된 레이다 센서 모듈 >
인천국제공항 제2활주로 시스템 구축에 적용
○ 연구개발 성능목표 달성 완료
<table><tr><th>구 분</th><th>고정형 목표</th><th>고정형 결과</th><th>이동형 목표</th><th>이동형 결과</th></tr><tr><td>센서구성</td><td>레이다 + EO</td><td>레이다 + EO</td><td>레이다 + EO</td><td>레이다 + EO</td></tr><tr><td>최소
탐지대상물질</td><td>2Cm X 2Cm</td><td>2Cm X 2Cm</td><td>2Cm X 2Cm</td><td>2Cm X 2Cm</td></tr><tr><td>탐지거리</td><td>400m 이상</td><td>400m 이상</td><td>100m 이상
(속도 60km 이상)</td><td>130m
(속도 60km)</td></tr><tr><td>위치 정확도</td><td>1m 이내</td><td>1m 이내</td><td>1m 이내</td><td>1m 이내</td></tr><tr><td>탐지갱신주기</td><td>4분 이내</td><td>2분</td><td>해당 없음</td><td>-</td></tr><tr><td>탐지시간</td><td>1분 이내</td><td>52초</td><td>실시간 처리</td><td>1초</td></tr><tr><td>탐지 확률</td><td>>95%</td><td>>95%</td><td>>95%</td><td>>95%</td></tr><tr><td>최소탐지RCS</td><td>-30dBsm</td><td>-30dBsm</td><td>-30dBsm</td><td>-30dBsm</td></tr></table></td></tr>
</table>

○ 선도기술 대비 우수성 확보

개발사	Qnetiq (Tarsier Rader)	Stratech (iFerret)	Trex (FOD Finder)	㈜웨이브텍
국가	영국	싱가포르	미국	한국
적용센서	레이다+EO	EO	레이다+EO	레이다+EO
설치 위치	활주로 중앙 200m이격	활주로 중앙 230m이격	활주로 중앙 100m이격	활주로 중앙 300m이격
설치	12m 타워설치	6-12m 타워설치	2m 고정물	11m 타워설치
탐지거리	1.5Km	400m	300m	400m
최소탐지크기	-20dBsm	-20dBsm	-20dBsm	-30dBsm
위치 정확도	5m	5m	2m	1m
탐지확률	90%	90%	90%	95%
설치 수량	3대	9대	6대	8대(150m 이격시 5대)
설치 장소	밴쿠버	창이	샌 디에이고	인천국제공항

○ 인천국제공항 제2활주로 시스템 구축 완료
- 공공용 주파수 이용 승인 완료
- 실험국 개설 허가 완료
- 전파영향성 검토 분석 완료
- 플랫폼 구조물 및 레이다 신호 방사에 대한 ILS 비행검사, 음영검사 등 실증검사 완료



○ 현장운용시험 및 수요처시범운용 완료

○ 공인전문시험기관(KTL) 성능시험 완료

연구개발성과 활용방안 및 기대효과

○ 레이다, EO 센서 기술을 활용하여 감시/경계, 도로 위험물 실시간 감시 등의 유사분야에 대한 응용기술로 직접 활용 가능

○ 이물질 현황 D/B 구축 및 분석을 통한 효과적인 이물질 방지대책 수립과 비행 포장면 검사 및 적기 보수로 항해안전 확보 도모

○ 국가, 지역, 수요처 별로 다른 운용환경에 최적화 가능한 다양한 기술력 확보로 해외사업 등에 솔루션 기술로 활용

○ 이물질 자동탐지시스템을 공항에 적용함으로써, 실시간 이물질 탐지 및 제거가 가능하므로 항공기 안전 확보와 공항관리 효율화에 크게 기여

○ 항공 안전관련 장비에 대한 국산화 및 선진화를 통해 적용개소 및 현장에 최적화되고 경제화 된 자동탐지 및 무인 이동장비를 국방, 항공, 항만, 철도, 국가 주요시설 등 사회전반에 공급할 수 있게 됨으로써 사회안전망 구축 및 확보

	를 원활하게 하는 기반 제공 – 정밀 자동탐지 시스템을 이용한 무기/군수용 감시 시스템 시장 확장 ·국방분야 : UAV 탐지 및 추적시스템, 국경수비용 감시 시스템, 해안감시 시스템 ·해양분야 : 선박 및 함정 항해용 시스템, 해양 교통 감시 시스템 ·항공분야 : 공항 지상감시 시스템 ·기타응용분야 : 자동화 경비 시스템, 소방/방재 분야, 지휘/통신 통제 체계 분야
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	17	17	–	–	–	15	–	–	–	–	–	–

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호
	–	–	–	–	–	–	–	–	–

국문핵심어 (5개 이내)	이물질	미국연방항공국	국제민간항공기구	레이다	전자광학
영문핵심어 (5개 이내)	FOD	FAA	ICAO	RADAR	EO

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

1) 연구개발 배경 ····· 1

2) 연구개발과제의 최종 목표 ····· 3

3) 연구개발과제의 년차별 목표 ····· 6

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 ····· 15

1) 1년차 연구수행 내용 ····· 17

2) 2년차 연구수행 내용 ····· 57

3) 3년차 연구수행 내용 ····· 90

4) 4년차 연구수행 내용 ····· 138

5) 5년차 연구수행 내용 ····· 180

6) 6년차 연구수행 내용 ····· 204

7) 7년차 연구수행 내용 ····· 221

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 284

1) 연구수행 결과 ····· 284

(1) 정성적 연구개발성과 ····· 284

(2) 정량적 연구개발성과 ····· 292

(3) 세부 정량적 연구개발성과 ····· 307

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항 ····· 318

2) 목표 달성 수준 ····· 326

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 329

5. 연구개발성과 관리 및 활용 계획 ····· 330

< 별첨 > ····· 334

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발 배경

(1) 연구개발 필요성

○ 운항안전분야에 대한 장애요인으로서 이물질 발생은 항공기 정비 소요발생 및 운항지연 등의 직간접적인 경제손실 발생시킴

○ 미국 Wright Patterson AFB 항공연구소 조사결과에 따르면 전 세계공항에서 공항 이동지역 내의 이물질에 의해 연간 2억불 이상 피해 발생

- `00. 07월 샤를 드골 공항 콩코드기 추락사고,
- `07. 02월 일본 나리타 공항에 착륙하던 항공기 4대의 타이어 파손사고
- `16. 07월 제주 공항 대한항공 여객기 타이어 파손사고 등

○ 항공 산업의 글로벌화 및 중국 등 주변국들의 국민소득 향상으로 국가 간 항공 여객 및 물류 이동이 급증하였고 항공운항 수요 증가에 따른 항공기 운항안전을 확보하기 위한 과학적 사고예방 체계 구축이 필요

- 항공안전사고 예방과 공항운용의 효율성 증대 및 OECD 수준의 항공 안전시스템 체계화를 통한 항공안전기술의 선진화를 위해 공항 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템의 개발 필요



< 이물질로 인한 항공안전사고 및 엔진파손 사례 >



< 활주로에서 발견된 각종 이물질 >

(2) 국내외 정책동향

○ 국내 정책동향

· `09. 12월 제1차 항공정책기본계획을 고시하고 효율적 공항체계 구현 및 운용, 사전 예방적 안전관리와 항공보안 선진화를 주요 정책목표로 하여 공항 운영의 효율화 및 항공안전체계의 고도화 등을 추진방향으로 선정

· `14. 12월 고시된 제2차 항공정책기본계획에서도 선제적 사고예방과 항공안전의식 고취를 2020년 항공정책 목표로 하여 과학적 사고예방체계 구축 등을 추진방향으로 선정함

○ 국외 정책동향

· FAA는 4가지 이물질 자동탐지 장비에 대한 성능검사를 통해 `09. 09월 권고회람을 제정함으로써 최소성능기준을 마련(FAA AC 150/5220-24)

· EUROCAE는 `10. 06월 working group을 구성하여 이물질 자동탐지 시스템에 대한 최소요구성능서를 개발. `16. 02월 공표(EUROCAE ED-235)

· `10. 09월 ICAO 총회 기술위원회에서 활주로 안전관련 이물질 감시 및 탐지에 대해 논의 된 후 계속적인 검토가 진행

(3) 국내외 시장동향

○ 국내 시장동향

· 현재 국내에는 사람, 차량, 항공기와 같은 큰 물체를 탐지하는 레이다 기술은 보유하고 있으나 2cm 크기의 작은 물체를 탐지할 수 있는 레이다 기술과 제품은 보유하고 있지 않음

· 아직 이물질 자동탐지 시스템이 구축된 민간 및 군 공항은 없으며 해외 선도업체들의 영업활동이 공군과 공항공사들을 대상으로 이루어지고 있는 시장생성 단계

○ 국외 시장동향

· 미국, 영국, 독일 등 9개국 10개 공항에 해외 선도업체들의 이물질 자동탐지 시스템이 설치되어 운용되고 있으며 최근 항공운항 수요가 급증하고 있는 중국과 동남아시아 지역에서 설치검토와 영업활동이 활발히 진행되고 있는 시장진입 초기 단계임

· 국외에서 이물질 자동탐지 시스템을 상용화 한 업체는 QinetiQ(영국), Stratech(싱가폴), Trex(미국) 등이 있으며, 시장진입 초기 단계로 적용공항이 증가하는 추세

- QinetiQ : 히드로, 벤쿠버공항
- Stratech : 창이공항
- Trex : 시카고, 보스턴, 호놀룰루, 뉴멕시코, 푸등, 선전, 광저우 공항



히드로 공항 밴쿠버 공항 샌디에이고 공항

< 해외 공항에 이물질 자동탐지 시스템이 적용된 사례 >

2) 연구개발과제의 최종 목표

○ 4계절이 존재하고 기상의 변화가 잦아 저 시정 환경이 자주 발생하는 국내 운용환경에 적합한 복합 센서형 공항 항공기 이동지역 이물질 자동 탐지 시스템 개발

○ 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템에 대한 국내공인전문시험기관(KTL) 성능시험 추진

구 분	고정형	이동형
센서구성	레이다 + EO	레이다 + EO
기본기능	○ 통합운용 시스템 1set - 고정형 및 이동형 탐지장치 통합운용 및 전시 기능 - 다수 활주로 실시간 통합운용을 위한 확장성 제공 - 공항 내 설치된 항행시스템과의 연계 운용 기능 - 운항 정보 관리 시스템 연계기능 - FOD 탐지 관련 DB 및 통계자료 자동생성 기능	
최소 탐지대상물질	- FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발 - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용	- FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발 - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용
탐지거리	400m 이상	- 레이다 전방 탐지거리 100m 이상 - 이동속도 60km/h 이상
위치 정확도	1m 이내	1m 이내
탐지갱신주기	4분 이내	해당 없음
탐지시간	1분 이내	실시간 처리
탐지 확률	>95%	>95%
최소탐지RCS	-30dBsm	-30dBsm
기상조건	FAA 기준과 동일	FAA 기준과 동일
오경보 신뢰성	FAA 기준과 동일	FAA 기준과 동일
제품수명	FAA 기준과 동일	FAA 기준과 동일
환경조건	FAA 기준과 동일	FAA 기준과 동일
전원공급	FAA 기준과 동일	FAA 기준과 동일
기타		- 차량 내 실시간 처리 및 전시/제어 기능 - 무선통신기능 장착 - 이물질 수거장치 장착/연동기능 보유
	기타 정의되지 않은 기준은 ICAO, FAA, RTCA의 관련문서 기준적용	기타 정의되지 않은 기준은 ICAO, FAA, RTCA의 관련문서 기준적용

○ RFP 대비 변경내용

1. 이동형 시스템에 장착되는 ‘레이저 방식’의 경우 1차년도 수행과정에서 개발타당성 및 수요 등을 검토하여 개발에 포함할지 여부를 결정

1) 수요처 개발 타당성 검토 및 운용환경적 개발 타당성 검토를 통해 결론 도출

- 결론
  · 레이저 센서에 대한 기술적 개발타당성 검토에서 2㎜ 이물질을 탐지 하는데 문제가 없음을 증명
  · 기술적으로 이동형 이물질 자동탐지 장치에 레이저 센서를 적용하는 것에는 문제가 없음
  · 수요처(인천국제공항공사/한국공항공사/공군)의 레이저 센서에 대한 필요성이 낮으며 현실적 운용환경에 적합하지 않아 레이저 센서 적용 시 제품화/사업화에 어려움이 있을 것으로 판단

- 과제검토 종합의견 (2016.07.22.)
  · 이동식 FOD 탐지시스템 중 레이저 방식은 본 과제의 범위에서 제외

2. 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템에 대한 FAA 인증(Performance Assessment) 획득

1) 국내외 인증방안 연구를 통해 국내외 인증환경에 대한 조사 및 결론 도출

- 결론
  · 국내 : 현재 국내 인증환경 미비
  · 국외 : FAA 인증제도는 존재하지 않음. 이물질 자동탐지 시스템 성능시험을 진행한 FAA 산하기관인 CEAT(공항기술전문연구센터)에 의뢰하여 진행

- 과제검토 종합의견 (2016.07.22.)
  · FAA의 인증(Performance Assessment)은 해당 기관의 정식 업무사항이 아닌 것으로 판단되므로 CEAT 시험 성능검증으로 추진함은 타당
    : CEAT 검증에 대한 사전 확인을 통해 구체적인 계획수립 요망
    : 소프트웨어 개발에서의 절차타당성은 연차평가 단계마다 TTA 검증 추진 요망

2) 주요연구 변경사항 : 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험 추진방향 검토

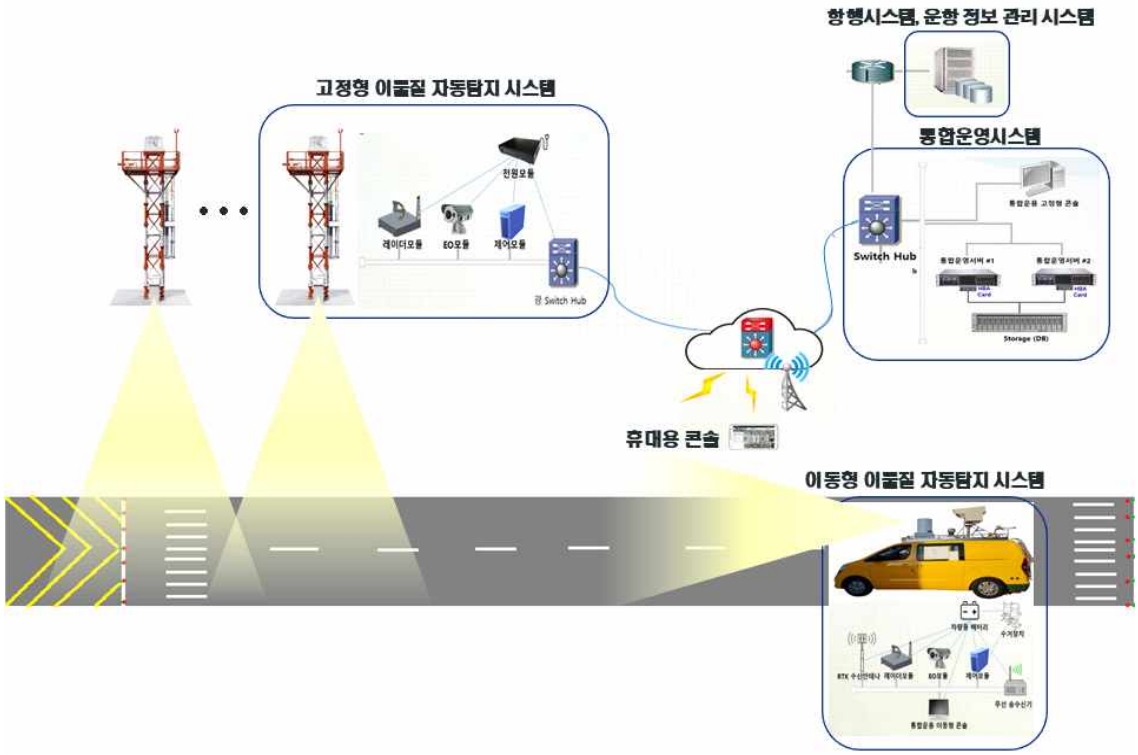
- 근거
  · CEAT는 일리노이 주립대의 부설 연구기관으로 공인된 시험기관이 아니기 때문에 국내/국외 공항 또는 관련기관에 제출될 시험성적서로서 공신력과 객관성 검토가 필요함
  : KTL(한국산업기술시험원)이나 KOLAS(한국인정기구)와 같은 공인전문시험기관을 통해 FAA 권고회람에 시스템의 성능이 부합하는지 확인하는 것이 향후 진행될 사업화 목적과 부합됨
  : 3차년도 예산 감액으로 고정형 이물질 자동탐지 시스템의 시제제작 일정이 4차년도 2대, 5차년도 2대, 6차년도 4대로 분산 연기되었고 인천국제공항 시스템 구축이 제안 단계에서 없었던 전파영향성 검토 등으로 6차년도로 연기됨으로써 해외 연구기관인 CEAT와 협업을 진행하기 개발기간 내에 목표를 달성할 수 있는지 검토 필요

- 2019년 제4차 항공기술연구사업 운영위원회 결과 (2019.12.20.)
  · 「“공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발” 과제의 연구내용 변경」에 대한 심의결과, 6차년도에 CEAT를 포함하여 국내·외 공인전문시험기관의 FAA 권고회람 기준 시험능력에 대한 조사·분석을 수행한 후 성능시험 추진방향을 결정하도록 의결함.
  : 다만, 조사·분석은 수요처(인천공항공사 등)가 수행하고 그 결과는 운영위원회에 상정·심의 후 향후 계획에 반영(필요시 협약 변경 등)하며, 관련 내용을 RFP에 반영·수정 조치

- 6차년도 인천국제공항공사의 이물질 탐지시스템 성능평가 진행계획(안) 수립 보고서 도출

- 2020년 제3차 항공기술연구사업 운영위원회 결과 (2020.12.03.)
  · 「“공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발” 과제의 연구내용 변경」에 대한 심의결과, 이물질 자동탐지 시스템에 대한 성능시험 수행기관을 국내 공인전문시험기관으로 변경하는 “원안통과”로 심의·의결함

○ 이물질 자동탐지 시스템 개념



< 최종 구현하고자 하는 이물질 자동탐지 시스템 개념도 >

· 고정형 이물질 자동탐지 시스템
이물질을 탐지하고자 하는 활주로에 일정간격으로 플랫폼(타워)를 배치하고 플랫폼 상단에 레이다 및 광학 카메라 센서를 장착하여 활주로의 이물질 여부를 탐지할 수 있으며, 24시간 365일 실시간으로 탐지가 가능

· 이동형 이물질 자동탐지 시스템
차량 상단에 레이다 및 광학 카메라 센서를 장착하여 활주로를 이동하면서 이물질 여부를 탐지할 수 있으며, 실시간 탐지 및 이물질을 즉시 수거 가능

· 통합운영시스템
고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템으로부터 탐지정보를 받아서 이물질에 대한 저장, 관리, 통계 기능을 제공
탐지하고자 하는 활주로 전 지역을 전시하고 각 플랫폼별 이물질 탐지현황, 상태정보 등의 화면을 운용자에게 전시
공항 내의 항행시스템 및 운항정보관리시스템과 연계기능도 포함

○ 기대효과
이물질 자동탐지 시스템을 공항에 적용함으로써 실시간 이물질 탐지 및 제거를 가능하게 하여 항공기 안전과 공항관리 효율화에 기여하고 항공안전 관련 장비에 대한 국산화, 선진화를 통해 수입대체 및 적용개소, 현장에 최적화되고 경제화 된 자동탐지 시스템을 국방, 항공, 항만, 철도 등 국가 주요시설 사회전반에 공급할 수 있게 됨

3) 연구개발과제의 년차별 목표

○ 1년차 : 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계

- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요구사항 분석 및 운용시나리오 개발
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계
- 레이저 센서 모듈 개발 타당성 검토
- 국내외 인증방안 연구
- 마케팅 전략수립

○ 2년차 : 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 상세설계 및 시제 제작

- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 상세설계 및 시제 **1대** 제작
- 공인전문기관 성능시험 계획 및 방안 수립
- 2차년도 TTA 개발프로세스 검증

○ 3년차 : 현장운용시험용 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 제작

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 **1대** 제작
- 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계
- 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 및 시스템 연동시험
- 3차년도 TTA 개발프로세스 검증

○ 4년차 : 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **2대** 제작
- 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **2대** 제작
- 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험
- 4차년도 TTA 개발프로세스 검증

○ 5년차 : 현장운용시험용 레이다 센서 국내제작(2대) 및 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **2대** 제작
- 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험
- 현장운용시험용 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험
- 인천국제공항 시스템 구축을 위한 전파영향성 검토

○ 6년차 : 현장운용시험용 레이다 센서 국내제작(4대) 및 인천국제공항 시스템 구축

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **4대** 제작
- 인천국제공항 시스템 구축 **(고정형 8대, 이동형 1대)**
- 이물질 자동탐지 시스템 국내 공인전문시험기관 성능평가 진행계획 수립

○ 7년차 : 이물질 자동탐지 시스템의 현장운용시험, 공인성능시험 및 수요처시범운용

- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 공인전문시험기관(KTL) 성능시험
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 수요처 시범운용
- 국내외 마케팅 추진

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2015)	고정형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서	국내 해당기술 전무함 국외 1. 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 3m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 분해능 10m 6. 차량속도 48km/h	고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타 입 기본설계	FAA 기준 연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	50
	이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서				
	고정형/이동형 전원공급모듈 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서				
	개발타당성 분석	· 개발타당성 분석 보고서		레이저 센서 모듈 개발 타당성 분석		
	마케팅 전략수립	· 마케팅 전략 보고서		마케팅 전략 수립		
	고정형/이동형 제어모듈 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서		고정형/이동형 제 어모듈 프로토-타 입 기본설계		
	통합운용시스템 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서		통합운영시스템 프로토=타입 기본 설계		
	고정형/이동형 레이다 센서 모듈 프로토-타입 기본 설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서		레이다 센서 모듈 프로토-타입 기본 설계		
	고정형/이동형 EO센서 모듈 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서		EO센서 모듈 프 로토-타입 기본설 계		
	레이저 센서 모듈 프로토-타입 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서 · 기본설계 보고서		레이저 센서 모듈 프로토-타입 기본 설계		
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 기본설계	· 요구사항 명세서 · 기본설계 보고서	-	항행시스템 및 운 항정보관리시스템 연계운용 소프트 웨어 기본설계	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	10
	시스템 성능 요구사항 조사	· 기술수요분석 보고서	-	시스템 성능/운용 요구사항 조사		10
	시스템 운영 요구사항 조사					10
	민/군 요구사항 분석	· 민/군 요구사항 조사 분석서 · ROC 분석서	-	민/군 요구사항 분석 및 시스템 사양 도출		
	시스템 사양 도출	· 유사장비 기술성능 분석서 · 해외 동향 분석서 · 시스템 사양도출 분석서				10
	레이다 센서 안테나 기본설계	· 규격서 · 인터페이스 통제서	-	레이다 센서용 안 테나 기본설계		10
	국내외 인증환경 및 제도 분석	· 연구보고서	-	국내외 인증환경 분석		10

	기존 인증사례 연구 국내외 성능시험 방안 도출					
2년차 (2016)	시스템 체계개발	· 상세설계보고서 · 단위시험결과보고서	국내 해당기술 전무함 국외 2. 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 3m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 분해능 10m 6. 차량속도 48km/h	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 상세설계	FAA 기준 연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	60
	고정형/이동형 플랫폼 프로토-타입 상세설계 및 개발	· 상세설계보고서 · 고정형 시제 1대 · 이동형 시제 1대				
	고정형/이동형 전원공급 모듈 프로토-타입 상세설계 및 개발	· 상세설계보고서 · 고정형 시제 1대 · 이동형 시제 1대				
	고정형/이동형 레이다 센서 모듈 프로토-타입 상세설계 및 개발	· 상세설계보고서 · 고정형 시제 1대 · 이동형 시제 1대		레이다 센서 모듈 프로토-타입 상세설계		
	고정형/이동형 EO센서 모듈 프로토-타입 상세설계 및 개발	· 상세설계보고서 · 고정형 시제 1대 · 이동형 시제 1대		EO센서 모듈 프로토-타입 상세설계		
	통합운영시스템 프로토-타입 상세설계 및 개발	· 상세설계보고서 · 시제 1대		통합운영시스템 프로토=타입 상세설계		
	고정형/이동형 제어모듈 프로토-타입 상세설계 및 개발	· 상세설계보고서 · 고정형 시제 1대 · 이동형 시제 1대		고정형/이동형 제어모듈 프로토-타입 상세설계		
	항행시스템 및 운항정보고간시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계	· 상세설계보고서	-	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	10
	시스템 설계 분석 및 지원	· 요소별 상세설계 분석 지원보고서	-	시스템 설계 및 제작 지원		10
	프로토-타입 시제 제작 지원	· 프로토타입 시제 제작지원 보고서				
	자체 테스트-베드 주변 환경조사	· 태안비행장 주변 지형건물 지형도 · 주변 건물 조사 분석서 · 활주로 주변환경 조사 분석서	-	자체 테스트-베드 구축 지원		10
	자체 테스트-베드 환경 구축	· 안테나 및 장비 설치지역 허가 및 확보				
	고정형/이동형 레이다 센서 모듈 안테나 상세설계	· 상세설계보고서 · 안테나 시험성적서	-	레이다 센서용 안테나 상세설계		10
3년차 (2017)	고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 상세설계	·요구사항정의서 ·아키텍처정의서 ·시스템규격서 ·유스케이스명세서 ·엔터티정의서 ·논리ERD ·인터페이스통제서 ·인터페이스설계서	국내 해당기술 전무함 국외 (고정형) 1. 레이다, EO, 레이다+EO 2. RCS -20dBsm	(고정형) 1. 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 탐지확률 85%	FAA 기준 연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	70
	고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작					
	이동형 이물질					

	자동탐지 시스템 상세설계 고정형 레이다 센서 모듈 상세설계 고정형 레이다 센서 모듈 시제제작 이동형 레이다 센서 모듈 상세설계 고정형 EO 센서 모듈 상세설계 고정형 EO 센서 모듈 시제제작 이동형 EO 센서 모듈 상세설계 통합운영시스템 소프트웨어 개발 고정형 제어모듈 시제 제작 및 소프트웨어 개발 이동형 제어모듈 소프트웨어 개발	·시스템상세설계서 ·UI설계서 ·프로그램명세서 ·테이블정의서 ·물리ERD ·신호처리 및 표적탐지 알고리즘설계서 ·총괄시험계획서 ·H/W 단위시험계획서 ·S/W 단위시험계획서 ·H/W 단위시험절차서 ·S/W 단위시험절차서 ·H/W 단위시험성적서 ·S/W 단위시험성적서 ·요구사항추적표 ·프로젝트 실행 및 통제 문서 ·시스템체계 상세설계보고서 ·고정형 플랫폼 1대 ·고정형 전원공급 모듈 1대 ·고정형 레이다 센서 모듈 1대 ·고정형 EO 센서 모듈 1대 ·고정형 제어모듈 1대 ·통합운영시스템 S/W ·특허 3건 ·논문 2편	3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% (이동형) 1. 레이다 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 차량속도 48km/h			
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용을 위한 소프트웨어 구현 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 단위시험	·항행시스템 연계 운용 S/W 단위시험 결과보고서 ·운항정보관리시스템 연계운용 S/W 단위 시험 결과보고서 ·통합운용소프트웨어 UI 단위시험 결과보고서 ·이물질 자동탐지 장치 체계통합 및 시험지원 보고서	-	항행시스템 연계 운용 S/W 개발 운항정보관리시스템 연계운용 S/W 개발	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	10
	현장운용시험용 시제 상세설계 지원 현장운용시험용 시제 제작 지원	·현장운용시험용 시제 상세설계 지원 보고서 ·현장운용시험용 시제 제작 지원 보고서 ·논문 1편	-	시스템 설계 및 제작 지원		10
	테스트-베드 환경 구축 테스트-베드 통합운용시험 지원	·태안비행장 테스트-베드 시험 환경 구축 보고서 ·논문 1편	-	자체 테스트-베드 구축 지원		5
	이물질 탐지 레이다를 위한 기능 및 성능 검증용 시뮬레이터 구현	·이물질 탐지 레이다 시뮬레이터 설계서 ·논문 1편	-	레이다 시뮬레이터 설계		5

4년차 (2018)	고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 시스템 체계통합 고정형/이동형 레이다센서 모듈 시제 제작 고정형/이동형 EO센서 모듈 시제 제작 고정형/이동형 제어모듈 시제 제작 고정형/이동형 제어모듈 소프트웨어 보완개발 통합운영시스템 소프트웨어 보완 개발 단독운영모드용 통합운영 소프트웨어 개발	·체계통합시험 결과보고서 1종 ·고정형 전원공급모듈 3대 ·고정형 레이다센서 모듈 2대 ·고정형 EO센서 모듈 2대 ·고정형 제어모듈 3대 ·이동형 플랫폼 3대 ·이동형 전원공급모듈 3대 ·이동형 배터리팩 3대 ·이동형 수거장치 3대 ·이동형 레이다센서 모듈 3대 ·이동형 EO센서 모듈 3대 ·이동형 제어모듈 3대 ·통합운영서버 S/W ·통합운영 고정형 콘솔 S/W ·통합운영 이동형 콘솔 S/W ·통합운영 휴대용 콘솔 S/W ·고정형 제어모듈 S/W ·이동형 제어모듈 S/W ·특허출원 2건 ·특허등록 2건 ·저작권등록 4건	국내 해당기술 전무함 국외 (고정형) 1. 레이다, EO, 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% (이동형) 1. 레이다 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 차량속도 48km/h	(고정형) 1. 레이다+EO 2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% (이동형) 1. 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% 6. 차량속도 0km/h	FAA 기준 연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	70
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합 및 시험	·통합시험 및 신뢰성 시험 결과보고서 1종	-	통합시험 지원 및 신뢰성 시험	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	10
	시스템 체계통합시험 지원 시스템 구축 설계 지원	·체계통합시험 지원 보고서 1종 ·테스트-베드 설계 지원보고서 1종 ·논문발표 1편	-	체계통합시험 지원		10
	테스트-베드 환경 구축 테스트-베드 통합운용시험 지원	·논문게재 1편	-	자체 테스트-베드 구축 지원		5
	이물질 탐지 레이다를 위한 기능 및 성능 검증용 시뮬레이터 구현	·FOD 탐지 레이다 시뮬레이터설계서 1종 ·논문발표 2편 ·논문게제 1편 ·특허출원 1건	-	레이다 시뮬레이터 설계		5
5년차 (2019)	고정형 이물질 자동탐지 시스템용	·고정형 레이다센서 모듈 2대	국내 해당기술 전무함	(고정형) 1. 레이다+EO	FAA 기준	70

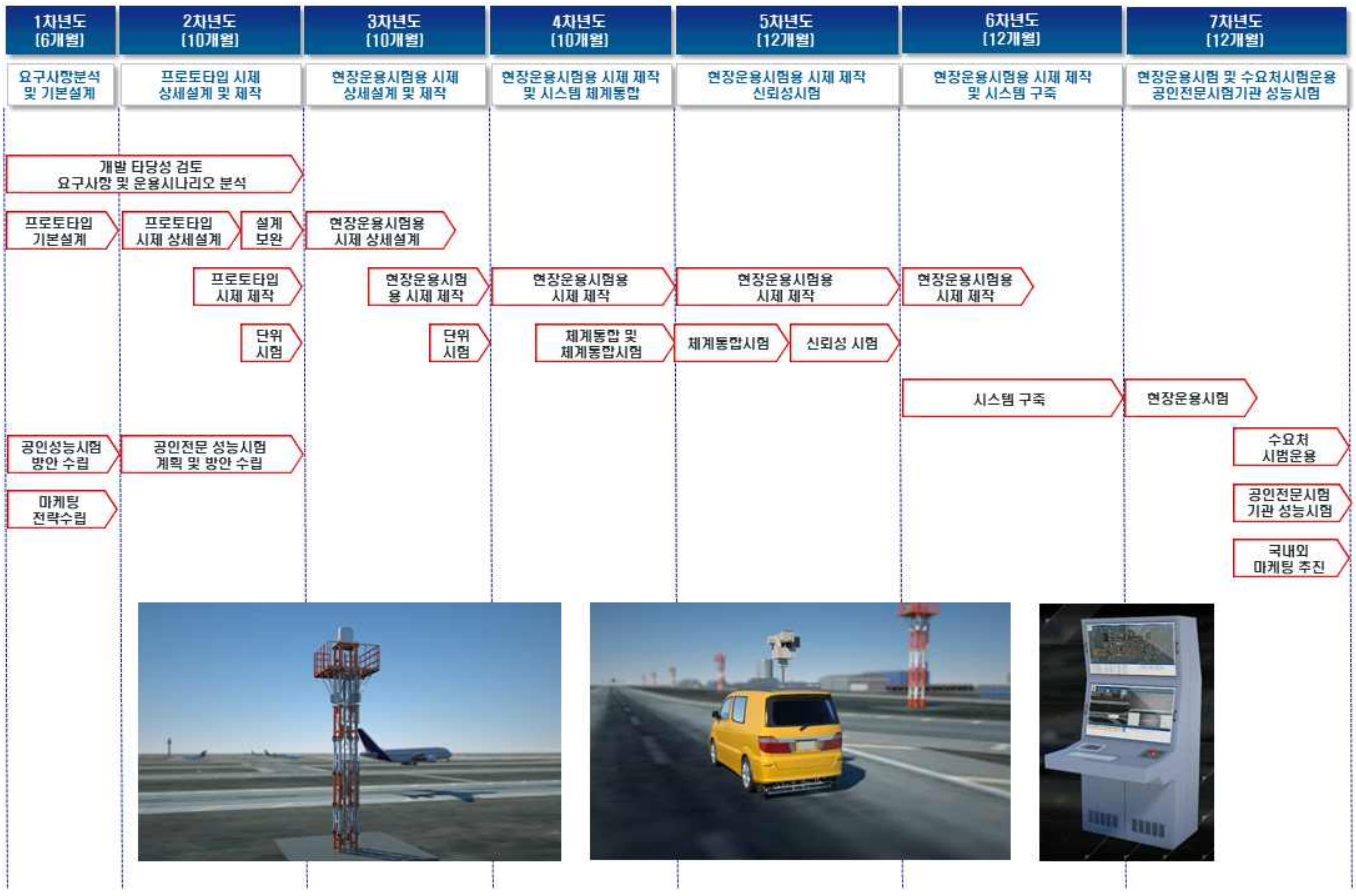
	시제 제작 시스템 체계통합시험 시스템 신뢰성시험 현장운용시험용 시스템 구축	·고정형 전원공급모듈 3대 ·고정형 플랫폼 비행 검사 결과서 ·전파영향성검토 시뮬레이션 결과서 ·서울지방항공청 사업설명회 :1차 완료(19.03.26) :2차 완료(19.06.28) :3차 완료(20.01.16) ·체계통합시험 결과 보고서 ·신뢰성시험 결과 보고서 : KOLAS 공인 성적서 : CE성적서 및 인증서 · 공항개발 사업으로 서울지방항공청 시스템 구축 허가완료	국외 (고정형) 1. 레이다, EO, 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% (이동형) 1. 레이다 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 차량속도 48km/h	2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% (이동형) 1. 레이다+EO 2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% 6. 차량속도 60km/h	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	
	고정형 레이다센서 모듈 제작 이동형 레이다센서 모듈 최적화 레이다센서 모듈 신뢰성시험	·고정형 레이다센서 모듈 1대 (3차년도 업그레이드) ·고정형 레이다센서 모듈 S/W ·이동형 레이다센서 모듈 S/W				
	고정형 EO센서 모듈 시제 제작 이동형 EO센서 모듈 시제 보완 EO센서 모듈 신뢰성 시험	·고정형 EO센서 모듈 2대 ·고정형 EO센서 모듈 S/W ·이동형 EO센서 모듈 S/W				
	통합운영시스템 보완 소프트웨어 개발 및 연동시험 고정형/이동형 제어모듈 소프트웨어 보완 및 시제 제작 단독운영모드용 통합운영서버 및 콘솔 소프트웨어 개발 단독운영모드용 이동형 제어모듈 소프트웨어 개발	·고정형 제어모듈 시제 2대 ·고정형 네트워크 스위치 2대 ·통합운영콘솔 S/W ·통합운영서버 S/W ·제어모듈 S/W ·단독운영모드용 통합운영콘솔 S/W ·단독운영모드용 통합운영서버 S/W ·단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W				
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험	·항행시스템 및 운항 정보 관리시스템 연계 운용 S/W · 현장통합시험 결과 보고서	-	현장통합시험 지원	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	10
	시스템 설계 지원 시스템 구축 지원	·시스템 설계 및 구축 지원보고서 ·논문 1편	-	시스템 설계 및 구축 지원		10
	통합운용시험을 위한 태안비행장	·한서대학교 창업보육 센터 항공2관 소장실	-	자체 테스트-베드 구축 지원		10

	자체 테스트-베드 구축 지원 통합운용장비 시험에 대한 인력 지원	지원 ·회의실 지원 ·레이다센서모듈 보관 지원 ·활주로 진입 행정처리 및 시험 지원				
6년차 (2020)	고정형 이물질 자동탐지 시스템용 시제 제작 이동형 이물질 자동탐지 시스템용 시제 보완 현장운용시험용 시스템 구축 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험	·인천국제공항 2활주로 시스템 구축 ·고정형 플랫폼 8대 ·고정형 옥외형함체 6대 ·고정형 전원공급모듈 6대 ·고정형 레이다센서 모듈 2대 ·이동형 플랫폼 2대 ·이동형 배터리팩 2대 ·이동형 수거장치 1대 ·이동형 전원공급모듈 2대 ·특허 출원 2건	국내 해당기술 전무함 국외 (고정형) 1. 레이다, EO, 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% (이동형) 1. 레이다 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 차량속도 48km/h	(고정형) 1. 레이다+EO 2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% (이동형) 1. 레이다+EO 2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% 6. 차량속도 60km/h	FAA 기준 연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	70
	고정형 레이다센서모듈 제작 지원 현장운용시험지원 운용 및 유지보수 메뉴얼 작성	·고정형 레이다센서 모듈 1대 (3차년도 업그레이드) ·고정형/이동형 레이다센서모듈 S/W ·특허 출원 1건 ·운용 및 유지보수 매뉴얼 초안 작성				
	고정형 EO센서모듈 시제 제작 고정형/이동형 EO센서모듈 현장운용시험 지원	·고정형 EO센서모듈 4대 ·고정형 EO센서모듈 S/W ·이동형 EO센서모듈 S/W ·특허 출원 1건				
	통합운영시스템 소프트웨어 최적화 개발 고정형 제어모듈 시제 제작 및 소프트웨어 최적화 개발 이동형 제어모듈 소프트웨어 최적화 개발 이동형 시스템 단독운영모드 소프트웨어 최적화 개발	·고정형 제어모듈 4대 ·고정형 네트워크 스위치 4대 · 이동형 통합운영서버 3대 ·고정형 제어모듈 S/W ·이동형 제어모듈 S/W ·통합운영서버 S/W ·통합운영 고정형콘솔 S/W ·통합운영 이동형콘솔 S/W ·단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W ·단독운영모드용 통합운영서버 S/W ·특허출원 1건 ·S/W등록 6건				
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험	·항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 결과 보고서 1건	-	현장운용시험 지원	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	10

	시스템 구축 및 현장운용시험 지원 국내외 공인전문시험기관 조사 및 분석	·현장시험운영(구축) 보고서 1편 ·국내 공인전문시험 기관 성능평가 계획 수립보고서 1편	-	현장운용시험 및 구축 지원		10
	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 운용시험지원	·논문 게재 1건	-	자체 테스트-베드 구축 지원		10
7년차 (2021)	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험	· 최종결과보고서 1종 · 현장운용시험 결과보고서 1종 · 공인전문시험기관 결과보고서 1종 · 운용 및 유지보수 메뉴얼 1종 · 고정형 이물질 자동 탐지시스템 1식 (인천국제공항) - 개발 시제 내에 관련 S/W 포함 · 이동형 이물질 자동 탐지시스템 1대 (인천국제공항) - 개발 시제 내에 관련 S/W 포함	국내 해당기술 전무함 국외 (고정형) 1. 레이다, EO, 레이다+EO 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% (이동형) 1. 레이다 2. RCS -20dBsm 3. 위치정확도 5m 이내 4. 탐지확률 90% 5. 차량속도 48km/h	(고정형) 1. 레이다+EO 2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% (이동형) 1. 레이다+EO 2. RCS -30dBsm 3. 위치정확도 1m 이내 4. 탐지확률 95% 6. 차량속도 60km/h	FAA 기준 연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	70
	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 수요처시범운용					
	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 공인전문시험기관 성능시험					
	고정형/이동형 레이다센서모듈 현장운용시험 지원					
	고정형/이동형 레이다센서모듈 수요처시범운용 지원					
	레이다센서 모듈 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성					
	고정형/이동형 레이다센서모듈 공인전문시험기관 성능시험 지원					
	고정형/이동형 EO센서모듈 현장운용시험 지원					
	고정형/이동형 EO센서모듈 수요처시범운용 지원					
	고정형/이동형 EO센서모듈 공인전문시험기관 성능시험 지원					
	고정형/이동형 EO센서모듈 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성					
	통합운영시스템 소프트웨어 최적화 개발					
	고정형 제어모듈 소프트웨어 최적화 개발					
	이동형 제어모듈 소프트웨어 최적화 개발					
	이동형 시스템 단독운영모드 소프트웨어 최적화 개발					
	통합운영시스템 공인전문시험기관 성능시험 지원					

	통합운영시스템 유지 및 보수 매뉴얼 작성					
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 및 수요처시범운용 지원	· 항행시스템 및 운항정보 관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 및 수요처 시범운용 결과보고서 1종	-	현장운용시험지원 수요처시범운용지원	연구개발 프로세스에 기반한 단계별 목표치시 설정	15
	현장운용시험 지원	· 현장운용시험지원 결과보고서 1종 · 성능평가 지원 및 시범운용 지원 보고서 1종 · 국내외 홍보 지원 보고서 1종	-			15
	성능평가 지원 및 수요처 시범운용 지원					
	국내외 홍보 지원					

○ 연차별 연구개발 일정



○ 연차별 성능목표 및 시험결과 요약

1. 3차년도 시험결과

- 고정형 레이다 센서 모듈 시험결과

구분	3차년도 성능목표	결과
탐지 거리	400m 이상	437m
탐지 시간	1분 이하	52초
탐지 확률	85% 이상	100%
최소 탐지 RCS	-20dBsm	-35dBsm
탐지 범위	180도	180도
Range Bin Size	7.5cm	7.5cm

- 이동형 EO 센서 모듈 시험결과

구분	3차년도 성능목표	결과
최소탐지대상 물질크기	2cm X 2cm	2cm × 2cm
탐지거리	400m 이상	416m
탐지반경	80.45도	81도
탐지시간	1분 이하	56초
탐지확률	85% 이상	97.6%

2. 4차년도 시험결과

- 고정형 레이다 센서 모듈 시험결과

구분	4차년도 성능목표	결과
탐지 거리	400m 이상	437m
탐지 시간	1분 이하	52초
탐지 확률	95% 이상	100%
최소 탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm
탐지 범위	180도	180도
Range Bin Size	7.5cm	7.5cm

- 이동형 레이다 센서 모듈 시험결과

구분	4차년도 성능목표	결과
탐지 거리	100m 이상	104.3m
탐지 시간	2초	1초
탐지 확률	95% 이상	100%
최소 탐지 RCS	-20dBsm	-35dBsm
탐지 범위	90도	90도
Range Bin Size	7.5cm	7.5cm

- 고정형 EO 센서 모듈 시험결과

구분	4차년도 성능목표	결과
최소탐지대상 물질크기	2cm X 2cm	2cm × 2cm
탐지거리	400m 이상	416m
탐지반경	80.45도	81도
탐지시간	1분 이하	24.6초
탐지확률	85% 이상	97.6%

- 이동형 E0 센서 모듈 시험결과

구분	4차년도 성능목표	결과
최소확인대상 물질크기	2㎝ × 2㎝	2㎝ × 2㎝
확인가능거리	100m 이상	104.3m

- 고정형 체계통합 시험결과

구분	최종목표	4차년도 성능 목표	4차년도 성능 결과
최소탐지 RCS	-30dBsm	-30dBsm	-30dBsm
탐지 확률	95% 이상	95% 이상	100%
탐지 거리	400m 이상	400m 이상	401.8m
최소탐지 대상물질	2㎝×2㎝	2㎝×2㎝	2㎝×2㎝
위치 정확도	1m 이하	1m 이하	0.53m
탐지 시간	1분 이하	1분 이하	52초
탐지 갱신 주기	4분 이하	4분 이하	58초

- 이동형 체계통합 시험결과

구분	최종목표	4차년도 성능 목표	4차년도 성능 결과
탐지 확률	95% 이상	95% 이상	100%
탐지 거리	100m 이상	100m 이상	107.1m
최소탐지 대상물질	2㎝×2㎝	2㎝×2㎝	2㎝×2㎝
위치 정확도	1m 이하	1m 이하	0.36m
최소 탐지 RCS	-30dBsm	-20dBsm	-35dBsm
탐지 시간	2초	2초	2초

3. 5차년도 시험결과

- 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험결과

구분	고정형		이동형	
	최종목표	결과	최종목표	결과
탐지 확률	95% 이상	PASS	95% 이상	PASS
탐지 거리	400m 이상	PASS	100m 이상	PASS
최소탐지 대상물질	2㎝×2㎝	PASS	2㎝×2㎝	PASS
위치 정확도	1m 이하	PASS	1m 이하	PASS
최소 탐지 RCS	-30dBsm	PASS	-30dBsm	PASS
탐지 시간	1분 이하	PASS	2초	PASS
탐지 갱신 주기	4분 이하	PASS	해당없음	-
이동속도	해당없음	-	60km/h	PASS

○ 1년차 연구수행 목표 : 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계

- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요구사항 분석 및 운용시나리오 개발
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계
- 레이저 센서 모듈 개발 타당성 검토
- 국내외 인증방안 연구
- 마케팅 전략수립

○ 1년차 연구수행 내용

1. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요구사항 분석 및 운용시나리오 개발

가. 성능요구사항 분석

① 공항 A/S내 시설물 설치 및 시스템 구축 시에는 국토교통부의 항공학적 검토·승인 및 국가정보원의 보안 승인을 기본조건으로 하여야 하며, 추가적으로 공항 항행관련부서와 사전 검토 및 협의 필요

- 국제기준(ICAO, FAA) 및 국내 항공법의 규정에 맞게 설치되어야 함.
- 공항 장애물제한표면(전이표면)에 영향을 주어서는 안됨.

② 야간에도 광학센서카메라 및 레이더 등이 동작하여야 함.

③ 악천후(폭우, 폭설, 저시정) 조건 하에서도 현장을 감시하고 이물질을 탐지하는데 있어 영향이 없어야 함.

④ 고정형 자동탐지시스템은 레이더와 EO/IR 장비를 갖추어야 함.

- 그러나, 기상 악조건(폭설, 폭우, 심한 저시정)에서도 탐지성능 및 운영기능 저하되지 않는다면 EO 장비는 제외 가능

⑤ RFP에 이동형 자동탐지시스템의 경우 레이더, EO/IR 및 레이저(탈부착 가능)로 구성되지만, 민 공항의 경우 FAA 최소탐지대상물질 크기 기준으로 볼 때 2mm 정도의 물체를 센싱할 필요가 없는 것으로 사료됨

⑥ 이동형 자동탐지시스템 차량은 A/S 내 이동 및 L/S에서도 이동이 용이하도록 차량의 크기 및 높이가 적절해야 함

나. 운영요구사항 분석

① 24시간, 365일 무중단 상시운용 지원 필요

② 이물질의 종류, 크기, 발생장소, 발생시간 등을 포함한 통계자료를 자동생성 및 관리가 용이해야 함.

③ 인천국제공항의 경우 지시스템의 통합운영 콘솔은 FOD 현장 관리부서(이동지역안전관리소)에 필히 설치되어야 하며, 필요시 관제탑 또는 계류장 등 추가 설치가 되어야 함.

④ 비디오 기록 및 저장 기능을 제공하며, 비디오 화질은 HD급 이상 칼라이어야 함.

⑤ 항공등화 전력을 공유해서 사용할 경우 전력선 통신을 하는 항행안전시설인 항공등화 운영에 악영향을 끼칠 우려가 높으므로 별도의 전원을 사용하는 것으로 설계 필요

⑥ 설치 시 항공학적 검토 및 보안성 검토 등을 거쳐 항공기 운항에 영향이 없어야 하며, 현장 설치 시 관련 규정 및 법(ICA/FAA/항공법 등) 등을 준수 필요

⑦ 인천공항 운영등급인 CATⅢb 및 CATⅢc의 악조건하에서도 현장 감시에 영향이 없도록 개발 필요

⑧ 폭우 및 폭설 하에서도 현장 이물질 감시에 영향이 없어야 함.

⑨ 제설작업으로 인하여 현장에 설치된 FOD 자동탐지시설의 파손이 발생하지 않도록 해야 함.

⑩ 기본 운영시나리오는 아래와 같음.



< 인천국제공항 고정식/이동식 이물질(FOD) 자동탐지시스템 운영 시나리오의 예 >

다. 기타 요구사항 분석

① 현장 감시 및 이물질 감지에 대한 녹화 비디오 및 이벤트 로그 등을 최소 1달 이상 저장하는 기능 필요

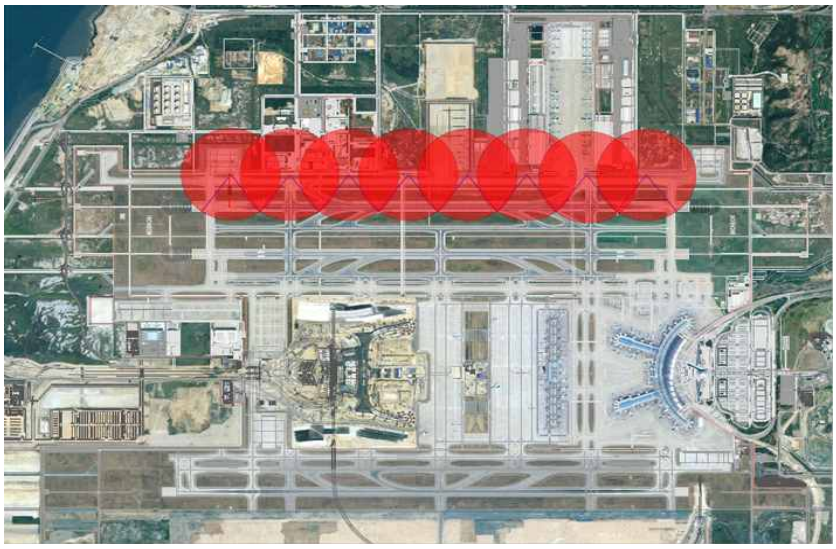
② 현장에서 이물질을 제거를 용이하게 하기 위한 도구 지원(ex. 레이저 포인터, 모바일 위치 제공 등)

③ 운영서버 및 원격관리 시설 및 장비(휴대용 정보교환장치 포함)를 통해 현장 이물질 정보를 관리 및 통계처리 가능하여야 함.(이물질 종류, 발견위치, 발견일시, 처리내용, 이물질 크기, 이물질 사진 등 저장 및 통계처리 가능)

④ 현장 설치시 국토부 항공학적 검토 및 국가정보원의 보안성검토 등은 필수이며, 추가로 시스템 구축 및 제품 설치시 해당 公社와 사전 협의를 거쳐서 승인을 받아야 함.

라. 인천국제공항 시스템 구축 시 위치선정 관련 고려사항

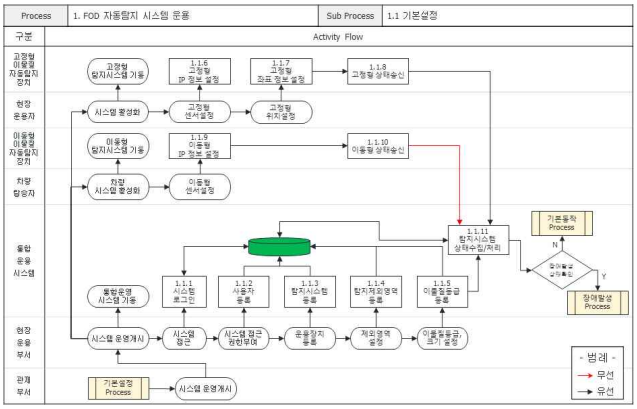
시스템 설치위치 검토사항은 아래와 같으며, 실제 설계에 들어가기에 앞서 공항 내 설치상 제약사항(운항안전, 보안 등)에 대한 사전 검토 · 반영이 필요함



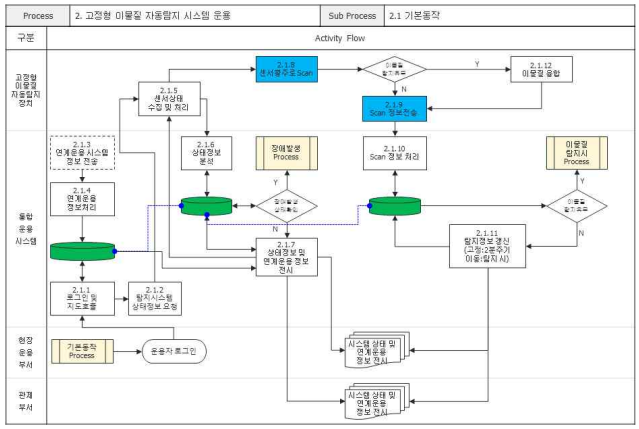
< 설치 위치 검토 안 - GSE 도로 인근 5m 지점 8 포인트 >

마. 이물질 자동탐지 시스템 운용 시나리오 개발

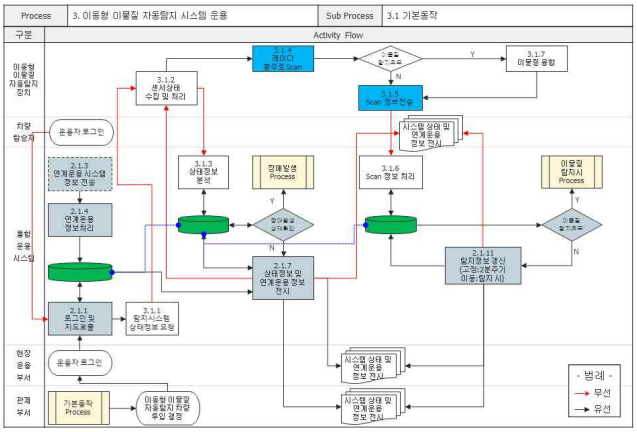
시스템 운용 시 상황에 따른 운용시나리오를 분석 및 개발



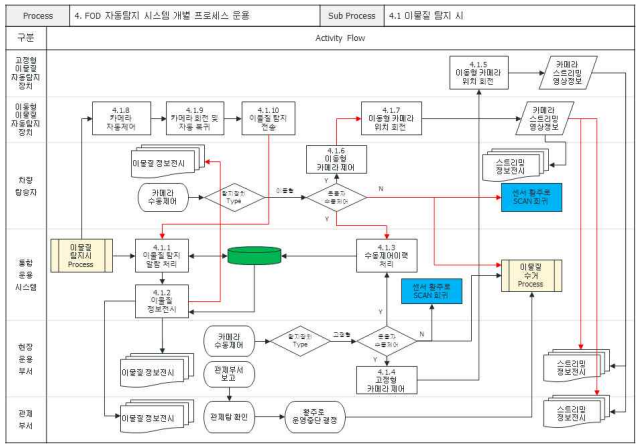
<이물질 자동탐지 시스템 운용을 위한 시나리오 >



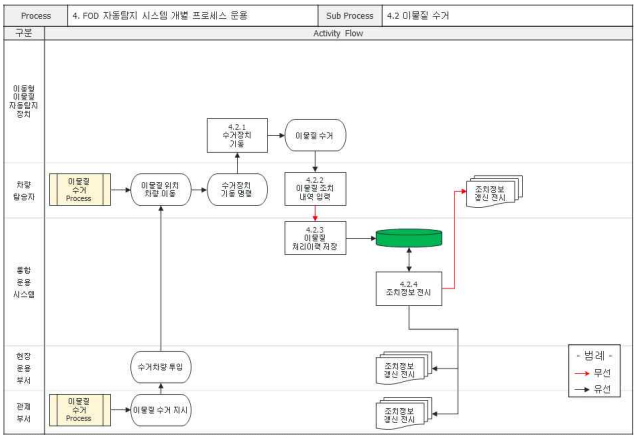
< 고정형 시스템 기본 동작 시나리오 >



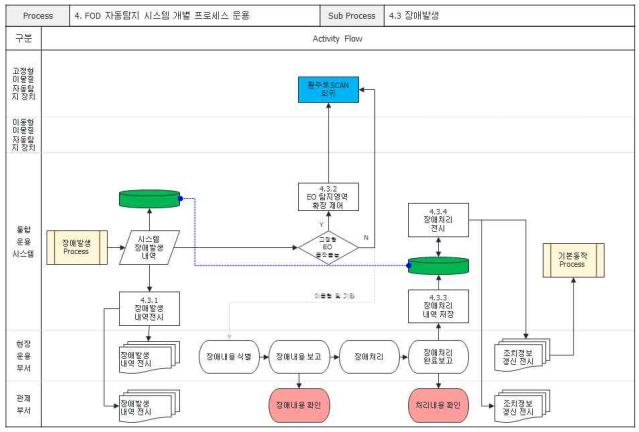
< 이동형 시스템 기본동작 시나리오 >



< 이물질 탐지 시 시나리오 >



< 이물질 수거 시 시나리오 >



< 장애 발생 시 시나리오 >

바. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-19]** 이물질 자동탐지 시스템 기술수요 및 요구사항 분석 보고서

② **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양 도출 분석 보고서

③ **[별책 1-24]** 기타 성과보고서

2. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 기본설계

가. 고정형 레이다 센서 모듈 프로토-타입 기본설계

1) 기본설계 고려사항

가) 동작 주파수 대역

① 아래 표와 같이 FOD 레이다에 적합한 여러 개의 대역을 사용할 수 있음. 각 대역별로 장단점이 있으나, 가장 적합한 79GHz 대역을 선정

<표> FOD 레이더 센서에 대해 가능한 주파수 대역

구분	94 GHz	79 GHz	77 GHz	60 GHz
주파수 범위	92 - 94GHz 94.1 - 96GHz	78 - 81 GHz	76 - 77.5 GHz	59.3 - 64 GHz
라이센스를 취득 여부	가능성 있음. 일부 국가에서 이미 사용됨	가능성 있음. 미국에서 허가됨	명확하지 않음. 차량 레이더에 의해 사용됨	가능성 있음
간섭유무	없음	가능 - 일부 차량 레이더에 의해 사용되는 대역	가능성 있음 - 많은 차량 레이더에 의해 사용되는 대역	미래의 5G 셀 시스템으로부터 간섭을 받을 수 있음
비용	높음	낮음	낮음	낮음
대기 영향	받음	받음	받음	산소 흡수로 인한 높은 감쇄
안테나 크기	매우 작음	작음	작음	보통
제작의 용이성	어려움	보통	보통	쉬움

나) 수신되는 신호 수준 분석

① 전송되는 전력 : + 20dBm

② 전송 안테나 이득 : 42dBi

③ 458m에 걸친 경로 손실 : 123dB

④ 수신 안테나 이득 : 42dBi

⑤ 수신된 신호 수준 : -19dBm (= 20 + 42 - 123 + 42)

다) 고정형 안테나

① 밀접하게 위치한 FOD 물체들의 분리도를 가능하게 하기 위한 좁은 방위각의 빔 너비

- 광역 안테나 필요
- export 제어를 피하기 위해 빔 너비가 0.2° 보다 커야 함

② Elevation 빔 너비는 빔 내에 존재하는 길고 짧은 범위의 타겟 모두를 위해 충분해야 함

③ 최대 범위에서 지면에 가까운 작은 타겟의 탐지를 위한 높은 이득

④ 낮은 사이드-로브 수준

- 빔을 벗어난 타겟의 잘못된 탐지를 피하기 위함
- 공항에 있는 다른 FOD 레이더 센서로 및 이로부터의 간섭 수준을 낮추기 위함

⑤ 주파수에 대한 민감도가 없어야 함

- 주파수가 78 - 81 GHz 내에서 변화하는 빔의 초점을 맞출 수 있어야 함

⑥ 전송 및 수신 공급과 고도로 분리된 리플렉터를 분리

- FMCW 레이더가 전송 중에도 수신해야 하므로 필요
- 수신기 과부하를 방지하기 위해 높은 분리도 유지

<표> 고정형 안테나 요구성능

파라미터	안테나 성능목표
	고정형 레이더
작동 주파수 범위	78 - 81 GHz
방위각 빔 너비(3dB)	0.44°
표고(Elevation) 빔 너비(3dB)	3.8°
이득(Gain)	42 dBi
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±1°	< -25 dB
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±2°	
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±5°	< -35 dB
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±10°	
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±20°	< -40 dB
전송/수신 안테나 포트 분리	> 50 dB
분극	수평

라) 고정형 안테나 리플렉터

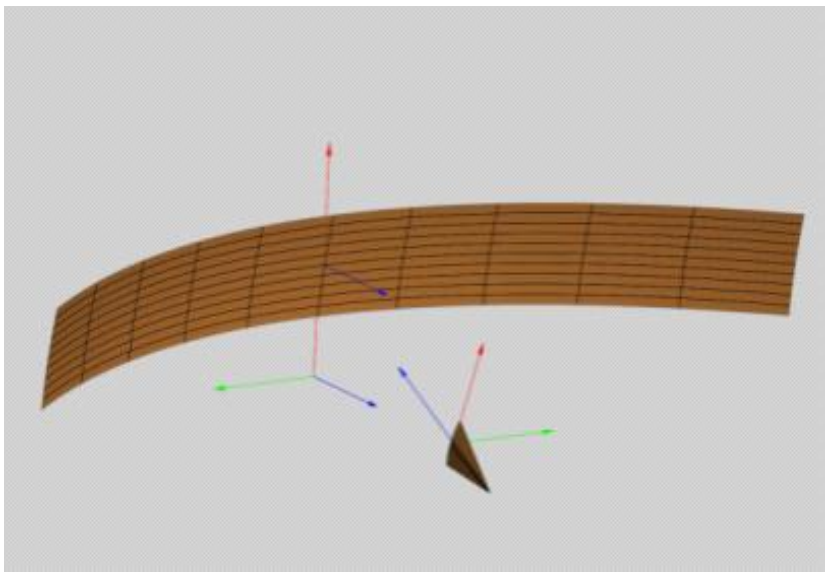
① 요구되는 빔 너비를 얻기 위해 안테나는 160 파장의 폭 정도에 있어야 한다. 79GHz에서 파장은 약 4㎜이다.

② 휘어진 선, 상을 가지는 어레이 또는 슬롯으로 구성된 어레이 안테나와 같은 파동 안내 슬롯들의 배열은 이러한 주파수에서는 지나치게 복잡해서 지나치게 많을 누적 손실을 초래할 것이다. 파동 안내의 치수는 밀리미터 파 주파수에서는 매우 작으며 따라서 정밀하게 제어되는 위치에 정확하게 기계 가공/제조하는 것이 극히 어려울 것이다.

③ 밀리미터 파 주파수에서는 패치 안테나가 지나치게 많은 손실을 가져올 것이며 범위 성능을 이룰 수 없을 것이다.

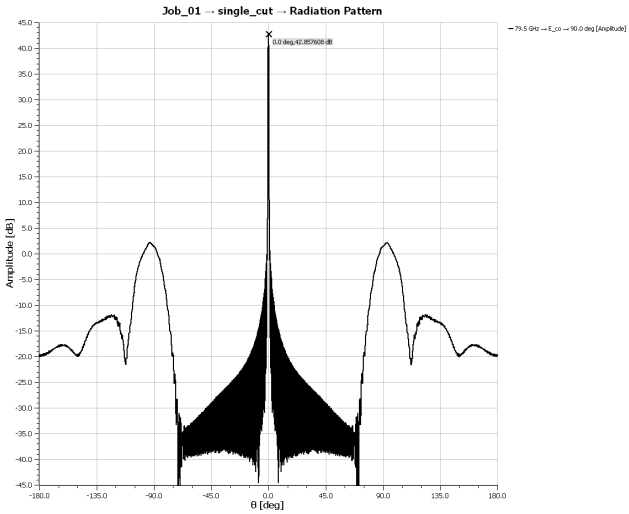
④ 반사 어레이는 매우 좁은 주파수로 조정되며 기판 내에서 상당한 손실을 가질 뿐만 아니라 시스템에서 요구되는 주파수 변동을 지원할 수 없게 될 것이다.

⑤ 따라서, 라파볼릭 리플렉터 안테나를 선택

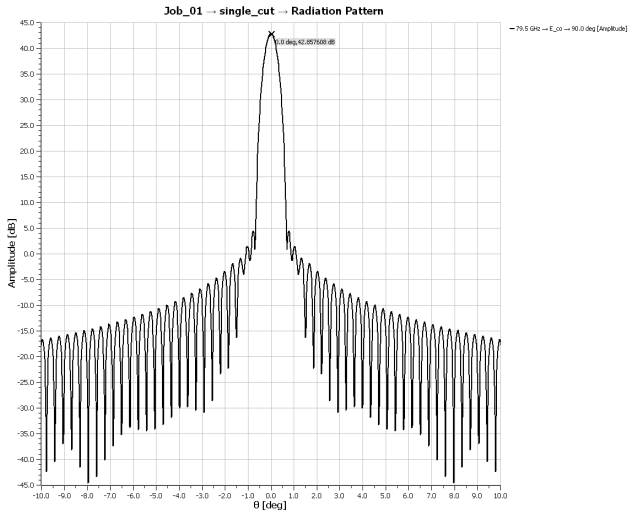


< 전면 피드 혼을 장착한 파라볼라 리플렉터 >

⑥ 리플렉터에 대한 빔 패턴의 사전 평가



< 빔패턴 - 완전한 빔 >



< 빔패턴 - 상세 특성>

마) 고정형 로테이터

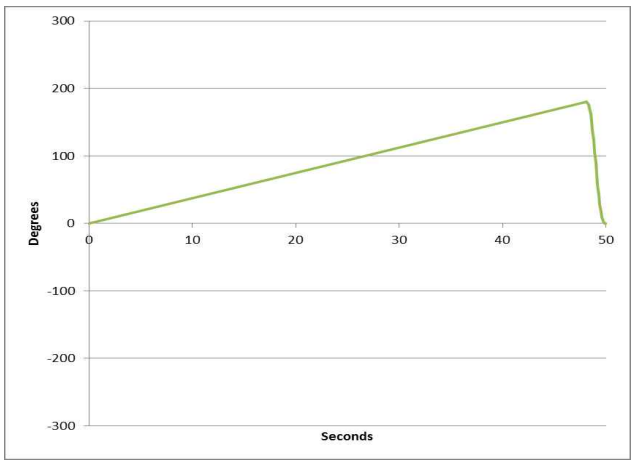
① FOD의 새로운 항목의 탐지를 1분 이내에 수행하기 위해 고정형 레이더 센서를 필요로 한다. 레이더 신호 프로세서에서 타겟을 탐지하고, 타겟 데이터를 보고 시스템으로 전송하고 사용자를 바꾸기 위해 10초를 허용하게 되면, 스캐너는 50초 만에 전체 스캔을 수행해야 한다.

② 최상의 민감성을 얻기 위해 레이더는 FOD의 각 항목을 조명하기 위해 가능한 한 많을 시간을 써야 한다. 따라서 50초의 기간 중 대부분은 현장을 스캔하기 위해 소비되며, 원래 위치로 되돌아오는 데는 훨씬 짧은 플라이백이 있게 된다. 안테나는 48초 간 스캔하고 2초 만에 원래의 위치로 플라이백하게 된다.

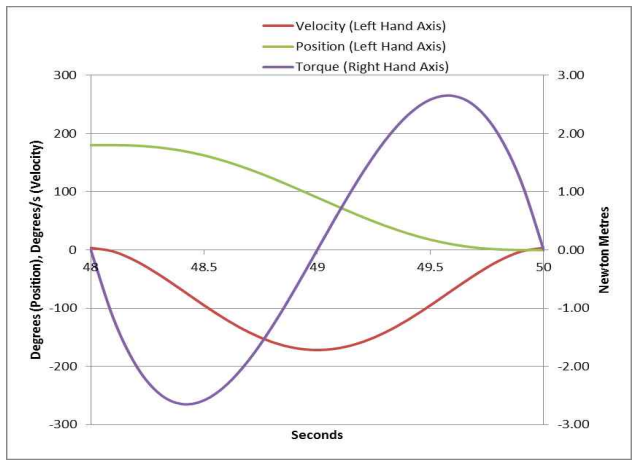
③ 고정형 안테나는 약 0.5 kgm2의 관성 모멘트를 가지는 것으로 추정하고 있다. 계산 결과 상대적으로 낮은 토크의 로테이터(2.5 Nm)로 안테나를 1800를 통해 시작 위치로 2초 만에 이동시킬 수 있음을 알 수 있다.

④ 방향을 변경시키기 위해 안테나에 가해진 토크는 안테나 및 장착 구조물이 충격을 받지 않도록 부드럽게 적용될 것이다.

⑤ 48V 모터가 이러한 토크를 생성하기 위해서는 6 - 10A를 필요로 할 것이며 이를 48초 내에 2초간 수행할 것이다. 일정한 속도 단계에서의 전력 소모는 매우 낮을 것이다. 이 때 전력 소모는 약 48x10 x 2/48 = 20W이다.



< 시간에 따른 고정형 레이더 안테나 위치 >



< 플라이백(Flyback) 중의 고정형 레이더 토크, 위치 및 각속도 >

2) 고정형 레이다 센서 모듈 기본설계

가) 안테나 조립체

① 레이돔

- 레이돔은 거품과 낮은 손실의 유전체 물질이 번갈아 층을 이루는 다중 레이어 또는 샌드위치 구조를 가질 것으로 예상하고 있다. 이러한 레이어들은 레이돔이 바람 속도 요구사항을 견딜 수 있을 정도로 견고하게 할 것이나, 레이더 빔에 부정적 영향을 주지는 않을 것이다. 물이나 오염물의 침입을 방지하기 위해 라돔은 기초 구조에 밀봉될 것이다. 유지 보수 및 수선을 위해 레이더로의 접근이 제공된다.

② 리플렉터

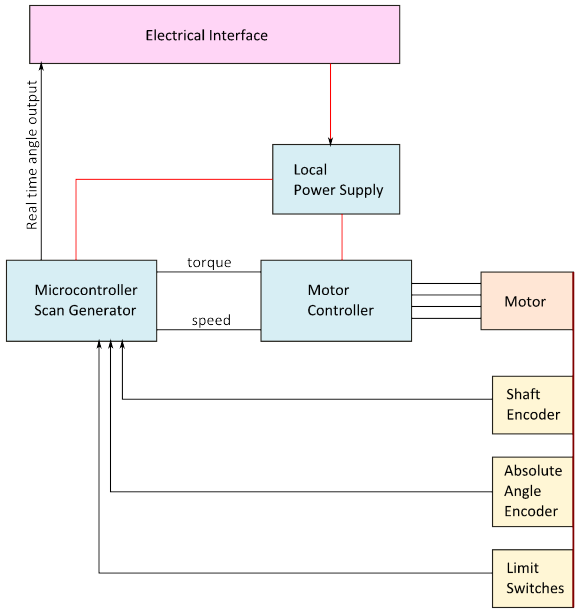
- 위에서 설명한 것과 같이 고정형 및 이동형 리플렉터는 이중 파라볼릭이 될 것이며 탄소 섬유로부터 제작될 것으로 기대한다. 리플렉터는 금속화될 것이다.

③ 안테나 피드혼(Feed Horn)

- 리플렉터는 큰 종횡비(0.6m 대 0.07m - 약 8.6의 비율)를 가지고 있다. 따라서, 적절한 공급 안테나는 좁은 표고(elevation) 빔 너비와 넓은 방위각 빔 너비를 가지는 부채꼴 혼 안테나가 될 것이다.

④ 로테이터

- 로테이터는 저전력 모터를 사용할 것이다
- 정확한 각도 위치 파악을 제공하기 위해 모터 유닛 내에 각도 당 최소한 10개의 펄스를 발생시키는 펄스 출력을 가지는 광학 축 인코더가 사용될 것이다. 이 출력은 스윕(sweep)의 일정 속도 구간 내에서 내삽되어 보다 조절된 각도 해상도를 산출할 수 있다.
- 절대적인 지향 각도를 정의하기 위해 트랜스듀서(transducer)가 사용될 것이다.
- 레이더는 처음 전원이 켜졌을 때 자신의 각도 측정 시스템을 조정하기 위해 일부 특정한 행위를 수행할 필요가 있을 것이다.
- 서보 루프(servo loop)는 마이크로컨트롤러를 통해 닫힐 것이다.
- 안테나에 과부하가 가해지고 조정 메카니즘이 손상되는 것을 방지하기 위해 기계적인 종단 정지부 및 모터 구동을 정지시키는 제한 스위치가 포함될 것이다.

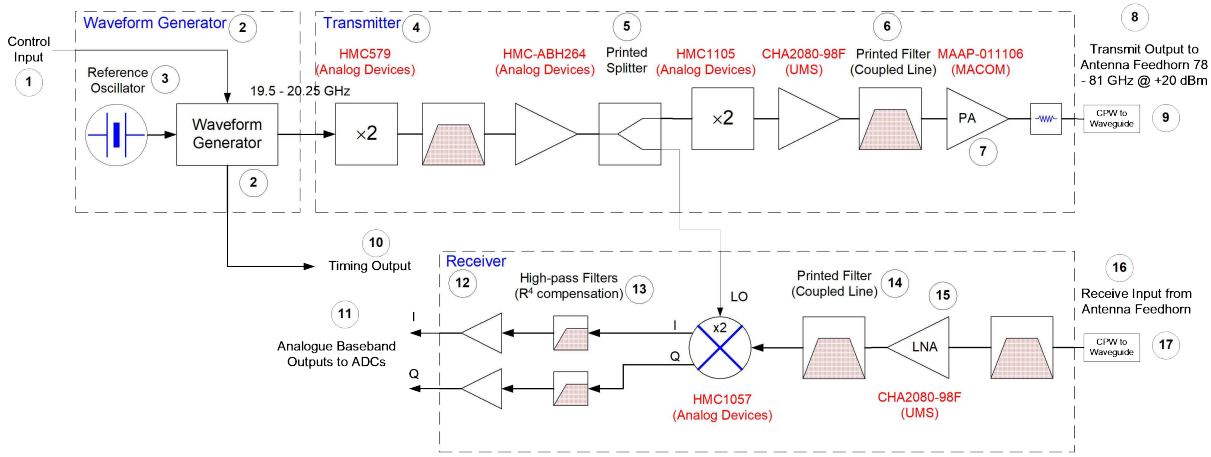


< 로테이터의 구성품 >

나) 송수신기

① 고정형 및 이동형 레이더는 모두 동일한 송수신기를 사용한다

② 송수신기 블록도는 아래 그림과 같으며 해당 항목별 설명을 표에 나타내었다.



< 송수신기 블록도 >

< 송수신기 블록도 항목 표시 >

항목	설명
1	제어 입력
2	파형 생성기
3	기준 오실레이터
4	전송기
5	인쇄된 스플리터(Splitter)
6	인쇄된 필터(결속된 라인)
7	전력 증폭기
8	안테나로 출력을 전송 피드혼(Feedhorn) 78 - 81GHz @ +20dBm
9	파형 가이드에서 파형 가이드까지가 공동 평면을 이룸
10	타이밍 출력
11	ADC로의 아날로그 기본 대역 출력
12	수신기
13	하이 패스 필터(R4 보상)
14	인쇄된 필터(결속된 라인)
15	LNA
16	안테나로부터 입력을 수신 피드혼(Feedhorn)
17	파형 가이드에서 파형 가이드까지가 공동 평면을 이룸

다) 디지타이저

디지타이저는 레이더 센서 헤드 유닛이 레이더 파형을 전송하고 되돌아오는 신호를 포획할 수 있게 해 준다.

- 수신기로부터의 I & Q 아날로그 데이터 채널의 디지털화
- 지역적 파형 생성 및 타이밍의 제어
- 스캐너의 제어
- 스캐너의 모니터링
- 지역 시스템 관리를 제공할 것이다

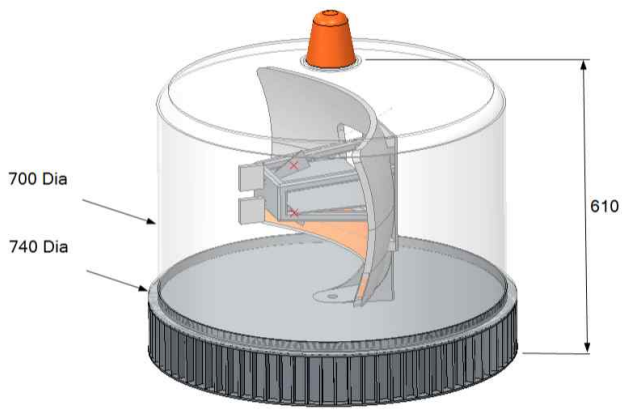
라) 레이다 센서 프로세서

센서 프로세서의 고정형 버전에 대한 설계 파라미터들이 아래 표에 나타내었다.

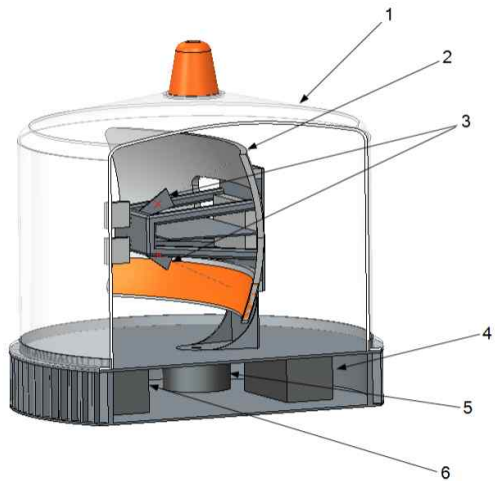
< 고정형 레이더 센서에 대한 시스템 파형 및 신호 처리 파라미터 >

파라미터	요건 - 고정형 시스템
레이더 모드:	FMCW(호모다인(homodyne) 수신기)
레인지 빈:	7.5cm
주파수 램프:	2.03GHz
스캔 주기:	50초
스캔 시간:	180°에 걸쳐 48초
문턱 SNR:	17 dB
FFT 창 손실:	7 dB (도플러 처리를 허용)
전체 공급 손실:	2 dB
타겟 상의 시간:	99 ms
PRF:	2.6kHz
ADC 샘플링 비율:	43.97MHz IQ
범위 FFT 크기:	16384개 점
최소 불명확 범위:	~ 58 km

마) 고정형 레이다 센서 모듈 형상



< 고정형 안테나 조립체의 전반적 치수 >



< 고정형 안테나 조립체의 구성품 >

바) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-1]** 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

② **[별책 1-5]** 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

③ **[별책 1-12]** 고정형 레이다 센서 모듈 기본설계보고서

④ **[별책 1-20]** 고정형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계보고서

⑤ **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서

나. 이동형 레이다 센서 모듈 프로토-타입 기본설계

1) 기본설계 고려사항

고정형 레이다 센서 모듈과 대부분 내용이 동일하며, 이동형 레이다 안테나 요구성능은 아래와 같다.

< 이동형 안테나 요구성능 >

파라미터	안테나 성능목표
	이동형 레이더
작동 주파수 범위	78 - 81 GHz
방위각 빔 너비(3dB)	0.88°
표고(Elevation) 빔 너비(3dB)	6.6°
이득(Gain)	37 dBi
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±1°	
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±2°	< -25 dB
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±5°	
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±10°	< -35 dB
사이드로브 수준, 방위각 옵셋 > ±20°	< -35 dB
전송/수신 안테나 포트 분리	> 50 dB
분극	수평

2) 이동형 로테이터 고려사항

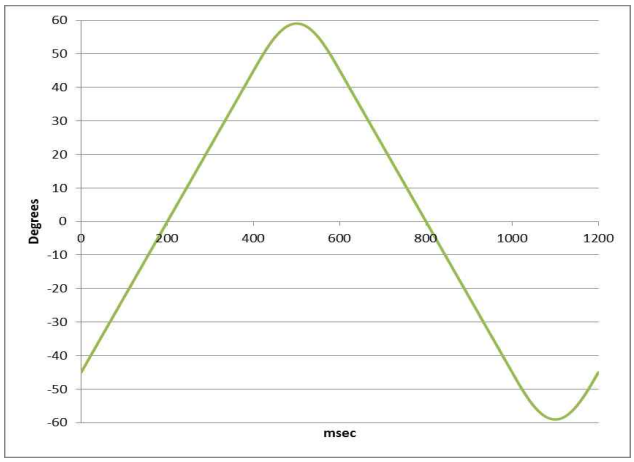
① 이동형 레이더 안테나는 탐지를 실시간으로 수행하면서 90° 의 스캔 각도를 처리할 수 있도록 설계될 것이다. 60 kph에서 요구되는 상태를 성취하기 위해서는 이동형 안테나 스캔 시간이 0.4초가 되어야 하는 것으로 계산되었다. 방향을 바꾸기 위해 각 스캔의 마지막에 추가적으로 0.2초가 필요할 것이다.

② 안테나는 차량의 각 측면에서 60 0까지 스캔하여 안테나가 방향을 바꿀 수 있도록 할 것이다.

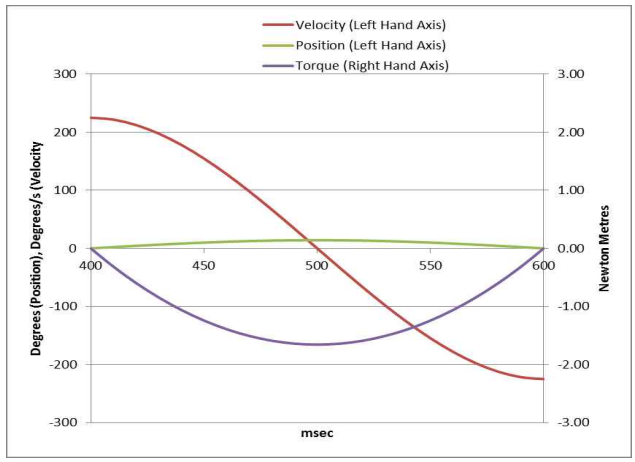
③ 이동형 안테나는 약 0.25 kgm2의 관성 모멘트를 가지는 것으로 추정하고 있다. 계산 결과 상대적으로 낮은 토크의 로테이터(1.7Nm)로 안테나의 회전 방향을 200ms 내에 역전시킬 수 있음을 알 수 있다.

④ 방향을 변경시키기 위해 안테나에 가해진 토크는 안테나 및 장착 구조물이 충격을 받지 않도록 부드럽게 적용될 것이다.

⑤ 고정형 안테나와 동일한 모터가 사용될 수 있다



< 시간에 따른 고정형 레이더 안테나 위치 >



< 플라이백(Flyback) 중의 고정형 레이더 토크, 위치 및 각속도 >

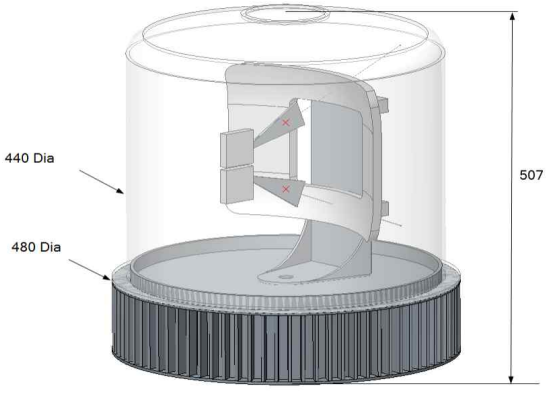
3) 이동형 레이다 센서 모듈 기본설계

설계내용은 대부분 동일하며 이동형 레이다 센서 모듈 신호처리 파라미터는 아래와 같다.

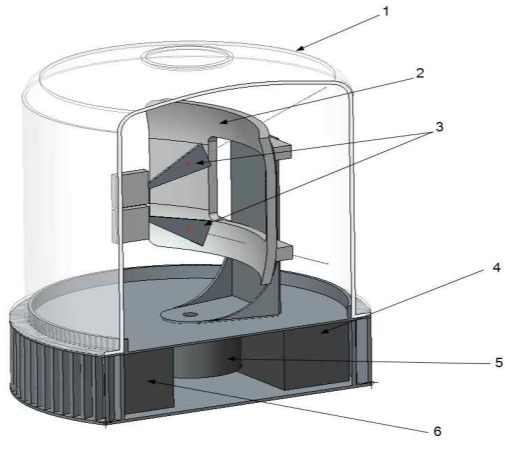
< 이동형 시스템에 대한 파형 및 신호 처리 파라미터 >

파라미터	요건 - 이동형 시스템
레이더 모드:	FMCW (호모다인(homodyne) 수신기)
레인지 빈:	7.5cm
주파수 램프:	2.03GHz
스캔 주기:	1.2초 (해당 지점 및 후방, 즉 어떠한 점이나 2회)
스캔 시간:	90도에 걸쳐 0.4초
문턱 SNR:	17dB
FFT 창 손실:	7dB
전체 공급 손실:	2dB
타겟 상의 시간:	2.47ms
PRF:	12.96kHz
범위 FFT 크기:	4096개 점
최소 불명확 범위:	~ 11.5 km

4) 이동형 레이다 센서 모듈 형상



< 이동형 안테나 조립체의 전반적 치수 >



< 이동형 안테나 조립체의 구성품 >

2) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-1]** 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

② **[별책 1-5]** 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

③ **[별책 1-13]** 이동형 레이다 센서 모듈 기본설계보고서

④ **[별책 1-20]** 고정형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계보고서

⑤ **[별책 1-21]** 이동형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계보고서

⑤ **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서

다. 고정형/이동형 EO 센서 모듈 프로토-타입 기본설계

1) 시스템 구성

① 카메라 센서 제어 부

- 원거리의 활주로 상 이물질 탐지를 위한 초정밀 고해상도의 광원 렌즈 및 EO 센서를 제어.

② 시스템 제어 부

- 렌즈 및 EO센서를 통해 입력된 영상데이터를 압축하고, 신호처리 기능을 이용하여 분석, 저장을 위해 저장장치부로 전송하는 기능을 수행.

③ PTZ 포지셔너

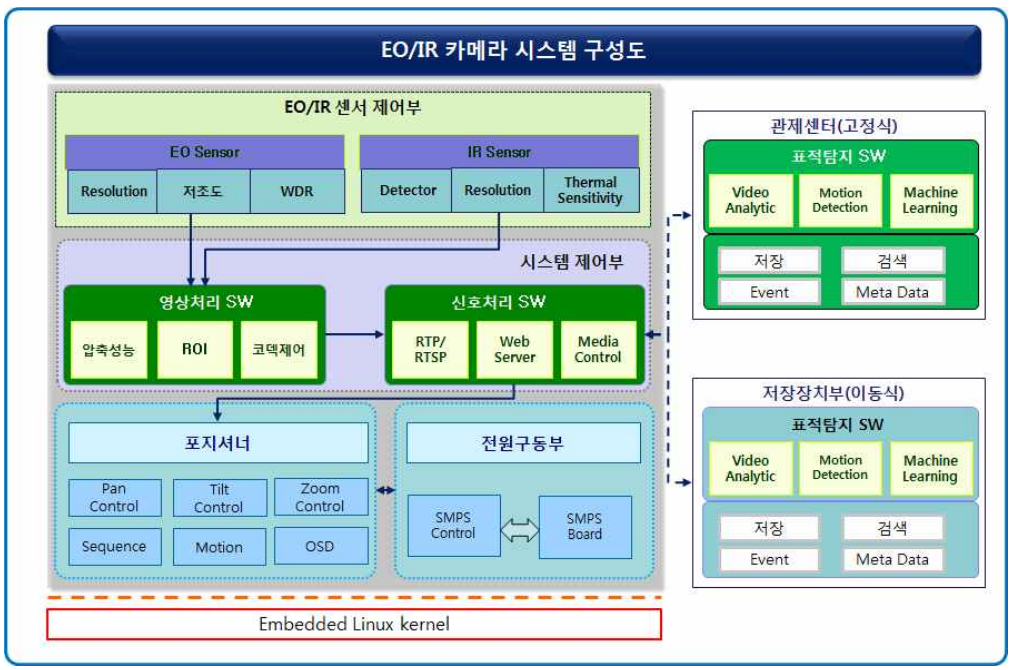
- 넓은 활주로 지역에 적합하게 카메라 시야를 이동하기 위한 Pan, Tilt, Zoom 구동 처리를 수행.

④ 전원 구동 부

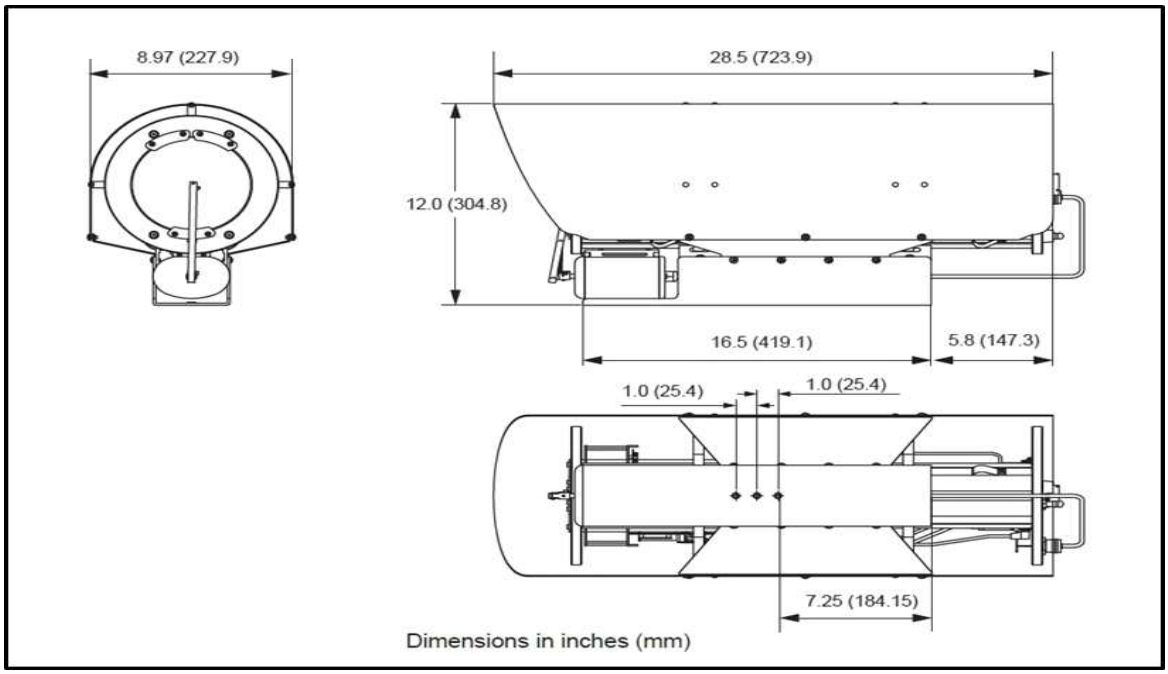
- 각 기능 블록에 안정적인 전원공급을 위한 기능 수행.

⑤ 외부 저장 장치 부

- 시스템 제어부를 통해 전달받은 영상데이터에 대한 분석, 저장, 검색 기능을 수행
- 표적탐지, 위치 추적 기능을 통해 이물질 탐지하고 그 결과를 통합운용시스템에 전달
- 통합운용시스템으로 부터의 제어, 검색 등의 명령을 받아 수행



< EO 센서 모듈 구성도 >



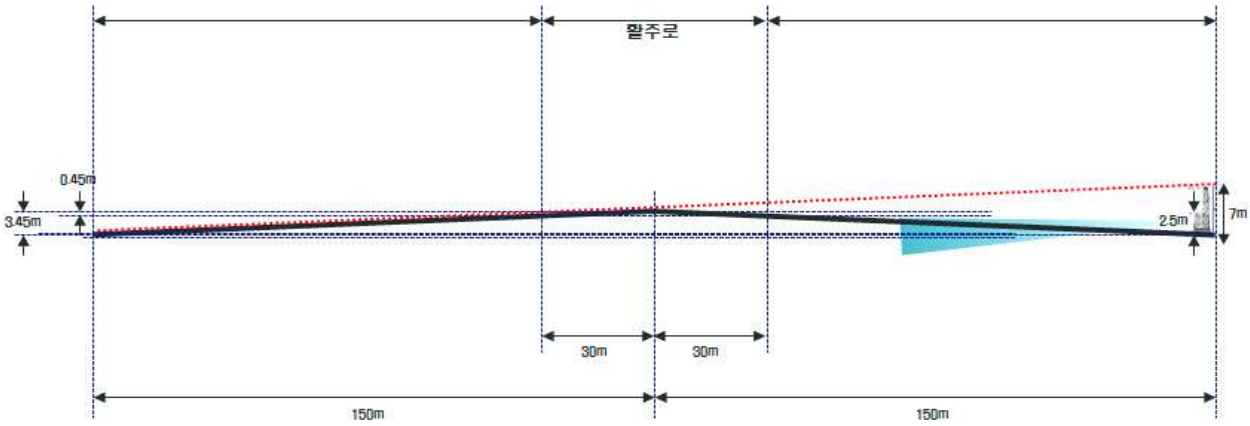
< E0 센서 형상 >

2) 기본설계 고려사항

가) 공항 활주로 구배

① 활주로 구배 조건(인천 국제 공항 기준)

- 활주로 종단 경사도 : 0%(구배 없음)
- 활주로 횡단 경사도



< 인천공항 활주로 구배 >

- 활주로 중심으로부터 30m 구간 : 1.5%
- 활주로 중심으로부터 150m 구간 : 2.3%

② 김포 공항 활주로 구배 실측

- 활주로 종단/횡단 모두 구배가 존재함
- 실제 측정을 진행한 결과 측정 위치에 따라 구배가 모두 다름이 관찰됨

< 김포공항 활주로 구배 테이블 >

활주로4지점

기준높이(cm) 125

중심으로 부터의 거리(m)	공항(계류장 쪽)		공항(계류장) 반대편	
	측정값(cm)	편차(cm)	측정값(cm)	편차(cm)
2.5	127.1	2.1	126.5	1.5
5	131.1	6.1	129.6	4.6
7.5	133.3	8.3	132.2	7.2
10	136.2	11.2	134.8	9.8
12.5	140.2	15.2	138.1	13.1
15	143.5	18.5	142.4	17.4
17.5	147	22	145.4	20.4
20	150.5	25.5	149.8	24.8
22.5	155.4	30.4	154.8	29.8
25	163.1	38.1	159.1	34.1
27.5	172	47		
30	182	57	175.8	50.8
52			245	120
68.5			282	157
90.5			328	203
118			487	362
150			488	363

③ 구배에 따른 설계 검토

- 구배 조건에 따른 설치 높이에 대한 고려가 필요함
- 시뮬레이션 대비 최소 3.45m 높게 설치되어야 함.
- 설치장소로 부터 활주로 중앙 반대 사면에 대한 카메라 시야 확보가 고려 되어야 함.
- 기본적인 구배 조건은 인천국제공항의 구배 조건을 따라 설계 진행
- 실제 설치장소에 따라 구배 조건이 다를 수 있으므로, 설치 시 카메라 기준 시야각을 조정하는 Calibration 과정이 반드시 필요함.

나) 공항 활주로 야간 조도

① 인천국제공항 야간 조도

- 인천국제공항의 운영 시간 : 24시간, (00:00 ~ 04:00, 활주로 별로 일일 점검 보수 진행)
- 조도 측정 : 0.3lx (항공 터미널 인접 지역의 경우 0.5 ~ 0.6lx)

○ 활주로 중앙유도등 및 사이드등 에 대한 영향

- 0단계 ~ 5단계 밝기 조절 가능
- 중앙 유도등 : 15m 마다 설치됨
- 사이드등 : 60m 마다 설치됨
- 조명 설치 높이가 낮고, 지향적이어서 영향을 받는 영역은 지극히 제한적임(약 5% 이내)
- 활주로 상 밝기에 영향을 주는 주요 요인은 주변 시설물(건축물 및 조명탑 등)의 조명임.

② 김포 공항 야간 조도

○ 김포 공항은 23:00 이후 항공기 운항을 중지함.

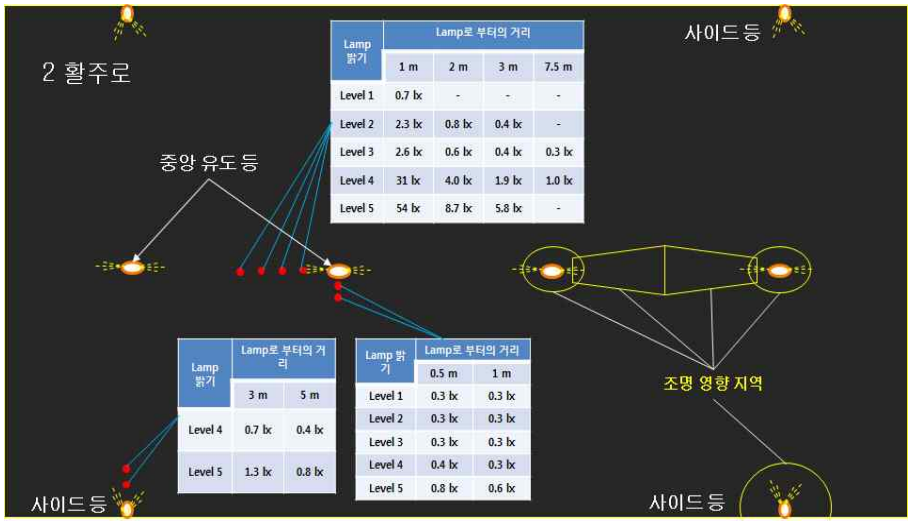
○ 조도 측정 : 0.1 Lx ~ 0.2 lx

○ 인천 국제 공항 대비 상대적으로 어두우며, 인접 건물, 조명탑 등의 영향이 없음.

③ 야간 조도에 따른 설계 검토

○ 실측에 따른 최저 시정 조건은 0.1 lx 이며, 이를 저조도 기능으로 구현하기에는 한계가 있음.

○ 따라서, 야간 운용에서의 EO 센서 탐지장치의 활용은 제한적이며, 레이더 탐지장치와의 연계 동작을 통한 해결방안을 모색해야 함.

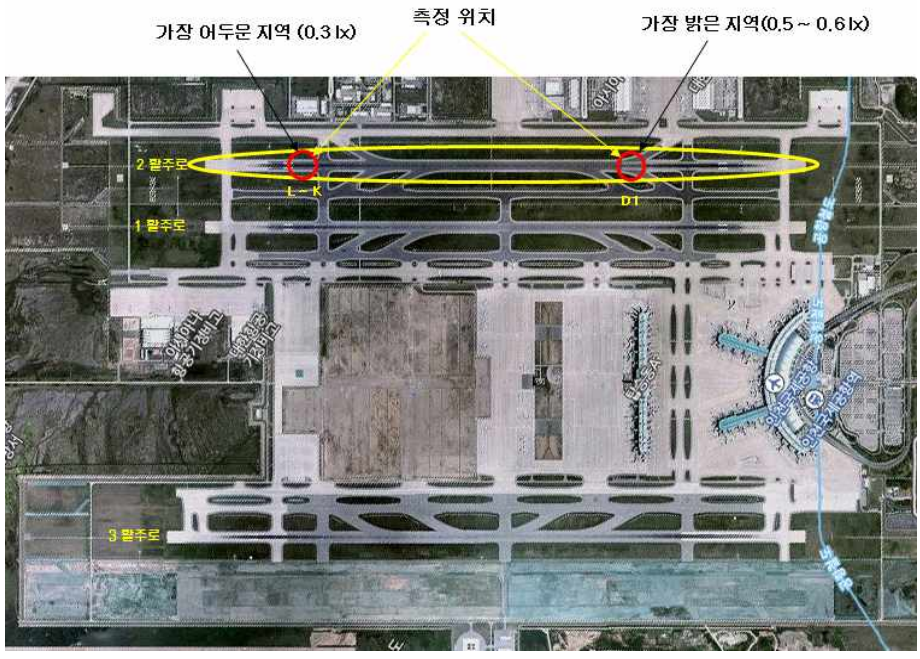


Lamp 밝기	Lamp로 부터의 거리			
	1 m	2 m	3 m	7.5 m
Level 1	0.7 lx	-	-	-
Level 2	2.3 lx	0.8 lx	0.4 lx	-
Level 3	2.6 lx	0.6 lx	0.4 lx	0.3 lx
Level 4	31 lx	4.0 lx	1.9 lx	1.0 lx
Level 5	54 lx	8.7 lx	5.8 lx	-

Lamp 밝기	Lamp로 부터의 거리	
	3 m	5 m
Level 4	0.7 lx	0.4 lx
Level 5	1.3 lx	0.8 lx

Lamp 밝기	Lamp로 부터의 거리	
	0.5 m	1 m
Level 1	0.3 lx	0.3 lx
Level 2	0.3 lx	0.3 lx
Level 3	0.3 lx	0.3 lx
Level 4	0.4 lx	0.3 lx
Level 5	0.8 lx	0.6 lx

< 활주로 조명에 따른 조도 변화 >



< 인천공항 활주로 조도 측정 >

다) 공항 활주로 주위 환경

① 활주로 노면 상태

○ 모든 활주로에는 횡단 방향으로 물 빠짐 홈이 존재함.

활주로 노면 물 빠짐 홈	
	양각 부분 : 약 4cm 음각 부분 : 약 1cm 깊이 : 약 1cm

< 활주로 노면 상태 >

○ 전반적으로 노면 상태는 양호 하나, 일부 구간의 보수 흔적, 타이어 흔적 등이 존재하며, 이 부분에 대한 회피 방안이 마련되어야 함.

② 활주로 주위 구조물

○ 활주로 중앙으로 약 20㎝ 크기의 유도등이 15m 간격으로 설치되어 있음.

○ 활주로 사이드로 약 20㎝ 크기의 사이드 등이 60m 간격으로 설치되어 있음.

○ 활주로 주위로는 항공 안전 구역으로 구조물 적으나 일부 지역에 14.5m 높이의 GP안테나가 설치되어 있음.

③ 자연환경

○ 인천국제공항의 GP 안테나 구조물 설치 조건은 다음과 같다.

- 풍속 : 140Km/h(운영), 200km(한계)

- 온도 : -40° C ~ +70° C

○ 잦은 바람, 연무 등이 발생함에 따라 이에 대한 대응방안이 필요 함.

④ 활주로 주위 환경에 따른 설계 검토

○ 활주로 노면 상태에 대한 회피 방안이 마련되어야 함.

○ 활주로 주변 구조물에 대한 회피 방안이 마련되어야 함.

○ 풍속 및 온도 조건에 맞추어 정상 동작토록 설계가 진행되어야 함.

- 바람에 의한 흔들림 보정 방안

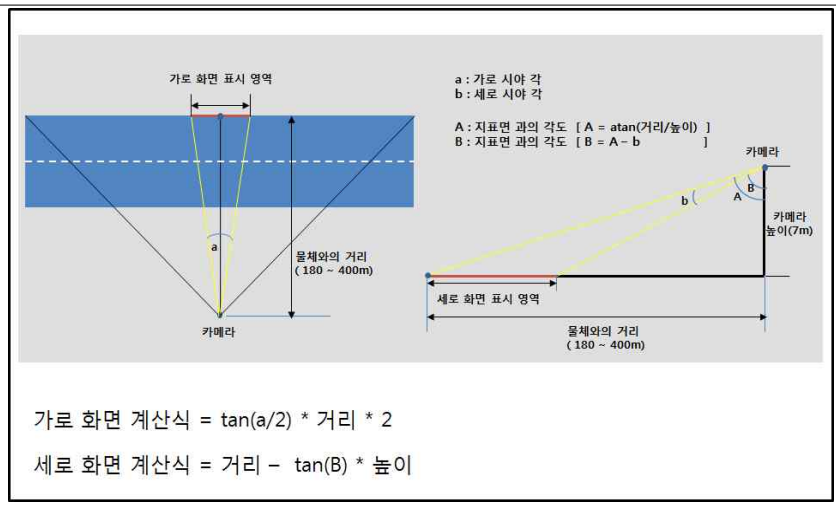
- 저온 및 고온 환경에서의 기능 동작 방안

라) 고정형 E0센서 모듈 운용 조건

① E0 센서 탐지거리 계산

○ E0 센서의 시야각 : 16.7㎜(19.7° x 11.1°) ~ 1000㎜(0.33° x 0.19°)

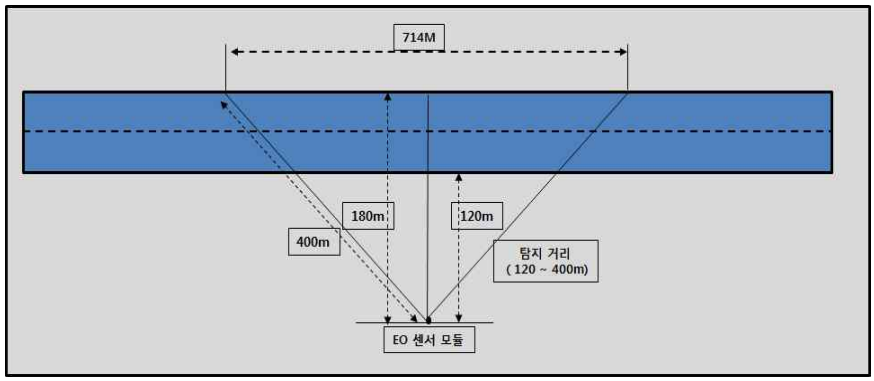
○ 시야각을 기준으로 화면상에 표시되는 영역에 대한 계산식은 다음과 같다.



< E0 센서 시야각 >

② 고정형 운용 시뮬레이션

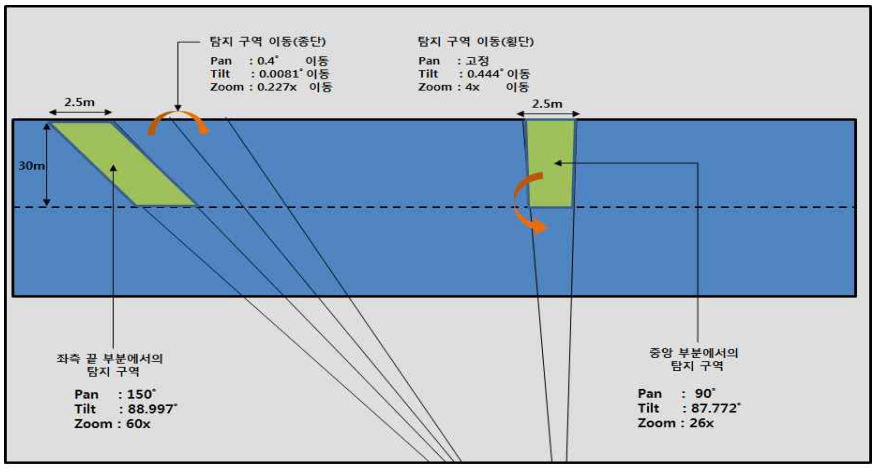
○ 탐지 구역



< 고정형 E0 탐지 구역 >

- 활주로부터 120m 거리 설치 조건
- E0센서 모듈의 담당 탐지 구역은 714m(종단) x 60m(횡단) 임
- 하나의 영상 화면에서 활주로 탐지 구역은 2.5m(종단) x 30m(횡단) 임
- 따라서, 약 600여개의 세부 탐지 구역으로 나뉘며, 목표 탐지 시간이 1분 이므로 1초당 10개의 세부 탐지 구역을 탐색, 분석할 수 있어야 함.

○ 세부 탐지 구역



< E0 세부 탐지 구역 >

- 최대 탐지 거리인 400m 세부 탐지 구역에서의 Pan, Tilt, Zoom 값은 다음과 같다.

  ⓐ Pan - 150°

  ⓑ Tilt - 88.997°

  ⓒ Zoom - 60배율

- 중앙 부분(탐지거리 180m) 세부 탐지 구역에서의 Pan, Tilt, Zoom 값은 다음과 같다.

  ⓐ Pan - 90°

  ⓑ Tilt - 87.772°

  ⓒ Zoom - 26배율

- 각 세부 탐지 구역에 따른 PAN, Tilt, Zoom 이동 조건은 다음과 같다.

  ⓐ Pan - 120° (총 탐지 각도) / 300(종단 세부탐지 구역 수) = 0.4°

  ⓑ Tilt - (88.997° - 87.772°) / 150(종단 중앙까지의 세부 탐지 구역 수) = 0.0081°

  ⓒ Zoom - (60배율 - 26배율) / 150(종단 중앙까지의 세부 탐지 구역 수) = 0.227배율

③ EO 센서 탐지 조건

○ Full-HD급(1920x1080)의 성능을 갖는 EO센서를 이용한 탐지 물체 크기는 다음과 같다.

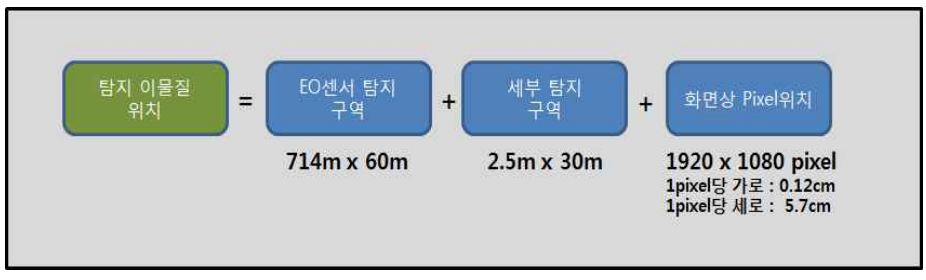
< 고정형 탐지 가능 물체 크기 >

설치 위치		측정 대상 물체와의 최대 거리	1 Pixel 당 물체 크기(cm) 가로x세로x높이	탐지 가능 물체 크기(16 Pixel 이상 표시)
활주로와의 거리	설치 높이			
120m	7m	400m	0.12 x 5.7 x 0.12	2cm

○ 2cm 정도의 크기 물체는 화면상 16Pixel 정도로 표시됨.

④ 이물질 위치 추적

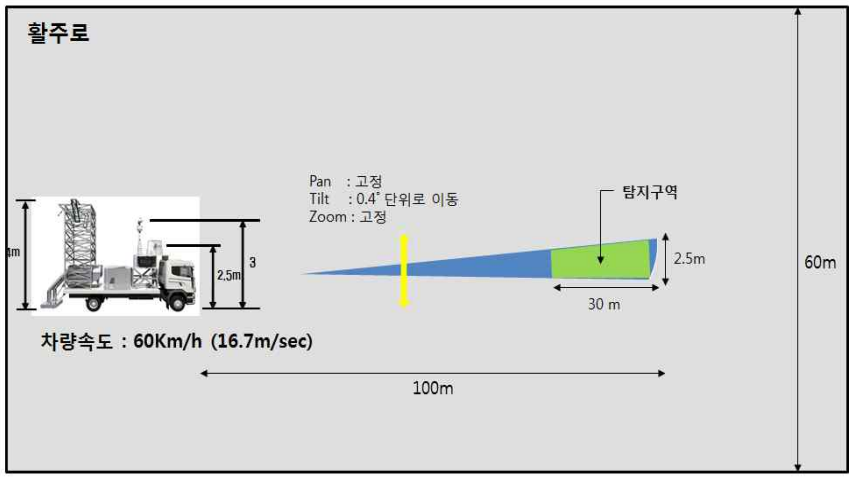
○ 화면상에 표시되는 Pixel당 크기는 0.12 x 5.7 x 0.12(400m 기준) 이며, 이를 바탕으로 표시된 물체의 크기 및 거리를 계산할 수 있음.



< 고정형 이물질 위치 추적 >

바) 이동형 EO센서 운용 조건

① 이동형 운용 시뮬레이션



< 이동형 이물질 탐지 설계 >

○ 이동형 FOD 자동탐지 차량 이동 속도 : 60Km/h(16.7 m/sec), RFP 기준

○ 탐지거리 목표 : RFP 기준 없음(레이더의 경우 100m)

○ 탐지 폭 : RFP 기준 없음(레이져의 경우 20m)

○ 한 화면에서 탐지 할수 있는 구역은 2.5m x 30m 임.

○ 1초당 8회 Pan을 0.4° 씩 조절하면 총 20m 영역에 대한 탐지가 가능함.
(3Set 운용 시 60m 탐지)

○ Tilt : 88.28°

○ Zoom : 14.5 배줌

② EO 센서 탐지 조건

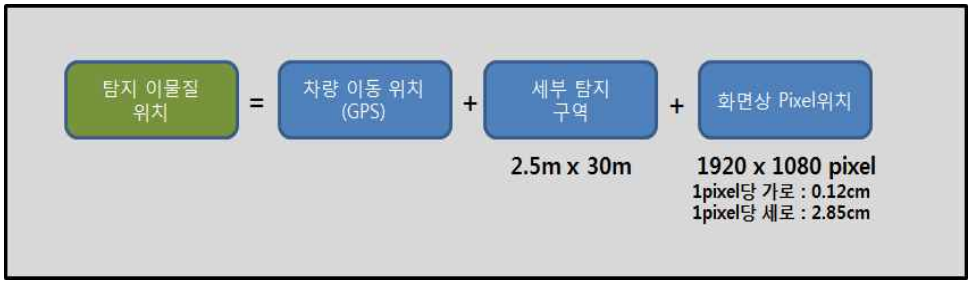
< 이동형 EO 센서 탐지 조건 >

설치 위치		탐지 구역 크기	1 Pixel 당 물체 크기(cm) 가로x세로x높이	탐지 가능 물체 크기(16 Pixel 이상 표시)
탐지거리	차량 높이			
100m	3m	2.5m x 30m	0.12 x 2.85 x 0.12	2cm

○ 2cm 정도의 크기 물체는 화면상 16Pixel 정도로 표시됨.

③ 이물질 위치 추적

○ 화면상에 표시되는 Pixel당 크기는 0.12 x 2.85 x 0.12 이며, 이를 바탕으로 표시된 물체의 크기 및 거리를 계산할 수 있음.



< 이동형 이물질 위치 추적 >

2) 기본설계

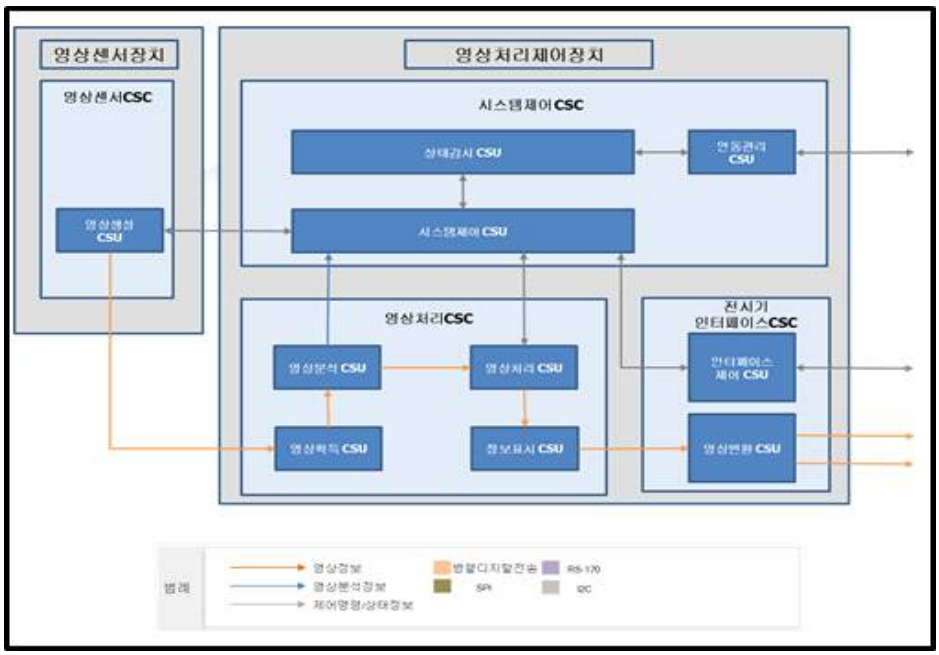
가) 카메라 센서 제어부

① 광학계 사양

구 분	주요 사양	비 고
화소수	1920 x 1080	HWK1910A (Fairchild Imaging 社)
파장대역	0.45~ 0.65 μm	IR Cut-off : 50% at 650nm
EFL	18 ~ 1,000mm	Wide ~ Tele
Zoom Ratio	60X	연속 줌 (Continuous Zoom)
F-number	F/3.9 ~ 5.0	Wide ~ Tele
FOV (시계)	협시계: 0.33° x 0.19° ±10% 광시계: 19.7° x 11.1° ±10%	
광학계 형태 및 기능	4군(P-N-P-P)형태로 2군 Variator, 4군 Compensator & Focusing	
Focus 관련	Infinity ~ 0.1km (Wide) Infinity ~ 1Km (Tele)	상면 이동량 : Wide (3.4um) Tele (81.0um)
IR Cut-off Filter	50% at 650nm ± 10nm	1번 Prism에 Coating
ND Filter	3매로 구성	절환방식

< 광학 센서 사양 >

② 영상처리부 검출기 구성도



< 영상처리부 센서 검출기 구성도 >

③ 영상처리부 구성도 및 기능

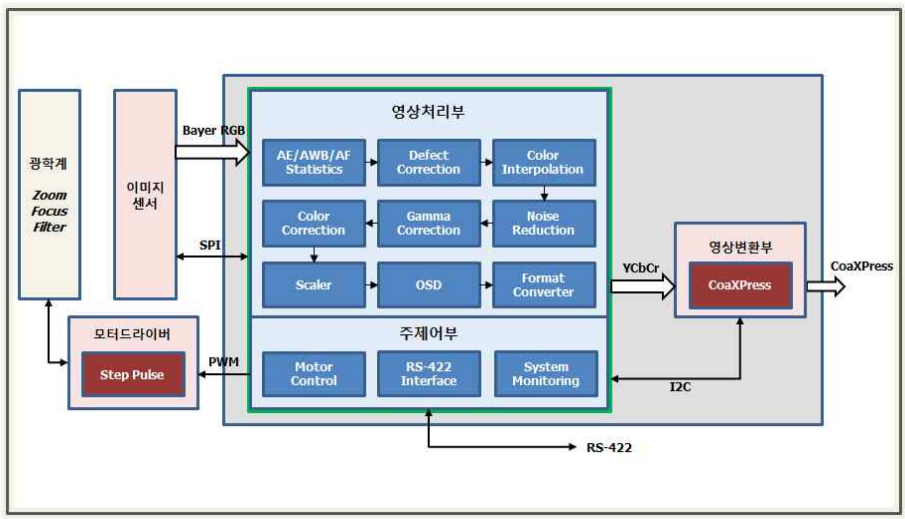


< 영상처리부 구성도 및 기능 >

< 영상처리 센서 기능별 분류 >

CSCI	CSC	CSU	기능
FOD 영상 처리 센서	영상센서	영상생성	이미지센서로부터 원시영상을 출력할 수 있도록 센서부 설정 제어
	영상 처리	영상획득	이미지센서로부터 원시영상을 획득
		영상분석	자동노출제어 및 자동색보정에 필요한 통계 정보를 원시영상으로부터 계산
		영상처리	RGB 원시영상을 YCbCb 표준 영상으로 변환, 화질개선 및 영상의 크기 조절
		정보표시	영상정보 위에 상태정보와 메뉴 표시를 위한 아이콘 및 글자를 추가
	시스템 제어	시스템제어	최적화된 영상정보가 표시기에 출력되도록 각 CSC를 제어
		상태감시	이미지센서, 영상처리장치, 영상표시장치 등의 동작상태를 실시간 감시
		연동관리	체계제어장치로부터 제어명령을 받고 주간조준장치의 상태정보를 전달
	전시기 인터페이스	영상변환	전시기 설정을 위한 제어명령 및 상태 확인
		인터페이스제어	아날로그 RS-170 혹은 디지털병렬 출력에 맞춰 영상데이터 변환 및 출력

④ 영상처리부 구성 및 제어/데이터 흐름



< 시스템 제어부 데이터 흐름 >

2) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-1]** 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

② **[별책 1-5]** 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

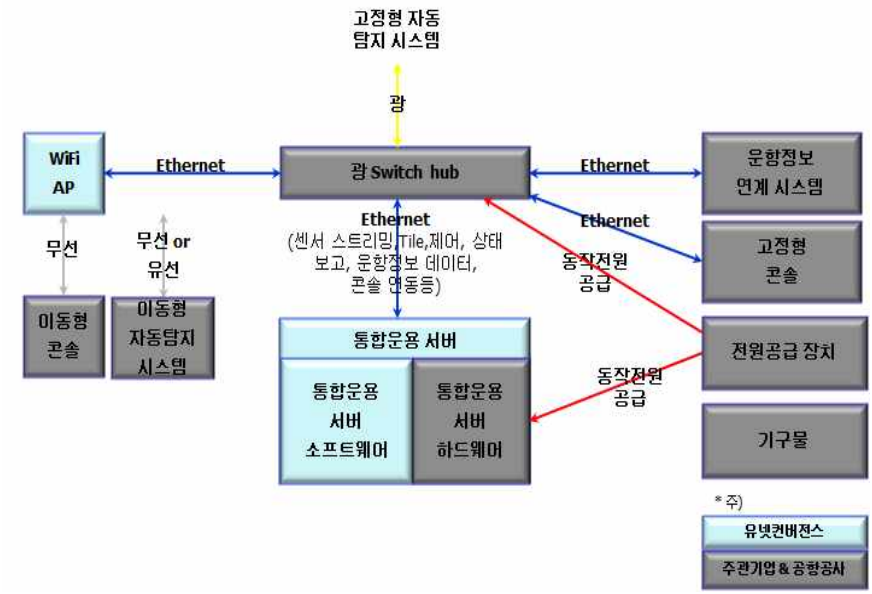
③ **[별책 1-14]** 고정형/이동형 EO 센서 모듈 기본설계보고서

④ **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서

라. 통합운영시스템 프로토-타입 기본 설계

1) 통합운용시스템 구성

통합운영서버와 통합운영 콘솔을 통해 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템을 운용



< 통합운용 서버 구성 블록도 >

2) 통합운영서버 소프트웨어

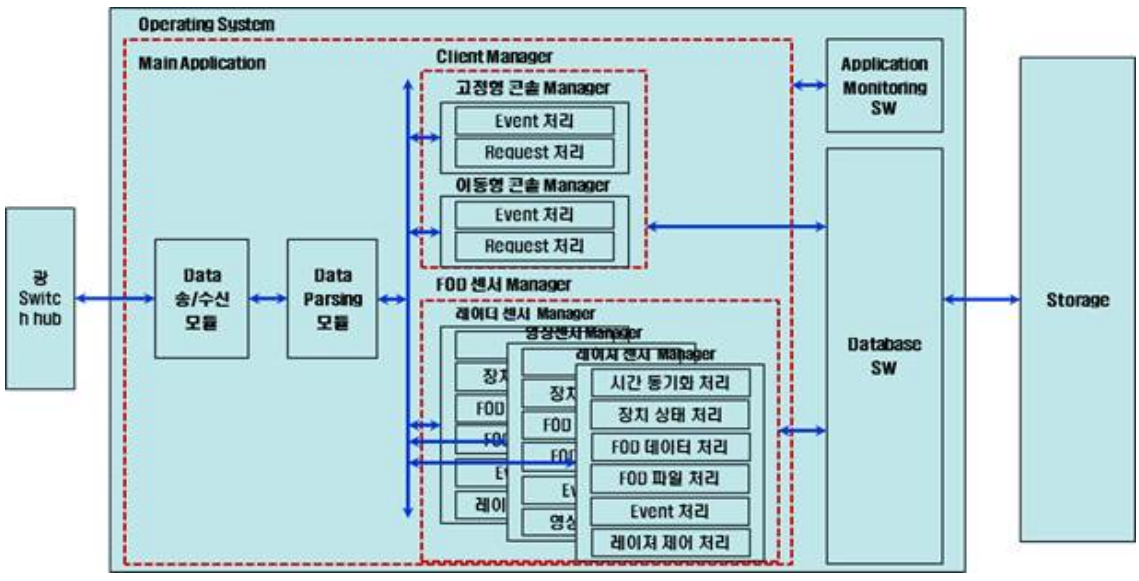
① 콘솔 및 각 제어모듈과 이더넷 통신

① 송/수신 데이터는 프로토콜 형식에 맞추어 직렬화 및 역직렬화

① 콘솔로부터 제어 명령을 받으면 제어가능 여부를 판단하여 제어 모듈로 전송하고 결과를 다시 콘솔로 전달

① 제어모듈로부터 이벤트를 수신하면 FTP를 이용하여 해당 스캔 이미지를 다운로드하고 파일 위치를 데이터베이스에 저장

① 제어모듈로부터 이벤트를 수신하면 모든 콘솔로 이벤트를 전송하고 데이터베이스에 저장하여 관리



< 통합운영서버 소프트웨어 구조도 >

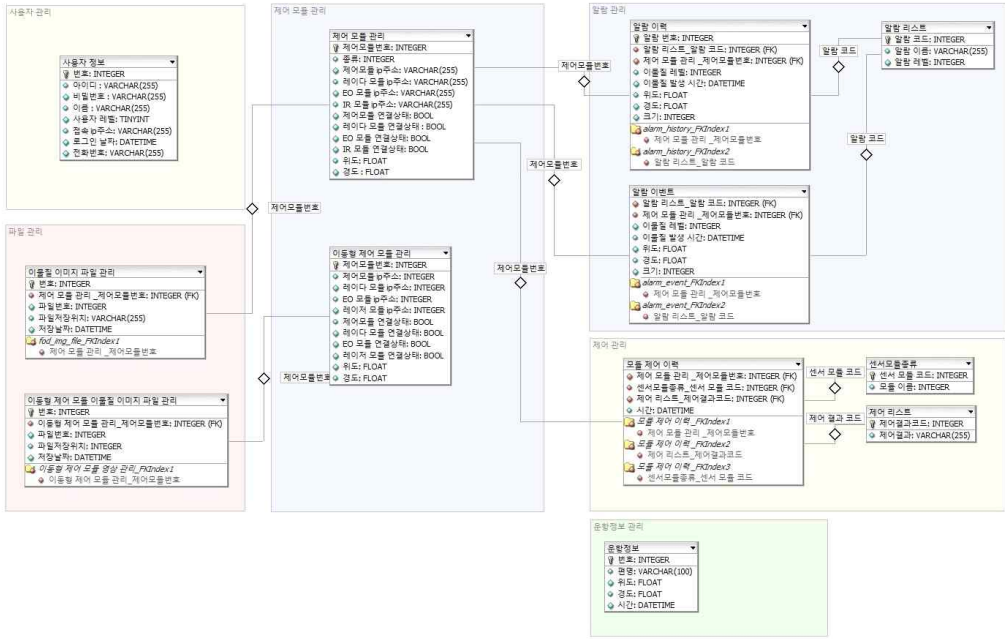
3) 통합운영 서버 데이터베이스

① 사용자 관리 : 사용자 레벨에 따라 관리자, 일반 사용자 등으로 구분

② 제어모듈 관리 : 고정형, 이동형 제어모듈을 등록하여 IP정보, 연결상태, 위치정보를 저장 관리

③ 알람관리 : 제어모듈에서 발생한 이물질 정보가 저장되며, 현재 발생한 이물질과 이력으로 저장 관리

④ 파일제어 : E0 카메라 센서 모듈에서 스캔한 이미지 파일의 위치를 저장 관리



< 통합운영서버 데이터베이스 구조도 >

4) 통합운용 콘솔 소프트웨어

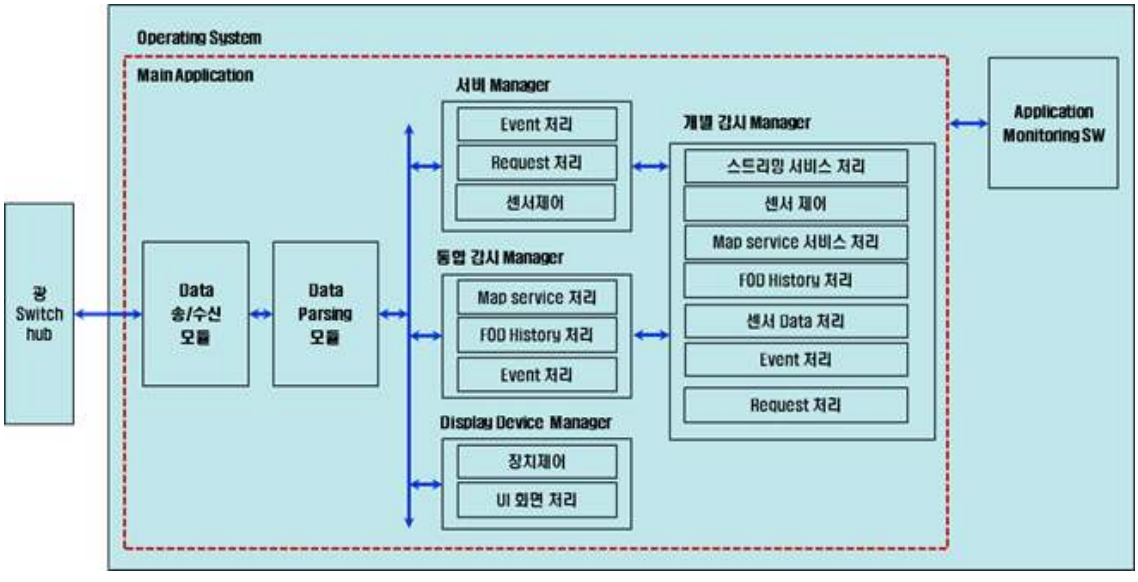
① 서버와 이더넷으로 통신

② 송/수신 데이터는 프로토콜 형식에 맞추어 직렬화 및 역직렬화

③ 서버로부터 이벤트 발생 알람을 받으면 현재 지도에 GPS 좌표를 이용하여 화면에 표시

④ 서버로부터 현재 보고 있는 제어모듈의 번호를 전송하여 스트리밍데이터를 수신

⑤① 사용자로부터 제어 등의 요청을 받으면 서버로 전송하고 결과를 받아서 화면에 표시



< 통합운용 콘솔 소프트웨어 구조도 >

5) 화면 구조 설계

가) 통합운용 UI 기본 플랫폼



< 통합운용콘솔 UI 안 >

① 화면 배치는 좌측에 평면적인 정보 표시를 위치함

② 우측에 실시간 데이터 및 운용자 제어 메뉴를 배치함

나) 주요 기능 구현 방법

지형도와 맵핑 구현

① 이물질 탐지시 센서로부터 이물질 위치정보, 크기정보와 함께 이물질 위치의 Tile 정보를 정사각형 형태로 수신하여, 서버 데이터베이스에 저장한다.

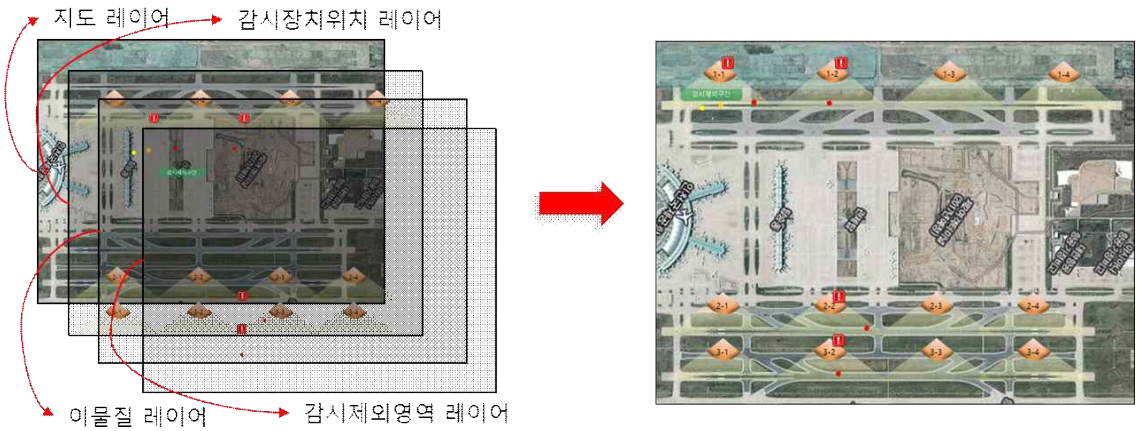
② 콘솔이 서버에 상기 데이터를 요청하여 Tile 정보로 레이어를 생성한다.

③ 이물질 위치정보와 크기정보를 이용하여 이물질 레이어를 생성한다

④ 고정형 자동 탐지 장치의 위치로 탐지장치 레이어를 생성한다.(장치 초기 등록 시 생성)

⑤ 각각 생성된 레이어와 콘솔이 갖고 있는 지형도와 위치 좌표를 동기화하여 레이어를 배열

⑥ 배열 및 정렬이 완료된 하면을 디스플레이 장치에 전송한다.



< 이물질 지형도에 표시 기능 >

마. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-9]** 통합운영시스템 통합운영서버 기본설계보고서

② **[별책 1-10]** 통합운영시스템 통합운영 고정형콘솔 기본설계보고서

③ **[별책 1-11]** 통합운영시스템 통합운영 이동형콘솔 기본설계보고서

④ **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서

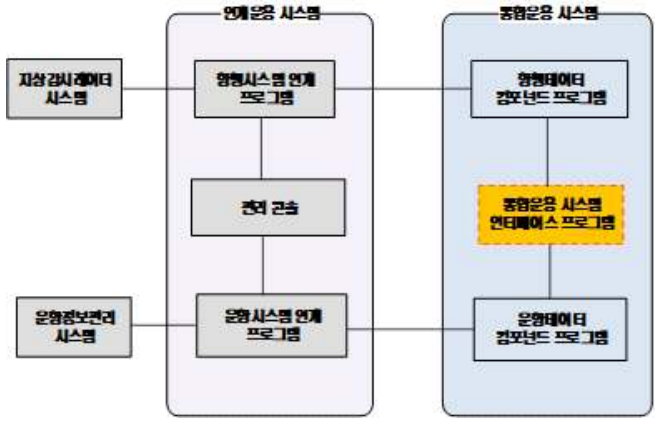
바. 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 기본설계

1) 통합운용시스템 연계운용 소프트웨어

① 요구사항을 바탕으로 시스템의 기능 정의

② 시스템의 기능을 만족할 수 있도록 시스템 소프트웨어 인터페이스 설계

③ 인터페이스를 만족시키기 위한 소프트웨어 모듈(Entity) 도출



< 통합운용시스템용 연계운용시스템 구성도 >

④ 항행시스템 연계 시스템

- 항공기 위치정보 표출을 위해 지상감시레이더(ASDE) 인터페이스
- 데이터 수신, 변변하여 통합운용시스템으로 전송
- 관리모듈에서 데이터 및 로그 관리 등

⑤ 운항정보관리시스템 연계 시스템

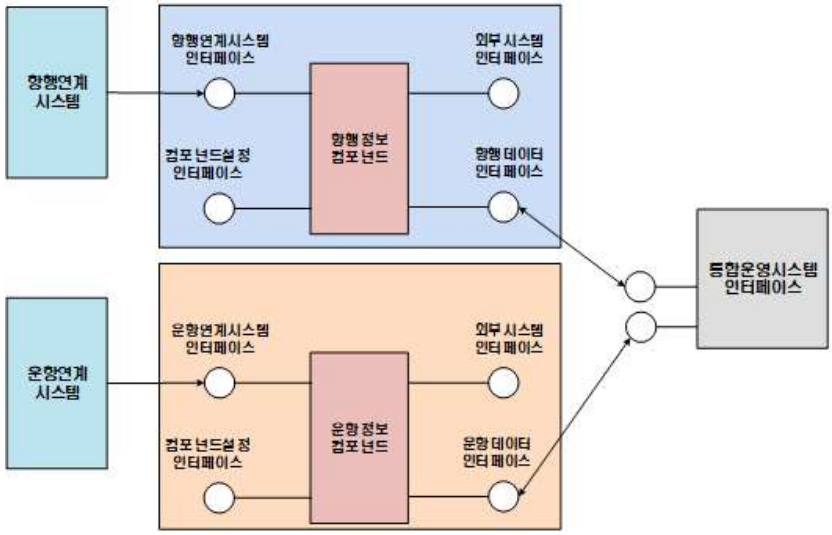
- 항공기 운항스케줄을 표출하기 위해 운항정보관리 시스템 인터페이스
- 데이터 수신, 변환하여 통합운용시스템으로 전송
- 관리모듈에서 데이터 및 로그 관리 등

2) 개념설계

① 항행연계 및 운항연계 시스템 인터페이스를 통하여 항행정보와 운항정보 컴포넌트로 전달받아 통합운용시스템과 연결

② 컴포넌트는 소프트웨어 라이브러리와 API 형태로 제공

③ API를 통해 컴포넌트의 동작 및 환경을 설정하며 실시간으로 연계시스템과 연동, 데이터 제공



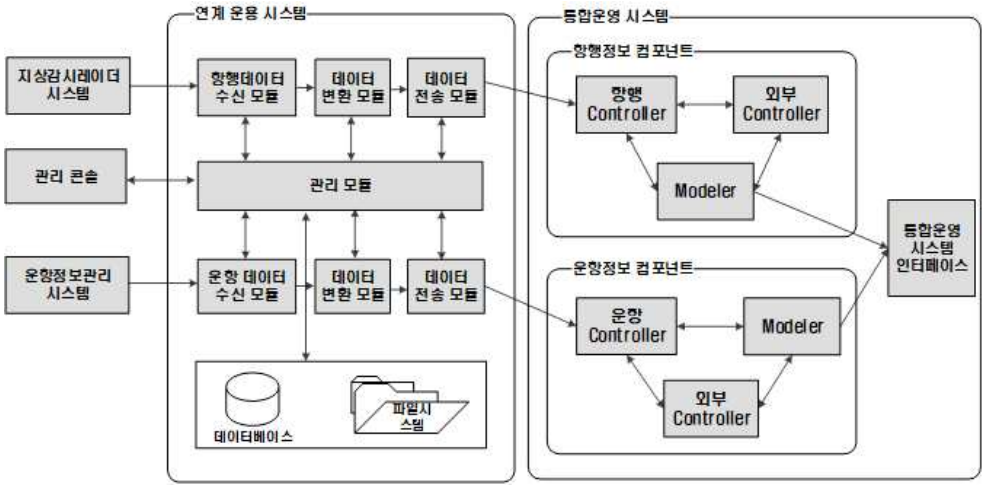
< 연계운용 소프트웨어 구조도 >

3) 전체 시스템 개념설계

① Legacy로부터 수신한 데이터를 통합운용시스템으로 전달하기까지 전 과정을 소프트웨어 Entity와 관계로 표현

② 항행시스템으로 받은 데이터는 수신모듈->데이터변환모듈->데이터전송모듈을 통해 통합운용시스템으로 전달됨

③ 항행정보 컴포넌트와 운항정보 컴포넌트는 항행/운항 컨트롤러-> 모델러 순으로 데이터를 처리하여 인터페이스로 전달



< 연계운용 소프트웨어 흐름 >

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-16]** 항행시스템 연계운용소프트웨어 기본설계보고서

② **[별책 1-17]** 운항정보관리시스템 연계운용소프트웨어 기본설계보고서

③ **[별책 1-18]** 통합운영(항행시스템 및 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 기본설계보고서

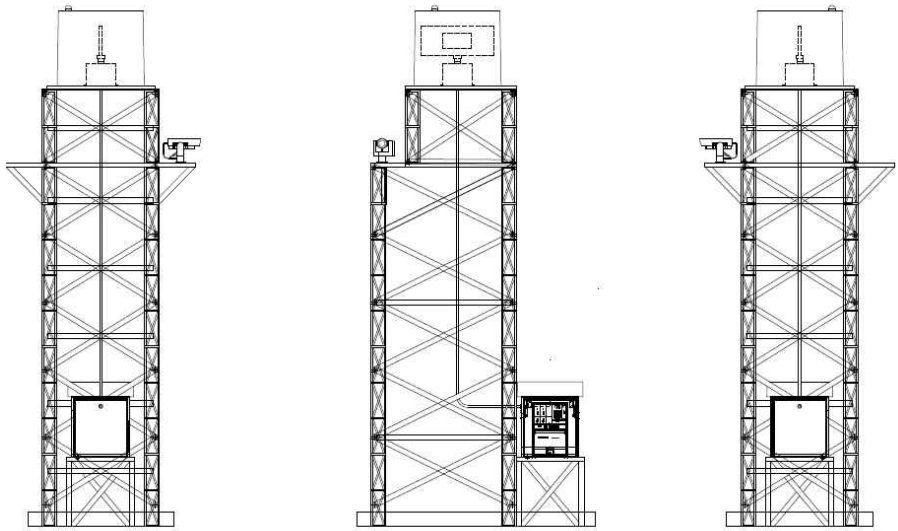
사. 고정형 이물질 자동탐지 플랫폼 및 옥외형 함체 프로토-타입 기본 설계

1) 전체 레이아웃

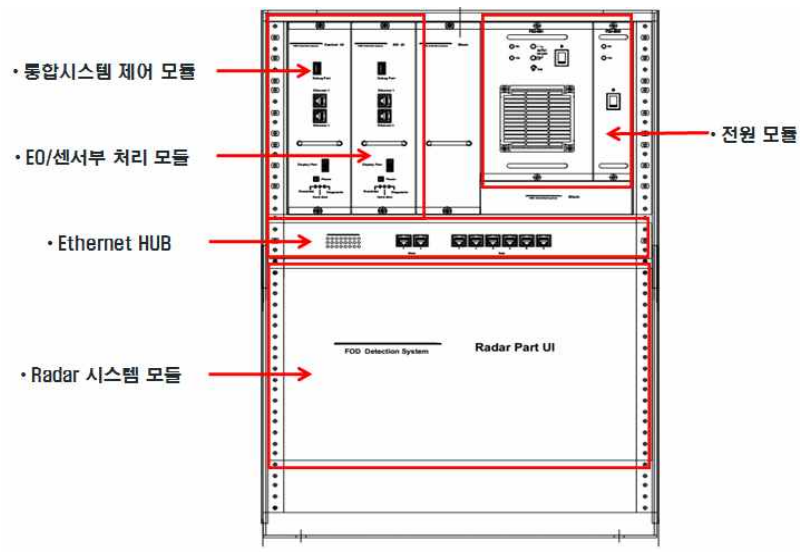
- 레이더&레이더돔, EO/IR카메라, 트러스트 타워, 시스템렉 & 케이스로 구성
- 두 개의 타워로 되어있으면 하나의 타워는 레이더 감지를 위해 높이 10m 이상으로 설치되어 있으며 다른 하나의 타워는 레이더 시스템 모듈, 통합제어 시스템 모듈, 전원공급 모듈, 스위치 허브가 있으며 사람이 나중에 측정확인 또는 고장 확인을 위해서 낮게 설치 높이는 대략 3m 이하 정도로 예상된다.
- 현재 트러스트 타워의 높이는 각공항의 활주로 의 구배조건 및 위치 조건 에 따라 높이가 달라질 수 있다.

2) 시스템렉

- 시스템 렉은 통합시스템 제어모듈, EO/IR센 서부 처리모듈, 전원공급모듈, Ethernet HUB, Radar 시스템 모듈로 구성되어 있다.
- 시스템의 대략적인 형상은 19inch 시스템 렉을 사용하고 높이가 44.4Cm ~ 50.3Cm 깊이가 45Cm 정도 예상 되어지고 있고 각 모듈의 형상에 변경에 따라 높이, 깊이, 길이가 달라질 수 있다.



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 전체 형상 >



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 렉 전체형상 >

3) 요구사항 분석 및 기본설계 고려사항

- 고정형 시스템의 경우, 활주로의 구배조건과 설치조건에 따라 달라짐
- 일반적으로 구배조건은 활주로 중심에서부터 30m 지점은 1.5%, 노견에서 150m 지점까지 2.3%임
- 항공기와 충돌이 발생하였을 경우, 항공기는 충격이 최소화 되어야 함과 동시에 고정형 트러스 구조물은 넘어지는 구조가 되어야 함
- 트러스 구조물은 90mph의 풍속에 견디는 구조설계가 이루어져야 함
- 전체 시스템에 안전적인 전원을 공급할 수 있는 전원공급 모듈이 설계되어야 함

4) 기본설계

① 활주로 중심에서 지점이 요구되는 레이더의 최소 높이는 LOS + 3.5m

② 풍속 기준 : 90mph

③ 트러스 구조물은 풍압과 풍속에 만족하는 플렌지빌리티에 대한 시뮬레이션이 선행 후 구조설계 진행 예정임

④ 2D Layout

- 레이돔과 EO 카메라는 트러스 구조물의 상단에 배치
- 시스템 렉은 트러스 구조물 옆의 보조 구조물에 배치
- 전체적인 무게와 방열방안을 고려한 설계를 진행함

⑤ 3D Layout

- 각 센서 모듈들의 이물질 탐지정보들은 DGPS 위치정보를 포함하여 광 변환 스위치 HUB를 통해 광 신호로 변환되어 통합운용 시스템으로 전송
- 제어모듈의 중앙처리부는 레이다/EO/IR 센서들의 이물질 탐지정보들을 분석하여 오경보율을 최소화하는 알고리즘 적용
- EO/IR 센서들의 이물질 탐지 결과물인 영상과 열영상 정보는 H.264 고효율 압축방식을 적용하여 전송 정보량을 최소화 함.
- 고정형 이물질 자동탐지 장치 내 각 모듈들에 대한 상태이상 정보를 제어모듈에서 입수하여 통합운용 시스템으로 전송.
- 각 모듈들은 자체 상태이상에 대한 점검을 하여 이상 상태일 경우 경보 신호를 제어모듈에 전송하고 모듈 전면 판넬에 위치한 모듈 상태를 표시하는 LED를 붉은색으로 표시함.
  (정상상태일 경우 녹색)
- 모바일 콘솔 사용자를 위해 각 고정형 이물질 자동탐지 장치들은 장치의 동작 상태와 내부 센서 모듈들의 이물질 탐지정보를 WiFi AP를 통해 무선전송.

- 고정형 이물질 자동탐지 장치 내부 모듈들 간의 인터페이스는 기가비트 이더넷을 사용함.



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 3D 렌더링 형상 >



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 렉 3D 렌더링 형상 >

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-1]** 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

② **[별책 1-2]** 고정형 플랫폼 기본설계보고서

③ **[별책 1-3]** 고정형 제어모듈 기본설계보고서

④ **[별책 1-4]** 고정형 전원공급모듈 기본설계보고서

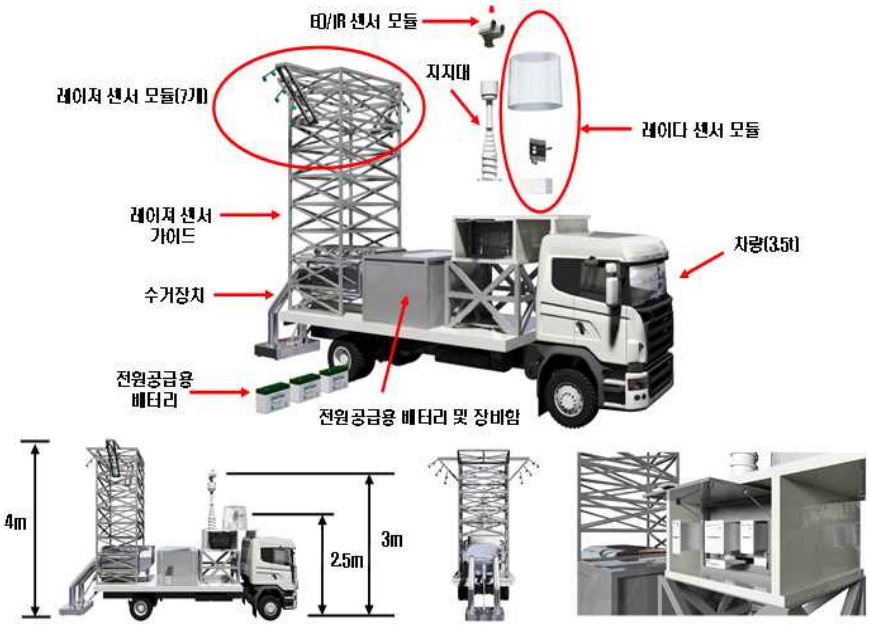
⑤ **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서

아. 이동형 이물질 탐지 플랫폼 프로토-타입 기본설계

이동형 이물질 탐지 플랫폼은 양 공항공사의 요구사항으로 3가지의 차량으로 기본설계를 진행

1) 3.5톤 이동형 자동탐지 시스템 플랫폼

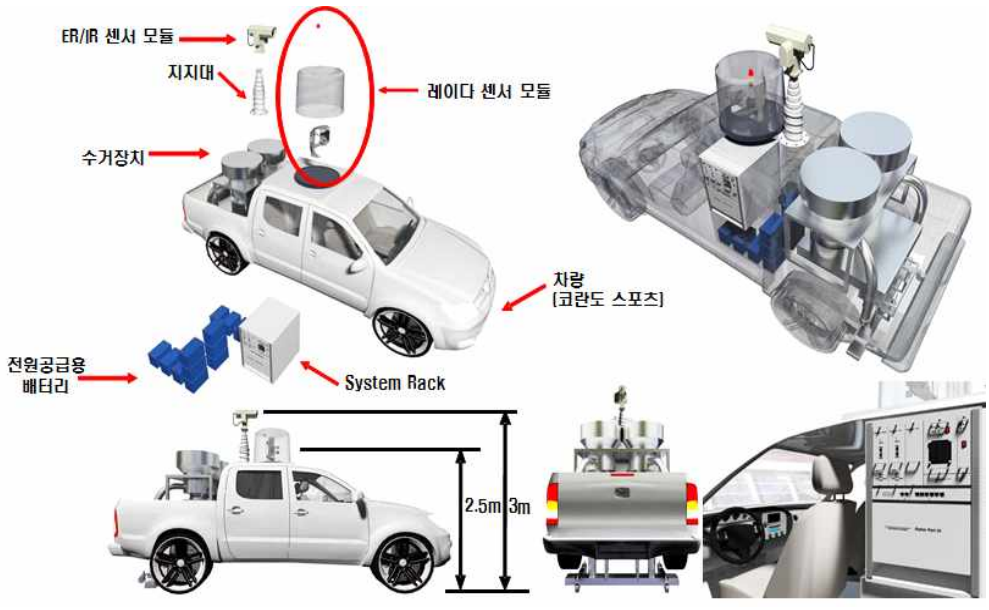
- 3.5T 기본 차량에 레이다 센서 모듈, EO/IR카메라, 시스템렉&케이스,전원공급용 배터리 및 장비함, 수거장치, 레이저 센서모듈, 레이다 센서 모듈, 트러스트, EO/IR 지지대로 구성
- 차량의 높이(대략 4m)가 너무 높아 이동 시 제약사항이 많음



< 3.5T 이동형 차량 3D 렌더링 >

2) 코란도 스포츠 이동형 자동탐지 시스템 플랫폼

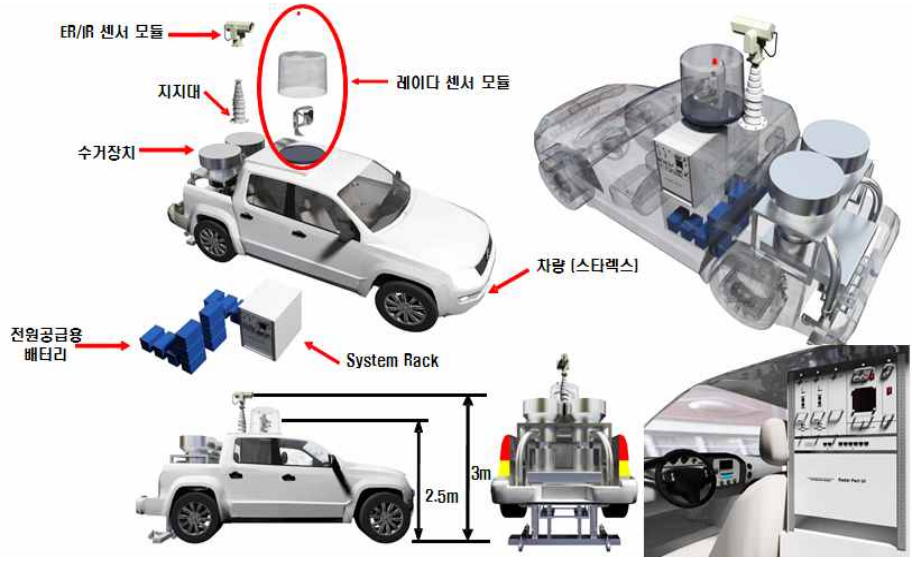
- 코란도 스포츠 차량에 레이다 센서 모듈, EO/IR카메라, 시스템렉 & 케이스, 전원공급용 배터리 및 장비함, 수거장치, EO/IR 지지대로 구성
- 양 공항공사의 요구사항으로 3.5T보다 작은 차량을 선정하였으며 작은 차량에는 레이저 모듈이 설치가 불가



< 코란도 스포츠 이동형 차량 3D 렌더링 >

3) 스타렉스 이동형 자동탐지 시스템 플랫폼

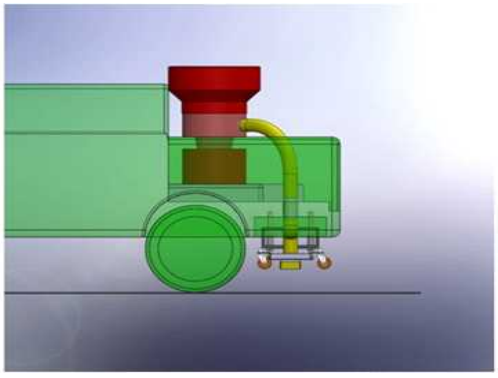
- 스타렉스 차량에 레이다 센서 모듈, EO/IR카메라, 시스템렉&케이스, 전원공급용 배터리 및 장비함, 수거장치, EO/IR 지지대로 구성
- 코란도 스포츠 적재중량은 400kg, 스타렉스의 적재 중량은 800kg 으로 적재량이 스타렉스가 유리함



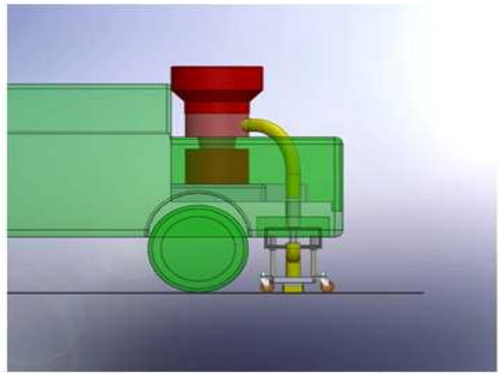
<그 스타렉스 이동형 차량 3D 렌더링 >

4) 차량 운행 시 수거 장치 작동 관련

- 차량 구조 변경으로 인해 일반 도로에서도 운행할 수 있는 구조로 개선
- 일반 도면에서는 흡입구 or 노즐 부분을 상단으로 올려 차량 운행 속도를 상승 시키며, FOD 수거 시 운전자가 흡입구 부분이 지면에 닿는 유무를 확인할 수 있도록 별도 Control을 할 수 있도록 차량 내부에 설치함



< 일반 도로 운행시(작동 전) >



< 공항 이동지역 운행시 [수거 장치 작동 후] >

5) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-5]** 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서

② **[별책 1-6]** 이동형 플랫폼 기본설계보고서

③ **[별책 1-7]** 고정형 제어모듈 기본설계보고서

④ **[별책 1-8]** 고정형 전원공급모듈 기본설계보고서

⑤ **[별책 1-22]** 민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서

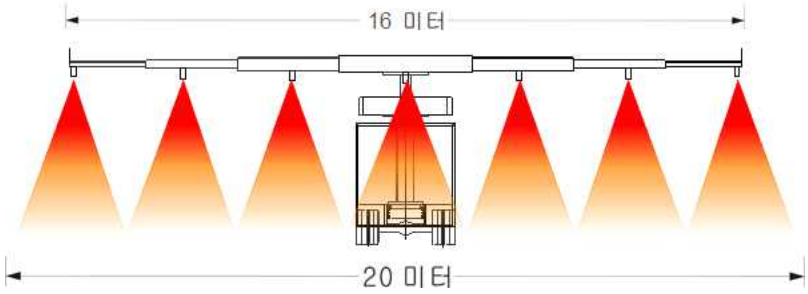
3. 레이저센서 모듈 개발타당성 검토

가. 수요/운용 환경적 개발 타당성 검토

1) 레이저 센서 적용 시 이동형 이물질 자동탐지 장치 플랫폼 설계

- 레이저 센서 주요 규격 : 최소 탐지대상물질 크기 2㎜, 레이저 스캔탐지 폭 20m 이상

2) 스캔탐지 폭 20m 만족을 위한 빔 하방주사방식 플랫폼 설계



< 빔 하방주사방식 >

- 하방주사방식의 경우 레이저 센서를 고정하는 구조물이 차량의 양 옆으로 최소 16m 이상 펼쳐져서 운용
- 고정 구조물을 접이식으로 적용하더라도 운용 시 구조물을 펼쳐서 운행할 경우 차량의 안정성을 확보하기 위해 차량이 대형화 되어야 함
  ① 구조물을 펼쳐서 운행할 경우 구조물 양끝으로 갈수록 구조물의 진동이 증가
  ② 활주로 근처 시설물 및 공군의 경우 주기된 기체 등과의 안전사고 발생의 문제가 있음

3) 제안된 스캔탐지 폭 20m 만족을 위한 빔 측방주사방식 플랫폼 설계



<그림> 빔 측방주사방식

- 운용 안전성과 진동문제를 대폭 개선시킨 플랫폼 구조
- 구조물 높이가 4m로 무게중심이 위쪽으로 이동하여 소형차량에 적용 시 안정성 문제가 있어 차량의 대형화 필요

나. 수요처 레이저 센서 적용 관련 수요적 개발 타당성 검토

1) 인천국제공항공사/한국공항공사

- 민간공항의 이물질 관리현황은 1일 4회 차량을 이용한 육안검사로 이루어지고 있어 현재 2㎜까지 이물질 관리가 이루어지고 있지 않음
- 2㎜ 정도의 이물질은 활주로 그루빙 틈 사이로 들어갈 수 있고 바람이나 관리차량 등에 의해서도 재발생할 수 있어 관리가 현실적으로 불가능
- 레이저 센서 장착 시 차량이 대형화 된다면 신속한 운용이 힘들고 안전사고 발생의 문제



< 그루빙(Grooving)에 쌓인 모래 >

2) 공군본부

- 레이저 센서 장착 시 차량이 대형화 된다면 신속한 운용이 힘들고 안전사고 발생의 문제가 있음
- 공군은 비행 전/후 수시로 FOD Walk를 통해 육안으로 이물질을 관리하고 있으며 현재 2㎜ 까지 이물질 관리가 이루어지고 있지 않음
- 2㎜ 정도의 이물질은 바람 등에 의해 계속적으로 발생할 수 있어 현실적으로 관리가 불가능할 것으로 보임
- 레이저 센서 장착으로 차량이 대형화될 경우 기동성과 주기된 기체와의 충돌 등의 안전사고 발생의 문제가 있음

다. 민간공항 운용 환경적 개발타당성 검토

1) 인천국제공항/김포공항/김해공항/제주공항 항공기 이착륙 시간에 따른 운용환경

- 국내 비행편수가 가장 많은 4개 공항의 경우 평균 항공기 이착륙 시간이 4분 간격이며 제주공항의 경우 가장 항공기 이착륙이 잦은 시간대에는 1분 50초 간격으로 활주로가 이용되고 있음
- 60㎞/h의 속도로 운용되는 이동형 이물질 자동탐지 장치로 4㎞의 활주로를 1회 운행하는 시간은 약 4분정도이며 국내 비행편수가 가장 많은 4개 공항의 평균 항공기 이착륙 시간을 고려할 때 폭 60m의 활주로를 한 번에 탐색할 수 있어야 함
- 레이저 센서 적용 시 스캔탐지 폭은 20m로 폭 60m 활주로를 3회 반복 운행하여야 전체 활주로를 탐색할 수 있어 운용환경에 적합하지 않음
- 레이저 센서는 전방을 탐색하는 레이다, EO센서와는 달리 하방과 측방을 탐색하게 되어 이물질이 발견되어도 차량은 이미 이물질을 지나쳐서 운행 중이므로 수거를 위해 다시 돌아와야 하는 문제가 있음

2) 계류장 운용환경

- 항공기 이동지역에는 활주로 뿐만 아니라 유도로 계류장 등을 포함하고 있으며 탑승교, 항공기, 공항 운용 인력 등으로 가장 번잡한 운용환경을 가지고 있는 계류장에서의 신속한 운용과 안전사고 예방을 위해 이동형 이물질 자동탐지 장치 플랫폼은 소형화 되어야 함

라. 결론

1) 수요/운용 환경적 개발타당성 검토에서 수요처(인천국제공항공사/한국공항공사/공군)의 레이저 센서에 대한 필요성이 낮으며 현실적 운용환경에 적합하지 않아 레이저 센서 적용 시 제품화/사업화에 어려움이 있을 것으로 판단됨

2) RFP 상에 명시된 레이저 센서에 대해 1차년도 개발타당성 및 수요 등을 검토하여 개발에 포함할지 여부를 결정’ 할 수 있는 본 과제의 취지에 맞추어 레이저 센서는 제외하는 것이 바람직함

마. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-24]** 기타 성과 보고서

4. 국내외 인증방안 연구

1) 국내/FAA 인증환경 분석

가. 국내 성능적합증명 인증사례 분석

구분	국내 항행안전시설 성능적합증명
근거법규	항공법(임의규정)
목적	개발된 항행안전시설 성능에 대한 정부 공인(증명서 발급)으로 국내외 공신력 제고
항공당국정책	개발된 항행안전시설 성능을 국가가 보장함에 따라 안전성/신뢰성이 공인되어 안전관리 강화, 취득자에 대한 설치실적인정으로 산업발전 지원 및 활성화 도모
제작사 혜택	국외 수출시 공신력 증명, 국내설치 시 이점 부여로 내수시장 활성화
검사대상	개발 완료된 항행안전시설(DME/항공관제시스템/ADS-B)
검사기관	항공당국 지정 전문검사기관 (항공우주연구원/인하공업전문대학)
검사 기준/절차	항공법에서 정한(고시된) 기술기준/전문검사기관에서 정한 절차
검사 시기/ 실적	신청시 /3건
향후 전망	항공당국에서 임의규정을 강제규정으로 전환하는 등 법령개정을 추진 중 이어서 향후 제도 활성화 예상

나. 이물질 자동탐지 시스템 FAA 권고회람 제정을 위한 성능검사 사례 분석

① 레이다, 광학, 레이다/광학 복합, 이동형(레이다) 4개 기술 제품군대상

② FAA권고회람 제정을 위한 성능검사대상은 개발 완료된 장비를 대상으로 하였음

③ FAA 이물질 자동탐지 시스템 성능검사는 권고회람(AC) 제정을 위해 한시적으로 시행되었음

제조사	제품명	시험장소	종 류	시험/ 후원기관	시험기간	최종보고서
Xsight Systems (이스라엘)	X-Sight	보스턴 로간 국제공항	Hybrid Radar (76-77GHz), Electro-Optical	·주1	'08년06- ' 09년05	DOT/FAA/TC-12/22
QinetiQ Ltd. (영국)	Tarsier	Province T.F. Green 국제공항	Radar (94GHz)	·주1	'07년06- ' 08년03	DOT/FAA/AR-10/33
Trex Enterprises (미국)	FOD Finder	-시카고 오헤어 국제공항 -호놀룰루 국제공항 -캘리포니아 맥켈란 팔로마 공항	Mobile Radar (78-81GHz)	·주1	'09년07- ' 10년09	DOT/FAA/AR-11/12
Stratech (싱가포르)	iFerret	시카고 오헤어 국제공항	Electro-Optical	·주1	'09년06- ' 10년10	DOT/FAA/AR-11/13

·주1 : 시험 및 후원 기관

- 일리노이 주립대 공항기술 전문연구센타 (University of Illinois Center of Excellence for Airport Technology(CEAT))
- 미연방 항공청 공항 및 항공기 안전연구 및 개발센타 (FAA Airport and Aircraft Safety Research and Development Group)
- 미국 운수부 내 미연방 항공청 공항 안전 및 표준국 (U.S. Department of Transportation FAA of Airport safety & Standard)

다. 국내 인증 및 FAA Performance Assessment 추진방안

1) 국내 인증방안

① 현재 국내 인증 환경(근거 법규 입법, 기술기준 마련 및 전문검사기관 지정)이 미비되어 있으므로 제3차년도에 당시 인증환경을 재판단하여 추진이 가능할 경우 지정된 전문검사기관과 협조하여 상세 인증방안 마련

② 추진 시기는 기존 인증사례가 개발 완료된 장비를 대상으로 하고 있는 점 등을 고려하여

장비의 완성도가 인증을 추진할 수 있는 수준에 도달하는 제5차년도에 추진

※추진이 불가능할 경우 CEAT 성능검사로 대체

2) FAA Performance Assessment 추진방안

① 이물질 자동탐지 시스템에 대한 FAA Performance Assessment 인증제도는 존재하지 않음

② 이물질 자동탐지 시스템에 대한 성능시험을 진행한 경험이 있는 공신력을 가진 유일한 기관인 일리노이주립대 공항기술 전문연구센터(CEAT)에의뢰하여 성능검사를 진행

③ 제3차년도에 상세 성능시험 계획을 수립하여 제5차년도에 추진

라. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-23]** 국내외 인증 획득방안 연구보고서

5. 마케팅 전략 수립

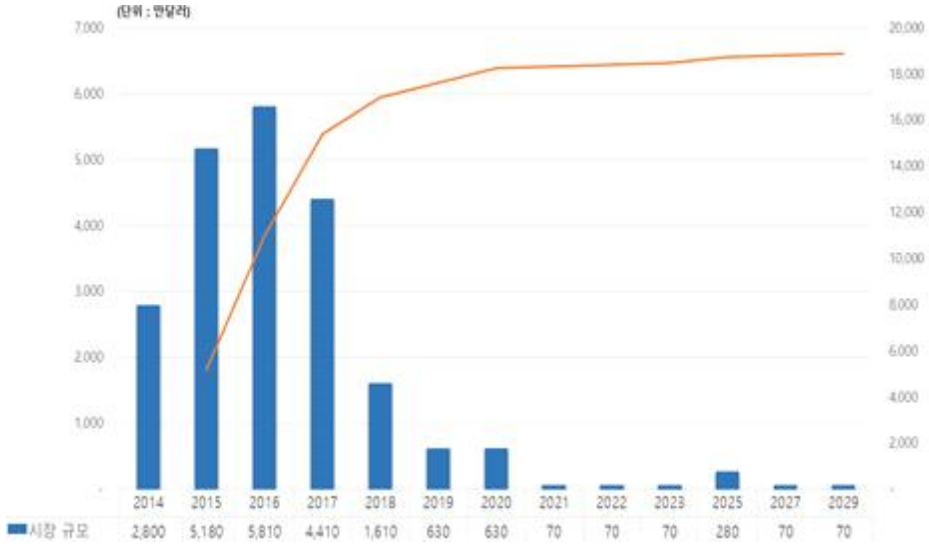
가. 시장환경 분석

① 신공항 건설 및 활주로 건축계획의 수를 살펴보면, 중국이 56개로 가장 많은 신공항 및 활주로 건설 계획을 가지고 있는 것으로 판단되었으며, 이는 중국 내의 수요확대가 주요원인으로 판단됨

② 다음으로 인도가 36건, 인도네시아가 21건, 러시아 19건, 브라질 17건 순으로 나타남

③ 상위 신공항 및 활주로 건설 국가로는 주로 아시아·태평양 지역이 차지하고 있음

④ 신공항 건설 및 활주로 건축계획에 따른 FOD 자동탐지 시스템 시장은 아직 시장 성숙이 이루어지고 있는 단계로 향후 5년간 약 13,000만 달러가 증가하는 높은 시장 성장률이 예상됨



< 활주로 건축 계획에 따른 FOD 자동탐지 시스템 전망 >

나. 사업화 추진 전략

1) 기술안정화/시장확대/사업다각화 3단계로 구분

① 기술 안정화 단계(~2019)

- 이물질자동탐지 시스템 상용화에 필요한 요소기술 및 시제품 개발 완료, 신뢰성 시험 및 현장운용시험을 통한 장치기능 최적화/보완
- 국내 항공시설의 수요 니즈를 기준으로 시스템을 개발, Performance Assessment를 통한 수요처 신뢰성 확보

② 시장 확대 단계(2020~2022)

- 개발된 이물질 자동탐지 시스템으로 국내 시장 진입
- 국내 공항 이물질 자동탐지 시스템 설치이력과 운영경험 축적을 통해 해외시장 신뢰성 확보
- 해외 영업망 구축을 통한 해외 시장 진입 및 확장

③ 사업 다각화 단계(2023~)

- 보유 기술을 활용한 감시/정찰분야 핵심제품 연구개발 진행
- 정밀 자동탐지 시스템을 이용한 민수/방산용 감시 시스템 시장 진출



< 사업화 추진전략 수립 >

1) 해외 시장 진입 계획

① 상용화된 제품은 수요처이자 공동연구기관인 한국공항공사, 인천국제공항공사 및 공군에 제품 설명회 및 시연을 통해 우선적으로 국내 수요를 충족시키고 국내 설치/운용 실적과 경험을 축적

② 주관기관의 해외 마케팅 인프라를 활용한 중국, 일본, 인도네시아 등 동남아시아 시장에 우선 진출 후 아시아전역, 남미, 유럽 북미 등으로 시장 확대

③ 이물질 자동탐지 시스템 기술의 선도국가는 국제공동연구기관인 PLEXTEK과 협력하여 시장개척



< 주관 및 공동연구기관 영업활동 국가 현황 >

라. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 1-24]** 기타 성과 보고서

6. 1차년도 연구개발 추진체계



7. 1차년도 연구개발 추진일정

연구기관	연구개발내용	1차년도									
		1	2	3	4	5	6				
웨이브텍	고정형/이동형 이물질 자동탐지 장치 요구사항 조사	■	■	■	■						
	고정형/이동형 이물질 자동탐지 장치 인터페이스 설계			■	■	■					
	고정형/이동형 이물질 자동탐지 장치 기본설계				■	■	■				
	개발타당성 분석				■	■	■				
	마케팅 전략 수립					■	■				
PIEXTEK SERVICE LIMITED	요구사항 분석	■	■	■	■	■	■				
	전체 시스템 분석	■	■	■	■	■	■				
	레이다 실험 및 자료수집	■	■	■	■						
	추정 알고리즘 분석	■	■	■							
	레이다 시스템 하드웨어 기본설계	■	■	■	■	■					
엔티엔테크놀로지	요구사항분석	■	■	■	■						
	센서 모듈 규격도출				■	■	■				
	센서 모듈 기본설계		■	■	■						
	인터페이스 설계				■	■	■				
	탐지알고리즘설계				■	■	■				
유넷 컨버전스	요구사항 수집 및 분석	■	■	■	■						
	하드웨어 사양설계				■	■	■				
	기능정의		■	■	■						
	데이터베이스 구조설계				■	■	■				
	Protocol 설계				■	■	■				
	소프트웨어 구조설계				■	■	■				
	운용시나리오 설계					■	■				
	개발 산출물 작성 및 취합					■	■				

연구기관	연구개발내용	1차년도									
		1	2	3	4	5	6				
한국원자력연구원	요구사항 조사	■	■								
	인터페이스 설계		■	■							
	하드웨어 기본 설계				■	■					
	특허 출원				■	■					
	소프트웨어 기본 설계				■	■					
	알고리즘 기본 설계					■	■				
	개발 타당성 및 수요조사				■	■	■				
한국공항공사	항행시스템 연계 운영소프트웨어 요구사항 분석		■	■							
	운항정보관리시스템 연계 운영 소프트웨어 요구사항 분석		■	■							
	통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 요구사항 분석		■	■							
	항행시스템 연계 운영소프트웨어 기본 설계				■	■	■				
	운항정보관리시스템 연계 운영 소프트웨어 기본 설계				■	■	■				
	통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 기본 설계				■	■	■				
인천국제공항공사	요소별 기본설계 분석 및 지원	■	■	■	■						
	체계통합 기본설계 분석 및 지원				■	■	■				
한서대학교	FOD 자동탐지시스템 자료조사	■	■	■	■	■	■				
	FOD 자동탐지시스템 민간 요구사항 조사			■	■	■					
	FOD 자동탐지시스템 군 요구사항 조사				■	■	■				
조선대학교	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 요구사항 분석	■									
	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 요구규격 도출		■								
	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 인터페이스 사양 설계			■							
	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 기본 설계				■	■	■				
항공우주정책연구원	FAA 인증을 포함한 국내외 인증 관련 방안 수립	■	■	■	■	■	■				

○ 2년차 연구수행 목표 : 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 상세설계 및 시제 제작

- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 상세설계 및 시제 **1대** 제작
- 공인전문기관 성능시험 계획 및 방안 수립
- 2차년도 TTA 개발프로세스 검증

○ 2년차 연구수행 내용

1. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계 및 제작

가. 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 프로토-타입 상세설계 및 제작

1) 레이다 안테나 상세설계 및 제작

가) 개요

① 레이다 센서 모듈에 장착되는 안테나는 송신 리플렉터, 송신 피드 혼, 수신 리플렉터, 수신 피드 혼으로 구성

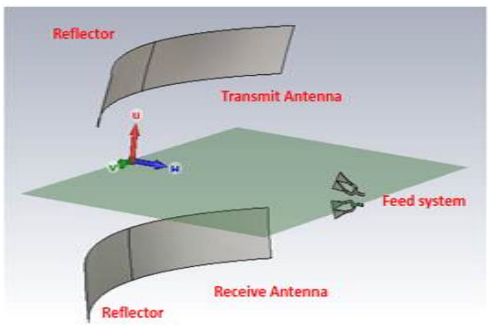
- 리플렉터 : 반사 및 반사 정보 수신을 위한 송신용 리플렉터와 수신용 리플렉터로 구성
- 피드 혼 : 피드는 H-면 섹터형 혼 안테나와 WR12-Type의 T-junction 2-way로 구성

② 개발목표

- 주파수 범위 : 78~81GHz
- 방위각 : 0.5도 이하 (고정형 안테나), 1.5도 이하 (이동형 안테나)
- 고각 : 3도 이하 (고정형 안테나), 6도 이하 (이동형 안테나)
- 이득 : 45dBi 이상 (고정형 안테나), 37dBi 이상 (이동형 안테나)

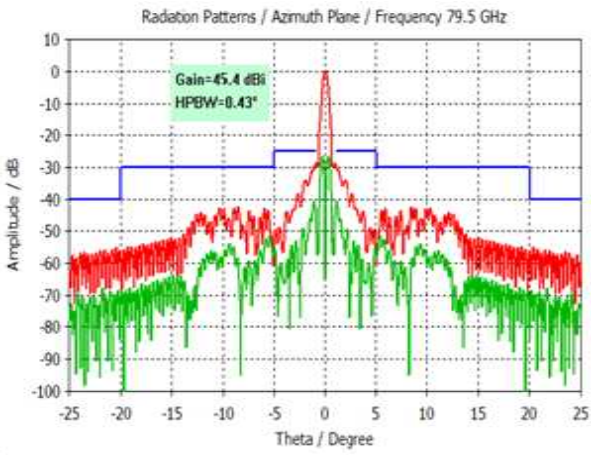
나) 안테나 시뮬레이션

① 시뮬레이션을 위해 안테나 모델링 추진

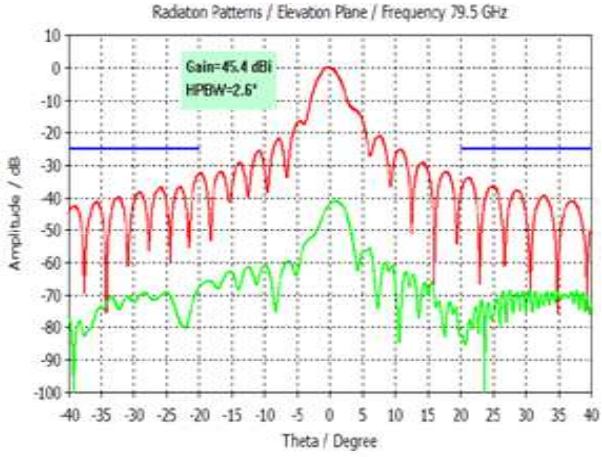


< 레이다 센서 모듈 안테나 모델링 >

② 고정형 안테나 시뮬레이션 결과

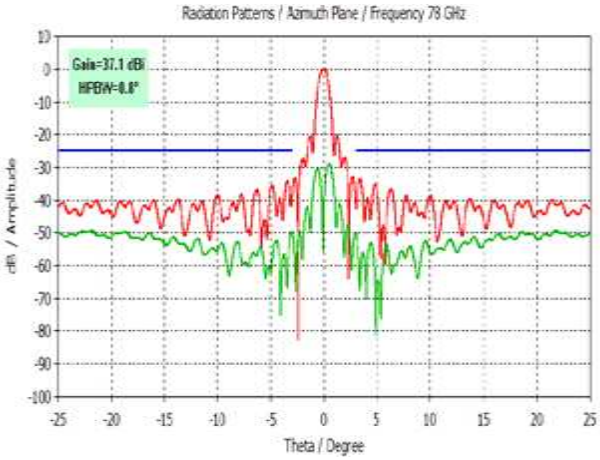


< 방위각 결과 >

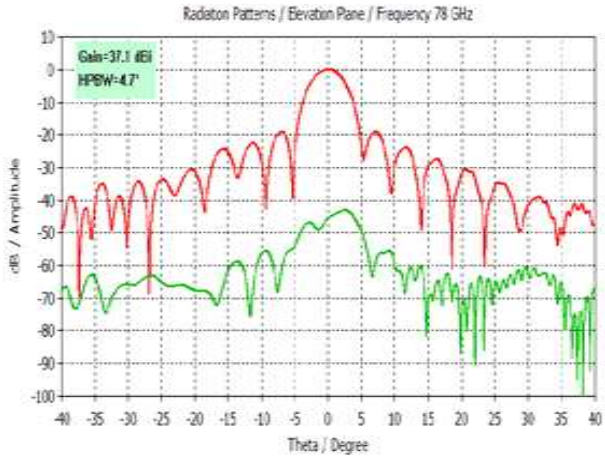


< 고각 결과 >

③ 이동형 안테나 시뮬레이션 결과

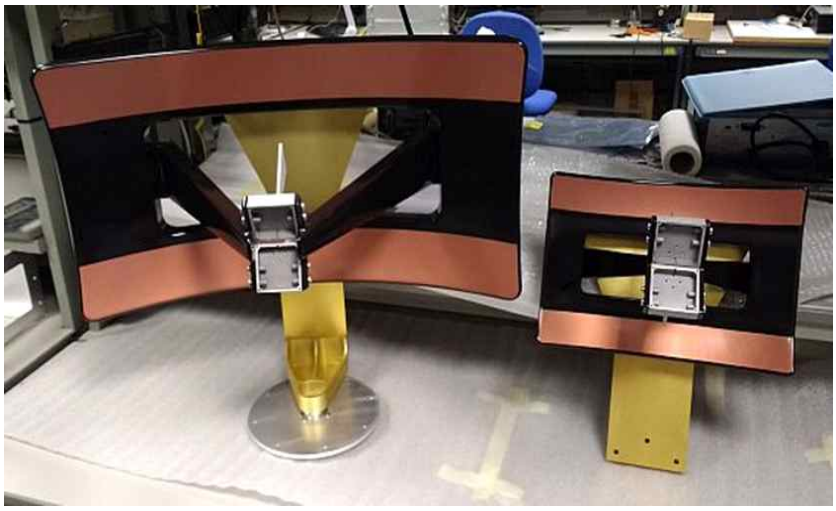


< 방위각 결과 >



< 고각 결과 >

다) 제작된 프로토-타입 안테나



< 제작된 프로토-타입 안테나 사진 >

2) 레이다 센서 모듈 상세설계 및 제작

가) 개요

① 레이돔, 레이다 스캐닝 유닛, 레이다 센서 프로세서로 구성

② 레이다를 통해 탐지된 이물질 정보를 레이다 센서 프로세서를 통해 분석 및 탐지정보를 전달

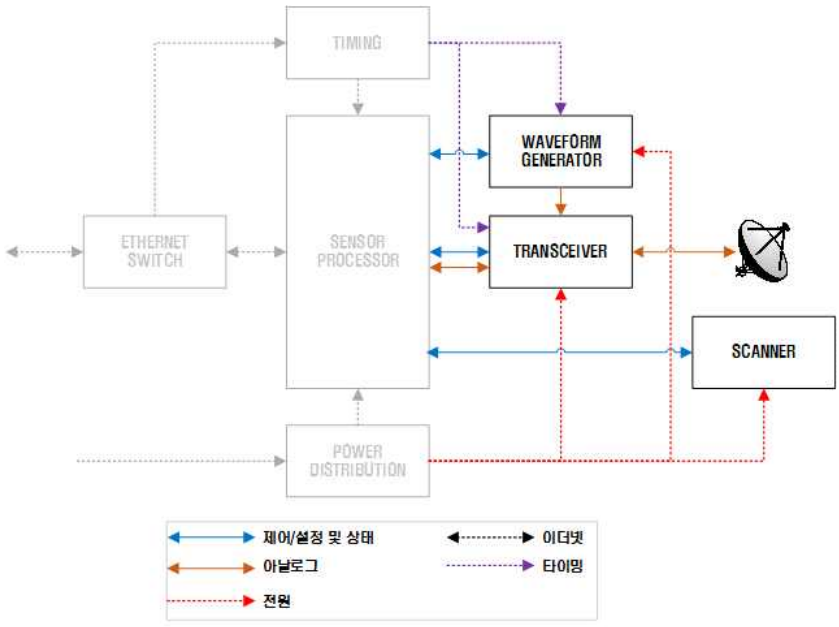
③ 개발목표

항목	최종 개발목표		2차년도 개발목표	
	고정형	이동형	고정형	이동형
출력 주파수	78~81GHz		78~81GHz	
출력 전력	100mW	10mW	1mW	
FOV	180°	70°	0.5° 이하	1.5° 이하
RCS	-30dBsm		-10dBsm	
탐지거리	400m	100m	100m	
탐지 확률	95%		75%	
탐지 시간	1분 이내	실시간(2초이내)	Off Line	
Range Bin Size	7.5cm		7.5cm	
이동 속도	N/A	60km/h	N/A	

나) 레이다 센서 모듈 상세설계

① 레이다 스캐닝 유닛

- 리플렉터 : 이중 구조의 파라볼라 안테나의 구조가 되어있으며 탄소 섬유의 재질로 제작
- 피드 혼 : 안테나의 레이다 펄스를 집중하여 리플렉터로 전송하는 장치로 안테나의 좁은 고도빔 너비와 넓은 방위각의 빔 너비를 가지는 부채꼴의 혼 안테나를 사용
- 로테이터 : 안테나의 방위각을 이동시키는 역할로서 모터로 구동하는 장치를 사용. 정확한 각도 위치 파악을 제공하기 위해 모터 유닛 내에 각도 당 최소한 10개의 펄스를 발생시키는 펄스 출력을 가지는 광학 축 인코더가 사용되며, 이 출력은 스윕(sweep)의 일정 속도 구간 내에서 내삽 되어 보다 조절된 각도 해상도를 산출할 수 있음
- 절대적인 지향 각도를 정의하기 위해 트랜스듀서(transducer)를 사용
- 서보 루프(servo loop)는 마이크로컨트롤러를 통해 닫힘
- 안테나에 과부하가 가해지고 조정 메카니즘이 손상되는 것을 방지하기 위해 기계적인 종단 정지부 및 모터 구동을 정지시키는 제한 스위치를 포함
- 트랜시버 : 송수신기 모듈은 밀리미터 파 전송기, 수신기 및 파형 생성기를 포함. 파형 생성기는 마이크로웨이브 주파수에서 주파수 변조된 신호를 생성한다.



< 레이다 스캐닝 유닛 구성 >

② 레이다 센서 프로세서

- 레이다 센서 모듈을 제어하고 레이다 센서 모듈로부터 수신된 데이터를 처리
  - · PSU : 프로세서에 필요한 전원공급을 위한 DC/DC 컨버터
  - · ADC : 트랜시버로부터 수신된 레이다 펄스 파형을 샘플링
  - · SoM : 상용 Xilinx Zynq 기반 프로세서

③ 타이밍&이더넷 스위치(Timing and Ethernet Switch)

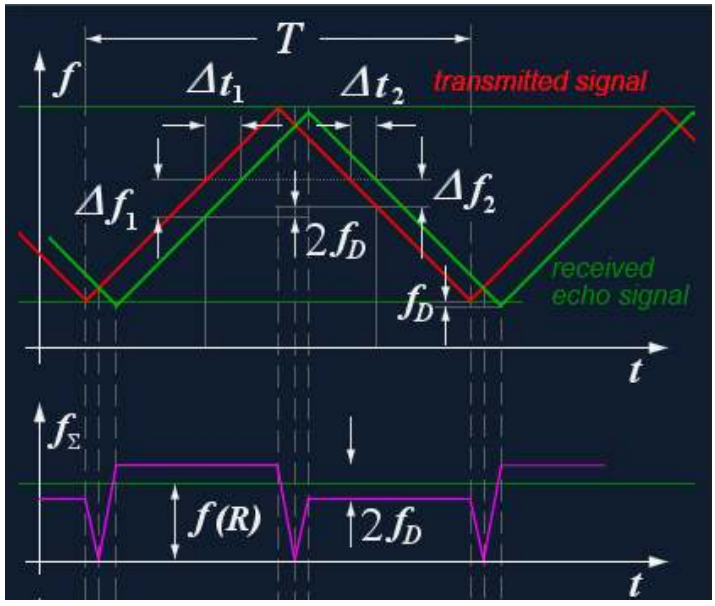
- 레이다 센서 노드 간의 타이밍과 주파수 제어하고 레이다 펄스의 정확한 동기화 수행

④ Power Distribution

- 레이다 센서 모듈 내 구성요소에 분배 및 간섭 최소화

다) 신호처리 알고리즘 개요

레이더는 목표물의 범위와 속도를 제공하기 위하여 도플러 처리된 FMCW(주파수 변조된 연속파형) 파형을 사용한다. 아래의 그래프의 빨간색 선은 송신신호를 의미한다.



< FMCW Radar Signal >

① T 주파수는 T/2초 동안 부드럽게 상승한 후, 다음T/2초 동안 부드럽게 원래의 값으로 떨어진다. 이것이 바로 “펄스” 이다. 일반적으로 레이더는 초당 4000개의 펄스를 전송

② 만약 신호가 목표물에 도달하면 약간의 지연이 발생한 후에 레이더에 반사되어 수신된다. 이것은 위 그림의 초록선을 의미

③ 지연은 Δt 공식 $\Delta t = \frac{2R}{c}$ 에 의해 빛의 속도가 3 x 108m/s일 때 레이더로부터 목표물의 거리 R과 관련 있으며 2R인 이유는 신호가 거리 R을 왔다갔다 총 2번 하기 때문

라) 목표물의 속도 계산

① 만약 목표물이 움직이고 있다면 반사된 신호의 주파수 f는 도플러효과에 의해 변한다.

- v가 목표물의 속도(레이더 쪽으로 향한다면 +부호)이고 f_0가 송신주파수일 때 $\Delta f_D = \frac{v}{c} f_0$

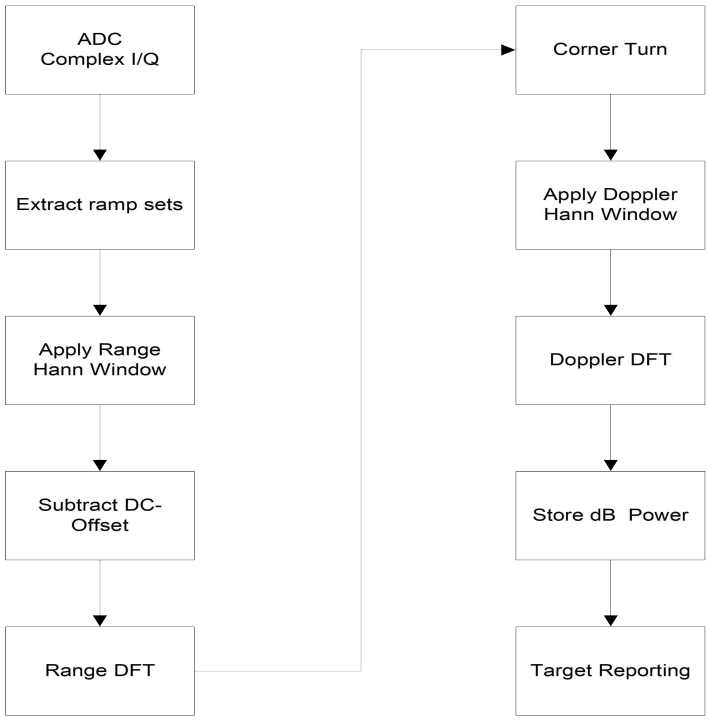
② 목표물이 레이더로부터 멀어지고 있다면 수신 신호의 주파수는 도플러효과에 의해 감소한다.

이는 도플러가 없는 초록선을 하강 기울기에서 $\Delta f_2 = \Delta f(R) + \Delta f_D$ 으로 낮추고 기울기가 올라갈 때 $\Delta f_1 = \Delta f(R) + \Delta f_D$로 증가하는 효과가 있다. 이것은 그래프 아래의 보라색 선의 다양한 레벨에서 확인할 수 있다.

③$\Delta f(R)$와 Δf_D는 다음과 같이 주어진다.

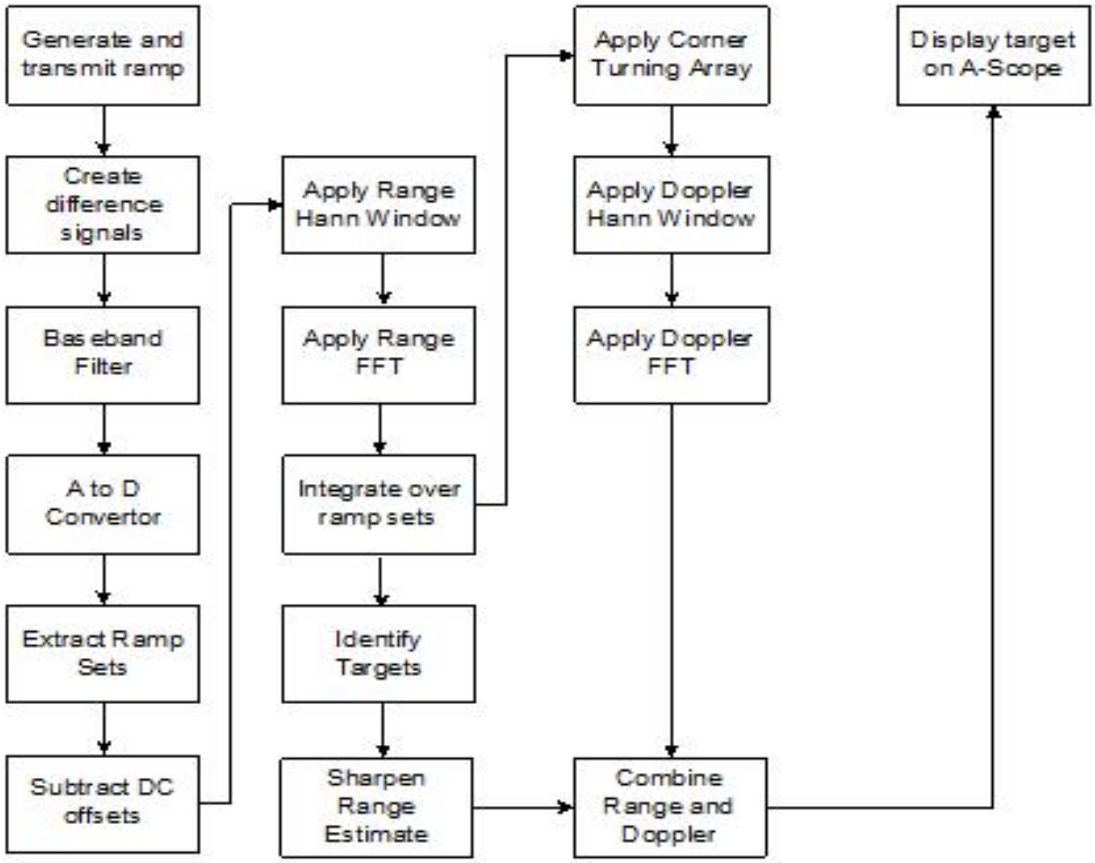
$$\Delta f(R) = \frac{1}{2}(\Delta f_1 + \Delta f_2)$$

$$\Delta f_D = \frac{1}{2}(\Delta f_1 - \Delta f_2)$$



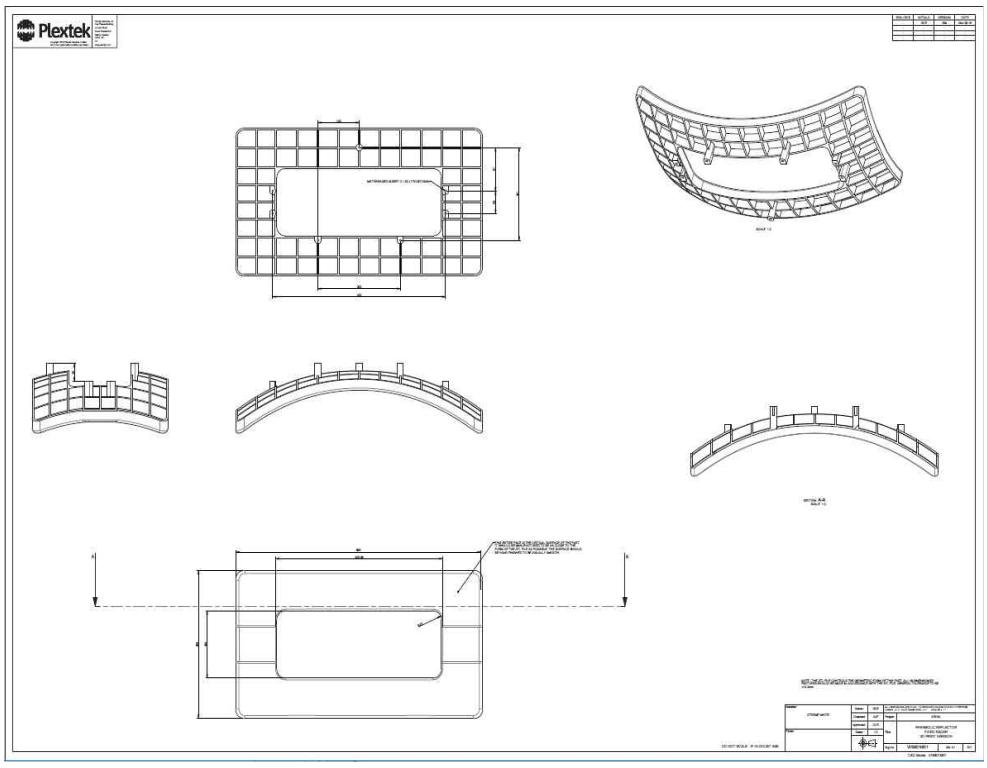
< FMCW 레이다 신호처리 과정 >

마) 신호처리 기능

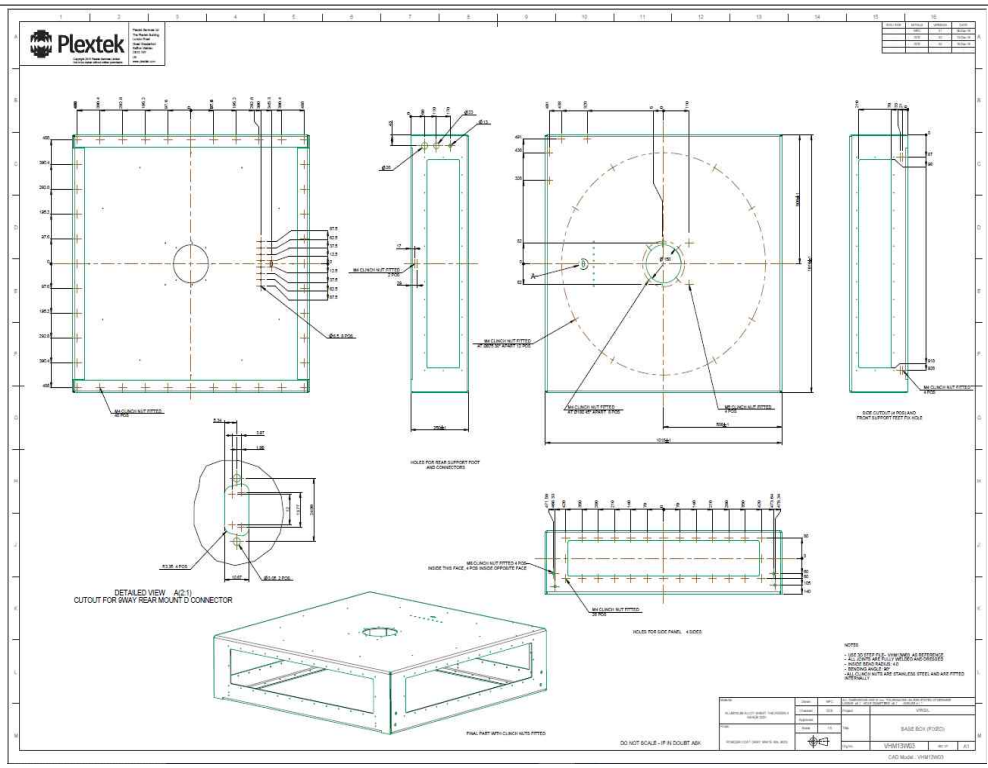


< 레이다 신호처리 흐름도 >

바) 프로토-타입 레이다 센서 모듈 형상



< 안테나 도면 >



<스캐닝 유닛 하우징 도면 >

사) 제작된 레이다 센서 모듈



< 고정형 레이다 센서 모듈 >



< 이동형 레이다 센서 모듈 >

라) 단위시험

① -10dBsm을 초과한 골프공, 돌, 볼트와 같은 -28.5dBsm 수준을 만족

② 탐지확률 100%를 만족



<골프공>



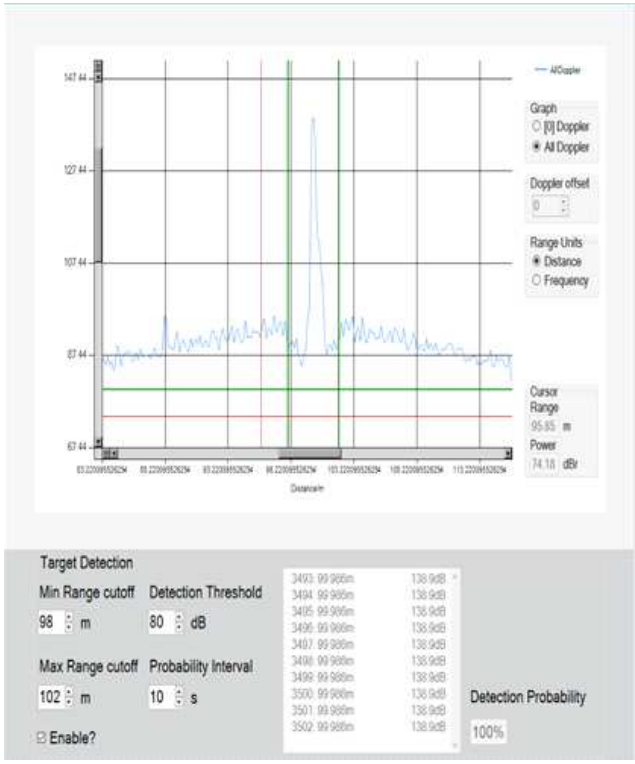
<나사>



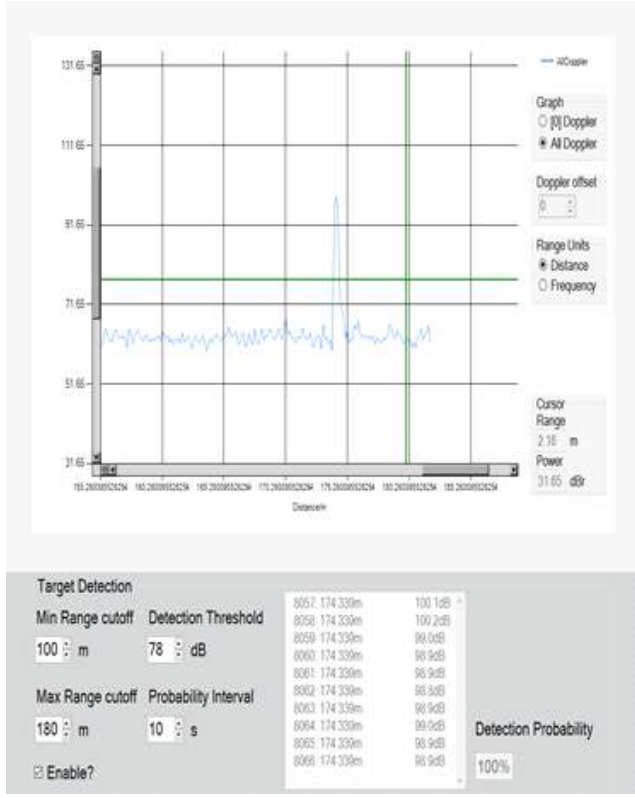
<돌조각>



<케이블타이>



< 100m 지점에서 측정결과 및 탐지확률 >



< 174m 지점에서 측정한 결과 및 탐지확률 >

아) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계보고서

② **[별책 2-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 단위시험 결과보고서

③ **[별책 2-6]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요소별 상세설계분석 및 지원보고서

④ **[별책 2-7]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 세작 지원보고서

⑤ **[별책 2-9]** 고정형 레이다 센서 모듈 안테나 상세설계보고서

⑥ **[별책 2-10]** 이동형 레이다 센서 모듈 안테나 상세설계보고서

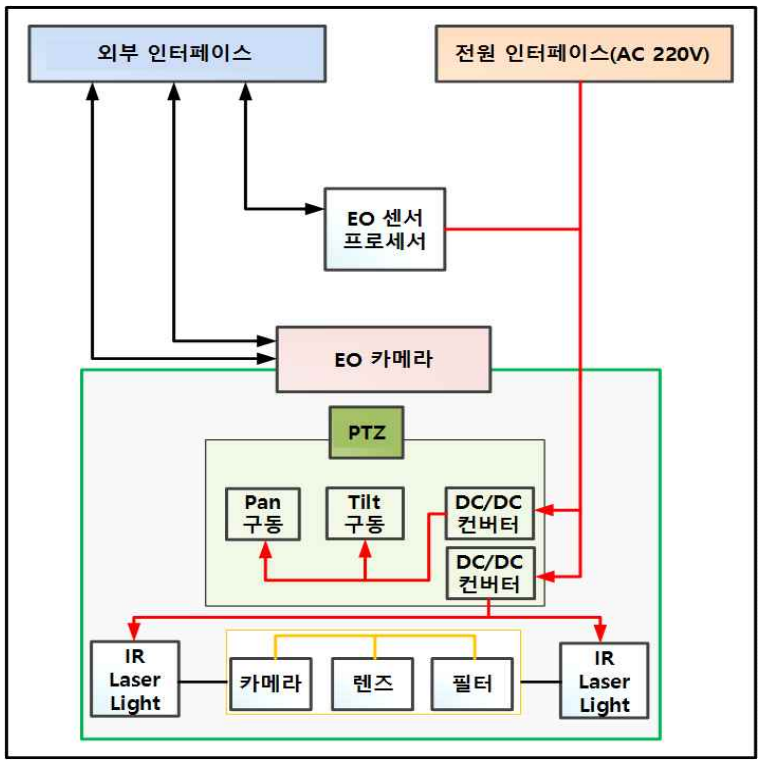
나. 고정형/이동형 EO 센서 모듈 프로토-타입 상세설계 및 제작

1) 고정형 EO 센서 모듈

가) 구성

① EO 센서와 ESP(EO 센서 프로세서)로 구성되며, 야간에서도 확인할 수 있도록 IR Laser Light를 장착함

② 400m에서 2cm X 2cm 크기의 FOD를 탐지하기 위해 1,500mm 렌즈를 탑재하고 860mm BPF를 적용



< 고정형 EO 센서 모듈 구성 >

나) 탐지거리 및 탐지각도 분석

① 200만화소 카메라 적용 : 1920pixel(수평) x 1080pixel(수직)

② 최대 감시거리 조건 : 400m

③ Lens 각도(수평) = tanΘ = sin-1높이/밑변 길이 = sin-1 1920/400,000 = 0.275°

④ PAN 좌표값이 0~095FFFFF(157,286,399)까지 157,286,400의 스텝수를 가지며 1스텝 당 0.000002288° 의 수평 분해능이 나오도록 설계.

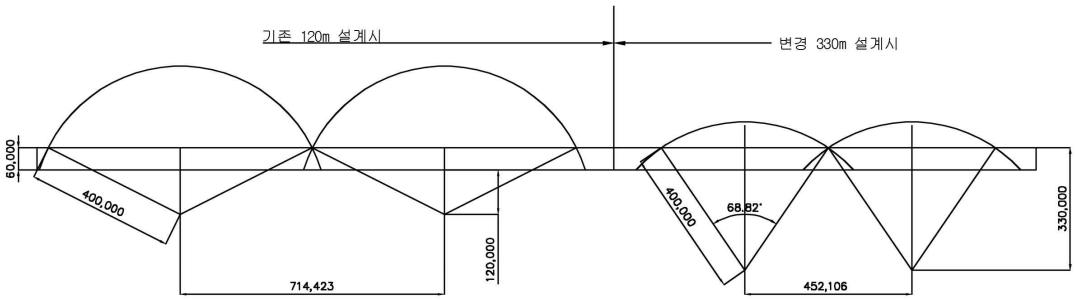
⑤ TILT 좌표값이 0 ~ 13675969 까지 13675970개의 스텝수를 가지며 1스텝 당 0.0000019° 의 수직 분해능이 나오도록 설계

⑥ 1500mm 렌즈로 20mm x 20mm 의 FOD 검지 가능한 감시 각도

⑦ Zoom렌즈는 30배율을 가지며 Zoom 스텝모터의 스텝수는 0 ~ 79,295까지 79,296개의 스텝수로 설계되어 30 / 79,296 = 0.0003783X 배율로 미세한 배율조정이 가능하게 설계

⑧ 활주로와 고정형 플랫폼까지의 거리가 120m에 위치 시 플랫폼과 플랫폼 사이의 거리가 714m 정도로 활주로 길이가 약 3.5km 일 때 약 5개소의 플랫폼이 필요

⑨ 활주로 폭 포함 고정형 플랫폼까지의 거리가 330m네 위치 시 플랫폼과 플랫폼 사이의 거리가 452m 정도로 활주로 길이가 약 3.5km 일 때 약 8개소의 플랫폼이 필요



< 고정형 플랫폼 이격거리 비교 >

다) 설계기준

① 가로 800mm X 세로 867.5mm X 폭 1060mm 로 설계

② 옥외 설치 기준인 IP-66 등급 기준 설계

③ 카메라, 렌즈, 필터 등을 수용할 수 있는 최소의 높이로 설계

④ 바람 등의 외부 요인에 의한 흔들림을 최소화하기 위한 기어 백래쉬 0.07° 설계

라) 설계

카메라

① 200만화소(1920x1080) 모듈을 사용하며 IRIS 동작은 수동 모드로 작동되는 카메라로 설계

② 400m에서 20mm X 20mm를 판단하기 위해 Full HD 60 Frame 지원

③ 라이브 영상을 전송하기 위해 Net Module이 탑재된 카메라로 설계

1500mm 렌즈

① 400m 에서 20mm X 20mm 크기의 FOD를 탐지하기 위해 충분한 화각 설계

② 400m 부근에서 포커스 제어를 원활하게 하기 위한 충분한 포커스 유격 설계

③ 1000mm 렌즈에서 1500mm 렌즈로 설계 변경

④ 줌/포커스 정밀 제어를 위한 렌즈 줌/포커스 구동부 재설계

필터

① 야간에도 FOD를 탐지하기 위한 860nm 파장대 투과 필터 설계

② 필터 절환을 위한 메카니즘 설계

IR Laser Light

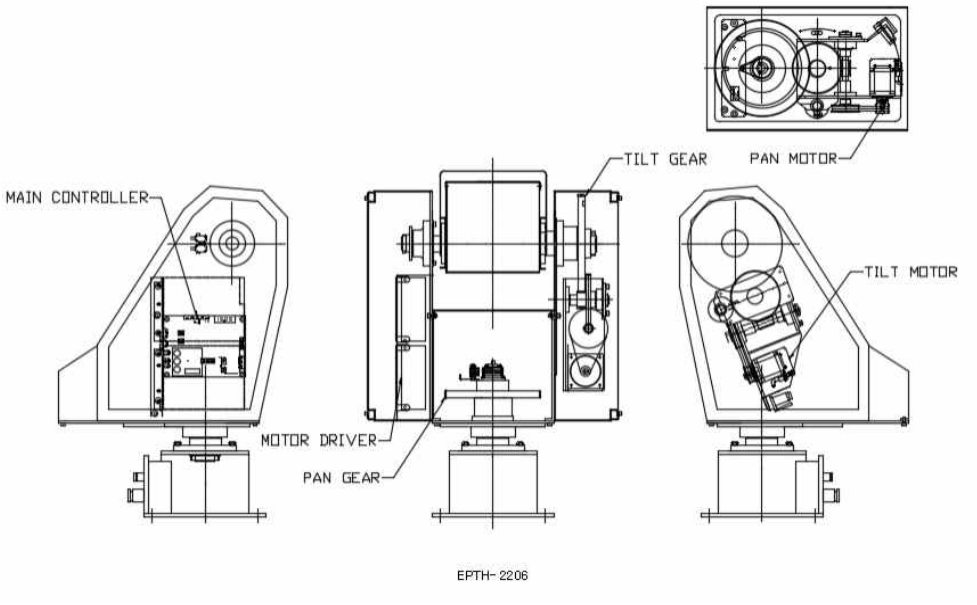
① 860nm 파장만 발생시키는 Light 설계로 이상기후 조건 시 회피를 위한 설계

고정형 EO센서 프로세서

① 조회 및 제어 등의 외부 인터페이스 적용 설계

② 획득된 영상에서 FOD를 탐지하도록 설계

③ 획득된 FOD 정보 전송기능 설계



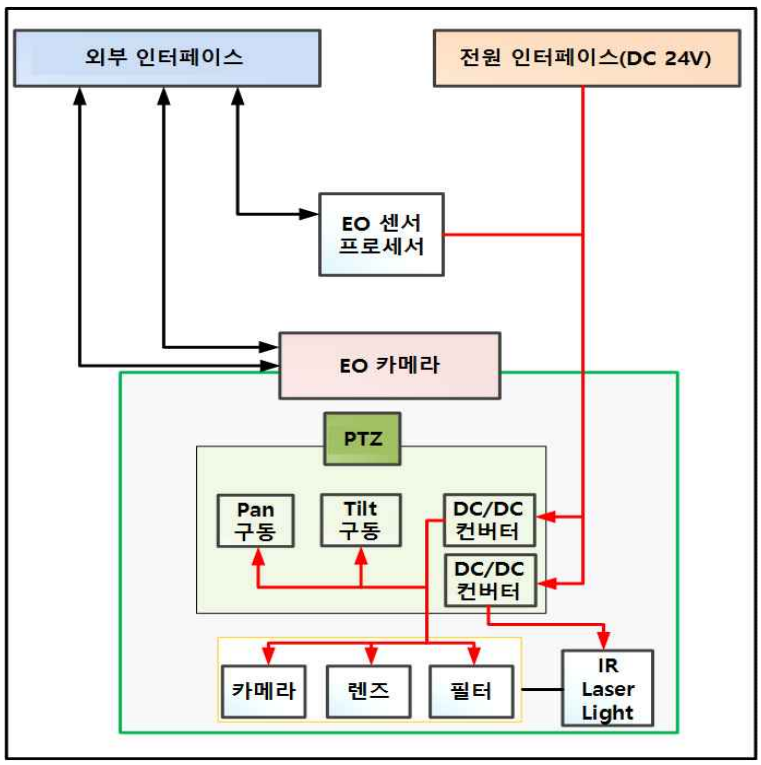
< 고정형 EO 센서 모듈 설계 형상 >

2) 이동형 EO 센서 모듈

가) 구성

① EO 센서와 ESP(EO 센서 프로세서)로 구성되며, 야간에서도 확인할 수 있도록 IR Laser Light를 장착함

② 100m에서 2cm X 2cm 크기의 FOD를 탐지하기 위해 750mm 렌즈를 탑재하고 860mm BPF를 적용함



< 이동형 EO 센서 모듈 구성 >

나) 탐지거리 및 탐지각도 분석

① PAN 좌표값이 0~43199까지 43200의 스텝 수를 가지며 1스텝당 0.0083° 의 수평 분해능이 나오도록 설계

② TILT 좌표값이 0 ~ 7203 까지 7204개의 스텝수를 가지며 1스텝당 0.00694° 의 수직 분해능

이 나오도록 설계

③ Zoom렌즈는 30배율을 가지며 Zoom 스텝모터의 스텝수는 0 ~ 79,295까지 79,296개의 스텝수로 설계되어 30 / 79,296 = 0.0003783X 배율로 미세한 배율조정이 가능하게 설계

다) 주행시 감시 면적 및 각도

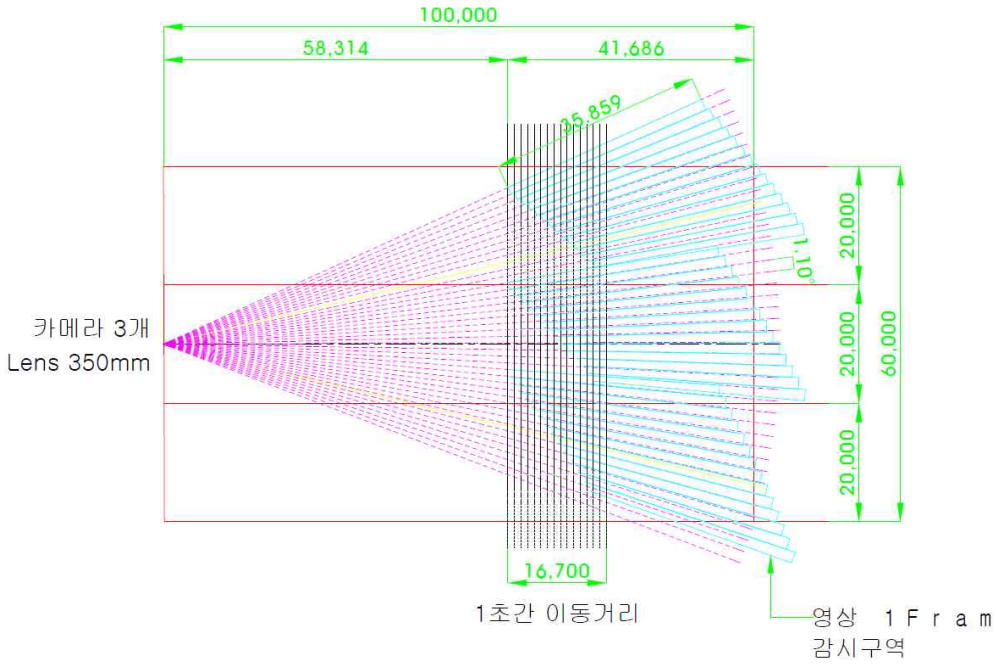
① 200만화소 카메라 적용 : 1920pixel(수평) x 1080pixel(수직)

② Lens 각도(수평) = tanΘ = sin-1높이/밑변 길이 = sin-1 1920/100,000 = 1.1001≒1.1°

③ 아래의 그림과 같이 카메라 3대 설치하여 1대당 20m씩 분할하여 감시

④ 약 15~20구역으로 세분할하여 감시하며, 가능하면 중첩지역을 두어 감시효과를 높임

⑤ 최대 줌인 시 포커스 조정의 예민함 때문에 750mm로 설계



< 주행시 감시 가능한 면적 및 각도 >

라) 설계기준

① 가로 865mm X 세로 500mm X 폭 653mm 로 설계되었으며, 높이를 낮추는 구조로 설계

② 옥외 설치 기준인 IP-66 등급 기준 설계

③ 카메라, 렌즈, 필터 등을 수용할 수 있는 최소의 높이로 설계

④ 바람 등의 외부 요인에 의한 흔들림을 최소화하기 위한 기어 백래쉬 0.07° 설계

마) 설계

카메라

① 200만화소(1920x1080) 모듈을 사용하며 IRIS 동작은 수동 모드로 작동되는 카메라로 설계

② 100m에서 20mm X 20mm를 판단하기 위해 Full HD 60 Frame 지원

③ 라이브 영상을 전송하기 위해 Net Module이 탑재된 카메라로 설계

750mm 렌즈

① 100m 에서 20mm X 20mm크기의 FOD를 탐지하기 위해 충분한 화각 설계

② 100m 부근에서 포커스 제어를 원활하게 하기 위한 충분한 포커스 유격 설계

③ 350mm 렌즈에서 750mm 렌즈로 설계 변경

④ 줌/포커스 정밀 제어를 위한 렌즈 줌/포커스 구동부 재설계

필터

① 야간에도 FOD를 탐지하기 위한 860nm 파장대 투과 필터 설계

② 필터 절환을 위한 메카니즘 설계

IR Laser Light

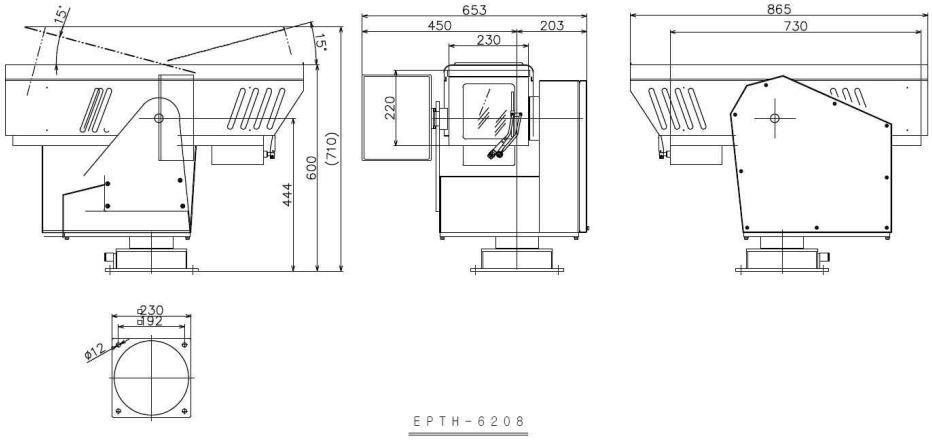
① 860nm 파장만 발생시키는 Light 설계로 이상기후 조건 시 회피를 위한 설계

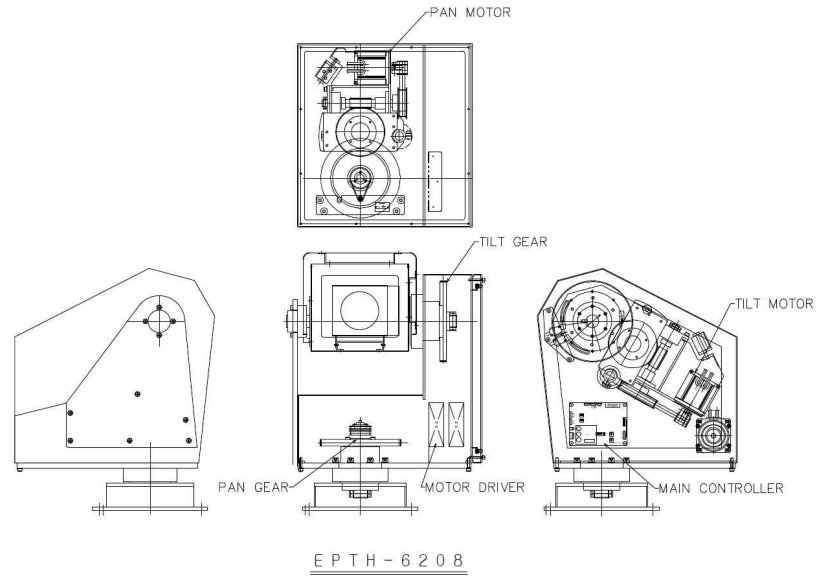
이동형 EO센서 프로세서

① 조회 및 제어 등의 외부 인터페이스 적용 설계

② 획득된 영상에서 FOD를 탐지하도록 설계

③ 획득된 FOD 정보 전송기능 설계





< 이동형 EO 센서 모듈 설계 형상 >

3) 제작된 프로토-타입 EO 센서 모듈



< 제작된 프로토-타입 고정형 EO 센서모듈(좌)와 이동형 EO 센서 모듈(우) >

4) 시험결과



< 고정형 EO 센서 시험 결과 (400m 거리) >



< 이동형 EO 센서 모듈 시험결과 (100m) >

5) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계보고서

② **[별책 2-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 단위시험 결과보고서

③ **[별책 2-6]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요소별 상세설계분석 및 지원보고서

④ **[별책 2-7]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 세작 지원보고서

다. 통합운영시스템 프로토-타입 상세설계 및 제작

1) 통합운영시스템 구성

가) 설계 개요

① 통합운용서버

- 센서로 부터 수집된 정보를 저장/관리, 분석 및 통합운용 콘솔과의 정보처리 수행

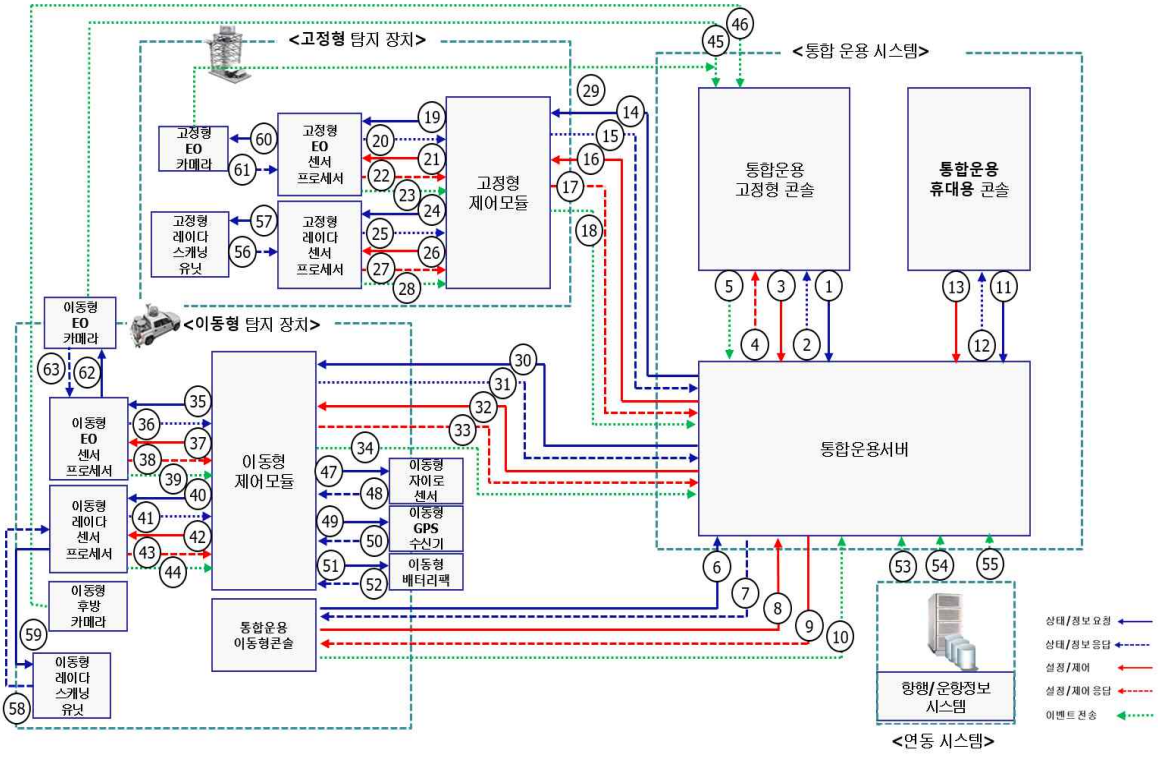
② 통합운용 고정형 콘솔

- 운용자에게 정보를 제공 및 전시하는 장치
- 시스템 전체 운용상황을 판단하는 통합감시 화면과 센서에서 탐지된 결과를 확인할 수 있는 개별화면으로 제공

③ 통합운용 이동형 콘솔

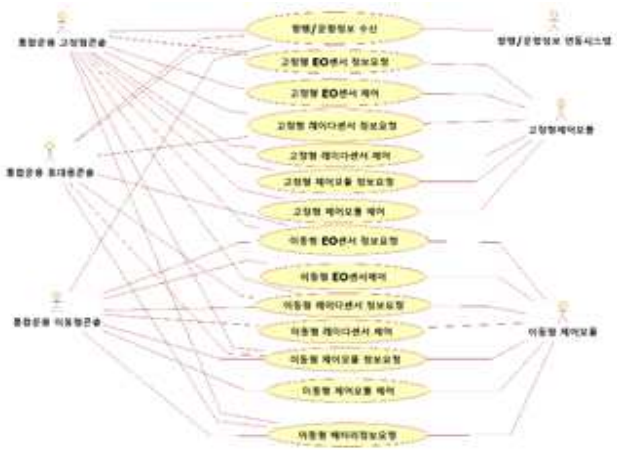
- 차량 탑승자에게 센서로부터 탐지된 결과 확인
- 후방카메라 상태 확인
- 전체 감시영역 및 개별 감시영역으로 설정 가능

나) 인터페이스 정의

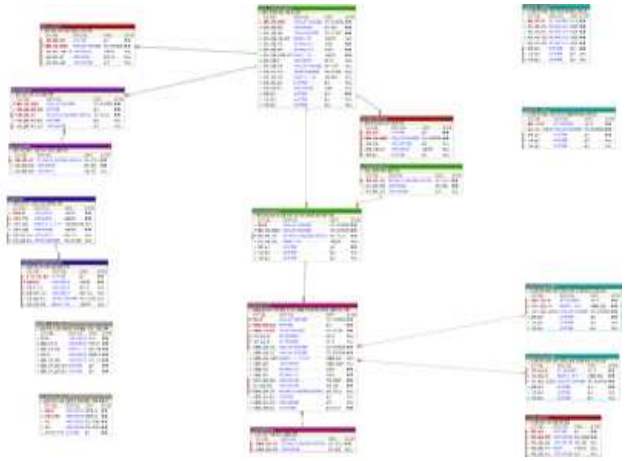


< 통합운영시스템 인터페이스 구성 >

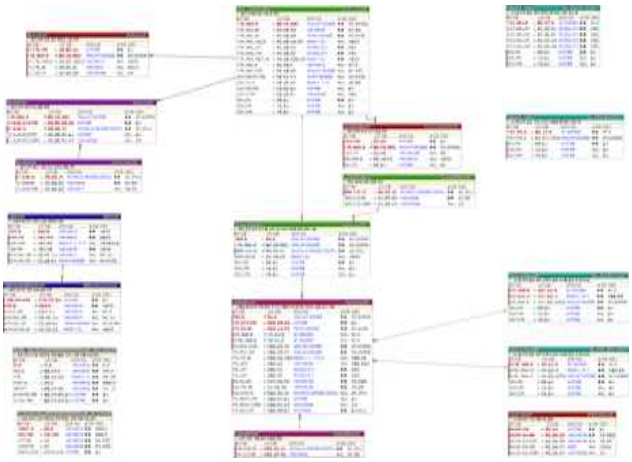
다) 인터페이스 설계 내용



< 유스케이스 설계 >

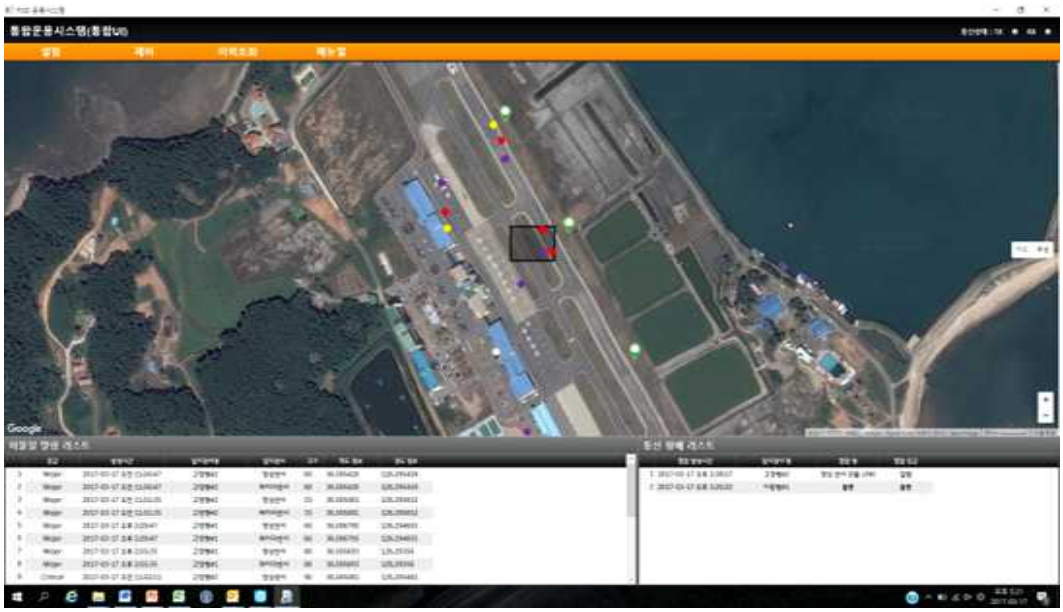


< 논리 ERD 설계 >

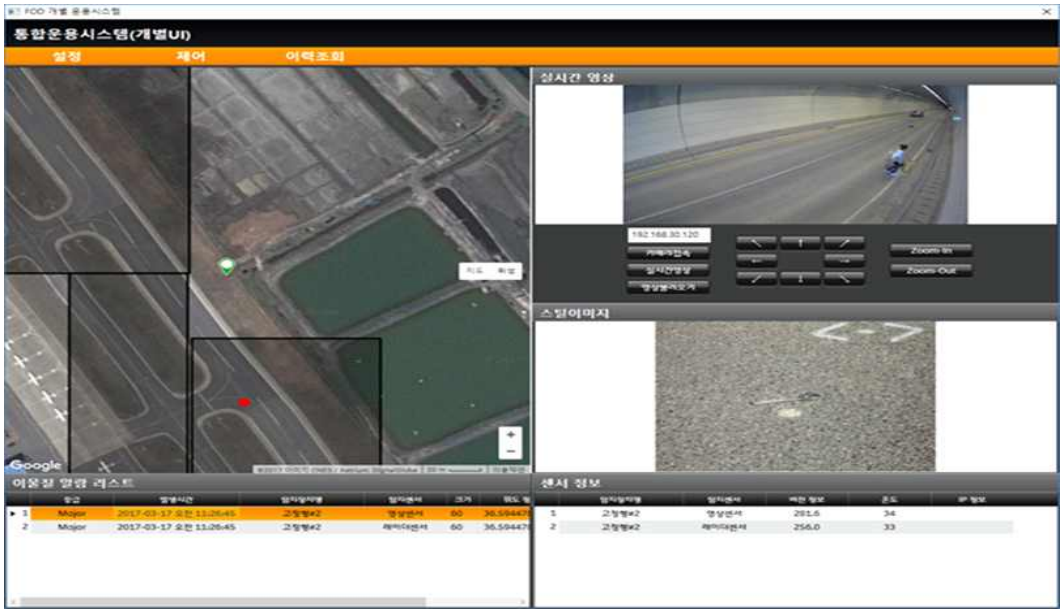


< 물리 ERD 설계 >

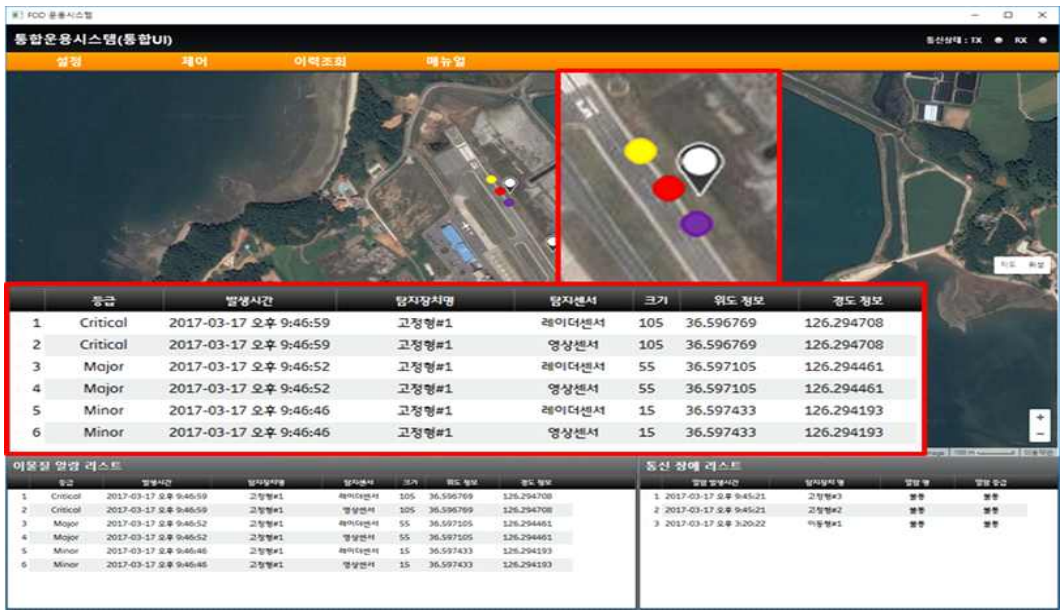
라) 통합운영 UI 설계



< 구현된 통합운영시스템 UI 메인 화면 >



< 구현된 통합운영시스템 UI 개별화면 >



	등급	발생시간	탐지장치명	탐지센서	크기	위도 정보	경도 정보
1	Critical	2017-03-17 오후 9:46:59	고정형#1	레이더센서	105	36.596769	126.294708
2	Critical	2017-03-17 오후 9:46:59	고정형#1	영상센서	105	36.596769	126.294708
3	Major	2017-03-17 오후 9:46:52	고정형#1	레이더센서	55	36.597105	126.294461
4	Major	2017-03-17 오후 9:46:52	고정형#1	영상센서	55	36.597105	126.294461
5	Minor	2017-03-17 오후 9:46:46	고정형#1	레이더센서	15	36.597433	126.294193
6	Minor	2017-03-17 오후 9:46:46	고정형#1	영상센서	15	36.597433	126.294193

< 통합운영시스템 UI 이물질 등급에 따른 상태 확인 >

마) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계보고서

② **[별책 2-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 단위시험 결과보고서

③ **[별책 2-6]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요소별 상세설계분석 및 지원보고서

④ **[별책 2-7]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 세작 지원보고서

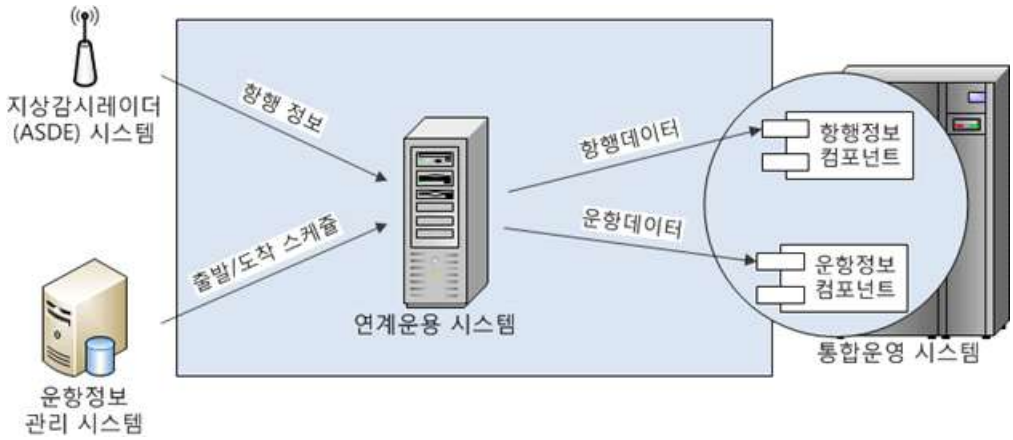
라. 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계

1) 설계 개요

① 전체적으로 본 연구에서 개발되는 연계운용 시스템은 지상감시레이더(ASDE) 시스템으로부터 항행데이터를 수신하고 운항정보관리시스템(FIMS, Flight Information Management System)으로부터 운항데이터를 수신한 후 각각 변환하여 통합운용시스템으로 전달하는 것을 목표로 하고 있다.

② 연계운용 소프트웨어는 항행/운항 데이터를 FOD의 통합운용 시스템으로 전달하기 위한 것이며 Java 표준 라이브러리와 API를 제공하여 구현하며 교환 형식은 Java 표준 클래스인 Map으로 한다.

③ FOD의 통합운용 시스템으로 전달하는 항목은 상호 시스템 간의 협의에 의해 결정한다.



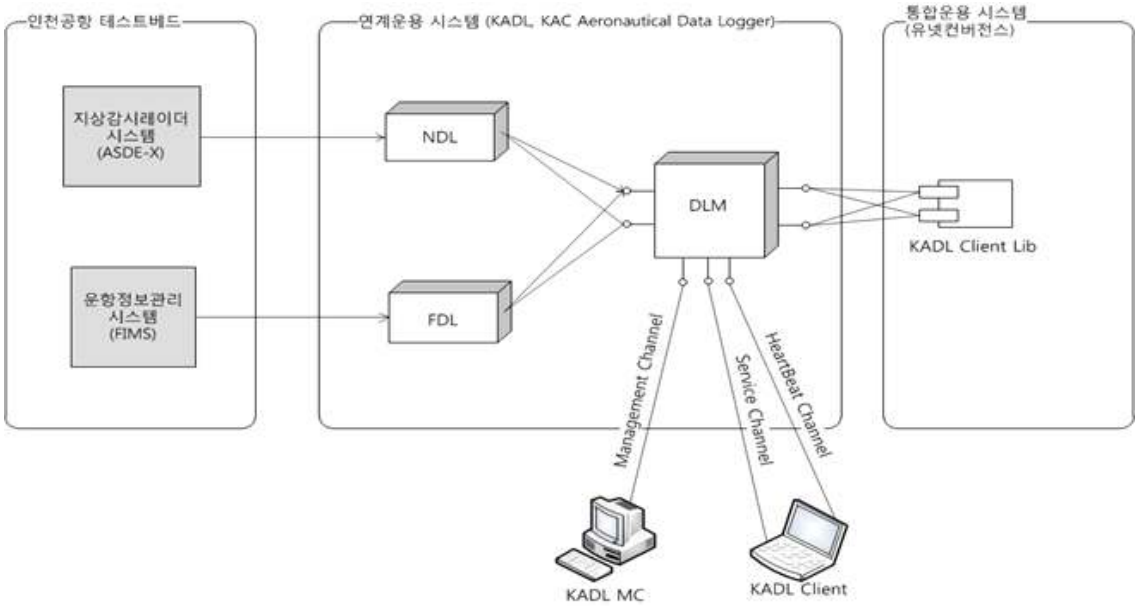
< 시스템 개념도 >

2) 설계 내용

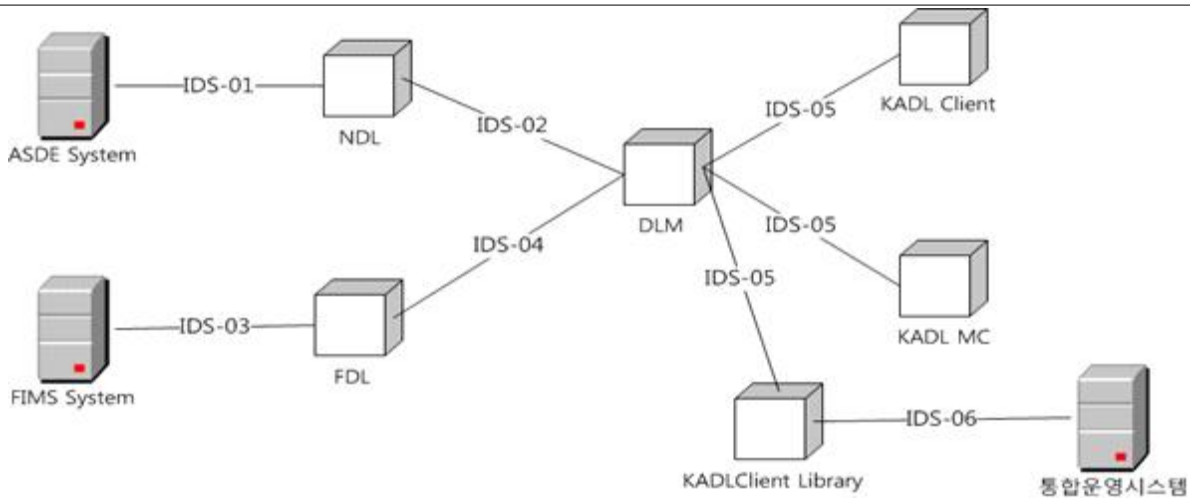
① 항행시스템 연계운영[NDL, Navigation Data Logger] 소프트웨어 상세 설계

② 운항정보관리시스템 연계운영[FDL, Flight Data Logger] 소프트웨어 상세 설계

③ 통합운용시스템 연계 라이브러리[KADLLib] 상세 설계 § 데이터 로거매니저[DLM] 프로그램, 관리 프로그램[MC], 클라이언트 프로그램 상세 설계 § 데이터베이스 상세 설계



< 시스템 구성도 >



< 연계운용 소프트웨어 인터페이스 구성 >

ID	구분	인터페이스 세부 내용
IDS-01	ASDE-NDL	ASDE 시스템과 NDL 프로그램 간의 데이터 교환 형식
IDS-02	NDL-DLM	NDL 프로그램과 DLM 프로그램 간의 데이터 교환 형식
IDS-03	FIMS-FDL	FIMS 시스템과 FDL 프로그램 간의 데이터 교환 형식
IDS-04	FDL-DLM	FDL 프로그램과 DLM 프로그램 간의 데이터 교환 형식
IDS-05	DLM-CLIENT/MC	DLM 프로그램과 KADL Client, MC 간의 데이터 교환 형식
IDS-06	KADLLIB	KADL Library에서 통합운영시스템의 IFODMessageListener인터페이스에 정의한 NDLMessageReceived와 FDLMessageReceived 메서드에 넘겨주는 데이터 형식

2) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-3]** 항행시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계 보고서

② **[별책 2-4]** 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계 보고서

③ **[별책 2-5]** 통합운용(항행시스템 및 운항정보관리시스템 소프트웨어(UI) 상세설계 보고서

마. 고정형 이물질 자동탐지 플랫폼 및 옥외형 함체 프로토-타입 상세설계 및 제작

1) 상부 철골 구조물 설계

가) 설계 개요

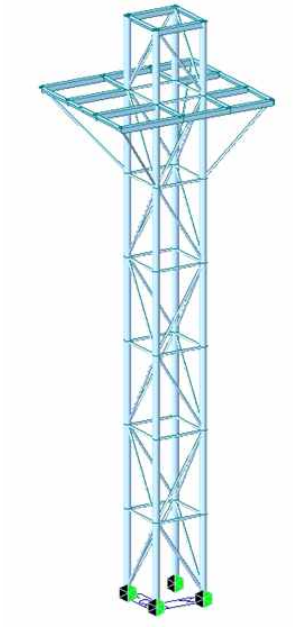
① 활주로 내 고정형 Platform의 철골 부재설계

② 고려하중 : 고정하중, 활하중, 풍하중 (KBC2016/Jet blast 포함), 지진하중

③ 적용 기준 : KBC2016 (건축구조기준, 대한건축학회)

④ 모델링 : 유한요소모델링을 수행 (재질 : SS400)

⑤ 사용프로그램 : MIDAS GEN2015(v2.2)



< 고정형 플랫폼 시물레이션 형상 >

나) 모델 구성

① 경계조건 : PIN 조건

② 하중 조건

- 고정하중 : Self-weight/ Platform 하중 / 레이다 센서 / EO 센서
- 활하중 : Platform 하중
- 풍하중 : FAA 제시된 풍속 (241km/hr) 을 적용하여 KBC2016 풍하중 산정
- 지진하중 : 인천 / SD

③ 고정하중(D)

- 구조물 자중은 프로그램의 Self Weight 기능을 사용
- 상부 구조물의 하중은 각 위치에 절점질량으로 재하
- Radar : 35kg / EO sensor : 70kg

④ 활하중(L)

- Maintenance Platform : 300kg

⑤ 풍하중(W)

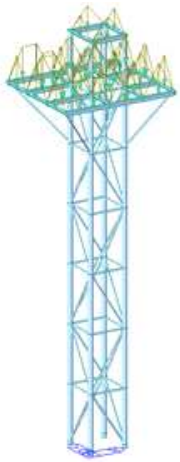
- FAA에서 권고한 풍속 241kph 적용 (Elevated fixtures)
- 설치 위치에 따라 국내 기준인 KBC2016 적용하여 풍압 산정
- 부재의 풍하중은 프로그램의 Lind Load로 재하
- 상부 구조물의 풍하중은 면적을 고려하여 Nodal Load로 재하

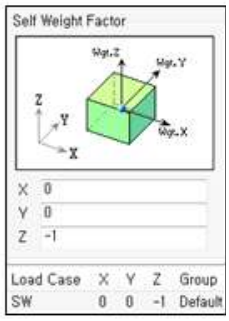
⑥ 지진하중(E)

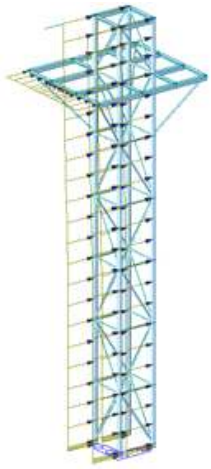
- 인천지역 /SD

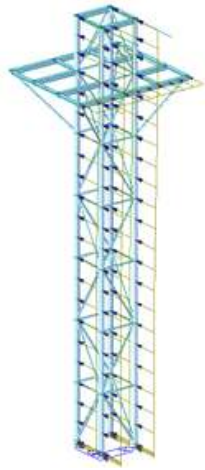
⑦ 하중조합.

- 동시에 작용하는 각각의 설계 하중에 하중계수를 곱하여 합한 값으로 구조물에 재하되는 하중을 증가시켜 구조물의 안정성을 확보
- KBC2016 Factored Load Combination 적용



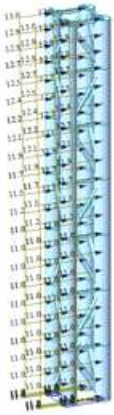
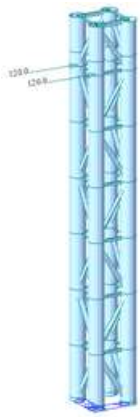


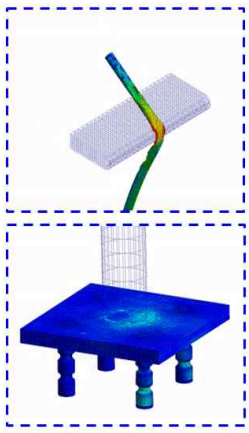


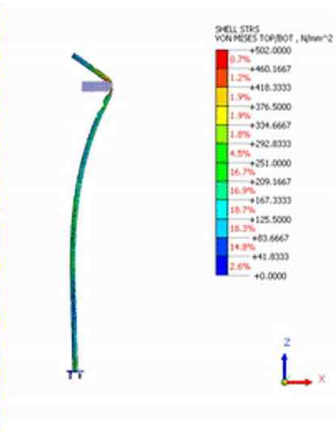


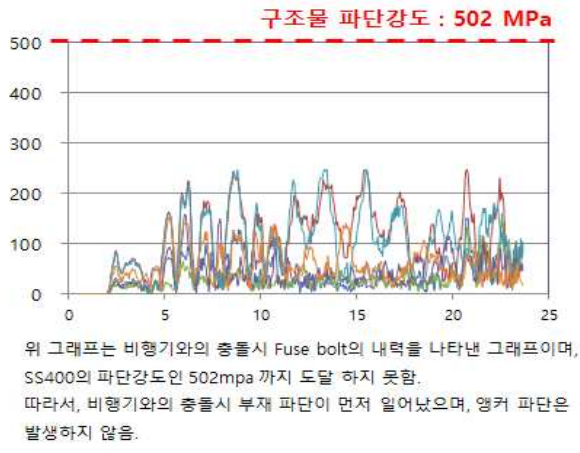
[Dead Load Distribution] [Wind Load Distribution]

< 설계 하중 시물레이션 모델 >

구분	Jet-blast =483 km/h 적용 시		ICAO Impactor 충돌 하중 적용 시	
Model				
최대 전단 반력	기둥 1개당	엥커 1개당 (총4ea)	기둥 1개당	앵커 1개당 (총4ea)
	273.8 kN	68.45 kN	143kN	35.75 kN
앵커 설계	0.4 x As x Fy = 0.4 x (πx t2 /4) x 235 N/mm2 > 68450 N ∴ Dia = 30		0.4 x As x Fy = 0.4 x (πx t2 /4) x 235 N/mm2 > 35750 N ∴ Dia = 22	
	As : 앵커 단면적 mm2, Fy : 재료강도 N/mm2 , t : 앵커 지름 mm			







위 그래프는 비행기와의 충돌시 Fuse bolt의 내력을 나타낸 그래프이며,
SS400의 파단강도인 502mpa 까지 도달 하지 못함.
따라서, 비행기와의 충돌시 부재 파단이 먼저 일어났으며, 앵커 파단은
발생하지 않음.

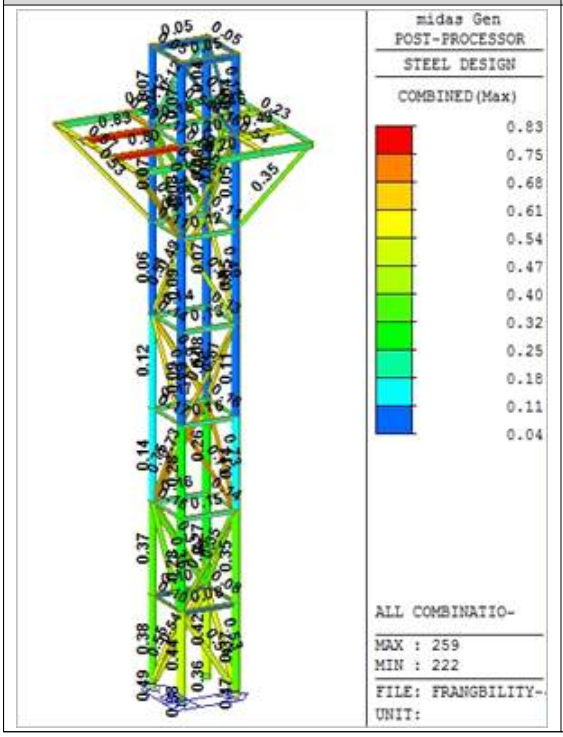
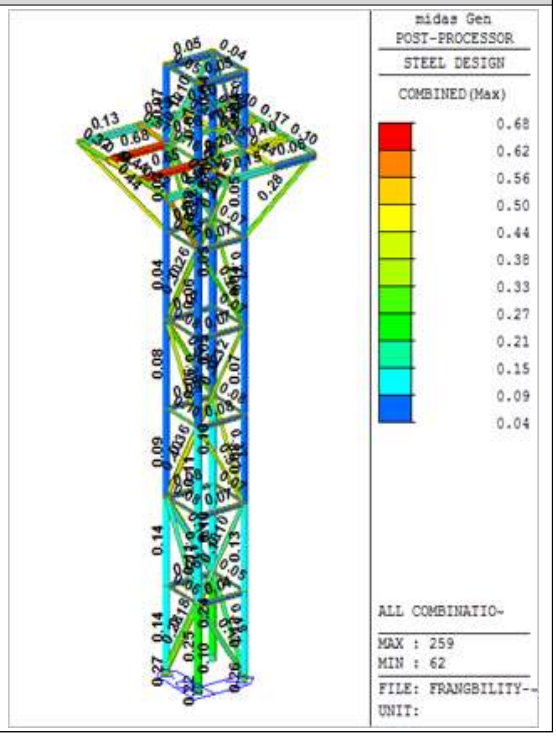
< 풍하중 적용 시물레이션 >

다) 부재 강도 분석

① 고정형 플랫폼 철골부재의 강도 분석에 대하여 다음과 같이 진행하였다.

② 발생응력/보유내력 ≤1.0

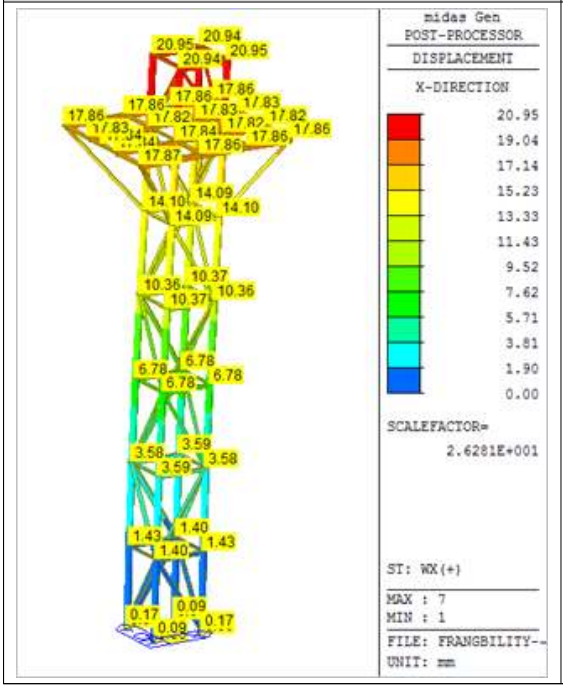
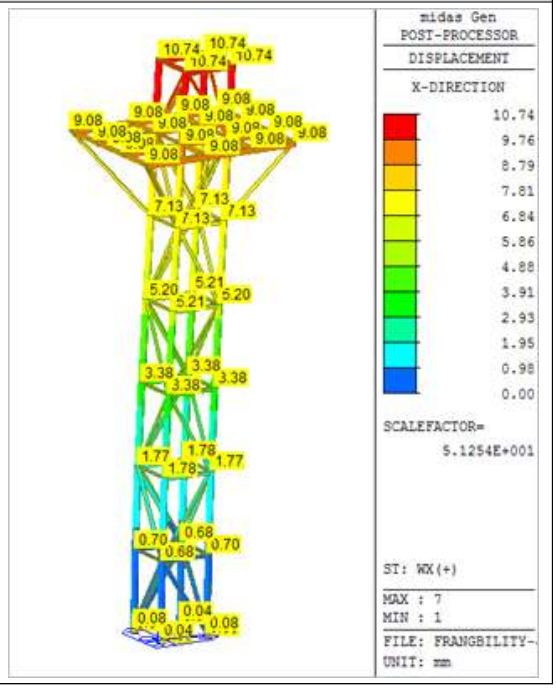
③ 모든 부재의 구조 검토 결과 값이 1.0 이하로 설계 시 구조물의 안정성을 확보.

Jet-blast	KBC2016 지역 기본 풍속 적용[인천]
	

라) 부재 변위 분석

① KBC2016에 따라 H/400을 적용

② EO(IR Laser Light) 카메라 센서 모듈의 정밀 측정을 위해 상시 사용 시 에는 20㎜ 제한

Jet-blast	KBC2016 지역 기본 풍속 적용[인천]
	

2) Fuse Bolt 설계

가) 설계 개요

① 플랫폼의 변형과 거동 양상 파악

② 플랫폼 부재와 유사한 변위를 가지는 단일형강(등가구조물)으로 재설계 및 계략 검토

③ 고정형 플랫폼의 Anchor Bolt 설계

④ 고려하중 : Impact 하중(ICAO Part 6. FRANGYBILITY)

⑤ 모델링 : 등가구조물 / Base Plate / Fuse Bolt

⑥ 분석Tool : MIDAS NFX2016

나) 모델 구성

① 경계조건 : Fuse Bolt 하부 : 16 point(PIN 조건)

② 하중조건

- 고정하중 : 자체하중 + 레이다 및 EO 하중
- Impact 하중 : ICAO에서 제시된 하중 적용(140km/h, 3000kg)

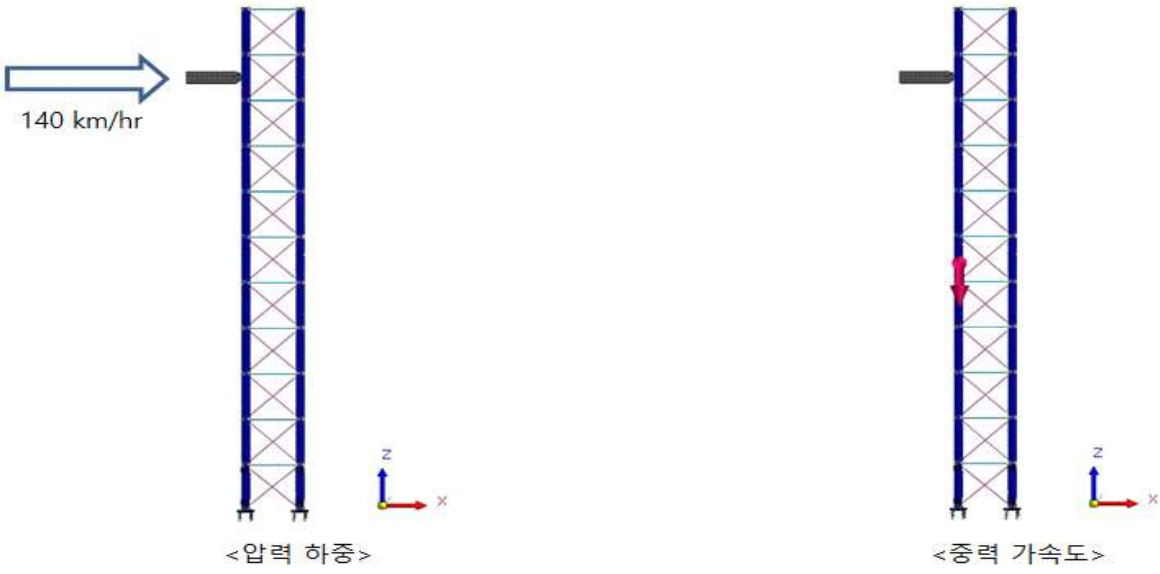
< 재료 물성치 >

Material Name	Density (kg/m3)	Elastic Modulus (GPa)	Poisson's ratio	Yield Stress (MPa)	Tensile Strength (MPa)	비고
SS400	7850	205.80	0.3	235	400	구조물/Bolt

다) 해석조건

① 속도 : Impactor 속도 140km/hr 적용

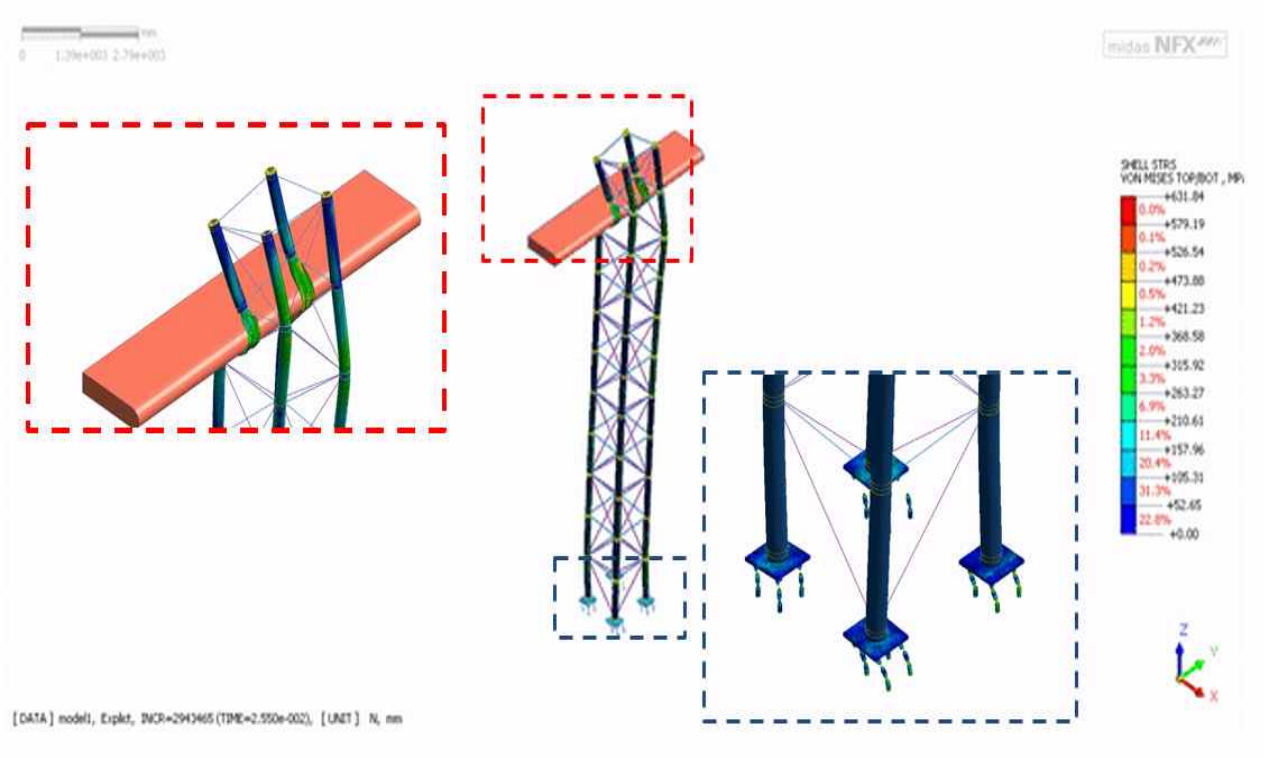
② 자중 : G-Load (9.806 m/s2) 적용



<압력 하중> <중력 가속도>

< 고정형 플랫폼 Fuse Bolt 해석 모델링 >

라) 고정형 플랫폼 Fuse Bolt 파단 분석



< Fuse Bolt 파단 시뮬레이션 >

마) 제작된 프로토-타입 고정형 플랫폼



< 제작된 프로토-타입 고정형 플랫폼 >

마) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계보고서

② **[별책 2-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 단위시험 결과보고서

③ **[별책 2-6]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요소별 상세설계분석 및 지원보고서

④ **[별책 2-7]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 세작 지원보고서

⑤ **[별책 2-8]** 체계통합시험을 위한 자체 테스트-베드 구축방안 보고서

바. 이동형 이물질 자동탐지 플랫폼 프로토-타입 상세설계 및 제작

1) 이동형 플랫폼

가) 개요

① 이동형 플랫폼은 이물질을 탐지하기 위해 차량에 이물질을 탐지하기 위한 레이다 센서, EO 센서를 장착하여, 차량이 이동을 하면서 이물질을 탐지하는 장치이다.

② 활주로 중심선을 따라 차량이 이동하면서 활주로 폭을 탐지할 수 있어 항공기 이착륙이 작은 공항이나 군 공항에서 사용하기 용이한 플랫폼이다.

③ 이동형 플랫폼은 공항공사의 FOD 현장관리부서에 설치된 통합운영시스템과 무선(예를 들면 WiFi) 통신망을 통해 연결하여 이물질 탐지 및 관리가 가능한 구조로 설계

나) 요구사항

① 공항에서는 항공기의 이착륙이 빈번하게 발생하므로 탐지장치를 장착하고도 신속성이 확보되어야 함

② 공항 내에 지하도로가 있는 공항도 있으므로 탐지장치를 장착하도록 차량 높이가 낮아야 함

③ 공항의 여건에 따라 1명이 아닌 3명이 조를 이루어 탑승할 수 있으므로, 최소 3명이 탑승 할 수 있는 공간이 마련되어야 함

다) 설계 고려사항

① SUV급 차량 선정에 있어 차량의 허용중량으로 인해 장착되는 배터리팩, 이동형 수거장치, 탑승인원, 기타 중량 증가분 검토 필요

- 차량 : 스타렉스 5인승
- 스타렉스 최대적재중량은 730kg이므로 최대적재중량 내에서 모든 시스템 및 탐지장비가 장착되어야 함

② 차량 지붕에 레이다 및 EO(IR Lase Light) 센서를 장착할 경우, 적절한 적재중량이 요구됨

③ 레이다와 EO 센서를 장착할 경우 방수처리가 되어야 함

④ 레이다와 EO 센서가 장착하더라도 차량의 안정성을 위해 무게중심을 최대한 낮출 수 있는 방안을 고려해야 함

⑤ 차량 내부에 설치되는 시스템렉의 방열방안을 고려한 차량 설계가 진행되어야 함

⑥ 시스템렉의 하단 방진설계

⑦ 항공기 이동지역 외 일반도로에서 운영할 수 있도록 이동형 수거장치의 노즐부를 상하로

조절할 수 있도록 설계

라) 기타사항

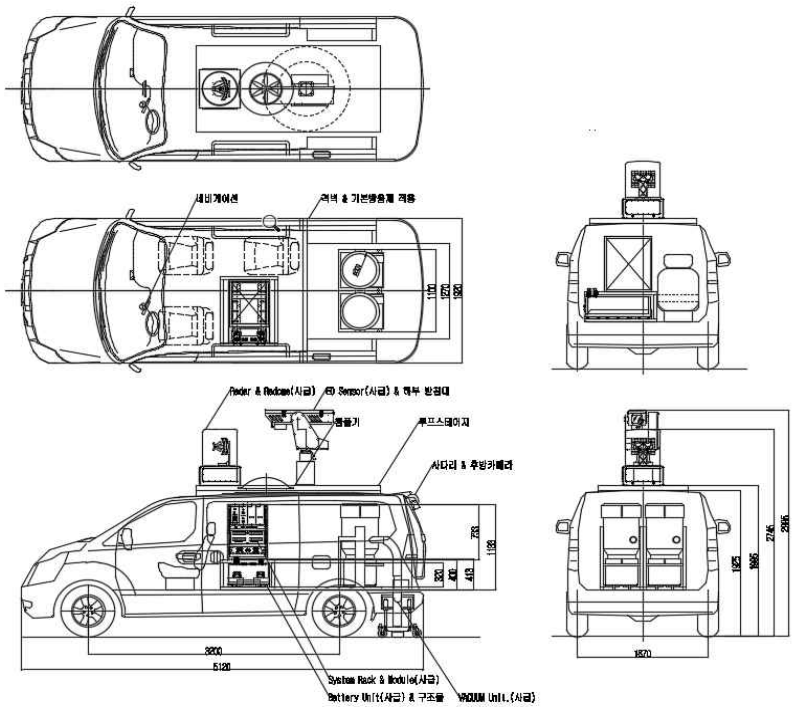
① 각 모듈은 시스템렉 장착 시 차량 진동에 문제가 발생될 수 있으므로 전면부에 추가 고정 볼트가 필요하며, Rack 뒤쪽에는 고정핀으로 고정하는 구조가 필요함

② 이동형 차량 운전자 외 동승 탑승자가 탐지 상황을 확인할 수 있도록 별도의 모니터 또는 장치가 필요함.

③ 레이다와 EO 센서의 이격거리는 약 30cm

④ 차량은 실제 차량과 도면이 상이하기 때문에 관련 설계 모듈 설계 시 최소 Size로 고려하여 설계 되어야 함.

마) 이동형 플랫폼 설계 도면



< 이동형 플랫폼 설계 도면 >

2) 이동형 배터리팩

가) 설계 고려사항

① 시스템렉과 이동형 수거장치의 용량을 고려할 수 있는 사양이 요구됨

- 시스템렉 : 약 1kW
- 이동형 수거장치 : 약 14.4kW

② 사용자에 편의성을 위해 차량 내부 및 외부에서 충전이 가능하도록 구성

③ 사용자의 부주의로 배터리팩 방전이 될 경우 교체하는 구조

④ 이동형 차량에 배터리팩 용량을 확인할 수 있도록 구성

⑤ 배터리팩 완충이 8시간 안의 가능하도록 설계

⑥ 배터리팩 교체 및 분리

- 배터리팩 무게를 고려하여 별도의 지그와 레일 타입 구조를 적용
- 탈착이 되는 구조로 진행

⑦ 시스템렉: 3시간, 수거장치: 30분 연속이 운영 가능하도록 설계

⑧ 불필요한 배터리팩 소모를 방지하기 위해 별도로 배터리팩 스위치를 적용

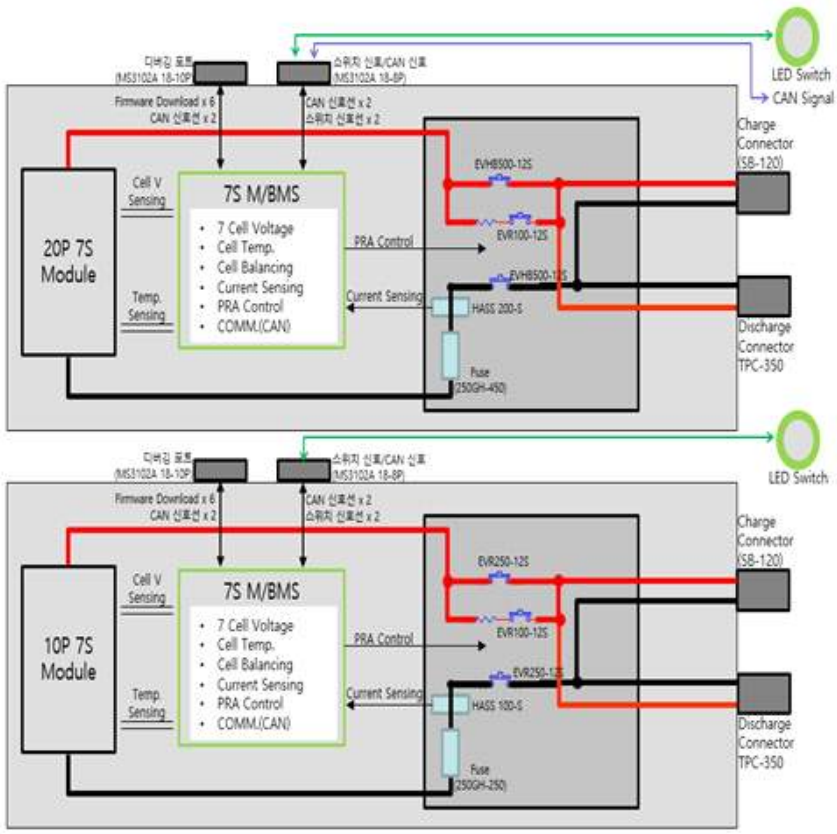
⑨ 배터리팩의 잔량, 전압, 전류 표시를 제공할 수 있도록 통신포트 구성

나) 이동형 배터리팩 구성

① Li-Polymer 타입의 셀 적용

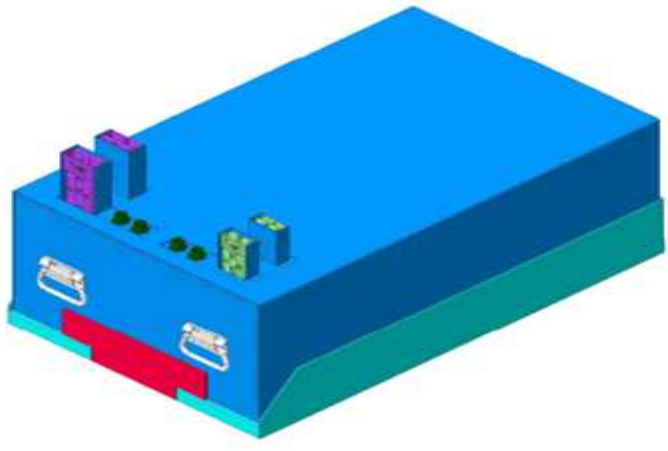
② BMS 기능 내장

③ Cell 전압 : 3.65V, Cell 용량 20Ah



< 이동형 배터리팩 구성도 >

다) 이동형 배터리팩 형상



< 설계된 이동형 배터리팩 형상 >

3) 이동형 수거장치

가) 설계 내용

① 이동형 차량에 장착하기 위해 외관 사이즈는 줄이면서도 성능은 보장되도록 구성

② 이동형 수거장치의 중량은 약 260kg. 차량 허용중량에 따라 경량화, 소형화 설계적용

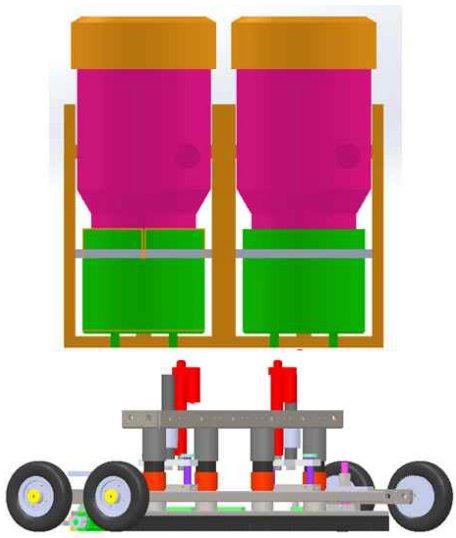
③ FOD 수거 발생 여부에 따라 노즐이 상하로 움직일 수 있는 구조

④ 유지보수를 고려하여 본체부와 노즐부가 탈부착이 용이하도록 구조 설계

⑤ 이동형 수거장치 작동 시 소음을 줄일 수 있는 구조

⑥ 이물질 내용 중 금속류가 있으므로 노즐부에 마그네틱 구조를 반영

나) 이동형 수거장치 형상



< 설계된 이동형 수거장치 형상 >

4) 제작된 프로토-타입 이동형 플랫폼



< 제작된 프로토-타입 이동형 플랫폼 >



<수거장치>



<정면>



<이동형 시스템렉 >



<이동형 콘솔>

< 이동형 플랫폼 제작 사진 >

5) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계보고서

② **[별책 2-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 단위시험 결과보고서

③ **[별책 2-6]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요소별 상세설계분석 및 지원보고서

④ **[별책 2-7]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 세작 지원보고서

2. 공인전문 성능시험 계획 및 방안 수립

가. CEAT 성능검사 진행계획(안) 수립

1) CEAT 성능검사 프로토콜

가) 확인된 CEAT의 성능검사 프로토콜은 제 1단계 기술검토, 제 2단계 현장 운용관찰(필요시 사전 평가 실시) 및 제 3단계 공항 운용평가로 구성되어 있음.

나) 기존 CEAT 성능검사는 이러한 3단계의 성능검사 프로토콜을 바탕으로 수행된 바 있음.

2) CEAT 성능검사 진행계획(안)

① 1단계(기술검토 - 목표 년도 : 제 5차년도)

- CEAT 기술검토가 원활하게 실시되기 위해서는 상세자료 협조가 필요하며, 기존 FOD 탐지시스템과의 차이점 분석(gap analysis)이 필요함.

② 2단계(현장 운용관찰 - 목표 년도 : 제 5차년도)

- 연구개발된 FOD 탐지시스템에 대한 CEAT의 현장 운용관찰이 수행될 것임.

③ 3단계(공항 운용평가 - 목표 년도 : 제 6차년도)

- 다양한 기상상태에서 눈금조정 시험), 성능 평가시험, 정보 가림 시험 및 운영 평가를 실시하게 됨.
- CEAT의 공항 운용평가가 원활하게 수행되기 위해서 CEAT간 현장 운용관찰의 마무리와 공항 운용평가 계획의 구체화가 필요함.

3) CEAT 성능검사 소요비용 산정(안)

① 산정 기준(CEAT측 제시)

- 소요비용은 CEAT에서 제시한 비용 요소(인건비, 출장비용 및 장비/물자 임대료)를 기준으로 산정될 수 있음.
  · 일회 장비/물자 임대료 : 10,000달러
  · 일일 인건비 : 교수(1명) 6,000달러/전문인력(2명) 4,000달러, 도합 10,000달러
  · 일회 출장비용 : 항공(비즈니스, 3인) 12,000달러, 숙박비(3실, 10일) 7,500달러
- CEAT의 성능검사시 시험횟수는 5차례 수행되고, 1회 시험 시 10일 단위로 구성됨.

② 산정(안)

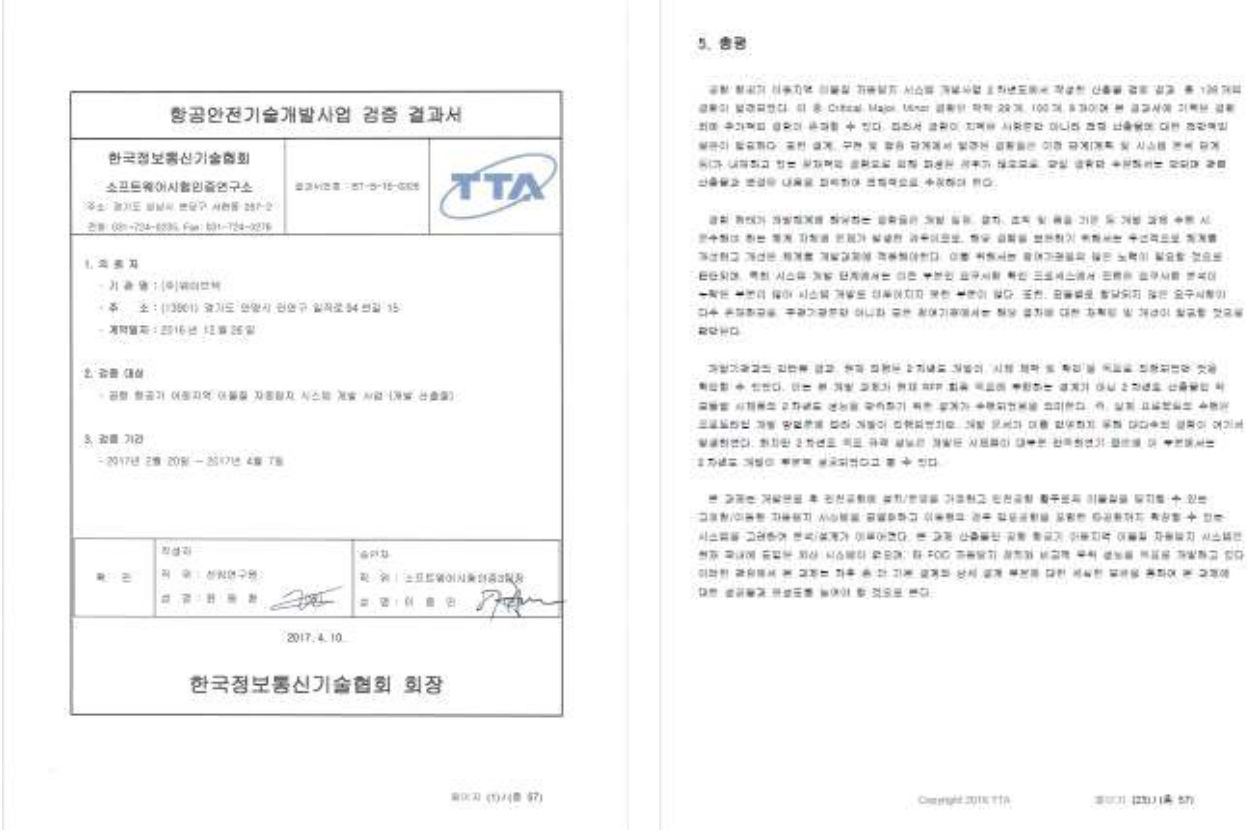
- CEAT 성능검사 소요비용은 <표3>와 같이 647,500달러(777,000,000원)로 추산되며 성능검사 방문횟수 및 시험여건에 따라 비용은 변동될 수 있음.

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 2-11]** 공항기술전문연구센터(CEAT) 성능검사 진행절차 및 계획(안) 수립 연구보고서

3. 2차년도 TTA 개발 프로세스 검증

- 검증 일정 : 2017.02.20. ~ 2017.04.07.
- 2차년도부터 4차년도까지 도입된 제3자(TTA) 개발 프로세스 검증을 통해 본 연구개발 과제를 체계적으로 관리하고 신뢰성을 확보
- 2차년도에는 총 138개의 개발프로세스 결함이 도출됨
- **[별책 2-12]** TTA 개발프로세스 검증 결과서 (2차년도)



항공안전기술개발사업 검증 결과서

한국정보통신기술협회

소프트웨어시험인증연구소

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : (주)위아이엔씨
- 주 소 : (13801) 경기도 안양시 안연구 일직로 94 브길 15
- 계약일자 : 2016년 12월 26일

2. 검증 대상
- 공항 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템 개발 사업 (개발 산출물)

3. 검증 기간
- 2017년 2월 20일 ~ 2017년 4월 7일

확 인 | 작성자 직 위 : 선임연구원 성 명 : 한 동 환 | 승인자 직 위 : 소프트웨어시험인증3팀장 성 명 : 이 종 인

2017. 4. 10.

한국정보통신기술협회 회장

5. 총평

Copyright 2016 TTA

< 2차년도 TTA 개발프로세스 검증 결과서 >

4. 2차년도 연구개발 추진체계



5. 2차년도 연구개발 추진일정

연구기관	연구개발내용	2차년도									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
웨이브텍	고정형 이물질 자동탐지 장치 상세 기능설계	■	■	■	■	■	■				
	이동형 이물질 자동탐지 장치 상세 기능설계	■	■	■	■	■					
	고정형 이물질 자동탐지 장치 플랫폼 시제품 제작				■	■	■	■	■		
	이동형 이물질 자동탐지 장치 플랫폼 시제품 제작				■	■	■	■	■		
	체계통합 환경 설계 및 구축					■	■	■	■	■	
PIEXTEK SERVICE LIMITED	Prototype 하드웨어 설계 및 제작	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	고정형 레이다 신호처리 Prototype 모듈 설계	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	고정형 Prototype 레이다 제어 소프트웨어 설계	■	■	■	■	■	■				
	고정형 레이다 Prototype 통합 및 기능 시험	■	■	■	■	■	■	■	■		
	고정형 레이다 시제 성능 시험							■	■	■	
	이동형 레이다 Prototype 통합 및 기능 시험								■	■	■
	이동형 레이다 시제 성능 시험								■	■	■
영국전자	기능 시험용 시제 개발	■	■	■	■	■	■				
	탐지 알고리즘 개발				■	■	■	■	■	■	■
	기능 및 성능 시험							■	■	■	■
	기능 보완										■
유넷 컨버전스	제어모듈 시제 제작	■	■	■	■						
	서버 및 콘솔 구축	■	■	■	■						
	통합운용 UI 개발		■	■	■	■	■	■	■	■	
	서버 기능 개발		■	■	■	■	■	■	■	■	
	제어모듈 Main Application 개발		■	■	■	■	■	■	■	■	
	통합운용 Main Application 개발		■	■	■	■	■	■	■	■	
	연동시험 (서버, 콘솔, 제어모듈)						■	■	■	■	■
	개발 산출물 작성 및 취합				■						■

연구기관	연구개발내용	2차년도									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
한국 공항공사	항행시스템 연계 운영소프트웨어 상세 설계										
	운항정보관리시스템 연계 운영 소프트웨어 상세 설계										
	통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 상세설계										
인천국제 공항공사	요소별 상세설계 분석 및 지원										
	프로토타입 시제 제작 지원										
한서대 학교	Test-Bed 주변 환경조사										
	Test-Bed 환경 구축										
조선 대학교	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 수식 수립 및 해석										
	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 시뮬레이션										
	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 제작오차 해석										
	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나 제작/시험 지원										

○ 3년차 연구수행 목표 : 현장운용시험용 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 제작

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 **1대** 제작
- 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계
- 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 및 시스템 연동시험
- 3차년도 TTA 개발프로세스 검증

○ 3년차 연구수행 내용

1. 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계 및 시제 제작 1대

가. 현장운용시험용 고정형 레이다 센서 모듈 상세설계 및 시제 제작

1) 설계사양

요구사항	3차년도 규격
탐지 거리	400m 이상
탐지 시간	1분 이하
탐지 확률	85% 이상
최소 탐지 RCS	-20dBsm
출력 주파수	78 ~81GHz, ±3MHz
출력 전력	+18.5dBm 이상
탐지 범위	180도
Range Bin Size	7.5cm

2) 설계 개요

가) 송신기는 전송할 RF 신호를 생성

나) 신호는 안테나를 통하여 전송되며 좁은 빔으로 초점을 맞춘다.

다) 안테나는 표적으로부터 에코를 수신하여 수신기로 보내고, 수신기는 복조하여 I&Q 신호로 분리

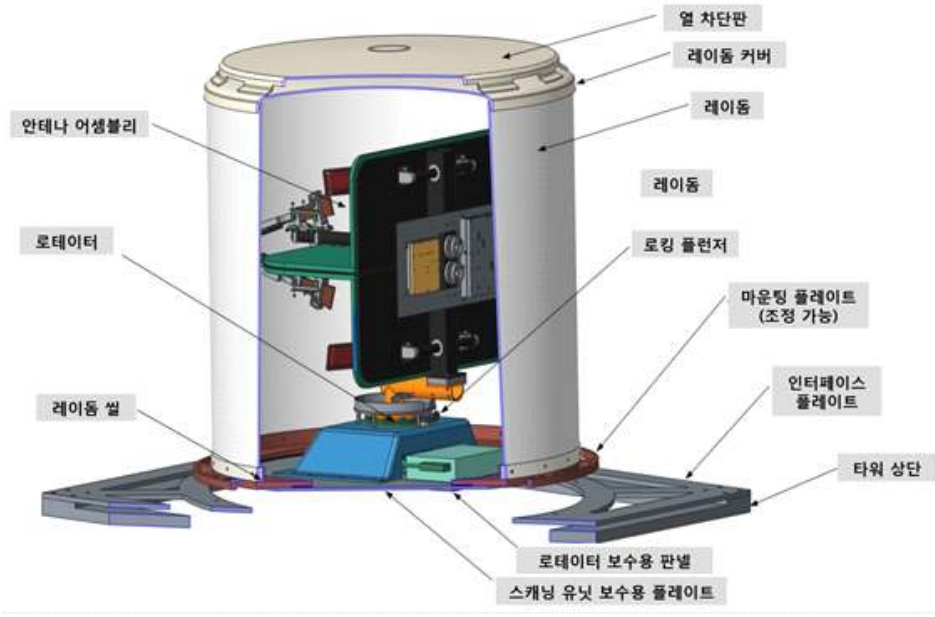
라) I&Q 신호는 인터페이스 장치를 통해 데이터 케이블을 통해 레이다 센서 프로세서로 전송

마) 인터페이스 장치는 데이터 케이블의 6개의 와이어를 6개의 개별 케이블로 간단히 분리하고 버퍼링을 제공

바) 레이다 센서 프로세서는 I/Q 신호를 디지털 형식으로 변환

사) 디지털 형식의 신호를 해석하고 표적이 있는지 확인한 후 디스플레이에 화면을 보고

아) 고정형 인터페이스 유닛은 내부의 DC/DC 컨버터를 통해 고정형 레이다 스캐닝 유닛으로 전원공급을 제공한다.



< 고정형 레이다 스캐닝 유닛 구성 >

3) 안테나

가) 형상

① 안테나는 두 개의 동일한 파라볼릭 리플렉터 안테나가 미러링 되어 안테나에 장착되고 중앙판에 의해 분리

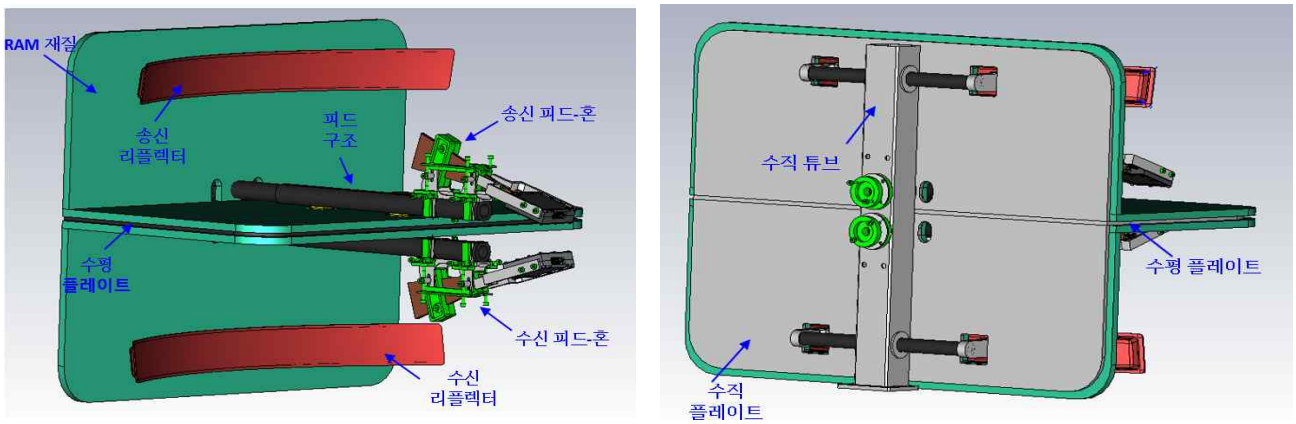
② 안테나 프레임은 탄소 섬유 리플렉터, 피드 구조 및 수평 플레이트를 지지하는 탄소 섬유 정사각형 튜브이다. 송수신 정렬을 위한 조정 메커니즘 또한 포함

③ 수직의 후면 플레이트는 RAM 재질로 리플렉터 뒤 및 튜브 위에 놓여있다.

④ 리플렉터의 표면은 E-대역에서 좋은 반사도를 보장하기 위해 은과 구리를 혼합하여 페인팅 되었다.

⑤ 각 피드-혼은 탄소-섬유 막대를 이용하여 프레임에 연결된다. 이 방법은 안테나의 방사를 저하시킬 수 있는 요소를 제거한다. 조정 메커니즘은 리플렉터에 해당하는 피드-혼 위치 및 포인팅 각도의 미세한 조정을 하기 위해 포함되어 있다.

⑥ 각 송신 및 수신 모듈은 피드-혼과 직접적으로 연결된다.

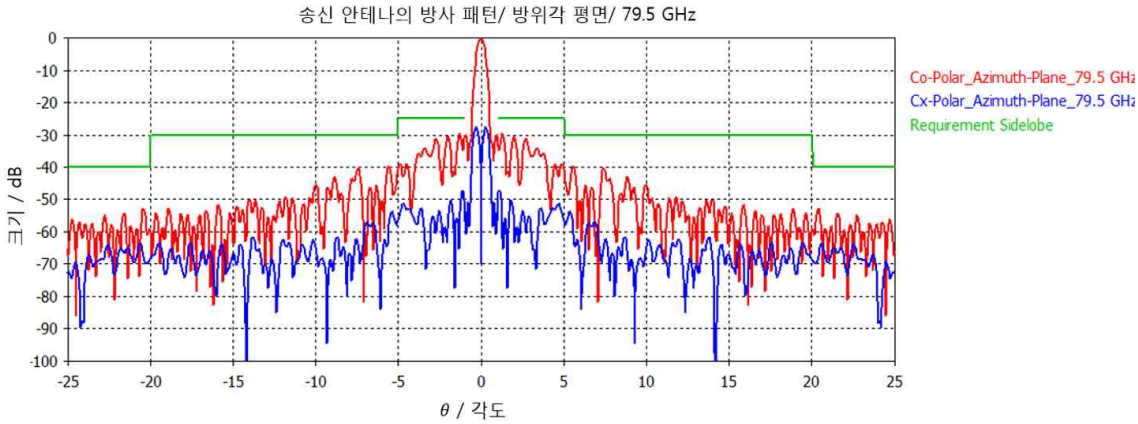


< 고정형 안테나 형상 >

나) EM 분석

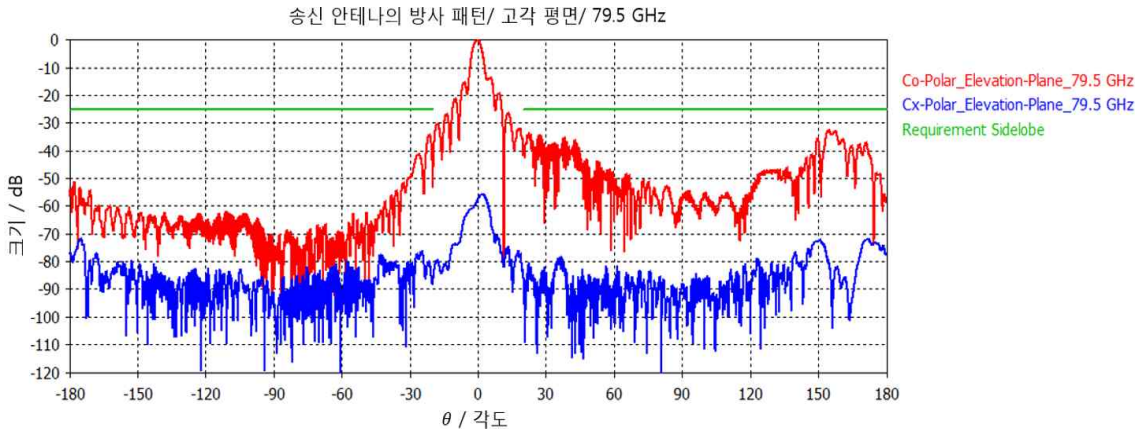
① 분석은 Integral Equation Solver of CST STUDIO SUITE 2017를 사용하여 수행

② 두 개의 동일한 리플렉터 사이의 수직적인 후면 패널과 수평 플레이트는 PEC 표면으로 모델링 함



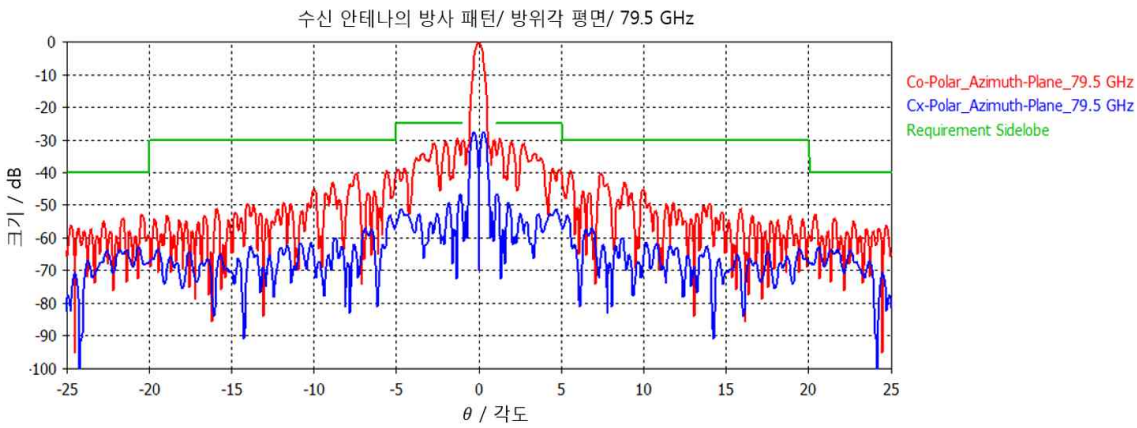
79.5GHz에서의 방위각 방사 패턴

< 송신 안테나 방사 패턴 >



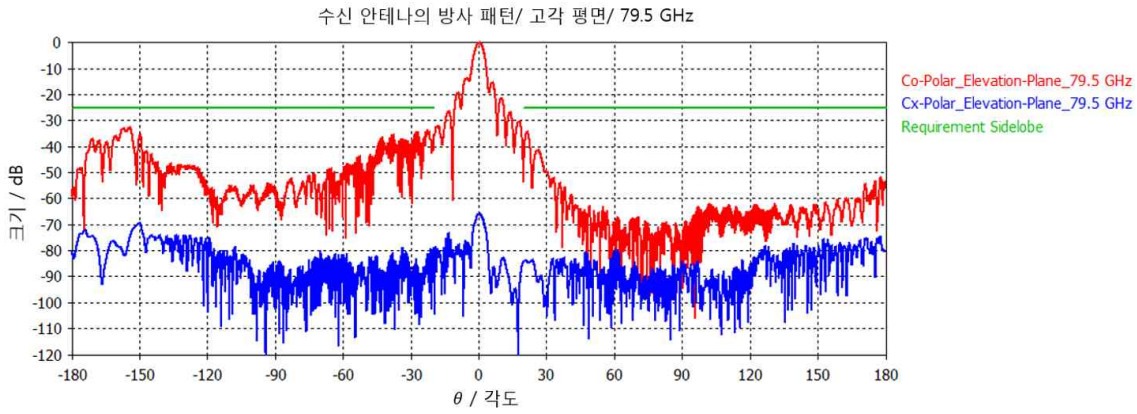
79.5GHz에서의 고각방사 패턴

< 송신 안테나 방사 패턴 >



79.5GHz에서의 고각방사 패턴

< 수신 안테나 방사 패턴 >



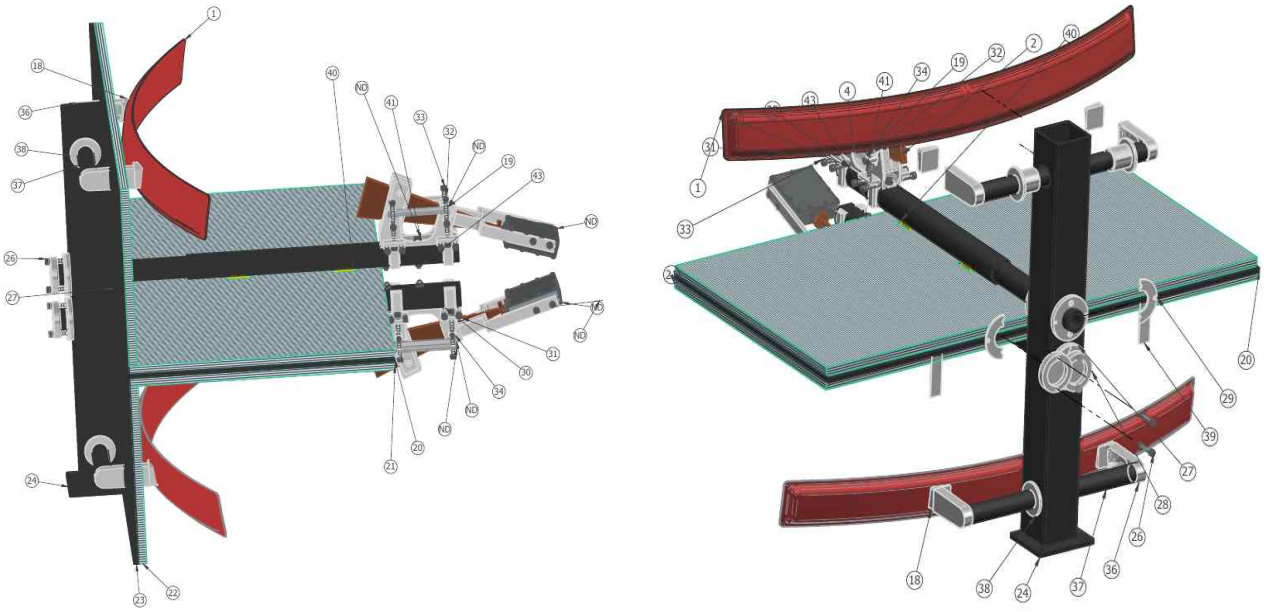
79.5GHz에서의 고각방사 패턴

< 수신 안테나 방사 패턴 >

③ 측정결과 요약

순서	파라미터	요구사항	시뮬레이션 결과	시뮬레이션 결과	시뮬레이션 결과
2.1	출력 주파수 대역	78 ~81 GHz	78 GHz	79.5 GHz	81 GHz
2.2	방위각 빔폭 (3 dB)	0.44° ± 0.05°	0.43°	0.42°	0.41°
2.3	고각 빔폭 (3 dB)	3.8°±0.3°, +1°	3.8°	3.7°	3.6°
2.4	이득	≥ 42 dBi	42.2 dBi	42.4 dBi	42.6 dBi
2.5	사이드로브 레벨, 방위각 옵셋 >±1°	< -25 dB	-28.5 dB	-28 dB	-29.5 dB
2.6	사이드로브 레벨, 방위각 옵셋 >±1°	< -30 dB	-39 dB	-42 dB	-41 dB
2.7	사이드로브 레벨, 방위각 옵셋 >±5°	< -40 dB	-42 dB	-41 dB	-42 dB
2.8	사이드로브 레벨, 방위각 옵셋 >±20°	< -25 dB	-31 dB	-33 dB	-32.5 dB
2.9	사이드로브 레벨, 고각 옵셋 >±20°	/	-42 dB	-41 dB	-42 dB

다) 설계도면



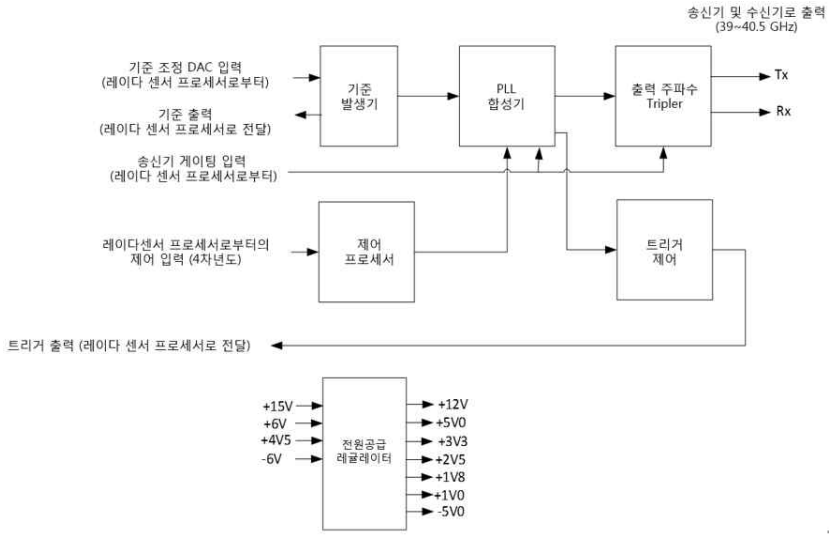
< 고정형 안테나 형상 >

4) 파형발생기

가) 개요

① 파형 발생기의 블록도는 크게 전원공급 레귤레이터, 기준 발생기, PLL 합성기, 출력주파수 Tripler, 트리거 제어, 제어프로세서로 구성

② 이동형 레이다 센서 모듈의 파형발생기와 설계 동일



< 파형발생기 구성 >

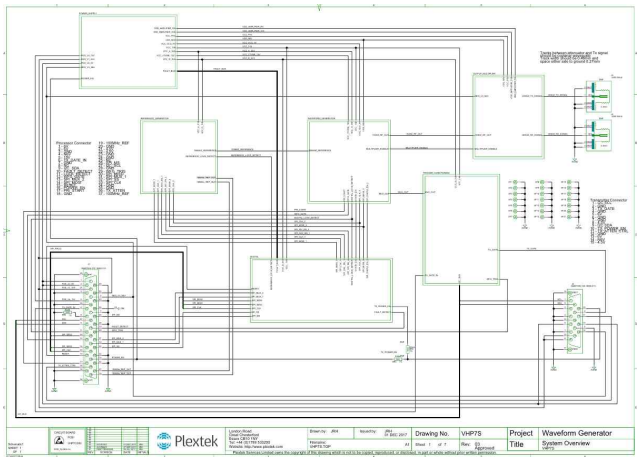
나) 세부설계

① 기준발생기

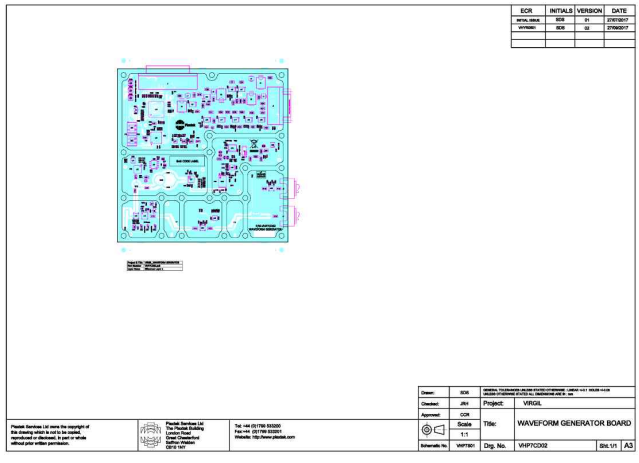
② PLL

- 저잡음 100MHz 오실레이터의 출력은 ECL 라인 수신기로 버퍼 되어 PLL 합성기에 기준신호를 제공
- 저잡음 PLL IC 는 100MHz 오실레이터를 훨씬 더 높은 안정성을 가진 10MHz 오실레이터로 위상 고정시키는데 사용. 이 방법에 의해서 100MHz의 낮은 위상이 유지되지만 동시에 10MHz 오실레이터의 안정성도 함께 보장
- 10MHz 오실레이터의 튜닝 입력은 16-비트 DAC의 출력에 의해 동작.
- 다중 레이다 시스템에서는 시스템의 각기 다른 레이다와 정확하게 동기화하기 위하여 레이다 센서 프로세서가 주파수를 조정

다) 설계도면

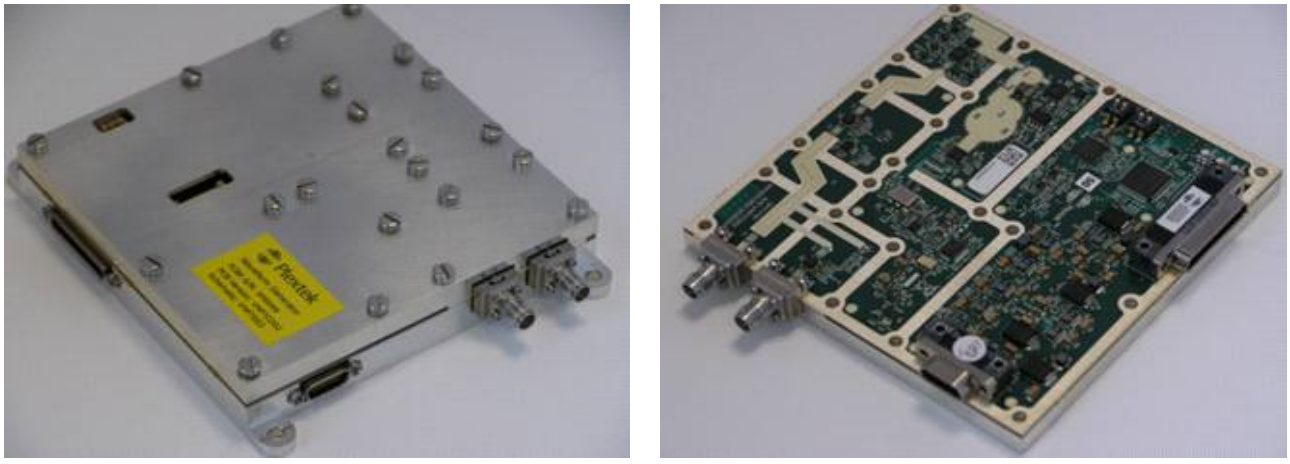


< 회로도 >



< PCB 레이아웃 >

라) 제작



< 제작된 파형발생기 >

5) 송신기

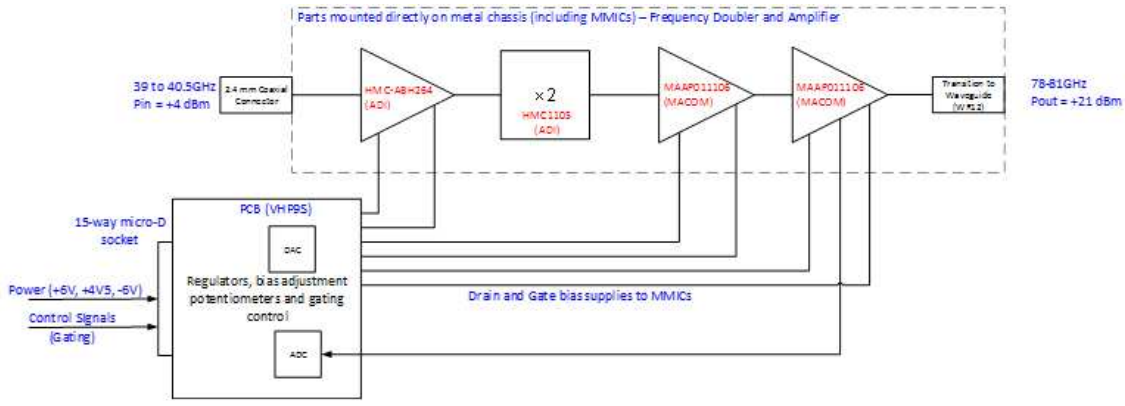
가) 개요

① 송신기와 수신기의 기능은 단일 모듈이 아닌 별도의 모듈로 구성. 이로 인해 송신기와 수신기의 도파관 포트는 중간에 도파관 없이 안테나의 송신 및 수신 도파관 포트에 직접 연결되어 손실을 최소화 할 수 있다.

② 각 모듈에서 전원공급 장치 및 제어회로와 같은 회로는 기존 PCB를 적용하나 두 모듈은 밀리미터파 주파수에서 동작하는 MMIC 구성요소를 사용하며 전문적인 구성 기법이 적용

③ 낮은 주파수 (최대 약 40GHz)에서 RF 설계는 일반적으로 PCB에 솔더링 된 패키지 IC를 사용한다. 그러나 송신기와 수신기 (최대 81GHz)에서 사용하는 매우 높은 동작 주파수에서 IC 패키지와 PCB 바이어스의 고유한 인덕턴스 임피던스가 MMIC 디바이스가 올바르게 동작하기에는 매우 높다. 이러한 이유로 송신 및 수신기 모듈에 사용된 MMIC 장치는 모두 패키징 되지 않은 다이(die) 형태이다. 접지 인덕턴스를 최소화하기 위해 이 소자는 전도성 에폭시를 사용하여 금속 하우징에 직접 접합된다.

④ 이동형 레이다 센서 모듈의 송신기와 설계 동일



< 송신기 구성도 >

나) 세부설계

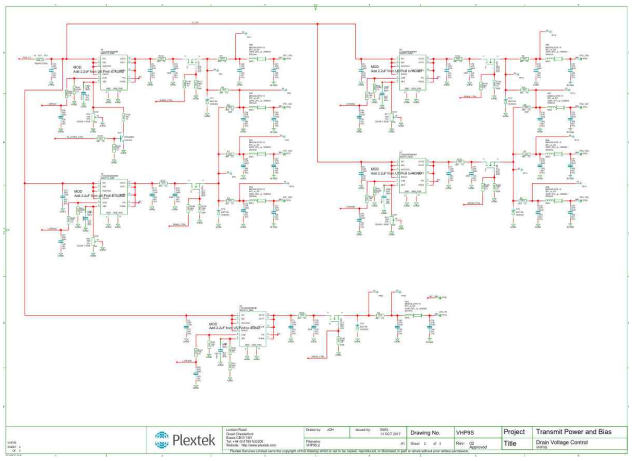
① 주파수 체배기

- 주파수가 78~81GHz에서 신호를 얻기 위해 파형발생기에서 39~40.5GHz 입력을 두 배로

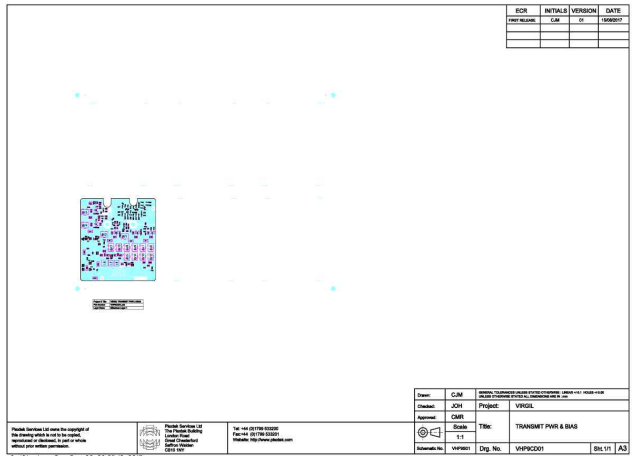
늘린다. 이후 신호가 증폭되어 안테나의 송신 포트를 동작시키는데 필요한 전력 레벨에서 송신신호를 제공한다.

② 입력 증폭기는 파형발생기의 입력을 수동 주파수 더블러를 구동하는데 필요한 전력레벨로 증폭한다. 이후 주파수 체배기의 출력이 100mW의 레벨로 증폭된다.

다) 설계도면



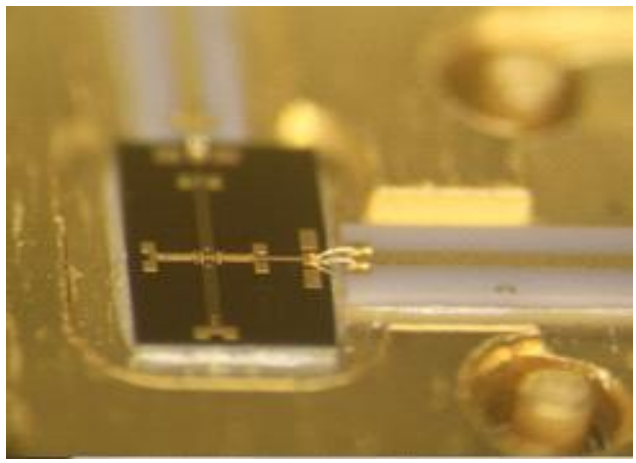
< 회로도 >



< PCB 레이아웃 >

라) 제작





< 제작된 송신기 >

6) 수신기

가) 세부설계

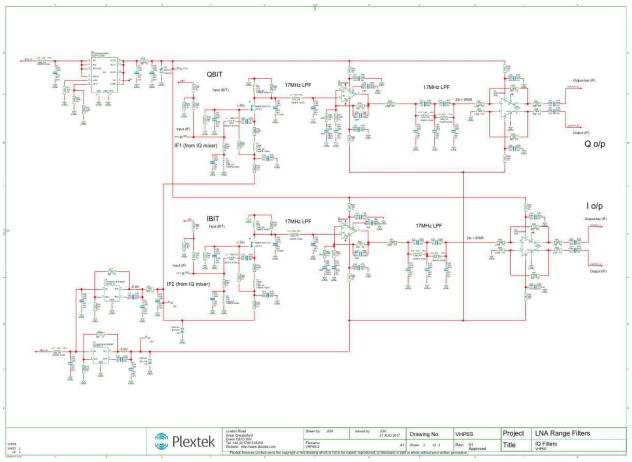
① 기저대역 증폭기

- I 및 Q 기저대역 증폭기 채널은 저잡음 JFET 전치 증폭기에 이어 연산증폭기 이득단 및 차동드라이버를 기반으로 하며 차동 아날로그 출력을 레이다 센서 프로세서에 제공한다. 패시브 LC 저역통과필터는 증폭기단 사이에 포함되어 17MHz 이상의 기저대역 주파수에서 잡음 또는 간섭신호를 제거한다.

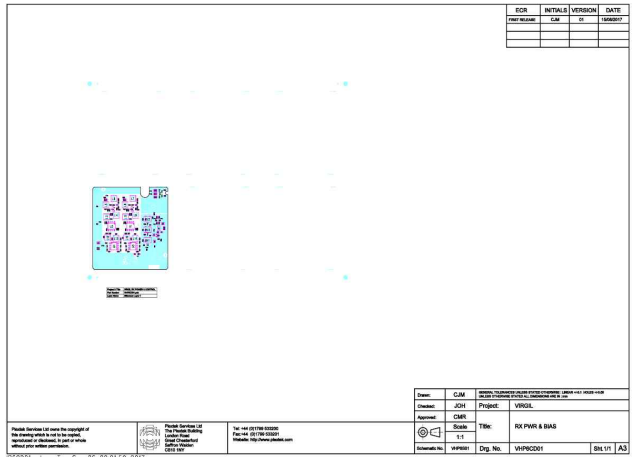
② 다운컨버터

- 39~40.5 GHz의 파형 발생기로부터의 로컬 오실레이터 입력은 다른 알루미나 타일을 통해 다운컨버터에 연결된다. 다운컨버터 MMIC 주파수는 이 신호를 내부적으로 두 배로 늘리고 동상 및 직교 신호의 카피를 생성하여 입력신호와 혼합하여 동상 및 직교 (I 및 Q) 기저대역 출력을 생성한다.

다) 설계도면



< 회로도 >



< PCB 레이아웃 >

라) 제작





< 제작된 수신기 >

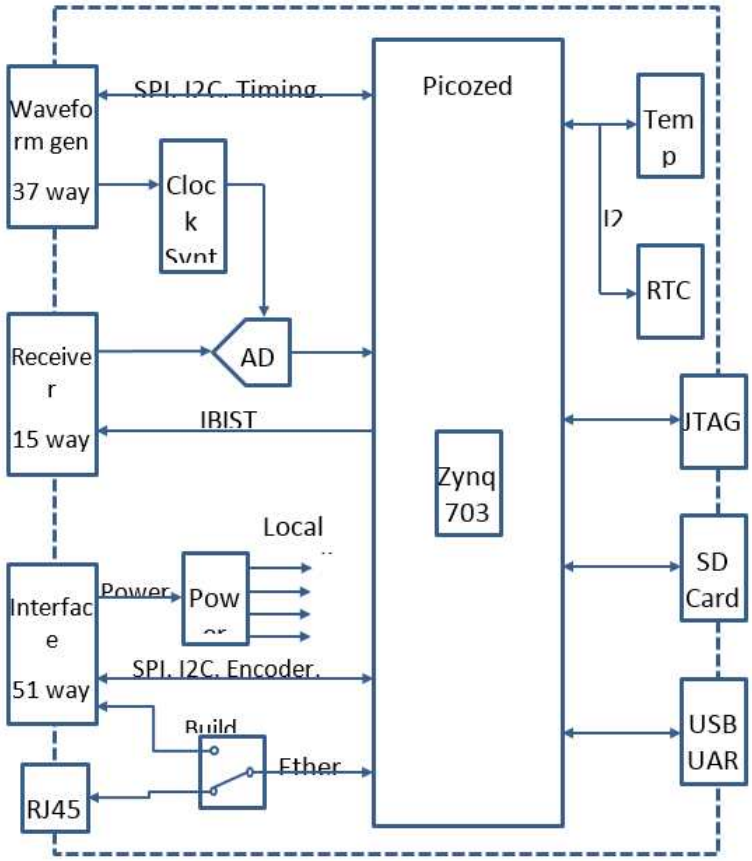
7) 레이다 센서 프로세서

가) 개요

① 구성

- 전원 입력/분배/제어 및 모니터링/배터리 제어
- 온도 센서
- 아날로그/디지털 변환
- 이더넷/시리얼 포트/SD카드/JTAG 지원
- 실시간 클럭 생성 및 클럭 통합
- GPS 인터페이스
- I/O : 파형발생기, 수신기, 인터페이스 모듈
- IBIST DDS (내부 테스트용)

① 이동형 레이다 센서 모듈의 레이다 센서 프로세서와 설계 동일



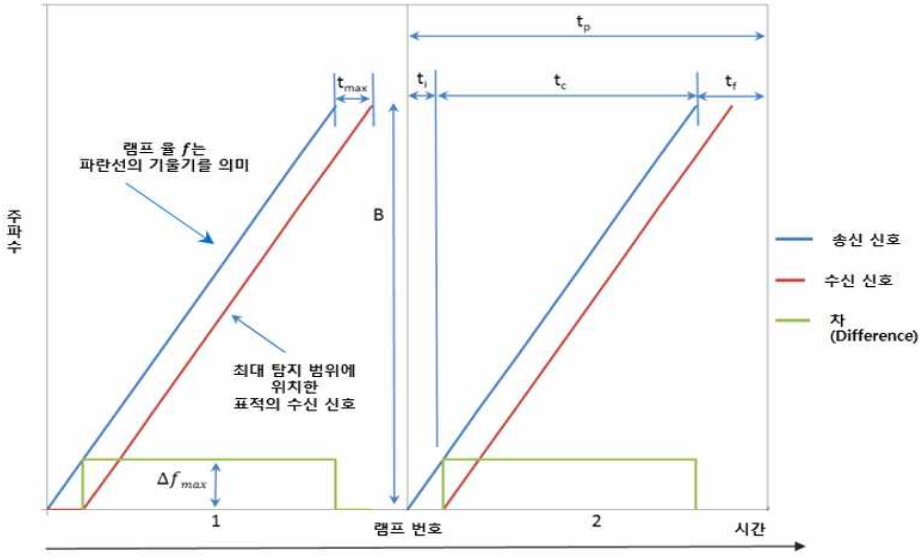
< 레이다 센서 프로세서 구성 >

나) 세부설계

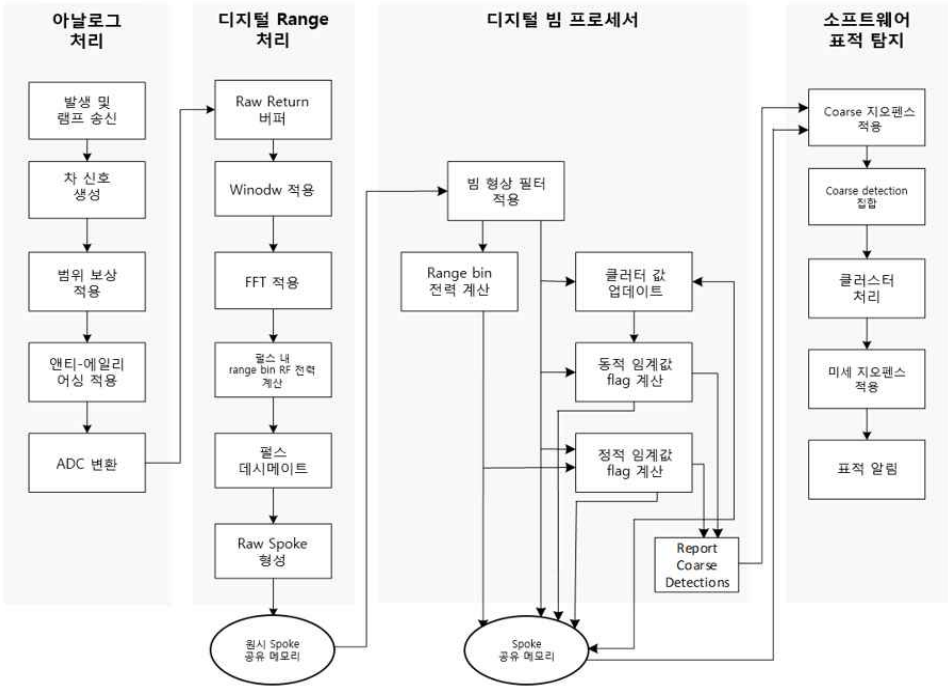
① 레이다의 송신기는 표적으로 향하는 신호를 송신하고 이 신호는 수신기로 다시 반사된다

① 아래 그림에서 최대 범위 $R_{\max}$에서의 표적을 나타낸다. 신호가 표적으로 송신되고 다시 레이다로 수신되는데 걸리는 시간은 $t_{\max}$이다.

③ 신호처리 파라미터는 성능에 대한 비용과 구현 용이성 사이의 절충점(trade-off)을 고려하여 선정하였다.

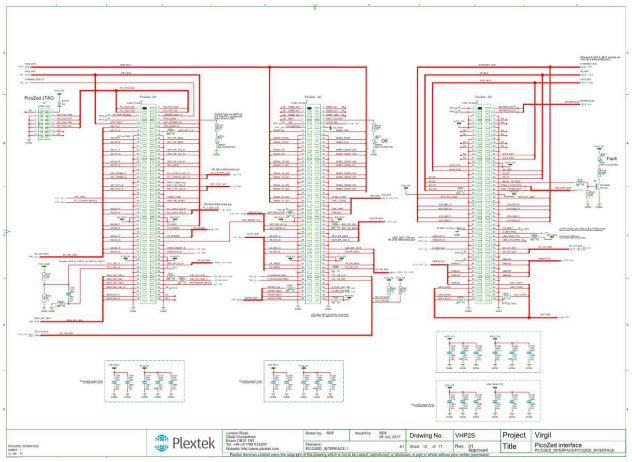


< 램프 파라미터 >

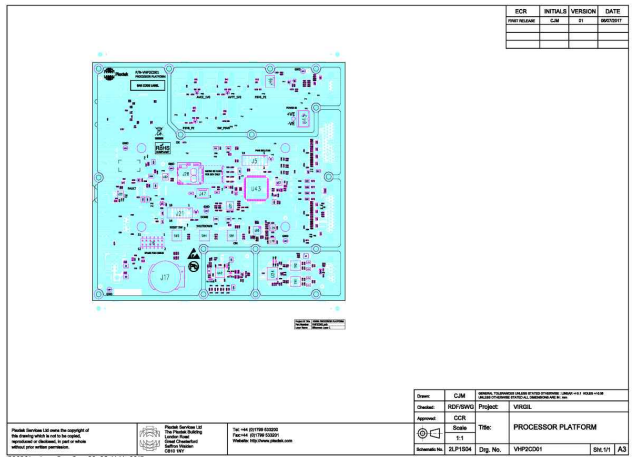


< 레이다 신호처리 흐름도 >

다) 설계도면



< 회로도 >



< PCB 레이아웃 >

라) 제작





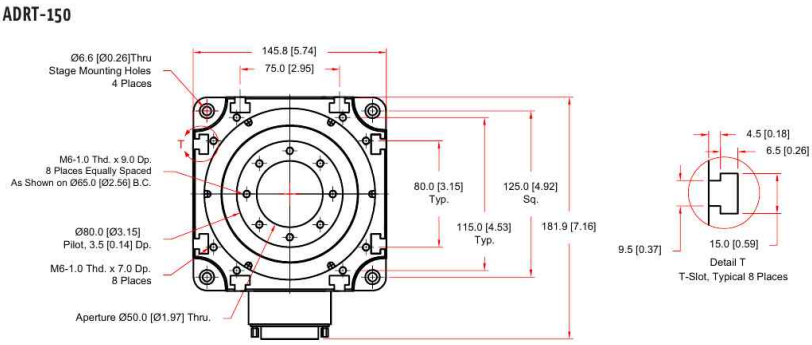
< 제작된 레이다 센서 프로세서 >

8) 로테이터

가) 개요

① 상용제품(COTS)인 모터와 인코더를 적용

② 이동형 레이다 센서 모듈의 로테이터와 설계 동일



9) 인터페이스 모듈

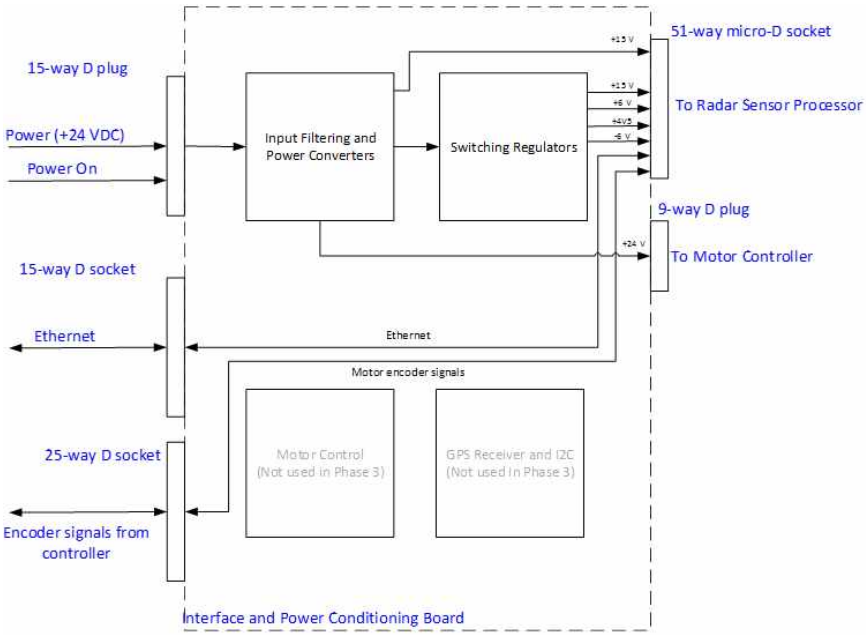
가) 개요

① 이더넷 및 모터 인코더 신호는 인터페이스 보드를 통해 레이더 센서 프로세서로 라우팅이 된다

② 레이다 인터페이스 유닛에서 발생하는 전원입력을 필터링 하고 두 개의 스위칭 레귤레이터 모듈을 사용하여 별도의 15V 레귤레이트 출력을 생성한다. 이 출력 중 하나는 레이다 센서 프로세서에 직접 전원을 공급하는 반면, 다른 하나는 스위칭 레귤레이터 블록에 전원을 공급하는 데 사용된다.

③ 필요한 기타 규정 전압을 생성한다. 필터링 된 전원입력은 9-way D형에 연결되어 모터 컨트롤러의 전원을 공급하는 데 사용된다.

④ 이동형 레이다 센서 모듈의 로테이터와 설계 동일

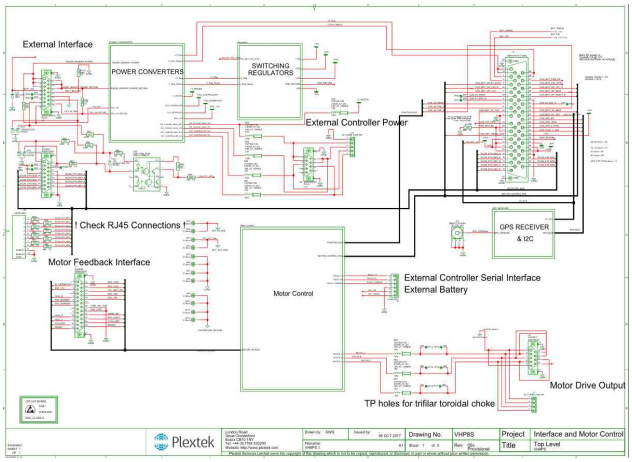


< 인터페이스 모듈 구성 >

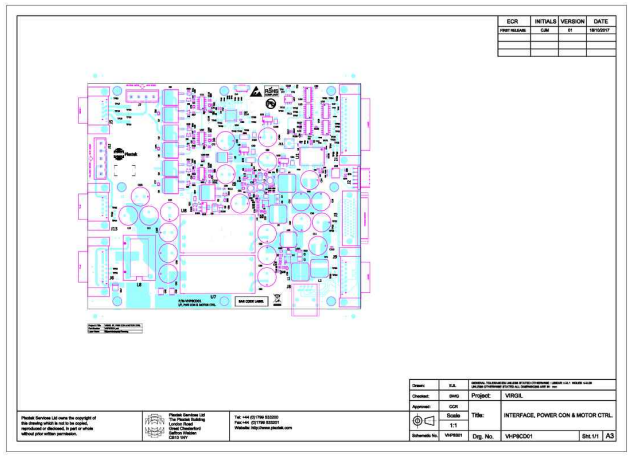
나) 세부설계

① 다른 모듈에 필요한 전원 전압을 생성하며 +15V, +6V, +4V5 및 -6V의 조정된 출력을 생성한다.

다) 설계도면



< 회로도 >



< PCB 레이아웃 >

라) 제작





< 제작된 인터페이스 모듈 >

10) 레이다 인터페이스 유닛 (RIU)

가) 개요

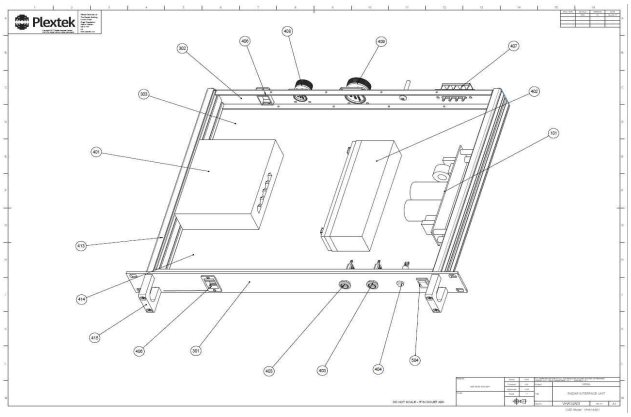
① 시스템 랙의 레이다 컨트롤러 연결용 이더넷 연결을 제공

② 외부 네트워크 타이밍 소스에 대한 연결을 제공하고 소스를 레이다 스캐닝 유닛에 전송

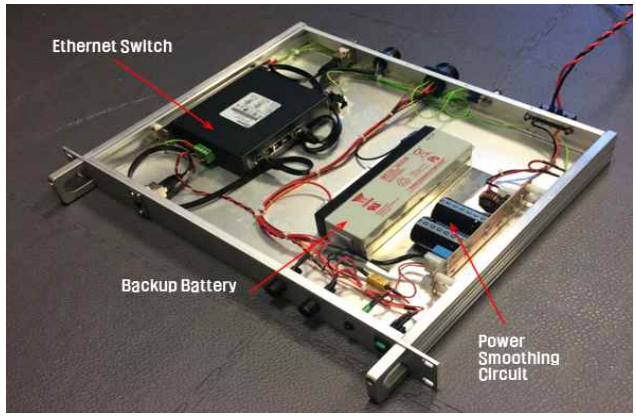
③ 로테이터 모터에서 변화하는 부하의 전류 평활화(current smoothing)를 제공한다.

나) 세부설계

① 레이다 스캐닝 유닛에 입력전원 공급에서 장애가 발생하면 레이다 스캐닝 유닛에 전원을 공급하고 레이다 스캐닝 유닛을 완전하게 종료시킨다.



< 기구도면 >



< 제작된 레이다 인터페이스 유닛 >

10) 현장운용시험용 레이다 센서 모듈 시제 제작



< 제작된 고정형 레이다 센서 모듈 >

11) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

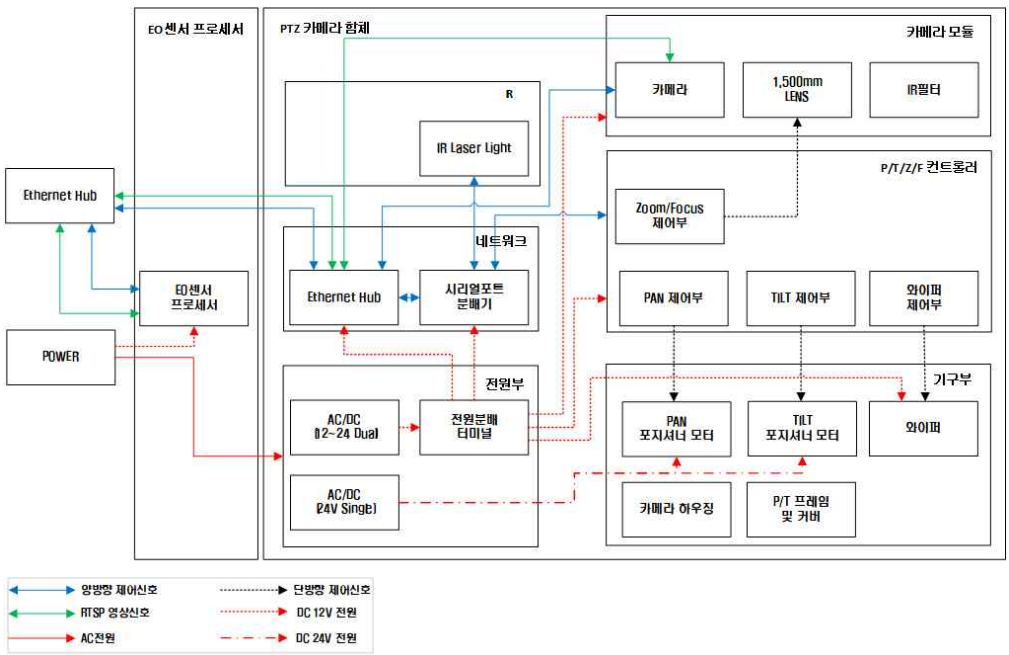
② **[별책 3-4]** 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 상세설계보고서

③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

④ **[별책 3-9]** 이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 개발보고서

나. 현장운용시험용 고정형 EO 센서 모듈 상세설계 및 시제 제작

1) 설계 개요



< 고정형 EO 센서 모듈 구성 >

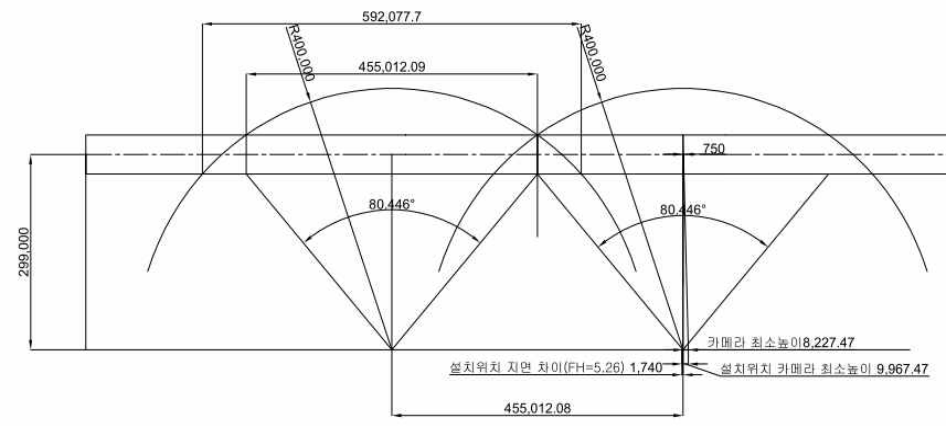
① 탐지거리 및 탐지각도 분석

- 최대 해상도가 1920pixel(수평) × 1080pixel(수직)을 가지는 200만 화소 카메라 적용하여 최대 탐지거리조건 400m 일 경우를 고려
- 렌즈 각도(수평) 산출 : 0.275°
  · 1500mm 줌 렌즈로 20mm x 20mm 의 이물질 탐지가 가능한 각도

$$\tan\theta = \sin -1 \times \frac{\text{높이}}{\text{밑변의 길이}}$$

$$= \sin -1 \times \frac{1920}{400{,}000} = 0.275$$

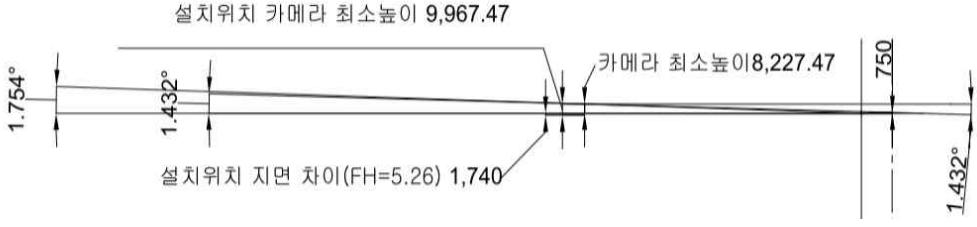
- 고정형 플랫폼 이격거리
  · 인천국제공항 제2활주로 기준 활주로 폭 포함 고정형 플랫폼까지의 거리가 299m 위치 시 플랫폼과 플랫폼 사이의 거리가 455m로 정의
  · 활주로 길이가 약 3.5km 일 때 약 8개소의 플랫폼 필요



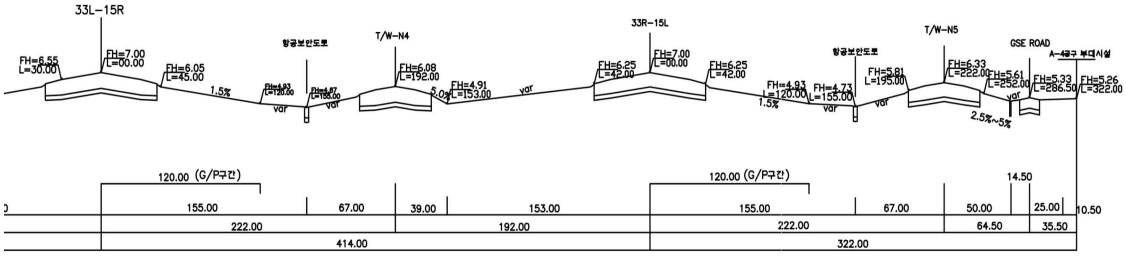
< 고정형 플랫폼 이격거리 분석 >

② 설치 높이 분석

- 활주로면 각도가 1.43° 로 최소 이 각도로 연장선을 그으면 활주로면 수평을 기준으로 8.25m
- 인천공항 단면도를 보면 활주로 면에서 설치 지면까지의 높이차가 1.74m이므로 PTZ 카메라 함체의 최소 높이는 8.227m + 1.740 = 9.967m 이상이 되도록 설계
- 위 계산 조건에서 활주로 중앙유도등의 높이에 숨겨지는 이물질 검출을 위해 10m 이상 되도록 설계 반영



< 1500mm 줌 렌즈 적용 시 탐지 각도 >



< 인천국제공항 제2활주로 단면도 >

2) PTZ 카메라 함체

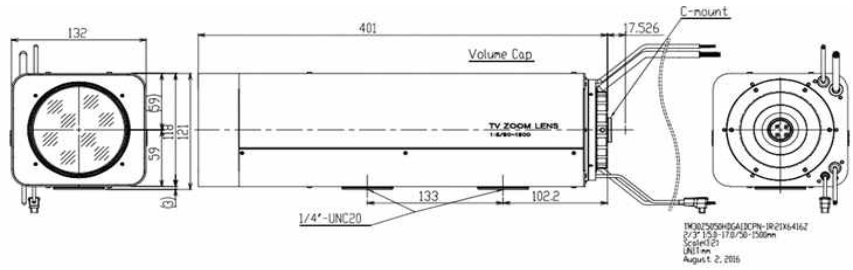
가) 세부설계

① EO 센서 카메라

- 글로벌 셔터 카메라 적용
- 주/야간 촬영을 위한 Day/Night 및 IR 적용
- 카메라, 렌즈, 필터 등을 수용할 수 있는 최소 높이로 설계

① 1500mm 줌 렌즈

- 400m에서 20mm × 20mm 크기의 이물질을 탐지하기 위한 화각 설계
- 400m 부근에서 포커스 제어를 원활하게 하기 위한 포커스 유격 설계
- 줌/포커스 정밀 제어를 위한 렌즈 줌/포커스 구동부 설계
- 50 ~ 1500mm의 30배 줌 렌즈 적용

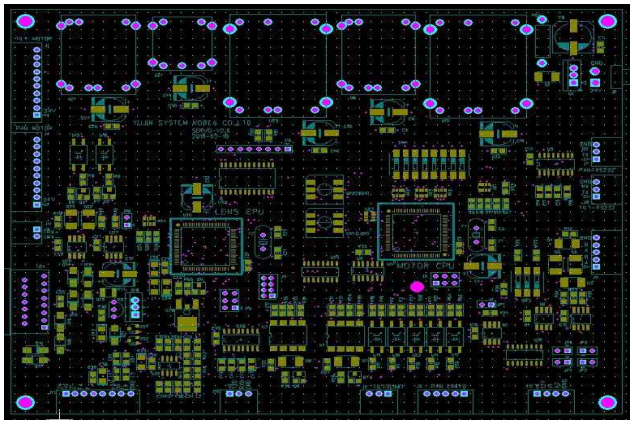


< 적용한 1500mm 줌 렌즈 >

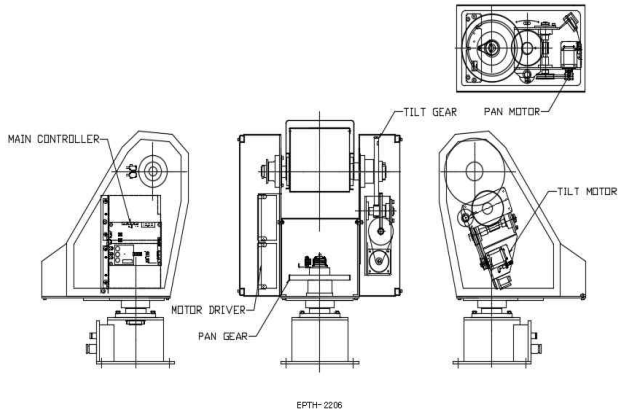
② IR 필터

- 야간에도 이물질을 탐지하기 위한 860nm 파장대의 BPF 설계
- 필터 절환을 위한 메카니즘 설계

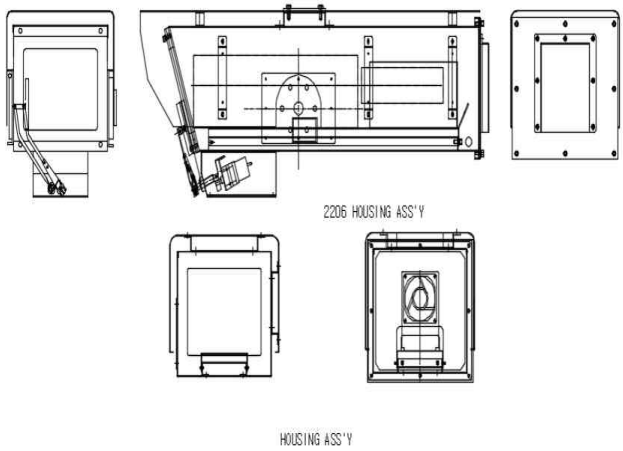
나) 설계 도면



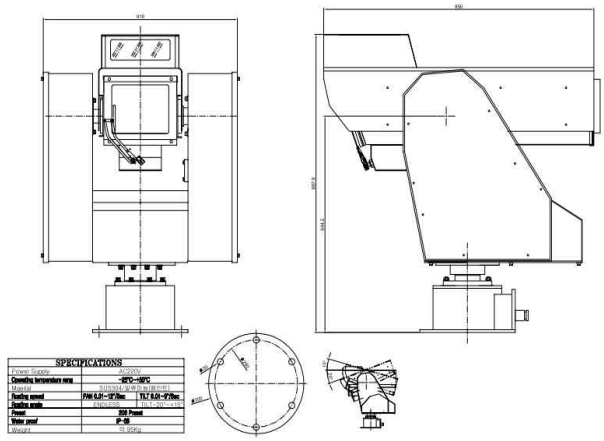
< PCB 레이아웃 >



< PTZ 함체 내부 기구도면 >



< PTZ 하우징 도면 >



< E0 센서 모듈 전체 형상 >

3) E0 센서 프로세서

가) 세부설계

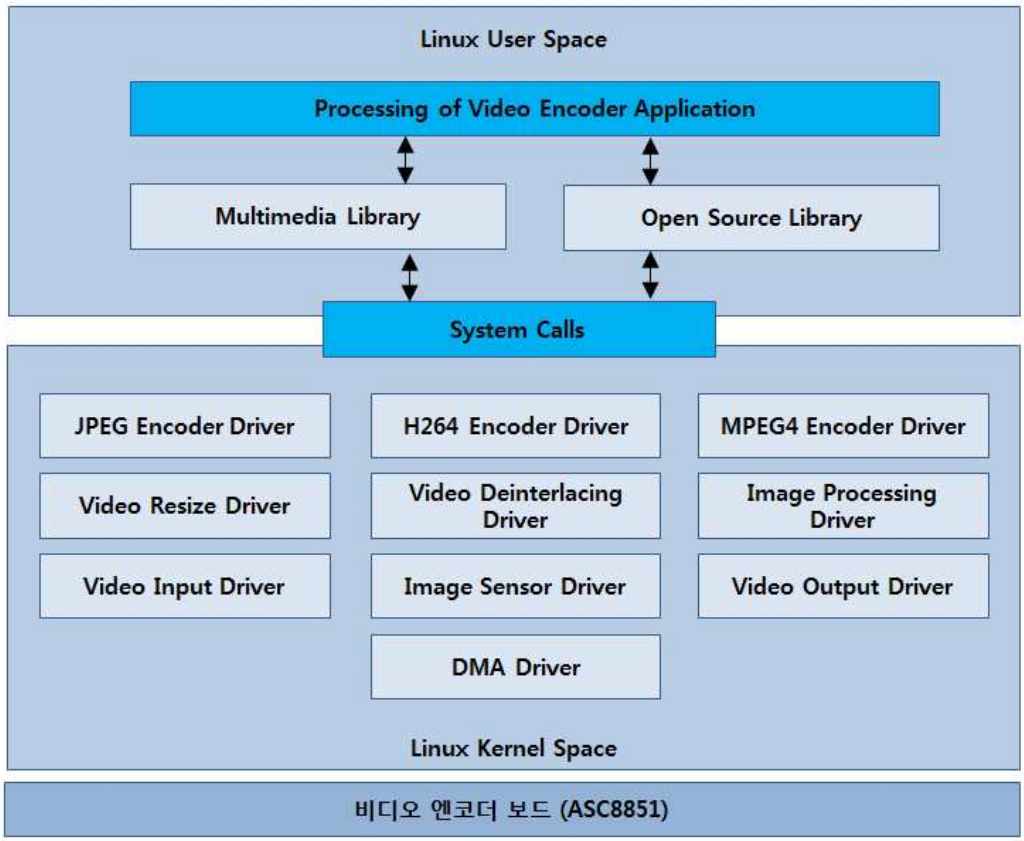
① 하드웨어 설계

- 상용 PC를 사용

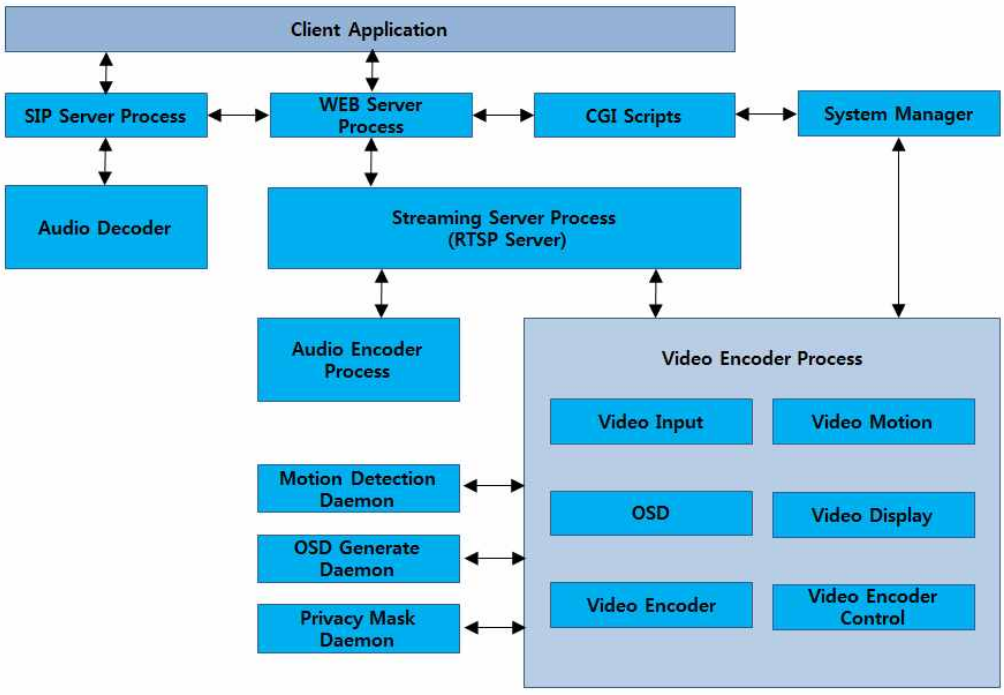
구분	상세 규격	비고
CPU 사양	Intel Core™ i7-6700K 4.0GHz processor 쿼드코어	
메모리 사양	16 GB DDR4L	
저장장치	256 GB SSD	
I/O 인터페이스	GIGA Bit 이더넷 RJ-45 2PortUSB 2.0 x 2	전면에 구성
입력전압	AC 220V	
전원 인터페이스	몰렉스 5566-04A	후면에 구성
상태표시	전원,HDD, 이상유무 3LED	
전원 On / Off	원형 전원버튼 스위치	전면에 구성

② 소프트웨어 설계

- 조회 및 제어 등의 외부 인터페이스 적용 설계
- 획득된 영상에서 이물질을 탐지하도록 설계
- 획득된 이물질 정보 전송기능 설계



< 소프트웨어의 아키텍쳐 >



< 응용 프로그램의 프로세스 구조 >

- 표적탐지 알고리즘 설계

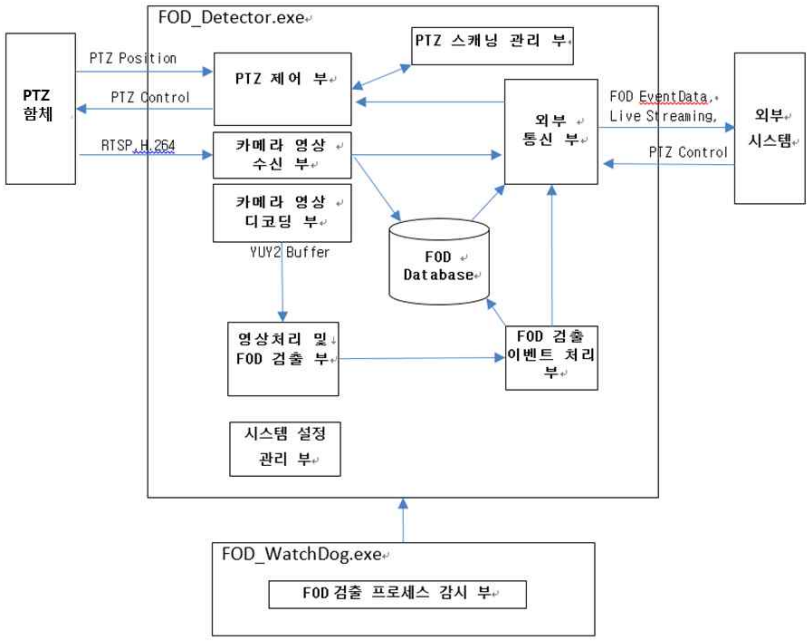
FODDetector.exe

· 영상기반으로 이물질(FOD)을 탐지하는 기능과 PTZ를 제어하는 기능을 담당

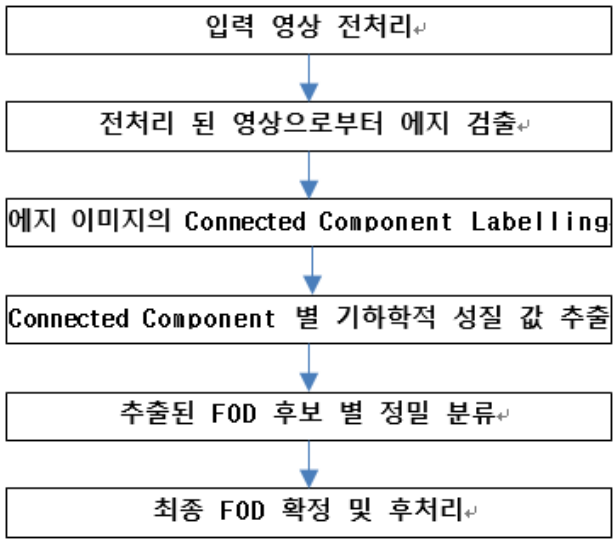
· 카메라에서 실시간 영상스트림은 RTSP 방식으로 수신되며 적절한 코덱으로 디코딩 된 다음 FOD검출 모듈로 영상이 전달된다. FOD검출 모듈은 입력 영상 내에서 이물질의 위치 및 크기를 얻으며 이를 PTZ좌표값과 연계시켜 GPS좌표상의 위치로 변환

· 이러한 FOD 검출 정보는 TCP/IP 기반 상의 XML 규약으로 외부시스템에게 전달된다.

Data Flow Diagram



< 모듈 구성 및 데이터 흐름도 >



< FOD 검출 알고리즘 순서도 >

다) 제작



< 제작된 현장운용시험용 E0 센서 모듈 >



< 제작된 현장운용시험용 ESP 모듈 >

다) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

② **[별책 3-5]** 고정형/이동형 E0 센서 모듈 상세설계보고서

③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

다. 현장운용시험용 통합운영시스템 상세설계

1) 설계 개요

통합운영서버, 통합운영 고정형 콘솔, 통합운영 이동형 콘솔, 통합운영 휴대용 콘솔로 구분하여 설계

2) 설계 내용

① 인터페이스 설계

- 통합운영콘솔과 통합운영서버 간의 인터페이스 헤더 정의

HEADER	BODY					TAIL
START	Process	Command	Operation	SubData Size	SubData	END
1	1	1	1	2	N	1

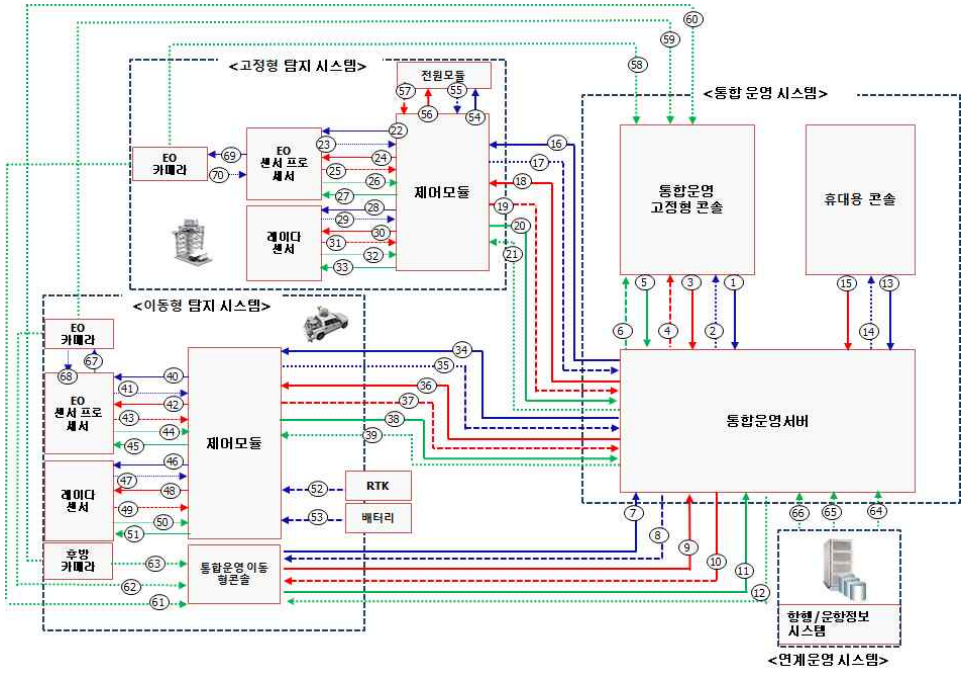
< 인터페이스 헤더 정의 (콘솔-서버 >

- 고정형 / 이동형 제어모듈과 통합운영 서버간의 인터페이스 헤더 정의

HEADER	BODY											TAIL
START	ADDR						CMD	EQUIP TYPE	RESERVED HEADER	SubData Size	SUB_DATA	CRC	END
	Rcv Main Sys	Rcv Sub Sys	Rcv Object	Trans Main Sys	Trans Sub Sys	Trans Object							
N	6						1	1	2	2	N	2	1

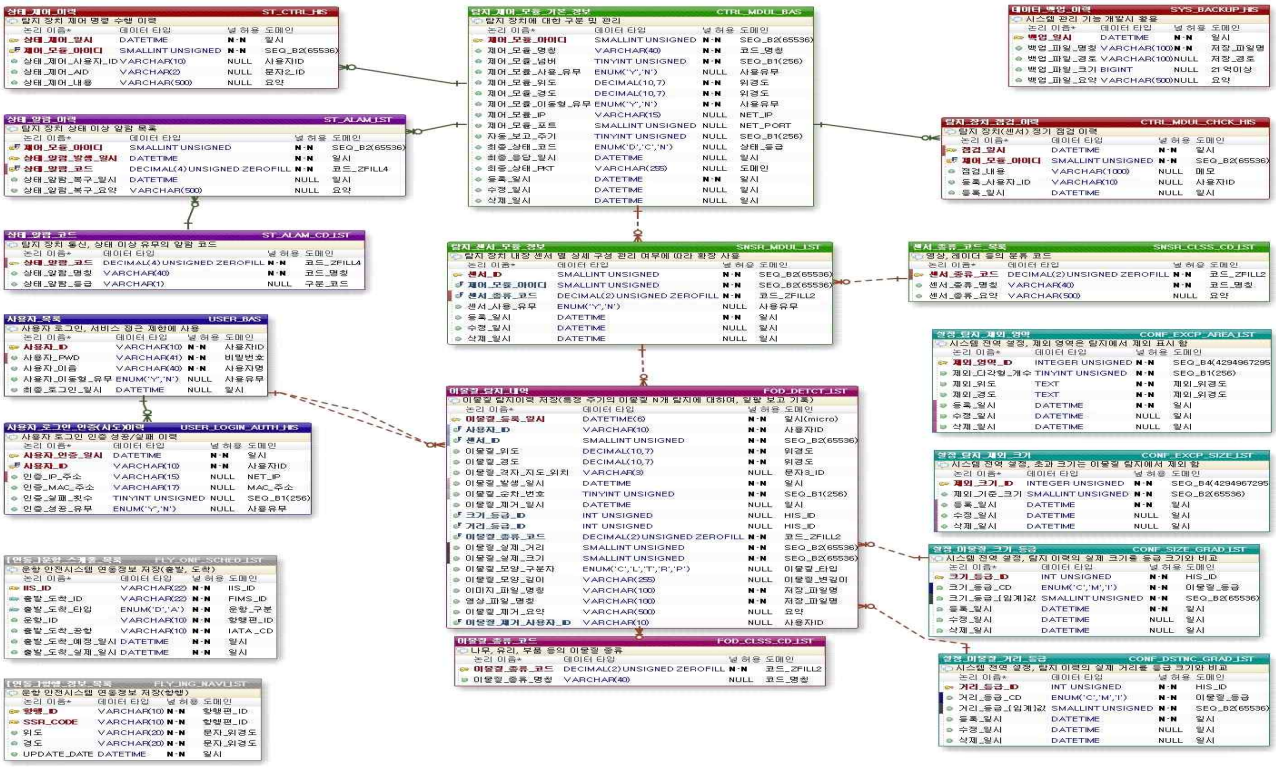
< 인터페이스 헤더 정의 (제어모듈-서버)>

- 전체 인터페이스 구성



< 통합운영시스템 전체 인터페이스 구성 >

② 논리 및 물리 ERD



< 통합운영서버 ERD >

③ 엔터티 정의

엔터티명	속성명	도메인명	데이터타입	길이	PK
운항_스케줄_목록{_연동}	IIS_ID	IIS_ID	VARCHAR(22)	22	1
운항_스케줄_목록{_연동}	출발_도착_ID	FIMS_ID	VARCHAR(22)	22	
운항_스케줄_목록{_연동}	출발_도착_타입	운항_구분	ENUM('D','A')	1	
운항_스케줄_목록{_연동}	운항_ID	항행편_ID	VARCHAR(10)	10	
운항_스케줄_목록{_연동}	출발_도착_공항	IATA _CD	VARCHAR(10)	10	
운항_스케줄_목록{_연동}	출발_도착_예정_일시	일시	DATETIME		
운항_스케줄_목록{_연동}	출발_도착_실제_일시	일시	DATETIME		
항행_정보_목록{_연동}	항행_ID	항행편_ID	VARCHAR(10)	10	1
항행_정보_목록{_연동}	SSR_CODE	항행편_ID	VARCHAR(10)	10	2
항행_정보_목록{_연동}	위도	문자_위경도	VARCHAR(20)	20	
항행_정보_목록{_연동}	경도	문자_위경도	VARCHAR(20)	20	
항행_정보_목록{_연동}	UPDATE_DATE	일시	DATETIME		
사용자_목록	사용자_ID	사용자ID	VARCHAR(10)	10	1
사용자_목록	사용자_PWD	비밀번호	VARCHAR(41)	41	
사용자_목록	사용자_등급	사용자등급구분	ENUM('M','U','D','P')	1	

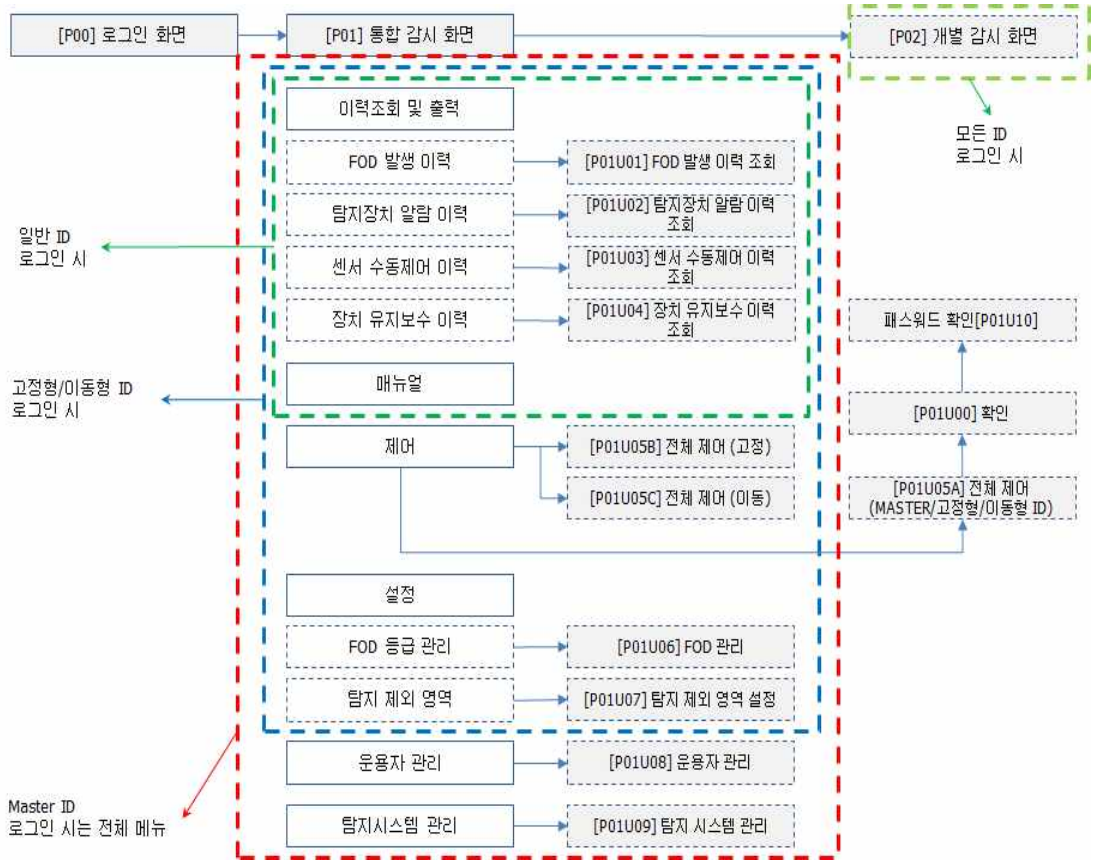
(이하 생략)

④ 테이블 정의

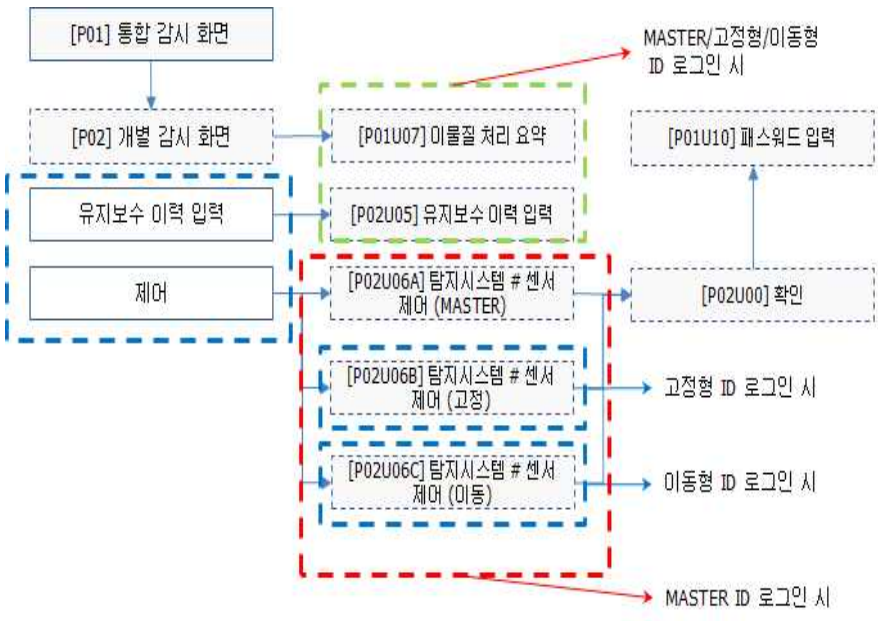
순번	데이터베이스명	주제영역명	테이블명	테이블 한글명
1	FOD_DB	통합운용시스템	FLY_ONF_SCHED_LST	운항_스케줄_목록{_연동}
2	FOD_DB	통합운용시스템	FLY_ING_NAVI_LST	항행_정보_목록{_연동}
3	FOD_DB	통합운용시스템	USER_BAS	사용자_목록
4	FOD_DB	통합운용시스템	ST_ALAM_LST	상태_알람_이력
5	FOD_DB	통합운용시스템	ST_ALAM_CD_LST	상태_알람_코드
6	FOD_DB	통합운용시스템	CONF_EXCP_SIZE_LST	설정_탐지_제외_크기
7	FOD_DB	통합운용시스템	CONF_EXCP_AREA_LST	설정_탐지_제외_영역
8	FOD_DB	통합운용시스템	SNSR_CLSS_CD_LST	센서_종류_코드_목록
9	FOD_DB	통합운용시스템	CONF_SIZE_GRAD_LST	설정_이물질_크기_등급
10	FOD_DB	통합운용시스템	FOD_DETCT_LST	이물질_탐지_내역

(이하 생략)

⑥ UI 설계



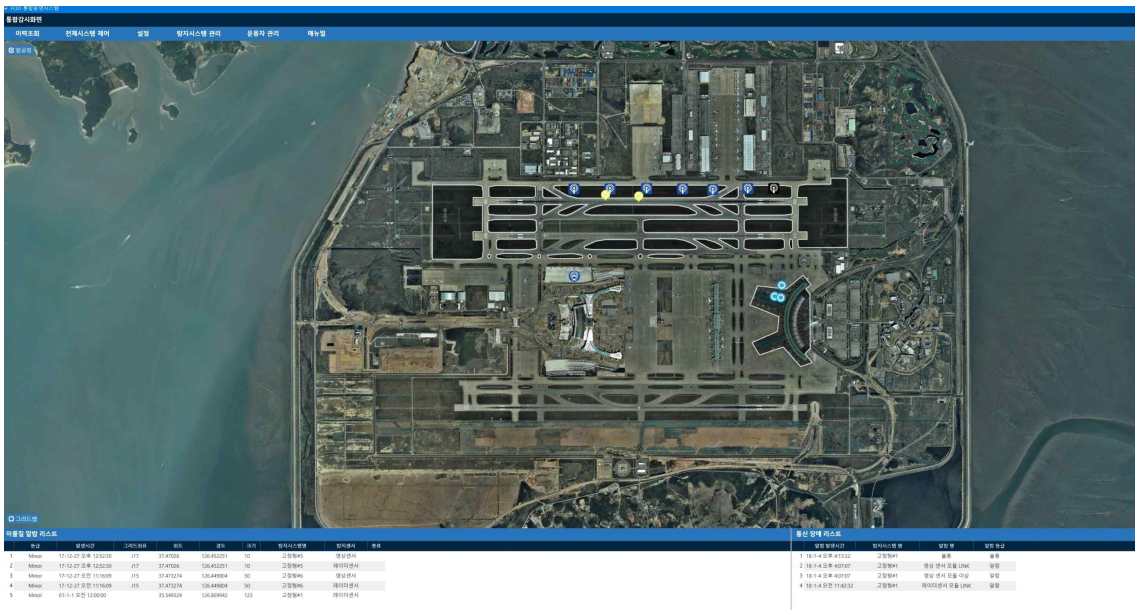
< 통합운영 고정형/이동형 콘솔 통합감시 메뉴 구성 >



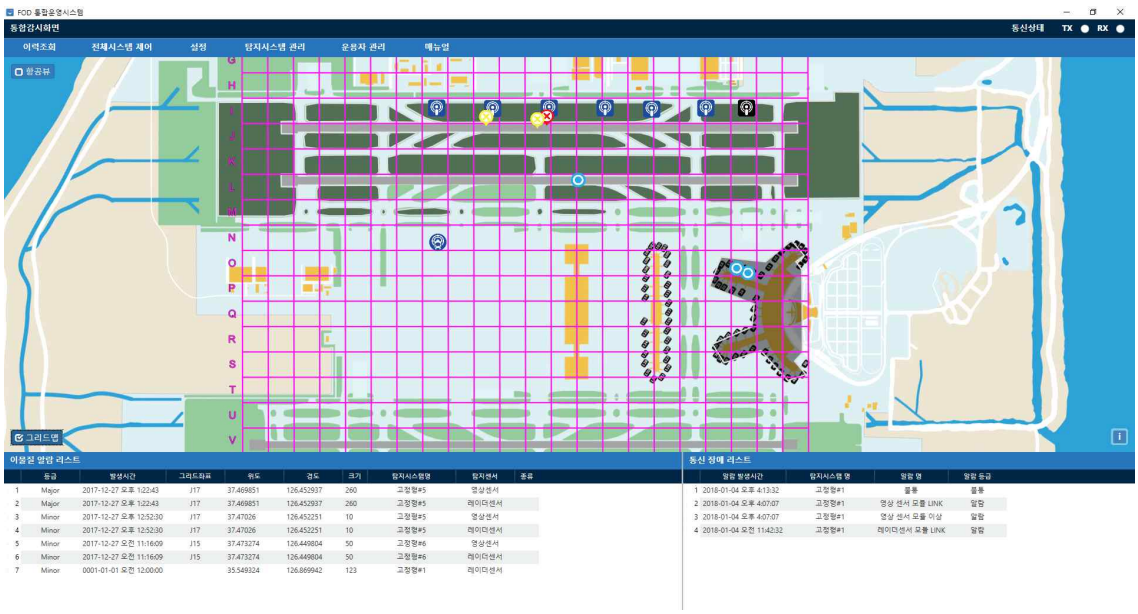
< 통합운영 고정형/이동형 콘솔 개별감시 메뉴 구성 >



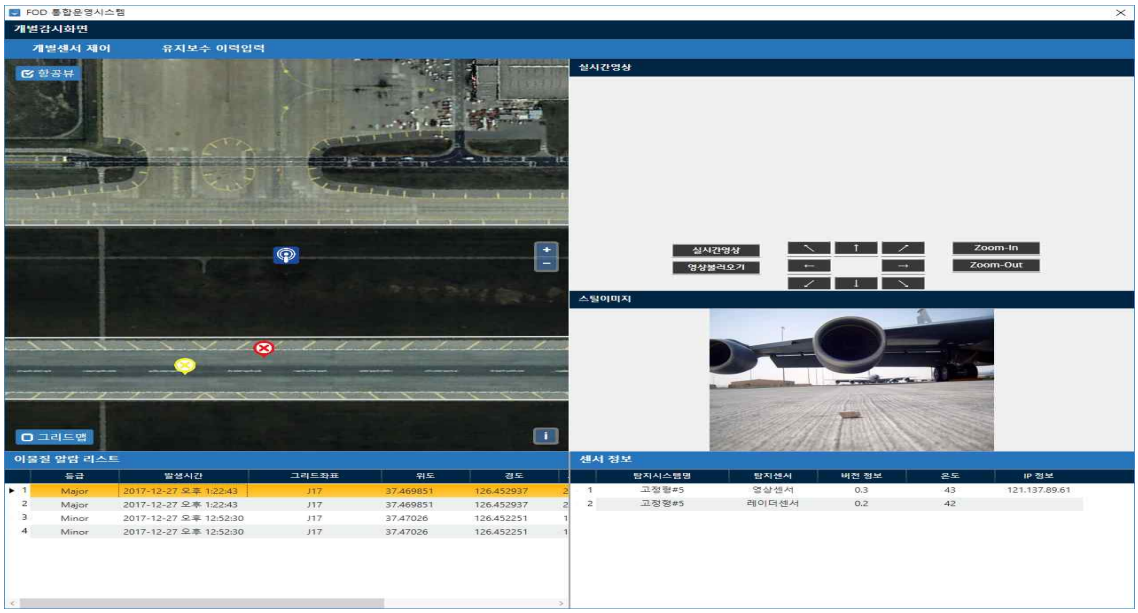
< 통합운영시스템 로그인 >



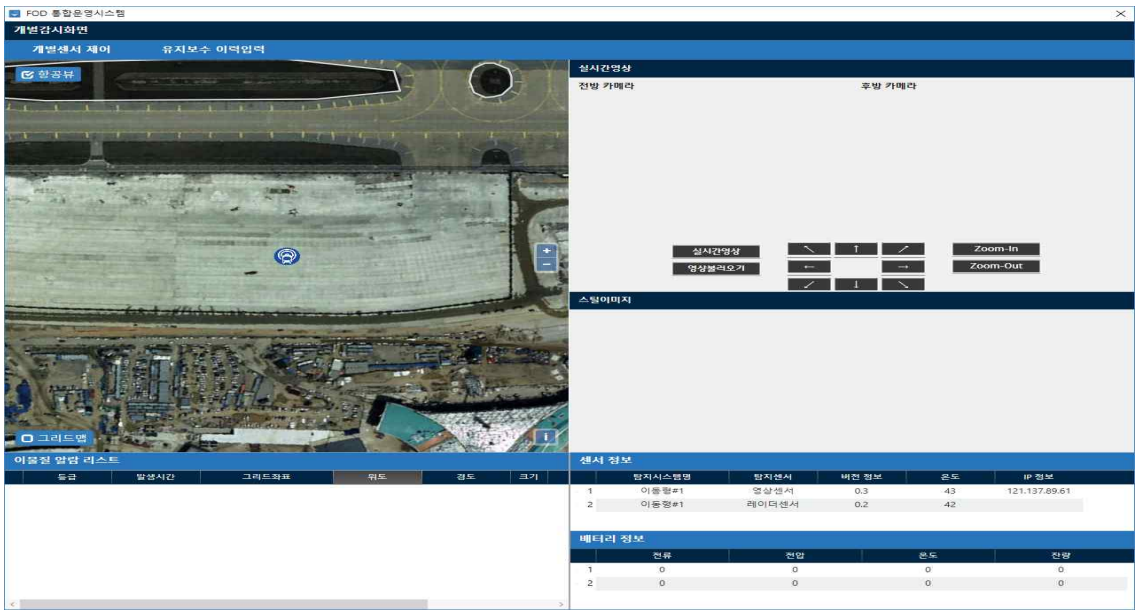
< 통합운영시스템 메인화면(항공지도 모드) >



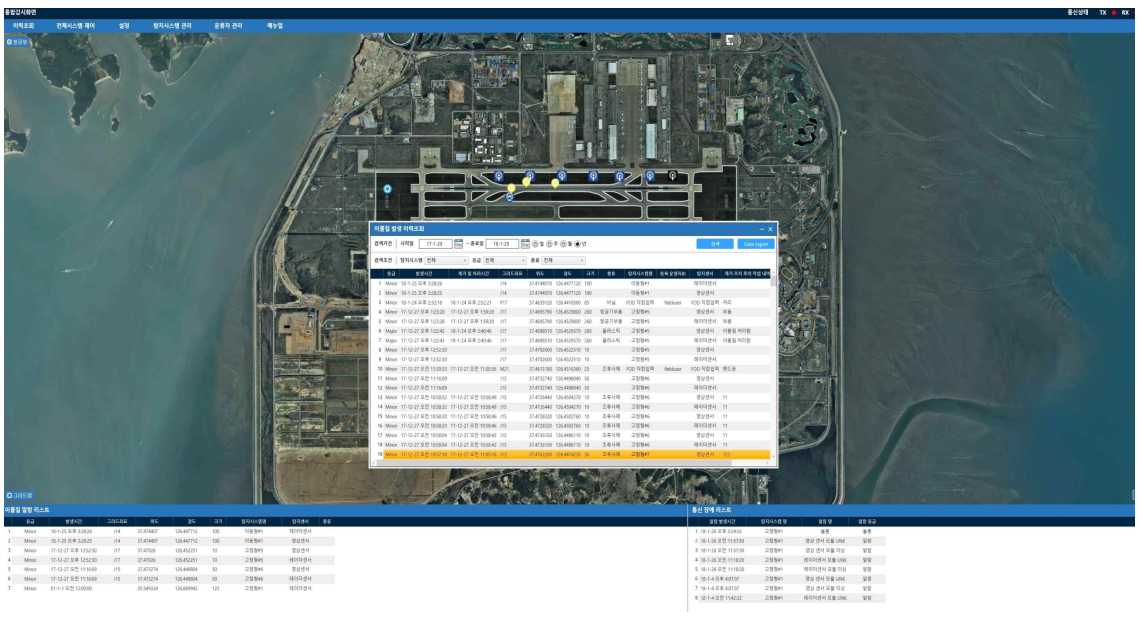
< 통합운영시스템 메인화면(벡터이미지지도 모드 + 그리드맵) >



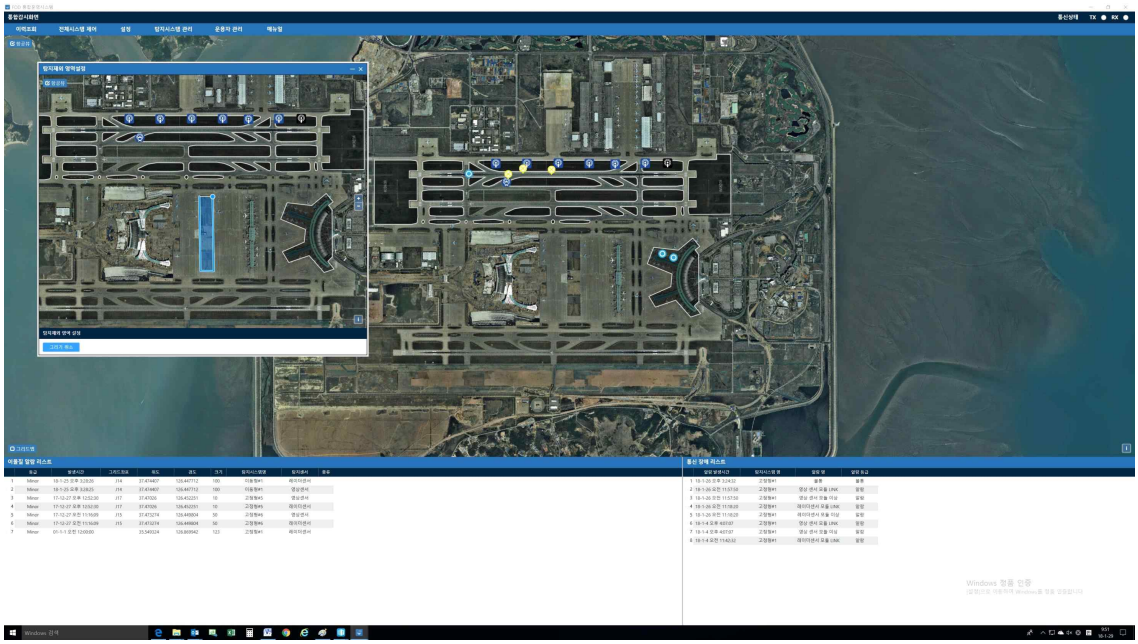
< 통합운영시스템 개별감시(고정형) >



< 통합운영시스템 개별감시(이동형) >



< 통합운영시스템 이물질 이력조회 >



< 통합운영시스템 탐지제외영역 설정 >

3) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

② **[별책 3-3]** 통합운영시스템 상세설계보고서

③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

라. 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 구현

1) 설계 개요

가) NDL, FDL, DLM로 구성된 KADL 설계

① NDL : Navigation Data Logger

② FDL : Flight Data Logger

③ DLM : Data Logger Manager

④ KADL : KAC Aeronautical Data Logger

나) KADL은 KADL Client, KADL MC(Management Console), KADL Client Library로 구성

2) 설계 내용

① NDL : 항행시스템(지상감시 레이다 시스템)과 접속하여 항행정보 데이터를 수신한 다음 수신된 데이터를 JSON 형식으로 변환하여 DLM으로 송신

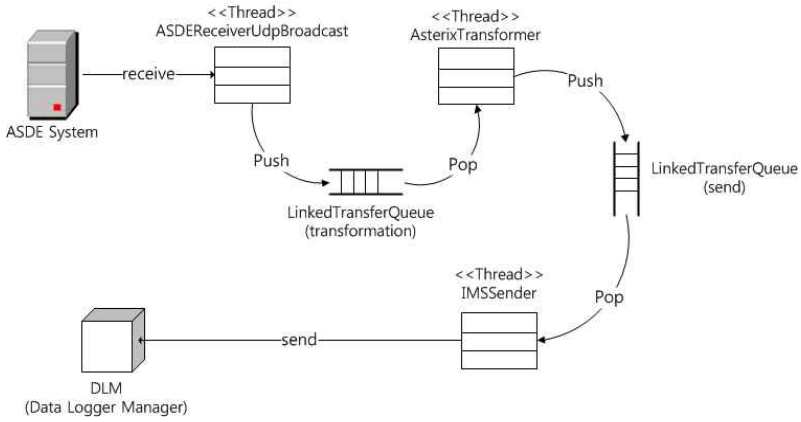
② FDL : 운항정보관리시스템(FIMS)과 접속하여 운항정보 데이터를 수신한 다음 수신된 데이터를 JSON형식으로 변환하여 DLM으로 송신

③ DLM : NDL과 FDL로부터 수신받은 데이터를 MC로 송신하며, MC로부터 수신된 명령을 처리하고 Client로 처리된 데이터를 송신하고 접속 권한을 관리

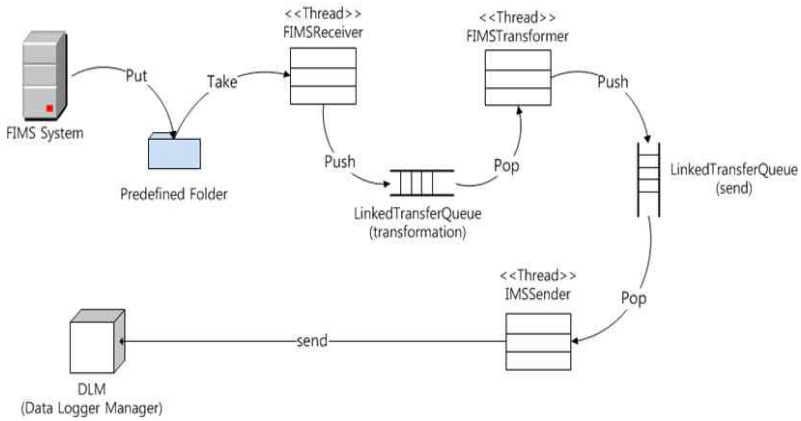
④ KADL Client : DLM으로 수신받은 데이터와 DLM 접속 상태를 화면에 표시

⑤ KADL MC : DLM에 명령수행을 요청하고 응답을 수신하며, 전체 시스템 접속 사용자를 관리하고 DLM으로부터 수신받은 데이터를 화면에 표시

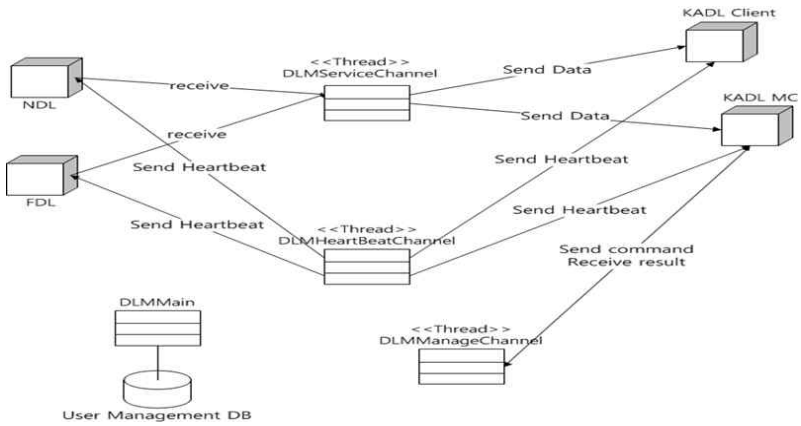
⑥ KADL Client Library KADL 시스템에 접속하고 KADL로부터 데이터를 수신하는 기능



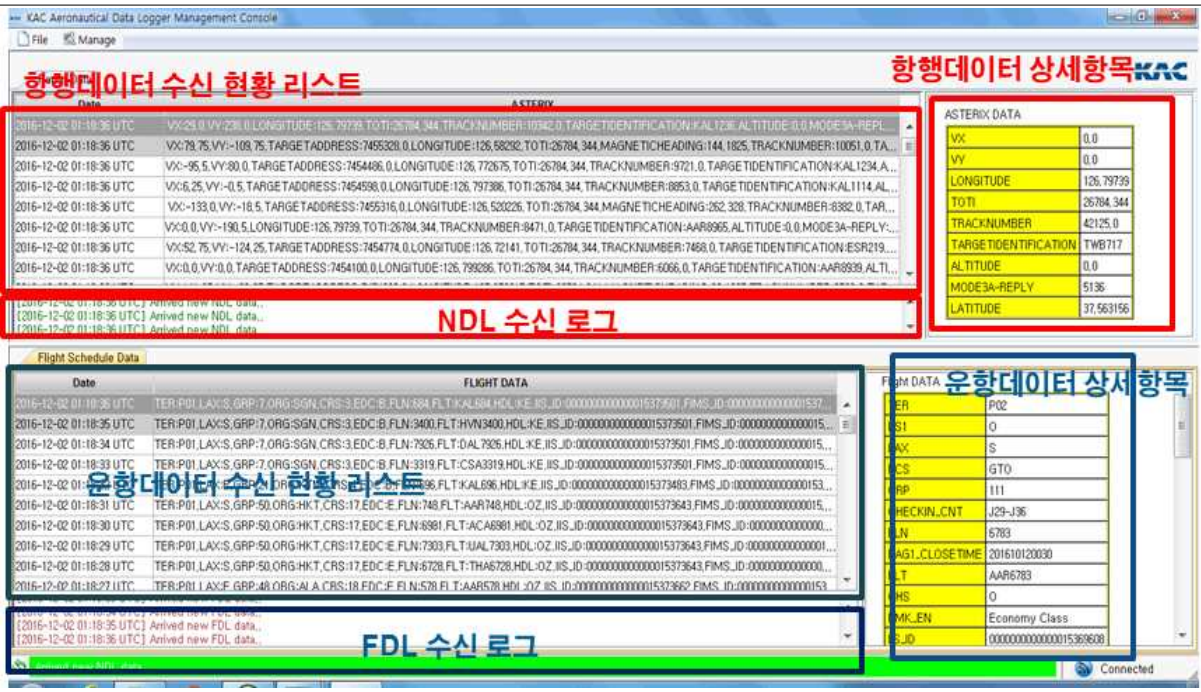
< NDL 동작 구조 >



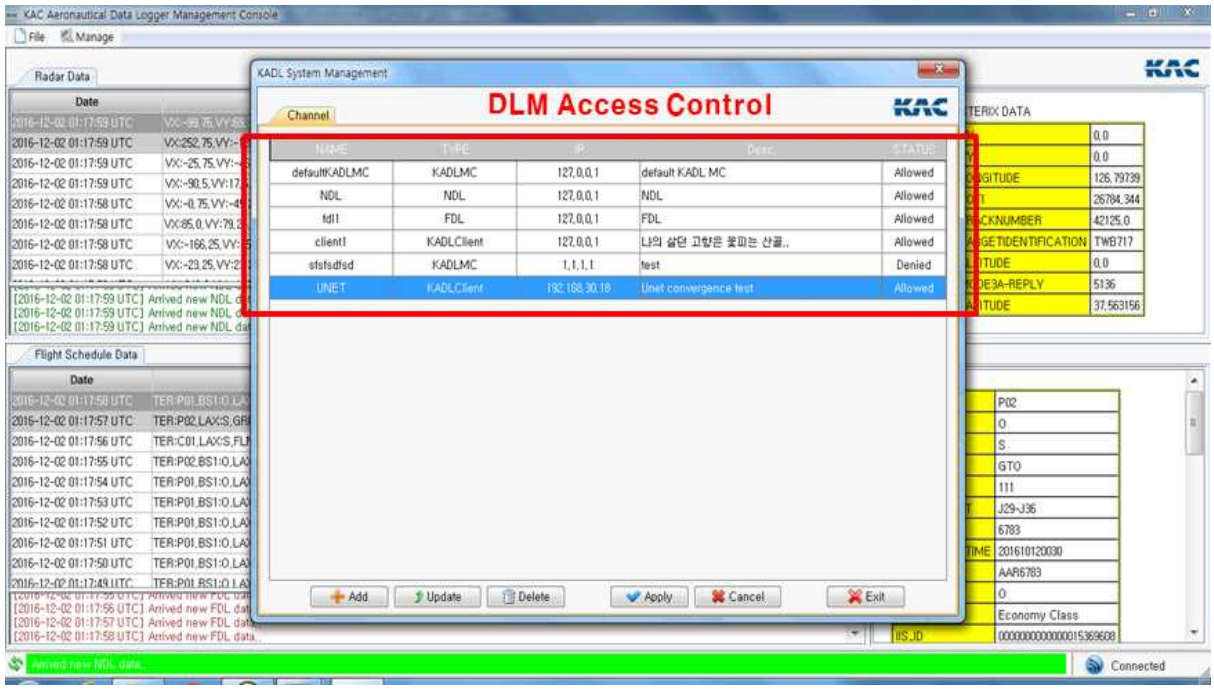
< FDL 동작 구조 >



< DLM 동작 구조 >



< KADL Client UI가 DLM으로부터 데이터를 수신하는 화면 >



< KADL MC UI를 통해 DLM 관리 및 출력하는 화면 >

3) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-6]** 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 단위시험 결과보고서

마. 현장운용시험용 고정형 플랫폼 및 옥외형 함체 상세설계 및 시제 제작

1) 고정형 플랫폼

가) 설계내용

① 재질 : SS400 적용

② 플랜지빌리티 : ICAO 기준을 적용하여 분석

③ 유지보수

- 타워 상단에 작업펜스 설치
- 운용자 안정성을 위한 수직 추락방지 장치 및 시건장치 설치

④ 플랜지빌리티 분석

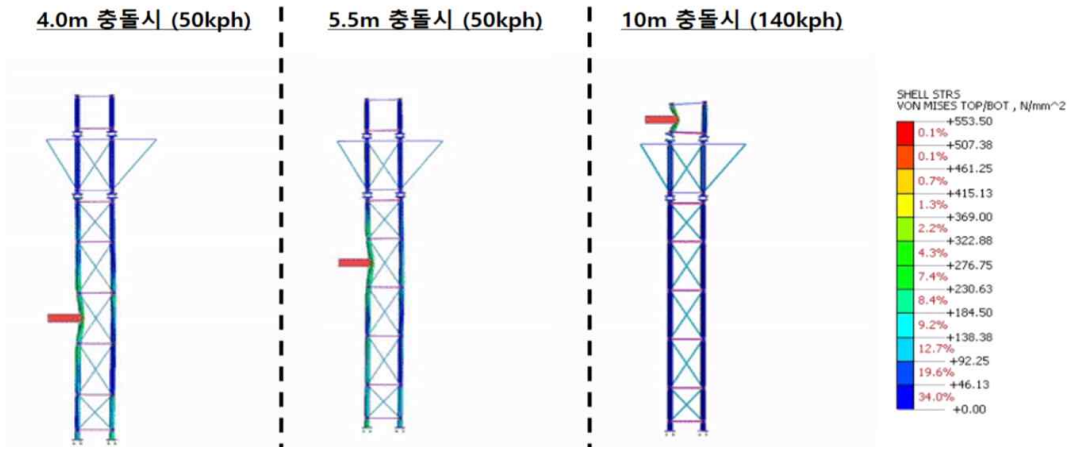
- 철골 구조물 및 Fuse Bolt를 설계하고 플랜지빌리티 M&S(MIDAS GEN2015) 수행
- 구조물 : 아래와 같이 하중조건을 고려하여 설계

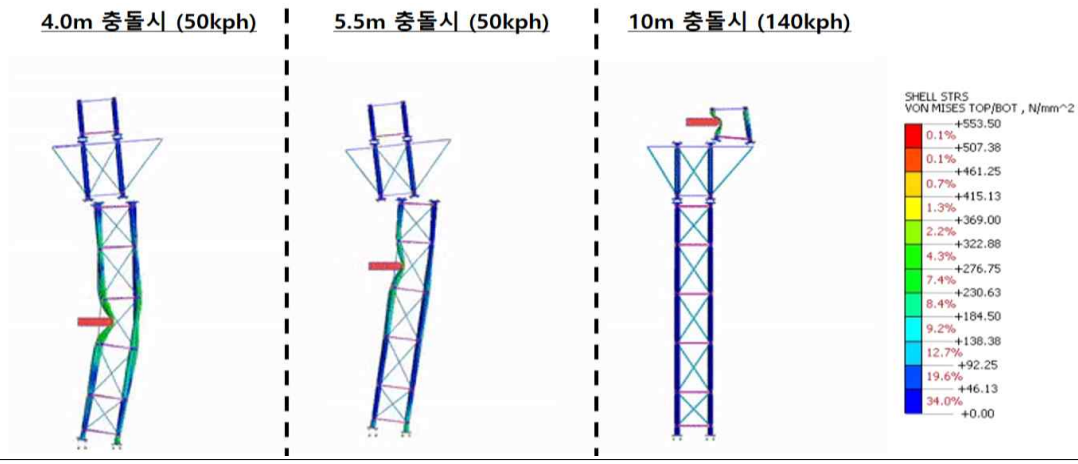
하중	조건	비고
고정하중	Platform Grating : 50kg/m2	
활하중	300kg/m2	
풍하중	FAA에서 권고한 풍속 241kph 적용(Elevated fixtures)	
지진하중	인천 / SD : (KBC2016기준 중 가장 불리한 SD지반으로 적용)	

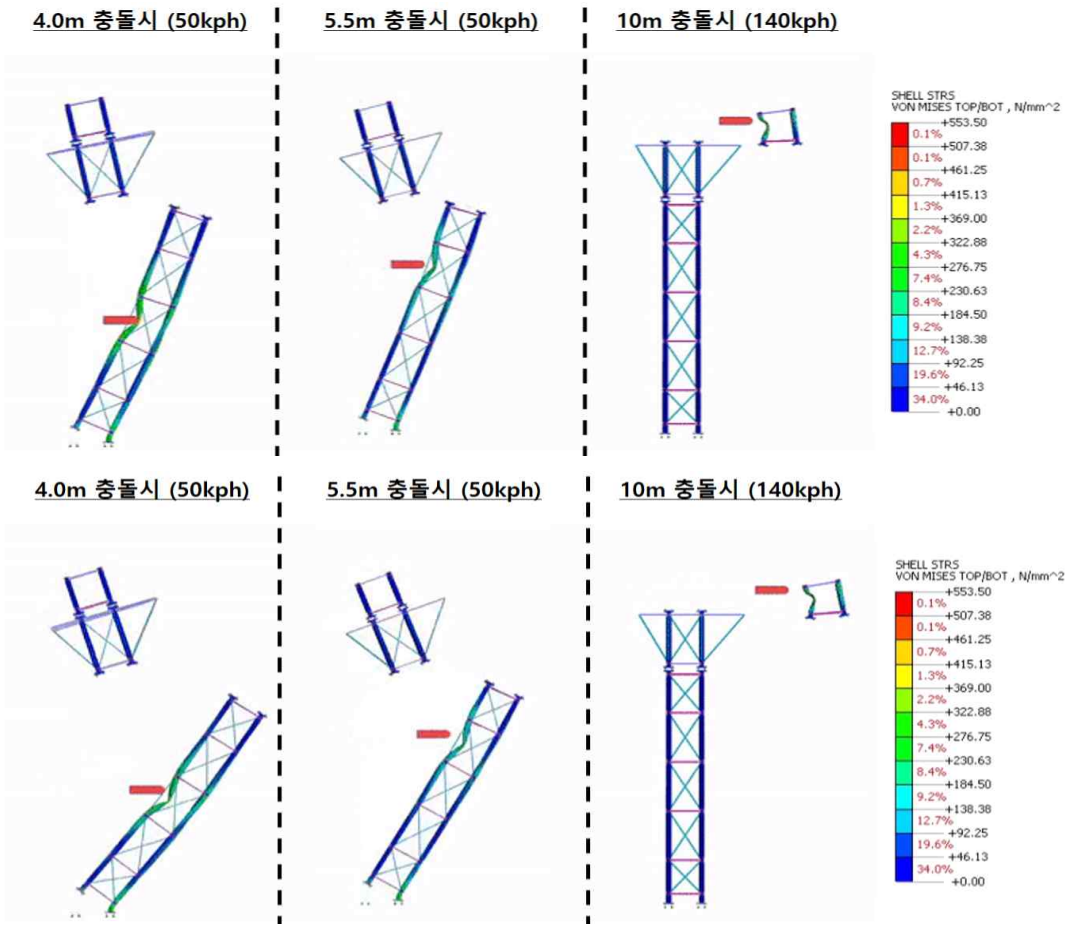
- 플랜지빌리티 분석 결과

: Fuse Bolt가 파단 되어 구조물이 전도됨을 확인

: 충격력의 경우 ICAO 기준 45kN과 비교 시 모두 기준 내 안전성을 가짐





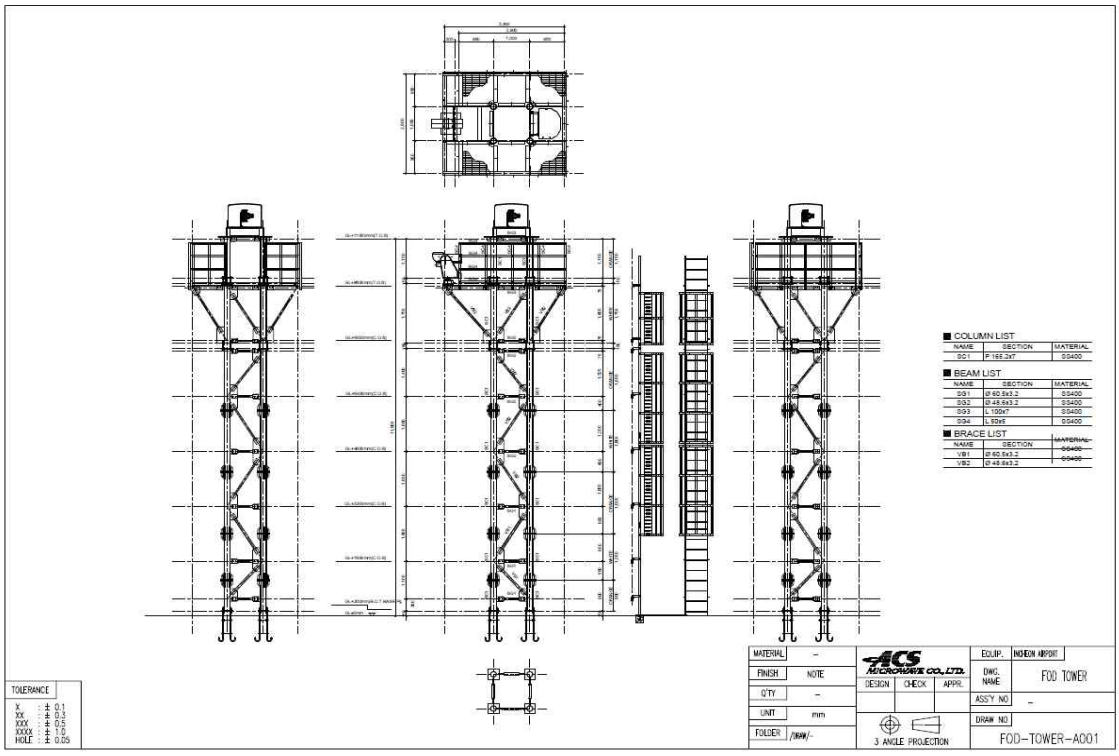


< 플랜지빌리티 분석 결과 >

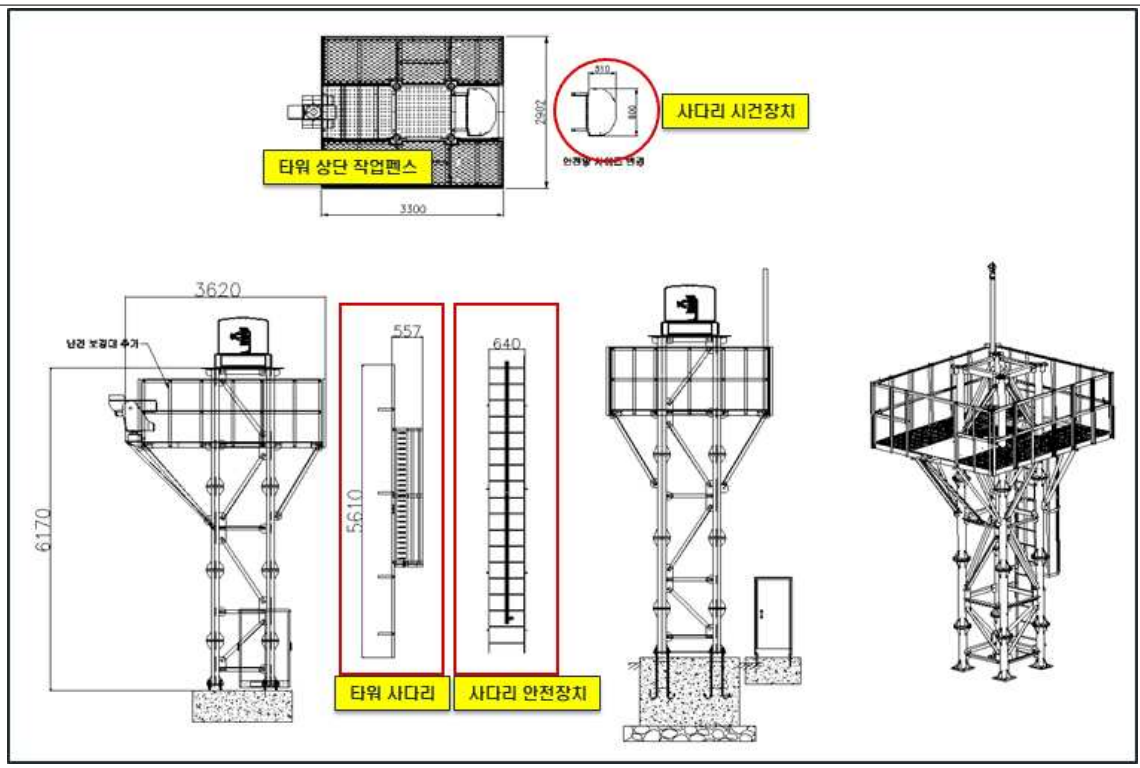
나) 설계 도면

① 한서대학교 태안비행장 이격거리 150m, 플랫폼 높이 6.1m

② 인천국제공항 제2활주로 이격거리 299m, 플랫폼 높이 11m



< 설계한 고정형 타워(인천국제공항 적용) >



< 설계한 고정형 타워(한서대학교 태안비행장 적용) >

2) 옥외형 함체

가) 설계내용

① IP등급 : IP66 적용

② 함체 전후면 : 함체도어 및 시건장치 적용

③ 함체 하단 : 센서 모듈과의 케이블링을 위한 케이블 인출포트 구성

④ 비상시 전원 : UPS 장비 도입

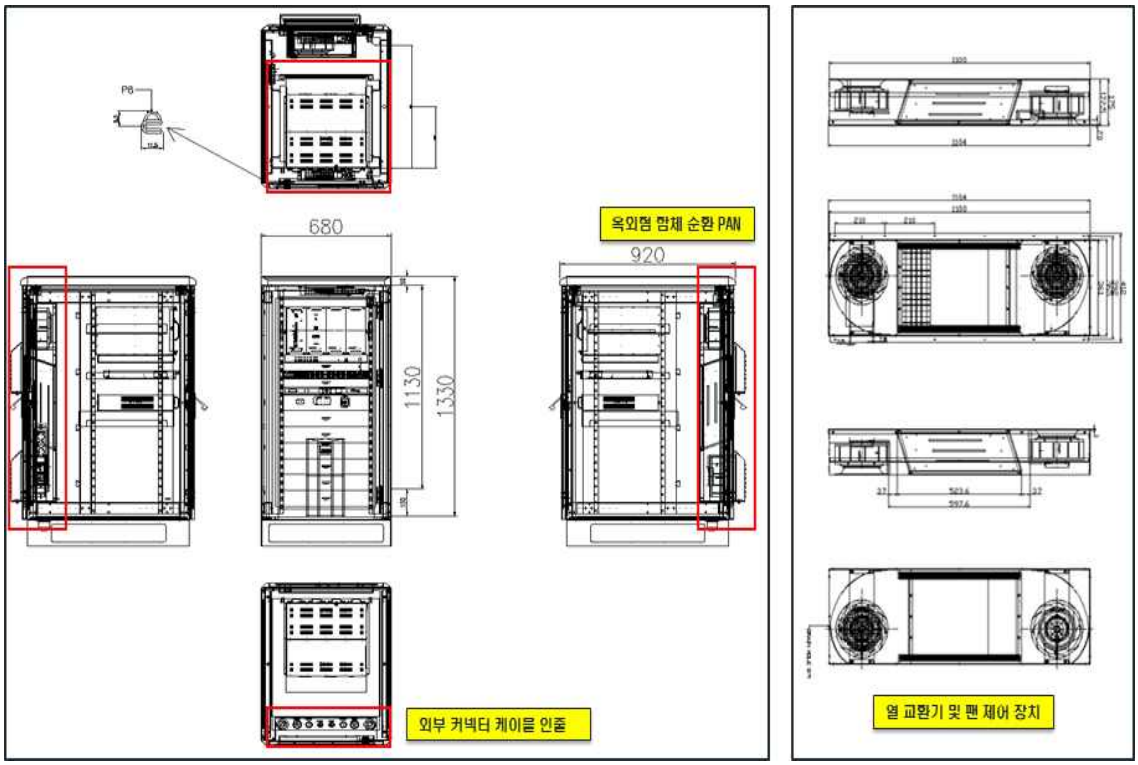
⑤ 방열방안 : 1000Watts급 열교환장치 적용

⑥ 네트워크 : IEEE1588 지원용 네트워크 스위치 도입, KVM 스위치 적용

⑧ 옥외형 함체 열해석 모델링

- 강제대류, 정상상태에서 해석
- 모든 모듈은 면에 완전히 밀착되어 있다고 가정
- 동작기압 : 1기압(101,300 N/m2)
- 주변온도 : 25℃
- 중력 : 9.8m/s2

나) 설계 도면



< 설계한 옥외형 함체 >

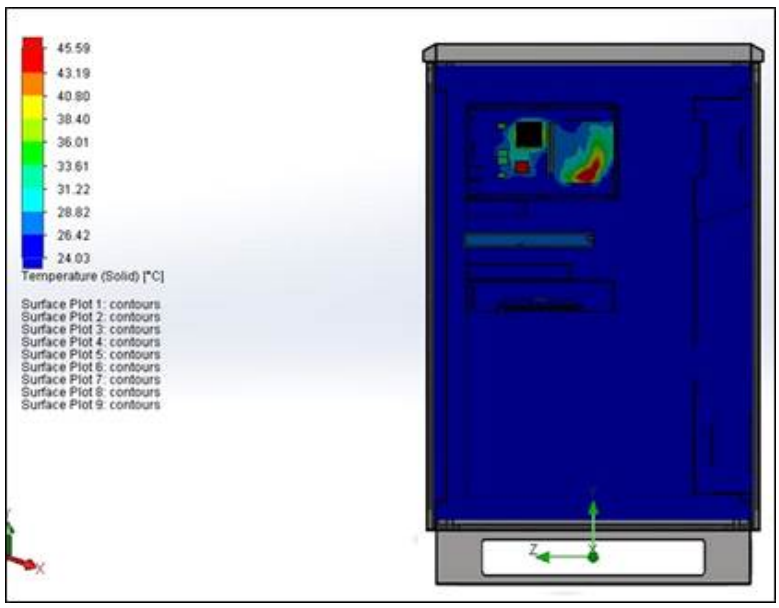
다) 옥외형 함체 열해석

① 해석조건

- 자연대류, 정상상태에서 해석
- 모든 모듈은 면에 완전히 밀착되어 있다고 가정
- 동작기압 : 1기압 (101,300N/m2)
- 주변온도 : 25℃
- 중력 : 9.8m/s2

② 열해석결과

- 1000W급 열교환장치를 적용했을 때, 50℃ 이내 유지를 만족



< 옥외형 함체 내부 열 유동 해석결과 >

3) 제작



< 제작된 고정형 플랫폼 >



< 제작된 옥외형 함체 >



< 제작된 고정형 플랫폼 설치 과정 (한서대학교 태안비행장) >

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

② **[별책 3-2]** 고정형/이동형 플랫폼 상세설계보고서

③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

2. 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계

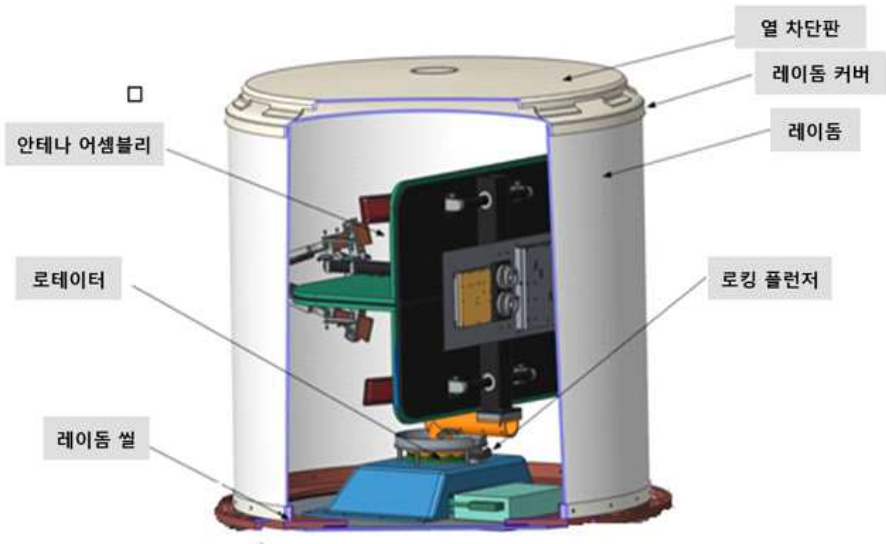
가. 현장운용시험용 이동형 레이다 센서 모듈 상세설계

1) 설계사양

요구사항	요구 규격
탐지 거리	100m 이상
탐지 시간	2초
탐지 확률	95% 이상
최소 탐지 RCS	-30dBsm
출력 주파수	78 ~81GHz, ±1MHz
출력 전력	+18.5dBm 이상
탐지 범위	90도
Range Bin Size	7.5cm

2) 설계 개요

안테나 외에 모든 모듈은 고정형 레이다 센서 모듈의 설계와 동일



3) 안테나

가) 형상

① 안테나는 두 개의 동일한 파라볼릭 리플렉터 안테나가 미러링 되어 안테나에 장착되고 중앙판에 의해 분리

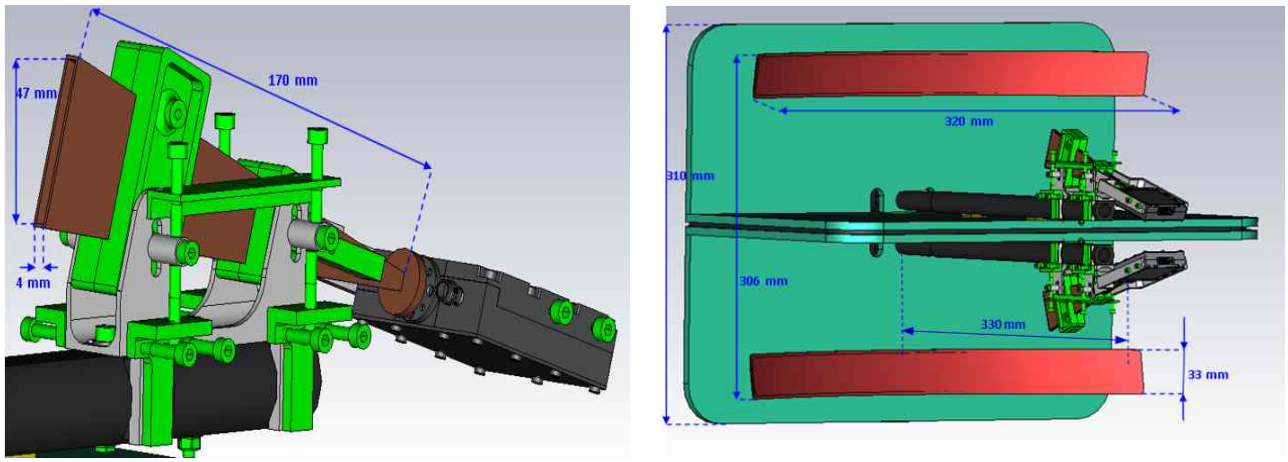
② 안테나 프레임은 탄소 섬유 리플렉터, 피드 구조 및 수평 플레이트를 지지하는 탄소 섬유 정사각형 튜브이다. 송수신 정렬을 위한 조정 메커니즘 또한 포함

③ 수직의 후면 플레이트는 RAM 재질로 리플렉터 뒤 및 튜브 위에 놓여있다.

④ 리플렉터의 표면은 E-대역에서 좋은 반사도를 보장하기 위해 은과 구리를 혼합하여 페인팅 되었다.

⑤ 각 피드-혼은 탄소-섬유 막대를 이용하여 프레임에 연결된다. 이 방법은 안테나의 방사를 저하시킬 수 있는 요소를 제거한다. 조정 메커니즘은 리플렉터에 해당하는 피드-혼 위치 및 포인팅 각도의 미세한 조정을 하기 위해 포함되어 있다.

⑥ 각 송신 및 수신 모듈은 피드-혼과 직접적으로 연결된다.

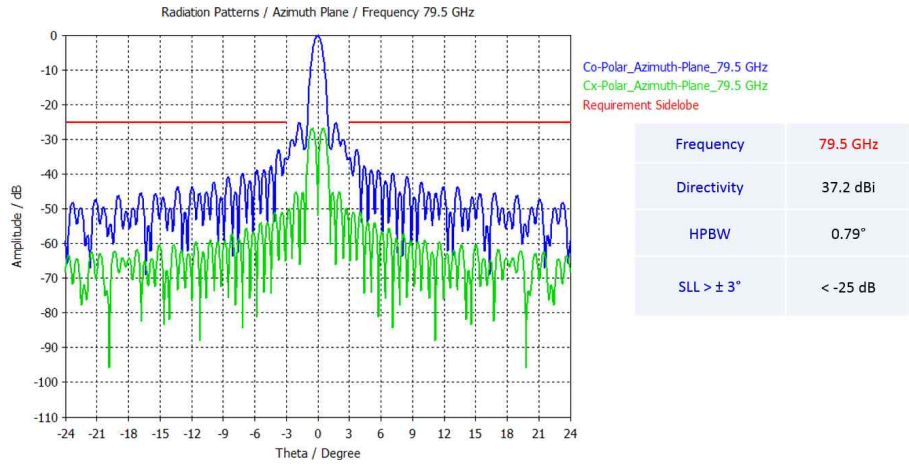


< 이동형 안테나 형상 >

나) EM 분석

① 분석은 Integral Equation Solver of CST STUDIO SUITE 2017를 사용하여 수행

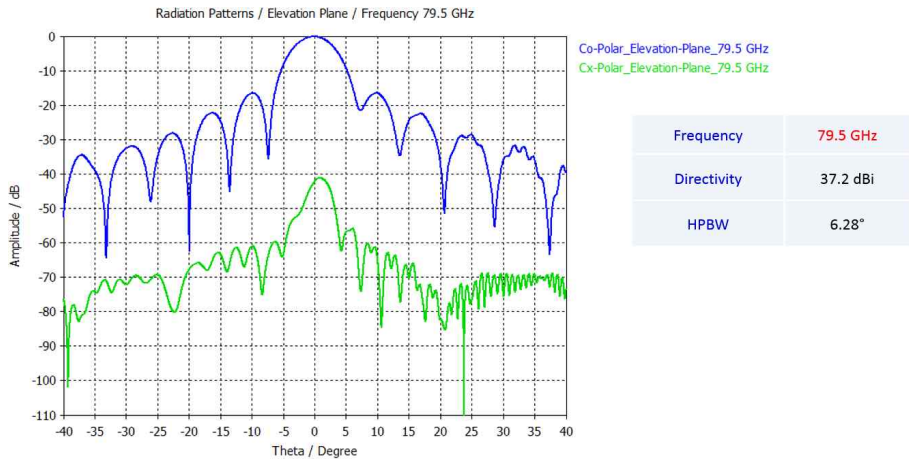
② 두 개의 동일한 리플렉터 사이의 수직적인 후면 패널과 수평 플레이트는 PEC 표면으로 모델링 함



Frequency	79.5 GHz
Directivity	37.2 dBi
HPBW	0.79°
SLL > ± 3°	< -25 dB

79.5GHz에서의 방위각 방사 패턴

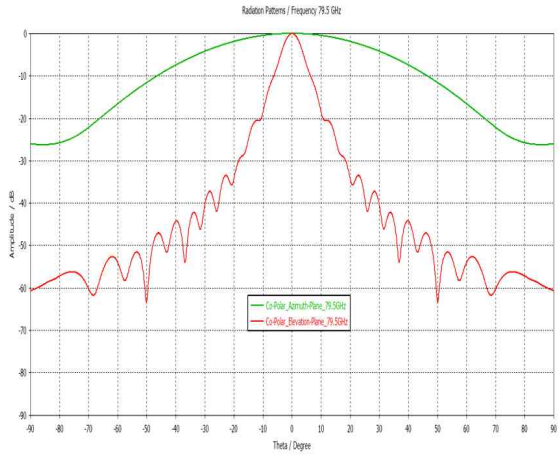
< 송신 안테나 방사 패턴 >



Frequency	79.5 GHz
Directivity	37.2 dBi
HPBW	6.28°

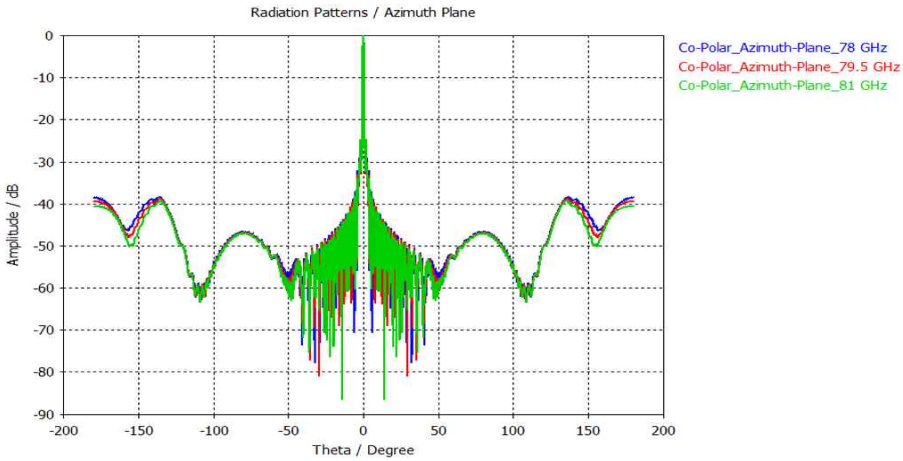
79.5GHz에서의 고각방사 패턴

< 송신 안테나 방사 패턴 >



Frequency	79.5 GHz
Directivity	20.2 dBi
Elevation Plane Edge Taper Illumination angle β=11°	-8.5 dB
Azimuth Plane Edge Taper Illumination angle θ=100°	-12 dB

< 피드 혼 방사 패턴 >



< 방위각 평면에서의 백로프 >

③ 측정결과 요약

순서	파라미터	요구사항	시뮬레이션 결과	시뮬레이션 결과	시뮬레이션 결과
2.1	동작 주파수 범위	78 - 81 GHz	78 GHz	79,5 GHz	81 GHz
2.2	방위각 빔폭 (3 dB)	0.88° ± 0,1°	0.8°	0.79°	0.78°
2.3	고각 빔폭 (3 dB)	6.6° ±0.6°	6.37°	6.28°	6.13°
2.4	이득	≥ 37 dBi	37.1 dBi	37.2 dBi	37.4 dBi
2.5	사이드로브 레벨, 방위각 오프셋>±3°	< -25 dB	-32 dB	-33 db	-34 dB
2.6	Back lobes, Azimuth	/	-38.5 dB	-39 dB	-39.5 dB

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

② **[별책 3-4]** 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 상세설계보고서

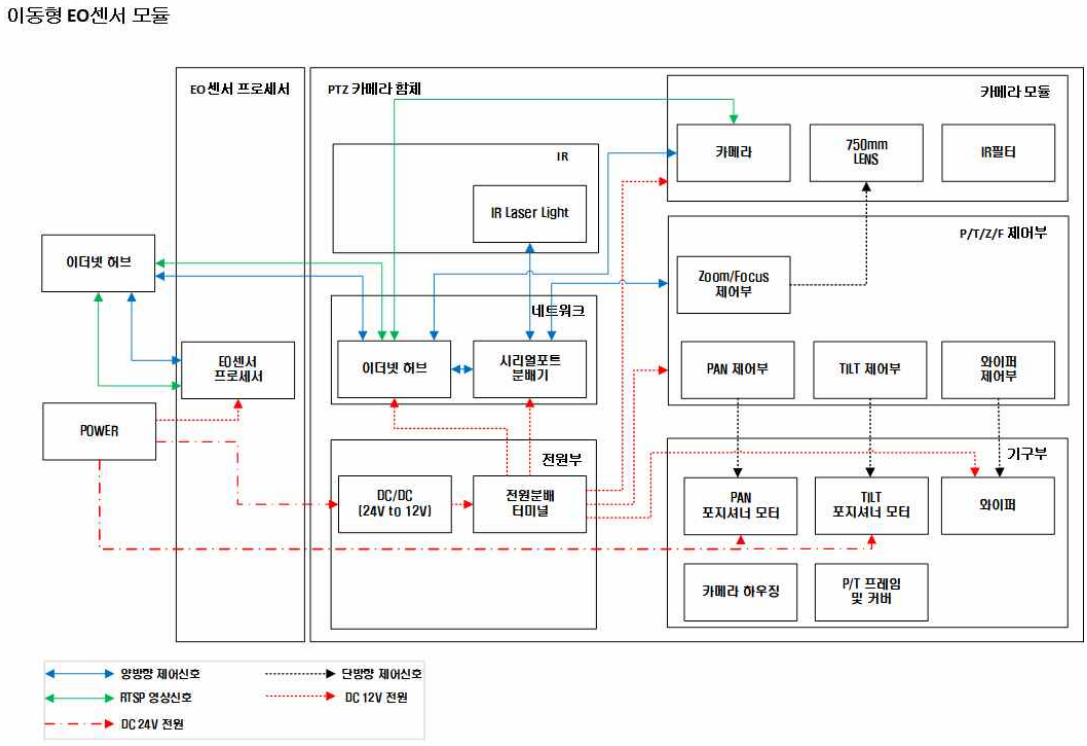
③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

④ **[별책 3-9]** 이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 개발보고서

나. 현장운용시험용 이동형 EO 센서 모듈 상세설계

1) 설계 개요

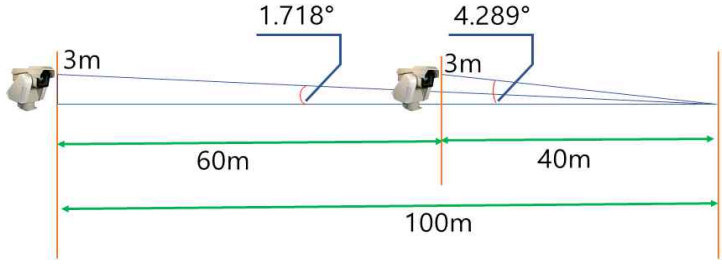
PTZ 함체 외에 EO 센서 프로세서는 고정형 EO 센서 모듈의 설계와 동일



< 이동형 EO 센서 모듈 구성 >

① 탐지거리 및 탐지각도 분석

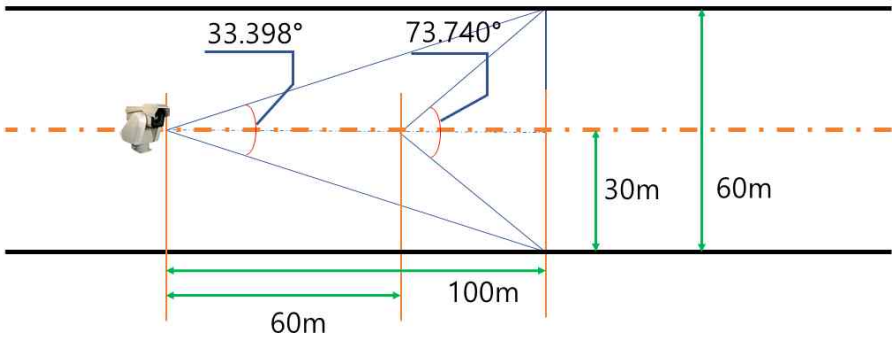
- 차량의 높이 + PTZ 모듈 + PTZ 모듈 부착용 기구물의 높이의 합인 약 3m 높이에서 활주로를 바라보았을 때의 20mm x 20mm 의 FOD 탐지 가능한 각도
- PAN 좌표값이 0~095FFFFF(157,286,399)까지 157,286,400의 스텝수를 가지며 1스텝 당 0.000002288° 의 수평 분해능이 나오도록 설계.
- TILT 좌표값이 0 ~ 13675969 까지 13675970개의 스텝수를 가지며 1스텝 당 0.0000019° 의 수직 분해능이 나오도록 설계
- Zoom렌즈는 30배율을 가지며 Zoom 스텝모터의 스텝수는 0 ~ 79,295까지 79,296개의 스텝수로 설계되어 30 / 79,296 = 0.0003783X 배율로 미세한 배율조정이 가능하게 설계.



< 750mm 렌즈 적용 시 탐지 각도 >

② 주행시 탐지 면적 및 각도

- 200만화소 카메라 적용 : 1920pixel(수평) x 1080pixel(수직)
- Lens 각도(수평) = tanθ = sin-1높이/밑변 길이 = sin-1 1920/100,000 = 1.1001≒1.1°
- 최대 줌인 시 포커스 조정의 예민함 때문에 750mm로 설계



< 주행시 탐지 가능한 면적 및 각도 >

2) PTZ 카메라 함체

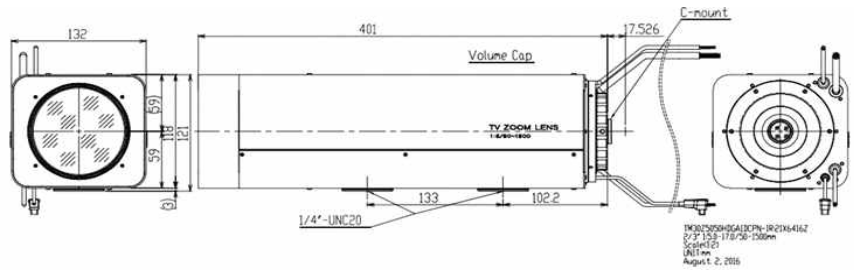
가) 세부 설계

① EO 센서 카메라

- 글로벌 셔터 카메라 적용
- 주/야간 촬영을 위한 Day/Night 및 IR 적용
- 카메라, 렌즈, 필터 등을 수용할 수 있는 최소 높이로 설계
- 스켄이 아닌 확인 용도로 설계 적용

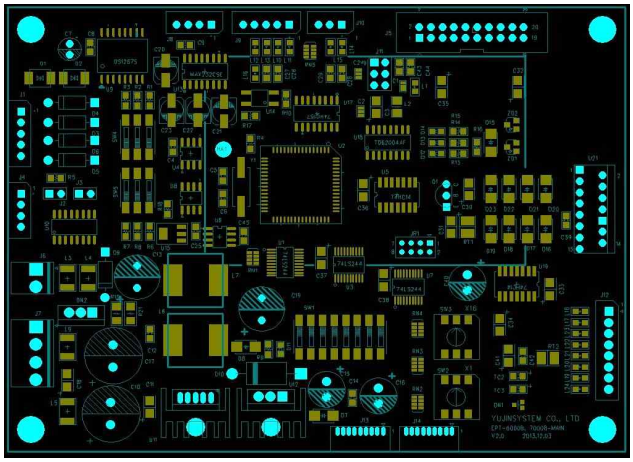
① 750mm 줌 렌즈

- 100m에서 20mm × 20mm 크기의 이물질을 탐지하기 위한 화각 설계
- 100m 부근에서 포커스 제어를 원활하게 하기 위한 포커스 유격 설계
- 줌/포커스 정밀 제어를 위한 렌즈 줌/포커스 구동부 설계

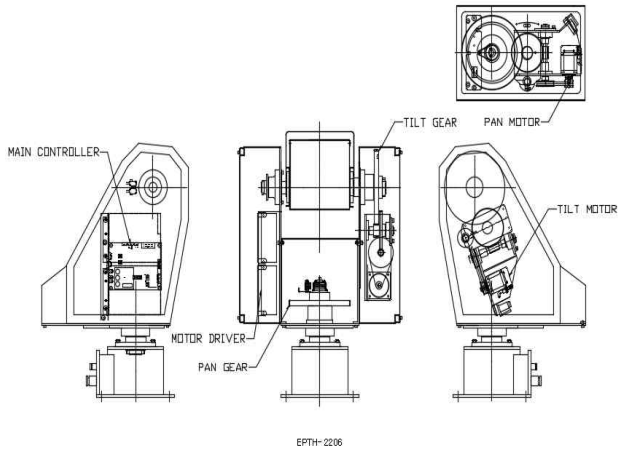


< 적용한 750mm 줌 렌즈 >

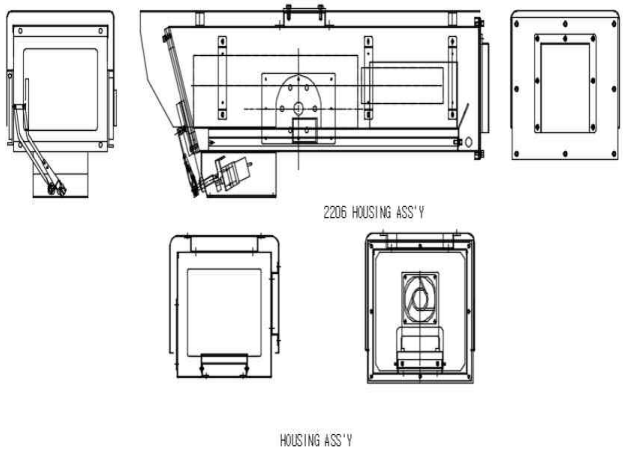
나) 설계 도면



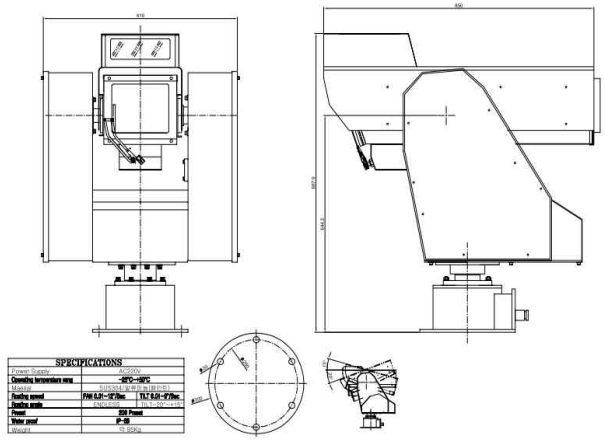
< PCB 레이아웃 >



< PTZ 함체 내부 기구도면 >



< PTZ 하우징 도면 >



< EO 센서 모듈 전체 형상 >

3) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

② **[별책 3-5]** 고정형/이동형 EO 센서 모듈 상세설계보고서

③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

다. 현장운용시험용 이동형 플랫폼 상세설계

1) 설계 개요

2차년도 프로토-타입 시제에서 보완사항을 반영하여 개선 개발 함

2) 설계 구성

가) 차량 외부

① 루프 스테이지 : 차량의 레이다 센서 모듈, EO 센서 모듈, 경광등, 서치라이트 등을 설치할 수 있는 지붕 칸막이 장치

② EO센서 지지대 : PTZ 카메라 함체를 차량의 장착하여지지 및 견고하게 작동 해줄 수 있는 장치

③ 사다리 : 차량 윗부분을 올라갈수 있도록 만든 사다리 장치

④ 후방카메라 : 차량이 이동시 후방의 등화 ON/OFF 확인용 및 이물질 수거 유무를 확인 하는

장치

⑤ 환풍기 : 차량의 내부의 열을 밖으로 빼주는 장치

⑥ 서치 라이트 : 비상시에 장치 밝은 투사 조명으로 선명한 시야를 확보할 수 있는 장치

⑦ 경광등 : 차량의 위치 등을 표시해주는 경광등

⑧ RTK : 1m 이내의 위치정확도를 만족하기 위하여 차량 외부에 RTK를 설치하여 자기 위치를 통합운영시스템과 통신하는 장치

⑨ 에어 서스펜션 : 차량의 수거장치의 노즐 보호를 위하여 일반 도로 이동 시에 에어서스펜션을 장착하여 기동력을 빠르게 해주는 장치

나) 차량 내부

① 콘솔 박스 : 배터리팩, 수거장치, 써치라이트, 경광등, 환풍기, 에어서스펜션 장치들의 ON/OF F버튼이 제공되어 있는 박스

② 모니터 거치대 : 2개의 모니터를 평행으로 사용할 수 있는 거치대

③ 콘솔 모니터 : 통합운용 UI 및 E0 카메라를 이용하여 이물질을 확인할 수 있는 모니터

④ 칸막이 : 수거장치와 차량 뒤부분을 막아주는 칸막이

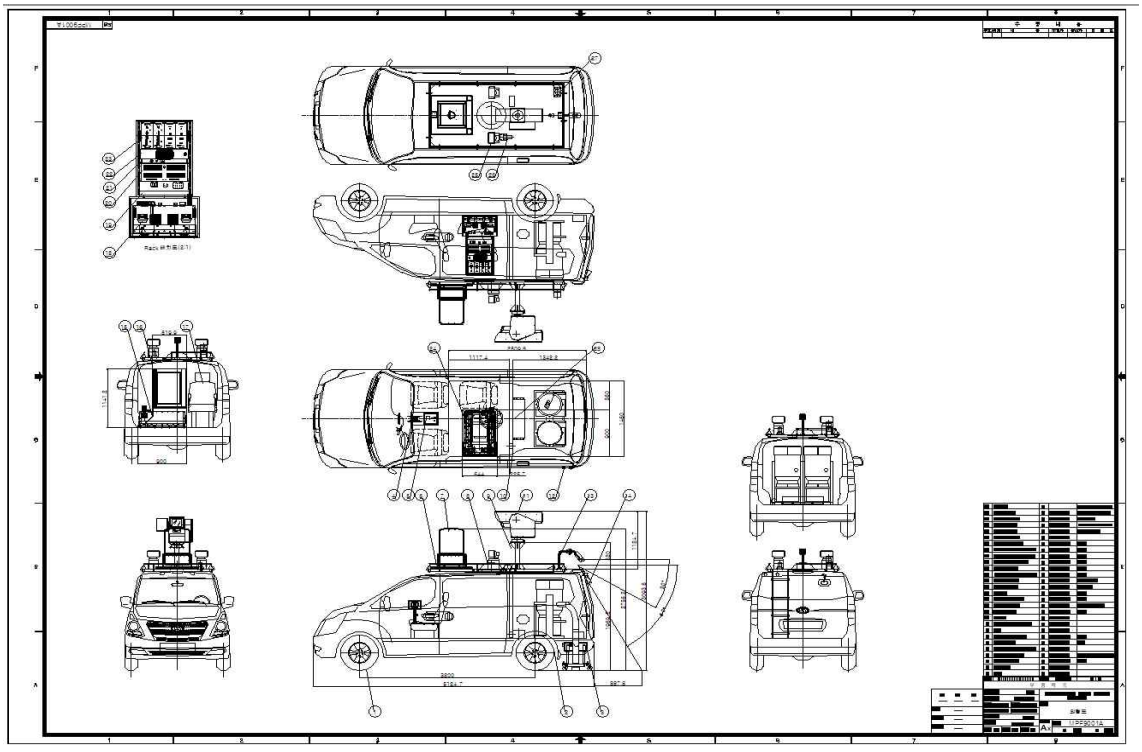
⑤ 시스템렉 : 19인치 표준렉을 사용하고 전원공급모듈, E0센서프로세서,제어모듈,레이다 인터페이스 유닛 등 각종 시스템 구동장치를 장착 할수 있는 렉

⑥ 배터리 케이스 : 베터리팩을 설치 할 수 있도록 제작된 케이스

⑦ 네트워크 스위치 : 각종 시스템의 네트워크를 이용하여 데이터를 주고 받을 수 있는 허브

3) 설계 내용

가) 차량



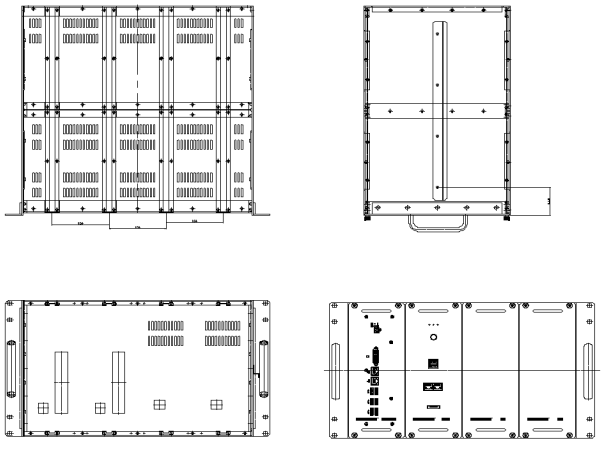
< 이동형 플랫폼 상세설계 도면 >

나) 시스템렉

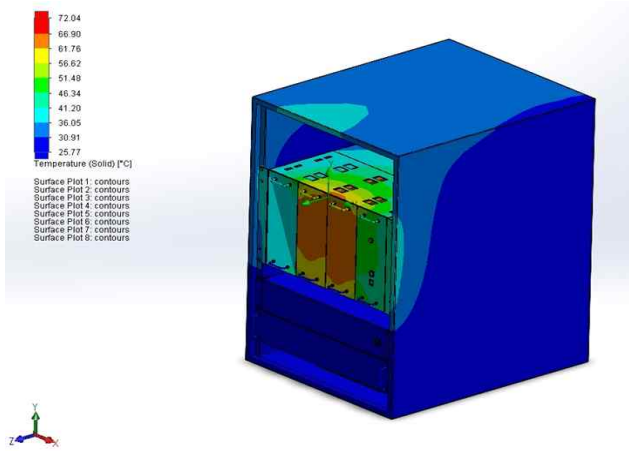
① 시스템렉의 열해석

- 자연대류, 정상상태 해석

- 소프트웨어 : 솔리드웍스 FLOW 시뮬레이션



< 시스템렉 설계도면 >



< 시스템렉 열해석 시뮬레이션 >

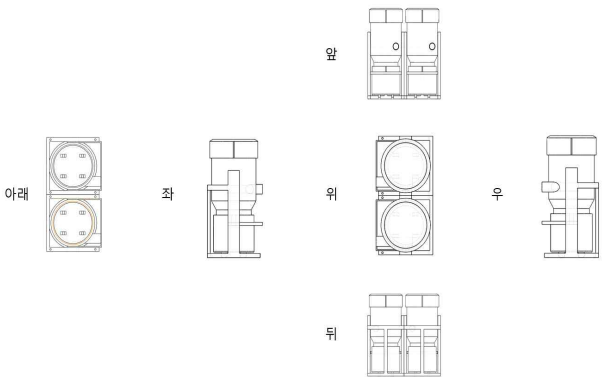
다) 수거장치

① 본체

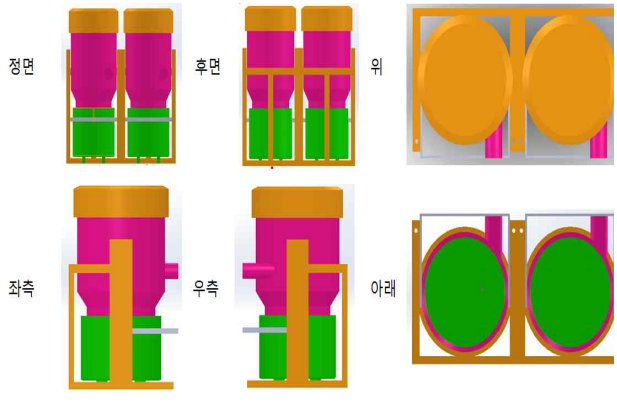
- 본체 규격

구분	규격	비고
전원/출력	48V	9600W
TYPE	싸이클론	
모터	AC 모터	좌 4개,우 4개
필터	카트리지필터	바이브레타 방식 (자동털이)
진공도	2700mmH2O	좌,우 각 2700mmH2O
탱크용량	20L X 2	레버분리 방식
탱크재질	Stainless	sus304
중량	88Kg X 2	
재원	1140	

- 설계도면



< 수거장치 본체 설계도면 >



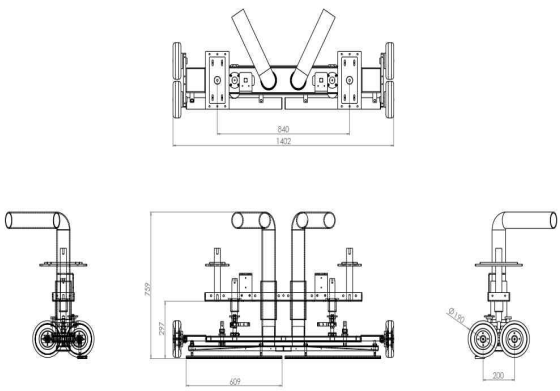
< 수거장치 본체 형상 >

② 노즐

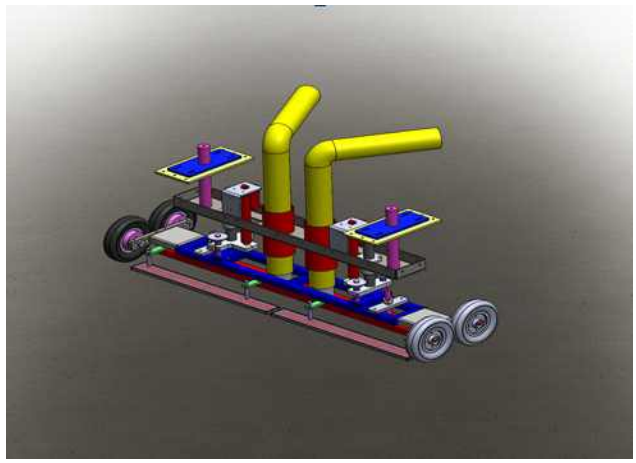
- 엑츄에이터 : 노즐을 움직일 수 있게 유압, 압축공기 등을 이용하여 작동하는 기계장치.
- 자동하강센서 : 차량의 노즐이 평상시에는 위로 올라가 있다가 수거가 시작되면 내려가고 올라가는 기능을 도와주는 센서.
- 네오디움 자석 : 수거장치가 미처 흡입 하지 못한 철 및 고철류에 대해서 네오디움 자석이 나머지 이물질 등을 수거하는 자석
- 노즐부 규격

구분	규격	비고
수거장치	네오자석	금속류 포집
노즐보호장치	센서타입	노즐 HOLD 센서
완충장치	스프링타입	양사이드부2EA
흡입구	2개소	75mm
중량	75Kg	
제원	1500x470X320	

- 설계도면



< 수거장치 노즐부 조립체 도면 >



< 수거장치 노즐부 형상 >

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-1]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서

② **[별책 3-2]** 고정형/이동형 플랫폼 상세설계보고서

③ **[별책 3-7]** 현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서

3. 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 및 시스템 연동시험

가. 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축

1) 고정형 플랫폼 설치 위치 검토

가) 한서대학교

① 공항 내 시스템을 구축하는데 있어 항공학적 검토 및 보안성 검토 필요

② 공항 내 시스템 구축 전까지 한서대 태안비행장에 자체 테스트 베드 구축

나) 인천국제공항

① 공항 내 시스템 구축을 위한 제반 검토 이후 설치할 예정

2) 고정형 플랫폼 구축 (한서대학교 태안비행장)

가) 설치 위치

① 고정형 플랫폼은 본관과 학군단 방향 강의동 사이에 설치

② 고정형 플랫폼 설치를 위하여 사전에 플랫폼 설치 위치선정 및 지형조사

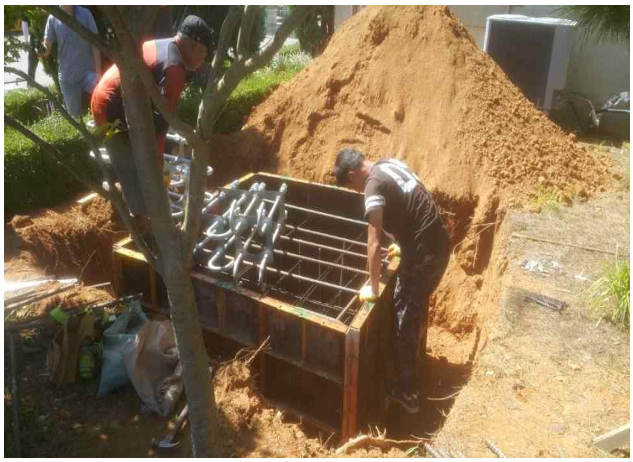
③ 플랫폼 전력 수급은 학교 본관 지하 1층에 위치한 분전반에서 전력 수급

④ 네트워크 설치를 위하여 대학원 연구실에 설치



< 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 구성안 >

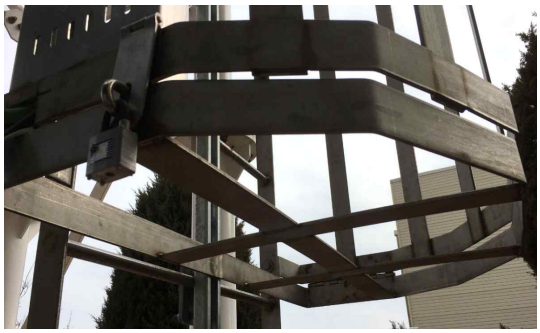
나) 구축공사





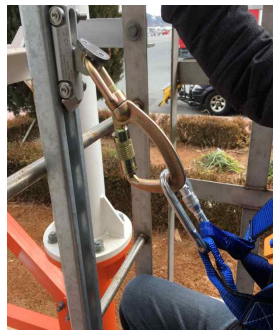


< 한서대 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 >



사다리 시건장치 적용





수직추락방지 시스템 적용



작업펜스 적용



흰색, 오렌지 색상 적용

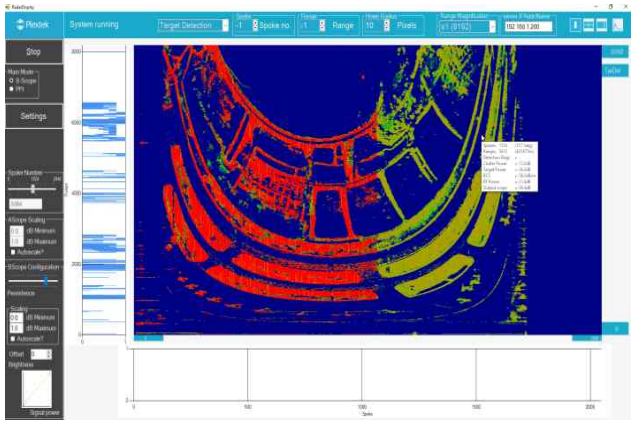
< 제작된 현장운용시험용 고정형 플랫폼 적용 사항 >

나) 연구수행 결과에 대한 산출물

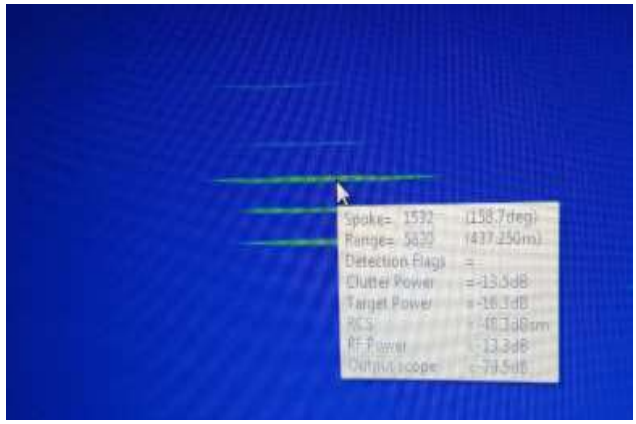
① **[별책 3-8]** 체계통합시험을 위한 자체 테스트-베드 구축지원 및 시험지원보고서

나. 고정형 이물질 자동탐지 시스템 연동시험

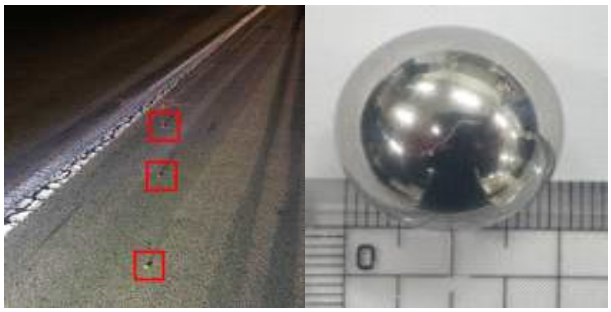
1) 고정형 레이다 센서 모듈 연동시험 실시



< 레이다 자체UI로 확인한 한서대학교 태안비행장 >



< 탐지거리 437m, RCS -35dBsm 탐지결과 >



< 시험에 사용된 이물질 >



< 이물질 탐지 시험 >

< 고정형 레이다 센서 모듈 시험결과 (3차년도) >

구분	3차년도 성능목표	결과
탐지 거리	400m 이상	437m
탐지 시간	1분 이하	52초
탐지 확률	85% 이상	100%
최소 탐지 RCS	-20dBsm	-35dBsm
탐지 범위	180도	180도
Range Bin Size	7.5cm	7.5cm

2) 고정형 EO센서 모듈 연동시험 실시



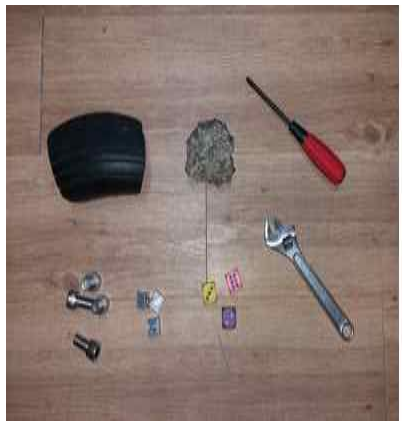
< 고정형 플랫폼에 설치된 EO 센서 모듈>



< 야간 탐지를 위한 IR Light >



< 이물질 탐지 시험 결과 >





< 시험에 사용된 이물질 (최소탐지 2cm X 2cm) >

< 고정형 E0 센서 모듈 시험결과 (3차년도) >

구분	3차년도 성능목표	결과
최소탐지대상 물질크기	2cm X 2cm	2cm × 2cm
탐지거리	400m 이상	416m
탐지반경	80.45도	81도
탐지시간	1분 이하	56초
탐지확률	85% 이상	97.6%

1) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 3-4]** 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 상세설계보고서

② **[별책 3-5]** 고정형/이동형 E0 센서 모듈 상세설계보고서

4. 3차년도 TTA 개발 프로세스 검증

- 검증 일정 : 2017.07.01. ~ 2018.01.31.
- 2차년도부터 4차년도까지 도입된 제3자(TTA) 개발 프로세스 검증을 통해 본 연구개발 과제를 체계적으로 관리하고 신뢰성을 확보
- 3차년도에는 총 13개의 개발프로세스 결함이 도출되어 2차년도 대비 결함개수를 최소화 시킴
- **[별책 3-10]** TTA 개발프로세스 검증 결과서 (3차년도)



공항 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템 개발 사업 검사 결과서

한국정보통신기술협회
소프트웨어시험인증연구소

TTA

1. 회 사 명
2. 검사 대상
3. 검사 기간

확 인	작성자	승인자
	성 명 : 문 [illegible] (인)	직 위 : 임원 성 명 : 이 [illegible] (인)

2018. 2. 28.

한국정보통신기술협회 회장



5. 총평

Copyright 2018 TTA

< 3차년도 TTA 개발프로세스 검증 결과서 >

5. 3차년도 연구개발 추진체계



6. 3차년도 연구개발 추진일정

연구기관	연구개발내용	3차년도									
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
웨이브텍	고정형 플랫폼 상세설계										
	이동형 플랫폼 상세설계										
	고정형 전원공급모듈 상세설계										
	고정형 전원공급모듈 제작										
	단위시험										
	개발 산출물 작성										
PIEXTEK SERVICE LIMITED	고정형 레이다 센서 모듈 상세설계										
	고정형 레이다 센서 모듈 제작										
	이동형 레이다 센서 모듈 상세설계										
	단위시험										
	납품										
	개발 산출물 작성										
영국전자	고정형 EO 센서 모듈 상세설계										
	고정형 EO 센서 모듈 제작										
	이동형 EO 센서 모듈 상세설계										
	단위시험										
	납품										
	개발 산출물 작성										
유넷 컨버전스	**통합운용시스템**										
	현장운용시제 통합운용시스템 상세설계										
	사용자관리모듈개발										
	제어모듈연동기능개발										
	데이터처리알고리즘개발										
	통계처리 기능 개발										

연구기관	연구개발내용	3차년도									
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
	Beta ver. 운용소프트웨어개발										
	Beta ver. 콘솔UI 개발(UI 디자인포함)										
	Beta ver. 휴대용UI 개발										
	단위시험										
	고정형 제어모듈										
	현장운용시제 고정형 제어모듈 상세설계										
	서버연동기능개발										
	센서연동기능개발										
	데이터처리알고리즘개발										
	절대좌표생성알고리즘보완및향상개발										
	Beta ver. 운용소프트웨어개발										
	현장운용시제제어모듈제작										
	현장운용시제네트워크스위치구축										
	단위시험										
	이동형 제어모듈										
	현장운용시제 이동형 제어모듈 상세설계										
	서버연동기능개발										
	센서연동기능개발										
	데이터처리알고리즘개발										
	절대위치관련모듈연동기능개발 (자이로, 이동형GPS 수신기)										
	절대좌표생성알고리즘개발										
	무선연동기능개발										
	Beta ver. 운용소프트웨어개발										
	단위시험										
	이동형 콘솔										
	이동형콘솔상세설계										
	연동시험(통합운용시스템 및 제어모듈)										
	연동시험 및 운용소프트웨어 보완개발										
	기타										
	성능시험결과 정리 및 산출물 작성										
한국 공항공사	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계 운용 소프트웨어 구현										
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계 운용 소프트웨어 단위시험										
인천국제 공항공사	현장운용시험용 시제 상세설계 지원										
	현장운용시험용 시제 제작 지원										
한서대 학교	테스트-베드 내 시험 환경 구축										
	안테나 및 장비 설치 위치 허가 절차										
	이물질 자동탐지시스템 성능 평가 지원										
대구경북 과학기술 원	이물질 탐지 레이다 시스템 설계 및 규격 분석										
	이물질 탐지 레이다 성능 검증 사례 분석										
	이물질 탐지 레이다 기능 및 성능 검증용 시뮬레이터 구현										

○ **4년차 연구수행 목표 : 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험**

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **2대** 제작
- 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **2대** 제작
- 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험
- 4차년도 TTA 개발프로세스 검증

○ **4년차 연구수행 내용**

1. 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 2대

가. 현장운용시험용 고정형 레이다 센서 모듈 시제 제작

1) 신호처리 알고리즘 개선

① 범위 보상, 표적처리, 클러터 맵처리 개선

② 단일 및 다중 표적탐지 알고리즘 내구성 향상

2) 시제 제작

① 3차년도 설계 및 4차년도 개선사항을 반영하여 시제 2대 제작 완료



< 현장운용시험용 고정형 레이다 센서 모듈(앞) >



< 현장운용시험용 고정형 레이다 센서 모듈(뒤) >

3) 고정형 레이다 센서 모듈 시험결과 (4차년도)

구분	4차년도 성능목표	결과
탐지 거리	400m 이상	437m
탐지 시간	1분 이하	52초
탐지 확률	95% 이상	100%
최소 탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm
탐지 범위	180도	180도
Range Bin Size	7.5cm	7.5cm

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

② **[별책 4-5]** 이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 설계서

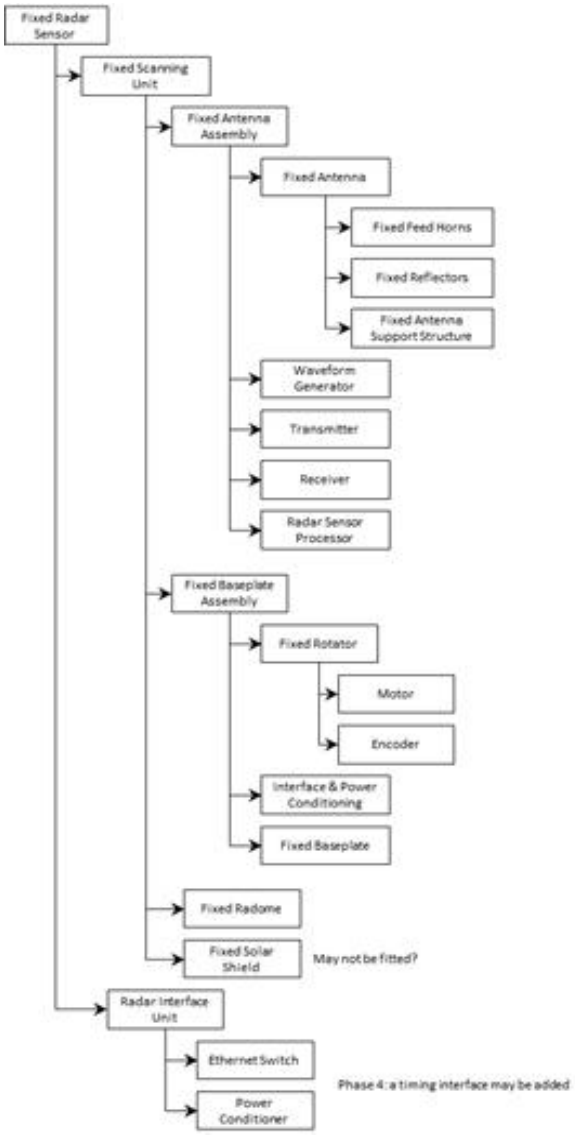
나. 레이다 기술이전

1) 레이다 기술이전 개요

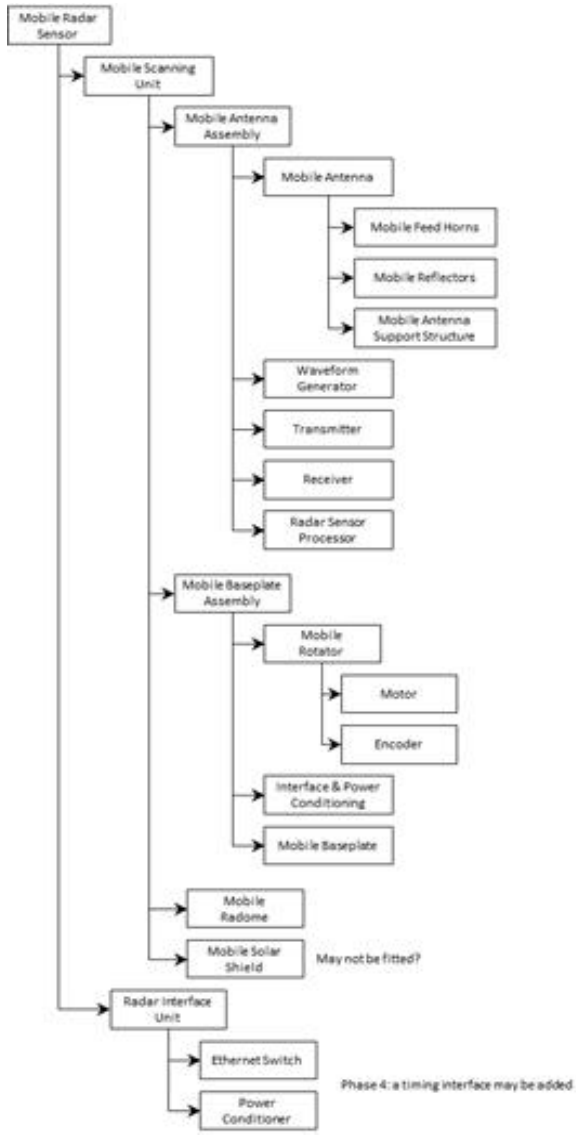
① PLEXTEK에서 개발한 기술이 레이다 제조 및 설계 유지가 되도록 ㈜웨이브텍에 기술이전 하기 위해 아래와 같이 실시(이 계획은 프로젝트가 진행됨에 따라 수정될 수 있음)

② 하드웨어

- 아래의 그림과 같은 프로세스로 제작을 지원



< 고정형 레이다 센서 설계>



< 이동형 레이다 센서 설계 >

③ 소프트웨어

- 레이다-특정 주변 장치 지원
- 레이다 기저대역(Base-band) 지원
- 플랫폼 서비스
  (파일 시스템, 통신, 시간 동기화, 시스템 부팅, 시스템 업데이트, 시스템 종료)
- 레이다 트랜시버
  (레이다 모듈 구성, 표적탐지 및 보고, 지오펜싱(Geofencing), 클러터 맵, 로깅)
- 내장 테스트 및 오류 복구
- 프로그램 및 테스트 및 배포

④ 펌웨어

- 신호 처리
- 실시간 디바이스 구성

⑤ 제작 프로세스

- PLEXTEK은 ㈜웨이브텍이 레이다 센서 모듈을 제작 하는데 지원

< 레이다 센서 모듈 제작 과정(안)>

단계	활동사항	설 명
1	고정형/이동형 안테나 어셈블리 제작 안테나 어셈블리 조립 및 정렬	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
2	파형 발생기 제작 및 테스트	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
3	송신기/수신기 제작 및 테스트	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
4	레이다 센서프로세서 제작 및 테스트	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
5	고정형 및 이동형 안테나 어셈블리 조립	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
6	인터페이스 및 전원제어 모듈제작 및 테스트	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
7	고정형 및 이동형 로테이터 공급	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
8	고정형 및 이동형 베이스 플레이트 제작 및 어셈블리	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
9	고정형 및 이동형 베이스 플레이트 어셈블리의 조립	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
10	고정형 및 이동형 스캐닝 유닛 조립	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
11	스캐닝 유닛 테스트	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
12	스캐닝 유닛 고정	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
13	레이다 인터페이스 유닛 기계적 부품	㈜웨이브텍에서 제작, Plextek 지원
14	레이다 엔터페이스 유닛 조립 및 테스트	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
15	진동 스크리닝	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
16	시스템 테스트	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
17	온도 테스트	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
18	고온 테스트	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원
19	성능 테스트	㈜웨이브텍에서 진행, Plextek 지원

2) 레이다 기술이전 계획

· PLEXTEK은 레이다 센서 모듈을 제작/테스트/설치 및 수리할 수 있도록 기술/노하우/문서 및 절차를 ㈜웨이브텍으로 이전

· PLEXTEK은 ㈜웨이브텍 기술자들이 레이다 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어의 유지보수 및 향상을 맡을 수 있도록 교육

· 세 단계의 기술이전이 완료되면 ㈜웨이브텍은 모든 관련 문서 및 도구, 그리고 프로세스를 보유하고 레이다 센서 모듈의 설계 및 제작에 관한 소유권을 인수하는 방법에 대해 알 수 있음

① 1 단계 - 제조 기술이전

- 프로젝트의 4차년도 (2018.3. ~ 2018.12)에는 PLEXTEK은 고정형 레이다 센서 모듈과 이동형 레이다 센서 모듈 제작에 필요한 기술 문서 제공
- ㈜웨이브텍 엔지니어들은 레이다 어셈블리, 테스트 및 제작 프로세스 개발을 지원하기 위해 PLEXTEK에 방문

② 2 단계 - 한국에서 레이다 센서 모듈 제작

- 프로젝트의 5차년도 (2019.01 ~ 2019.12)에는 PLEXTEK의 지원 하에 ㈜웨이브텍은 5개의 레이다 센서 모듈을 제작

③ 3 단계 - 설계 기술이전

- 프로젝트의 5차년도 (2019.01 ~ 2019.12)에는 PLEXTEK은 레이다 H/W 및 S/W 구성요소의 설계원리와 세부사항에 대해 ㈜웨이브텍에 교육 및 문서 제공

3) 레이다 기술이전 역할

① 1단계 : 제조 기술 이전

- ㈜웨이브텍이 PLEXTEK에 방문하여 레이다 센서 모듈의 제작을 지원
- PLEXTEK의 가이드에 따라 레이다 센서 모듈 테스트
- PLEXTEK 역할
  · ㈜웨이브텍 엔지니어에게 레이다 센서 모듈 제작 및 테스트 과정 설명
  · ㈜웨이브텍 엔지니어와 레이다 센서 모듈 제작 진행
  · ㈜웨이브텍 엔지니어에게 레이다 테스트 방법 전달
  · ㈜웨이브텍 엔지니어와 함께 레이다 센서 모듈 테스트
- ㈜웨이브텍의 역할
  · PLEXTEK에 파견할 엔지니어 선발
  · PLEXTEK 방문 및 레이다 구축/테스트 방법 습득

② 2단계 : 레이다 센서 모듈 국내 제작

- 5차년도 및 6차년도에는 PLEXTEK의 지원 하에 레이다 센서 모듈 제작
- 모든 구성요소와 하위 어셈블리는 PLEXTEK 부품 제공업체에서 제공
- ㈜웨이브텍은 레이다 센서 모듈 제작을 집중적으로 진행
- 대량 생산이 진행되는 동안 ㈜웨이브텍은 국내 부품 업체의 부품 및 하위 어셈블리를 공급
- PLEXTEK이 한국을 방문하여 레이다 구축을 감독
- 레이다 품질 보장 및 성능을 철저히 검토하기 위해 ㈜웨이브텍에서 제작한 레이다 검증
- 대량 생산이 진행되면 ㈜웨이브텍은 PLEXTEK과 함께 Conference Call 및 출장을 통해 문제점 발견 및 해결(또는 문제가 발견된 레이다를 영국으로 배송하여 해결)
- PLEXTEK 역할
  · 생산 라인에 필요한 장비를 확보 할 수 있도록 ㈜웨이브텍 지원
  · 한국에서 레이다 구축 및 시험 진행 동안 지원 제공
  · 필요에 따라 구성요소 및 하위 어셈블리 제공
  · ㈜웨이브텍이 한국 업체의 제품을 구매할 수 있도록 지원
  · 대량 생산 동안 이메일 및 전화 지원 제공

- ㈜웨이브텍의 역할

· 한국에서의 레이다 제작 및 테스트-베드 구축

· 제작에 필요한 장비 확보 (표 2 참조)

· PLEXTEK 감독하에 레이다 구축 및 테스트

③ 3단계 : 설계 기술 이전

- ㈜웨이브텍은 레이다 설계 및 유지보수, 개선에 대한 소유권 인수
- PLEXTEK은 ㈜웨이브텍 엔지니어에게 레이다 설계(H/W, S/W, Firmware)에 대한 세부 사항을 전달
- PLEXTEK은 ㈜웨이브텍이 필요로 하는 설계 문서를 제공하고 설명

3) 레이다 기술이전 내용

1. 시스템 개요
   1) 레이다 설계 주요 파라미터
   2) 레이다 기능 블록
   3) 레이다 성능 시뮬레이션

2. 신호 처리 및 표적 탐지
   1) 시스템 모델 (FMCW 파형 및 탐지, 표적 탐지, 거짓 경보 감소)
   2) FMCW 램프 생성
   3) 수신 신호 복조 및 필터링
   4). 아날로그-디지털 변환
   5) 가중치 함수
   6) Range FFT
   7) 표적 처리 및 추출
   8) 표적 필터링
   9) 제외 영역

3. H/W 어셈블리
   1) 안테나
      · 설계목표 및 추론
      · 안테나 설계 및 모델링 결과
      · 제작 및 정렬 고려사항
      · 레이돔 설계 고려사항
   2) 송신기 및 수신기
      · 개념
      · 구성품 선정
      · 회로도
      · 레이아웃
      · 테스트
   3) 파형발생기
      · 개념
      · 구성품 선정
      · 회로도
      · 레이아웃
      · 테스트
   4) 인터페이스 및 전원제어
      · 개념
      · 구성품 선정

· 회로도
· 레이아웃
· 테스트

5) 레이다 센서 프로세서
· 개념
· 구성품 선정
· 회로도
· 레이아웃
· 테스트

6) 로테이터
· 개념
· 구성품 선정
· 회로도
· 레이아웃
· 테스트

4. 기계적 구조
1) 스캐닝 유닛 어셈블리
2) 베이스 플레이트 어셈블리
3) 레이다 인터페이스 유짓

5. S/W
1) 아키텍처
2) 데이터 구조
3) 구조 및 흐름도
4) 코딩 표준 및 규칙
5) 모듈 세부사항

6. Firmware
1) FPGA 내 신호처리 알고리즘 구현
2) 아키텍처
3) 데이터 구조
4) 구조 및 흐름도
5) 코딩 표준 및 규칙
6) 모듈 설명

① 레이다 제작기술 이전 실시

- 교육기간 : 2018.09.03.~ 09.21
- 장소 : 영국 캠브릿지 PLEXTEK 본사 사옥
- 이전방법 : 영국 현지 방문 및 교육이수, 레이다 제작 참여 및 관련 자료 확보

② 레이다 설계기술 이전 실시

- 교육기간 :2019.10.06. ~ 11.03
- 장소 : 영국 캠브릿지 PLEXTEK 본사 사옥
- 이전방법 : 영국 현지 방문 및 설계 교육이수 및 관련 자료 확보

③ 기술이전 관련 문서 리스트

- 고정형 레이다

구분	문서넘버	내용	비고
Fixed Radar	VHT156	Interconnect Cable Details	기술문서
	VHT150	Design Description- Mechanical	
	VHT086	scanning Unit Block and Interconnect Details	
	VHT276	Fixed Radar Assembly	
	VHA19B	Fixed Radar Scanning Unit Assy	BOM
	VHA17A	Fixed Scanning Unit Assembly (2D)	도면
		Fixed Scanning Unit Assembly (3D)	
	VHM01Z	Radome	
		Radome Top Cover	
	VHM12Z	Baseplate Gasket - Axial	
	VHM13Z	Radome Gasket - Radial	
	VHM14Z	Rectangular Access Plate Gasket Long	
	VHM15Z	Rectangular Access Plate Gasket Short	
	VHM18Z	Solar Shield	
	VHM23D	Radar Base, Circular	
	VHM23W	Motor Mount Bracket	
	VHM24D	Stop - Lower	
	VHM25W	Access Circular Base Plate	
	VHM26D	Rectangular Access Plate	
	VHM27D	Motor / Antenna Mount Bracket	
	VHM27W	Base / Interface Plate	
	VHM29W	Sight / Level Bracket	
	VHM30D	Cable Tray	
	VHM31D	Cable Tray Opp Hand	
	VHM34W	Solenoid Link 1	
	VHM35W	Tooth Disc	
	VHM36W	Solenoid Link	
	VHM37D	Antenna Column Spacer 13mm	
	VHM37W	Stop Pin Bracket	
	VHM39W	Antenna Support Strut (Fixed)	
	VHM42D	Carbon Processor / Waveform Generator Bracket	
	VHM43D	Stop - Floating 180	
	VHM46D	Connector Enclosure	
	VHM47D	Solenoid Bracket 2	
	VHM48D	Stop Pin Bracket 2	
	VHM49D	Stop Pin	
	VHM49W	GPS Antenna Bracket	
	VHM50D	Stop Pin Sleeve	
	VHM62D	Processor Panel Stiffener	
	VHM63D	Motor Adaptor - Aerotech to PMW	
	VHM65D	M4 x 30 Motor Spacer	
	VHM93D	Solednoid Spring Spacer	

- 이동형 레이다

구분	문서넘버	내용	비고
Mobile Radar	VHT156	Interconnect Cable Details	기술문서
	VHT189	Design Description- Mechanical	
	VHT086	scanning Unit Block and Interconnect Details	
	VHT312	Mobile Radar Assembly	
	VHA17B	Mobile Radar Scanning Unit Assy	BOM
	VHA15A	Mobile Scanning Unit Assembly (2D)	도면
		Mobile Scanning Unit Assembly (3D)	
	VHM07M	Radome Cover (ABS)	

	VHM08M	Radome	
	VHM40W	Antenna Support Strut (Mobile)	
	VHM41W	Motor servo controller spacer	
	VHM42D	Processor / WG Mounting Plate (Carbon)	
	VHM46D	Connector Housing	
	VHM47D	Solenoid Bracket	
	VHM48W	GPS Antenna Bracket	
	VHM62D	Processor / WG Plate Stiffener	
	VHM67D	Flanged Ring	
	VHM69D	Motor / Antenna Bracket	
	VHM70D	Cable Tray - Rotating	
	VHM71D	Cable Tray - Rotating Opp	
	VHM72D	Cable Tray - Fixed	
	VHM73D	Bobbin Support	
	VHM74D	Motor Cowl	
	VHM75D	Circular Baseplate	
	VHM76D	Shock Absorber Clamp	
	VHM77D	Stop Block	
	VHM78D	Stop Arm	
	VHM79D	Bobbin Link	
	VHM80D	Solenoid Tie Rod	
	VHM81D	Spring Adjuster (Solenoid)	
	VHM82D	Solenoid Mounting Plate	
	VHM83D	Bobbin Pin	
	VHM84D	Solenoid Link Pin	
	VHM85D	Bobbin Pivot Pin	
	VHM86D	Spacer M4 x 34mm	
	VHM87D	Spacer M4 x 22.5mm	
	VHM88D	Spacer M4 x 40mm	
	VHM90D	Bobbin	
	VHM91D	Tray Spacer Plate (Mobile)	
	VHM92D	Tray Spacer Plate (Mobile) Opp Hand	

- 송신기

구분	문서넘버	내용	비고
Transmitter	VHT036	Requirement	기술문서
	VHT142	Design Description	
	VHT16604	TEST Procedure	
	VHT275	Tx module manufacturing porcess chain	
	VHT123	MMIC Assembly	MMIC 어셈블리 가이드 및 모듈 셋업절차
	VHT287	Feedthrough Assembly	
	VHT166	Modules Setup	
	VHT133	Tx deburring instructions	
	VHA09B	Assembly BOM	BOM
	VHP9B1	PCB BOM	
	VHA05A	Assembling Dwg (2D)	도면
		Assembling Dwg (3D)	
	VHA08A	MMIC Assembly	
	VHM12D	Top Housing	
	VHM13D	Bottom Housing	
	VHM14D	Transmitter Lid	
	VHM19D	Alumina Substrate	
	VHM20Z	Transmitter RAM Set	
	VHM22Z	Kapton Film	
	VHM23Z	Thermal Pad, 0.5mm Thick(set)	
	VHM61D	Lid(Heatsink)	
	VHP9S	Schematic	회로도
	VHP9CD	PCB Layout	PCB 정보
	VHP9G02	PCB Gerber	

- 수신기

구분	문서넘버	내용	비고
Receiver	VHT036	Requirement	기술문서
	VHT142	Design Description	
	VHT16604	TEST Procedure	
	VHT279	Tx module manufacturing porcess chain	
	VHT140	MMIC Assembly	MMIC 어셈블리 가이드 및 모듈 셋업절차
	VHT287	Feedthrough Assembly	
	VHT166	Modules Setup	
	VHA10B	Assembly BOM	BOM
	VHP6B1	PCB BOM	
	VHA06A	Assembling Dwg (2D)	도면
		Assembling Dwg (3D)	
	VHM15D	Top Housing	
	VHM16D	Bottom Housing	
	VHM18D	Receiver Lid	
	VHM19D	Alumina Substrate	
	VHM21Z	Receiver RAM	
	VHM22Z	Kapton Film	
	VHP6S	Schematic	회로도
	VHP6CD	PCB Layout	PCB 정보
	VHP6G02	PCB Gerber	

- 파형발생기

구분	문서넘버	내용	비고
Waveform Generator	VHT038	Requirement	기술문서 및 Source Code
	VHT145	Design Description	
	VHT255	TEST Procedure	
	VHT288	WFG module manufacturing porcess chain	
	VHS17	Microcontroller Source Code	
	VHS19	CPLD Programming File	
	VHA11B	Assembly BOM	BOM
	VHP7B1	PCB BOM	
	VHA09A	Assembling Dwg (2D)	도면
		Assembling Dwg (3D)	
	VHM20D	Waveform Generator Enclosure Base	
	VHM21D	Waveform Generator Enclosure Lid	
	VHM66D	RAM, 1 over 8 inch thick	
	VHP7S	Schematic	회로도
	VHP7CD	PCB Layout	PCB 정보
	VHP7G04	PCB Gerber	

- 레이다 센서 프로세서

구분	문서넘버	내용	비고
Radar Sensor Processor	VHT083	Requirement	기술문서 및 Source Code
	VHT089	Design Description	
	VHT313	Software Update Method	
	VHT231	TEST Procedure	
	VHT280	RSP Module manufacturing process chain	
	VHS15	RSP Source Code	
	VHS14	RSP Programming Files	
	VHA12B	Assembly BOM	BOM
	VHP2B1	PCB BOM	
	VHA07A	Assembling Dwg (2D)	도면
		Assembling Dwg (3D)	
	VHM10D	Processor Card Enclosure Base	
	VHM17D	Processor Card Enclosure Lid	
	VHP2S	Schematic	회로도

	VHP2CD	PCB Layout	PCB 정보
	VHP2G02	PCB Gerber	

- 인터페이스 모듈

구분	문서넘버	내용	비고
Interface Module	VHT109	Requirement	기술문서
	VHT160	Design Description	
	VHT294	TEST Procedure	
	VHT284	I/F module manufacturing porcess chain	
	VHA14B	Assembly BOM	BOM
	VHP8B1	PCB BOM	
	VHA13A	Assembling Dwg (2D)	도면
		Assembling Dwg (3D)	
	VHM48W	GPS Antenna Bracket (Mobile)	
	VHM49W	GPS Antenna Bracket (Fixed)	
	VHM52D	Interface Enclosure Base	
	VHM53D	Interface Enclosure Lid	
	VHM54D	Cover for Inductor on Interface Enclosure	
	VHP8S	Schematic	회로도
	VHP8CD	PCB Layout	PCB 정보
	VHP8G03	PCB Gerber	

- 레이다 인터페이스 유닛

구분	문서넘버	내용	비고
Radar Interface Unit	VHT154	Requirement	기술문서
	VHT154	Design Description	
	VHT336	TEST Procedure	
	VHT207	Details of Operation	
	VHT207	Assembling Guide	
	VHA18B	Assembly BOM	BOM
	VHPCB1	PCB BOM	
	VHA16A	Assembling Dwg (2D)	도면
		Assembling Dwg (3D)	
	VHM01S	Front Panel Silkscreen - Modified	
	VHM02S	Real Panel Silkscreen	
	VHM42W	Front Panel - Modified	
	VHM43W	Rear Panel	
	VHM44W	Base Panel - Modified	
	VHM45W	DIN Mounting Rail - Modified	
	VHM46W	Bracket Battery	
	VHPCS	Schematic	회로도
	VHPCCD	PCB Layout	PCB 정보
	VHPCG03	PCB Gerber	

- 레이다 Source Code 리스트

```
.--- manifest (사용할 소프트웨어 버전과 저장위치를 결정하는 Yocto manifest 파일)
-  --- default.xml -> manifest.xml
-  --- manifest.xml
--- meta-plextek (zynq 플랫폼용 PLEXTEK 계층, 도우미 라이브러리와 도구로 구성)
-  --- conf
-  -  --- layer.conf
-  --- meta-plextek-platform
-  -  --- conf
-  -  -  --- layer.conf
-  -  --- recipes-bsp
-  -  -  --- bitstream
-  -  -  -  --- bitstream-extraction_%.bbappend
```

```
-  -  -  --- device-tree
-  -  -  -  --- device-tree.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- plextek_early.dtsi
-  -  -  -      --- plextek-picozed-zynq7.dts
-  -  -  -      --- plextek-picozed-zynq7-gold.dts
-  -  -  -      --- plextek_ps.dtsi
-  -  -  -      --- project_pl.dtsi
-  -  -  -      --- project_ps.dtsi
-  -  -  --- hdf
-  -  -  -  --- external-hdf.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- PJS01.hdf
-  -  -  --- u-boot
-  -  -      --- u-boot-fw-utils
-  -  -      -  --- 0001-Default-Config.patch
-  -  -      -  --- fw_env.config
-  -  -      --- u-boot-fw-utils_%.bbappend
-  -  -      --- u-boot-xlnx
-  -  -      -  --- plextek-UBoot-Config-Changes.patch
-  -  -      -  --- uEnv_emmc.txt
-  -  -      -  --- uEnv.txt
-  -  -      --- u-boot-xlnx_%.bbappend
-  -  --- recipes-connectivity
-  -  -  --- dhcp
-  -  -  -  --- dhcp_%.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- dhclient.conf
-  -  -  --- iproute2
-  -  -  -  --- iproute2_%.bbappend
-  -  -  --- openssh
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- sshd_config
-  -  -  -  -  --- sshd_config_dev
-  -  -  -  --- openssh_%.bbappend
-  -  -  -  --- openssh_%-dev.bbappend
-  -  -  --- ppp
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- gprs-connect-chat1
-  -  -  -  -  --- gprs-connect-chat2
-  -  -  -  -  --- options.modem1
-  -  -  -  -  --- options.modem2
-  -  -  -  -  --- poff
-  -  -  -  -  --- ppp
-  -  -  -  -  --- ppp_on_boot
-  -  -  -  -  --- provider1
-  -  -  -  -  --- provider2
-  -  -  -  --- ppp_%.bbappend
-  -  -  --- samba
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- smb.conf
-  -  -  -  --- samba_%.bbappend
-  -  -  --- ufw
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- ufw.service
-  -  -      -  --- ufw.service.development
-  -  -      --- ufw_%.bbappend
-  -  --- recipes-core
-  -  -  --- base-files
```

```
-  -  -  -  --- base-files_%.bbappend
-  -  -  -  --- base-files-development.bb
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- fstab
-  -  -  -      --- fstab.development
-  -  -  -      --- hosts
-  -  -  --- init-ifupdown
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- interfaces
-  -  -  -  -  --- interfaces-eth
-  -  -  -  --- init-ifupdown_%.bbappend
-  -  -  -  --- init-ifupdown_%-dev.bbappend
-  -  -  --- initscripts
-  -  -  -  --- initscripts_%.bbappend
-  -  -  -  --- patches
-  -  -  -      --- 0001-checkroot-headless.patch
-  -  -  --- systemd
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- 0001-Network-config.patch
-  -  -      -  --- 0002-Default-Locale.patch
-  -  -      -  --- 50-wired.network
-  -  -      --- systemd_%.bbappend
-  -  --- recipes-devtools
-  -  -  --- binutils
-  -  -  -  --- binutils_%.bbappend
-  -  -  --- dnf
-  -  -  -  --- dnf_%.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- dnf.target.conf
-  -  -  --- ssh-keys
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- id_rsa
-  -  -      -  --- id_rsa.pub
-  -  -      -  --- known_hosts
-  -  -      --- ssh-keys.bb
-  -  --- recipes-extended
-  -  -  --- procps
-  -  -  -  --- procps_%.bbappend
-  -  -  --- timezone
-  -  -      --- tzdata.bbappend
-  -  --- recipes-factory
-  -  -  --- factory-programmer
-  -  -      --- factory-programmer.bb
-  -  -      --- files
-  -  -          --- flashemmc.sh
-  -  --- recipes-kernel
-  -  -  --- linux
-  -  -      --- linux-xlnx
-  -  -      -  --- bsp
-  -  -      -  -  --- mtd.cfg
-  -  -      -  -  --- mtd.scc
-  -  -      -  -  --- spidev.cfg
-  -  -      -  -  --- spidev.scc
-  -  -      -  -  --- usbserial.cfg
-  -  -      -  -  --- usbserial.scc
-  -  -      -  -  --- xilinxi2c.cfg
-  -  -      -  -  --- xilinxi2c.scc
-  -  -      -  -  --- xilinxqspi.cfg
-  -  -      -  -  --- xilinxqspi.scc
```

```
-  -  -      -  --- features
-  -  -      -  -  --- firewall.cfg
-  -  -      -  -  --- firewall.scc
-  -  -      -  -  --- netfilter.cfg
-  -  -      -  -  --- netfilter.scc
-  -  -      -  -  --- policy-routing.cfg
-  -  -      -  -  --- policy-routing.scc
-  -  -      -  -  --- ppp.cfg
-  -  -      -  -  --- ppp.scc
-  -  -      -  -  --- profiler.cfg
-  -  -      -  -  --- profiler.scc
-  -  -      -  -  --- usbnet.cfg
-  -  -      -  -  --- usbnet.scc
-  -  -      -  -  --- usbserial.cfg
-  -  -      -  -  --- usbserial.scc
-  -  -      -  --- patches
-  -  -      -  -  --- 0001-fix-pm-runtime-get-sync-return-value-check.patch
-  -  -      -  --- plextek-linux-config.scc
-  -  -      --- linux-xlnx_%.bbappend
-  -  --- recipes-support
-  -      --- dnsmasq
-  -      -  --- dnsmasq_%.bbappend
-  -      --- factory-reset
-  -      -  --- factory-reset.bb
-  -      -  --- files
-  -      -      --- boot_primary.sh
-  -      -      --- boot_recovery.sh
-  -      -      --- factory_reset.sh
-  -      -      --- set_ipaddr.sh
-  -      --- libconfuse
-  -      -  --- confuse_3.2.bb
-  -      --- libsoc
-  -      -  --- libsoc_%.bbappend
-  -      -  --- patches
-  -      -      --- 0001-Fix-malloc.patch
-  -      -      --- 0002-Wait-for-permissions.patch
-  -      -      --- 0003-Fix-I2C-Never-Closed-Bug.patch
-  -      --- libuio-plextek
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- attr.c
-  -      -  -  --- base.c
-  -      -  -  --- config.h
-  -      -  -  --- COPYING
-  -      -  -  --- helper.c
-  -      -  -  --- irq.c
-  -      -  -  --- libuio.h
-  -      -  -  --- libuio_internal.h
-  -      -  -  --- mem.c
-  -      -  --- libuio-plextek.bb
-  -      -  --- uioperms
-  -      -      --- 60-persistent-uio.rules
-  -      --- ntp
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- drift
-  -      -  -  --- ntp.conf
-  -      -  -  --- ntp.conf.development
-  -      -  --- ntp_%.bbappend
-  -      --- openvpn
-  -      -  --- files
```

```
-  -      -  -  --- bs_client.conf
-  -      -  -  --- bs_client.crt
-  -      -  -  --- bs_client.key
-  -      -  -  --- bs_client_servers
-  -      -  -  --- ca.crt
-  -      -  -  --- client.down
-  -      -  -  --- client.up
-  -      -  -  --- ta.key
-  -      -  --- openvpn_%.bbappend
-  -      --- plextek-hal-utils
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- fpga_info
-  -      -  -  --- fpgapeek
-  -      -  -  --- fpgapoke
-  -      -  -  --- temp_zynq
-  -      -  --- plextek-hal-utils.bb
-  -      --- plextek-util
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- Config.c
-  -      -  -  --- List.c
-  -      -  -  --- Messaging.c
-  -      -  -  --- plextek-uio-wrapper.c
-  -      -  -  --- plextek-util.c
-  -      -  -  --- plextek-util.h
-  -      -  -  --- plextek-utilUnitTests
-  -      -  -  -  --- plextek-utilUnitTests.c
-  -      -  -  --- Queue.c
-  -      -  -  --- SharedMem.c
-  -      -  -  --- Threading.c
-  -      -  --- libplextek-util.bb
-  -      --- startup
-  -          --- files
-  -          -  --- shutdown.sh
-  -          -  --- startup.service
-  -          -  --- startup.sh
-  -          --- startup.bb
-  --- recipes-plextek
-      --- images
-          --- plextek-base-image.inc
-          --- plextek-gold-image.bb
-          --- plextek-platform-image.bb
-          --- plextek-platform-image-dev.bb
--- meta-virgil (프로젝트 계층으로 이미저 정의와 응용프로그램 및 라이브러리로 구성)
-  --- conf
-  -  --- layer.conf
-  --- meta-virgil-platform
-  -  --- conf
-  -  -  --- layer.conf
-  -  --- recipes-bsp
-  -  -  --- bootbin
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- validate-bootbin.sh
-  -  -  -  -  --- validate-bootcfg.sh
-  -  -  -  --- xilinx-bootbin_%.bbappend
-  -  -  --- device-tree
-  -  -  -  --- device-tree.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- project_pl.dtsi
-  -  -  -      --- project_ps.dtsi
```

```
-  -  -  --- hdf
-  -  -  -  --- external-hdf.bbappend
-  -  -  --- u-boot
-  -  -  -  --- u-boot-fw-utils
-  -  -  -  -  --- 0001-Virgil-Config.patch
-  -  -  -  --- u-boot-fw-utils_%.bbappend
-  -  -  -  --- u-boot-xlnx
-  -  -  -  -  --- uEnv_emmc.txt
-  -  -  -  -  --- uEnv.txt
-  -  -  -  -  --- Virgil-UBoot-Config-Changes.patch
-  -  -  -  --- u-boot-xlnx_%.bbappend
-  -  -  --- watchdogd
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- watchdogd.c
-  -  -      -  --- watchdogd.service
-  -  -      -  --- watchdogd.sh
-  -  -      --- watchdogd.bb
-  -  --- recipes-connectivity
-  -  -  --- samba
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- smb.conf
-  -  -  -  --- samba_%.bbappend
-  -  -  --- ufw
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- ufw.service
-  -  -      -  --- ufw.service.development
-  -  -      --- ufw_%.bbappend
-  -  --- recipes-core
-  -  -  --- base-files
-  -  -  -  --- base-files_%.bbappend
-  -  -  -  --- base-files-development.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- imagetype
-  -  -  --- busybox
-  -  -  -  --- busybox_%.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- syslog.conf
-  -  -  --- systemd
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- 0001-Watchdog-config.patch
-  -  -      -  --- 0002-Udev-config.patch
-  -  -      -  --- 0003-Disable-Nologin.patch
-  -  -      --- systemd_%.bbappend
-  -  -      --- systemd-conf_%.bbappend
-  -  --- recipes-devtools
-  -  -  --- blighter-interface
-  -  -  -  --- blighter-interface.bb
-  -  -  --- dnf
-  -  -  -  --- dnf_%.bbappend
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- dnf.target.conf
-  -  -  --- fifopeek
-  -  -  -  --- fifopeek.bb
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -      --- fifopeek.c
-  -  -  -      --- fifopeek Debug.launch
-  -  -  --- platform-test
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- platform-test.c
```

```
-  -  -  -  -  --- platform-test Debug.launch
-  -  -  -  --- platform-test_1.0.bb
-  -  -  --- ssh-keys
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- id_rsa
-  -  -  -  -  --- id_rsa.pub
-  -  -  -  --- ssh-keys.bbappend
-  -  -  --- synth-io
-  -  -  -  --- files
-  -  -  -  -  --- src
-  -  -  -  -  -  --- synth-io.c
-  -  -  -  -  --- synth-io Debug.launch
-  -  -  -  --- synth-io_1.0.bb
-  -  -  --- virgil-dev-utils
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- set-utilities-remote
-  -  -      -  --- utilities_path.sh
-  -  -      --- virgil-dev-utils.bb
-  -  --- recipes-kernel
-  -  -  --- linux
-  -  -      --- linux-xlnx
-  -  -      -  --- bsp
-  -  -      -  -  --- leds.cfg
-  -  -      -  -  --- leds.scc
-  -  -      -  -  --- power.cfg
-  -  -      -  -  --- power.scc
-  -  -      -  -  --- rtc.cfg
-  -  -      -  -  --- rtc.scc
-  -  -      -  -  --- serial.cfg
-  -  -      -  -  --- serial.scc
-  -  -      -  -  --- watchdog.cfg
-  -  -      -  -  --- watchdog.scc
-  -  -      -  --- features
-  -  -      -  -  --- mqueue.cfg
-  -  -      -  -  --- mqueue.scc
-  -  -      -  -  --- noipv6.cfg
-  -  -      -  -  --- noipv6.scc
-  -  -      -  -  --- pps.cfg
-  -  -      -  -  --- pps.scc
-  -  -      -  -  --- ptp.cfg
-  -  -      -  -  --- ptp.scc
-  -  -      -  -  --- security.cfg
-  -  -      -  -  --- security.scc
-  -  -      -  -  --- simple-fb.cfg
-  -  -      -  -  --- simple-fb.scc
-  -  -      -  --- patches
-  -  -      -  -  --- 0002-gpio_wdt.patch
-  -  -      -  -  --- 0003-fix-i2c-read-race-condition.patch
-  -  -      -  --- virgil-linux-config.scc
-  -  -      --- linux-xlnx_%.bbappend
-  -  --- recipes-navigation
-  -  -  --- gpsd
-  -  -      --- files
-  -  -      -  --- cfg_gps.c
-  -  -      -  --- cfg-gps Debug.launch
-  -  -      -  --- gpsd.service
-  -  -      -  --- gpsd.virgil
-  -  -      -  --- gps-locked.target
-  -  -      --- gpsd_%.bbappend
```

```
-  -  -      --- gpsd-machine-conf_%.bbappend
-  -  --- recipes-support
-  -      --- controld
-  -      -  --- controld.bb
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- 60-persistent-radar.rules
-  -      -  -  --- application-shutdown
-  -      -  -  --- application-startup
-  -      -  -  --- config_installation
-  -      -  -  --- config_runtime
-  -      -  -  --- controld.service
-  -      -  -  --- environment.virgil
-  -      -  -  --- geomask.csv
-  -      -  -  --- geomask_mobile.csv
-  -      -  -  --- package_update.sh
-  -      -  -  --- profiles
-  -      -  -      --- config_profile0
-  -      -  -      --- config_profile1
-  -      -  -      --- config_profile2
-  -      -  -      --- config_profile3
-  -      -  -      --- config_profile4
-  -      -  -      --- config_profile5
-  -      -  -      --- config_profile6
-  -      -  -      --- config_profile7
-  -      -  -      --- config_profile8
-  -      -  -      --- config_profile9
-  -      -  --- utilityscripts.bb
-  -      --- csv-utils
-  -      -  --- csv-utils.bb
-  -      -  --- files
-  -      -      --- csv2dev.c
-  -      -      --- csvd.c
-  -      -      --- csvd Debug.launch
-  -      -      --- target-desc.csv
-  -      --- detectiond
-  -      -  --- detectiond.bb
-  -      -  --- files
-  -      -      --- detectiond.service
-  -      -      --- target_power_to_rcs_adjustment_value.txt
-  -      --- factory-reset
-  -      -  --- factory-reset.bbappend
-  -      -  --- files
-  -      -      --- boot_alternate.sh
-  -      -      --- boot_primary.sh
-  -      -      --- boot_recovery.sh
-  -      -      --- factory_reset.sh
-  -      -      --- image_update.sh
-  -      -      --- reset_radar_configuration.sh
-  -      --- gps-sync
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- gpsInterface.c
-  -      -  -  --- gpsInterface.h
-  -      -  -  --- gpsSync.c
-  -      -  -  --- gps-sync.launch
-  -      -  -  --- timingInterface.c
-  -      -  -  --- timingInterface.h
-  -      -  --- gps-sync.bb
-  -      --- libfifo
-  -      -  --- files
```

```
-  -      -  -  --- COPYING
-  -      -  -  --- fifo.c
-  -      -  -  --- fifo.h
-  -      -  -  --- UioExtensions.c
-  -      -  -  --- UioExtensions.h
-  -      -  --- libfifo.bb
-  -      --- libspoke
-  -      -  --- libspoke.bb
-  -      --- ntp
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- ntp.conf
-  -      -  -  --- ntp.conf.development
-  -      -  -  --- ntpd.service
-  -      -  --- ntp_%.bbappend
-  -      --- platform-io
-  -      -  --- gpioperms
-  -      -  -  --- 60-persistent-i2cdev.rules
-  -      -  -  --- 60-persistent-spidev.rules
-  -      -  -  --- 60-sysfs-gpio.rules
-  -      -  -  --- gpioperms.c
-  -      -  -  --- gpioperms.service
-  -      -  -  --- gpioperms.sh
-  -      -  --- libplatform-io.bb
-  -      -  --- platform-io
-  -      -      --- platform-io-unit-tests.launch
-  -      -      --- src
-  -      -      -  --- platform-io.c
-  -      -      -  --- platform-io.h
-  -      -      -  --- platform-io-private.h
-  -      -      -  --- platform-log.h
-  -      -      -  --- unitTestHarness.c
-  -      -      --- testdata
-  -      -          --- ADC_MUX_ADDR0
-  -      -          --- ADC_MUX_ADDR1
-  -      -          --- ADC_MUX_ADDR2
-  -      -          --- ADC_MUX_ENABLE
-  -      -          --- ADC_MUX_EN_N
-  -      -          --- brightness
-  -      -          --- GPIO_OFFSET
-  -      -          --- HW_PLATFORM
-  -      -          --- scale
-  -      -          --- SHUTDOWN_BUTTON
-  -      -          --- supplyreading
-  -      -          --- WATCHDOG_ENABLE
-  -      -          --- WATCHDOG_EXPIRED
-  -      -          --- WATCHDOG_PING
-  -      -          --- WFG_FAULT
-  -      -          --- WFG_POWER_ENABLE
-  -      --- radarmode
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- radarmode.c
-  -      -  -  --- radarmode.launch
-  -      -  --- radarmode.bb
-  -      --- spoked
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- spoked.service
-  -      -  --- spoked.bb
-  -      --- spoke-init
-  -      -  --- files
```

```
-  -      -  -  --- clutter-init.c
-  -      -  -  --- spoke-init.c
-  -      -  -  --- spoke-init Debug.launch
-  -      -  --- spoke-init_1.0.bb
-  -      --- spoke-utility
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- load-raw-spokes.sh
-  -      -  -  --- load-spokes.sh
-  -      -  -  --- save-raw-spokes.sh
-  -      -  -  --- save-spokes.sh
-  -      -  -  --- spoke-utility.c
-  -      -  --- spoke-utility_1.0.bb
-  -      --- swupdate
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- defconfig
-  -      -  -  --- hwrevision
-  -      -  -  --- swupdate-usb@.service
-  -      -  --- swupdate_%.bbappend
-  -      --- virgil-hal-utils
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- avoid_boot_loop
-  -      -  -  --- rx_adc_write
-  -      -  --- virgil-hal-utils.bb
-  -      --- virgil-user
-  -      -  --- admin-user.bb
-  -      -  --- files
-  -      -  -  --- admin
-  -      -  -  --- virgil
-  -      -  --- virgil-user.bb
-  -      --- xml-interface
-  -          --- files
-  -          -  --- removehost.sh
-  -          -  --- sethost.sh
-  -          -  --- xmld.service
-  -          --- xmld.bb
-  -          --- xml-interface.bb
-  --- recipes-virgil
-      --- images
-          --- update-image
-          -  --- postinstall.sh
-          -  --- preinstall.sh
-          -  --- sw-description
-          --- update-image.bb
-          --- update-image-development
-          -  --- sw-description
-          --- update-image-development.bb
-          --- update-image.inc
-          --- virgil-base-image.inc
-          --- virgil-platform-image.bb
-          --- virgil-platform-image-dev.bb
--- plextek-scripts (Yocto 빌드를 관리 및 배포하기 위한 도우미 스크립트)
-  --- bakeimage
-  --- do_release
-  --- formatsd
-  --- installfs
-  --- installimages
-  --- installsdcard
-  --- installtarget
-  --- merge_dev
```

```
-  --- merge_to_master
-  --- mirrordownloads
-  --- mmcblk0.dsk
-  --- newbuild
-  --- patches
-  -  --- meta-xilinx-tools.patch
-  --- patch-recipes
-  --- prepareemmc
-  --- releaseimages
-  --- retag
-  --- tagrelease
-  --- untag
-  --- update_package
--- spoke-logger (Spoke 정보를 표시하기 위한 테스트 도구 및 관련 윈도우 클라이언트로 구성)
-  --- include
-  -  --- spoke_logger.h
-  --- ipch
-  -  --- SPOKE_WRITER-b4cb6f57
-  -       --- SPOKE_WRITER-1e7857a8.ipch
-  -       --- SPOKE_WRITER-d842eb22.ipch
-  --- libuio
-  -  --- COPYING
-  -  --- libuio.h
-  -  --- libuio.so
-  -  --- README.txt
-  --- spokecd
-  -  --- resource.h
-  -  --- spokecd.aps
-  -  --- spokecd.c
-  -  --- spokecd Debug.launch
-  -  --- spokecd.h
-  -  --- spokecd_private.h
-  -  --- spokecd.rc
-  -  --- spokecd.vcxproj
-  -  --- spokecd.vcxproj.filters
-  -  --- spokecd.vcxproj.user
-  --- spokecd.sln
-  --- spokecd.VC.db
-  --- SpokeClientInstaller
-  -  --- SpokeClientInstaller
-  -  -  --- Express
-  -  -       --- DVD-5
-  -  -       -  --- DiskImages
-  -  -       -       --- DISK1
-  -  -       -           --- 0x0409.ini
-  -  -       -           --- Program Files 64
-  -  -       -           -  --- Plextek Services Ltd
-  -  -       -           -       --- SpokeClient
-  -  -       -           -           --- spokecd.exe
-  -  -       -           -           --- spoke_reporter.exe
-  -  -       -           -           --- spoke_writer.exe
-  -  -       -           -           --- VS2015_Resources
-  -  -       -           -               --- spokecd.h
-  -  -       -           -               --- spokelib.h
-  -  -       -           -               --- Spokelib.lib
-  -  -       -           -               --- spoke_logger.h
-  -  -       -           --- setup.exe
-  -  -       -           --- Setup.ini
-  -  -       -           --- SpokeClient.msi
```

```
-  -  -      -          --- System64
-  -  -      -              --- Spokelib.dll
-  -  -      --- Interm
-  -  -      -  --- _IsIcoRes.Exe
-  -  -      -  --- isregsvr.dll
-  -  -      --- SingleImage
-  -  -          --- DiskImages
-  -  -              --- DISK1
-  -  -                  --- setup.exe
-  -  --- SpokeClientInstaller.isl
-  -  --- SpokeClientInstaller.isproj
-  --- spoked
-  -  --- spoked.c
-  -  --- spoked_configuration.txt
-  -  --- spoked.h
-  -  --- spoked.launch
-  --- Spokelib
-  -  --- dllmain.c
-  -  --- ReadMe.txt
-  -  --- resource.h
-  -  --- Spokelib.aps
-  -  --- spokelib.c
-  -  --- spokelib.h
-  -  --- Spokelib.rc
-  -  --- Spokelib.vcxproj
-  -  --- Spokelib.vcxproj.filters
-  -  --- stdafx.c
-  -  --- stdafx.h
-  -  --- targetver.h
-  --- SpokeReporter
-  -  --- ReadMe.txt
-  -  --- resource.h
-  -  --- spoke_reporter.aps
-  -  --- spoke_reporter.c
-  -  --- spoke_reporter.rc
-  -  --- SpokeReporter.vcxproj
-  -  --- SpokeReporter.vcxproj.filters
-  -  --- SpokeReporter.vcxproj.user
-  -  --- stdafx.c
-  -  --- stdafx.h
-  -  --- targetver.h
-  --- spoke_utils
-  -  --- debug_utils.h
-  -  --- getopt.c
-  -  --- getopt.h
-  -  --- spoke_utils.c
-  -  --- spoke_utils.h
-  -  --- windows_specific_items.c
-  -  --- windows_specific_items.h
-  -  --- writelog
-  --- spoke_writer
-      --- ReadMe.txt
-      --- resource.h
-      --- spoke_writer.aps
-      --- spoke_writer.c
-      --- spoke_writer.rc
-      --- spoke_writer.vcxproj
-      --- spoke_writer.vcxproj.filters
-      --- spoke_writer.vcxproj.user
```

```
-       --- stdafx.cpp
-       --- stdafx.h
-       --- targetver.h
--- VHS18 (“Detection” 데몬 및 관련 도우미 도구를 포함)
-   --- AttributeAccessing
-   -   --- attributes.c
-   -   --- attributes.h
-   -   --- build_test_attributes.sh
-   -   --- test_attributes.c
-   --- ClusterHandling
-   -   --- build_test_cluster_handling.sh
-   -   --- cluster_handling.c
-   -   --- cluster_handling.h
-   -   --- test_cluster_handling.c
-   --- DetectionDaemon
-   -   --- detectiond.c
-   --- detectiond.launch
-   --- DetectionPacketInterface
-   -   --- build_test_detectionBuffer.sh
-   -   --- build_test_detection_packet_interface.sh
-   -   --- detectionBuffer.c
-   -   --- detectionBuffer.h
-   -   --- detection_packet_interface.c
-   -   --- detection_packet_interface.h
-   -   --- test_detectionBuffer.c
-   -   --- test_detection_packet_interface.c
-   --- DetectionProcessing
-   -   --- build_test_detection_processing.sh
-   -   --- configuration_file_reader.c
-   -   --- configuration_file_reader.h
-   -   --- configuration.txt
-   -   --- detection_processing.c
-   -   --- detection_processing.h
-   -   --- radar_system_parameters.h
-   -   --- target_power_to_rcs_adjustment_value.txt
-   -   --- test_detection_processing.c
-   --- Detection_Spoiler
-   -   --- build_test_detection_spoiler.sh
-   -   --- detection_spoiler.c
-   -   --- detection_spoiler.h
-   -   --- test_detection_spoiler.c
-   --- GeofenceUtility
-   -   --- GeofenceUtility.c
-   -   --- GeofenceUtility Debug.launch
-   -   --- GeofenceUtility.launch
-   --- Geofencing
-   -   --- build_test_fine_geofencing.sh
-   -   --- build_test_geofence_memory.sh
-   -   --- build_test_geofencing_control.sh
-   -   --- coarse_geofencing.c
-   -   --- coarse_geofencing.h
-   -   --- fine_geofencing.c
-   -   --- fine_geofencing.h
-   -   --- geofence_polygon.c
-   -   --- geofence_polygon.h
-   -   --- geofencing_control.c
-   -   --- geofencing_control.h
-   -   --- mobile_geofence.c
-   -   --- mobile_geofence.h
```

```
-  -  --- test_fine_geofencing.c
-  -  --- test_geofence_polygon.c
-  -  --- test_geofencing_control.c
-  -  --- test_mobile_geofence.c
-  --- ProcessedDetectionInterface
-  -  --- build_test_processed_detection_interface.sh
-  -  --- processed_detection_interface.c
-  -  --- processed_detection_interface.h
-  -  --- test_processed_detection_interface.c
-  --- SpokeStoreAccessing
-  -  --- build_test_spokeStore.sh
-  -  --- spokeStore.c
-  -  --- spokeStore.h
-  -  --- test_spokeStore.c
-  --- TargetMetrics
-  -  --- build_test_targetMetrics.sh
-  -  --- targetMetrics.c
-  -  --- targetMetrics.h
-  -  --- test_targetMetrics.c
-  --- Utilities
-  -  --- utilities.c
-  -  --- utilities.h
-  --- Visual_Studio
-      --- vs_test_DetectionProcessing
-          --- vs_test_DetectionProcessing
-          -  --- configuration.txt
-          -  --- target_power_to_rcs_adjustment_value.txt
-          -  --- vs_test_DetectionProcessing.vcxproj
-          -  --- vs_test_DetectionProcessing.vcxproj.filters
-          -  --- xml_configuration.txt
-          --- vs_test_DetectionProcessing.sln
--- VHS25 (XML 인터페이스를 처리하고 관리하는 “xmld” Code)
-  --- XmlApi
-  -  --- XmlInterface.c
-  -  --- XmlInterface.h
-  --- XmlTask
-      --- fodXmlCodec.c
-      --- fodXmlCodec.h
-      --- geofence.c
-      --- geofence.h
-      --- installer
-      -  --- contents
-      -  -  --- install.sh
-      -  -  --- xmld
-      -  --- runme.sh
-      --- testXmlCodec.c
-      --- xml_configuration.txt
-      --- xmld.launch
-      --- xmlTask.c
-      --- XmlTask Debug.launch
-      --- XmlTask.launch
-      --- XmlTask Release.launch
--- VHS27 (레이다의 상태를 관리하고 하위 계층 구성요소와 통신하는 “controld” Code)
-  --- controld.c
-  --- controld.h
-  --- controld.launch
-  --- controldPrivate.h
-  --- gpsMonitor.c
-  --- gpsMonitor.h
```

```
-  --- network.c
-  --- network.h
-  --- radar_configuration.txt
-  --- scanner.c
-  --- scanner.h
-  --- sys
-  -  --- timepps.h
-  --- timing.c
-  --- timing.h
--- VHS32 (레이다를 초기화하고 스캔을 시작/중지할 수 있는 레이다 구성 스크립트)
-  --- adc-align-status
-  --- adc-clk-align
-  --- adc-ctrl-disable
-  --- adc-ctrl-en
-  --- adc-data-status
-  --- adc-fd-align
-  --- adc-reset
-  --- axi-i2c-reset
-  --- axi-i2c-status
-  --- bash-utils
-  --- check-configured
-  --- config_data
-  -  --- beam_shape_mobile.csv
-  -  --- beam_shape_single.csv
-  -  --- beam_shape_static.csv
-  -  --- config_data
-  -  --- config_data.derived
-  -  --- config_data.emulator
-  -  --- config_data.emulator_mob
-  -  --- config_data.labtest
-  -  --- config_data.labtest_mob
-  -  --- config_data.mobile
-  -  --- config_data.radar
-  -  --- config_data.rsp_test
-  -  --- config_data.rsp_wfg_test
-  -  --- config_data_selection
-  -  --- geomask_minus_one.csv
-  -  --- geomask_mobile_clear.csv
-  -  --- geomask_zero.csv
-  -  --- range_compensation.csv
-  -  --- range_compensation_mobile_2021.csv
-  -  --- range_compensation_mobile.csv
-  -  --- rfft_coef_16kfft.csv
-  -  --- rfft_coef_4kfft.csv
-  -  --- spoke-init.data
-  -  --- target-desc.csv
-  -  --- target-list.csv
-  --- config_scripts
-  -  --- common
-  -  --- config-beam-processor
-  -  --- config-clutter
-  -  --- config-emulator-azimuth
-  -  --- config-emulator-elevation
-  -  --- config-emulator-timing
-  -  --- config-gps
-  -  --- config-interfaces
-  -  --- config-range-compensation
-  -  --- config-range-processor
-  -  --- config-rfft-coef
```

```
-  -  --- config-samples
-  -  --- config-scanner
-  -  --- config-targets
-  -  --- config-timing
-  -  --- configure_system
-  --- cpld-led-test
-  --- create-clutter-map
-  --- debug-dac-write
-  --- disable-gps
-  --- disable-motor-power
-  --- disable-raw-dma
-  --- disable-spoke-dma
-  --- disable-tx
-  --- enable-gps
-  --- enable-motor-power
-  --- enable-raw-dma
-  --- enable-spoke-dma
-  --- enable-tx
-  --- fpga-version
-  --- gen_targets
-  --- get-api-version
-  --- get-dev-name
-  --- get-environment
-  --- get-gpio
-  --- get-pps-source
-  --- get-radarmode
-  --- get-temp-intf
-  --- get-temp-tx
-  --- get-temp-wfg
-  --- get-voltages-tx
-  --- gpio-pin
-  --- gps_reset.dat
-  --- init-adc
-  --- init-adv7511
-  --- init-axi-i2c
-  --- init-beam-processor
-  --- init-clk-synth
-  --- init-clutter-map
-  --- init-doppler-processor
-  --- init-emulator-azimuth
-  --- init-emulator-elevation
-  --- init-emulator-timing
-  --- init-range-processor
-  --- init-ref-synth
-  --- init-rx-live
-  --- init-spoke-attrib
-  --- init-system
-  --- init-target-emulator
-  --- init-temp-intf
-  --- init-video
-  --- init-vtpg-0
-  --- init-vtpg-0-thru
-  --- init-wav-synth
-  --- learn-clutter-map
-  --- load-device
-  --- load-geomask
-  --- load-rfft-coef
-  --- load-saved-clutter-map
-  --- load-targets
```

```
-  --- poweroff-system
-  --- pps-loop-control
-  --- reconfigure_system
-  --- restart-pps-phase
-  --- rfft_coef.csv
-  --- save-clutter-map
-  --- scanner-go-home
-  --- scanner-jerk
-  --- scanner-point
-  --- scanner-reset
-  --- scanner-start
-  --- scanner-stop
-  --- set-adc-mode
-  --- set-clutter-mode
-  --- set-gpio
-  --- set-gpio-active
-  --- set-gpio-inactive
-  --- set-pps-second
-  --- set-radarmode
-  --- setup-environment
-  --- set-wfg-spi-master
-  --- set-zynq-spi-master
-  --- start-wfg-ramp
-  --- stats-beam-processor
-  --- stats-dump
-  --- stats-emulator
-  --- stats-emulator-azimuth
-  --- stats-emulator-elevation
-  --- stats-emulator-pri
-  --- stats-emulator-timing
-  --- stats-interfaces
-  --- stats-pps
-  --- stats-pps2csv
-  --- stats-rawspoke-attrib
-  --- stats-reports
-  --- stats-rfft
-  --- stats-rfft-max-pwr
-  --- stats-rfft-max-rg
-  --- stats-scanner
-  --- stats-spoke-attrib
-  --- stats-target-emulator
-  --- target-desc.csv
-  --- target-list.csv
-  --- target-list.csv.null
-  --- target-list.csv.orig
-  --- wait-for-scanner-stop
-  --- wait-for-wfg-timing-lock
-  --- wfg-dac-write
--- virgil-build-conf (프로젝트의 Yocto/poky 빌드 구성 폴더)
    --- conf
    -  --- bblayers.conf
    -  --- group
    -  --- local.conf
    -  --- passwd
    -  --- projectsettings
    -  --- signing_key_passphrase
    -  --- site.conf
    --- Virgil.asc
225 directories, 730 files
```

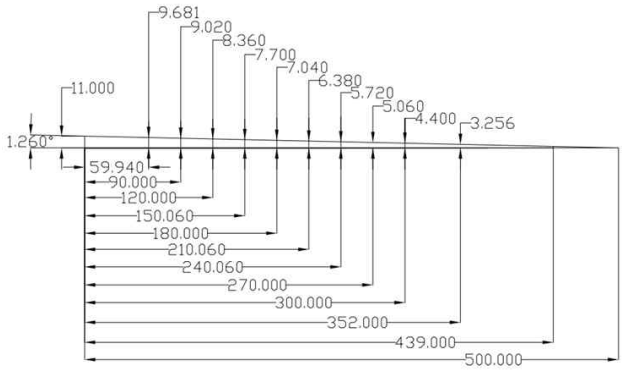
나. 현장운용시험용 고정형 EO 센서 모듈 시제 제작

1) 신호처리 알고리즘 개선

① 원점 캘리브레이션 최적화 범위 보상 및 영상처리 알고리즘 개선

2) IR Light 영향성 분석

① 활주로 및 유도로와 플랫폼에 설치된 IR Light 분석결과 지장 없음



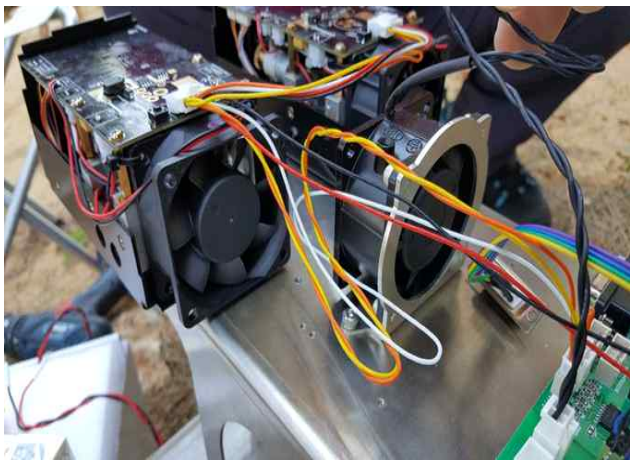
< 플랫폼에서 각 지점별 높이 분석 >



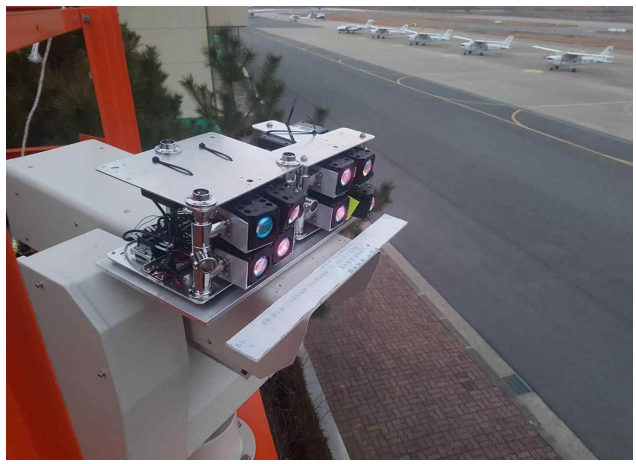
< IR Light 영향성 분석 >

2) 시제 제작

① 3차년도 설계 및 4차년도 개선사항을 반영하여 시제 2대 제작 완료



< 현장운용시험용 고정형 EO센서 모듈 내부 >



< 현장운용시험용 고정형 EO 센서 모듈 >

3) 고정형 EO 센서 모듈 시험결과 (4차년도)

구분	4차년도 성능목표	결과
최소탐지대상 물질크기	2cm X 2cm	2cm × 2cm
탐지거리	400m 이상	416m
탐지반경	80.45도	81도
탐지시간	1분 이하	24.6초
탐지확률	85% 이상	97.6%

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

다. 통합운영시스템 콘솔/서버 제작 및 통합운영 소프트웨어 개선

1) 통합운영 소프트웨어 개선

① 이물질 데이터 처리 알고리즘 개선

② 통계처리 기능 개선

2) 통합운영 콘솔 및 서버 시제 구축

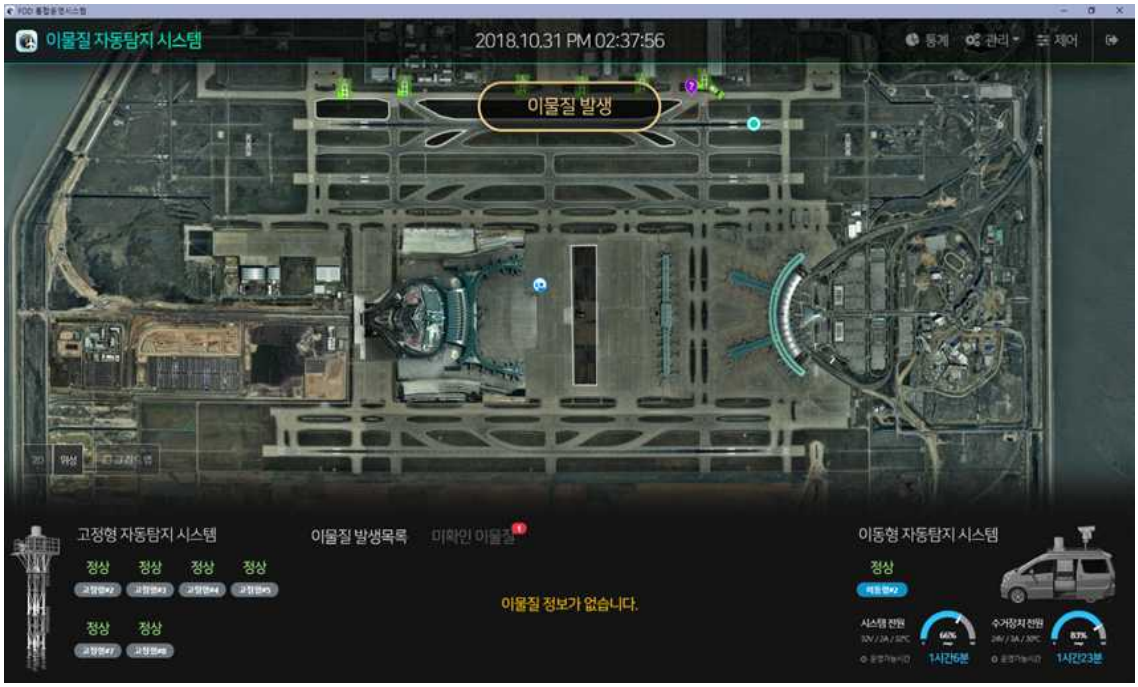


< 제작된 현장운용시험용 통합운용콘솔 >

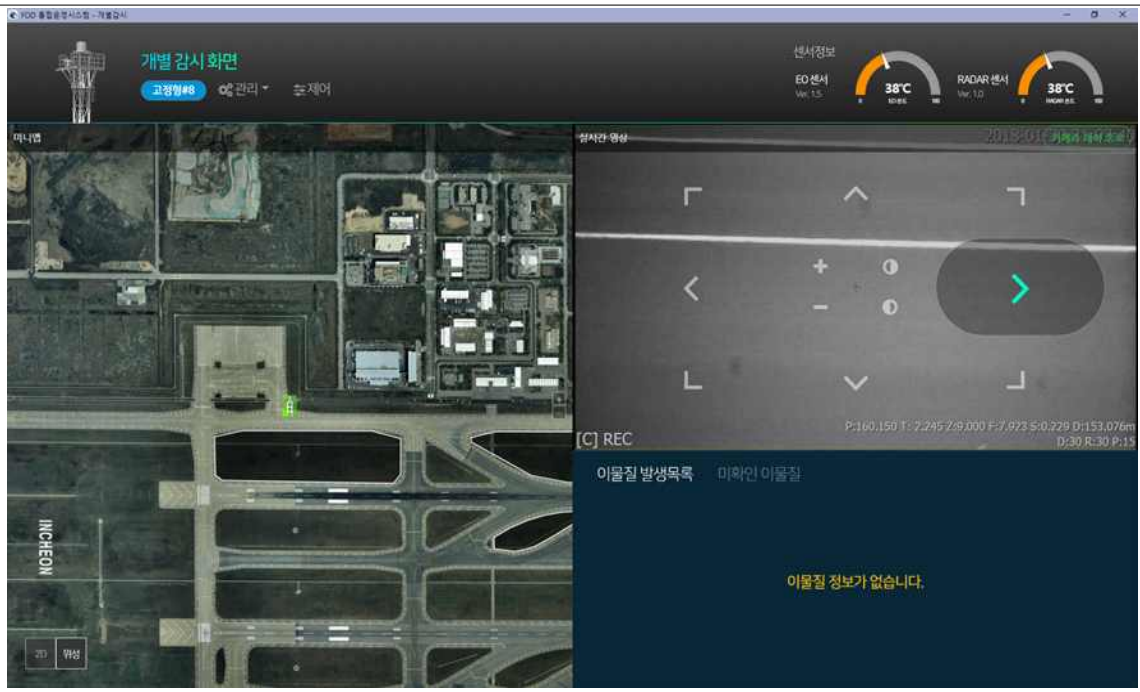


< 제작된 현장운용시험용 통합운영서버 >

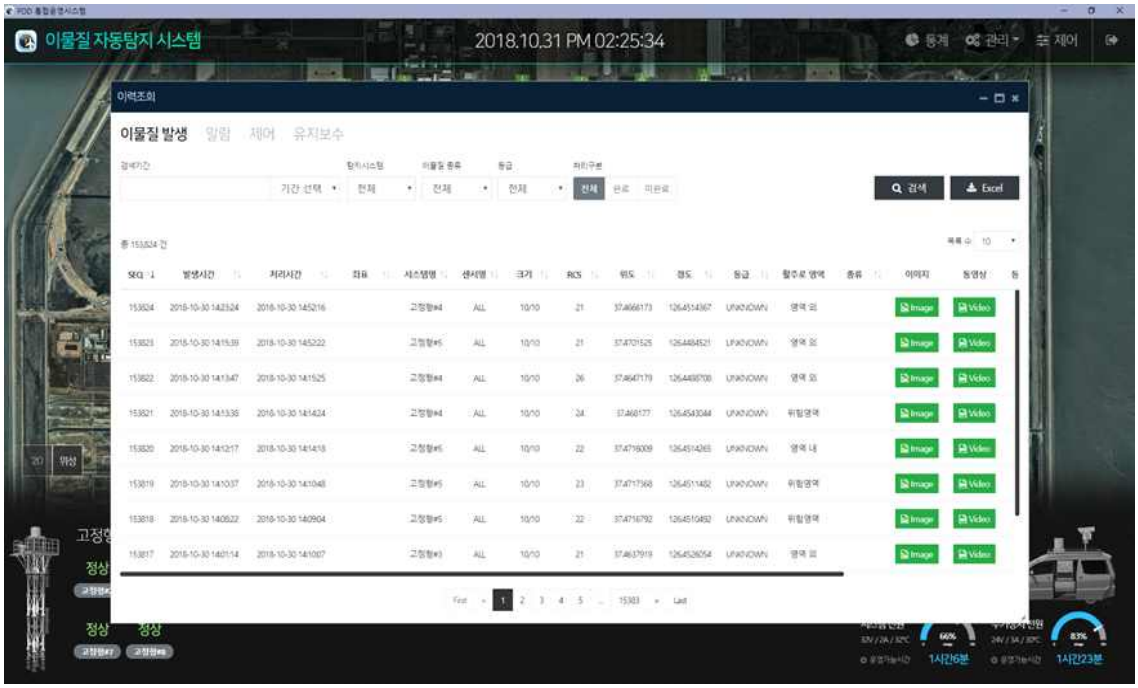
3) 통합운영시스템 UI 기능보완 및 디자인 개선



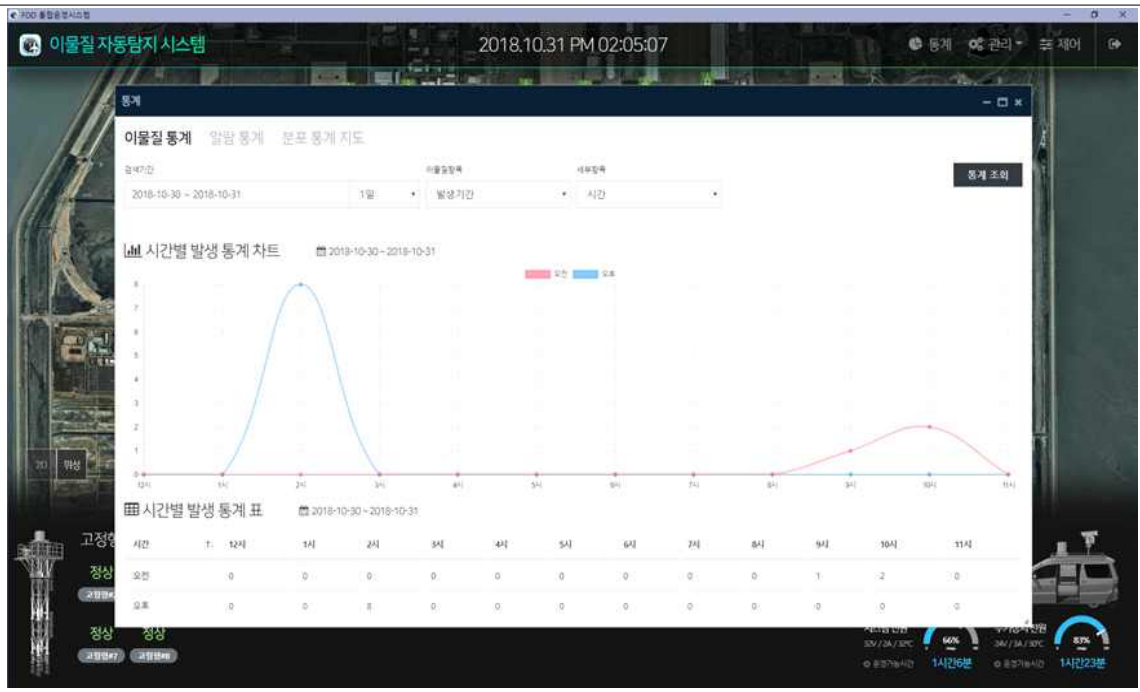
< 통합운영 UI 메인 감시 화면 >



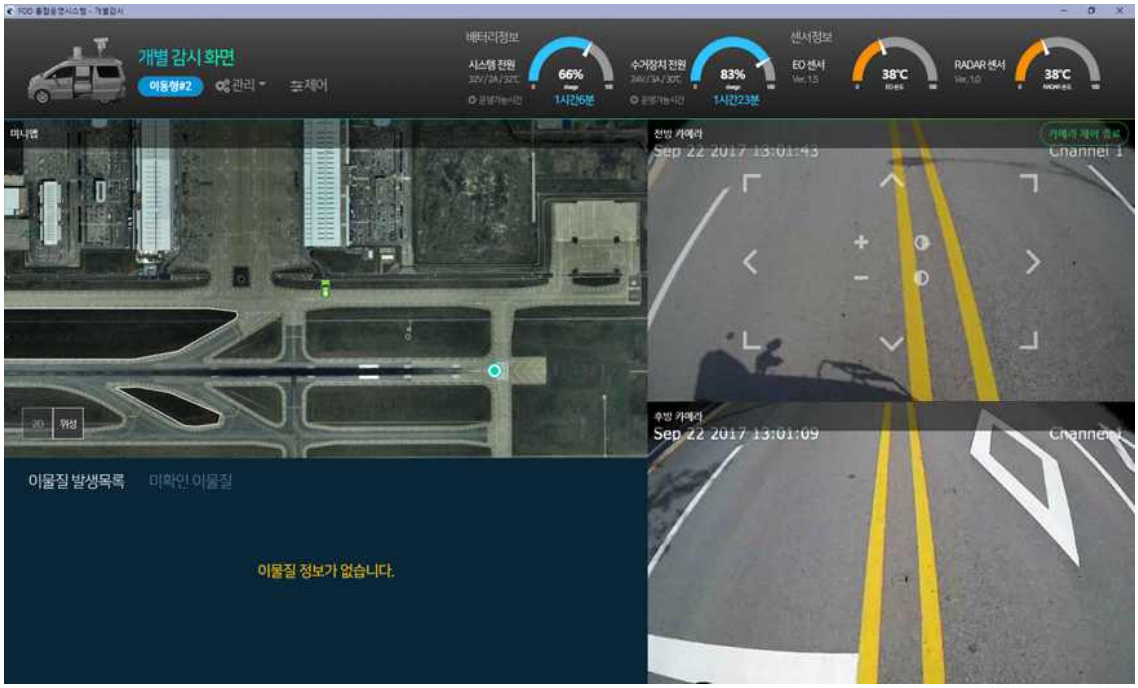
< 통합운영 UI 개벌 감시 화면 >



< 통합운영 UI 이물질 관리 이력 조회 화면 >



< 통합운영 UI 이물질 관리 통계 화면 >



< 이동형 통합운영 UI 개벌 감시 화면 >

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

2. 현장운용시험용 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 3대

가. 현장운용시험용 이동형 레이다 센서 모듈 시제 제작

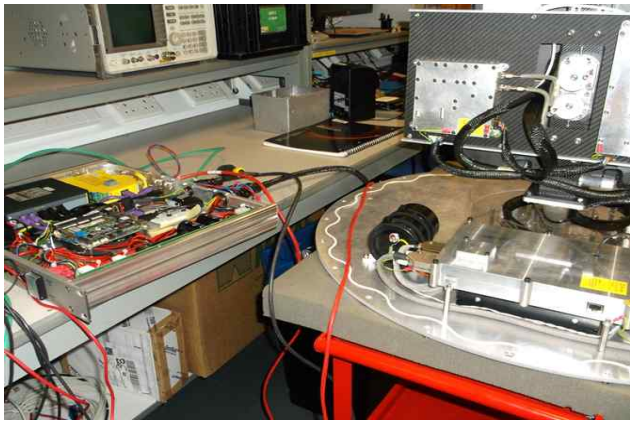
1) 신호처리 알고리즘 개선

① 범위 보상, 표적처리, 클러터 맵처리 개선

② 단일 및 다중 표적탐지 알고리즘 내구성 향상

2) 시제 제작

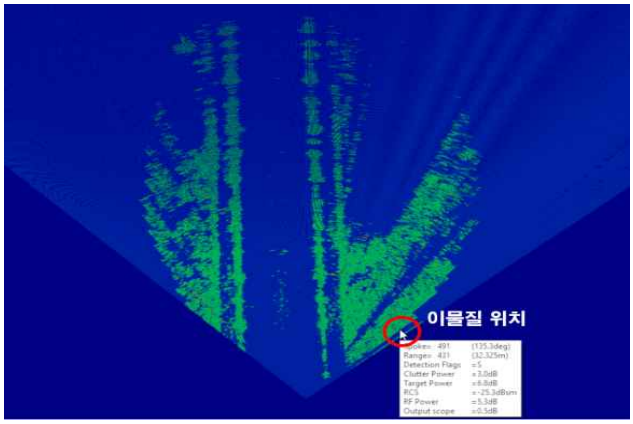
① 3차년도 설계 및 4차년도 개선사항을 반영하여 시제 3대 제작 완료

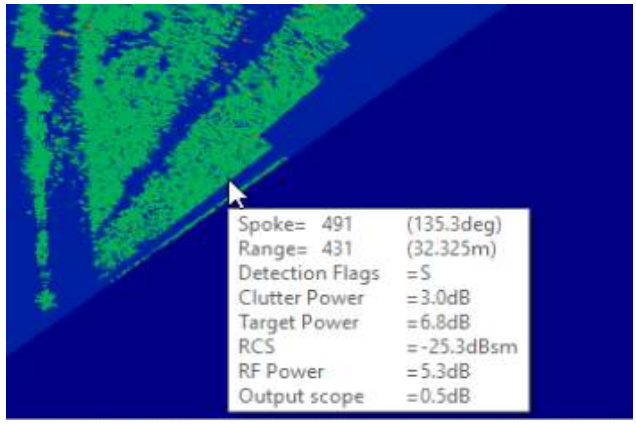


< 현장운용시험용 이동형 레이다 센서 모듈 >



< 현장운용시험용 이동형 레이다 센서 모듈 시험 >





<35.3도 타겟 지점 (탐지거리: 32.325m) -30dBsm 이물질 확인

3) 이동형 레이다 센서 모듈 시험결과 (4차년도)

구분	4차년도 성능목표	결과
탐지 거리	100m 이상	104.3m
탐지 시간	2초	1초
탐지 확률	95% 이상	100%
최소 탐지 RCS	-20dBsm	-35dBsm
탐지 범위	90도	90도
Range Bin Size	7.5cm	7.5cm

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

② **[별책 4-5]** 이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 설계서

나. 현장운용시험용 이동형 EO 센서 모듈 시제 제작

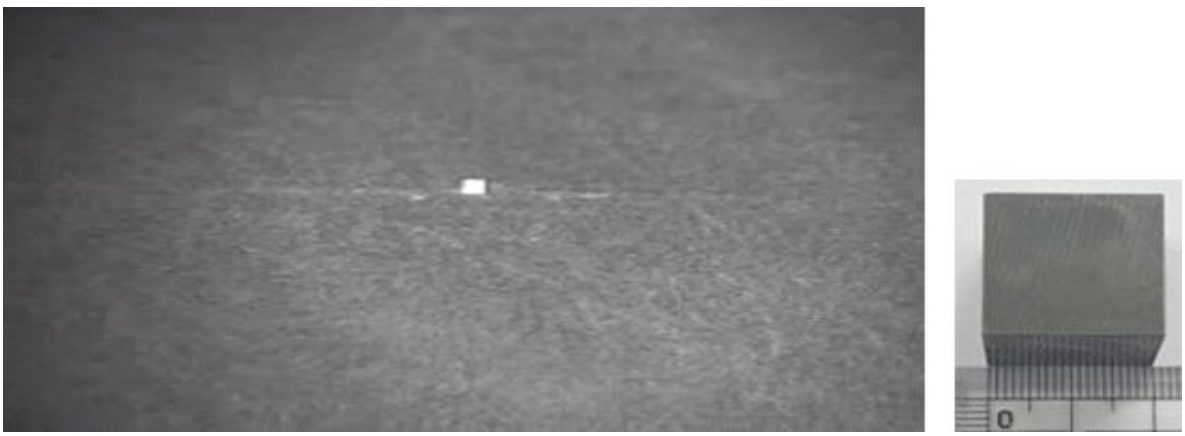
1) 신호처리 알고리즘 개선

① 원점 캘리브레이션 최적화 범위 보상 및 영상처리 알고리즘 개선

2) 시제 제작



< 현장운용시험용 이동형 EO센서 모듈 >



< 100m 지점 2cm X 2cm 영상 확인 및 시료 >

3) 이동형 EO 센서 모듈 시험결과 (4차년도)

구분	4차년도 성능목표	결과
최소확인대상 물질크기	2cm × 2cm	2cm × 2cm
확인가능거리	100m 이상	104.3m

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

다. 이동형 플랫폼 시제 제작



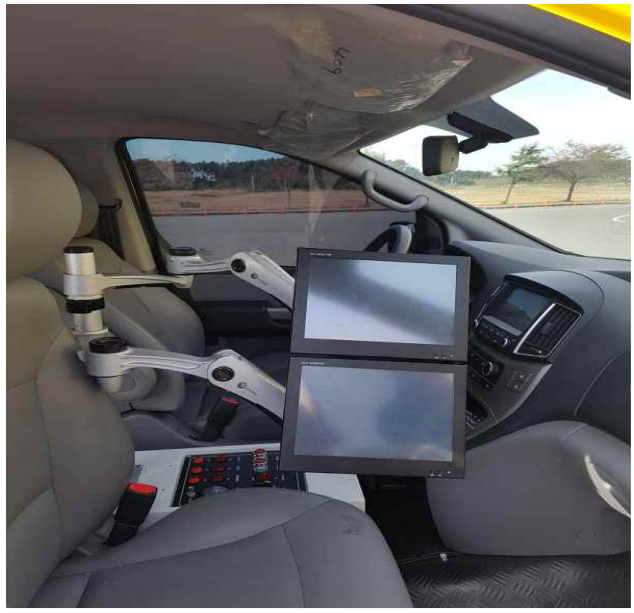
< 현장운용시험용 이동형 플랫폼(측면) >



< 현장운용시험용 이동형 플랫폼(후면) >



< 현장운용시험용 이동형 시스템렉 >



< 현장운용시험용 이동형 콘솔 >



< 현장운용시험용 이동형 수거장치 >



< 이동형 플랫폼에 장착된 레이다 및 EO 센서 >

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

3. 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험

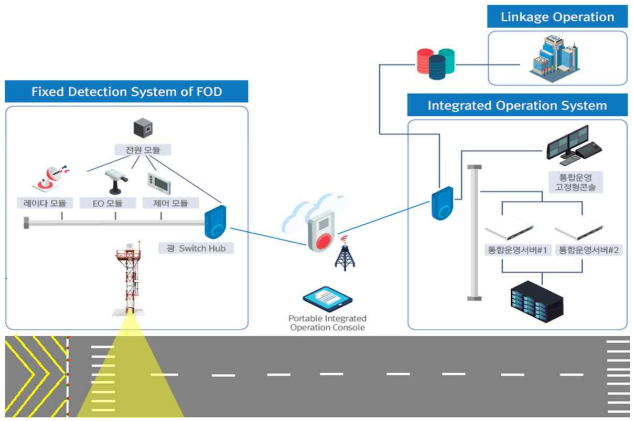
가. 체계통합 시험환경

1) 고정형 플랫폼 설치 위치 : 한서대학교 태안비행장

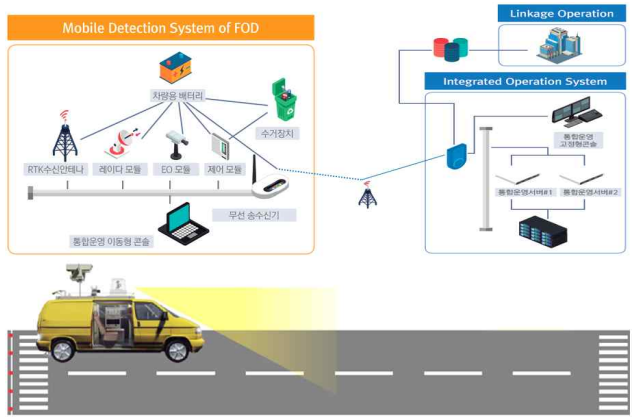


< 자체 테스트-베드를 활용한 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 환경 >

2) 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 시험 구성



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시험구성 >

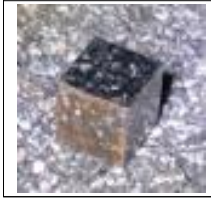


< 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시험구성 >

나. 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험

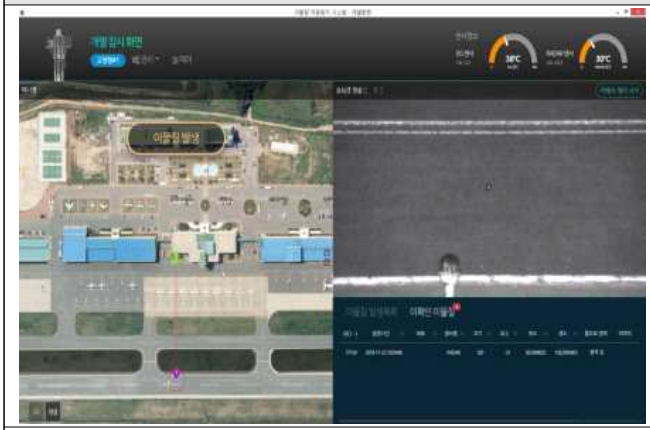
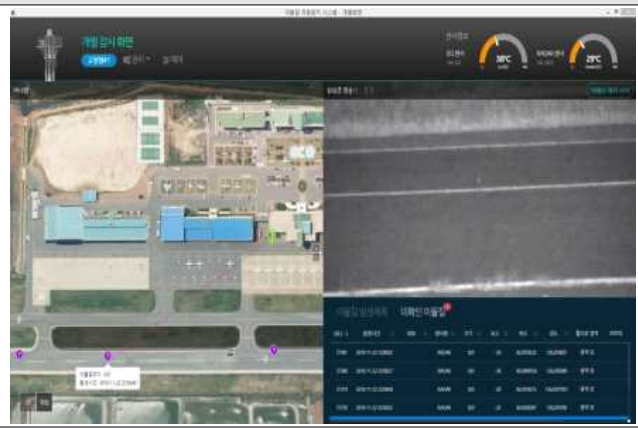
1) 시험내용

< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험에 사용된 시료 >

No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
시료 위치: 우측 400m	시료 위치: 우측 300m	시료 위치: 중심 140m	시료 위치: 좌측 300m	시료 위치: 좌측 400m
시료 크기: 2cmx2cm	시료 크기: 3cmx8cm	시료 크기: 3.5cm[-30dBsm]	시료 크기: 4cmx10cm	시료 크기: 11cm[-20dBsm]
				

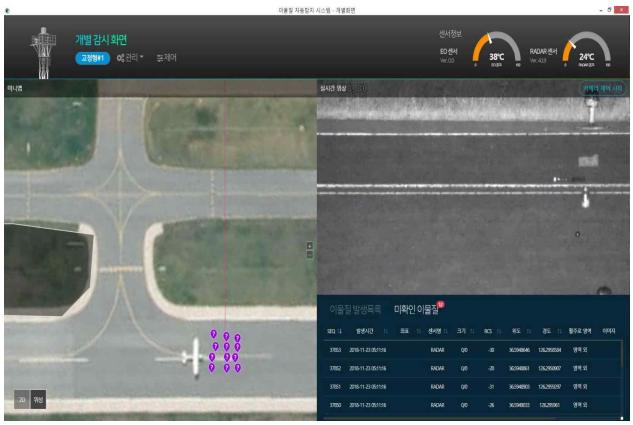


< 통합운영시스템 통합운영UI 탐지결과 (전체감시화면) >

중심 140m 지점 (3.5cm X 3.5cm 쇠구슬)	오른쪽 300m 지점 (3cm X 8cm 볼트)
	
	

오른쪽 400m 지점 (2cm×2cm 정육면체)	왼쪽 300m 지점 (4cm X 10cm 유리병)
	
	

< 통합운영시스템 통합운영UI 탐지결과 (개별감시화면) >



< 전체 이물질 탐지 시험결과 >



< 전체 이물질 탐지시험 환경 >

2) 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험결과 (4차년도)

구분	최종목표	4차년도 성능 목표	4차년도 성능 결과
최소탐지 RCS	-30dBsm	-30dBsm	-30dBsm
탐지 확률	95% 이상	95% 이상	100%
탐지 거리	400m 이상	400m 이상	401.8m
최소탐지 대상물질	2cm×2cm	2cm×2cm	2cm×2cm
위치 정확도	1m 이하	1m 이하	0.53m
탐지 시간	1분 이하	1분 이하	52초
탐지 갱신 주기	4분 이하	4분 이하	58초

3) 연구수행 결과에 대한 산출물

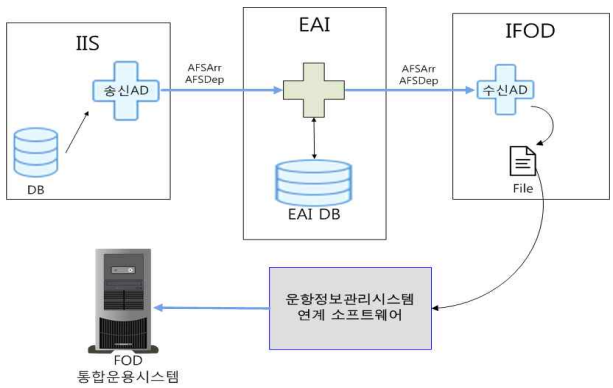
① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

② **[별책 4-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과보고서

4) 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험

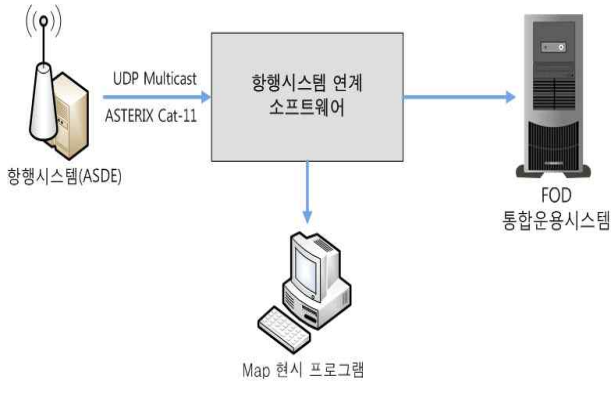
① 시험 구성

- 운항정보관리시스템과 연계를 위한 인터페이스 시스템(IFOD)을 준비
- IFOD 시스템에 인천공항공사의 EAI시스템에서 제공하는 Adapter(수신AD)를 설치
- 운항데이터는 IIS 시스템의 송신 Adapter를 통해 EAI로 전송된 후 IFOD의 수신 Adapter와의 통신 규약에 의해 데이터를 수신한 후 IFOD 시스템의 Local 파일 시스템에 데이터를 적재
- 운항정보관리시스템 연계소프트웨어는 수신 폴더에 파일이 생성되는 순간을 감시하고 있으며 메시지가 생성되는 순간 메시지 파일을 Fetch하여 분석, 처리, 변환한 후 통합운용시스템으로 전달



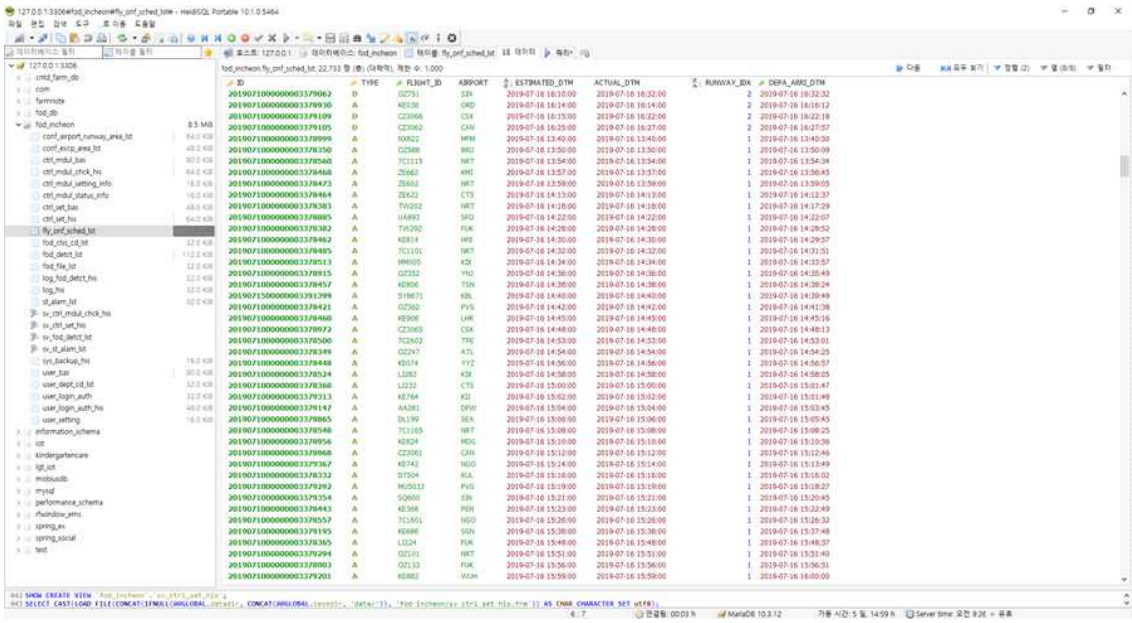
<운항정보관리시스템 연계소프트웨어 현장통합시험 구성도>

- 항행시스템과 연계를 위한 인터페이스 시스템을 준비
- 항행데이터는 Asterix 형식으로 구성되어 있으며 인천공항의 경우 Category 11 이며 UDP/Multicast 프로토콜로 수신할 수 있도록 시스템을 세팅
- 연계소프트웨어는 데이터를 수신하는 즉시 분석, 변환을 거쳐 FOD 통합운용시스템으로 전송 혹은 Map 현시 프로그램으로 전송
- Map 현시 프로그램은 수신한 데이터를 인천공항 활주로 상에 표출한다.



<항행시스템 연계소프트웨어 현장통합시험 구성도>

② 시험결과



< 연계시스템을 통해 수신한 FIMS 데이터 >



< 연계시스템을 통해 수신한 ASDE 데이터 >

3) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

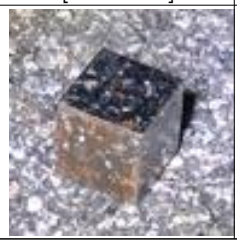
② **[별책 4-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과보고서

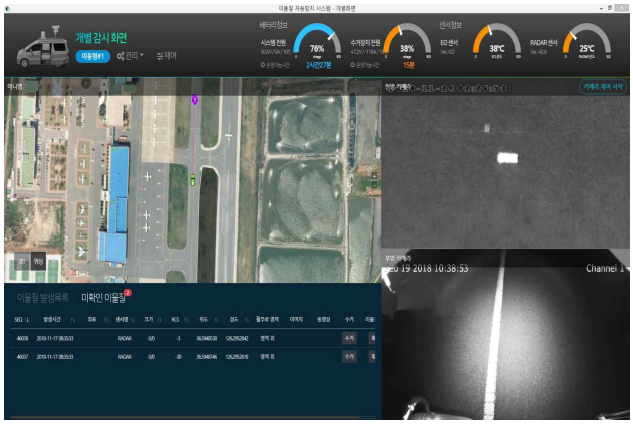
③ **[별책 4-3]** 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합시험 및 신뢰성시험 결과보고서

다. 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험 **(정지상태)**

1) 시험내용

< 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험에 사용된 시료 >

No.1	No.2	No.3	No.4
시료 위치: 전방 94M	시료 위치: 전방 97M	시료 위치: 전방 100M	최소탐지 RCS 전방 100m
시료 종류: 아스팔트 덩어리	시료 종류: 브라켓	시료 종류: 정육면체 [2cmx2cm]	시료 종류: 쇠구슬 [2cmx2cm]
			



< 이동형 이물질 탐지 시스템 탐지결과 >



< 측량값 결과와 측정결과 비교 >

2) 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험결과 (4차년도)

구분	최종목표	4차년도 성능 목표	4차년도 성능 결과
탐지 확률	95% 이상	95% 이상	100%
탐지 거리	100m 이상	100m 이상	107.1m
최소탐지 대상물질	2cm×2cm	2cm×2cm	2cm×2cm
위치 정확도	1m 이하	1m 이하	0.36m
최소 탐지 RCS	-30dBsm	-20dBsm	-35dBsm
탐지 시간	2초	2초	2초

3) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 4-1]** 이물질 자동탐지 시스템 개발산출물

② **[별책 4-2]** 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과보고서

4. 4차년도 TTA 개발 프로세스 검증

- 검증 일정 : 2018.04.09. ~ 2018.12.01.
- 2차년도부터 4차년도까지 도입된 제3자(TTA) 개발 프로세스 검증을 통해 본 연구개발 과제를 체계적으로 관리하고 신뢰성을 확보
- 4차년도에는 결함개수 총 9개로 보완을 통해 Major 결함을 최소화 시킴
- **[별책 4-6]** TTA 개발프로세스 검증 결과서 (4차년도)



항공안전기술개발사업 검증 결과서

한국정보통신기술협회

소프트웨어시험인증연구소

TTA

2018. 12. 1.

한국정보통신기술협회 회장

5. 총평

< 4차년도 TTA 개발프로세스 검증 결과서 >

5. 4차년도 연구개발 추진체계



6. 4차년도 연구개발 추진일정

연구기관	연구개발내용	4차년도									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
웨이브텍	테스트-베드 구축을 위한 항공학적 검토 및 보완성 검토 추진										
	고정형 플랫폼 시제 제작										
	고정형 전원공급모듈 시제 제작										
	이동형 플랫폼 시제 제작										
	이동형 전원공급모듈 시제 제작										
	이동형 배터리팩 시제 제작										
	이동형 수거장치 시제 제작										
	통합운영서버 및 고정형/휴대용 콘솔 구축										
	통합운영시스템 통제대 시제 제작										
	고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합										
	이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합										
PIEXTEK SERVICE LIMITED	고정형 레이다 센서 모듈 시제 제작										
	이동형 레이다 센서 모듈 시제 제작										
	고정형 레이다 센서 모듈 연동										
	이동형 레이다 센서 모듈 연동										
	고정형 레이다 센서 모듈 체계통합 및 시험 지원										
	이동형 레이다 센서 모듈 체계통합 및 시험 지원										
영국전자	고정형 EO 센서 모듈 시제 제작										
	이동형 EO 센서 모듈 시제 제작										
	고정형 EO 센서 모듈 연동										
	이동형 EO 센서 모듈 연동										
	고정형 EO 센서 모듈 체계통합 및 시험 지원										
	이동형 EO 센서 모듈 체계통합 및 시험 지원										
	EO 센서 모듈 기능 보완										
유넷 컨버전스	통합운영서버 S/W 보완 개발										
	이물질 데이터 처리 알고리즘 보완 개발										
	통계처리 기능 보완 개발										
	통합운영 고정형 콘솔 UI S/W 보완 개발										
	통합운영 이동형 콘솔 시제 제작										
	통합운영 이동형 콘솔 UI S/W 보완 개발										
	통합운영 휴대용 콘솔 UI S/W 보완 개발										
	고정형 제어모듈 시제 제작										
	고정형 네트워크 스위치 구축										
	고정형 제어모듈 S/W 보완 개발										
	절대좌표 기능 보완 개발										
	센서 데이터 융합 및 처리 알고리즘 보완 개발										
	고정형 제어모듈 ↔ 통합운영서버 연동 및 보완										
	고정형 제어모듈 ↔ 고정형 전원공급모듈 연동 및 보완										

연구기관	연구개발내용	4차년도									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	고정형 제어모듈 ↔ 고정형 레이다 센서 연동 및 보완		■								
	고정형 제어모듈 ↔ 고정형 EO 센서 연동 및 보완	■									
	이동형 제어모듈 시제 제작	■	■								
	이동형 네트워크 스위치 구축	■	■								
	이동형 제어모듈 S/W 보완 개발				■	■	■	■	■		
	절대좌표 기능 보완 개발				■	■	■	■	■		
	이동형 제어모듈 ↔ 통합운영서버 연동 및 보완	■									
	이동형 제어모듈 ↔ 이동형 레이다 센서 연동 및 보완		■								
	이동형 제어모듈 ↔ 이동형 EO 센서 연동 및 보완	■									
	이동형 제어모듈 ↔ RTK 연동 및 보완			■							
	이동형 제어모듈 ↔ 이동형 배터리팩 연동 및 보완	■									
	이동형 제어모듈 ↔ 무선통신 기능 연동 및 보완			■							
	연동 및 체계통합 소프트웨어 보완 개발				■	■	■	■	■	■	
	단독운영모드용 운용시나리오 설계	■	■								
	통합운영서버 및 이동형 제어모듈 통합			■	■						
	군 공항 및 김포공항 지도 제작				■	■	■				
	단독운영모드용 이동형 콘솔 UI 개발				■	■	■				
	단독운영모드용 이동형 제어모듈 시제 제작	■	■	■							
	단독운영모드용 이동형 콘솔 시제 제작	■	■	■							
	단독운영모드용 이동형 네트워크 스위치 구축	■	■	■							
	단독운영모드용 통합운영서버 S/W 개발						■	■	■	■	■
	단독운영모드용 연동 및 체계통합 소프트웨어 보완 개발						■	■	■	■	■
한국 공항공사	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 S/W 통합	■	■	■	■	■					
	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 S/W 통합시험 및 신뢰성 시험						■	■	■	■	■
인천국제공항공사	시스템 체계통합 시험 지원	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	테스트-베드 설계 지원	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
한서대학교	테스트-베드 내 시험 환경 구축	■	■	■	■	■	■				
	통합운용시험에 대한 인력 지원	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	이물질 자동탐지시스템 시험운용을 위한 테스트-베드 구축 연구							■	■	■	■
대구경북 과학기술원	현실적 조건을 고려한 레이다 시스템 모델 재검증 및 설계 고도화	■	■	■	■						
	FOD 레이다 심화 알고리즘 고도화 연구				■	■	■	■			
	실제환경을 반영한 FOD 레이다 성능 검증 시뮬레이터 고도화							■	■	■	■

○ 5년차 연구수행 목표 : 현장운용시험용 레이다 센서 국내제작(2대) 및 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **2대** 제작
- 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험
- 현장운용시험용 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험
- 인천국제공항 시스템 구축을 위한 전파영향성 검토

○ 5년차 연구수행 내용

1. 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 2대

가. 현장운용시험용 고정형 레이다 센서 모듈 **국내제작 2대**

1) 구성품 PCB 제작 추진



< 송신기 >



< 수신기 >



< 파형발생장치 >



< 전원 분배 및 제어 장치 >

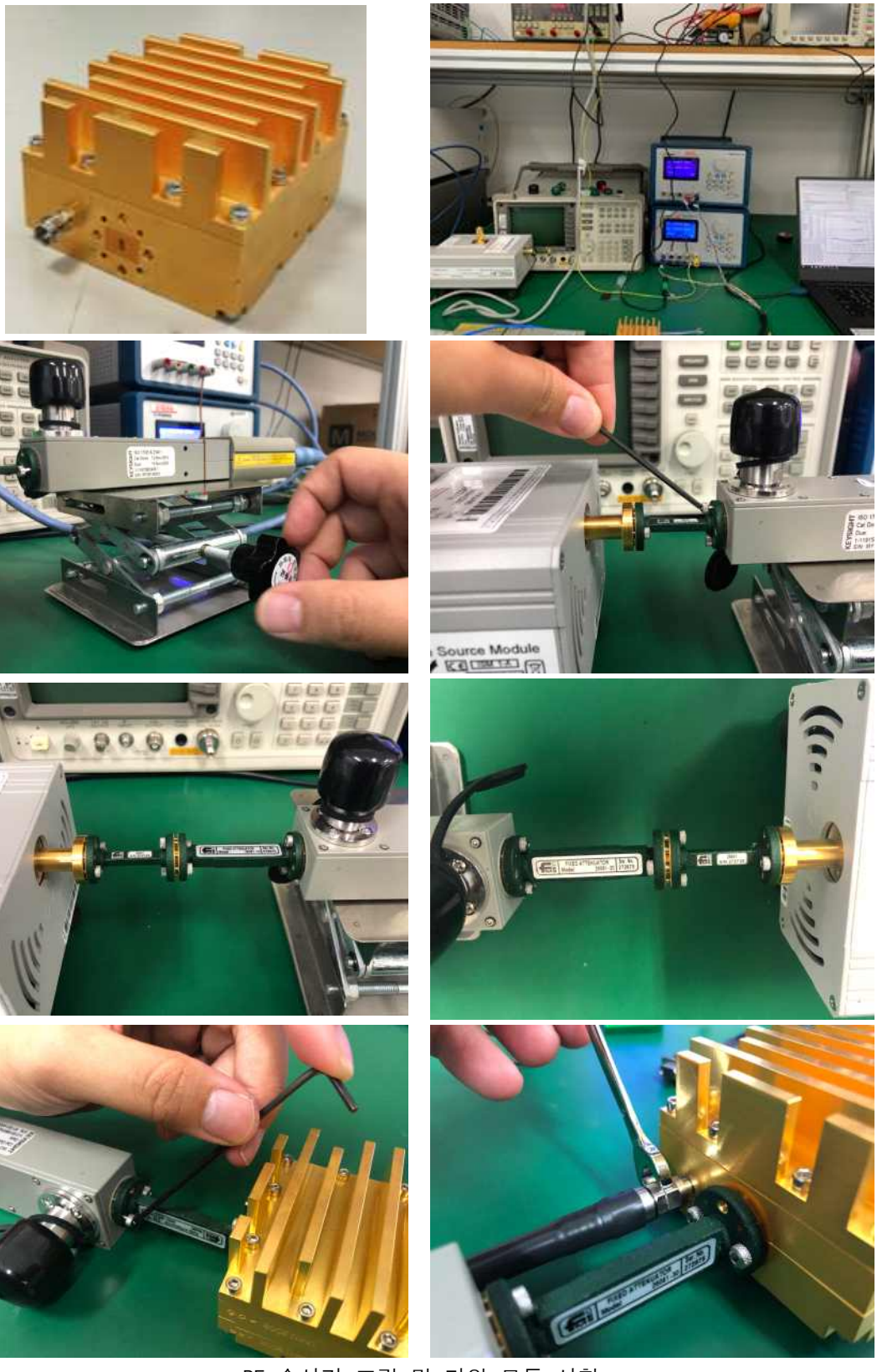


< 레이다 신호처리 장치 >

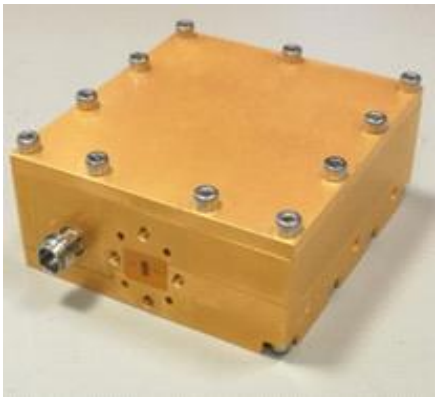


< 레이다 전원 및 제어 입력장치 >

2) 구성품 시제 제작 및 단위 모듈 시험



< RF 송신기 조립 및 단위 모듈 시험 >



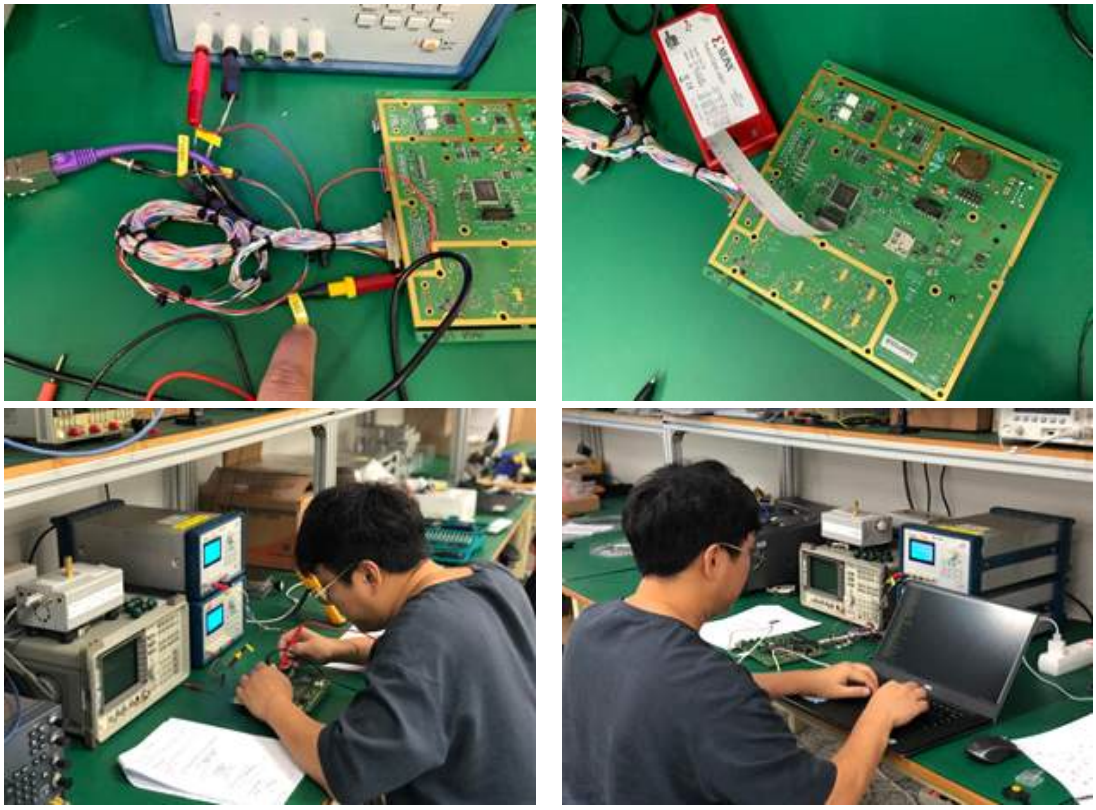



< RF 수신기 조립 및 단위 모듈 시험 >

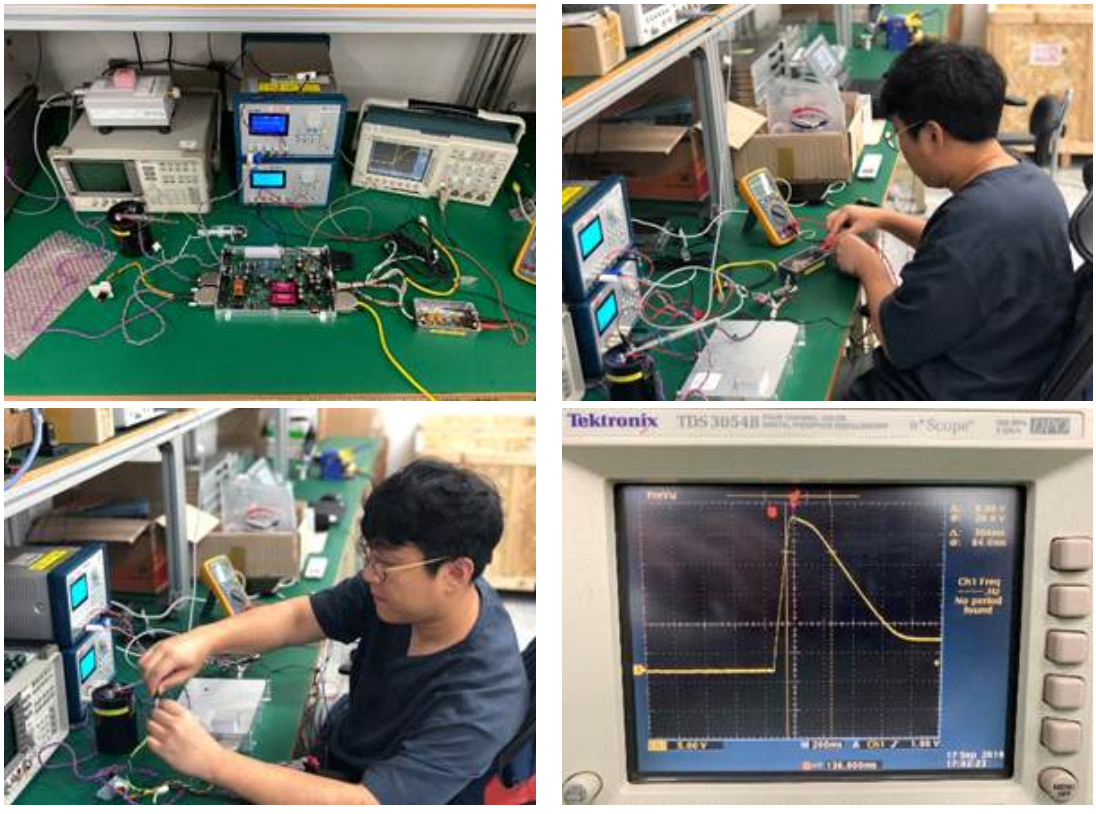





< 파형발생장치 조립 및 단위 모듈 시험 >



< 레이다 신호처리 장치 제작 및 단위 모듈 시험 >



< 전원 분배 및 제어 장치 제작 및 단위 모듈 시험 >

3) 구성품 모듈 시험 성적서



< 전원분배 및 제어장치 시험성적서 >



< 파형발생장치 시험성적서 >



< 레이다 신호처리 장치 시험성적서 >

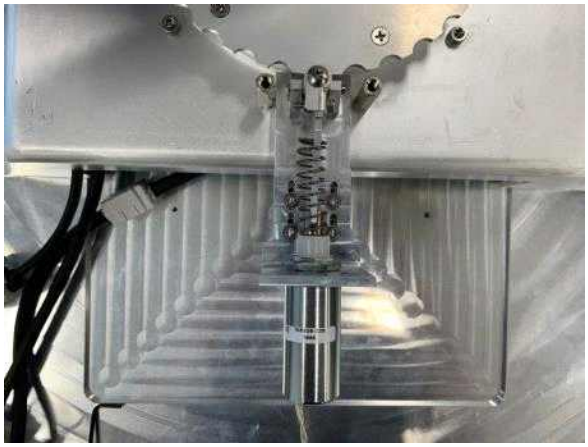
3) 고정형 레이다 전체 어셈블리



< RF 송수신기 어셈블리 >



< 안테나 어셈블리 >



< 솔레노이드 어셈블리 >



< 로테이터 어셈블리 >



< 베이스플레이트 어셈블리 >



< 최종 국내제작 완료된 5차년도 레이다 >

4) 국내 제작된 레이다 사전시험 진행



< 기본 전원 및 Rotator 동작시험(실내) >



< Conner Reflector, 200m지점 >



< 고소 작업대 레이다 설치(웨이브텍 사옥) >



< 기본성능시험(RCS, Range, FOV등) >

2. 한서대학교 태안비행장 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험

가. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험

1) 체계통합시험 환경



< 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 구성 안 >



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 >



< 이동형 이물질 자동탐지 시스템 >

2) 체계통합시험 방법

① FAA 산하기관인 CEAT에서 이물질 자동탐지 시스템 성능시험을 통해 마련한 권고회람 참조

② FAA AC150.5220-24 Airport Foreign Object Debris(FOD) Detection Equipment

< FAA 권고회람 FAA AC150-5220-24 에서 언급된 이물질 분류 >

이물질 물체*	예상 위험수준	발생 빈도
1. 작은 콘크리트 조각	**높음**	흔히 발생
2. 지원 차량에서 떨어진 표준 대형 너트 (러그 너트)	**높음**	흔히 발생
3. 롤러 베어링(roller bearing)	**높음**	흔히 발생
4. 고무 덩어리	**낮음**	흔히 발생
5. 정비용 렌치	**높음**	흔히 발생
6. 연료주입구 마개	**높음**	흔히 발생

7. 코터 키(cotter key)	보통	흔히 발생
8. 플라스틱 병/병뚜껑	낮음	흔히 발생
9. 묶는 벨트/끈류(strapping material)	보통	흔히 발생
10. 신축 이음(expansion joint) 자재	낮음	흔히 발생
11. 건축 자재 - 아연 도금된 못 또는 석고재(sheetrock) 스크류나사	보통	건축활동 따라 다름
12. 활주로 내부구조물의 일부 - 활주로등 조각 또는 표지/도장 일부	**높음**	빈도 낮음
13. 작은 스패너	보통	
14. 금속 줄(strip)	**높음**	빈도 낮음
15. 섬유 유리 문	보통	
16. 아스팔트 덩어리	높음	

④ 상기 권고회람에 기재된 내용을 바탕으로 아래의 이물질들을 사용하여 체계통합시험 실시

금속 구 35㎜ (3)	플라스틱 구(8,15)	콘크리트(1,11,12,16)	스패너(5,7,13)
			
플라스틱 소켓(8)	**타이어/고무(4)**	**금속조각(14,15)**	**연료 마개(6)**
			
너트(2)	**유압선(9/10)**	**플라스틱(5x5)**	**병**
			



< 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 탐지 전체화면 >

나. 체계통합 시험 결과

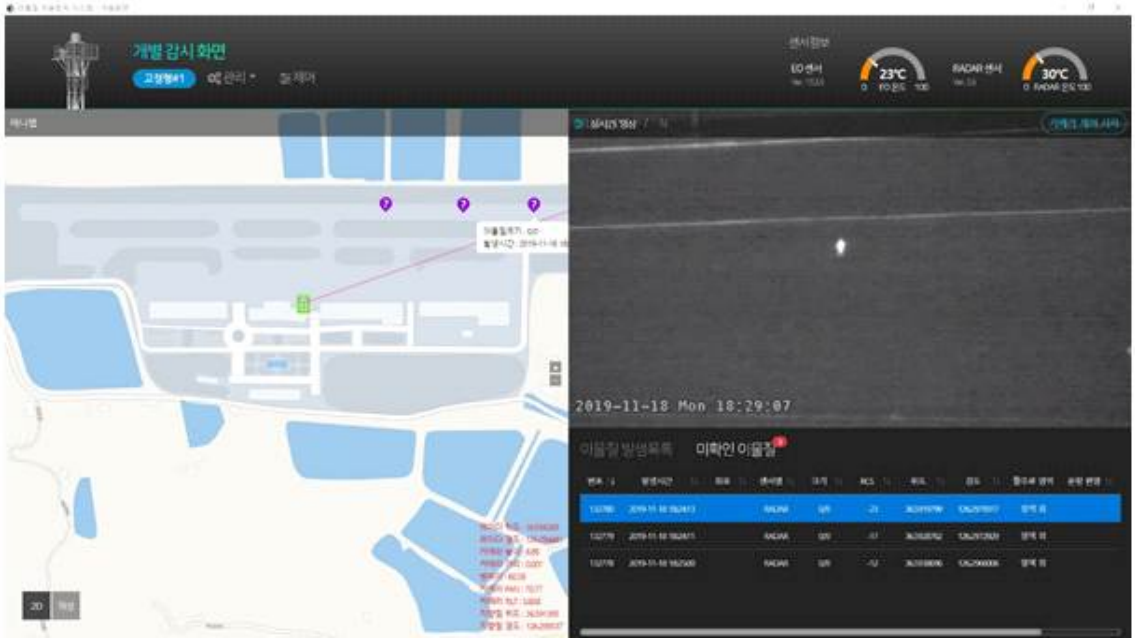
1) 고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과

① 최소탐지 물체크기(-30dBsm) 및 위치정확도(400m)



지름 35mm 금속 구

FOD 위치(GPS좌표)		탐지 좌표		탐지 정확도
위도	경도	위도	경도	
36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m



② 탐지거리별 위치정확도

	FOD 위치(GPS좌표)		탐지 좌표		탐지 정확도
	위도	경도	위도	경도	
200m	36.59387029	126.2966013	36.5938696	126.2966006	0.1m
300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.32m
400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m



지름 35mm 금속구



200m 300m 400m

③ 탐지확률(목표 95% 이상) : 측정결과 100%

횟수	거리	FOD 위치(GPS좌표)		탐지 좌표		탐지 정확도
		위도	경도	위도	경도	
1회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938683	126.2966005	0.13m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
2회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938683	126.2966005	0.13m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
3회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938696	126.2966006	0.10m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928758	126.2972926	0.32m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
4회	200m	36.59387029	126.2966013	36.593869	126.2966004	0.16m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928758	126.2972926	0.32m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
5회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938729	126.2966015	0.29m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928758	126.2972926	0.32m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
6회	200m	36.59387029	126.2966013	36.593869	126.2966004	0.16m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
7회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938683	126.2966005	0.13m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
8회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938683	126.2966005	0.13m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
9회	200m	36.59387029	126.2966013	36.5938683	126.2966005	0.13m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m
10회	200m	36.59387029	126.2966013	36.593869	126.2966004	0.16m
	300m	36.59287408	126.2972954	36.5928762	126.2972929	0.33m
	400m	36.59197614	126.2979364	36.5919799	126.2979317	0.59m

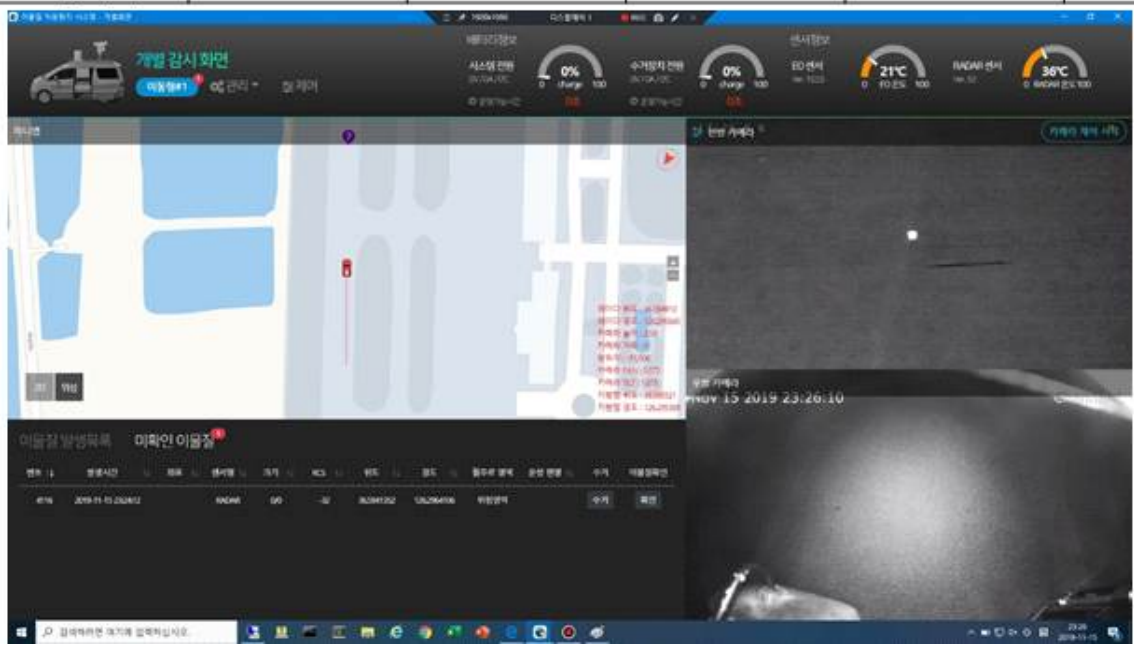
2) 이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과

① 최소탐지 물체크기(-30dBsm) 및 위치정확도(100m)



지름 35mm 금속 구

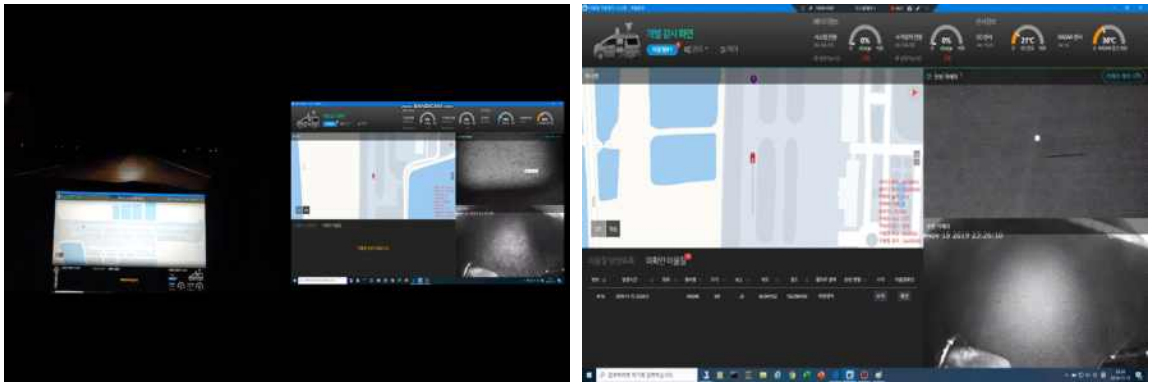
FOD 위치(GPS좌표)		탐지 좌표		탐지 정확도
위도	경도	위도	경도	
36.5941705589	126.2965013975	36.5941736	126.2965069	0.59m



② 탐지확률(목표 95% 이상) : 측정결과 100%

	FOD 위치(GPS좌표)		탐지 좌표		탐지 정확도
	위도	경도	위도	경도	
1회차	36.5941705589	126.2965013975	36.5941725	126.2965056	0.43m
2회차			36.5941722	126.2965052	0.38m
3회차			36.5941733	126.2965058	0.59m
4회차			36.5941718	126.2965045	0.31m

5회차			36.594172	126.296504	0.28m
6회차			36.594171	126.2965028	0.13m
7회차			36.5941713	126.2965042	0.26m
8회차			36.5941717	126.2965045	0.30m
9회차			36.5941717	126.2965032	0.20m
10회차			36.5941717	126.2965036	0.23m



< 이동형 이물질 자동탐지 시스템 탐지 개별화면 >

3) 이물질 자동탐지 시스템 체계통합 시험결과 (5차년도)

구분	고정형		이동형	
	최종목표	결과	최종목표	결과
탐지 확률	95% 이상	PASS	95% 이상	PASS
탐지 거리	400m 이상	PASS	100m 이상	PASS
최소탐지 대상물질	2cm×2cm	PASS	2cm×2cm	PASS
위치 정확도	1m 이하	PASS	1m 이하	PASS
최소 탐지 RCS	-30dBsm	PASS	-30dBsm	PASS
탐지 시간	1분 이하	PASS	2초	PASS
탐지 갱신 주기	4분 이하	PASS	해당없음	-

다. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 5-1]** 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과보고서

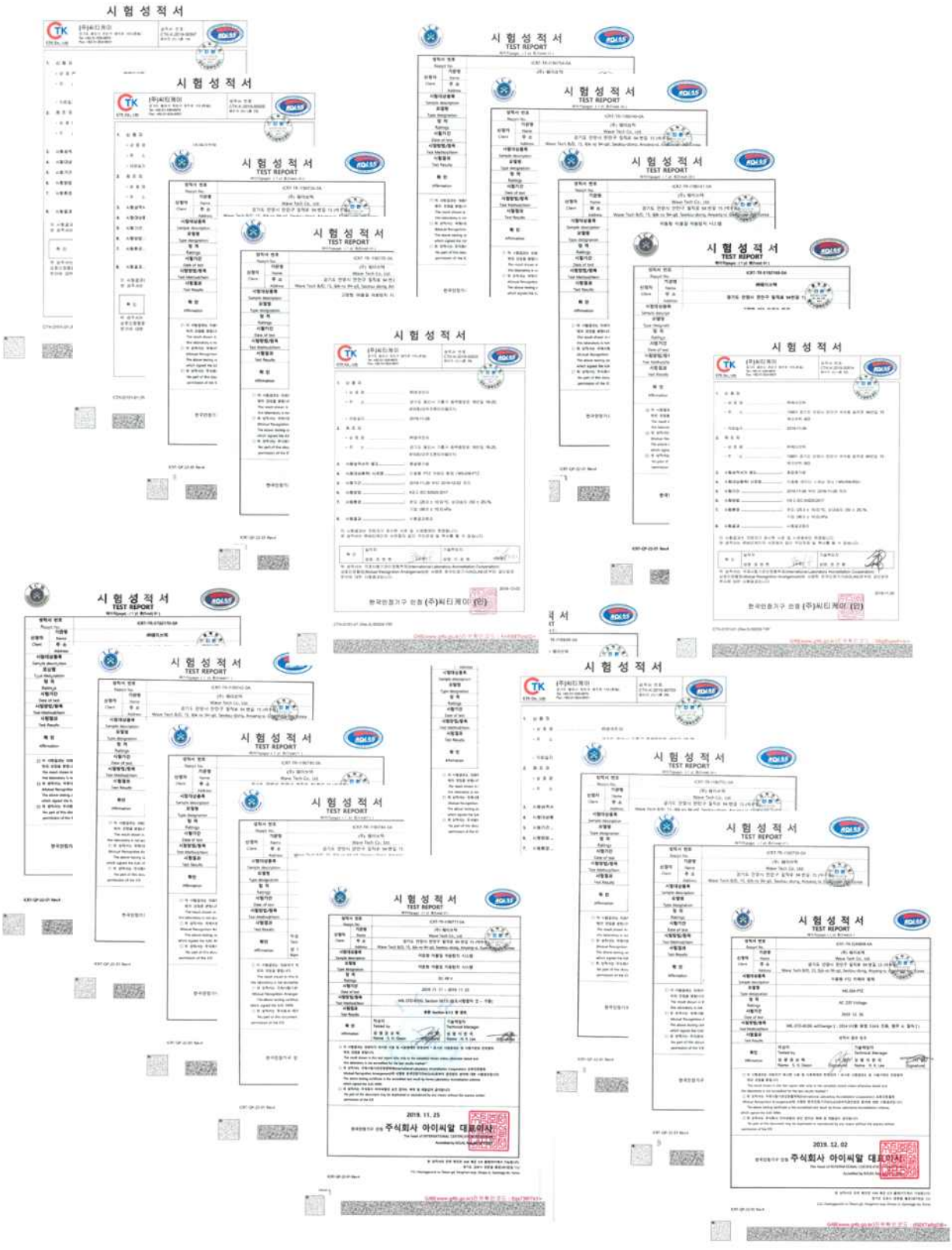
3. 현장운용시험용 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험

가. 신뢰성 시험

시스템 및 하위 모듈의 전체 신뢰성 시험을 통해 제품의 신뢰성을 확보함

< 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험 결과 요약 >

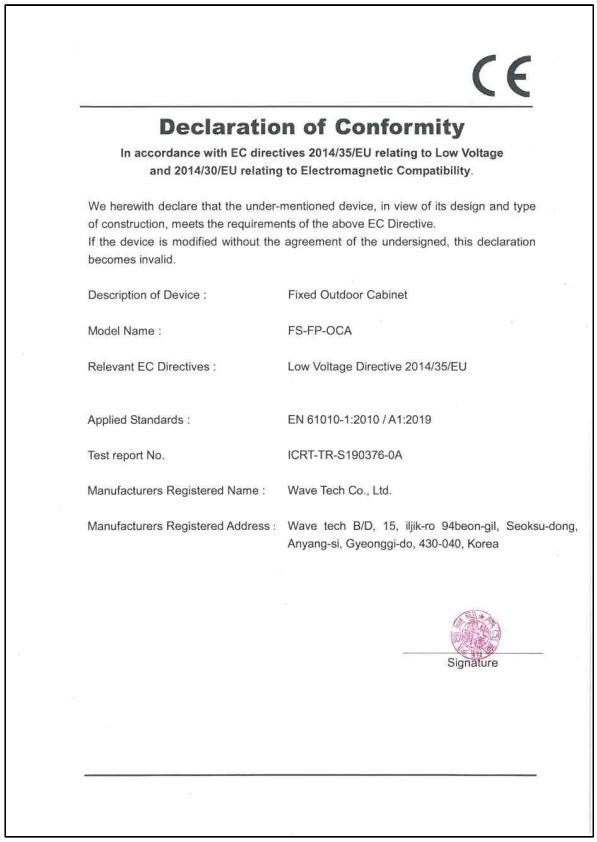
구분	시험 항목	시험 구분	시험 대상	적용 규격	시험 항목	시험 결과	시험 결과물	비고
공통	염수 분무	서브 시스템	옥외형 함체	MIL-STD-810G	노출 및 건조	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			PTZ 카메라 함체	MIL-STD-810G	노출 및 건조	Pass		
			레이다 스캐닝 유닛	MIL-STD-810G	노출 및 건조	Pass		
고정형	분진 방수	서브 시스템	옥외형 함체	KS C IEC 60529	IP66	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			PTZ 카메라 함체	KS C IEC 60529	IP66	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			레이다 스캐닝 유닛	KS C IEC 60529	IP55	Pass	KOLAS 공인 성적서	
이동형			PTZ 카메라 함체	KS C IEC 60529	IP66	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			레이다 스캐닝 유닛	KS C IEC 60529	IP55	Pass	KOLAS 공인 성적서	
고정형	온도	시스템	-	MIL-STD-810G	고온 운용	Pass	KOLAS 공인 성적서	
				MIL-STD-810G	저온 운용	Pass	KOLAS 공인 성적서	
				MIL-STD-810G	고온 저장	Pass	KOLAS 공인 성적서	
				MIL-STD-810G	저온 저장	Pass	KOLAS 공인 성적서	
이동형				MIL-STD-810G	고온 운용	Pass	KOLAS 공인 성적서	
				MIL-STD-810G	저온 운용	Pass	KOLAS 공인 성적서	
				MIL-STD-810G	고온 저장	Pass	KOLAS 공인 성적서	
				MIL-STD-810G	저온 저장	Pass	KOLAS 공인 성적서	
고정형	습도	시스템	-	MIL-STD-810G	습도 운용	Pass	KOLAS 공인 성적서	
이동형				MIL-STD-810G	습도 운용	Pass	KOLAS 공인 성적서	
고정형	전자파 적합성	서브 시스템	옥외형 함체	MIL-STD-461F	방출 및 내성	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			PTZ 카메라 함체	MIL-STD-461F	방출 및 내성	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			레이다 스캐닝 유닛	MIL-STD-461F	방출 및 내성	Pass	KOLAS 공인 성적서	
이동형			시스템 렉, 배터리 팩	MIL-STD-461F	방출 및 내성	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			PTZ 카메라 함체	MIL-STD-461F	방출 및 내성	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			레이다 스캐닝 유닛	MIL-STD-461F	방출 및 내성	Pass	KOLAS 공인 성적서	
고정형	진동	서브 시스템	옥외형 함체	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			PTZ 카메라 함체	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			레이다 스캐닝 유닛	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
이동형			시스템 렉	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			PTZ 카메라 함체	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			레이다 스캐닝 유닛	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
			배터리 팩	MIL-STD-810G	일반 수송 차량	Pass	KOLAS 공인 성적서	
고정형	유럽 인증	서브 시스템	옥외형 함체	EN 61010-1	저전압지침	Pass	성적서 및 인증서	
			PTZ 카메라 함체	EN 61010-1	저전압지침	Pass	성적서 및 인증서	



< 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성 시험 시험성적서 >

나. CE인증

인천국제공항 내에 사용하기 위해 추가로 CE 인증 획득 완료



Declaration of Conformity

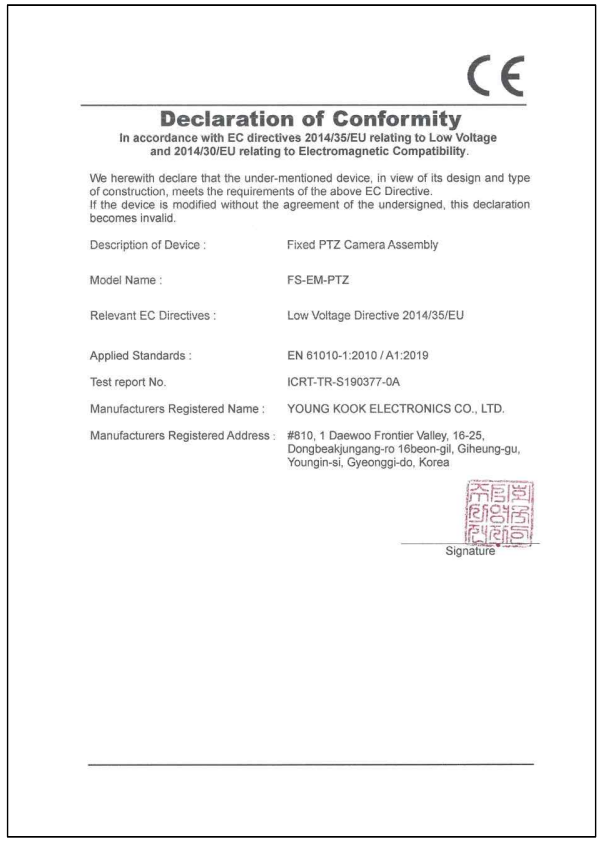
In accordance with EC directives 2014/35/EU relating to Low Voltage and 2014/30/EU relating to Electromagnetic Compatibility.

We herewith declare that the under-mentioned device, in view of its design and type of construction, meets the requirements of the above EC Directive.
If the device is modified without the agreement of the undersigned, this declaration becomes invalid.

Description of Device :	Fixed Outdoor Cabinet
Model Name :	FS-FP-OCA
Relevant EC Directives :	Low Voltage Directive 2014/35/EU
Applied Standards :	EN 61010-1:2010 / A1:2019
Test report No.	ICRT-TR-S190376-0A
Manufacturers Registered Name :	Wave Tech Co., Ltd.
Manufacturers Registered Address :	Wave tech B/D, 15, iljik-ro 94beon-gil, Seoksu-dong, Anyang-si, Gyeonggi-do, 430-040, Korea

Signature

< 옥외형함체 CE인증서 >



Declaration of Conformity

In accordance with EC directives 2014/35/EU relating to Low Voltage and 2014/30/EU relating to Electromagnetic Compatibility.

We herewith declare that the under-mentioned device, in view of its design and type of construction, meets the requirements of the above EC Directive.
If the device is modified without the agreement of the undersigned, this declaration becomes invalid.

Description of Device :	Fixed PTZ Camera Assembly
Model Name :	FS-EM-PTZ
Relevant EC Directives :	Low Voltage Directive 2014/35/EU
Applied Standards :	EN 61010-1:2010 / A1:2019
Test report No.	ICRT-TR-S190377-0A
Manufacturers Registered Name :	YOUNG KOOK ELECTRONICS CO., LTD.
Manufacturers Registered Address :	#810, 1 Daewoo Frontier Valley, 16-25, Dongbeakjungang-ro 16beon-gil, Giheung-gu, Youngin-si, Gyeonggi-do, Korea

Signature

< PTZ 카메라 함체 CE인증서 >

다. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 5-2]** 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성시험 결과보고서

4. 인천국제공항 시스템 구축을 위한 전파영향성 검토

가. 주파수 사용승인 신청

1) 19년 공공용 주파수 이용 계획서 제출(2019.02)

2) 19년 공공용 주파수 사용 승인(2019.12)



붙임1 공공용 주파수 이용계획서

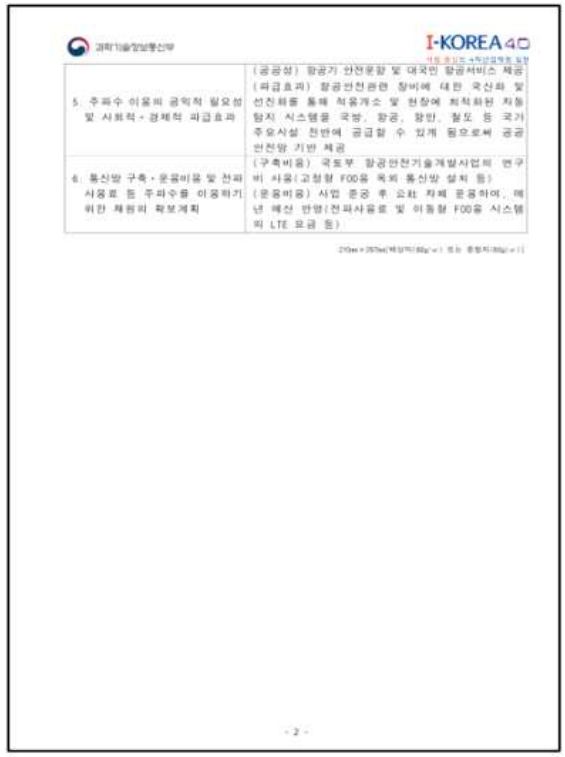
공공용 주파수 이용계획서

제출 기관	기관명(법인명) : 인천국제 주소 : 인천광역시 중구 공항로 424번길 47 공항공사(공항연구소)		
	담당자	성명 : 지재구	전화번호 : 032-741-2093
		팩스번호 : 032-741-2098	전자우편 : hi1[...]@airport.kr
운용 중인 주파수 이용현황	공항연구소에서 운용 중인 주파수는 현재 없음		

주파수 이용계획 내역

1. 주파수의 이용 목적 및 주파수를 이용하려는 업무	(목적) 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 (사업내용) 레이더와 ED 카메라를 이용하여 항공기 이동지역의 이물질을 탐지하여 사고 사전 예방 (구성도) FOD 자동탐지 시스템 구축개념도
2. 주파수대역, 주파수의 대역폭, 소요량 및 그 산출근거	(주파수대역) 78.0 ~ 81.0 GHz (주파수 대역폭) 7.5cm의 거리 분해능을 얻기 위해 송신 대역폭 최소 2.2GHz 이상 필요
3. 통신망 구축·운용계획을 포함한 연도별·지역별 주파수 이용계획	('19.11월) 실험국 개설 후 인천국제공항 제2활주로 FOD 자동탐지 시스템 2기 및 이동형 시스템 시험운용 ('20.10월) 고정형 FOD 자동탐지 시스템 6기 추가 설치 및 시험운용
4. 전파이용기술방식 및 표준화에 관한 사항	FOD 자동탐지 시스템의 레이더는 FMCW(Frequency Modulation Continuous Wave, 주파수 선형 변조 신호) 방식

- 1 -



5. 주파수 이용의 공익적 필요성 및 사회적·경제적 파급효과	(공공성) 항공기 안전운항 및 대국민 항공서비스 제공 (파급효과) 항공안전관련 장비에 대한 국산화 및 선진화를 통해 적용개소 및 현장에 최적화된 자동탐지 시스템을 국방, 항공, 항만, 철도 등 국가주요시설 전반에 공급할 수 있게 됨으로써 공공인전망 기반 제공
6. 통신망 구축·운용비용 및 전파사용료 등 주파수를 이용하기 위한 재원의 확보계획	(구축비용) 국토부 항공안전기술개발사업의 연구비 사용(고정형 FOD용 목적 통신망 설치 등) (운용비용) 사업 준공 후 요청 자체 운용하며, 매년 예산 반영(전파사용료 및 이동형 FOD용 시스템의 LTE 요금 등)

- 2 -

나. 실험국 신청

1) 실험국 사용 신청서 제출(2019.06)

2) 실험국 사용 승인(2019.11)



허가번호 91-2019-10-0000119호 전자문서번호: 4A4A-4D7C-EBEC-C5A3

무선국허가증

허가일자	2019.11.07	허가유효기간 (재허가 신청기간)	2020.11.07 (2020.08.01~2020.09.30)
시설자명 (대표자명)	인천국제공항공사사장	법인등록번호 (생년월일)	1241[illegible]0003103
준공기한	2020.02.28	시험전파발사 기간 및 내용	허가서부터 준공검사시 까지시험발사포함
무선국종별및명칭	실험국(이동및항공시스템레이더개발)		
목적	과학또는기술의발전을위한실험업무용		
설치장소	송신소 (22382)인천광역시 중구 공항로424번길47, 인천국제공항공사 (운서동)		
	수신소 (22382)인천광역시 중구 공항로424번길47, 인천국제공항공사 (운서동)		
통신사항	실험용	통신상대방	

무선기기명칭및기기일련번호	호출부호또는호출명칭	전파형식및펄스주파수대폭	주파수 (MHz, MHz)	안테나전력 (W, kW)	안테나형식·구성및이득
[illegible]	6N2BF	2G20F9N	[illegible]	100.0w/W	PARABOLIC, 주빔폭:2.35°, 1기, 42dBi

운용허용시간 00:00-24:00

무선종사자의 자격과 성명 [illegible]

무선설비기능사 1명

무관사항 << 무선국 허가증 별표 참조 >>

「전파법」 제21조제4항에 따라 위와 같이 무선국을 허가합니다.

2019년 11월 18일

서울전파관리[illegible]장



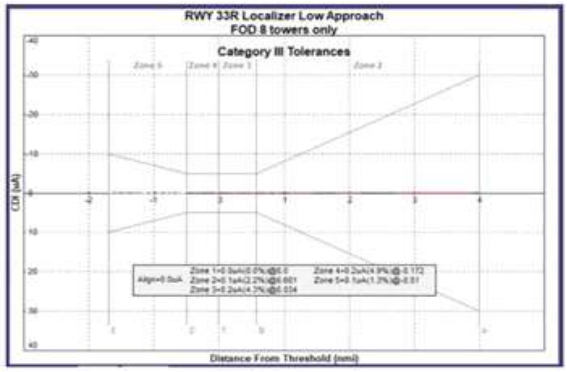
허가번호 91-2019-10-0000119호 무선국허가증별표

무관사항

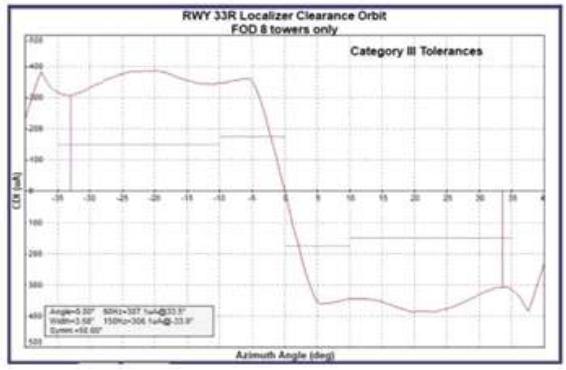
1. 실험종료보고서 별표와 같이 6N2BF 안테나군급전계를 사용할 것
2. 동 대역에서 운용 중인 기존 무선국과 주파수를 공동사용하고, 기존 무선국으로부터 혼신을 용인할 것
3. 이미 개설되어 운용 중인 타 무선국에 혼신을 줄 경우 무선국 운용을 즉시 중단하고 간섭 제거를 위한 모든 조치를 취할 것
4. 동 주파수는 향후 주파수 정책등에 따라 무선국과의 간섭발생 여부 등에 따라 계속 이용이 불가능할 수 있으므로, 동 주파수를 이용하여 인천무선국을 운용하고자 하는 경우 사전에 전파법 제18조의3 및 제18조의4제2항에 따라 공군을 주파수 이용계획을 제출하고 적정성 평가를 받을 것

다. 전파영향성 검토 (시뮬레이션 분석)

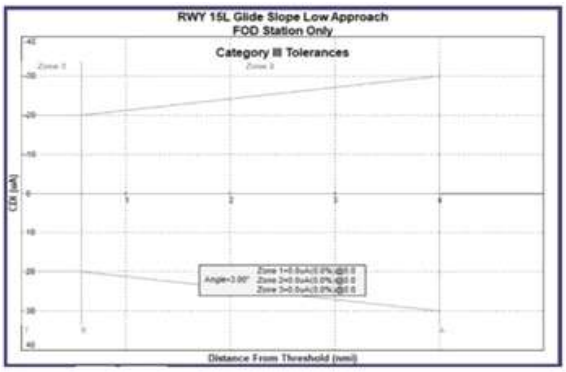
1) 전파영향성 시뮬레이션 분석 완료



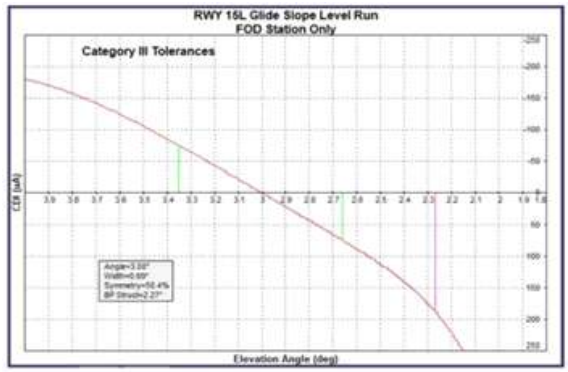
< 33R 접근비행 >



< 33R 괘도비행 >



< 15L 접근비행 >



<33R 수평비행 >

2) 분석결과

① Localizer, Glideslope, VHF / UHF ATC 라디오, 4.4-5 GHz 무선 데이터 라디오 링크를 사용하는 VaisalaAWOS, MLAT, ASDE, ASR / SSR, 기상 레이더 모두 FOD Detection System에 의한 간섭 문제 발생되지 않음

② FOD 플랫폼은 제2활주로 중심선에서 북동쪽으로 약 300m 이격하여 제2활주로 및 제1활주로의 ILS CAT III 운영 기준에 8기의 FOD 탐지시스템 플랫폼 구축 가능

③ FOD 플랫폼 구조는 GS 타워와 비슷하지만 크기가 작고 수직 구조이기 때문에 수평 편파 특성의 LLZ 신호는 FOD 플랫폼과 상호 작용하지 않음

④ FOD 플랫폼 간 간격은 LLZ 전송 파장보다 크기 때문에 FOD 플랫폼과 상호 작용에 의한 신호왜곡반사 생성 없음

⑤ RWY (15R, 33L 및 15L, 33R)는 FOD 플랫폼으로 인한 신호왜곡은 0에 가까운 오차 발생

⑥ GS 영향성 시뮬레이션 결과

- GS와 가장 가까운 FOD 플랫폼이 GS 안테나 게인 패턴의 중심에서 벗어나 신호 반사 발생없음.
- GS 방사 신호는 수평 편광 특성, 수직 구조인 FOD 플랫폼과 수평으로 편광되는 GS신호와 상호 작용 적음
- 안테나 이득 패턴 및 편광 차이에서 FOD 플랫폼의 위치 조건 모두 FOD 플랫폼에 의해 생성된 신호왜곡 없음

⑦ RF S / N 커버리지 분석 결과 :AWOS 무선링크시스템 간의 통신 서비스 간섭 발생되지 않음

확인

⑧ 주파수 상호 변조 분석에서는 상호 변조에 문제 발생 없음•AWOS는 무선 링크 존재 가정 모의실험 결과 간섭 문제 발생없음 확인

⑨ FOD 탐지 차량은 제1 및 2활주로와 평행한 유도로에서 주행시 LLZ 및 GS에 대한 신호오류 없음.

구분	내용	ILS	ASDE	공항레이다	항공통신
전파 시뮬레이션	주파수 (혼변조, 고조파 간섭)	○	○	○	○
	구조물에 대한 반사파	○	○	-	음영검토



인천공항 공항 항공기 이동지역
이물질(FOD) 자동탐지 시스템
구축 사업에 따른
전파 장애 분석 연구 보고서

INCHEON INTERNATIONAL AIRPORT
인천국제공항

2019년 7월 2일

WAVE-TECH INC.

ACS (주)디지코

인천국제공항공사

기존 시스템, 즉 Localizer, Glideslope, VHF / UHF ATC 라디오, 4.4-5 GHz 무선 데이터 라디오 링크를 사용하는 Vaisala AWOS, MLAT, ASDE, ASR / SSR, 기상 레이더와 새로운 FOD Detection System에 의한 간섭 문제 발생되지 않음.

FOD 플랫폼은 제2활주로 중심선에서 북동쪽으로 약 300m 이격, 제2활주로 및 제1활주로의 ILS CAT III 운영 기준에 8기의 FOD 탐지 시스템 플랫폼 구축 가능. FOD 플랫폼 구조는 Glideslope 타워와 비슷하지만 크기가 작고 수직 구조이기 때문에 수평 편파 특성의 LLZ 신호는 이 장애물과 상호 작용하지 않음. FOD 플랫폼간 간격은 LLZ 전송 파장보다 크기 때문에 여러기의 FOD 플랫폼과 상호 작용에 의한 신호왜곡반사 생성없음 .
RWY (15R, 33L 및 15L, 33R)는 FOD 플랫폼으로 인한 신호왜곡은 0에 가까운 오차 발생.

GS 모의실험 결과에서 FOD 플랫폼중에 GS와 가장 가까운 FOD 플랫폼이 GS 안테나 계인 패턴의 중심에서 벗어남, 따라서 신호 반사 발생없음. 또한 Glideslope 방사 신호는 수평 편광 특성, FOD 플랫폼은 수직 구조이며 수평으로 편광되는 Glideslope 신호와 수직 플랫폼 사이의 상호 작용이 훨씬 적다. 안테나 이득 패턴 및 편광 차이에서 FOD 플랫폼의 위치 조건 모두 FOD 플랫폼에 의해 생성된 신호왜곡 없음.

RF S / N 커버리지 분석 결과 AWOS 무선링크 시스템 간의 통신 서비스 간섭 발생되지 않음을 확인. 최종 보고서 부록 D를 참조.

AWOS는 무선 링크 존재 가정 모의실험 결과 간섭 문제 발생없음 확인.

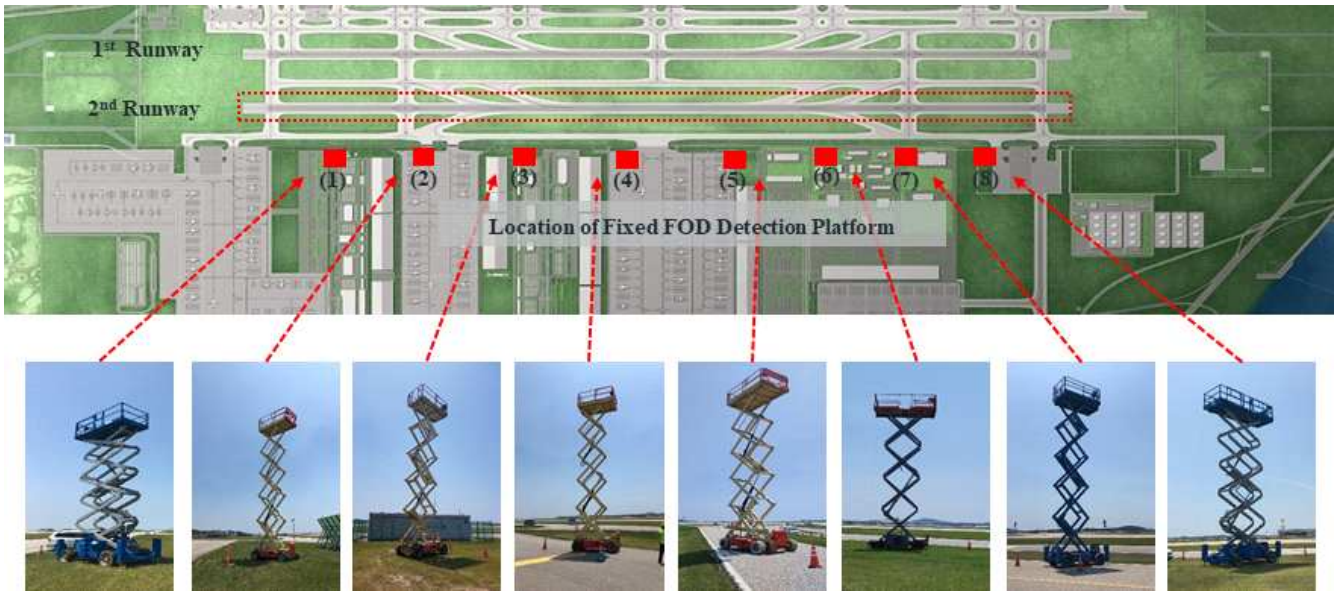
FOD 탐지용 모바일 VAN은 제1 및 2활주로와 평행한 유도로에서 주행시 Localizer 및 Glideslope에 대한 신호오류 없음.

< 전파영향성 검토 분석 결과 보고서 내용 >

라. 전파영향성 검토 (실증검증)

1) 플랫폼 구조물에 대한 반사파 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 (19.06.13)

가) 고소작업대로 플랫폼 모사 후, 비행검사를 통해 구조물에 의한 LLZ 영향검증



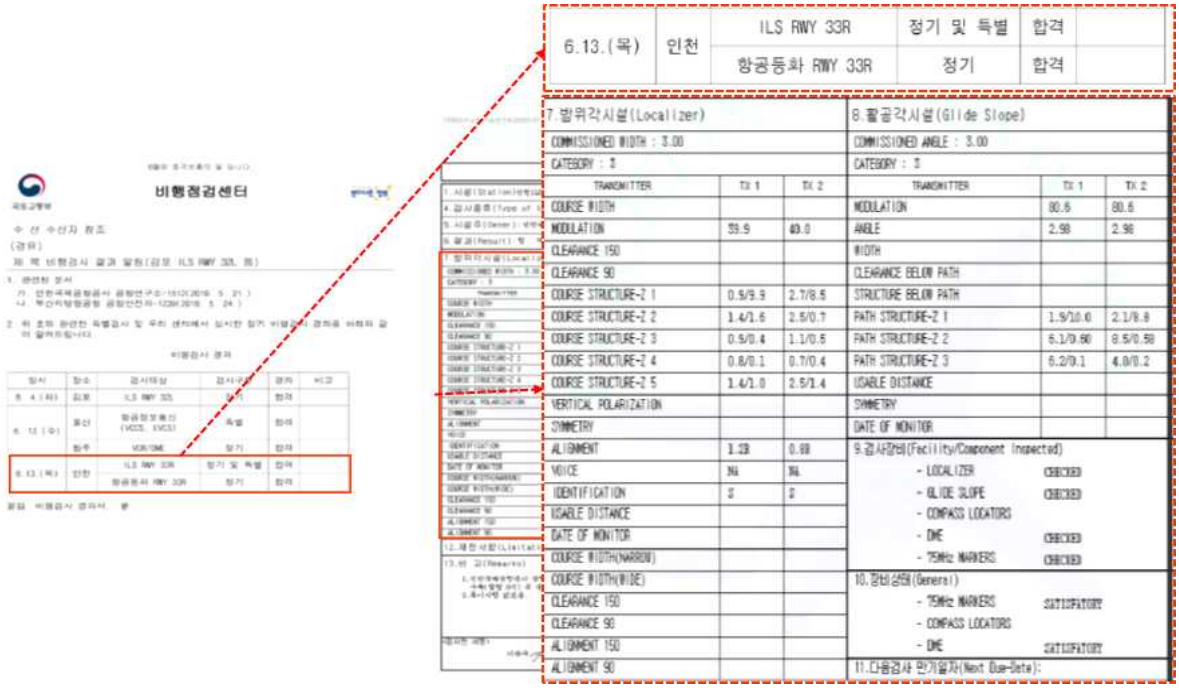
< 이물질 자동탐지 시스템 가설치 타워 설치 후 점검 (제2활주로, 고소 작업대 높이 11m) >

나) 검증결과

① 인천국제공항공사-공항연구소(2019.05.21.) 관련 FOD 자동탐지시스템 구축(철탑 8기) 후 공간신호 영향 유무를 위하여 실시한 비행검사 결과

② 특이사항 없었음

- ILS RWY 33R 정기 및 특별 비행검사 : 합격
- 항공등화 RWY 33R 정기 비행검사 : 합격



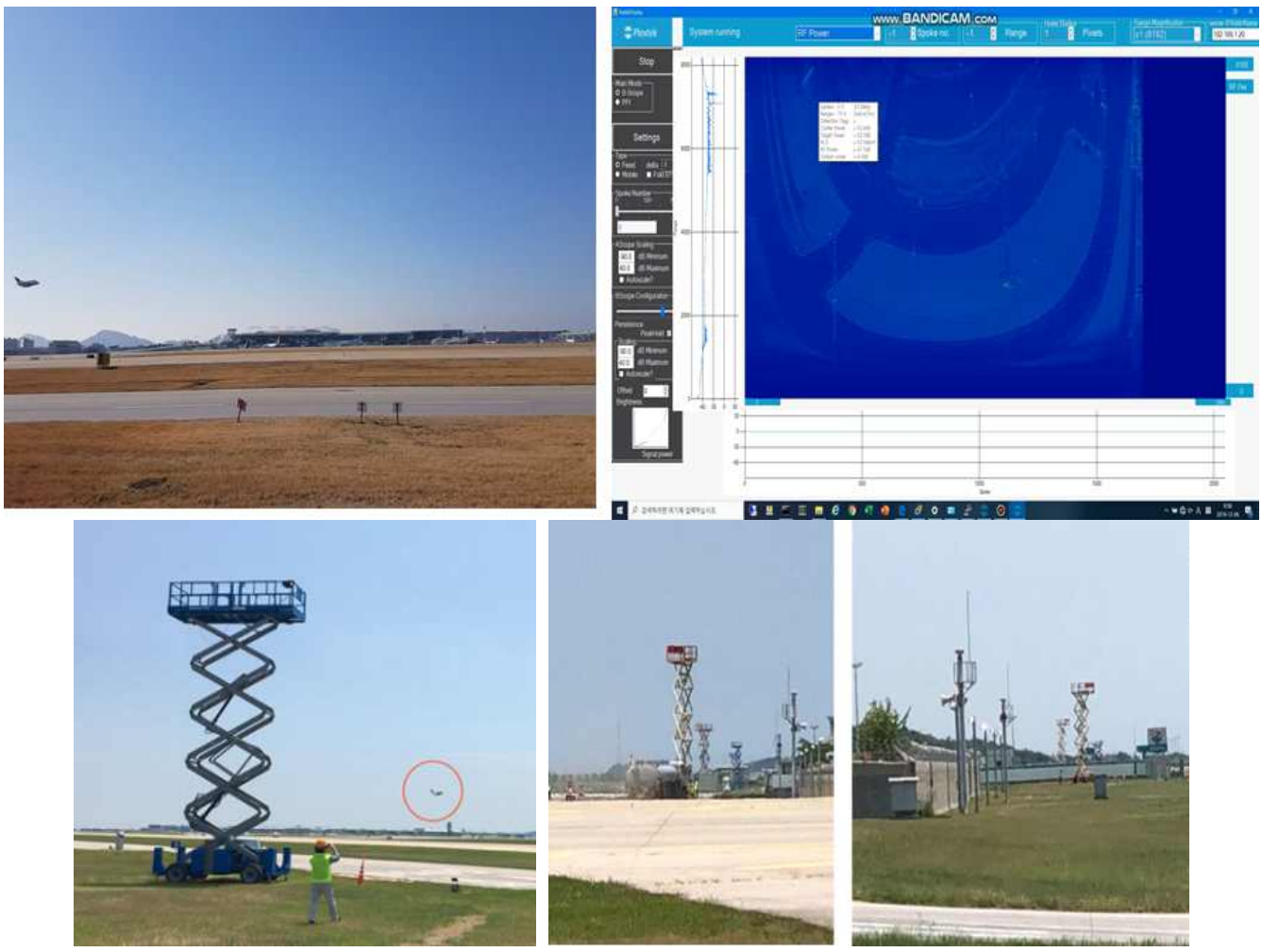
< 플랫폼 구조물에 대한 반사파 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 결과 합격 >

2) 레이다 신호 방사에 대한 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 (19.12.06)

가) 고소작업대로 플랫폼 모사 후, 비행검사를 통해 ASDE 형향성 모니터링



< ILS 비행검사 및 플랫폼 가설치 현장 >



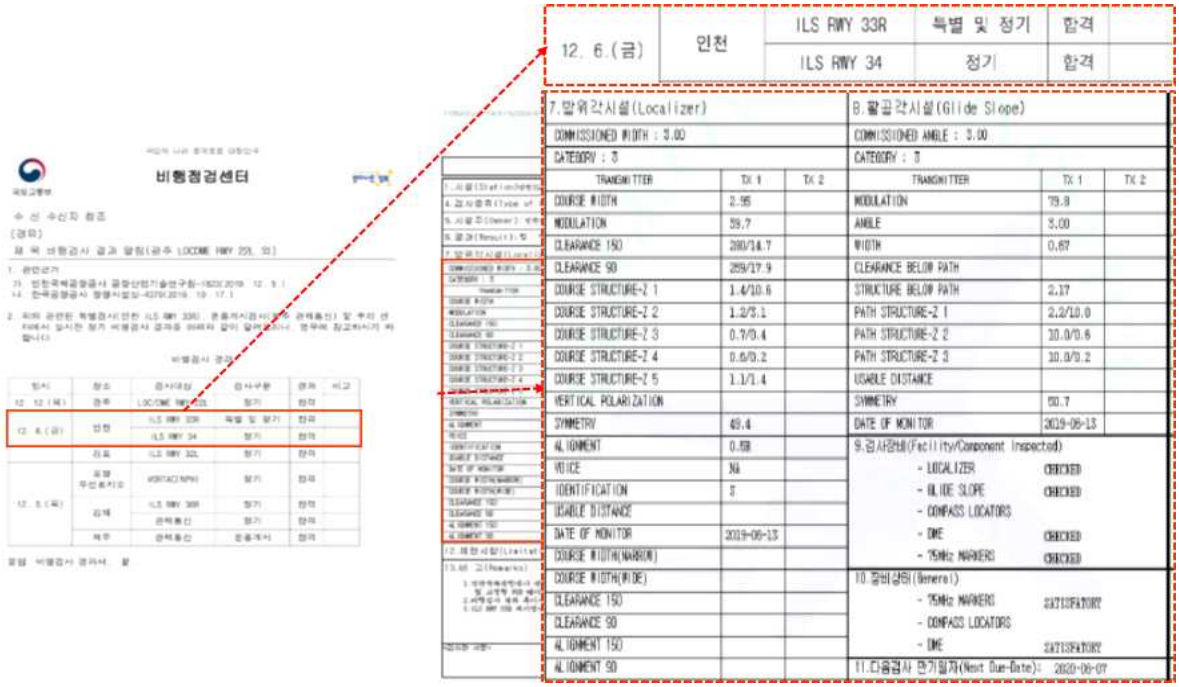
< ILS 비행검사 시험 >

나) 검증결과

① 인천국제공항공사-공항연구소(2019.12.05.) 관련 이동형 FOD 시스템 및 고정형 레이다 1기 주파수 방사 후 실시한 특별 및 정비 비행검사

② 특이사항 없었음

- ILS RWY 33R 정기 및 특별 비행검사 : 합격
- ILS RWY 334 정기 비행검사 : 합격



비행점검센터

12. 6.(금)	인천	ILS RWY 33R	특별 및 정기	합격
		ILS RWY 34	정기	합격

7.방위각시설(Localizer)

COMMISSIONED WIDTH : 3.00
CATEGORY : I

TRANSMITTER	TX 1	TX 2
COURSE WIDTH	2.95	
MODULATION	39.7	
CLEARANCE 150	280/14.7	
CLEARANCE 90	259/17.9	
COURSE STRUCTURE-Z 1	1.4/10.6	
COURSE STRUCTURE-Z 2	1.2/3.1	
COURSE STRUCTURE-Z 3	0.7/0.4	
COURSE STRUCTURE-Z 4	0.6/0.2	
COURSE STRUCTURE-Z 5	1.1/1.4	
VERTICAL POLARIZATION		
SYMMETRY	40.4	
ALIGNMENT	0.08	
VOICE	NA	
IDENTIFICATION	I	
USABLE DISTANCE		
DATE OF MONITOR	2019-06-13	
COURSE WIDTH(NARROW)		
COURSE WIDTH(WIDE)		
CLEARANCE 150		
CLEARANCE 90		
ALIGNMENT 150		
ALIGNMENT 90		

8.활공각시설(Glide Slope)

COMMISSIONED ANGLE : 3.00
CATEGORY : I

TRANSMITTER	TX 1	TX 2
MODULATION	79.8	
ANGLE	3.00	
WIDTH	0.67	
CLEARANCE BELOW PATH		
STRUCTURE BELOW PATH	2.17	
PATH STRUCTURE-Z 1	2.2/10.0	
PATH STRUCTURE-Z 2	10.0/0.6	
PATH STRUCTURE-Z 3	10.0/0.2	
USABLE DISTANCE		
SYMMETRY	50.7	
DATE OF MONITOR	2019-06-13	

9.검사장비(Facility/Component Inspected)

- LOCALIZER CHECKED
- GLIDE SLOPE CHECKED
- COMPASS LOCATORS
- DME CHECKED
- 75MHz MARKERS CHECKED

10.장비상태(General)

- 75MHz MARKERS SATISFACTORY
- COMPASS LOCATORS
- DME SATISFACTORY

11.다음검사 만기일자(Next Due-Date): 2020-06-07

< 레이다 신호 방사에 대한 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 결과 합격 >

3) 플랫폼 구조물에 대한 관제통신 음영 검사 (19.06.27)

가) 휴대용 송수신기(Gunset)를 이용해 고정형 FOD 플랫폼(구조물)에 의한 계류장 & 메인 관제탑의 관제통신장비 및 음영지역(Radio Check) 검토

나) 내용

① 시험주파수 : 121,750MHz 외 6개 주파수

② 시험방법 : FOD 플랫폼(철탑구조물) 설치 지점(음영 예상장소)에 고소작업대 1대씩 순차 설치하여 관제통신장비 및 건셋 음영 시험



< 플랫폼 구조물에 대한 관제통신 음영 검사 진행 현장 >

나) 검증결과

① 특이사항 없었음

양호 O, 보통 △, 불량 X

구분	관제탑(TWR)									계류장관제탑(Apron)								
	121.750		118.200		121.600			121.600 건셋		121.800		123.575			Apron 건셋 CP석 121.800		Apron 건셋 AP석 121.800	
	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	수신(Rx)상태2	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태2	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	수신(Rx)상태2	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태
FOD #1 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #1 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #2 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #2 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #3 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #3 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #4 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #4 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #5 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #5 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #6 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #6 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #7 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #7 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #8 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #8 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
비고	FOD 서쪽				BSS OFF(매뉴얼 모드) 1번 Rx 선택 2번 Rx 선택			FOD 동쪽		BSS OFF(매뉴얼 모드) 1번 Rx 선택 2번 Rx 선택		FOD 동쪽						

< 플랫폼 구조물에 대한 관제통신 음영검사 진행 결과 >

마. 서울지방항공청 사업설명회 실시

1) 1차 : 19. 3. 21.

2) 2차 : 19. 6. 28.

3) 3차 : 20. 01.16.





< 서웁지방항공청 사업설명회 >

마. 공항개발사업 시행허가 및 실시계획 승인

1) 공항 개발사업 시행 허가 신청 : 20.02.05

2) 서울지방항공청 시행 허가 완료 : 20.03.19

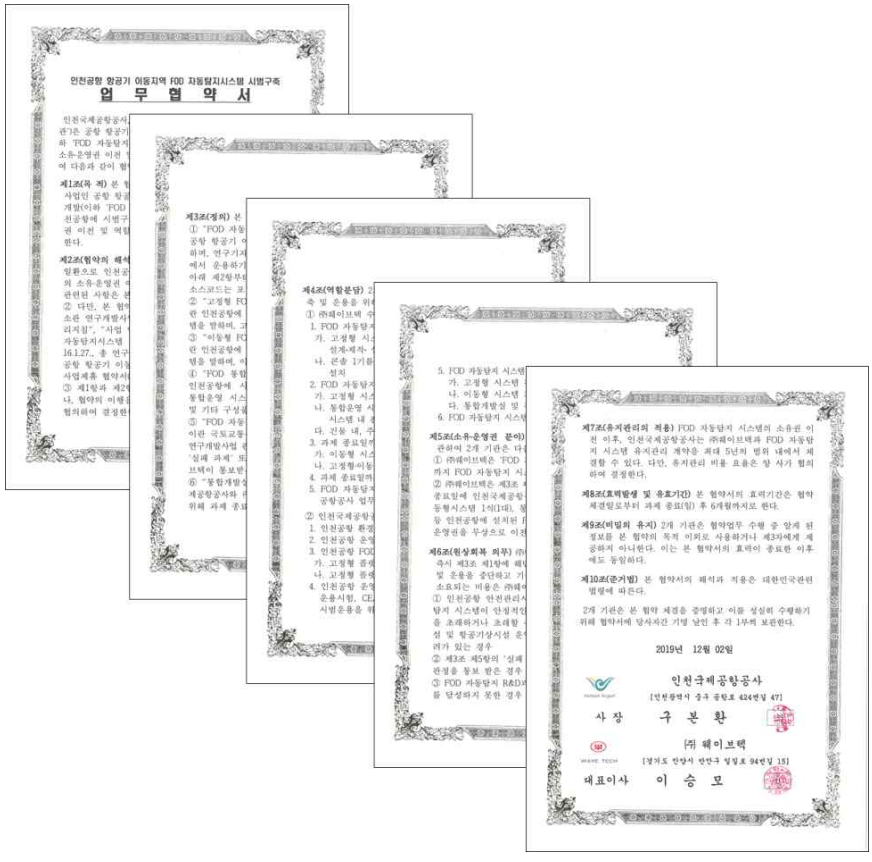
3) 공항 개발사업 실시계획 승인 신청 : 20.04.23

4) 공항 개발사업 실시계획 승인 완료 : 20.06.02



< 공항개발사업 시행허가 및 실시계획 승인신청 관련 공문 및 검토의견 >

바. 인천국제공항 시스템 구축을 위한 업무 추진



< 인천공항 시스템 구축을 위한 업무협약서(인천국제공항공사-웨이브텍)>

사. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 5-3]** 인천국제공항 시스템 구축사업에 따른 전파장애 분석 연구보고서

② **[별책 5-5]** 이물질 자동탐지 시스템 설계 및 시스템 구축 지원보고서

5. 5차년도 연구개발 추진체계



6. 5차년도 연구개발 추진일정

연구기관	연구개발내용	5차년도 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
웨이브텍	고정형 플랫폼 제작	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	고정형 전원공급모듈 제작	■	■	■	■	■	■	■					
	고정형 레이다 센서모듈 제작		■	■	■	■	■	■	■				
	고정형 이물질 자동탐지 시스템 보완 및 체계통합시험	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	이동형 이물질 자동탐지 시스템 보완 및 체계통합시험			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	고정형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성시험	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	이동형 이물질 자동탐지 시스템 신뢰성시험	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	현장운용시험용 시스템 구축							■	■	■	■	■	■
PIEXTEK SERVICE LIMITED	고정형 레이다센서 모듈 시제 제작		■	■	■	■	■	■					
	고정형 레이다센서 모듈 시제 보완				■	■	■						
	레이다 설계기술 이전						■	■					
	고정형 레이다 소프트웨어 최적화			■	■	■	■						
	이동형 레이다 소프트웨어 최적화	■	■		■	■	■						
	체계통합시험 지원			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	고정형/이동형 레이다센서 모듈 신뢰성시험			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
영국전자	고정형 EO센서 모듈 시제 제작	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	이동형 EO센서 모듈 시제 보완	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	고정형/이동형 EO센서 모듈 신뢰성시험				■	■	■	■	■	■	■	■	■
유넷	고정형 제어모듈 시제 제작	■	■	■									

연구기관	연구개발내용	5차년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
컨버전스	고정형 네트워크 스위치 대치품 검토 및 구축												
	서버, 콘솔 설치 및 Setting												
	연계운영소프트웨어 연동시험												
	통합운영서버 S/W 보완 개발												
	이물질 데이터 처리 알고리즘 보완 개발												
	통계처리 기능 보완 개발												
	통합운영 고정형 콘솔 UI S/W 보완 개발												
	통합운영 이동형 콘솔 UI S/W 보완 개발												
	통합운영 휴대용 콘솔 UI S/W 보완 개발												
	고정형 제어모듈 ↔ 통합운영서버 연동 및 보완												
	고정형 제어모듈 ↔ 플랫폼 정보 처리기능 구현												
	고정형 제어모듈 ↔ 고정형 레이다 센서 연동 및 보완												
	고정형 제어모듈 ↔ 고정형 EO 센서 연동 및 보완												
	위치 정확도 보정 기능 보완 개발												
	센서 데이터 융합 및 처리 알고리즘 보완 개발												
	이동형 제어모듈 ↔ 통합운영서버 연동 및 보완												
	이동형 제어모듈 ↔ 고정형 레이다 센서 연동 및 보완												
	이동형 제어모듈 ↔ 고정형 EO 센서 연동 및 보완												
	위치 정확도 보정 기능 보완 개발												
	고정형 이물질 자동 탐지시스템 체계 통합												
	이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합												
	운용자 의견 수렴 콘솔 기능 추가 개발 및 보완												
	단독운영모드용 이동형 통합운영서버 설치 및 setting												
	단독운영모드용 콘솔 기능 추가 개발												
	단독운영모드용 연동 및 체계통합 시험												
	제어모듈 신뢰성 시험												
한국 공항공사	항행시스템 및 운항 정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험 준비												
	항행시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험												
	운항 정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험												
인천국제 공항공사	시스템 설계 지원												
	시스템 구축 지원												
한서대학교	태안비행장 자체 테스트-베드 구축지원												
	통합운용시험을 위한 인력지원												

○ **6년차 연구수행 목표 : 현장운용시험용 레이다 센서 국내제작(4대) 및 인천국제공항 시스템 구축**

- 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 **4대** 제작
- 인천국제공항 시스템 구축 **(고정형 8대, 이동형 1대)**
- 이물질 자동탐지 시스템 국내 공인전문시험기관 성능평가 진행계획 수립

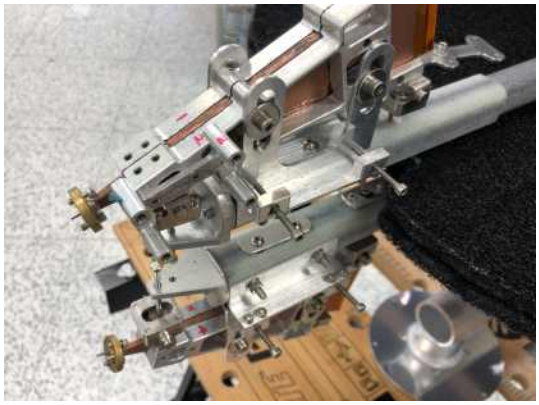
○ **6년차 연구수행 내용**

1. 현장운용시험용 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 4대

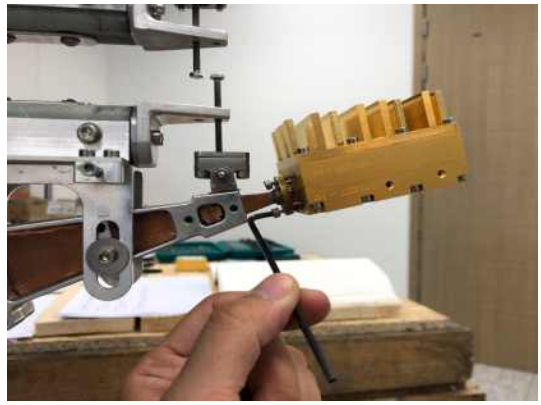
가. 현장운용시험용 고정형 레이다 센서 모듈 **국내제작 4대**

1) 레이다 어셈블리

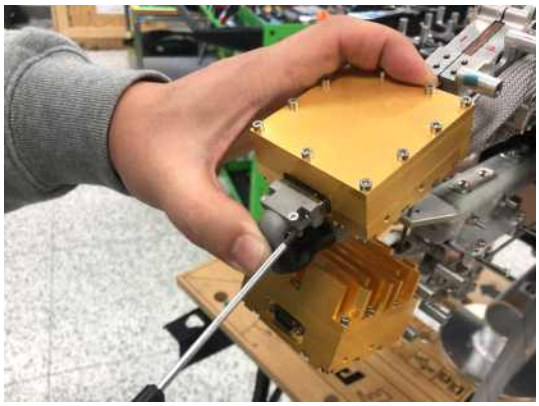
가) 안테나 어셈블리



< Fixing Block 및 Fixing Plate 탈착 >



< RF 송신기 장착 >



< RF 수신기 장착 >



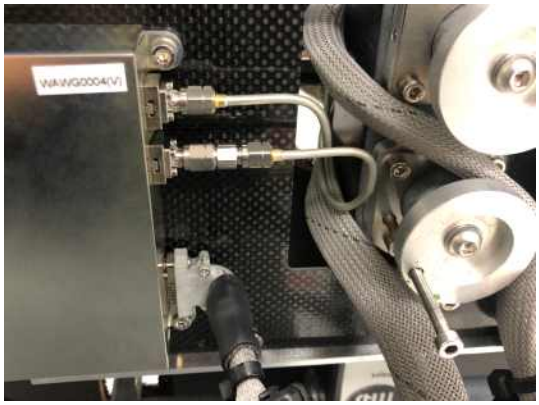
< Fixing Plate 장착 >



< 파형발생장치 및 레이다 신호처리 장치 연결 >



< 후면 판넬 조립 >



< RF 송/수신기 RF 케이블 연결 >



< 안테나 어셈블리 후면부 조립 완료 >

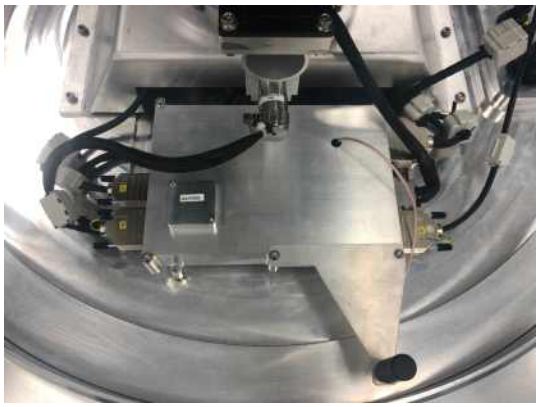
나)모터 및 베이스플레이트 어셈블리



< 모터 장착(모터 브라켓 내부) >



< 모터 및 모터 컨트롤러 케이블 연결 >



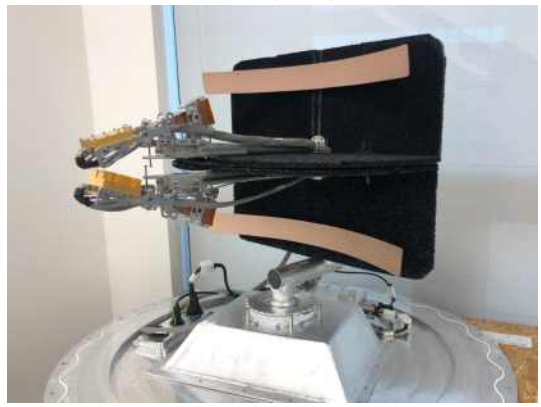
< 전원 분배 및 제어장치 장착 >



< 전원 분배 및 제어장치 케이블 연결 >



< 안테나 어셈블리 장착 >



< 최종 제작된 6차년도 고정형 레이다 >



< 국내 제작된 고정형 레이다 >



< 국내 제작된 고정형 레이다(레이돔 장착) >

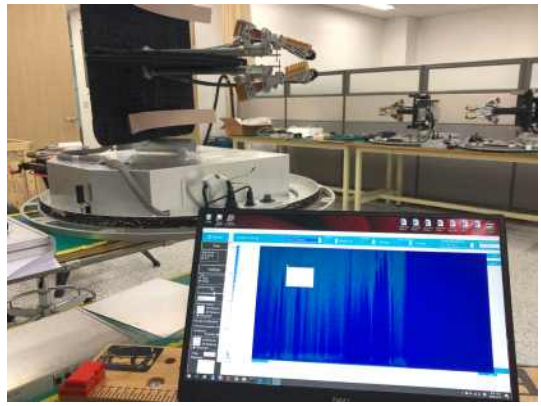
5) 레이다 단품 시험

가) 레이다 사전 기능 동작 시험

① 기본 동작 시험 및 S/W 최적화

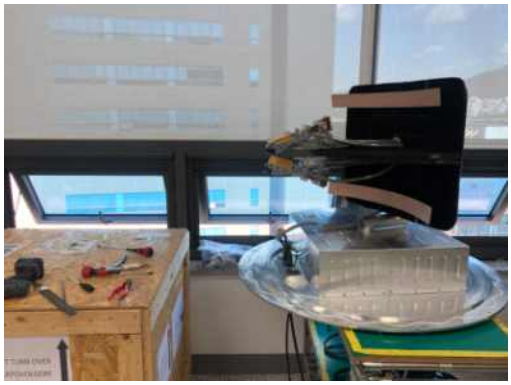


< 레이다 전원 체크 >

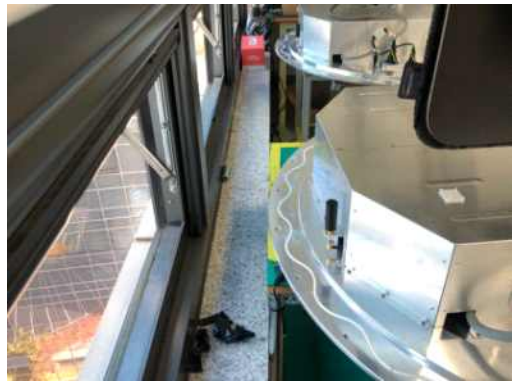


< 기본 동작 확인(레이다 자체 UI) >

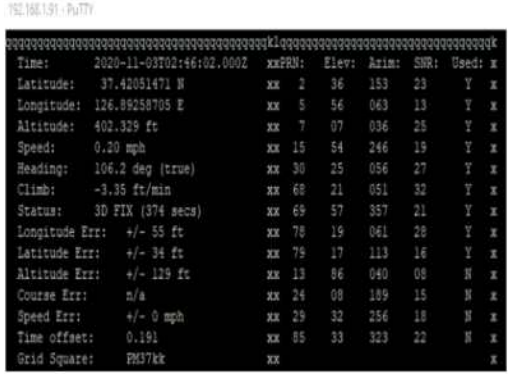
② GPS 동작시험



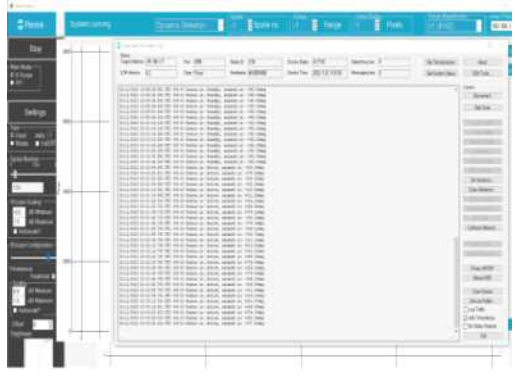
< 고정형 레이다 배치(실내) >



< GPS 안테나 연결 >

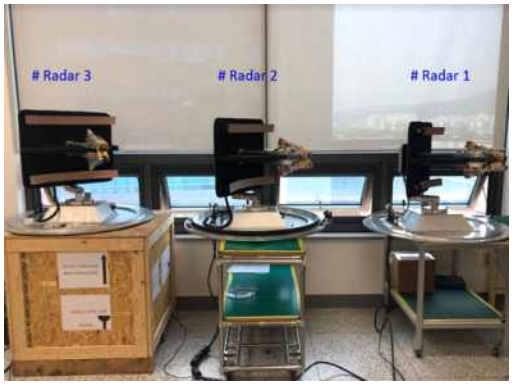


< GPS 연결 여부 확인(Putty) >



< 레이다 자체 UI 확인 >

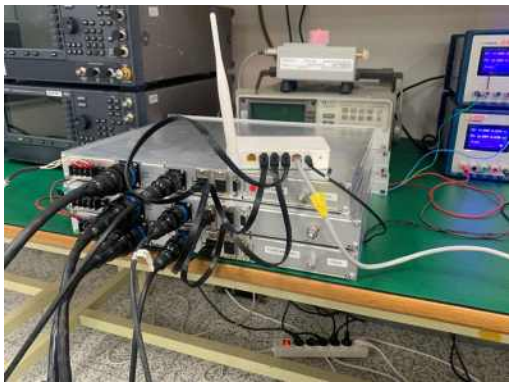
③ 레이다 동기화 시험



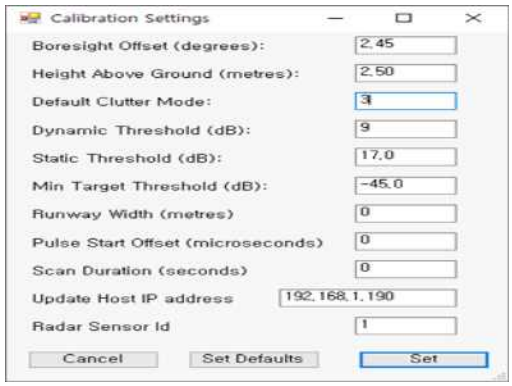
< 고정형 레이다 배치(3대) >



< GPS 안테나 연결 >

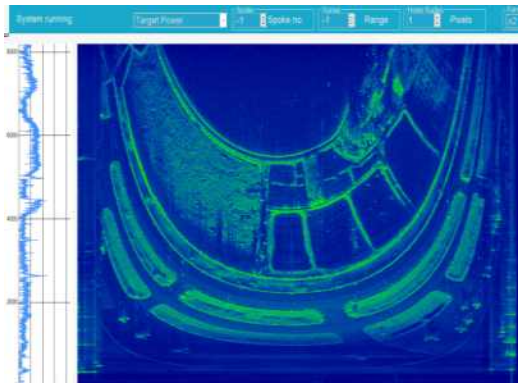


< 레이다 전원 및 통신 케이블 연결 >



< 레이다 Pulse Start Offset 설정 >

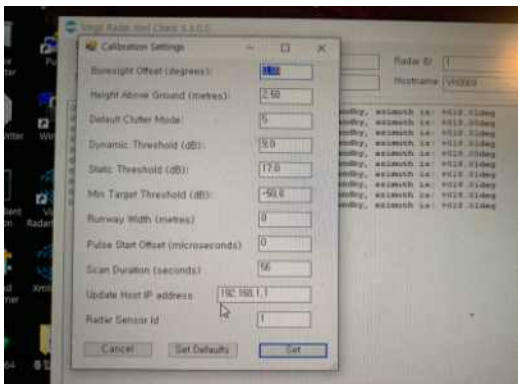
④ 레이다 성능시험 및 탐지 민감도 최적화 (한서대학교)



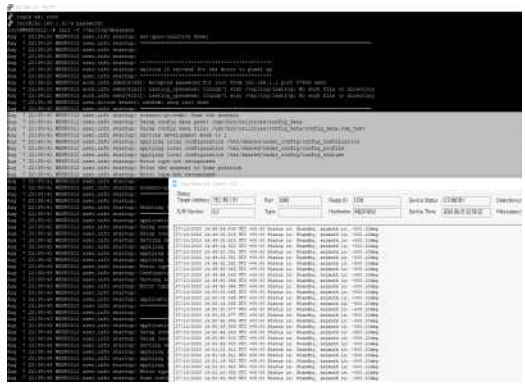
< 레이다 클러터 학습 수행 >



< 시료 배치, 35㎜ 금속 구 >

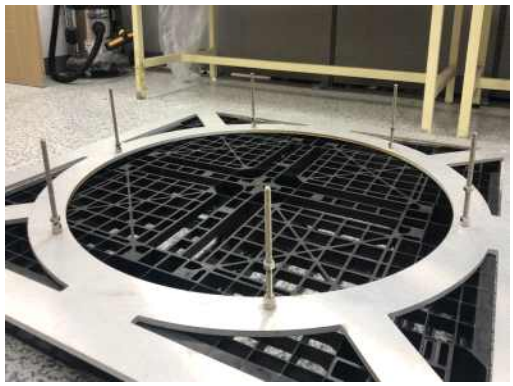


< 최소탐지임계값 및 동적임계값 조정 >

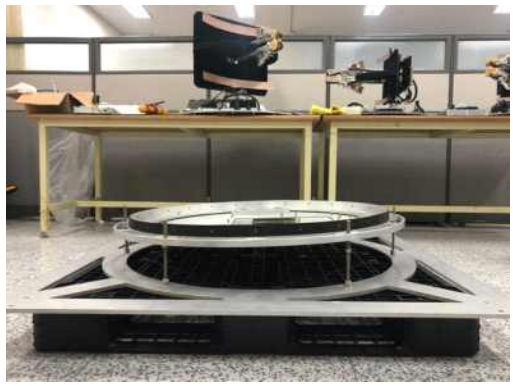


< 레이다 탐지 결과 재확인 >

6) 시험 완료된 레이다



< 사각 플레이트 조립 >



< 베이스 플레이트 장착 및 전방 틸팅각도 조정 >



< 원형 수평계 장착 >



< 레이돔 장착 >

나. 옥외형 함체 및 고정형 콘솔 제작



< 시스템렉 제작 >



< 시스템렉 단품시험 >



< 고정형 콘솔 제작 >



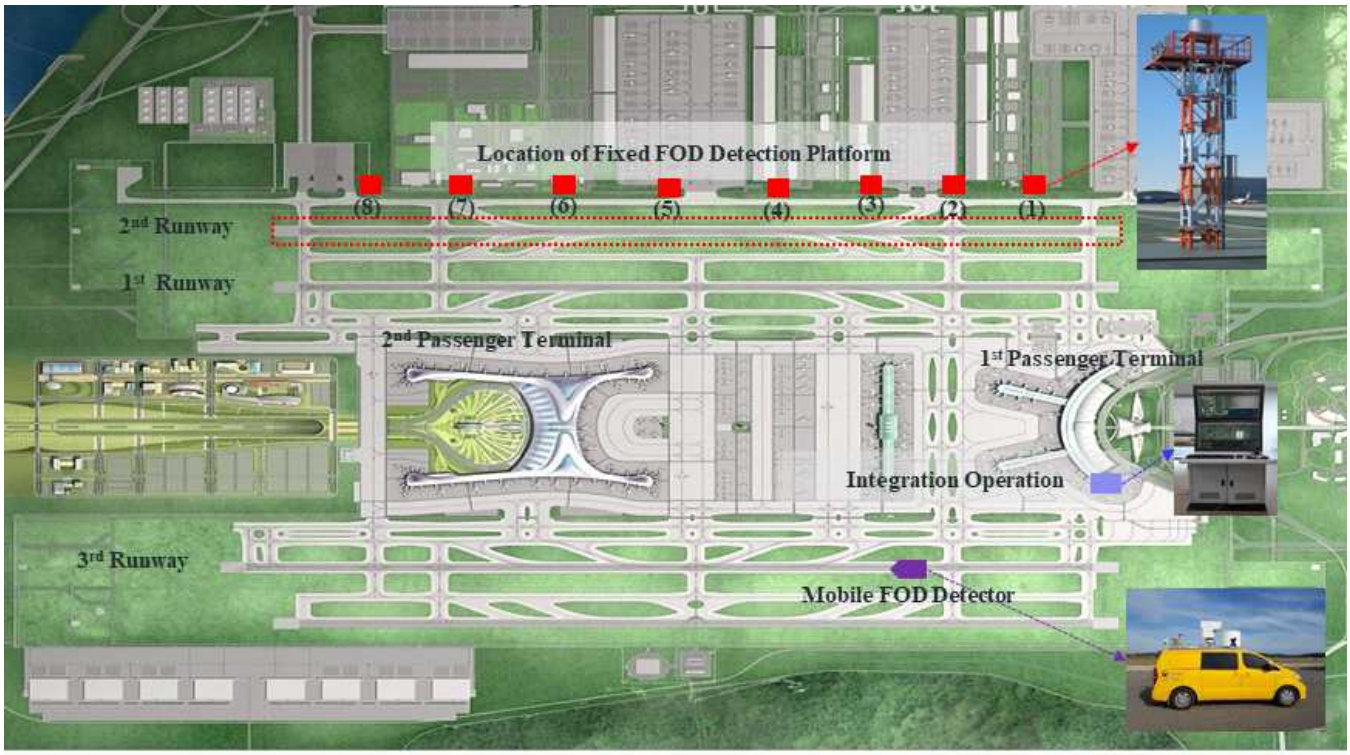
< 고정형 콘솔 단품시험 >

2. 인천국제공항 시스템 구축

가. 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템 구축

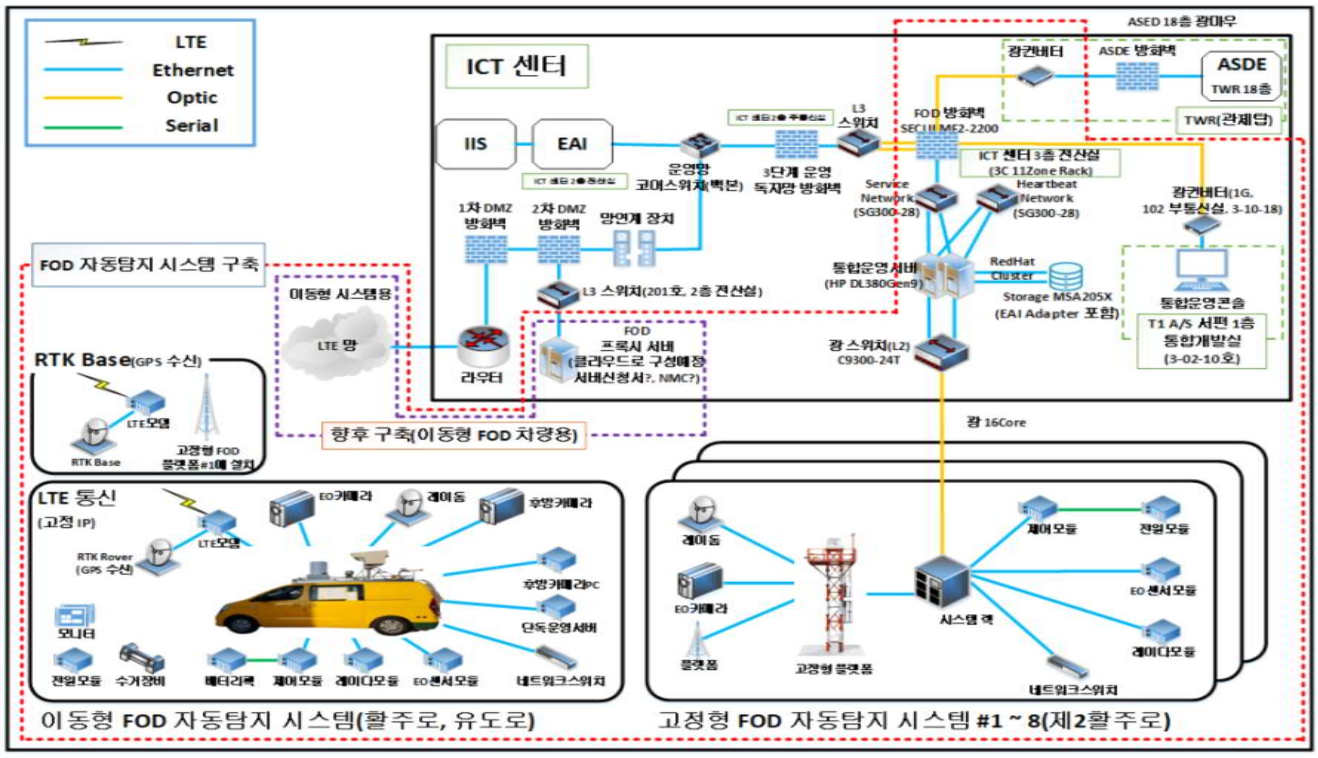
1) 고정형 이물질 자동탐지 시스템 : 제2활주로 GSE 도로 옆 5m 지점 8개소

2) 이동형 이물질 자동탐지 시스템 : 1대



< 인천국제공항 제2활주로에 구축을 위한 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 위치 선정 >

3) 인천국제공항 FOD 자동탐지 시스템 세부 구성



< 인천국제공항 시스템 구축을 위한 유/무선 네트워크 구성방안 >

4) 고정형 플랫폼 구축 상세 내용

가) 플랫폼 지반공사



< 기초작업 및 터파기 >



< 콘크리트 작업 >



< 콘크리트 양생작업



< 지반공사 완료 사진 >

나) 플랫폼 설치

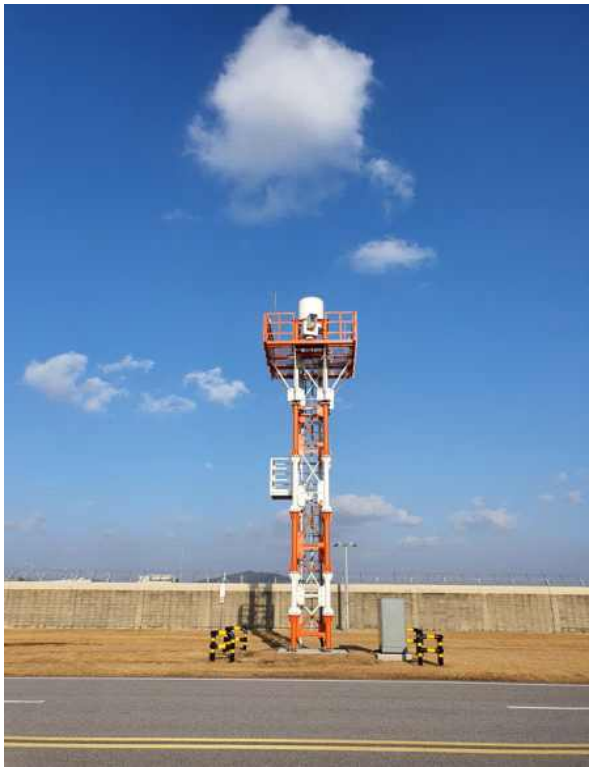








다) 설치완료된 고정형 플랫폼 8개소



플랫폼 #1



플랫폼 #2



플랫폼 #3



플랫폼 #4



플랫폼 #5



플랫폼 #6



플랫폼 #7



플랫폼 #8

5) 특별비행검사 실시

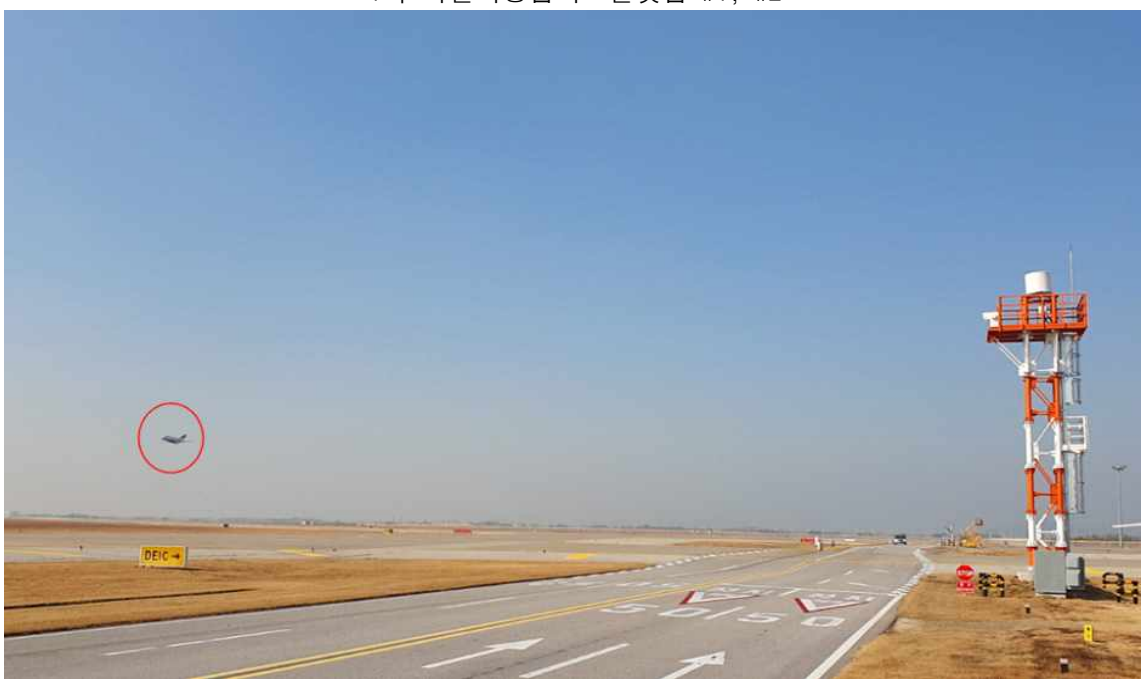
가) 특별 비행검사 일정 및 결과

< FOD 자동탐지시스템 특별 비행검사 일정 및 결과 >

FOD 검사환경	ILS/DME	검사일	결과	비 고
임시철탑 8대	33R	2019.06.13.	합격	LLZ 영향성 無
#1 임시철탑(1대)		2019.12.06.		33R GP/LLZ 영향성 無
레이더 2기(#1, #2), 방사		2020.09.14.		
레이더 4기(#1,2,7,8), 방사	15L	2020.11.12.		15L GP/LLZ 영향성 無
레이더 8기(#1 ~ 8), 방사	15L	2021.01.21		15L GP/LLZ 영향성 無



< 1차 특별비행검사: 플랫폼 #1, #2 >



< 2차 특별비행검사: 플랫폼 #1, #2, #7, #8 >

나) 특별비행검사 결과서

계기착륙시설(ILS) 비행검사 결과서-1

1.시설(Station) : 인천 ILS RWY 33R		2.식별(ID) : INLL	3.비행검사일자(Date of Inspection) : 2020. 9. 14.		
4.검사종류(Type of Inspection) : 특별검사					
5.시설주(Owner) : 인천국제공항공사					
6.결 과(Result) : 합격					
7.방위각시설(Localizer)			8.활공각시설(Glide Slope)		
COMMISSIONED WIDTH : 3.00			COMMISSIONED ANGLE : 3.00		
CATEGORY : 3			CATEGORY : 3		
TRANSMITTER	TX1	TX2	TRANSMITTER	TX1	TX2
MODULATION		39.9	MODULATION		80.2
COURSE WIDTH			ANGLE		2.99
CLEARANCE 150			WIDTH		
CLEARANCE 90			CLEARANCE BELOW PATH		
COURSE STRUCTURE-Z1		2.0/10.9	STRUCTURE BELOW PATH		
COURSE STRUCTURE-Z2		1.4/2.8	PATH STRUCTURE-Z1		1.8/5.6
COURSE STRUCTURE-Z3		1.7/0.3	PATH STRUCTURE-Z2		5.6/0.6
COURSE STRUCTURE-Z4		0.8/0.2	PATH STRUCTURE-Z3		5.5/0.0
COURSE STRUCTURE-Z5		0.9/0.7	USABLE DISTANCE		
VERTICAL POLARIZATION			SYMMETRY		
SYMMETRY			DATE OF MONITOR		
ALIGNMENT		1.2R	9.검사장비(Facility/Component Inspected)		
VOICE		NA	-LOCALIZER	CHECKED	
IDENTIFICATION		S	-GLIDE SLOPE	CHECKED	
USABLE DISTANCE			-COMPASS LOCATORS		
COURSE WIDTH(NARROW)			-DME	CHECKED	
COURSE WIDTH(WIDE)			-75MHz MARKERS	CHECKED	
CLEARANCE 150			10.장비상태(General)		
CLEARANCE 90			-COMPASS LOCATORS		
ALIGNMENT 150			-75MHz MARKERS	SATISFACTION	
ALIGNMENT 90			-DME	SATISFACTION	
DATE OF MONITOR			11.다음 검사 만기일자(Next due-date) :		
12.제한사항(Limitation) :					
13.비고(Remarks)					
조종사(Pilot) 정해광 최철영			비행검사관(Flight Inspector) 이승구 강성남 KOMASN		

(a) 비행검사 결과서(2020.09.14.)

계기착륙시설(ILS) 비행검사 결과서-1

1.시설(Station) : 인천 ILS RWY 15L		2.식별(ID) : ISLL	3.비행검사일자(Date of Inspection) : 2020. 11. 12		
4.검사종류(Type of Inspection) : 특별검사					
5.시설주(Owner) : 인천국제공항공사					
6.결 과(Result) : 합격					
7.방위각시설(Localizer)			8.활공각시설(Glide Slope)		
COMMISSIONED WIDTH : 3.00			COMMISSIONED ANGLE : 3.00		
CATEGORY : 3			CATEGORY : 3		
TRANSMITTER	TX1	TX2	TRANSMITTER	TX1	TX2
MODULATION	39.8		MODULATION	80.2	
COURSE WIDTH			ANGLE	3.01	
CLEARANCE 150			WIDTH		
CLEARANCE 90			CLEARANCE BELOW PATH		
COURSE STRUCTURE-Z1	1.5/6.1		STRUCTURE BELOW PATH		
COURSE STRUCTURE-Z2	1.7/3.2		PATH STRUCTURE-Z1	3.1/6.4	
COURSE STRUCTURE-Z3	1.2/0.5		PATH STRUCTURE-Z2	5.8/0.6	
COURSE STRUCTURE-Z4	1.1/0.0		PATH STRUCTURE-Z3	11.6/0.1	
COURSE STRUCTURE-Z5	1.9/0.6		USABLE DISTANCE		
VERTICAL POLARIZATION			SYMMETRY		
SYMMETRY			DATE OF MONITOR		
ALIGNMENT	0.6R		9.검사장비(Facility/Component Inspected)		
VOICE	NA		-LOCALIZER	CHECKED	
IDENTIFICATION	S		-GLIDE SLOPE	CHECKED	
USABLE DISTANCE			-COMPASS LOCATORS		
COURSE WIDTH(NARROW)			-DME	CHECKED	
COURSE WIDTH(WIDE)			-75MHz MARKERS	CHECKED	
CLEARANCE 150			10.장비상태(General)		
CLEARANCE 90			-COMPASS LOCATORS		
ALIGNMENT 150			-75MHz MARKERS	SATISFACTION	
ALIGNMENT 90			-DME	SATISFACTION	
DATE OF MONITOR			11.다음 검사 만기일자(Next due-date) :		
12.제한사항(Limitation) :					
13.비고(Remarks) 1. 인천국제공항공사 공항산업기술연구원-2654(2020. 7. 8.) 및 4267(2020. 10. 14.) 관련 제2활주로 FOD 자동탐지시스템 설치 후 실시한 특별검사 결과임. 2. 비행검사일: 2020. 9. 14(ILS RWY 33R), 11. 12(ILS RWY 15L) 3. FOD 자동탐지시스템 운용 중 ILS 신호, 비행검사 항공기 및 관제(ATC) 시설에서 특이사항 없었음. 4. FOD 자동탐지시스템 추가 설치 완료 시 비행검사 예정임. ※. 비행검사 시 DRONE 탐지시설 동작 중 상태였음.					
조종사(Pilot) 정해광 최철영			비행검사관(Flight Inspector) 강성남 KOMASN		

(b) 비행검사 결과서(2020.11.12)

계기착륙시설(ILS) 비행검사 결과서-1

1.시설(Station) : 인천 ILS RWY 15L		2.식별(ID) : ISLL	3.비행검사일자(Date of Inspection) : 2021. 1. 21.		
4.검사종류(Type of Inspection) : 특별검사					
5.시설주(Owner) : 인천국제공항공사					
6.결 과(Result) : 합격					
7.방위각시설(Localizer)			8.활공각시설(Glide Slope)		
COMMISSIONED WIDTH : 3.00			COMMISSIONED ANGLE : 3.00		
CATEGORY : 3			CATEGORY : 3		
TRANSMITTER	TX1	TX2	TRANSMITTER	TX1	TX2
MODULATION	39.9		MODULATION	80.1	
COURSE WIDTH			ANGLE	3.02	
CLEARANCE 150			WIDTH		
CLEARANCE 90			CLEARANCE BELOW PATH		
COURSE STRUCTURE-Z1	S		STRUCTURE BELOW PATH		
COURSE STRUCTURE-Z2	1.2/0.6		PATH STRUCTURE-Z1	3.9/9.2	
COURSE STRUCTURE-Z3	0.8/0.2		PATH STRUCTURE-Z2	4.2/3.9	
COURSE STRUCTURE-Z4	0.7/0.4		PATH STRUCTURE-Z3	7.0/0.1	
COURSE STRUCTURE-Z5	1.6/1.2		USABLE DISTANCE		
VERTICAL POLARIZATION			SYMMETRY		
SYMMETRY			DATE OF MONITOR		
ALIGNMENT	0.7R		9.검사장비(Facility/Component Inspected)		
VOICE	NA		-LOCALIZER	CHECKED	
IDENTIFICATION	S		-GLIDE SLOPE	CHECKED	
USABLE DISTANCE			-COMPASS LOCATORS		
COURSE WIDTH(NARROW)			-DME	CHECKED	
COURSE WIDTH(WIDE)			-75MHz MARKERS	CHECKED	
CLEARANCE 150			10.장비상태(General)		
CLEARANCE 90			-COMPASS LOCATORS		
ALIGNMENT 150			-75MHz MARKERS	SATISFACTION	
ALIGNMENT 90			-DME	SATISFACTION	
DATE OF MONITOR			11.다음 검사 만기일자(Next due-date) :		
12.제한사항(Limitation) :					
13.비고(Remarks) 1. 인천국제공항공사 공항산업기술연구원-2654(2020. 7. 8.), 426702020. 10. 14.) 및 528702020. 12. 9.) 관련 제2활주로 FOD 자동탐지시스템 설치 후 실시한 특별검사 결과임. 2. FOD 자동탐지시스템 운용 중 ILS 신호, 비행검사 항공기 및 관제(ATC) 시설에서 특이사항 없었음. ※. 비행검사 시 DRONE 탐지시설 동작 중 상태였음.					
조종사(Pilot) 정해광 최철영			비행검사관(Flight Inspector) 이승구 강성남 KOMASN		

(c) 비행검사 결과서(2021.01.21)

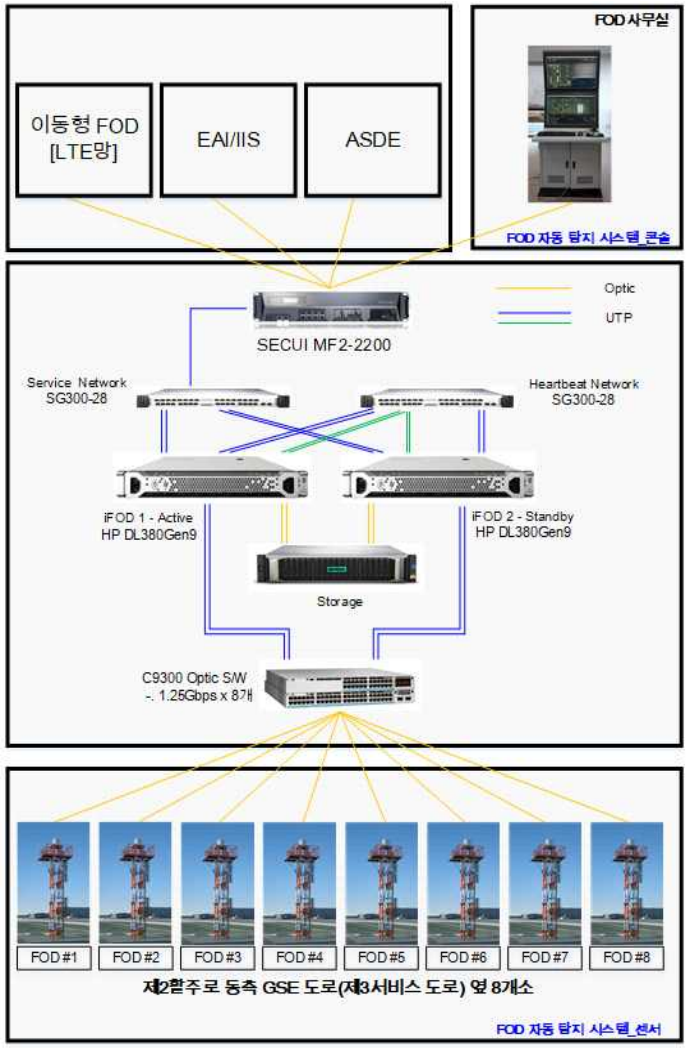
< FOD 자동탐지시스템 시스템 특별비행검사 결과서 >

나. 통합운영시스템 통합운영서버 구축

1) 통합운영서버 구성

가) 통합운영서버 두 대는 RHCS H/A 구성으로 Active/Stand-by로 이중화 운영함

나) RHCS 구성에는 H/W, service IP, mariaDB, web, WAS, tindigo가 서비스 리소스로 등록되어 장애 시 해당 리소스 failover 함



< 통합운영서버 구축 구성도 (스토리지 80GB 14개로 구성) >

2) 통합운영서버 구축 내용

구성	제조사	모델명	크기	비고
방화벽	Secui	MF2-2200	2U	방화벽
L2 switch	cisco	SG300-28	1U	EAI망, heart-bit망
L2 switch	Cisco	Catalyst-9300	1U	데이터 수집용 망
iFOD	HP	DL380 Gen9	2U	FOD 자동감지 시스템 서버(H/A)
스토리지	HP	MSA2050	2U	8.8TB usable

다. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 6-1]** 인천국제공항 고정형 플랫폼 통신용 철탑 축조공사 시험 및 검사성적서

② **[별책 6-2]** 인천국제공항 고정형 철탑 제작 및 설치 건설사업관리 용역 완료보고서

③ **[별책 6-4]** 이물질 자동탐지 시스템 구축 및 현장운용시험 지원보고서

라. 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험

가) 시험 구성

① 연계운용 소프트웨어를 이중화된 각각의 서버에 설치

- FIMS의 입장에서 대상이 되는 시스템인 IFOD 는 Virtual IP에 의해 활성화된 시스템

② FIMS 와 연계하기 위한 Adapter 소프트웨어는 인천공항공사에서 제공

- 외부 스토리지 장치에 설치

③ 운항데이터는 IIS 시스템의 송신 Adapter를 통해 EAI로 전송된 후 FIMS Adapter와의 통신 규약에 의해 데이터를 수신한 후 IFOD 시스템의 파일 시스템에 데이터를 적재

④ 운항정보관리시스템 연계소프트웨어는 수신 폴더에 파일이 생성되는 순간을 감시하고 있으며 메시지가 생성되는 순간 메시지 파일을 Fetch하여 분석, 처리, 변환한 후 FOD 통합운용서버으로 전달

⑤FIMS 운영 노드에서 실시간으로 데이터를 수신

나) 시험결과

현장운용시험 성적서

결재	작 성	검 토	승 인

과 제 명	항행시스템 및 항공정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 개발		
시험 대상 산출물	운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 항행시스템 연계운용 소프트웨어	시험 단계	현장운용시험

번호	시험 항목		요구 규격	시험 결과	판정 내용
1	TC-IFOD-UT-01	AFSArr(도착) 메시지 수신테스트	ICD 만족	만족	합격
2	TC-IFOD-UT-02	AFSDep(출발) 메시지 수신테스트	ICD 만족	만족	합격
3	TC-IFOD-IT-01	수신 메시지에 대한 처리결과 확인(재전송)	ICD 만족	만족	합격
4	TC-IFOD-IT-02	수신 메시지에 대한 처리결과 확인(중복 재전송)	ICD 만족	만족	합격
5	TC-IFOD-IT-03	메시지 수신 중 네트워크 단절 및 이중화 전환 테스트	ICD 만족	만족	합격
6	TC-IFOD-IT-04	메시지 수신 중 수신 Adapter 비정상 종료 테스트	ICD 만족	만족	합격
7	TC-IFOD-IT-05	메시지 수신 중 서버 중지 및 이중화 전환 테스트	ICD 만족	만족	합격
8	TC-IFOD-IT-06	메시지 수신 중 스토리지 단절 및 이중화 전환 테스트	ICD 만족	불만족	조건부 합격
9	TC-IFOD-IT-07	수신 Adapter 대용량 전송 테스트	ICD 만족	만족	합격

시험 일자	2020.07	시험자	신태영	종합평가	■ 합격 □ 불합격

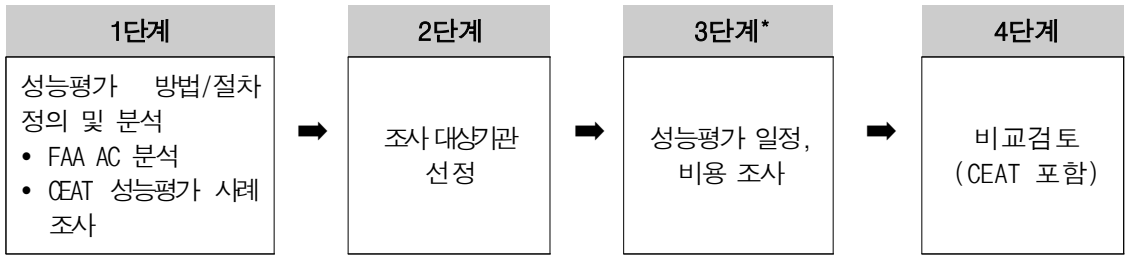
< 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험 결과 >

다) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 6-3]** 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 결과보고서

3. 이물질 자동탐지 시스템 국내 공인전문시험기관 성능평가 진행계획 수립

1) 조사 절차



* 각 기관별 사전 협의 및 성능평가 자료 송부 → 성능평가 가능여부 회신 → 성능평가 가능 시 조사항목에 따른 자료 작성 요청

2) 성능평가 대상기관 조사

가) KTL(한국산업기술시험원) : 연차보고서 명시 및 국내유일 공공종합시험인증기관

나) KIAST(항공안전기술원) : 항공안전전문기관, 항공사고 예방에 관한 인증시험 기관

다) KOLAS 인증 검사기관 : 70개 기관

공공기관	일반기관(측정기 제조 판매업체)
한국산업기술시험원 외 16개 기관 (철도기술연구원, 한국가스안전공사 등)	현대티에스 주식회사 외 52개 기관

※제외 기관 : TTA(한국정보통신기술협회)는 본 과제 기술검증 기관 참여(2 ~ 4차년도)로 성능평가에 대한 객관성 확보 어려움으로 제외

3) 성능평가 진행계획 수립

가) 단계별 절차

① 1단계(현장 운용관찰) : 현장 운용관찰 단계로서 연구개발된 FOD 탐지시스템에 대한 성능평가 기관의 현장 설치, 주관기관 시험운용 관찰 수행(사전조사)

② 2단계(공항 운용평가) : 주관기관 시험운용 및 인천공항 시범운용 단계에서 FOD 탐지시스템에 대해 다양한 기상상태에서 눈금조정 시험), 성능 평가시험, 정보 가림 시험 및 운영 평가 실시

※ 공항운영 평가에서 공항 운용평가가 원활하게 수행되기 위해서 계획의 구체화가 필요함

4) 결 론

가) 국내공인전문시험시관(KTL, KOLAS 인증기관, KIAST) 조사결과 국내최초 FOD 자동탐지시스템의 개발, 국내 최초 현장적용, 공항 및 항공관련 기술등의 특수성으로 인해 KTL만이 성능평가가 가능한 것으로 조사됨.

① 대상기관 : 국내 공인전문시험기관(KTL, KIAST) 및 KOLAS 인증기관 대상

② 자료제공 : FAA AC 성능기준, CEAT 성능평가 사례 자료

③ 가능기관 : KTL 성능평가 가능으로 회신, 일정, 내역 회신

나) FOD 자동탐지시스템 성능평가에 대한 CEAT과 KTL의 일정, 비용 검토 결과 KTL이 적합한 기관으로 판단됨.

① 추진일정 : CEAT(1년, 추진불분명), KTL(6개월)

② 추진비용 : CEAT(7.7억원) vs. KTL(2.4억원), 3.2배

다) 조사된 기관(KTL)이 성능평가기관으로 선정될 경우 수립된 평가일정(6개월) 및 내역 (2.4억원)을 고려하여 세부적인 평가계획 수립 협의가 필요

5) 2020년 제3차 항공기술연구사업 운영위원회 결과

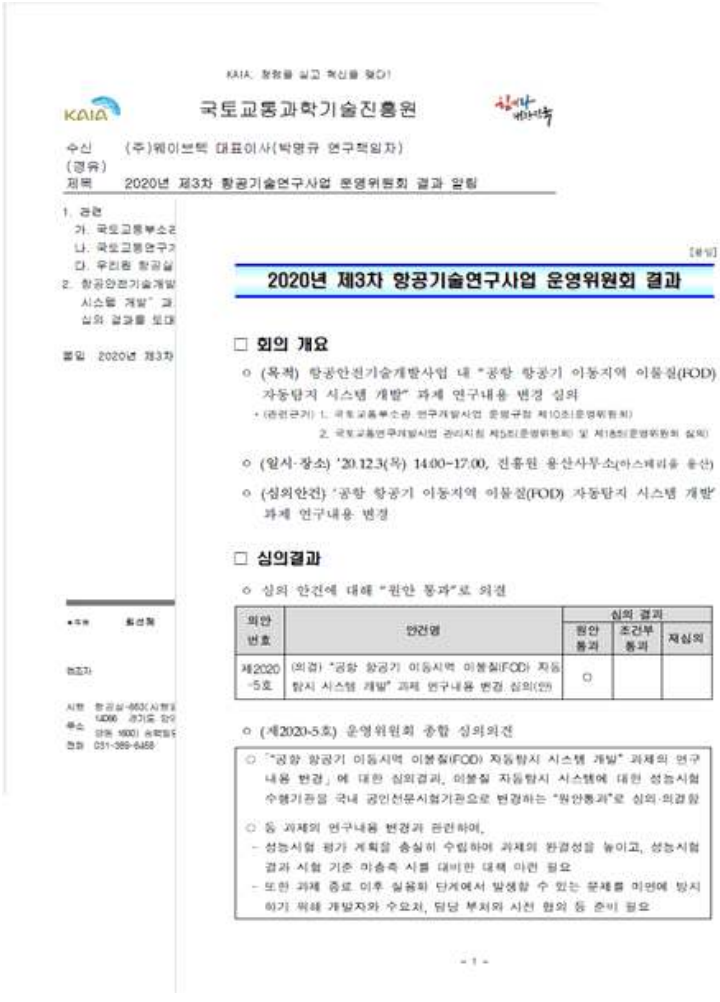
가) 운영위원회 결과 인천국제공항공사의 FOD 탐지시스템 성능평가 진행계획(안)수립 보고서 결과에 따라 국내공인전문시험기관으로 변경하는 원안 통과 (2020.12.03.)

① 기존 : CEAT 성능시험

② 변경 : 국내공인전문시험기관인 KTL 성능시험

③ KTL 성능시험 기준 미충족시를 대비하기 위해 KTL과 협의하여 성능시험 기간 내에 단계별 성능시험 추진 진행 예정 (시험->보완요청->성능보완->재확인)

④ 과제 종료 이후, 실용화 단계에서 발생할 수 있는 문제를 방지하기 위해 수요처시범운용 기간 내에 발생할 수 있는 문제점을 사전에 분석하고 주관기관과 수요처, 담당 부처간 협의 추진 예정



KAIA 국토교통과학기술진흥원

수신 (주)웨이브텍 대표이사(박영규 연구책임자)
(경유)
제목 2020년 제3차 항공기술연구사업 운영위원회 결과 알림

[붙임]

2020년 제3차 항공기술연구사업 운영위원회 결과

□ 회의 개요

○ (목적) 항공안전기술개발사업 내 "공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발" 과제 연구내용 변경 심의

○ (일시·장소) '20.12.3(목) 14:00~17:00, 진흥원 울산사무소(아스테리아 울산)

○ (심의안건) '공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발' 과제 연구내용 변경

□ 심의결과

○ 심의 안건에 대해 "원안 통과"로 의결

의안 번호	안건명	심의 결과		
		원안 통과	조건부 통과	재심의
제2020-5호	(의결) "공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발" 과제 연구내용 변경 심의(안)	○		

○ (제2020-5호) 운영위원회 종합 심의의견

○ "공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발" 과제의 연구내용 변경」에 대한 심의결과, 이물질 자동탐지 시스템에 대한 성능시험 수행기관을 국내 공인전문시험기관으로 변경하는 "원안통과"로 심의·의결함

○ 동 과제의 연구내용 변경과 관련하여,
- 성능시험 평가 계획을 충실히 수립하여 과제의 완결성을 높이고, 성능시험 결과 시험 기준 미충족 시를 대비한 대책 마련 필요
- 또한 과제 종료 이후 실용화 단계에서 발생할 수 있는 문제를 미연에 방지하기 위해 개발자와 수요처, 담당 부처와 사전 협의 등 준비 필요

- 1 -

< 2020년 제3차 항공기술연구사업 운영위원회 결과 공문 >

6) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 6-5]** 이물질 자동탐지 시스템 국내공인시험기관 성능평가 진행계획(안) 수립 연구보고서

4. 6차년도 연구개발 추진체계



5. 6차년도 연구개발 추진일정

6차년도													7차년도											
연구기관	연구내용	2020년												2021년											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
웨이브텍	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 용 시제 제작 및 보완 (레이다 제작 외)																								
	시스템 체계통합시험																								
	현장운용시험용 시스템 구축																								
	현장운용시험																								
	수요처시범운용시험 지원																								
	공인전문시험기관 성능시험																								
	고정형/이동형 시스템 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성																								
PLEXTEK SERVICE LIMITED	고정형 레이다 제작 (웨이브텍 제작 지원)																								
	레이다 소프트웨어 최적화																								
	시스템 구축 지원 (레이다 환경 셋업 등)																								
	현장운용시험 지원																								
	수요처시범운용 지원																								
	공인전문시험기관 성능시험 지원																								
	레이다센서 모듈 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성																								
영국전자	고정형 E0 센서 모듈 시제 제작																								

	현장운용시험 지원												
	수요처 시범운용시험 지원												
	공인전문시험기관 성능시험 지원												
	EO센서 모듈 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성												
유넷 컨버전스	고정형 제어모듈 시제제작												
	고정형 네트워크 스위치 구축												
	서버 setting 및 구축												
	연계운영시스템 연동시험												
	통합운영시스템 소프트웨어 최적화												
	고정형/이동형 제어모듈 소프트웨어 최적화												
	단독운용모드 소프트웨어 최적화												
	현장운용시험 및 소프트웨어 안정화												
	현장운용시험 지원												
	수요처시범운용 지원												
	공인전문시험기관 성능시험 지원												
	통합운영시스템 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성												
한국 공항공사	현장운용시험용 시스템 구축 지원												
	현장운용시험												
	수요처시범운용												
인천 국제공항 공사	시스템 구축 지원												
	국내외 공인전문시험기관 조사 및 분석												
	현장운용시험 지원												
	수요처 시범운용												
	공인전문시험기관 성능시험 지원												
	국내외 홍보 지원												

○ 7년차 연구수행 목표 : 이물질 자동탐지 시스템의 현장운용시험, 공인성능시험 및 수요처시범운용

- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 공인전문시험기관(KTL) 성능시험
- 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 수요처 시범운용
- 국내외 마케팅 추진

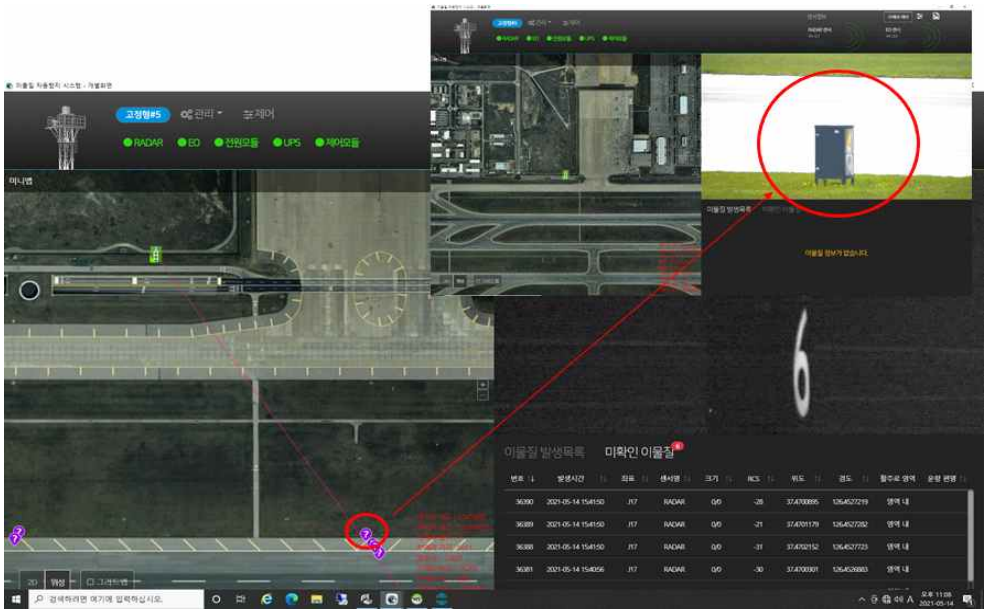
○ 7년차 연구수행 내용

1. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험

1) 공항 환경분석

가. 활주로 주변 구조물 전파간섭

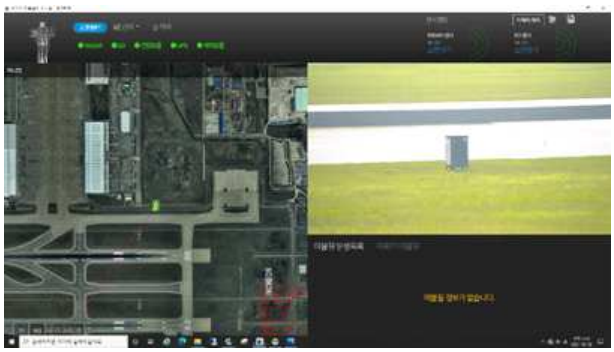
전파는 주변환경에 의해 영향을 많이 받으며 예를 들어 그림 26과 같이 활주로 주변에 설치된 구조물에 의해 레이다 전파의 난반사로 존재하지 않는 FOD가 발생할 수 있음



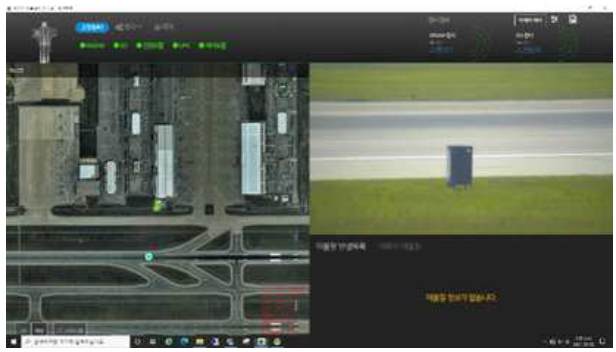
< 활주로 주변에 설치된 구조물에 의한 레이다 난반사로 존재하지 않는 FOD 발생 >

가) 항공등화시설

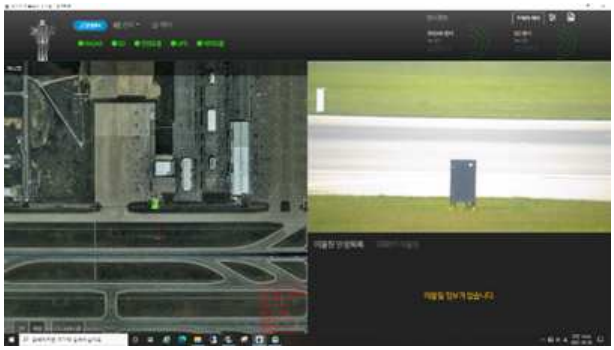
· 확인결과 1번, 3번, 4번, 5번, 6번, 8번에서 발생하였으며, 난반사로 인한 FOD가 발생한 지점을 EO 카메라로 비추었을 때 아래 그림들과 같이 항공등화시설 함체가 존재함을 확인



2번 플랫폼



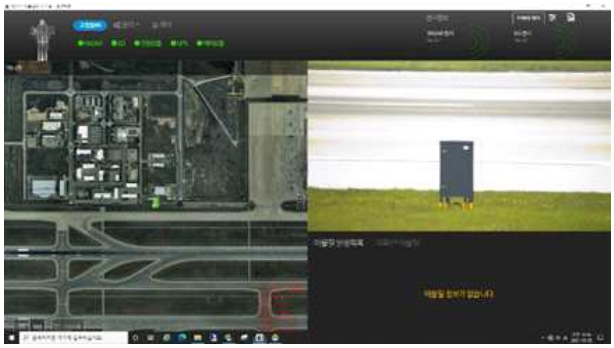
3번 플랫폼



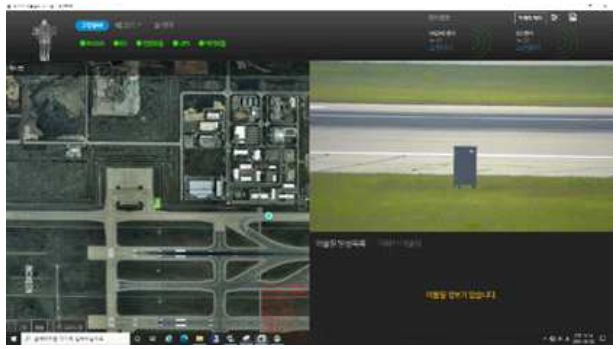
4번 플랫폼



5번 플랫폼



6번 플랫폼



8번 플랫폼

< 활주로 주변 구조물에 의한 전파간섭 요인 (항공등화시설) >

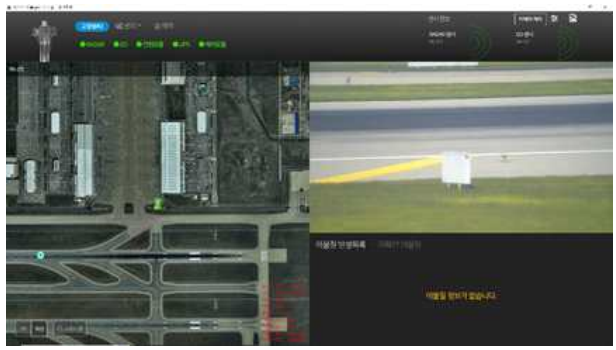
나) 표지판

· 표지판에 의한 난반사로 활주로에 FOD로 표시가 됨

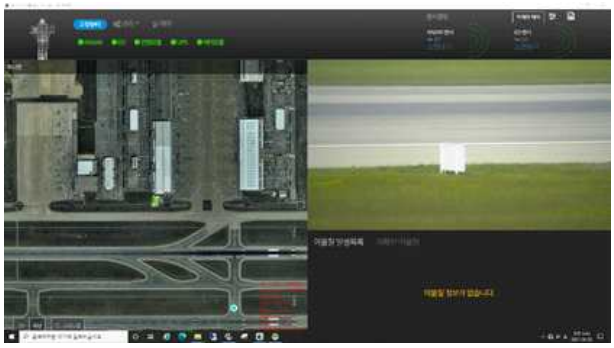
· 확인결과 1번, 2번, 3번, 6번, 7번, 8번에서 발생하였으며, 난반사로 인한 FOD가 발생한 지점을 EO카메라로 확인하였을 때 아래 그림들과 같이 표지판이 존재함을 확인



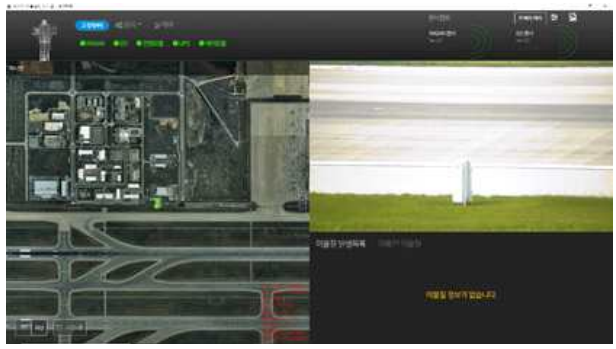
1번 플랫폼



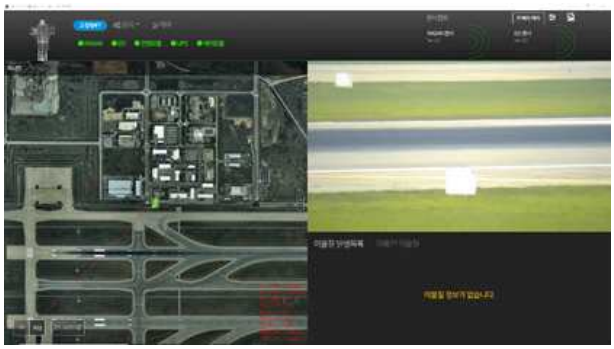
2번 플랫폼



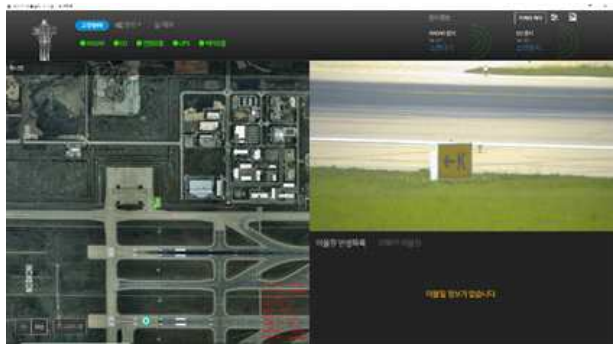
3번 플랫폼



6번 플랫폼



7번 플랫폼



8번 플랫폼

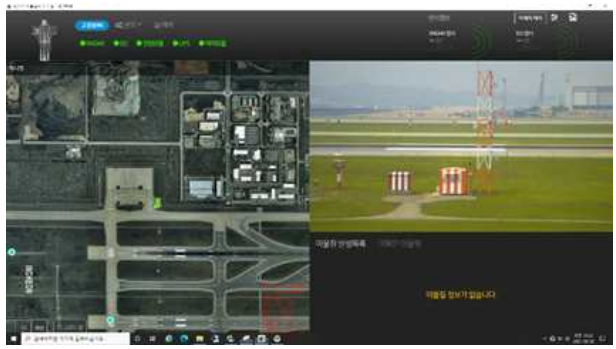
< 활주로 주변 구조물에 의한 전파간섭 요인 (표지판) >

다) GP안테나

- 활주로 양 끝단에는 GP안테나가 존재하며, 이 GP 안테나로 인한 난반사가 활주로에 FOD로 표시가 됨
- 확인결과 1번, 8번에서 발생하였으며, 난반사로 인한 FOD가 발생한 지점을 EO카메라로 확인하였을 때 아래 그림들과 같이 GP안테나가 존재함을 확인



1번 플랫폼



8번 플랫폼



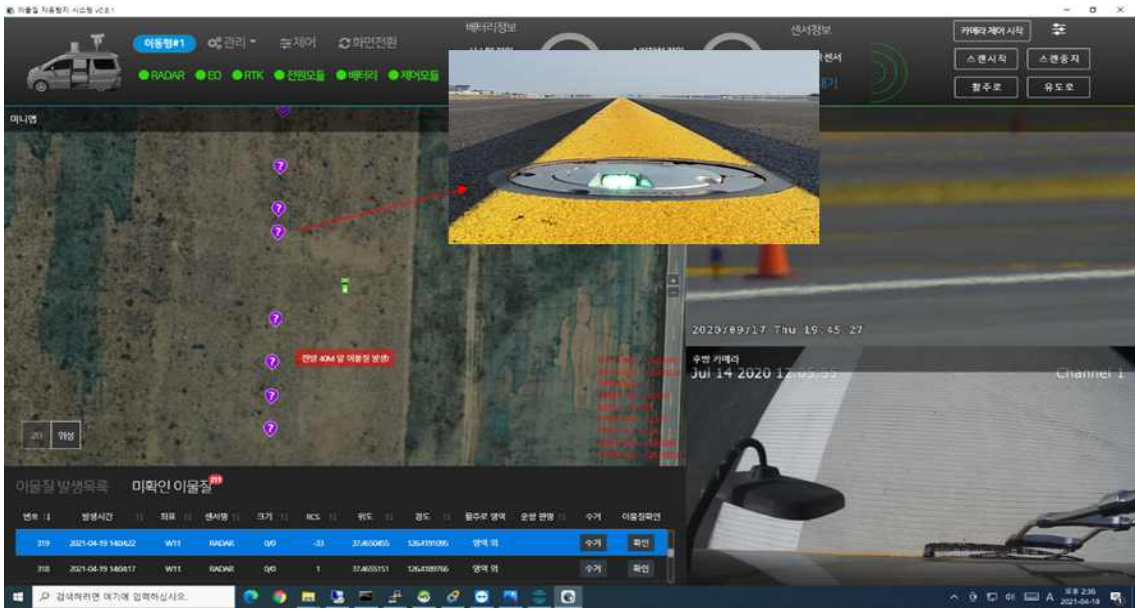
< 활주로 주변 구조물에 의한 전파간섭 요인(GP안테나) >

나. 활주로 중앙 구조물 전파간섭

1) 활주로 및 유도로의 중앙 유도등

· 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 경우, 활주로 중심을 기준으로 차량을 이동하면서 FOD를 탐지기 때문에 레이다와 활주로 표면의 입사각이 작아질수록 상대적으로 RCS 값이 크게 탐지가 됨

· 따라서 레이다의 최소탐지거리를 조정하여 일정거리 이상에서 탐지된 FOD만 보고될 수 있도록 조정함



< 4활주로에서 탐지된 중앙 유도등 >



< 레이다 최소탐지거리를 조정한 후 탐지화면 >

2) 고정형 이물질 자동탐지 시스템 성능시험

○ 이물질 자동탐지 시스템의 인천국제공항 구축을 위해 과제기획 및 제안단계에는 없었던 전파 영향성 검토와 서울지방항공청, 인천중구청 등과의 구축 승인을 위한 협의과정에서 상당한 시간이 소요되어 이물질 자동탐지 시스템 구축 후 성능시험과 KTL 성능시험을 병행하여 진행함

○ 인천국제공항은 항공기 이착륙이 빈번하게 이루어지며 24시간 운영되는 공항으로 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험을 위해 3일에 한번 야간 12:00 ~ 3:30 사이에 실시되는 활주로 점검 시간을 이용하였음

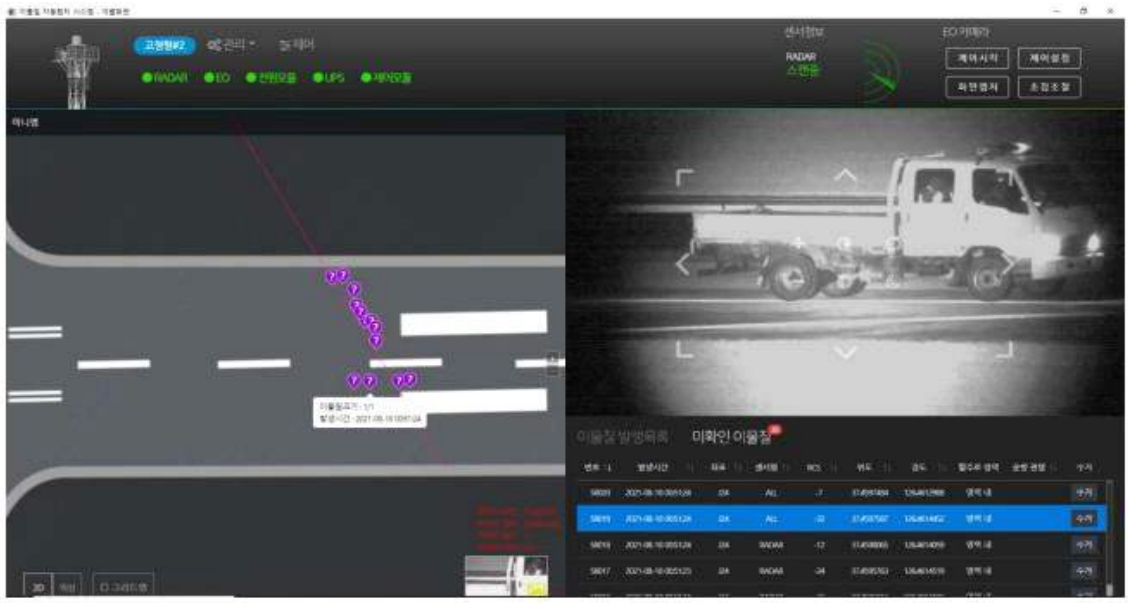
○ 야간에 실시되는 활주로 점검은 토목, 등화 등 활주로 관리를 위한 여러 부서가 함께 점검을 진행함으로 활주로 전체에 시험용 이물질을 놓고 시험할 수 없는 환경이라 각 플랫폼 단위로 성능시험을 진행함

○ 플랫폼 단위의 성능시험 진행 시 활주로에 시험용 이물질만 놓을 경우 토목. 등화 등 활주로 관리를 위한 다른 차량에 방해를 줄 수 있어서 안전사고 예방을 위해 시험용 이물질의 양쪽 끝부분에 일정거리를 이격하여 경광등을 추가로 배치하였음

○ 시험에 사용된 이물질은 FAA 권고회람을 만들 때 CEAT 성능시험에 참여한 해외기업들의 제품 성능시험에 사용된 것과 동일한 이물질과 개발된 이물질 자동탐지 시스템의 최소탐지 RCS 규격인 -30dBsm에 해당하는 지름 3.5cm 구, 그리고 실제 공항에서 발견되는 이물질 및 FAA 권고회람에서 언급한 이물질을 사용함

○ 고정형 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험은 각 플랫폼별 개별탐지시험, 플랫폼과 플랫폼 사이의 중복 탐지영역에 대한 중복 탐지영역 시험, 3m 최소 이격거리 시험, 실제 이물질 탐지시험, 탐지제외영역 기능 확인시험으로 구분됨

○ 시험 중 특이사항으로 고정형 이물질 자동탐지 시스템 성능시험을 진행 중인 플랫폼의 탐지영역에 활주로 관리를 위해 작업 중인 작업자 및 작업차량이 진입하는 상황이 발생하여 시험결과에 영향을 미치는 상황이 수 차례 발생하였음



< 시험 진행 중 진입한 작업차량 >

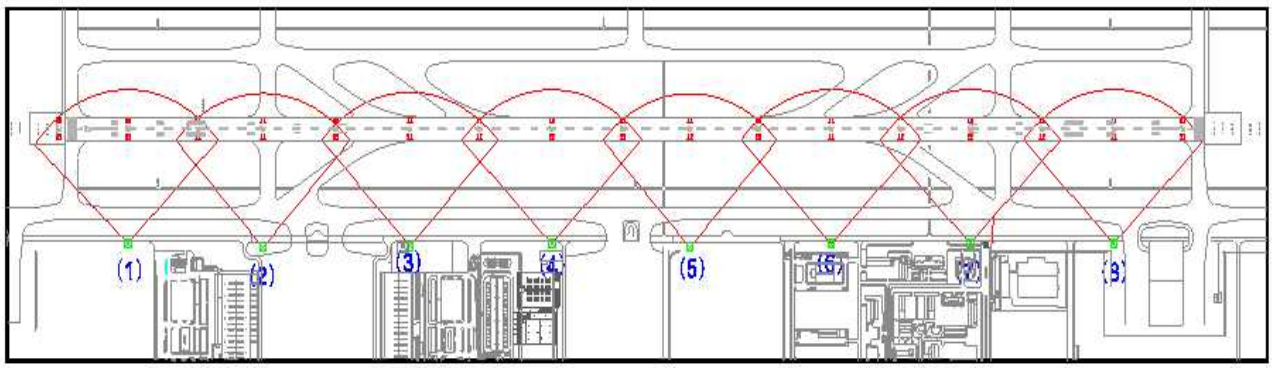
가. 개별탐지시험

가) 시험환경

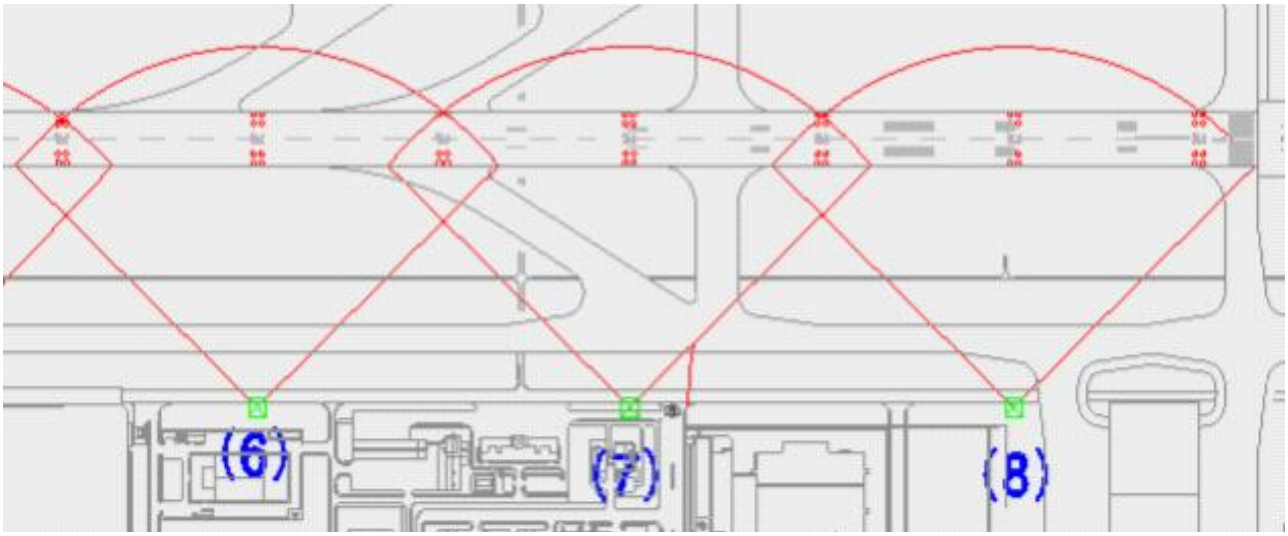
① 각포인트 당 이물질개수 : 4개

② 각 포인트 당 시험 횟수 : 3회

③ 각 플랫폼 당 시험 포인트 : 6 포인트



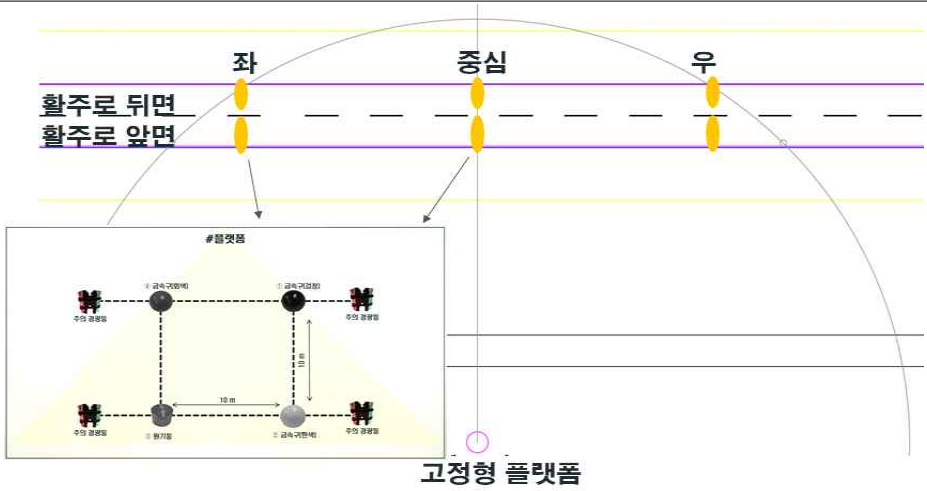
< 고정형 시스템 개별탐지시험을 위한 전체 구성 >



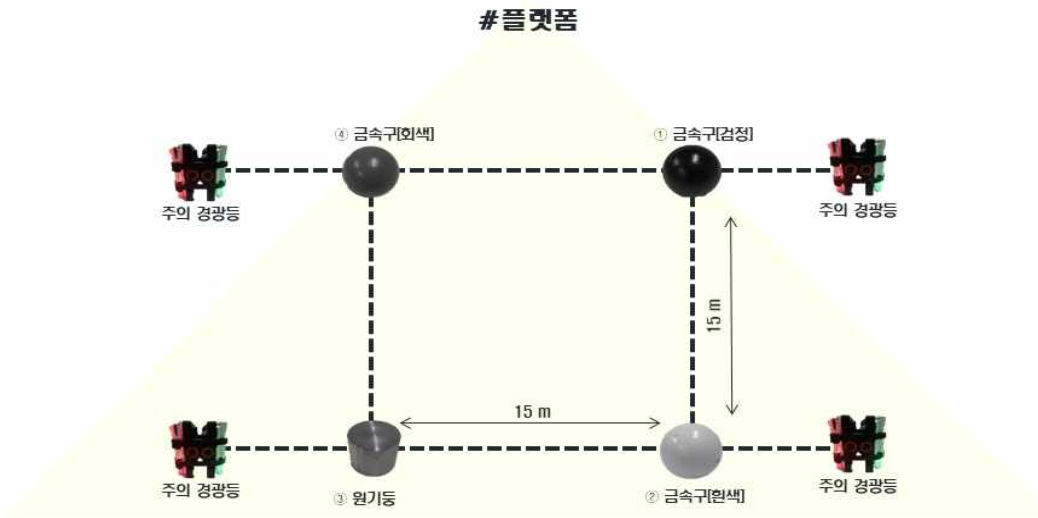
< 고정형 시스템 개별탐지시험을 위한 구성 (확대한 모습) >

나) 시험 세부내용

- 활주로 중심선 뒤/앞 : 좌,우 → 중심 6 포인트 (3회 반복 시험)
- 이물질 4개를 6 포인트에서 3회를 실시하여 플랫폼당 총 72회를 탐지
  → 8개 플랫폼 기준 총 576회 탐지



< 고정형 시스템 개별탐지시험을 위한 이물질 배치 위치 >



< 고정형 시스템 개별탐지시험을 위한 이물질 배치 세부내용 >

3) 시험결과

- **세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조**

구분	플랫폼 당 탐지횟수	8개 플랫폼 탐지 횟수	비고
탐지 횟수	4 X 3 X 6 = 72회	576회	
탐지 확률	100 %		
평균 위치정확도	0.34 m		1.0 m : 1회/ 1.4 m : 1회 (작업자및 작업차량의영향으로 추정)

① 개별탐지시험에서 사용된 이물질은 FAA 권고회람을 만들 때 CEAT 성능시험에 참여한 해외기업들의 제품 성능시험에 사용된 것과 동일한 이물질들을 사용하였음

② 플랫폼당 탐지영역 양 끝부분과 중심부분, 그리고 활주로의 구배를 고려하여 플랫폼 설치방향을 기준으로 구배의 앞부분과 뒷부분 총 6곳을 시험지점으로 선정함

③ 플랫폼당 이물질의 탐지횟수는 72회이며 8개의 플랫폼에서 시험한 탐지횟수의 총합은 576회로 고정형 이물질 자동탐지 시스템의 개별탐지 시험에서의 탐지확률은 100%, 위치정확도는 평균 0.34m로 측정됨

④ 576회의 이물질 탐지시험 중 2번 위치정확도가 각각 1.0m, 1.4m로 측정되었지만 다음 레이다 스캔에서 바로 0.23m, 0.47m로 정상적으로 측정됨을 KTL과 확인하였고 원인은 측정 당시 활주로 관리를 위한 작업차량이 이물질 근처로 지나가면서 영향을 주었을 것으로 판단

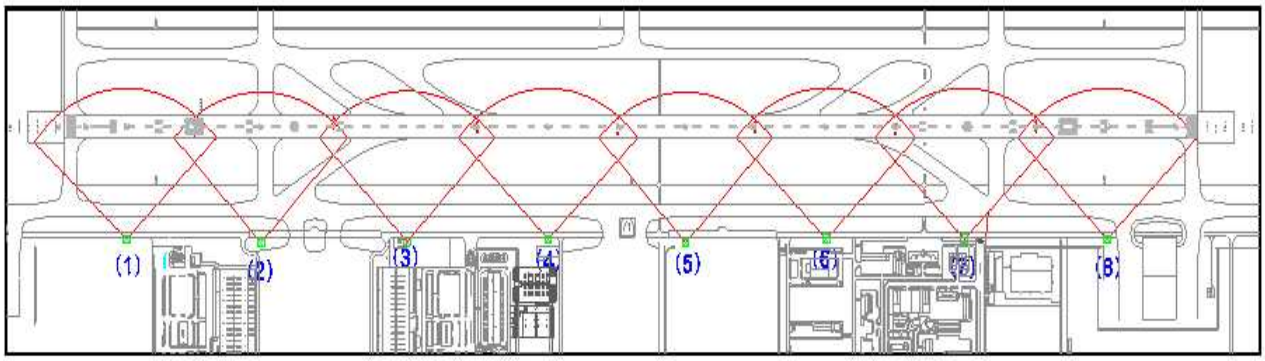
나. 중복 탐지영역 시험

가) 시험환경

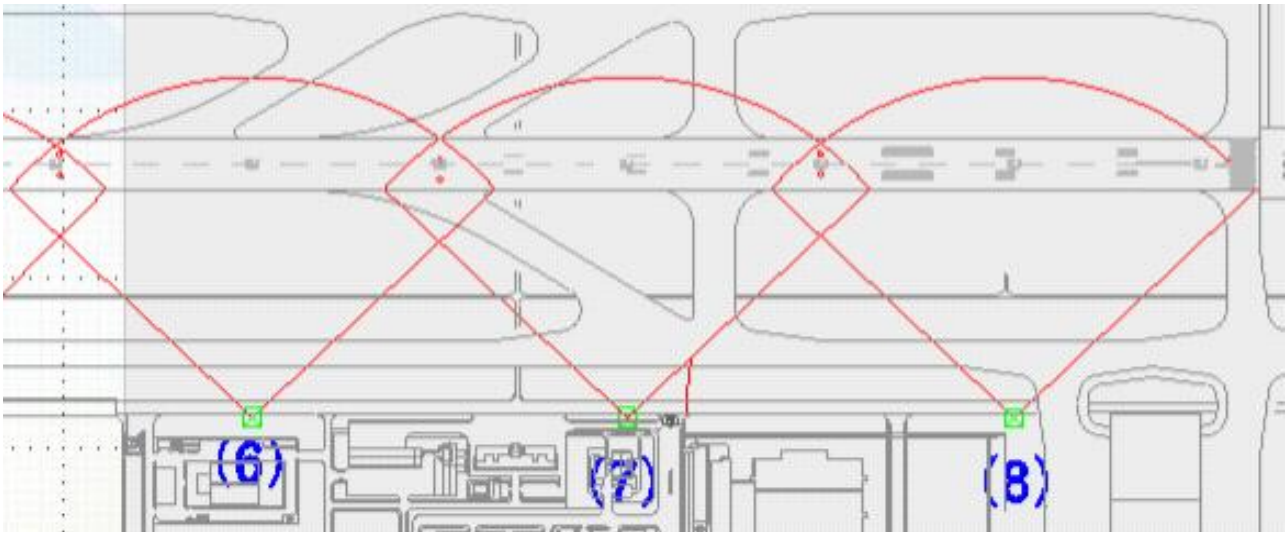
① 각포인트 당 이물질개수 : 1개 (RCS = -30dBsm)

② 각 포인트 당 시험 횟수 : 3회

③ 각 플랫폼 당 시험 포인트 : 2 포인트



< 고정형 시스템 중복 탐지영역 시험을 위한 전체구성 >



< 고정형 시스템 중복 탐지영역 시험을 위한 구성 (확대한 모습) >

나) 시험결과

- 세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조

구분	중복 탐지영역 당 탐지횟수	7개 중복 탐지영역 탐지 횟수	비고
탐지 횟수	1 X 3 X 2 = 6회	42회	
탐지 확률	100 %		
평균 위치정확도	0.3 m		

① 중복 탐지영역 시험에서 사용된 이물질은 FAA 권고회람을 만들 때 CEAT 성능시험에 참여한 해외 기업들의 제품 성능시험에 사용된 것과 동일한 이물질들을 사용하였음

② 시험위치는 플랫폼과 플랫폼 사이의 중복 탐지영역에서 플랫폼 설치방향을 기준으로 구배의 앞부분과 뒷부분으로 선정함

③ 플랫폼과 플랫폼 사이의 중복 탐지영역에서의 탐지횟수는 6회이며 7개 중복 탐지영역에서의 총 탐지횟수는 42회로 중복 탐지영역 시험에서의 탐지확률은 100%, 위치정확도는 평균 0.3m로 측정됨

④ 중복 탐지영역에서 탐지결과를 콘솔 UI상에 표기시 오탐지나 탐지된 이물질의 중복 보고와 같은 현상은 나타나지 않음

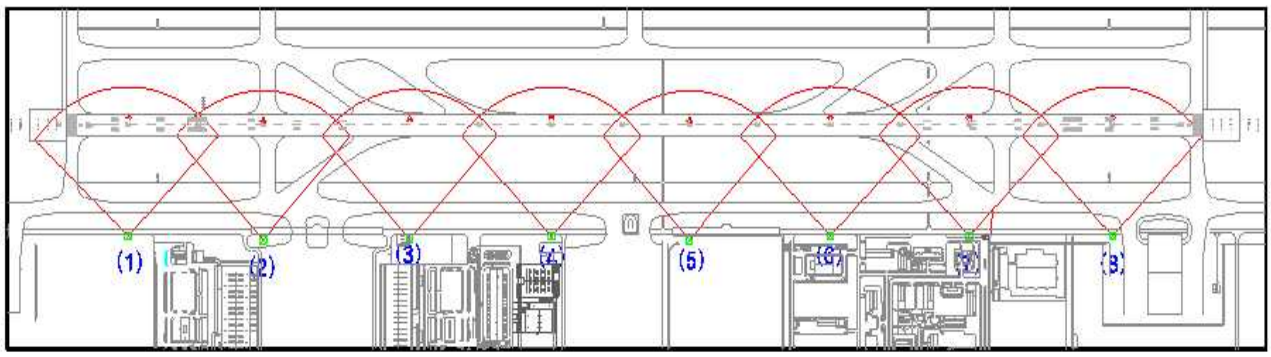
다. 3m 최소 이격거리 시험

가) 시험환경

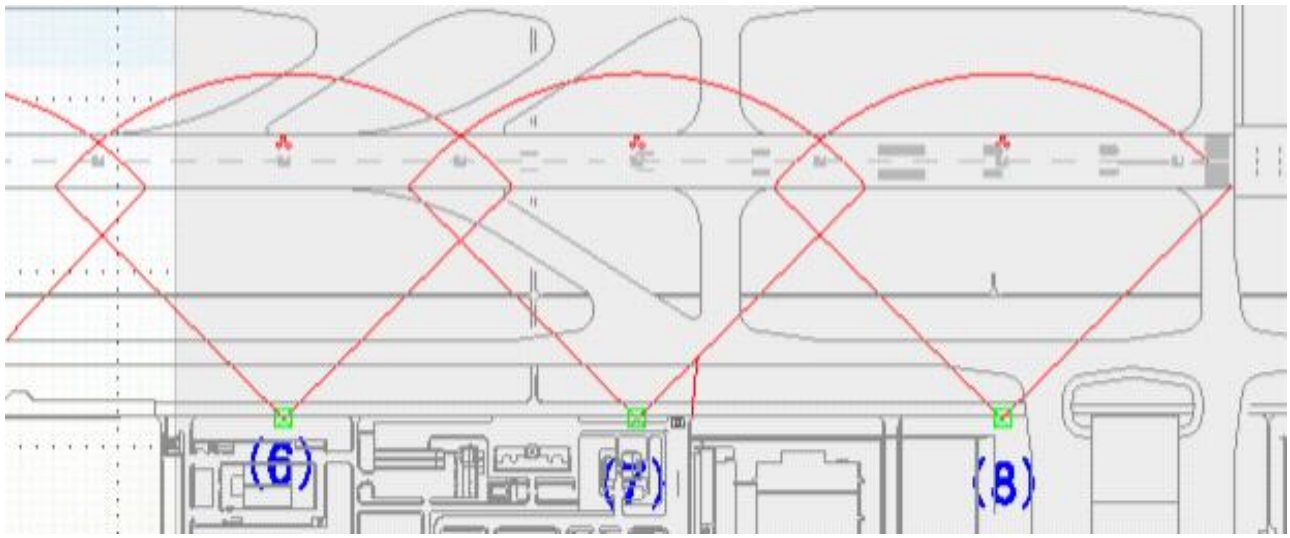
① 각포인트 당 이물질개수 : 3개 (RCS = -30dBsm)

② 각 포인트 당 시험 횟수 : 3회

③ 각 플랫폼 당 시험 포인트 : 1 포인트



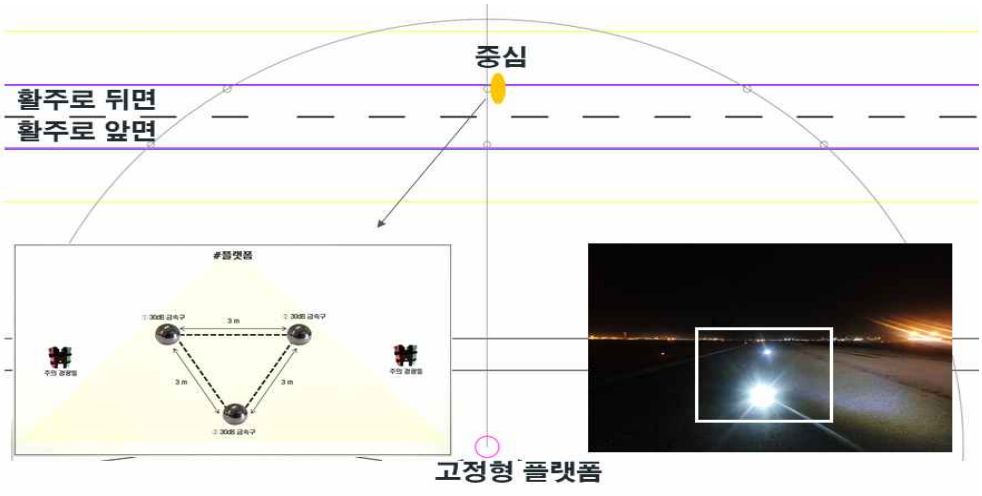
< 고정형 시스템 3m 최소 이격거리 시험을 위한 전체구성 >



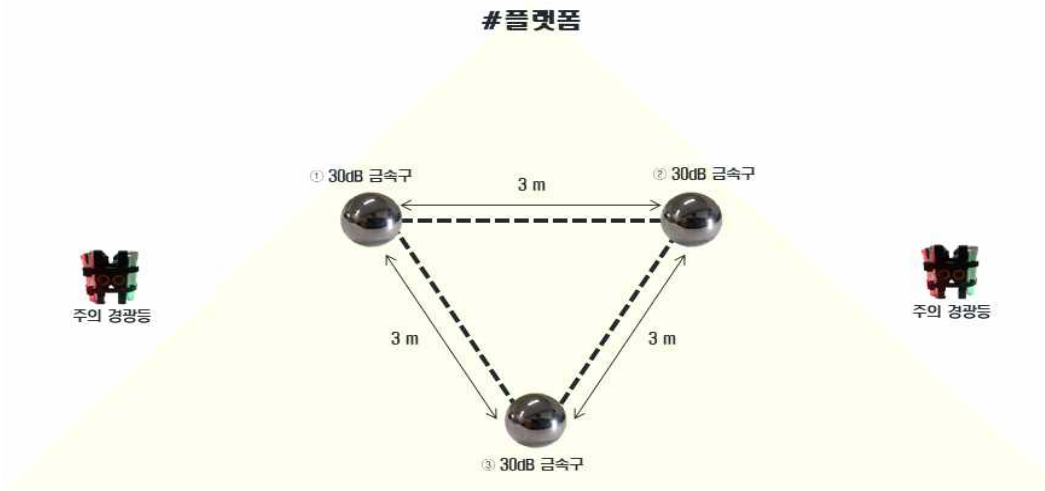
< 고정형 시스템 3m 최소 이격거리 시험을 위한 구성 (확대한 모습) >

나) 시험 세부내용

- 활주로 중심선 뒤 : 중심 → 3 포인트 (3회 반복 시험)



< 고정형 시스템 3m 최소 이격거리 시험을 위한 이물질 배치 위치 >



< 고정형 시스템 3m 최소 이격거리 시험을 위한 이물질 배치 세부내용 >

다) 시험결과

- **세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조**

구분	플랫폼 당 탐지횟수	8개 플랫폼 탐지 횟수	비고
탐지 횟수	3 X 3 X 1 = 9회	72회	
탐지 확률	100 %		
평균 위치정확도	0.31 m		

① 3m 최소 이격거리 시험에서 사용된 이물질은 개발된 이물질 자동탐지 시스템의 최소탐지 RCS 규격인 30dBsm에 해당하는 지름 3.5cm 구를 사용하였음

② 각 플랫폼의 중심부분에서 플랫폼 설치방향을 기준으로 구배의 뒷부분에 최소 이격거리인 3m 간격으로 삼각형으로 이물질을 배치하고 시험하였음

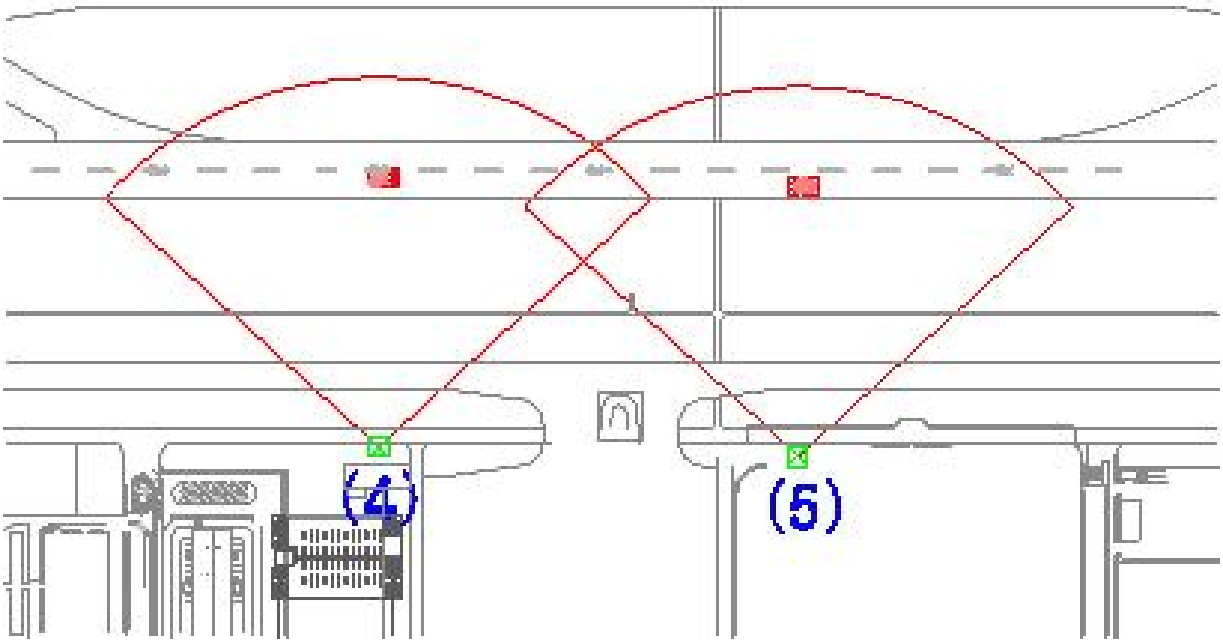
③ 3m 최소 이격거리 시험에서의 플랫폼 당 탐지횟수는 9회이며 8개 플랫폼에서의 총 탐지횟수는 72회로 탐지확률은 100%, 위치정확도는 평균 0.31m로 측정됨

라. 실제 이물질 탐지시험

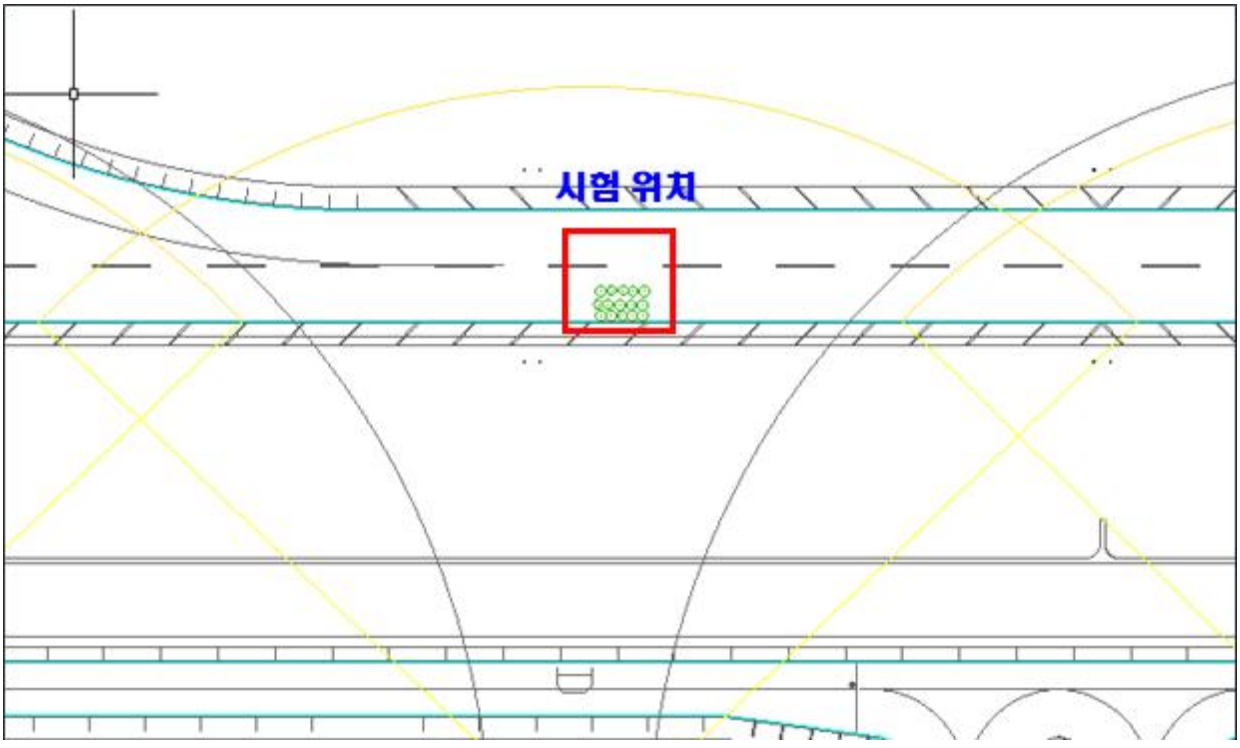
가) 시험환경

① 각 포인트 당 이물질개수 : 15개

② 각 포인트 당 시험 횟수 : 6회 (플랫폼 5번 : 2회, 플랫폼 4번 : 4회)



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 실제 FOD 탐지시험을 위한 전체구성 >



< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 실제 FOD 탐지시험을 위한 구성 (확대한 모습) >

나) 시험 세부내용

- 실제 이물질 탐지시험에 사용된 시료



< 실제 FOD 탐지시험에 사용된 이물질 시료 15개 (FAA 권고회람 기준) >

다) 시험결과

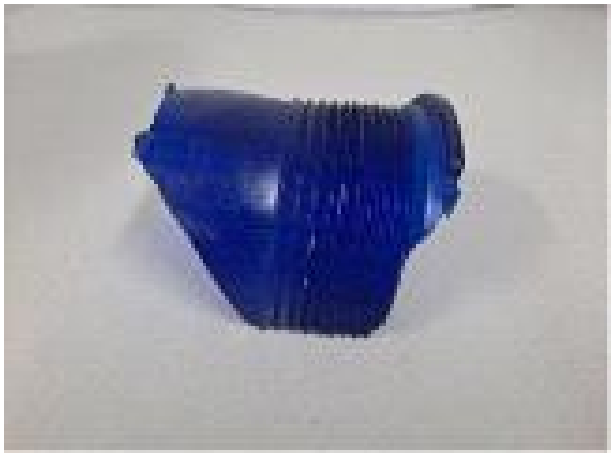
- **세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조**

구분	2개 플랫폼 총 탐지횟수	비고
탐지 횟수	15 X 6 = 90회	탐지 : 88회, 미탐지 : 2회
탐지 확률	97.78 %	
평균 위치정확도	0.38 m	

- 플랫폼별 시험결과

시험 차수	플랫폼번호	탐지대상 FOD	탐지된 FOD	미탐지 FOD	비고
1	4	15	13	2	등화시설 조각(b) 및 조절렌치(c) 미탐지
2	4	15	15	0	1차 시험에서 FOD가 놓인 방향만 바꾸어 시험
3	5	15	15	0	1차 시험과 FOD가 놓인 위치와 방향 상이
4	5	15	15	0	3차 시험과 FOD가 놓인 위치와 방향 동일
5	5	15	15	0	3차 시험에서 FOD가 놓인 방향만 바꾸어 시험
6	5	15	15	0	5차 시험과 FOD가 놓인 위치와 방향 동일
계		90	88	2	탐지율 88 / 90 = 97.8%

- 등화조각 방향에 따른 탐지와 미탐지



탐지되었을 때



탐지되지 않았을 때

① 실제 이물질 탐지시험에서 사용된 이물질은 실제 공항에서 발견되는 이물질과 FAA 권고회람에서 언급한 이물질 15개를 최대 길이가 10㎝를 넘지 않도록 하여 사용함

② 개별탐지시험과 중복 탐지영역 시험, 3m 최소 이격거리 시험을 통해 플랫폼간 성능차이는 없는 것으로 판단하고 4번과 5번 플랫폼의 중심부분에서 시험을 진행함

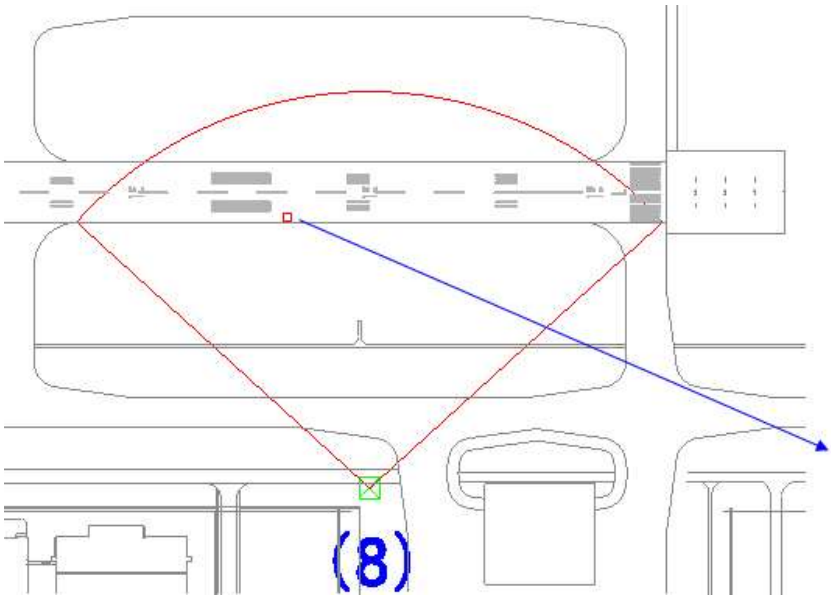
③ 실제 이물질 탐지시험에서의 플랫폼 당 시험횟수는 각각 2회, 4회 2개 플랫폼에서의 총 시험횟수는 6회이며 총 실제 이물질 탐지횟수는 90회로 탐지확률은 97.78%, 위치정확도는 평균 0.38m로 측정됨

④ 총 90회의 실제 이물질 탐지횟수에서 미 탐지된 2회는 등화조각과 렌치로 활주로에 놓여있는 방향과 형태가 레이다의 전파반사를 최소화 하는 경우 발생하였음

마. 탐지제외영역 기능확인 시험

1) 시험환경

- 플랫폼 8번에서 아래 그림과 같이 탐지제외 영역을 설정하여 기능 확인
- 각 포인트당 이물질 개수 : 3개 (RCS = -30dBsm)



8번플랫폼	위도	경도
	37.48329119	126.4448622
레이다 탐지 제외 영역 설정		
4 꼭지점	방위각	거리
	-18.11	283
	-17.64	290.3
	-15.92	287.67
	-16.35	280.32

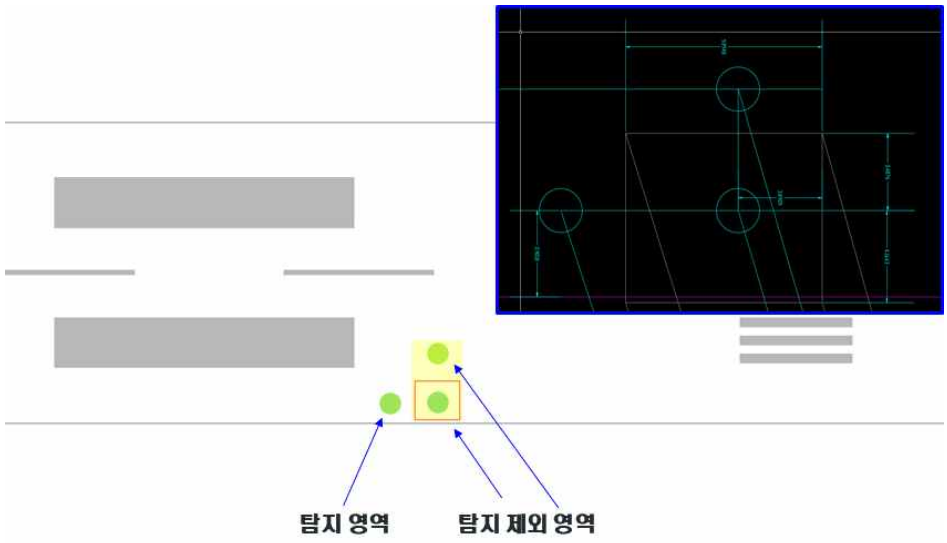
< 고정형 이물질 자동탐지 시스템 탐지제외영여 끼능확인 시험을 위한 구성 >

< 탐지제외영역 구현을 위한 사각형의 거리/방위각 정보 >

플랫폼 8번	위도	경도
	37.48329119	126.4448622
탐지제외영역	**방위각(도)**	**거리(m)**
꼭지점 1	-18.11	283.00
꼭지점 2	-17.64	290.30
꼭지점 3	-15.92	287.67
꼭지점 4	-16.35	280.32

2) 시험 세부내용

- 탐지제외영역에 1개의 FOD를 위치시키고 나머지 2개의 FOD는 탐지영역에 배치하여 탐지제외영역에서 FOD가 탐지되지 않는지 확인



< 탐지영역과 탐지제외영역간 이격거리 세부내용 (이격거리 3m) >



FOD 현장 사진


① 금속구

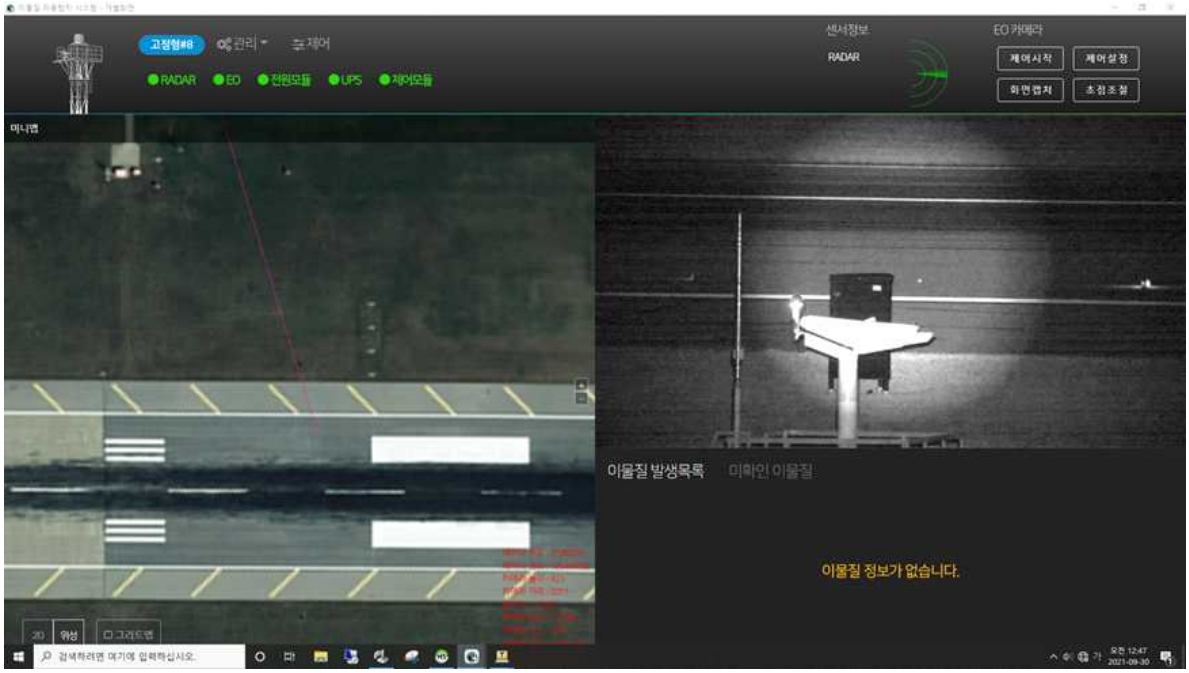

② 금속구


③ 금속구

GPS 측량 자료

< 탐지영역시험 시험장소 및 GPS측량 결과 >

3) 시험결과



< 탐지제외영역에서의 금속구(-30dBsm) 탐지결과 >

No.	분류	GPS 측량		FOD 탐지		위치 정확도 [m]	비고
		위도	경도	위도	경도		
1	30dB 금속구	37.4812674184	126.4428790295	-	-	-	탐지 제외영역
2		37.48120215	126.4429294	37.4811987	126.4429333	0.52	
3		37.4577881725	126.4632038218	37.4812146	126.4428394	0.19	



< 탐지제외영역 기능확인시험 측정결과 >

- 8번 플랫폼의 세 지점에 30dBsm 전파반사면적을 갖는 금속구를 놓고 하나의 지점만 UI를 이용하여 탐지제외영역 설정 후 시험을 진행한 결과 탐지제외영역이 설정된 위치의 이물질 만 미탐지되어 탐지제외영역 설정기능이 잘 동작함을 확인할 수 있었음

3) 이동형 이물질 자동탐지 시스템 성능시험

○ 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험도 고정형 이물질 자동탐지 시스템과 동일한 사유로 KTL 성능시험과 병행하여 진행함

○ 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험을 위해서는 60km/h의 속도로 차량이 주행하면서 이물질을 탐지하기 위한 수백미터의 활주로 공간을 확보해야 하는 어려움이 있으며 이런 이유로 활주로 점검시간에 활주로 관리를 위해 진입하는 작업자 및 작업차량이 상대적으로 적은 4활주로(16R/34L)에서 시험을 진행하였음

○ 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 모든 성능시험은 이동속도 60km/h에서 진행되었고 이동속도의 확인은 차량계기판에 표시되는 이동속도가 아닌 차량에 설치된 네비게이션에 표시된 이동속도를 기준으로 하였음

○ 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험에 사용된 이물질은 고정형 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험에 사용된 것과 동일한 이물질들을 사용함

○ 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 성능시험은 위치정확도 및 탐지확률 시험, 3m 최소 이격거리 시험, 실제 이물질 탐지시험으로 구분됨

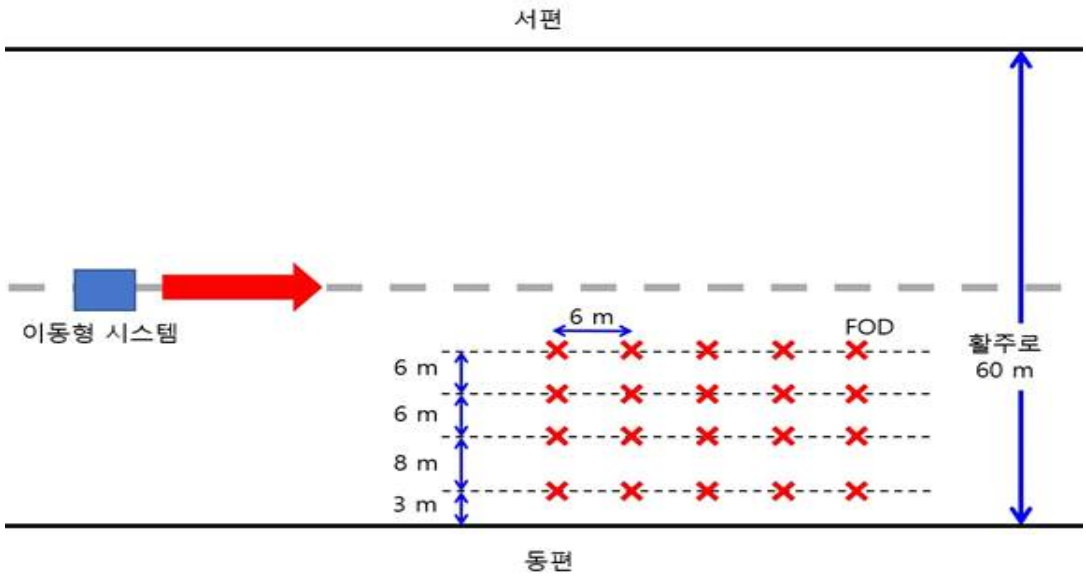
가. 위치정확도 및 탐지확률 시험

가) 시험 세부내용

① 각 포인트 당 이물질개수 : 20개

② 시험 횟수 : 4회 (활주로 남측->북측 2회, 활주로 븍측->남측 2회)

③ 시험 포인트 : 2 포인트 (활주로 동편, 활주로 서편)



< 이동형 시스템 위치정확도 및 탐지확률 시험을 위한 구성 >

나) 시험결과

- **세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조**

시험 차수	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
1	20	20	0	100	평균 0.19m (최소 0.03m, 최대 0.37m)
2	20	20	0	100	평균 0.15m (최소 0.04m, 최대 0.37m)
3	20	20	0	100	평균 0.17m (최소 0.03m, 최대 0.35m)
4	20	20	0	100	평균 0.25m (최소 0.05m, 최대 0.69m)
5	20	20	0	100	평균 0.23m (최소 0.04m, 최대 0.44m)
6	20	20	0	100	평균 0.21m (최소 0.08m, 최대 0.48m)
7	20	20	0	100	평균 0.21m (최소 0.06m, 최대 0.44m)
8	20	20	0	100	평균 0.27m (최소 0.08m, 최대 0.49m)
계	160	160	0	100	평균 0.21m (최소 0.03m, 최대 0.69m)

① 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 위치정확도 및 탐지확률 시험에서 사용된 이물질들은 FAA 권고회람을 만들 때 CEAT 성능시험에 참여한 해외 기업들의 제품 성능시험에 사용된 것과 동일한 이물질(원통 5개, 검은색 구 5개, 흰색 구 5개, 회색 구 5개)로 1회 시험시 총 20개의 이물질과 안전사고 예방을 위해 양 끝 부분에 각 2개씩의 경광등을 배치하여 사용함

② 시험횟수는 활주로 남측에서 북측으로 주행 2회, 활주로 북측에서 남측으로 주행 2회 총 4회를 실시하였고 시험위치는 활주로 동편과 활주로 서편 2개 지점에서 반복하여 시험함

③ 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 위치정확도 및 탐지확률 시험은 2개 시험위치에서 각 4회, 총 8회 실시하였고 1회당 20개의 이물질을 사용하여 총 탐지횟수는 160회로 탐지확률은 100%, 위치정확도는 평균 0.21m로 측정됨

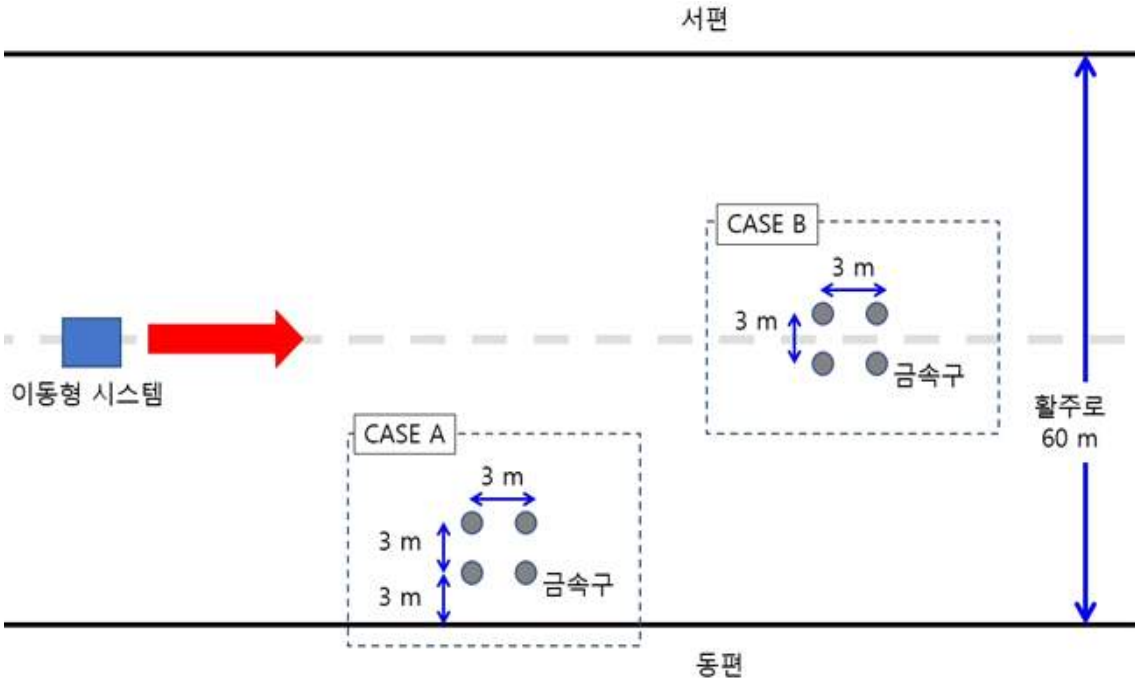
나. 3m 최소 이격거리 시험

가) 시험 세부내용

① 각 포인트 당 이물질개수 : 4개 (RCS = -30dBsm 금속구)

② 시험 횟수 : 2회 (활주로 남측->북측, 활주로 북측->남측)

③ 시험 포인트 : 2 포인트 (활주로 동편, 활주로 중앙)



< 이동형 시스템 3m 최소 이격거리 시험을 위한 구성 >

2) 시험결과

- **세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조**

시험 CASE	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
A	8	8	0	100	평균 0.40m (최소 0.06m, 최대 0.64m)
B	8	8	0	100	평균 0.26m (최소 0.09m, 최대 0.52m)
계	16	16	0	100	평균 0.33m (최소 0.06m, 최대 0.64m)

① 3m 최소 이격거리 시험에서 사용된 이물질은 개발된 이물질 자동탐지 시스템의 최소탐지 RCS 규격인 -30dBsm에 해당하는 지름 3.5cm 금속구를 사용하였음

② 시험위치는 활주로 중앙과 활주로 동편 2포인트로 시험횟수는 활주로 남측에서 북측, 북측에서 남측 각 1회씩 실시하였고 금속구는 최소 이격거리인 3m를 이격하여 사각형으로 배치하였음

③ 3m 최소 이격거리 시험에서의 시험위치 당 탐지횟수는 8회이며 2개 시험위치에서의 총 탐지 횟수는 16회로 탐지확률은 100%, 위치정확도는 평균 0.33m로 측정됨

다. 실제 이물질 탐지시험

1) 시험 세부내용

① 사용된 이물질개수 : 15개

② 시험 횟수 : 2회 (활주로 남측->북측, 활주로 북측->남측)

- 실제 이물질 탐지시험에 사용된 시료



< 실제 이물질 탐지시험에 사용된 이물질 시료 15개 (FAA 권고회람 기준) >

2) 시험결과

- **세부 시험결과는 [별책 7-1], [별책 7-2], 참조**

시험 차수	탐지대상 FOD	탐지된 FOD	미탐지 FOD	비고
1	15	15	0	-
2	15	15	0	1차 시험에서 FOD가 놓인 방향만 바꾸어 시험
계	30	30	0	탐지율 30 / 30 = 100%

① 실제 이물질 탐지시험에서 사용된 이물질은 실제 공항에서 발견되는 이물질과 FAA 권고회람에서 언급한 이물질 15개를 최대 길이가 10cm를 넘지 않도록 하여 사용함

② 이물질 15개를 활주로 동편으로 고정형 이물질 자동탐지 시스템의 실제 이물질 탐지시험 때와 같이 배치하고 활주로 남측에서 북측, 북측에서 남측으로 각 1회씩 실시하였고 1회 시험 후 이물질이 놓인 방향을 바꾸고 2회 시험을 진행함

③ 실제 이물질 탐지시험에서의 총 이물질 탐지횟수는 30회로 탐지확률은 100%, 위치정확도는 평균 0.21m로 측정됨

4) 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 7-1]** 현장운용시험 결과보고서

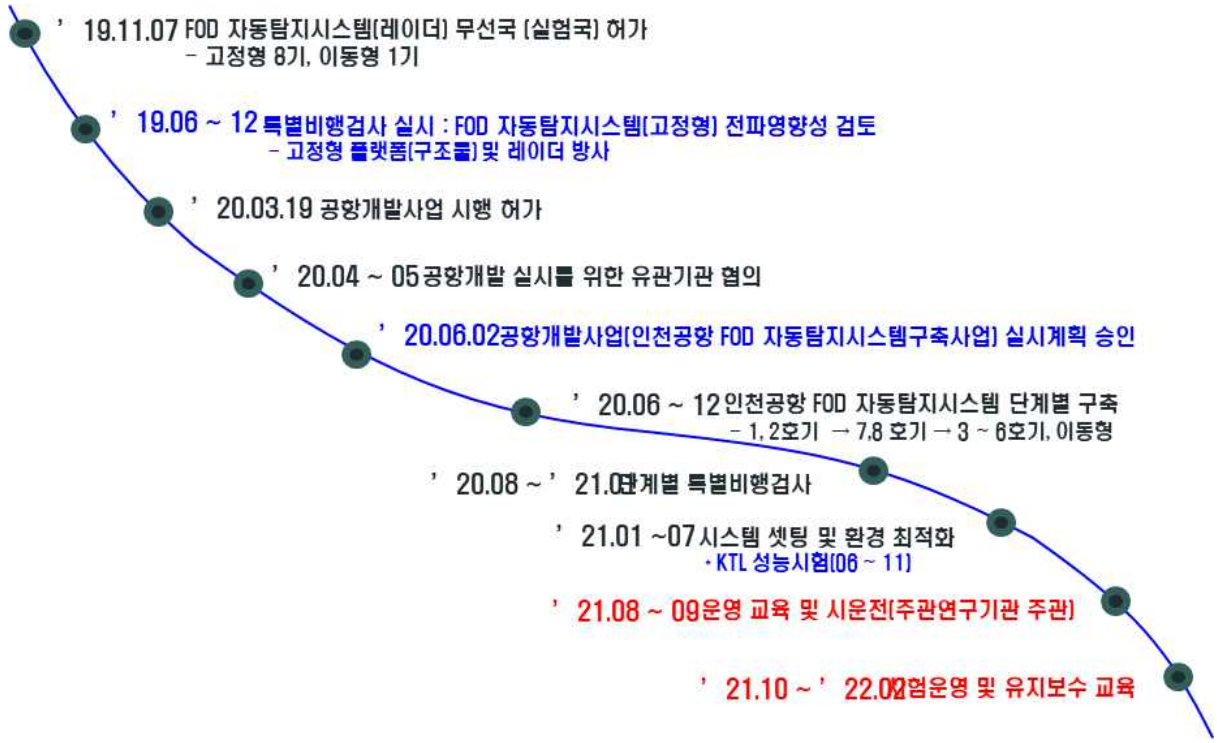
② **[별책 7-2]** 공인전문시험기관 성능시험 결과보고서

③ **[별책 7-3]** 운용 및 유지보수 메뉴얼

④ **[별책 7-4]** 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 및 수요처 시범운용 결과보고서

2. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 수요처 시범운용

가. 인천국제공항 이물질 자동탐지 시스템 구축 및 운영 현황/계획



나. 시운전 및 시범운용 개요

1) 이물질 자동탐지 시스템의 안정적인 운영을 위하여 시험 운영 계획을 수립하고 체계적으로 추진함으로써 성공적인 목표를 달성코자 함

2) 유관기관과의 정보공유를 통해 비상상황 시 신속한 대응을 하고자 함

3) 주관연구기관의 시운전 및 운영부서의 시범운용을 위한 조직체계 구성



< 이물질 자동탐지시스템 시범운용 조직체계 >

3) 플랫폼 구축 현황

① 고정형 플랫폼 설치 및 무선국(실험국) 준공검사 : 고정형 플랫폼 8기 설치 완료 (2020.12.02.), 무선국 준공 검사(2021.03.03.)

② 특별비행검사 완료(총 5회) : GP/LLZ 영향 없음 '합격'

③ 플랫폼 구축 현황 : 원점 및 탐지 영역 설정(~2021.03.30.), 고정형 이물질 자동탐지 시스템 (플랫폼)별 1차(2021.4.27.), 2차(2021.5.15.) 위치 정확도 시험, 한국산업기술시험원(KTL) 성능시험(2021.6.15. ~ 11.30.), FIMS 및 ASDE 연동(2021.3.16.), 항공기 이/착륙 시

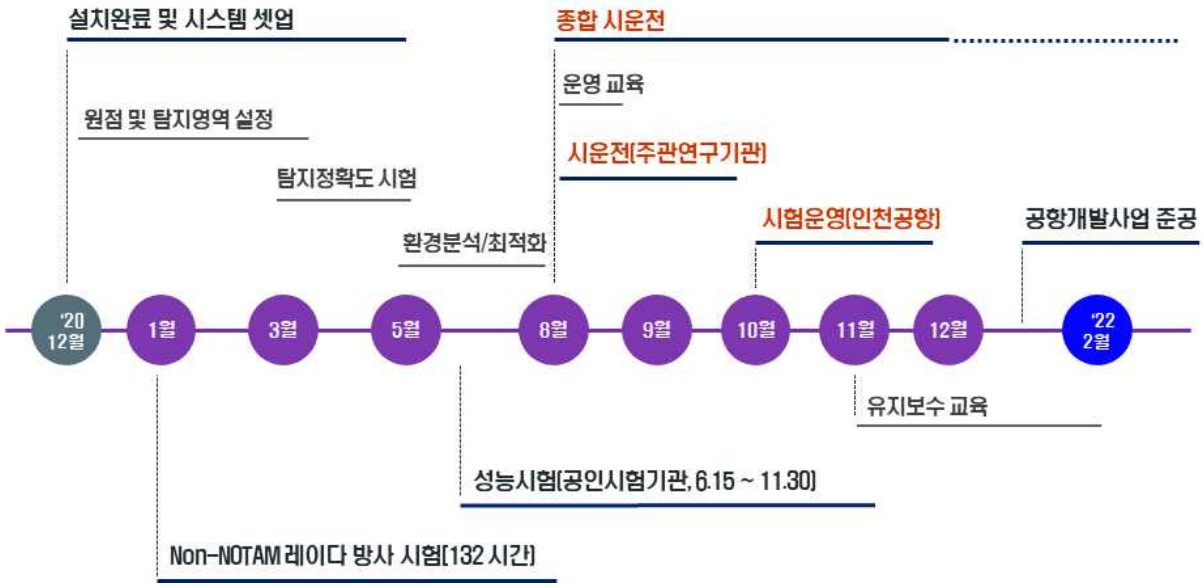
레이다 전파방사(스캔) 'off' 기능 구현(2021.05.07.)

④ 레이다 전파 방사시험(2020.11.15. ~ 2021.06.24)결과 특이 사항 없음(총 132시간)

⑤ 설치 위치 및 탐지 범위 : 고정형 플랫폼 설치 위치(15L/33R 활주로 동측 GSE도로(제2서비스 도로) 옆 8개소), 고정형 FOD 자동탐지시스템 탐지범위(제2활주로), 이동형 이물질 자동탐지시스템 탐지범위
(활주로 : 15R/33L, 15L/33R, 16L/34R, 16R/34L, 유도로 : A, B, C, D, M, N, P)

4) 시운전 및 시범운용 일정 수립

이물질 자동탐지 시스템의 안정적인 운영을 위한 시운전 및 시범운용은 운영교육을 시작으로 주관연구기관 시운전, 인천국제공항 운영부서 시범운용 순으로 진행



< 인천국제공항공사 이물질 자동탐지시스템 시운전 및 시범운용 일정 >

다. 이물질 자동탐지 시스템 운영자 교육 및 현장 시연회

- 주요 교육 내용 및 세부 일정은 표.52와 같음
- 교육일정 : 2021.08.02.(월) ~ 2021.08.06.(금)
- 교육대상 : 인천국제공항공사 운영부서 실무자 대상
- 교육장소 : 통합개발실(제1여객터미널 A/S 서편 1층 끝, 1F-210호) 및 활주로(실습)

< 이물질 자동탐지시스템 운영자(인천국제공항공사 운영부서) 교육 일정 >

구분	교육 내용	교육 시간	비고
고정형 이물질 자동탐지시스템 (2시간)	이물질 자동탐지시스템 소개	10:00~11:00	
	고정형 이물질 자동탐지시스템 소개 - 시스템 내부 구성 - 시스템 운영 설명		
	고정형 이물질 자동탐지시스템 - 이물질 탐지 및 확인	11:00~12:00	
점 심		12:00~13:00	
이동형 이물질 자동탐지시스템 (2시간)	이동형 이물질 자동탐지시스템 소개 - 시스템 내부 구성 - 시스템 운영 설명	13:00~14:00	
	이물질 탐지 및 확인(주행확인 시험)	14:00~15:00	16L/34R 활주로

라. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 시운전

1) 주관연구기관(㈜웨이브텍)에서 인천국제공항에 구축된 FOD 자동탐지시스템을 이용한 시운전을 수행하여 인천국제공항 운영 환경에 따른 탐지 성능 및 운영성 확인

2) 고정형 이물질 자동탐지 시스템의 경우 radar 방사 시간(2시간 → 5시간)을 점진적으로 늘려 가면서 운영하고, 이동형 이물질 자동탐지 시스템은 평일 15시 기동지역점검 시 운영

3) 인천국제공항공사의 운영부서(운항안전팀, 이동지역안전관리소)에서는 이동형 이물질 자동탐지 시스템을 활용한 기동지역점검(운전포함) 시행하며, 이 때 15L/33R 활주로 운영 시 고정형 이물질 자동탐지시스템 운영 정보를 활용

4) 운영부서는 주관연구기관의 시운전에 참여하고, 참여 경험을 바탕으로 시범운용 진행

1) 기간 : '21.08.09 ~ '21.10.01

< 인천국제공항 고정형 시스템 시운전 일정 >

시운전 일정	FOD 자동탐지 시스템 시운전(안)			
	기간	고정형 이물질 탐지시스템 시범운용 시간	주관연구기관	운영부서
08.09~08.13	2주	13:00~15:00 (2시간 방사)	2명 (평일, 주간) 고정형 1명 이동형 1명	- 평일 15시 FOD 차량으로 기동지역점검(운전포함)
08.16~08.20				
08.23~08.27	2주	11:00~12:00, 13:00~15:00 (3시간 방사)		
08.30~09.03				
09.06~09.10	2주	10:00~12:00, 13:00~15:00 (4시간 방사)		
09.13~09.17				
09.23~09.24	2주	09:00~12:00, 13:00~15:00 (5시간 방사)		
09.27~10.01				

마. 인천국제공항 1차 시범운용 계획

- 이물질 자동탐지시스템 운영부서에서 주관연구기관의 일부 지원을 받아 직접 시스템 운용을 통한 공항 운영 안전성을 확보하고, 시스템 성능 및 운영성 검증

< 인천국제공항 고정형 시스템 1차 시범운용 일정 >

시범운용 1차 일정	이물질 자동탐지 시스템 시험운영(안)			
	기간	고정형 이물질 탐지시스템 시범운용 시간	개발사 지원	운영부서 주관
10.12~10.15	2주	13:00~15:00 (2시간 방사)	2명 (평일, 주간) 고정형 1명 이동형 1명	고정형 1명 - 평일 15시 FOD 차량으로 기동지역점검(운전포함)
10.18.~10.22				
10.25~10.29	2주	11:00~12:00, 13:00~15:00 (3시간 방사)		
11.01~11.05				
11.08~11.12	2주	10:00~12:00, 13:00~15:00 (4시간 방사)		
11.15~11.19				
11.22~11.26	1주	09:00~12:00, 13:00~15:00 (5시간 방사)		

바. 인천국제공항 2차 시범운용 계획

1) 인천국제공항공사의 운영부서가 주관연구기관의 지원 없이 직접 주관하여 이물질 자동탐지 시스템을 활용한 항공기 기동지역점검 수행

2) 2차 시범운용은 향후 24시간 운영을 대비하여 점진적으로 시스템 운영시간을 늘려가면서 운용 예정

3) 공항개발사업 준공 확인 이후 24시간 운영을 목표로 진행

< 인천국제공항 인천공항 2차 시범운용 일정 >

시험운용 2차 일정		고정형 이물질 자동탐지시스템 운영시간	이동형 이물질자동탐지시스템 운영시간(기동지역 점검)	비 고
2021.12.20.~ 2022.01.07.		13:00 ~ 16:30 (3.5시간 방사)	15:00 ~ 16:30	주간 3.5시간 방사
2022.01.10.~ 2022.01.28.		19:30 ~ 24:00 (4.5시간 방사)	22:30 ~ 24:00	야간 4.5시간 방사
2022.03월 공항개발사업 준공확인	前	13:00 ~ 24:00 (11시간 방사)	15:00 ~ 16:30 22:30 ~ 24:00	주·야간 11시간 방사
	後	24시간 운영 대비 2주간 24시간 방사	04:00 ~ 05:30 09:30 ~ 11:00	24시간 방사 유지보수부서 요구사항
2022.04월~ 운영개시		13:00 ~ 24:00 (11시간 방사)	15:00 ~ 16:30 22:30 ~ 24:00	주·야간 11시간 방사

사. 이물질 자동탐지 시스템 개선 요구사항 도출

- 운용자 교육 및 현장 시연회를 통한 개선요구사항 도출 및 반영여부 협의 완료

순번	분 야	요 구 사 항	관리번호
1	이동형FOD 자동탐지	1. 이동형 FOD탐지시스템 차량은 구동력이 좋은 4륜차량으로 교체필요 (눈,비,태풍 에도 강하게 안전성을 확보해야 점검 가능) - 사업화 시 적용 가능: 국토교통부 R&D 과제 예산으로 집행완료 된 건으로 차량교체 안됨	이동탐지-01
		2. (1) 4명이 탑승할 수 있어야 하고, (2) 점검시 관제탑과 TRS교신,업무전화 가능 상황처리를 할수 있게 업무방해장치 제거/분리 등필요 (1) 사업화 시 적용 가능: 이동형 FOD 자동탐지 시스템은 3인으로 자동차 안전검사를 완료하여 변경 불가 (2) 업무방해장치 제거/분리 적용	이동탐지-02
		3. 이동형탐지장비는 운항1호 점검차량으로 운영할 수 있도록 점검활동에 필요한 차량시스템 구비 (순찰차량 경광등, 싸이렌, 네비게이션, 써치등, 경보장치, 회사로그 등) - 반영 : 개조사항 반영, 운영부서 협의 후 최종 설계 및 개조 반영	이동탐지-03
		4. 점검차량 탑재 안전장비공간 확보(흡착포 30매, 경광봉 등), 수거 공간 등 - 반영 : 개조사항 반영, 운영부서 협의 후 최종 설계 및 개조	이동탐지-04
		5. 탐지 시스템의 경량화 및 주행 안전도 상향 - 운전 시 방향 전환의 어려움이 있었음. - 반영 : 개조사항 반영, 운영부서 협의 후 최종 설계 및 개조	이동탐지-05
		6. 이동식 장비 레이더 탐색 거리 확대 - 탐지 장비를 상시 주시할 수 없음. - 반영 : 탐지거리는 100m에서 120m 최대거리로 확대	이동탐지-06
		7. 고속 탈출 유도로 및 직각 유도로 인지 기능 상향 - 점검 시 해당 유도로 진입 전 인지하여 탐색 기능을 높일 것. - 해당 유도로는 눈으로 직접 봐야 하므로, 점검 시 정면 주시가 어려움 - 일부 반영: 고속 탈출 유도로 및 직각 유도로는 활주로와 유도로에서 회전하여 진입하므로 적용하기 어려움 회전 시 레이다에서 잔디와 공항 시설물을 탐지하므로 많은 데이터를 처리하는데 다소 시간(약 1분)이 필요 직각 유도로 진입 시 1분 대기 필요	이동탐지-07

		고속 탈출 유도로와 직각 유도로에대한 탐지를 위해서는 일정 이상의 직선 구간이 확보되어야함 활주로와 유도로가 서로 이어지는 구간으로 단차가 존재함, 단차로 인한 등화 시설 및 기타 탐지 됨	
		8. 고속 주행 중 탐색 인지 기능 상향 - 항공기 활주로 진입시 활주로 Clear를 위하여 탐지차량이 고속으로 주행 할 경우 탐색기능 유지 필요 - 기술적 검토 필요 : 현장에서 속도별 탐지 정도를 테스트 한 후 최대 탐지 속도 제시 예정	이동탐지-08
		9. 후방시야 확보 필요(후방카메라 각도 변경) - 반영 : 후방 카메라 각도 수동변경 가능함, 운영부서 협의 후 각도 변경	이동탐지-09
		10. 점검 시 뒷좌석 시야확보 위해 모니터 위치 하향 필요 - 반영 : 개조사항 반영, 운영부서 협의 후 최종 설계 및 개조	이동탐지-10
		11. A-SMGCS와 연동하여 기동지역 위치 표출 요청 - 반영 : 기동지역 위치는 콘솔 지도에 표출 가능	이동탐지-11
		12. 팝업창 위치 및 FOD 탐지 알람음 볼륨 조정 - 반영 : 팝업창 위치 변경 완료, FOD 탐지 알람음 불륨 조정 가능	이동탐지-12
		13. 차량 내 시스템 랙 소음 발생 및 열 발생, 방음벽 설치 요청 - 반영 : 개조사항 반영, 운영부서 협의 후 최종 설계 및 개조	이동탐지-13
		14. 이동형차량 FOD 발견 시 해당 구간 일정시간 동영상 촬영 - 반영 불가: 국정원 보안성 검토 결과 공항 내 시설물 녹화 금지 (고정형 탐지 시스템은 탐지 시, 1초 스틸영상 저장)	이동탐지-14
		15. 시운전/시험운영시 점검차로 활용하려면 자탐시스템 모니터 뒷자석으로 이동 시 협조가능 - 반영 : 개조사항 반영, 운영부서 협의 후 최종 설계 및 개조	이동탐지-15
2	FOD 탐지시스템	1. 광학 카메라 성능 개선 필요 (레이다 탐지된 물체의 식별 곤란, 악기상시 대책 필요) - 반영 불가: 국토교통부 R&D 과제 예산 범위 내에서 개선 어려움, 성능개선 가능 가격 검토 예정	탐지시스템-01
		2. 레이더 스캔하여 FOD탐지된 후 동일위치를 다음 스캔시 FOD가 탐지가 안될 경우 자동탐지 이력 삭제 기능 추가 필요 - 기술적 검토 필요	탐지시스템-02
		3. 탐지된 FOD 수거사항 입력차에 현장사진이 첨부될 수 있는 기능 추가 - 기술적 검토 필요	탐지시스템-03
		4. 탐지된 FOD에 대한 수거여부 판단할 수 있는 데이터분석 필요 - 기술적 검토 필요 : 탐지 및 수거에 대한 누적 데이터로 수거 프로세스 검토 필요	탐지시스템-04
		5. 악 기상시 레이더 전파량 조절로 탐지시스템 과민반응 최소화 필요 - 반영 : 날씨에 대한 민감도 조절 가능, KTL 성능 시험 예정 (우천시)	탐지시스템-05
		6. 활주로 구역 폭 조정 기능 운영자에게 부여(겨울철 제설작업 후 제설차량 운행 후 활주로상 남은 Snowball 에 대한 인식문제) - 반영 : 적용 가능, 적용 범위 구체화 방안 검토 중	탐지시스템-06
		7. 맵 위치 지정 시 위도, 경도 표출 외 기동지역 고유번호로 표출 요청 - 반영 : 적용 가능 (적용할 고유번호 필요)	탐지시스템-07
		8. 탐지 시스템과 MAMS의 FOD 기록과 연동 조치 필요 (동일한 이벤트 두번 입력 번거로움 해소) - EAI 내부망과 연결하여 MAMS와 연동 - 자탐 시스템과 MAMS의 input값이 상호 일치(호환)하도록 조정필요 - 기술적 검토 필요 : network 및 인터페이스 확인 필요	탐지시스템-08
		9. FOD 발견 시 해당 구간 일정시간 동영상 촬영 - 반영 불가: 국정원 보안성 검토 결과 공항 내 시설물 녹화 금지 (고정형 탐지 시스템은 탐지 시, 1초 스틸영상 저장)	탐지시스템-09
		10. 시스템 영점 조정 필요시 자동 진행 필요 - 반영 : 카메라 원점 초기화 자동 적용 가능	탐지시스템-1
		12. FOD발생시 이동하는 카메라 고정비율 기준으로 발생 FOD 규격 예측 필요 - 일부 반영 : 시운전, 시험운영을 통해 기능 추가 반영 가능 여부 확인 필요	탐지시스템-1
		13. 고정형시스템 모니터는 에어필드관리소, 야생동물통제대에도 설치하여	탐지시스템-12

		기동력 확보 - 반영 : 야생동물통제대 콘솔(모니터) 추가 설치, 에어필드관리소는 미설치	
3	기타사항	1. 유지보수 부서에서 FOD차량 점검/관리 등 유지보수 필요 - (지상레이더팀) 이동형 레이더 시스템은 지상레이더에서 유지보수 - (이동지역안전관리소) 오일 교체 등 일상 차량 관리	탐지기타-01
		2. 새로운 FOD탐지시스템 도입에 따른 새로운 업무프로세스 수립 필요 - 일부 반영 : 시운전, 시험운영을 통한 업무프로세스 수립에 필요한 사항 협의 필요	탐지기타-02
		3. 저시정 등 기상상황 대비 사전시험 필요 - 반영 : 날씨에 대한 민감도 조절 가능, KTL 성능 시험 예정 (우천시)	탐지기타-03
		4. 운영관련 간섭사항이 최소화되도록 사전 충분한 사전시험/세팅 필요 (기존 인력/차량 등 물적자원으로 추가적인 운영) - 요구사항 검토 대상 아님, 단 충분한 사전시험 지원	탐지기타-04
		5. 운항1호 점검차량으로 운영시 고장/점검 등 고려 2대 이상 확보 필요 - 사업화 후, 별도 구매 필요	탐지기타-05
		6. 하이브리드차량(경유)은 내년부터는 공기업에서 구입/리스 불가능하여 친환경차로 변경필요 - 예외사유 신청 후, 차량인수 예정 (차량관리지침 14조)	탐지기타-06
		7. 자동탐지 시스템 접속없이 데이터 다운이 가능하도록 SAP hana 클라우드 활용/연동 필요 - 또는 데이터만 받을수 있는 외부접속(부여 계정으로 로그인)가능하도록 - 추후 검토 및 협의 : 국정원 보안성 검토 겨로가 공항 내 시설물 녹화 금지 및 동영상 등 반출 금지, FOD 자동탐지 시스템은 운영망 (3단계 독자망)에 연결됨	탐지기타-07

아. 시운전 결과

1) 인천국제공항공사 이물질 자동탐지 시스템 운영부서 참여하에 2021년 8월 9일부터 10월 1일까지 총 33일간의 주관연구기관 시운전을 시행(운영부서 8명(4개조×2명) 참여)

< 이물질 자동탐지 시스템 시운전 내용 >

구 분	일 정	시운전 내용	참 여
시운전	2021. 08.09.~ 10.01. (33회)	고정형 및 이동형 탐지 시행 * 주관: 주관연구기관 웨이브텍 1명	운영부서(운항안전팀)

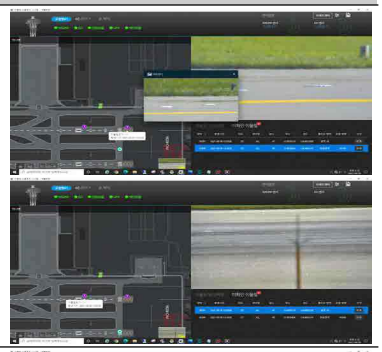
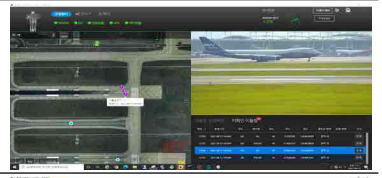
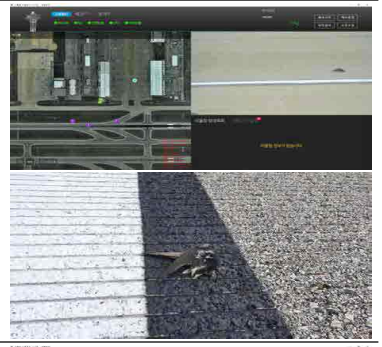
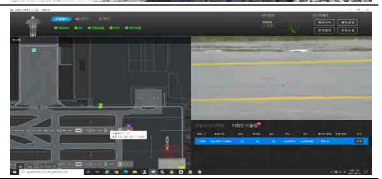
2) 시운전은 실제 운영중인 공항 조건에서 이물질 자동탐지 시스템이 공항운영에 대한 영향성을 확인하고, 시스템의 운영상태, 탐지 영역 및 radar 탐지감도 등에 대한 전반적인 기능 및 성능을 확인

3) 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 경우 고정형 탐지시스템의 FOD 탐지정보에 기반하여 평일 15시에 기동지역 점검을 실시

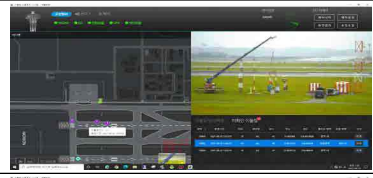
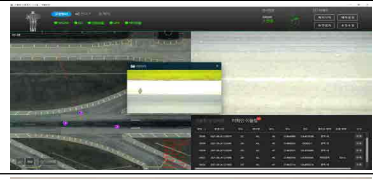
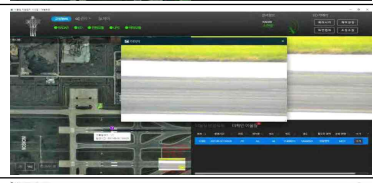
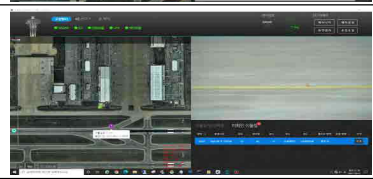
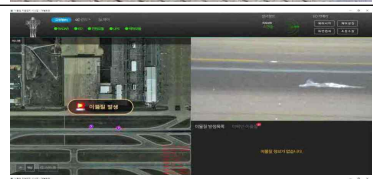
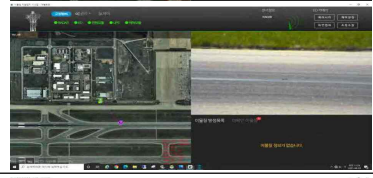
4) 운영결과 조류 9건, 항공등화 4건, 타이어파편 5건 등 총 75건 탐지

- 조류 9건 : 조류 사체(1건)의 경우 FOD 회수 조치를 취하였으나, 살아있는 조류의 경우 지속적인 이력 관찰이 필요함
- 항공등화 및 시설 5건 : 활주로 내 매립형으로 추후 '탐지제외영역' 설정 등으로 지속적인 FOD로 인식되지 않도록 조치 필요
- 항공기 4건 : 항공기의 경우 FIMs(Flight Information Management) 정보와의 연동을 통해 FOD로 인식되지 않도록 조치 필요
- 잡초 5건 : 활주로 청소작업 등을 통해 잡초를 주기적으로 제거할 수 있도록 알려주고, 녹지의 잡초의 경우 탐지제외 영역 설정 필요
- 활주로 줄눈재 및 고무 10건 : 포장 줄눈재의 경우 적절한 포장관리를 통한 조치 필요
- 비닐 및 종이 5건 : 시운전 상태에서는 주로 소형(바람에 날아가는 형태)으로 FOD로의 영향은 없을 것으로 판단
- 미확인 10건 : Radar에 의해 탐지는 되나, 확인이 안 되는 경우를 최소화 할 수 있는 방안 마련 필요

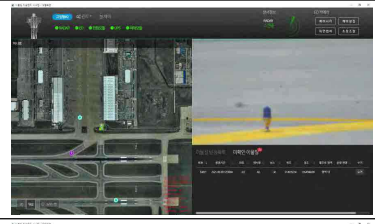
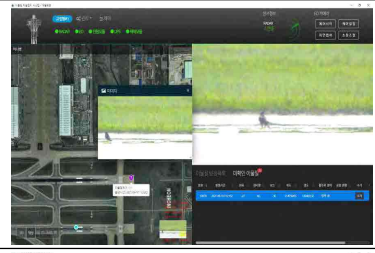
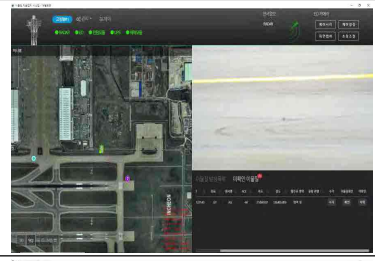
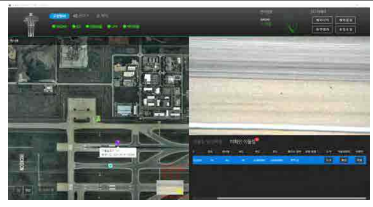
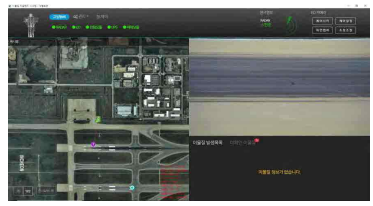
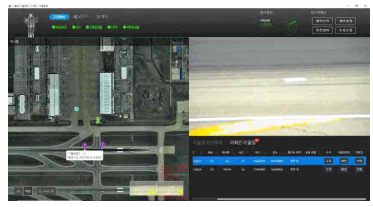
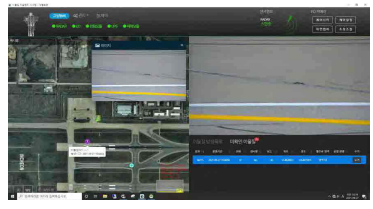
< 이물질 자동탐지 시스템 시운전 결과(1) >

점검일	날씨	고정형 탐지정보	이동형		탐지 화면
			탐지정보	점검자	
8/9	맑음	▪ 시설 2건 (# 1) * 등화, 피뢰침 탐지제외 처리 ▪ 곤충 1건 (# 7)	특이사항 없음		
8/10	맑음	▪ 항공기 탐지1건 (# 3) * 항공기 플랫폼 앞 이동대기 시 탐지 ▪ 곤충1건 (# 8)	특이사항 없음		
8/11	맑음	▪ 곤충 2건(# 7, 8) * 탐지 중 날아감	-		
8/12	맑음	▪ 항공기 탐지1건(# 1) * G 유도로 항공기 이륙대기 ▪ 곤충1건	-		
8/13	맑음	▪ 조류사체1건 (# 8) ▪ 곤충1건 (# 8) ▪ 조류2건 (# 6) ▪ 미확인 2건(# 6) * 항공기 이동 후 사라짐	조류사체 확인/제거		
8/17	맑음	▪ 곤충 2건 (# 1, 7)	곤충 확인	함** 주**	
8/18	맑음	▪ 곤충 1건 (# 4) ▪ 조류 2건 (# 8)	-		
8/19	맑음	▪ 비닐 1건 (# 3) * 바람에 의해 사라짐 ▪ 곤충 1건 (# 2)	특이사항 없음	김** 김**	
8/20	맑음	▪ 조류1건 (# 4) ▪ 포장 줄눈재 1건 (# 8) * 줄눈재 돌출 ▪ 미확인1건 (# 8)	특이사항 없음	B조	

< 이물질 자동탐지 시스템 시운전 결과(2) >

점검일	날씨	고정형 탐지정보	이동형		탐지 화면
			탐지정보	점검자	
8/23	비/1mm	▪ 잡초 1건 (# 8) ▪ 기타 1건(공사) (# 8)	특이사항 없음	유** 외1명	
8/24	흐림	▪ 조류 1건 (# 8) ▪ 곤충 1건 (# 8)	특이사항 없음	이** 이**	
8/26	흐림	▪ 포장 줄눈재 1건 (# 8) * 줄눈재 돌출 ▪ 기타 1건(유도등) (# 8) * 탐지제외 처리	포장 줄눈재 확인/일부제거		
8/27	흐림	▪ 미확인 1건 (# 8) * 바람에 날아감	특이사항 없음	A 조	
8/30	흐림	▪ 곤충 1건 (# 8)	특이사항 없음	D 조	
8/31	비/16mm	▪ 미확인 1건 (# 2)	국토부 시연회		
9/1	흐림	▪ 잡초 1건 (# 8)	특이사항 없음	B조	
9/2	맑음	▪ 포장 줄눈재 1건 (# 8) ▪ 비닐 1건(# 2) * 바람에 날아감	포장 줄눈재 확인/제거	C조	
9/3	맑음	▪ 비닐 1건 (# 3, 4) * 바람에 날아감 ▪ 곤충 2건 (# 6, 7)	-	-	 
9/6	흐리고 비	▪ 조류 1건 (# 3)	특이사항 없음	C조	

< 이물질 자동탐지 시스템 시운전 결과(3) >

<table>
<tr><th rowspan="2">점검일</th><th rowspan="2">날씨</th><th rowspan="2">고정형 탐지정보</th><th colspan="2">이동형</th><th rowspan="2">탐지 화면</th></tr>
<tr><th>탐지정보</th><th>점검자</th></tr>
<tr><td>9/7</td><td>흐리고 비</td><td>▪ 특이사항 없음</td><td>특이사항 없음</td><td>A조</td><td></td></tr>
<tr><td>9/9</td><td>맑음</td><td>▪ 잡초 1건 (# 2)
▪ 항공등화 1건 (# 2)
▪ 미확인 1건 (# 8)</td><td>-</td><td>자체 점검</td><td>  </td></tr>
<tr><td>9/10</td><td>맑음</td><td>▪ 조류 1건 (# 1)
▪ 곤충 1건 (# 4)
▪ 항공기 1건 (# 3)</td><td>-</td><td>자체 점검</td><td>  </td></tr>
<tr><td>9/13</td><td>맑음</td><td>▪ 곤충 3건 (# 1)
▪ 잡초 1건 (# 8)</td><td>특이사항 없음</td><td>B조</td><td>  </td></tr>
<tr><td>9/14</td><td>맑음</td><td>▪ 잡초 1건 (# 2)
▪ 곤충 2건 (# 7, 8)
▪ 고무조각 1건 (# 8)
* 바람에 날아감</td><td rowspan="12">1. KTL 성능 시험 준비
2. 자동제어 구현
3. Proxy 연동시험</td><td rowspan="12"></td><td rowspan="12"> 
9/14 고무조각 1건(# 8)
 
9/15. 고무조각 1건(# 8)
 
9/16. 종이(# 2)
 
9/27. 포장 줄눈재(# 8)</td></tr>
<tr><td>9/15</td><td>맑음</td><td>▪ 고무조각 1건 (# 8)</td></tr>
<tr><td>9/16</td><td>맑음</td><td>▪ 종이 2건 (# 2, 3)
* 바람에 날아감
▪ 곤충 1건 (# 8)
▪ 미확인 1건 (# 2)</td></tr>
<tr><td>9/17</td><td>맑음</td><td>▪ 곤충 4건 (# 1, 8)</td></tr>
<tr><td>9/23</td><td>맑음</td><td>▪ 특이사항 없음</td></tr>
<tr><td>9/24</td><td>맑음</td><td>▪ 특이사항 없음</td></tr>
<tr><td>9/27</td><td>맑음</td><td>▪ 곤충 1건 (# 1)
▪ 미확인 3건 (# 2, 7)
▪ 포장 줄눈재 1건 (# 8)</td></tr>
<tr><td>9/29</td><td>흐림</td><td>▪ 항공기 1건 (# 2)
▪ 미확인 3건 (# 7)</td></tr>
<tr><td>9/30</td><td>맑음</td><td>▪ 포장 줄눈재 1건 (# 8)</td></tr>
<tr><td>10/1</td><td>맑음</td><td>▪ 곤충 1건 (# 4)</td></tr>
</table>

자. 이물질 자동타지 시스템 시범운용 1차 결과 및 2차 진행 현황

1) 1차 시범운용 결과

① 총 31일(2021년 10월 12일 ~ 2021년 11월 25일, 평일)간의 1차 시범운영 기간에 총 103시간 동안 FOD 탐지(레이다 방사) 및 KTL 성능시험을 병행 실시하였으며, 이때 공항운영(항행안전시설)에 대한 영향은 없음을 확인

< 이물질 자동탐지시스템 1차 시범운용 내용 >

구 분	일 정	1차 시범운영 내용	주 관
1차 시범운영	2021.10.12.~ 11.25. (31회)	고정형 이물질 자동탐지 시행	운영부서(운항안전팀) * 성능시험 주관·참여: 지상레이더팀 * 참여: 주관연구기관 웨이브텍 1명

② FOD 탐지 후 긴급 출동 1건을 포함 총 48건의 FOD가 탐지되었으며, 이때 이동형 이물질 자동탐지 시스템은 KTL 성능시험 및 개선사항 반영을 위해 운영되지 않음

- 시설물 6건, 타이어파편 5건, 비닐 3건 등 총 48건 탐지

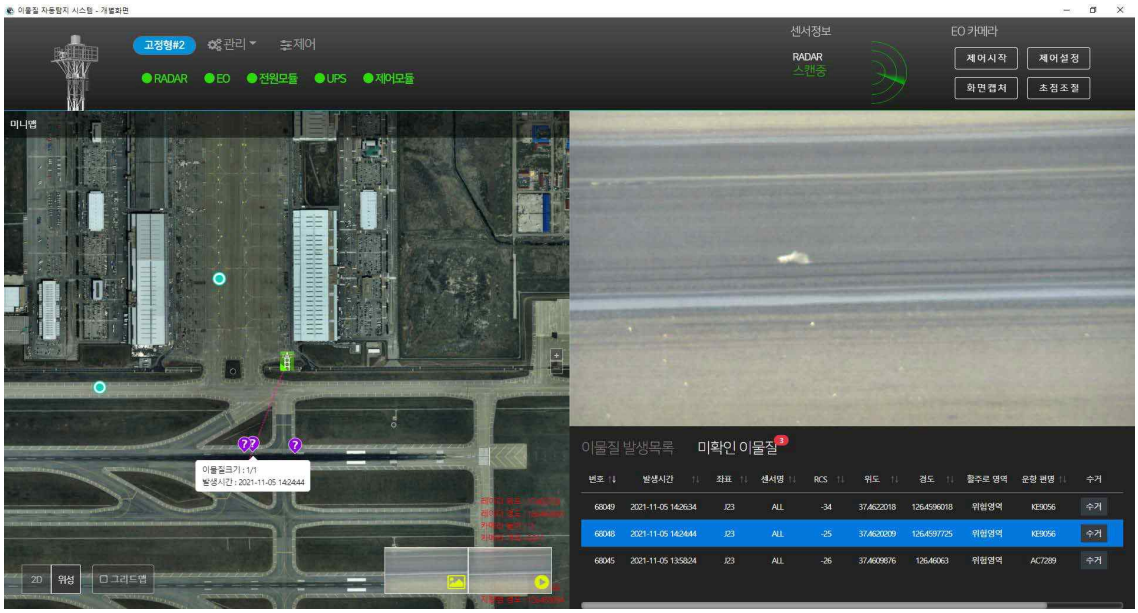
③ 평일(15시) 제2활주로 기동지역점검은 사전에 탐지를 실시한 고정형 FOD 정보에 기반하여 이루어짐.

④ 1차 시범운영 시 유지관리부서도 참여하여 고정형 FOD H/W 및 S/W 단위, 통합, 시스템통합 시험을 진행

⑤ 1차 시범운영결과 곤충 15건, 조류 2건, 조류 사체 2건, 항공기 7건, 시설물 6건, 잡초 2건, 포장 줄눈재 2건, 포장면 1건, 고무 5건, 비닐 3건, 미확인 10건으로 총 48건 탐지

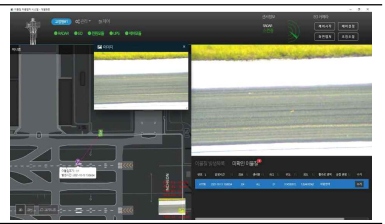
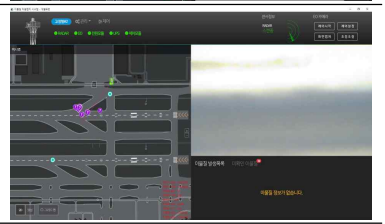
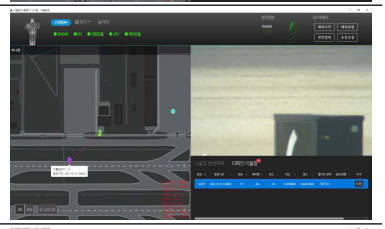
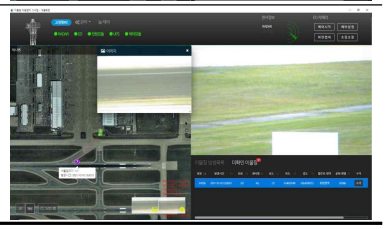
- 곤충 : 시스템의해 탐지되나, 이는 항공기 안전운항에는 영향이 없을 것으로 사료됨에 따라 지속운영을 통해 탐지되는 않게 민감도 조절을 통해 운영 필요
- 조류 및 조류사체 : 조류 사체(2건)의 경우 FOD 회수 조치를 취하였으나, 살아있는 조류의 경우 지속적인 이력관찰이 필요함
- 항공등화 및 시설 : 활주로 내 매립 등화는 시스템 업그레이드를 통해 탐지되지 않도록 하였으나, 기타 시설물은 추후 탐지제외로 설정하여 지속적인 FOD로 인식되지 않도록 조치 필요
- 항공기 : 항공기의 경우 FIMs정보 연동을 통해 FOD로 인식되지 않도록 조치 필요
- 잡초 : 활주로 청소작업 등을 통해 잡초를 주기적으로 제거할 수 있도록 알림을 주고, 녹지의 잡초의 경우 탐지제외 영역 설정 필요
- 활주로 줄눈재 및 고무 : 포장 줄눈재의 경우 적절한 포장관리를 통한 조치 필요
- 비닐 : 1차 시범운영기간 동안 발견된 비닐은 항공기 운항에 영향을 줄수 있는다는 점검자의 판단에 따라 긴급출동 하여 처리 진행
- 미확인 건 : Radar에 의해 탐지는 되나, 확인이 안 되는 경우를 최소화 할 수 있는 방안 마련 필요

⑥ 2021년 11월 5일 발생한 그림.75의 15L/33R 활주로 내 비닐(FOD)은 항공기 안전 운항에 영향을 줄 수 있기 때문에 인천국제공항 관제탑에 알림 후 긴급 출동하여 처리한 후 활주로를 재개방함.

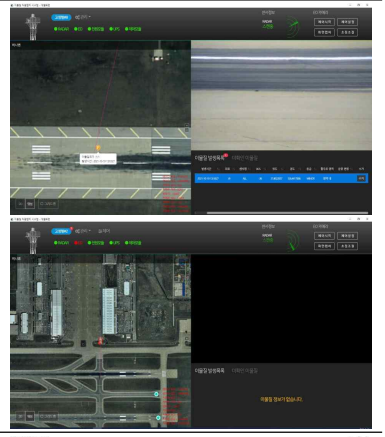
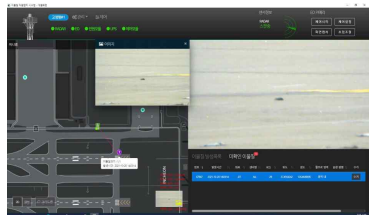
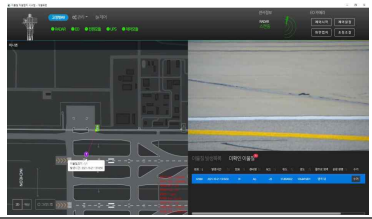
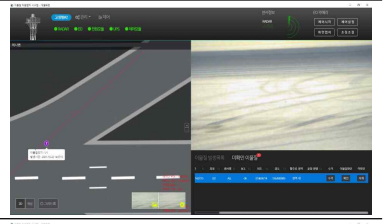
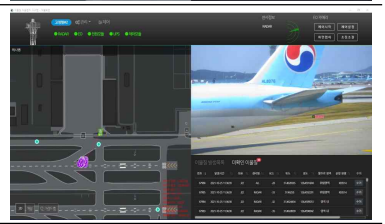
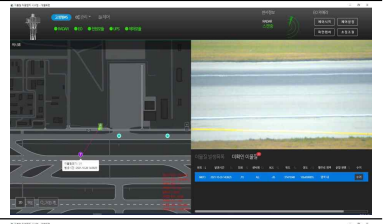
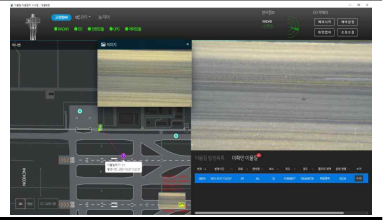


< 2021년 11월 5일 탐지 FOD(비닐) >

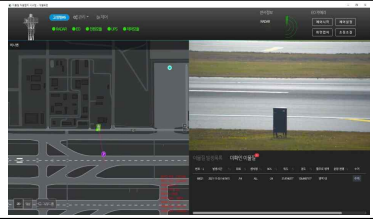
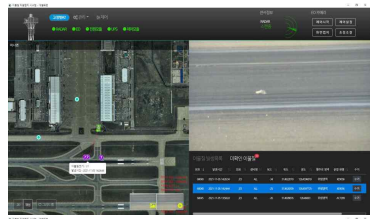
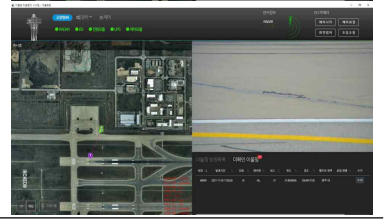
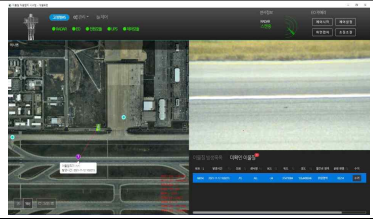
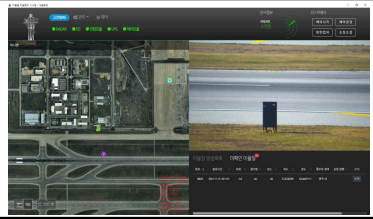
< 이물질 자동탐지 시스템 1차 시범운용 결과(1) >

날짜	날씨	고정형 FOD 탐지 정보	점검자	H/W · S/W 점검	탐지 화면
10/12	맑음	특이사항 없음	유**, 신**, 이**		
10/13	맑음	▪ 곤충 2건 (# 1)	신**,조**		
10/14	맑음	▪ 항공기 1건 (# 2) ▪ 곤충 1건 (# 7)	김**, 신**		
10/15	맑음	▪ 시설물 1건 (# 4)	함**, 박**		
10/18	맑음	▪ 시설물 1건 (# 2) ▪ 미확인 1건 (# 2)	이**, 진**		

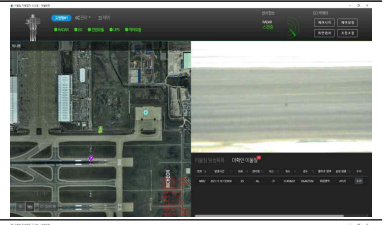
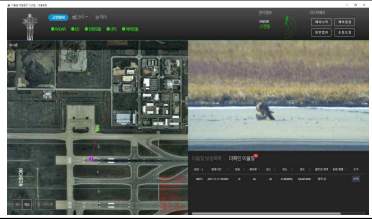
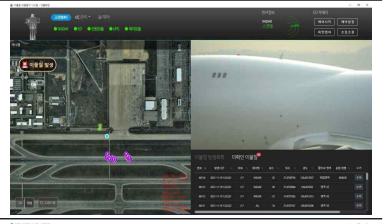
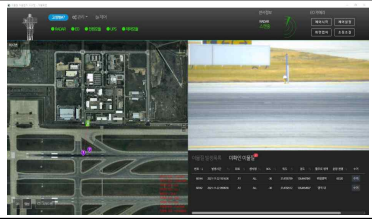
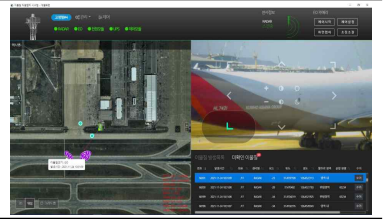
< 이물질 자동탐지시스템 1차 시범운용 결과(2) >

날짜	날씨	고정형 FOD 탐지 정보	점검자	H/W · S/W 점검	탐지 화면
10/19	맑음	▪ 곤충 2건 (# 1, 8)	이**, 김**	(H/W) #2 EO 이상	
10/20	맑음	▪ 조류사체 1건 ▪ 곤충 2건 ▪ 조류 1건	박**, 안**	(H/W) #2 점검 이상 無	
10/21	맑음	▪ 줄눈재 1건 (# 8) ▪ 곤충 1건 (# 2)	신**, 김**		
10/22	맑음	▪ 항공기 1건 (# 2) ▪ 잡초 1건	이**	(H/W) #8 점검 이상 無	
10/25	맑음	▪ 포장면 1건(# 7) ▪ 곤충 2건 (# 5) ▪ 고무조각 1건 (# 7) ▪ 항공기 2건 (# 2)	신**		
10/26	맑음	▪ 항공기 1건 (# 5)	이**		
10/27	맑음	▪ 고무조각 1건 ▪ 곤충 2건	민**	(H/W) #7 레이다 통신 이상 無	

< 이물질 자동탐지 시스템 1차 시범운용 결과(3) >

날짜	날씨	고정형 FOD 탐지 정보	점검자	H/W · S/W 점검	탐지 화면
11/1	맑음	특이사항 없음	신**		
11/2	맑음	특이사항 없음	신**		
11/3	맑음	▪ 시설물 1건 (# 6)	김**		
11/4	맑음	▪ 시설물 1건 (# 8)	최**	(S/W) #2 EO S/W 업데이트 점검	
11/5	맑음	▪ 줄눈재 1건 (# 8) ▪ 곤충 2건 (# 1, 2) ▪ 비닐 3건 (# 2) * 비상출동	신**		 
11/8	맑음	특이사항 없음	김**		
11/9	맑음	특이사항 없음	진**		
11/10	맑음	특이사항 없음	신**		
11/11	맑음	특이사항 없음	김**, 김**		
11/12	맑음	▪ 고무 3건 (# 2, 5)	김**		
11/15	맑음	▪ 시설물 1건 (# 6)	오**		

< 이물질 자동탐지 시스템 1차 시범운용 결과(4) >

날짜	날씨	고정형 FOD 탐지 정보	점검자	H/W · S/W 점검	탐지 화면
11/16	맑음	▪ 미확인 물체 (# 1)	이**		
11/17	흐림	▪ 곤충 (# 7) ▪ 조류/조류사체 2건 (# 8)	김**		
11/18	맑음	특이사항 없음	고**		
11/19	비	▪ 잔디 1건 (# 7) ▪ 항공기 1건 (# 5)	민**		
11/22	맑음	▪ 미확인(고무 or 돌) 1건 (# 7) ▪ 시설물 1건 (# 7)	김**		
11/23	맑음	특이사항 없음	김**		
11/24	맑음	▪ 항공기 1건(# 4)	이**		
11/25	맑음	특이사항 없음	주**		

1) 2차 시범운용 진행

① 인천국제공항공사 운영부서주관의 2차 시범운용을 2021년 12월 20일부터 공항개발사업(인천국제공항 FOD 자동탐지시스템 구축사업)의 준공확인 전까지 진행

② 연구과제 종료기간 이후에도 지속적인 시범운용의 시행은 국내최초 개발기술인 FOD 자동탐지 기술의 운용실적의 확보와 향후 개발기술의 해외판로개척에 필요한 reference로 활용되기 위함

③ 2차 시범운영 역시 1차 시범운용과 동일하게 운용 절차서에 따라 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템의 탐지정보를 이용하여 기동지역점검하고, 그 결과를 일단위로 보고

④ 또한, 연구과제의 성공적인 완료 이후 인천공항 내에서 지속적 운영을 위한 인천국제공항 유지관리부서 주관의 현장인수검사(SAT)를 위한 자체성능시험 계획(안)을 아래 표와 같이 수립하여 진행 중

< 이물질 자동탐지시스템 자체성능평가시험 계획 >

시험명	시험내용	주관 및 참여
자체성능시험	▪ 단위, 통합, 시스템통합 시험 ▪ 자체 성능시험(탐지 대상 물체 측량·탐지 시험)	인천공항 운영(1명) 주관연구기관(2명) KTL(1명)
KTL 추가 성능시험 참여	▪ RWY 15L/33R 우천 시 고정형 FOD 자동탐지시스템 성능시험 ▪ RWY 16L/34R, 16R/34L, P-taxiway 이동형 FOD 자동탐지시스템에 대한 포장종류 및 표면상태별 성능시험	

⑤ 자체 성능시험은 2차 시범운영 기간 동안 활주로에 FOD 샘플 배치 후 탐지시험 등 자체적으로 수행

⑥ 일시 : 2021년 12월 ~ 2022년 02월(주간 : 15L/33R 활주로 고정형 FOD radar 방사 및 16L/34R 활주로 공사구간, 야간 : 15L/33R, 16L/34R, 16R/34L 활주로 및 P-taxiway)

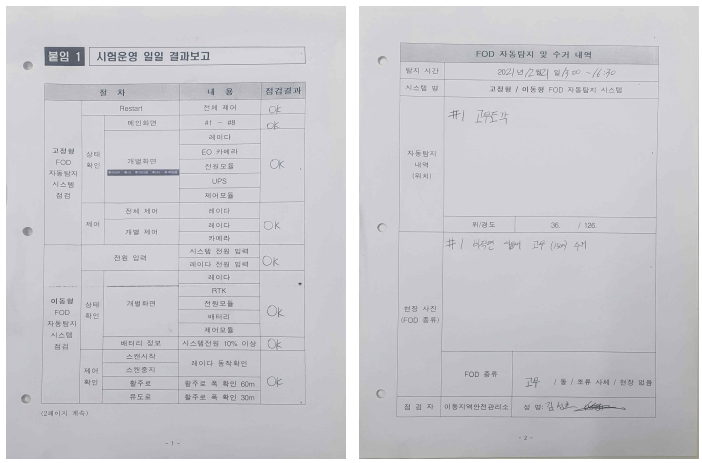
< 자체성능평가 시험시간 및 점검 대상 시설물 >

구분	이동형 FOD 자동탐지시스템	고정형 FOD 자동탐지시스템
주간	▪ 16L/34R 활주로 공사구간	▪ 15L/33R FOD radar 전파 방사
야간	▪ 16L/34R, 16R/34L 및 P-taxiway(22:00~04:00) ▪ 15L/33R(Non-NOTAM 점검시간(00:00~04:00)	▪ 15L/33R : Non-NOTAM 점검시간 (00:00~04:00)

⑦ 2차 시범운영 기간 중 2021년 12월 21일 15L/33R 활주로에서 아래 그림과 같이 항공기 안전운항에 잠재적 영향이 있는 이물질(포장 줄눈재 일부)이 발견되어 인천공항 관제탑에 보고 후 긴급 출동하여 이를 처리함



(a) 탐지 및 수거된 FOD



(b) 시범운영 일일 결과 보고서

< 2021년 12월 21일 탐지 FOD(포장 줄눈재) >

- 현재 이러한 이물질 탐지 및 처리는 이물질 자동탐지 시스템을 통해 탐지, 이동지역 안전 감독자가 영상을 통한 위해여부 판단 후, 필요 시 관제기관에게 보고하여 활주로 운영 일시 중단, 이물질 회수, 활주로 재개방 순으로 이루어지고 있음.

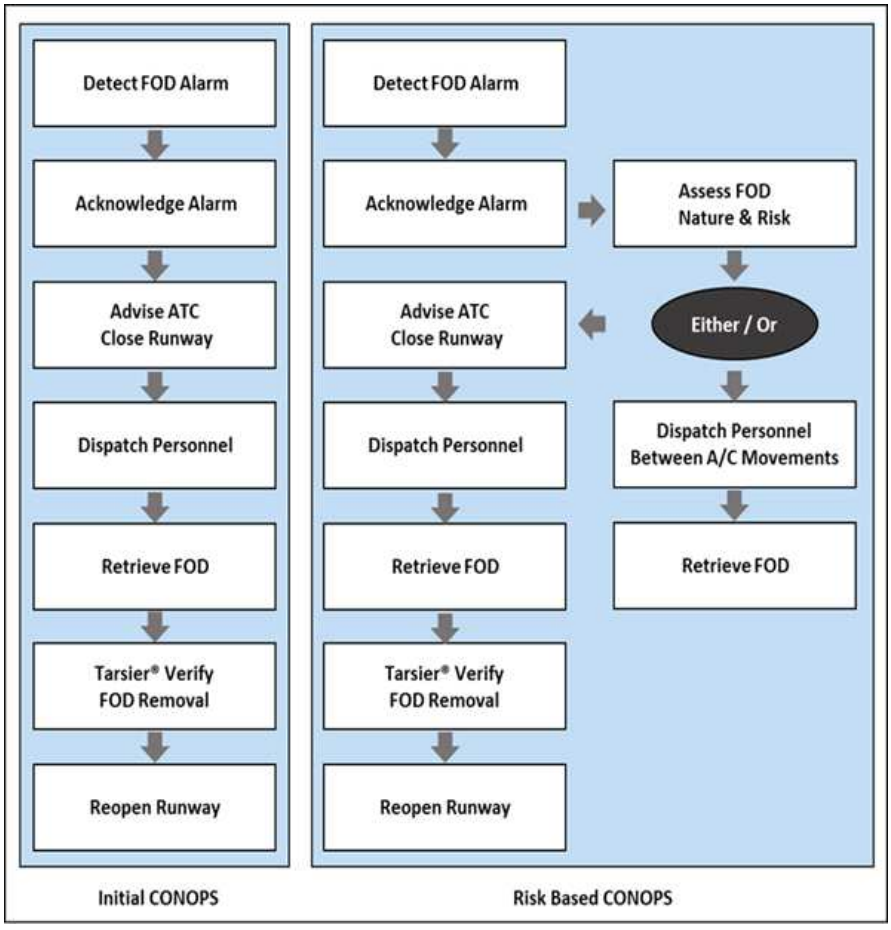
차. 인천국제공항 활용을 위한 운영절차 마련

1) 1차 및 2차 시범운용 시 탐지된 이물질 중 항공기 안전운항에 영향을 줄 수 있는 물체 2건에 대해 인천국제공항공사 운영부서(이동지역안전관리)에서는 탐지된 이물질에 대한 정보를 영상으로 확인 한 후 위험대상이라고 판단 될 시 관제탑에 보고 후 긴급 출동하여 수거를 진행

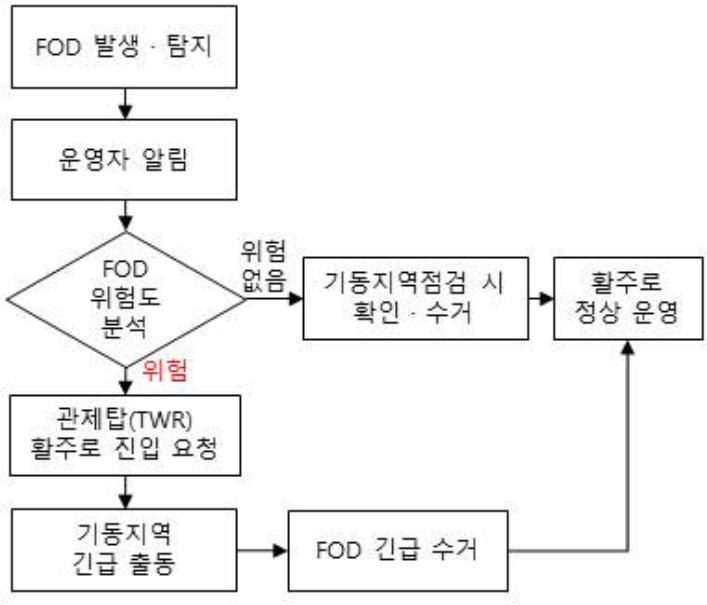
2) 이는 벤쿠버 국제공항과 유사한 운영개념(CONOPS)으로 현재 발생 FOD에 대한 위험도 판단은 공항 이동지역안전 관리자의 경험적 판단에 근거하여, 인천국제공항 이물질 자동탐지 시스템의 역시 운영절차는 이와 유사한 탐지-판단-보고-처리 순으로 진행수립
(단, 이는 향후 지속적 운영을 통해 개선이 필요함)

3) 향후 시스템 개선연구 등을 통해 EO sensor의 성능개선, 탐지 영상분석 및 판단 알고리즘의 적용을 통한 좀 더 정량적인 위험도 판단 기술 마련이 필요

4) 또한, 이물질 자동탐지 시스템에 대한 공항개발사업 준공인 시 승인·관제기관(서울지방항공청)과 협의를 통해 탐지시스템에 대한 주기적 비행검사(운항안전)와 운영 효율성확보를 위해 운영절차서 내 운영시간대 및 보고절차 수립예정



< 밴쿠버 국제공항의 초기 및 개정된 운영절차 (CONOPS) >



< 인천국제공항 이물질 자동탐지 시스템 운영 개념 >

카. 연구수행 결과에 대한 산출물

③ **[별책 7-3]** 운용 및 유지보수 메뉴얼

④ **[별책 7-4]** 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 및 수요처 시범운용 결과보고서

① **[별책 7-5]** 현장운용시험지원 결과보고서

② **[별책 7-6]** 성능평가지원 및 시범운용 지원보고서

3. 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 공인전문시험기관(KTL) 성능시험

가. 개요

1) 평가개요

㈜웨이브텍에서 제작하여 인천국제공항에 설치·제공된 FOD (Foreign Object Debris) 자동탐지 시스템이, FAA (Federal Aviation Administration)에서 2009년에 발간한 권고회람 AC 150/5220-24 “Airport Foreign Object Debris (FOD) Detection Equipment” 의 기능 및 성능 요구사항과, 그 외 제조자가 추가로 제시한 성능 기준을 만족하는지 평가하였다.

2021년 2월부터 6월까지는 자료 검토 및 시험 준비, 시스템 세팅 등으로 시간이 소요되었고, 실질적인 시험은 7월부터 10월까지 진행되었다.

2) 평가방법

㈜웨이브텍에서 제작한 FOD 탐지 시스템은 고정형과 이동형 두 종류가 있는데, 이들은 모두 레이더를 이용하여 FOD를 탐지한다. 레이더 외에 EO (Electro-Optical) 카메라가 시스템에 장착되어, 탐지된 FOD에 대한 영상을 확인할 수 있는 기능을 제공한다. 따라서, ㈜웨이브텍의 시스템은 AC 150/5220-24에 따른 ‘고정형 전자광학식 시스템’, ‘고정형 복합 시스템’으로는 분류되지 않고, 각각 ‘고정형 레이더 시스템’ 및 ‘이동형 레이더’로 분류된다.

기존에 발간된 CEAT의 고정형 시스템 평가보고서에 따르면, 기본성능에 대한 시험은 활주로를 비운 상태에서 탐지 전 구역에 대해 이루어졌음이 명시되었지만, 일부 시험(정보가림 시험 및 3m 이격 탐지 시험)에 대해서는 시험 구역에 대한 내용이 명시되지 않고 30 m x 30 m 구역에서 진행된 시험 결과만 간단하게 제시되어, 이들 시험은 특정 구역에서 대표로 진행된 것으로 보인다. 전체 탐지 구역에 대한 시험결과, 특정 영역에서의 탐지성능이 미달하는 결과는 없었기 때문에 일부 구역에 대한 시험이 전 구역에 대한 시험을 대표한다고 보았던 것으로 판단된다. 또, 제한된 시험일정과 공항 측의 협조가 원인이 되었을 수도 있다. 이번 평가에 있어서도 기본 탐지성능 대한 시험은 시스템 탐지 전 구역에 대해 이루어졌지만, 나머지 시험은 일부 구역에서 대표로 진행되었다. 전체 탐지 구역에 대한 성능시험 결과, 특정 영역에서 탐지성능이 미달하는 결과는 보이지 않았다.

CEAT의 이동형 레이더 평가보고서에 따르면, 고정형 시스템 평가 시와는 달리 탐지 구역의 일부 구역에서만 (152 m x 30 m) 대표로 모든 시험을 진행하였다. 탐지구역이 일정한 재질과 구조 포장되어 있기 때문에, 특정 구역에서 탐지성능이 더 떨어질 것이라는 기대는 합리적이지 않기 때문으로 보인다. 이번 평가에 있어서도 탐지 구역의 일부에 대해서 대표로 시험을 진행하였다. 다만 재질이 다른 구역에 대해서는 각각 시험하였다. 활주로의 일부 구역은 아스팔트로 나머지 구역은 콘크리트로 포장되어있는데, 상대적으로 더 울퉁불퉁하여 탐지에 불리한 아스팔트 포장에서는 작은 크기의 FOD 탐지 시험을 진행했으며, 상대적으로 매끈하여 탐지에 유리한 콘크리트 포장에서는 나머지 시험을 진행하였다. 유도로는 활주로와 마찬가지로 구역에 따라 아스팔트 또는 콘크리트 포장으로 되어있으나, 활주로에는 있는 홈(groove)이 없어 상대적으로 매끈한 표면을 갖는다. 이는 FOD 탐지에 더 유리한 조건이기 때문에 활주로에서의 시험으로 유도로 시험을 대체하였다.

나. 성능요구사항

AC 150/5220-24는 용어 정의, 관련문서, FOD 관련 기초내용(위험성, 발생원인, FOD의 종류), 탐지 시스템의 종류와 특성, 기능 및 성능 요구사항, 설계·제작·설치·정비 표준 등에 대한 내용을 담고 있다. 이 중 이번 평가의 기준이 된 부분은 '3.2. PERFORMANCE SPECIFICATION'이며 그 내용은 다음과 같다.

구분	요구사항
기본 기능	FOD 탐지 장비는 반드시 다음의 기능을 수행해야 한다. (1) 공항에서 지정한대로 항공기 이동 지역(AOA) 내 감시를 제공해야 한다. (2) AOA 내에 있는 하나 또는 여러 개의 FOD를 탐지하고 그 위치를 식별해야 한다. (3) FOD가 탐지되면 사용자에게 경보를 제공해야 한다. (4) 공항 및 항공기 통신, 항행 및 감시 시스템과 동시에 운영될 수 있어야 하며, 이러한 시스템을 방해해서는 안 된다. (5) 일반 공항 및 항공기 운영(예 : 항공기 및 차량의 이동)과 동시에 운영될수 있어야 하며, 이를 방해해서는 안 된다. (6) 장비의 조정 및 정비, 그리고 FOD 발생건에 대한 분석이 가능하도록 탐지된 FOD에 대한 데이터 기록을 제공해야 한다.
탐지 성능 - 물체의 탐지	FOD 물체들을 탐지할 수 있어야 한다. (이동형 시스템은 최저 20mph(30km/h) 속도로 이동하면서 이러한 기능을 수행할 수 있어야 한다.) (a) 페인트칠이 되어있지 않은 금속 재질의 원통형으로, 높이가 1.2in(3.1cm),지름이 1.5in(3.8cm)인 물체 (b) 백색, 회색 또는 검정색의 구체로, 직경 1.7in(4.3cm)의 물체 (예 : 표준 골프공 크기) (c) 운용하고자 하는 신호범위 내 가로 세로 100ft(30m) 크기 정사각형 모양구역에 다음과 같은 물체가 놓여있을 경우, 그 중 90%를 탐지할 수 있어야 한다. - 아스팔트 또는 콘크리트 덩어리 - 활주로 등화시설의 일부분(매립형 또는 가장자리에 설치된 등화) - 길이 8in(20cm) 이하의 조절렌치 - 길이가 최소 2in(5cm) 이상인 딥 소켓 - 항공기 바퀴에서 나온 고무 조각 - 길이 8in(20cm) 이하의 변형된 금속 조각 - (항공기 또는 차량) 연료주입구 마개 - 대형(러그) 너트 - (항공기 또는 GSE) 길이 8in(20cm) 이하의 유압선 - 흰색 PVC 파이프 (직경 2in(5cm)) (d) 위 나열된 물체가 서로 10ft(3m)가 넘지 않는 거리에 있는 경우에도 이를 개별 물체라는 것을 식별할 수 있어야 한다.
탐지 성능 - 위치측정 정확도	FOD 탐지 시스템은 FOD가 탐지된 경우 반드시 FOD의 실제 위치로부터 16ft(5.0m) 거리 이내의 위치 정보를 제공해야 한다. (주기 : 이 기준은 대다수의 공항 운영자들이 탐지된 이물질을 수거할 때 사용하는 휴대용 GPS 장비의 평균 정확도를 기반으로 한 것이다. 비시각적 탐지 장비를 사용하는 경우더 높은 위치 측정 정확도가 요구되므로, 시각적 탐지 기능을 가진 추가적 부속장비를 설치할 수 있다.)
탐지 성능 - 점검 빈도	(a) 지속적 탐지 시스템 : 이 시스템은 비행 운영 도중 활주로 표면을 지속적으로 점검할 수 있도록 반드시 지속적인 운영을 지원해야 한다. 비행 운영시간은 공항마다 다르며, 이는 사용자가 지정한다. (b) 이동형 탐지 시스템 : 이 시스템은 의무적인 공항 안전 자가점검(권고회람150/5200-18에 의한 점검)을 강화하기 위해 반드시 이동이 가능한 운영능력을 지원해야 한다. 이 점검의 빈도는 공항마다 다르며, 사용자가 빈도를 지정한다.
탐지 성능 - 탐지 반응시간	FOD 탐지 시스템은 반드시 스캔 구역에서 발생한 FOD를 신속하게 탐지하는 능력을 갖추고 있어야 한다. (a) 항공기 이동 간 경보를 울리도록 설계된 지속 운영식 FOD 탐지 시스템은반드시 항공기의 이동 간 활주로의 표면 점검을 실시해야 한다. (b) 그 외 지속 운영식 FOD 탐지 시스템은 반드시 공항에서 설정한 시기에점검 최신정보를 제공해야 하며, 이 시간은 일반적으로 FOD 발생 후 4분이내이다.

탐지 성능 - 감시 구역	공항 운영자는 항공기 이동 구역 내 FOD 탐지가 필요한 목표 감시(탐지) 구역을 설정한다. 이 구역은 일반적으로 해당 공항의 FOD 관리 계획을 기반으로 지정된다. 최우선 탐지 대상은 활주로이다 (활주로 전체를 탐지하는 것이불가능한 경우, 공항 운영자는 활주로의 특정 일부분을 지정할 수 있다). 기타지역은 이보다 중요도가 낮으며, 포장면, 비표장면, 비기동지역 순서로 우선순위가 내려간다. 특정 감시 구역 내에 탐지가 불가능한 위치가 있는 경우 FOD탐지 시스템 제작자는 공항 운영자에게 이를 반드시 통보해야 한다.
탐지 성능 - 악기상 하 성능	FOD 탐지 시스템은 반드시 맑은 기상뿐 아니라 악기상 조건에서도 성능을 증명할 수 있어야 한다. 맑은 기상 조건에서는 항공기 이동 지역의 포장면이 건조할 것으로 예상되나, 악기상 조건에서는 포장면이 비, 눈 또는 혼합 강수로인해 젖은 상태일 것이다. (a) (미국 기후학 20호의 CLIM 20에 명시된 기준에 따른) 해당 지역의 격년폭풍우로 인한 강우 또는 강설 조건(예 : 특정 강도, 기간 및 빈도)에서 물체를 탐지해야 한다. 사용자가 이보다 더 엄격한 기준을 명시하는 것도 가능하다. (b) FOD 탐지 시스템은 설치현장에 맞춰진 특정 성능 조건을 충족해야하며,이 조건에는 다음과 같은 항목이 포함된다. (i) 맑은 기상 조건에서의 성능 (ii) 악기상 조건에서의 성능 (iii) 강수 또는 눈폭풍 후 시스템 복구까지 걸리는 시간, 즉 악기상 상황이잦아든 후 맑은 기상에서의 성능으로 돌아오기까지 걸리는 시간을 사용자에게 명시해야 한다. 이때 악기상 상황의 종료는 강수나 강설이 끝나는시점으로 정의한다. (c) 조명 조건 : 모든 시스템은 반드시 주간, 야간 및 황혼/새벽 운영 시 탐지성능을 증명해야 한다.
탐지 성능 - 경보	FOD 탐지 시스템은 스캔 구역 내 FOD가 있다는 것을 반드시 시스템 운영자에게 경보로 알릴 수 있어야 한다. 이 경보는 공항 관리자가 위험의 심각성을평가하고 물체의 제거가 필요한지를 판단하기에 충분한 양의 정보를 제공하여야만 한다. (a) 오경보(공항 운영자로 하여금 실제로는 존재하지 않는 이물질 제거 조치를 취하게 만드는 경보)는 최소화해야하며, 다음 기준을 초과해서는 안 된다. (i) 시각 탐지 성능을 가진 FOD 탐지 시스템의 경우 90일 기간 동안 평균이 일일 1회를 초과해서는 안 된다. (ii) 시각 탐지 성능이 없는 FOD 탐지 시스템의 경우, 90일 기간 동안 평균이 일일 3회를 초과해서는 안 된다. (주기 : 이 종류의 탐지 시스템의 경우 공항 운영자가 FOD 경보를 조사하기도 전에 야생동물이 움직이거나 작은 물체는 날아가 버릴 수 있다.)
시스템 출력 - 탐지 데이터	모든 FOD 탐지 시스템은 탐지된 FOD에 대한 데이터 기록을 자동으로 제공해야한다. (a) 기록은 최소한 다음의 정보를 포함해야 한다. (i) 경보 시각 및 일자 (ii) FOD 물체의 위치 (b) 이에 추가로 다음의 정보 기록이 권고되나, 의무사항은 아니다. (i) 탐지 또는 수거된 FOD에 대한 설명(예 : 크기, 이름, 종류, 일련번호) (ii) FOD 수거 시각 및 일자 (iii) 경보 발생 시각 및 일자 (iv) FOD를 탐지/조사하는 인원의 이름 (v) 수거된 FOD 물체의 사진 (확보가 가능한 경우) (vi) 관리의 연속성 정보
시스템 출력 - 데이터의 표시	FOD 탐지 데이터는 조정된 방식에 따라 공항 지도에 표시하거나, 운영자의 콘솔에 시현되도록 하거나, 또는 무선 통신장비로 방송되도록 할 수 있다. 어떤 정보가 표시될 것인지는 공항에서 공항 시스템 운영에 맞도록 선택하게 한다.
시스템 출력 - 데이터 관리	FOD 탐지 과정에서 수집한 데이터는 디지털 방식으로 기록해야한다. 데이터기록 시스템은 데이터를 탐지 후 최소 2년 간 보존할 수 있는 기능을 구비해야 한다.

추가로 제조자가 제시한 성능 기준이 있는데, RCS가 -30 dBsm인 FOD를 탐지해야 한다는 것과, 이동형 시스템은 최대 60 km/h 속도에서 FOD를 탐지할 수 있어야 한다는 것이다. 위 AC150/5220-24의 요구사항과 제조자가 제시한 추가 요구사항을 만족하는지에 대해 평가가 이루어 졌다.

다. 시험환경

1) 시험장비

위치 측량에 사용된 GPS 장비는 SOUTH社의 S660N으로, 국토지리정보원에서 제공하는 네트워크 RTK 서비스를 이용하여 측량하였다. 장비 제조자 사양에 따른 위치 정확도는 1 ㎝ 이내이고, 본 평가 전 성능검사기관에서 검사받은 결과에서도 역시 1 ㎝ 이내 정확도를 얻었다. 악기상 하 성능평가를 위해 준비된 우량계는 ONSET社의 RG3-M으로 제조자 사양에 따른 정확도는 1 %이다. 본 평가 전 교정기관에서 교정받은 결과 80 ㎜ 이내 기준값에서 측정값은 최대 0.2 ㎜ 차이를 보였고 그 이상에서는 최대 3.5 ㎜ 차이를 보였다.

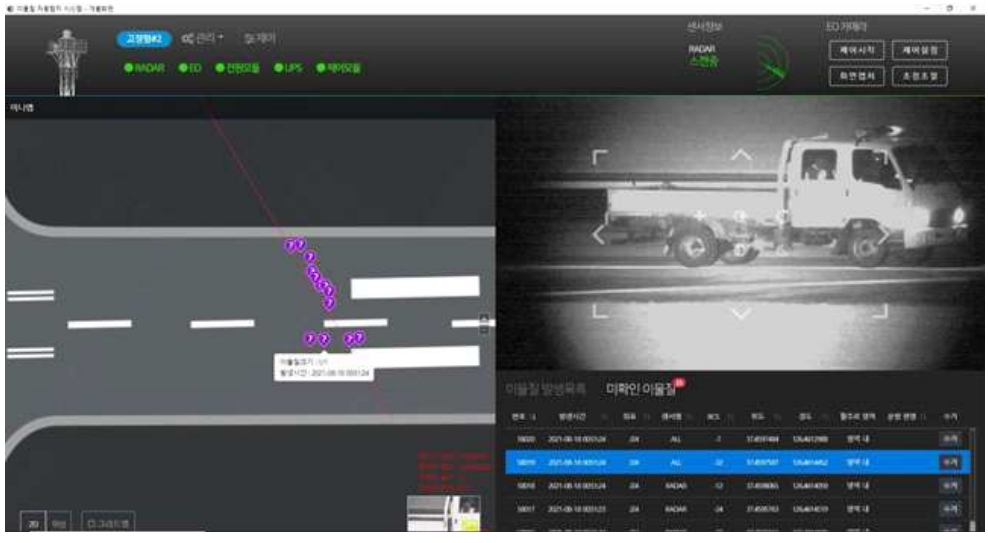
2) 시험조건

공항이 계속 운영되는 중에 평가를 진행해야 했으므로, 고정형 시스템 시험은 활주로에 비행기 이착륙이 없는 NOTAM 때에만 이루어졌다. 15L/33R 활주로의 NOTAM은 매월 3의 배수일(3, 6, 9, 12일 …) 새벽 0시 30분에서 3시 30분까지였다. 따라서 주간에는 시험이 불가능했다. NOTAM 때에는 활주로 유지보수를 위해 여러 팀이 들어와 작업을 진행하므로 활주로 전 구간을 비워놓고 시험하는 것은 불가능했다. 대신에, 다른 유지보수팀이 없는 구역에서 부분적으로 평가를 이어나갔다. 보통 한 번의 NOTAM 시에 한 개 혹은 두 개 플랫폼이 커버하는 탐지 구역에 대해 시험을 했으며, 이 과정을 각 플랫폼이 커버하는 구역에 대해 반복하는 식으로 진행하였다. 시험은 2021년 7월 9일에서 10월 6일까지 진행되었다.

이동형 시스템은 16R/34L 활주로에서 10월 20일 야간, 21일 새벽 및 야간, 10월 22일 새벽에 진행할 수 있었다. 공항 측의 요청으로 차량 개조가 예정된 상태였기 때문에, 시스템이 준비되고 개조가 시작되기 전 날짜 중에만 시험이 가능했다. 16R/34L 활주로에서는 밤 10시까지는 항공기 이동 때문에 시험이 불가능해 10시 이후 야간과 새벽에 진행하였다.

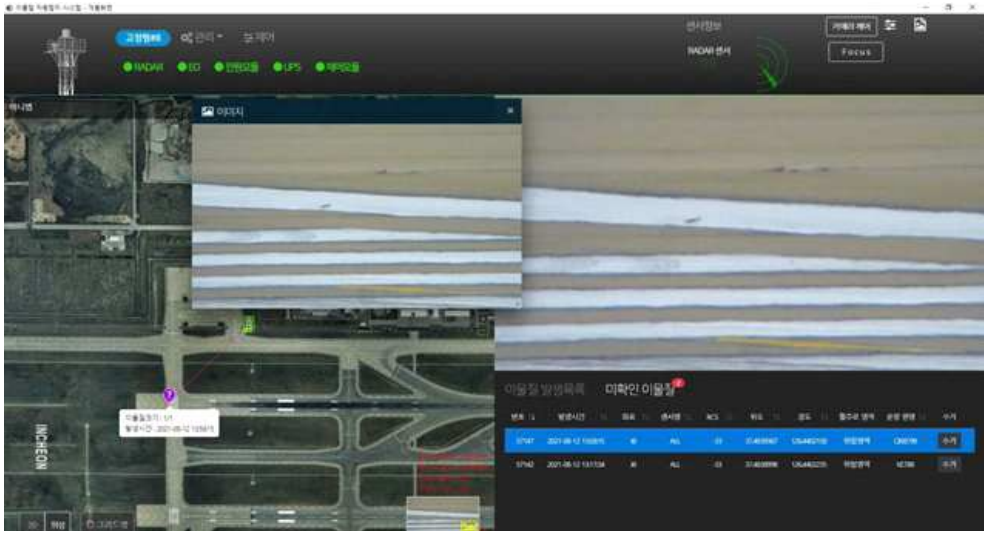
3) 주변환경으로부터의 영향

앞서 언급했듯이 고정형 시스템에 대한 시험은 NOTAM 시에만 가능했기 때문에 다양한 유지보수 차량과 여러 인원이 활주로에 들어와 있는 상태에서 진행되었다. 시험 중 유지보수 차량이 FOD 근처에서 작업을 하거나, 플랫폼과 활주로 사이에 있는 유도로를 통해 비행기들이 이동하는 경우가 있었는데, 이들이 FOD 또는 레이더 주변에 위치하면 이들로부터의 난반사가 시험 결과에 영향을 끼칠 수 있다. 예를 들면, FOD가 오탐지되거나 탐지 위치정확도가 떨어지는 등의 영향이다. 또 활주로와 레이더 사이의 잔디구역에서 차량이 이동할 경우, 레이더 스캔과 탐지를 가리는 상황이 생길 수도 있다. 다음 그림은 시험 중 유지보수 차량이 FOD 근처에 접근하여 고정형 시스템에 탐지되었을 때 콘솔 화면을 캡처한 것이다. 탐지된 FOD는 화면의 왼편 지도에 보라색으로 표시되었다. 차량이 반사율이 높은 여러 개의 FOD로 탐지되었다.

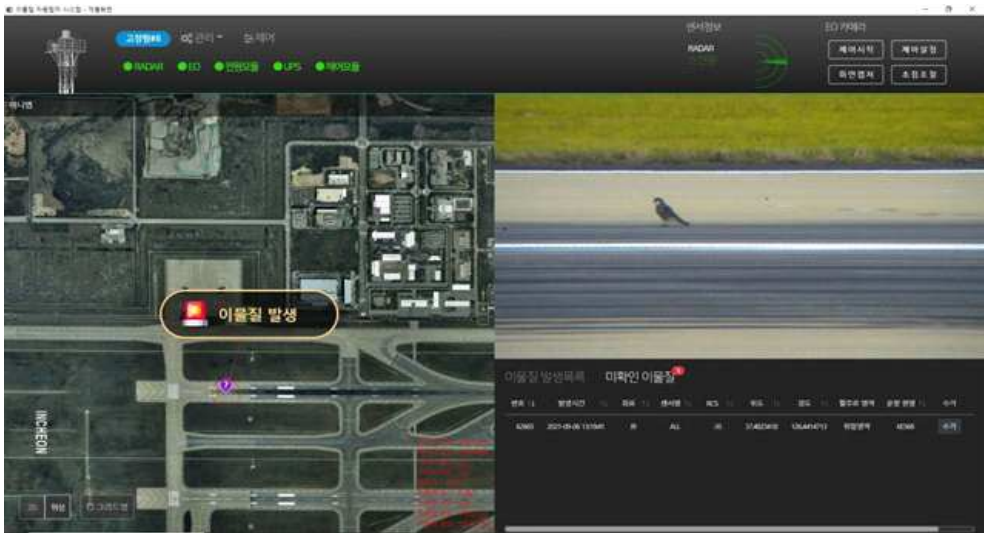


< 시험 중 접근한 유지보수 차량 >

시험은 모두 야간에 진행되었고 활주로에는 별도 조명이 비추어지지 않는 어두운 상황이었기 때문에, 직접 놓은 시험용 FOD 외에 어떠한 물체들이 활주로 위에 나타나는지 확인은 불가능했다. 그런데 주간에 이루어진 시운전 중 활주로 위에 새나 곤충 등의 생물체가 나타나는 것이 확인되어, 이들 생물체가 야간에도 시험에 영향을 끼칠 수 있을 가능성이 있었음을 짐작할 수 있다. 생물체가 FOD 옆으로 접근하면 해당 FOD의 탐지 위치정확도에 영향을 줄 수 있고, 생물체 자체가 FOD로 오탐지 될 수도 있다. 다음은 주간에 새 등의 생물체가 활주로에 나타나 FOD로 탐지되었을 때 캡처한 콘솔 화면이다. EO 카메라 영상을 통해 탐지된 것이 생물체임을 확인할 수 있었다.



< 활주로에 곤충이 탐지되었을 때 콘솔 화면 >



<활주로에 새가 탐지되었을 때 콘솔 화면 >

위에서 탐지된 생물체들은 적어도 2분 이상 한 지점에서 머무른 경우이다. 레이더가 두 번 탐지해야 운용자에게 FOD로 보고되기 때문이다. 2분 이상 한 곳에 머무르지 않고 자리를 떠나는 경우도 있을 수 있으나 이들 경우는 레이더에 의해 탐지되지 않기 때문에 파악되기 어렵다.

라. 고정형 시스템의 성능시험

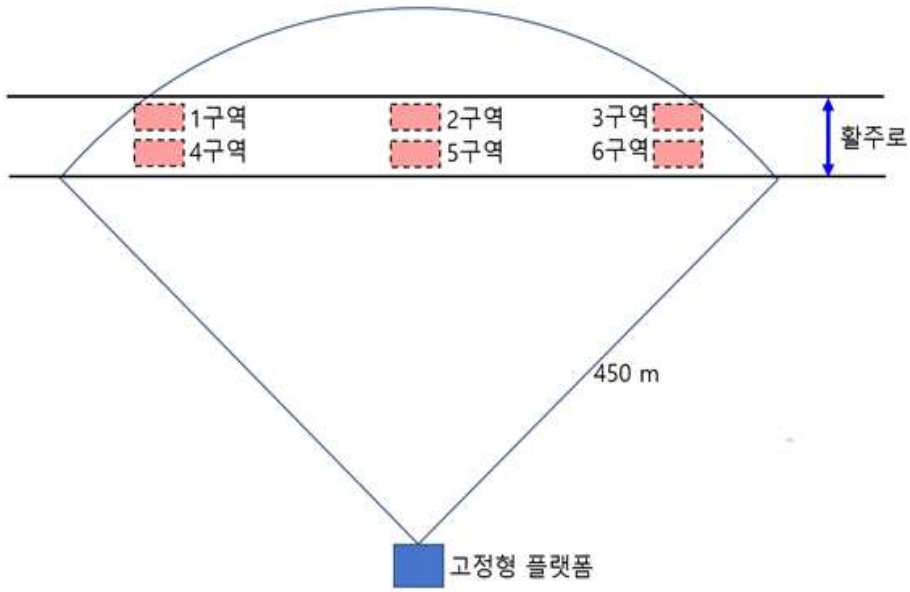
1) 표준 FOD에 대한 시험

활주로를 모두 비운 상태에서 한꺼번에 모든 레이더에 대해 시험할 수 없었기 때문에, 한 개의 레이더만 동작시킨 채 탐지성능을 확인하였고 이를 총 8개 레이더에 대해 반복하였다. AC150/5220-24에 따르면 FOD 탐지 시스템은 총 4종류의 표준 FOD를 탐지할 수 있어야 하는데, 이는 각각 높이가 3.1cm 지름이 3.8 cm인 금속 원통, 지름이 4.3 cm인 흰색, 검은색, 회색 구이다. 이들 표준 FOD를 제작하여 시험에 이용하였으며, 제작된 FOD들은 다음 사진과 같다.



< 표준 FOD 시료 >

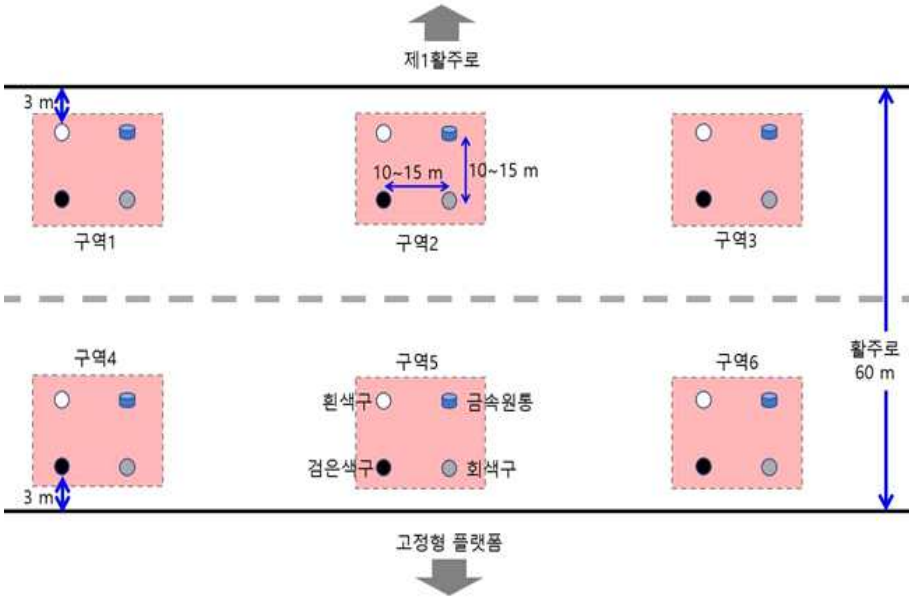
탐지를 위한 각 고정형 레이더의 탐지 가능 반경은 FOD 450 m로 설정되어 있다. 이를 활주로 도면상에 표시하면 다음과 같다.



< 고정형 플랫폼의 탐지 가능 반경 >

탐지영역의 양 끝과 중앙 부분을 활주로 중앙선으로 나누어 6개 구역을 설정했으며 위 그림에 이들 구역을 1~6구역으로 표시하였다. 각 플랫폼별로 1~6구역에 놓인 FOD에 대해 탐지성능 시험을 진행했다. 유지보수 차량의 이동을 막는 일이 없도록 시험은 한 번에 한 구역에서만 진행되었다. 예를 들면, 1번 구역에 FOD를 놓고 탐지 성능을 확인한 뒤, FOD를 옮겨 다른 구역에 대해서도 같은 시험을 진행하는 식이다. 이런 식으로 여섯 개 구역을 이동해가며 각 구역에 대해 탐지 성능을 확인하였다. 각 구역 안에는 원통 1개와 구 3개(흰색, 검은색, 회색), 총 네 개의 FOD를 다음 그림처럼 대략 10~15 m 간격으로 사각형을 이루도록 놓되, 활주로 경계 쪽에 놓인 FOD는 활주로 경계와 거리가 약 3 m가 되도록 하였다. 즉 실질적인 탐지영역 1 m 안쪽에 FOD가

놓이고 그로부터 대략 10~15 m 안쪽으로 다른 FOD가 놓인 것이다. 이렇게 놓인 네 개 FOD를 레이더가 모두 탐지하는지, 또 탐지 시 위치정확도는 얼마인지 확인한 뒤, 콘솔에서 탐지이력을 삭제하고 이 과정을 두 번 더 반복하여 총 세 번 시험하였다. 즉 한 번 놓인 FOD에 대해 위치를 바꾸지 않고 총 세 번 시험을 진행한 것이다.



< 고정형 플랫폼 시험을 위한 표준 FOD 배치 >

구역별로 4개의 FOD가 놓이고 이에 대해 3번 씩 반복하여 탐지성능을 시험하였으며, 한 개의 고정형 플랫폼 당 6개 구역에 대해 시험하였으므로, 한 개의 플랫폼에서 4 × 3 × 6 = 72 번의 개별 탐지 시험이 있었다. 고정형 플랫폼은 모두 8개이므로 이 시험을 통해 총 72 × 8 = 576번의 개별 탐지 시험을 완료했다. 그 결과는 다음과 같다.

< 표준 FOD에 대한 개별 고정형 레이더의 탐지성능 시험결과 >

플랫폼 번호	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
1	72	72	0	100	평균 0.40m (최소 0.10m, 최대 1.00m)
2	72	72	0	100	평균 0.31m (최소 0.04m, 최대 0.64m)
3	72	72	0	100	평균 0.32m (최소 0.12m, 최대 0.73m)
4	72	72	0	100	평균 0.29m (최소 0.08m, 최대 0.60m)
5	72	72	0	100	평균 0.23m (최소 0.02m, 최대 0.66m)
6	72	72	0	100	평균 0.33m (최소 0.10m, 최대 0.64m)
7	72	72	0	100	평균 0.30m (최소 0.07m, 최대 0.79m)
8	72	72	0	100	평균 0.51m (최소 0.20m, 최대 1.38m)
계	576	576	0	100	평균 0.34m (최소 0.02m, 최대 1.38m)

탐지율은 100 % 였고, 시험 중 시험구역 내에서 오탐지나 미탐지는 발견되지 않았다. 총 576건의 개별 시험에 대한 위치정확도는 평균 0.34 m, 최소 0.02 m, 최대 1.38 m였다. 574건에 대해서는 위치 오차가 모두 1 m 이내였는데, 나머지 두 건에 대해서는 1 m 이상의 위치 오차가 확인되었고 그 내용은 다음과 같다.

① 1번 플랫폼 6번 구역에 놓인 회색구에서 한차례 위치 오차가 1.00 m로 확인되었는데, 나머지 두 차례 시험에서는 위치 오차가 각각 0.12 m, 0.12 m였다. 이 회색구에 대해서는 위치를 옮기지 않고 별도로 탐지를 두 차례 더 반복하여 위치 오차를 확인하였는데(위 표에는 포함되지 않는 두 건의 시험을 이 회색구에 대해 반복하였다), 두 번 모두 0.12 m로 확인되었다.

② 8번 플랫폼 6번 구역에 놓인 흰색구에서 한차례 위치 오차가 1.38 m로 확인되었는데, 나머지 두 차례 시험에서는 위치 오차가 각각 0.42 m, 0.42 m였다. 이 흰색구에 대해서는 위치를 옮기지 않고 별도로 탐지를 세 차례 더 반복하여 위치 오차를 확인하였는데(위 표에는 포함되지 않는 세 건의 시험을 이 흰색구에 대해 반복하였다), 세 번 모두 0.42 m로 확인되었다.

위 두 경우 모두 시험을 추가하여 반복해봤지만, 1 m 이상의 오차는 재현되지 않았다. 제조자 사양과 달리 1 m 이상 오차가 생긴 원인은 정확히 파악할 수 없었지만, 앞서 언급한 시험 중 주변 환경의 영향(주변 유지보수 차량의 영향, 활주로 위 생물체의 영향)을 한 가능성으로 생각해 볼 수 있다.

2) -30dBsm FOD에 대한 시험

제조자 사양에 따르면 최소 -30 dBsm까지의 FOD가 탐지 가능한데, AC 150/5220-24에 따른 표준 FOD의 RCS는 이보다 커서 (원통형 FOD의 RCS는 약 -0 dBsm이며, 구형 FOD의 RCS는 약 -8 dBsm 이다) -30 dBsm에 해당하는 지름 3.5 cm의 금속구를 제작하여 이에 대한 탐지 성능을 시험하였다. 시험에 이용된 -30 dBsm FOD는 다음 사진과 같다.



< -30dBsm 금속 구 >

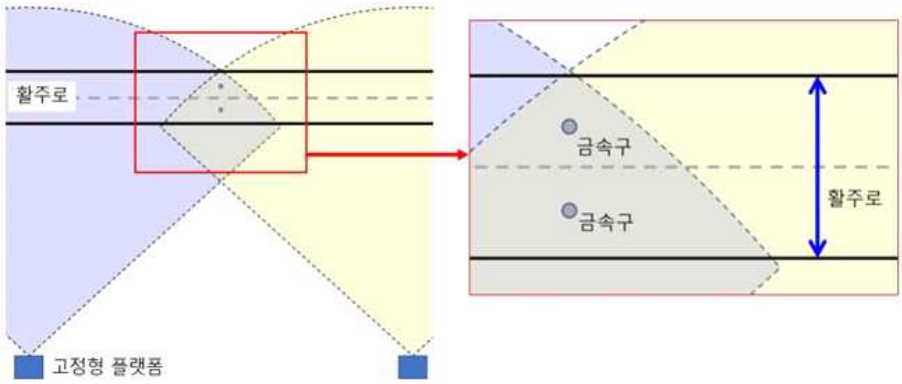
-30 dBsm 금속구 FOD에 대해서는 다음 두 가지 시험을 진행하였다. 탐지범위가 교차하는 지역에 대한 시험과 3 m 이격 탐지시험이다.

① 탐지 교차구역에 대한 시험

아래 그림에서 보듯이 인접한 두 고정형 플랫폼에 대해 스캔이 겹치는 영역이 발생하는데, 이 구역에서 FOD가 발생했을 때 중복으로 탐지되는지 여부 등을 확인하기 위해 인접한 두 고정형 레이더를 동작시킨 상태에서 이 교차구역에 대해 시험을 진행했다. -30 dBsm 금속구 FOD를 아래 그림과 같이 활주로 중앙선을 기준으로 레이더에 먼 쪽에 한 개, 가까운 쪽에 한 개, 이렇게 총 두 개 놓고 시험하였다. 각 FOD는 활주로 중앙선과 경계의 대략 가운데 쯤 놓였다.

표준 FOD 에 대해 시험할 때와 마찬가지로 각 교차구역에 FOD 대해 FOD를 이동하지 않은 상태에서 3번씩 시험을 반복하였다. 교차구역은 총 7 구역이고 2개 FOD에 대해 3번 시험을

반복하였으므로 총 7 × 2 × 3 = 42 번의 개별 탐지 시험을 완료했다.
그 결과는 아래 표와 같다.



< 탐지 교차구역에서 -30dBsm 금속구 배치 >

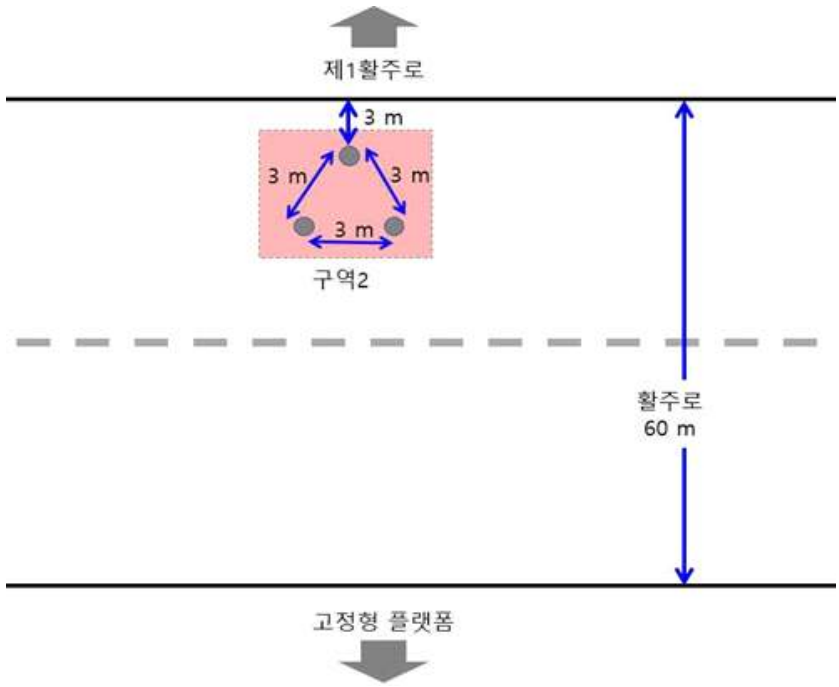
< 스캔 교차구역에 대한 고정형 시스템 탐지성능 시험결과 >

플랫폼 번호	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
1,2	6	6	0	100	평균 0.42m (최소 0.26m, 최대 0.59m)
2,3	6	6	0	100	평균 0.27m (최소 0.17m, 최대 0.46m)
3,4	6	6	0	100	평균 0.32m (최소 0.12m, 최대 0.62m)
4,5	6	6	0	100	평균 0.19m (최소 0.12m, 최대 0.29m)
5,6	6	6	0	100	평균 0.32m (최소 0.29m, 최대 0.35m)
6,7	6	6	0	100	평균 0.14m (최소 0.13m, 최대 0.15m)
7,8	6	6	0	100	평균 0.42m (최소 0.19m, 최대 0.53m)
계	42	42	0	100	평균 0.30m (최소 0.12m, 최대 0.62m)

탐지율은 100 % 였고, 시험 중 시험구역 내에서 오탐지나 미탐지는 발견되지 않았다. 총 42 건의 개별 시험에 대한 위치정확도는 평균 0.30 m, 최소 0.12 m, 최대 0.62 m였다. 인접한 두 레이더 중 먼저 FOD를 탐지한 레이더의 탐지 결과만 콘솔에 보고되고 늦게 탐지한 레이더의 탐지결과는 보고되지 않도록 하여, 운용자에게 중복으로 FOD가 보고되거나 한 개 FOD가 두 개로 보고되는 일은 없었다. 인접한 레이더 중 어떤 레이더가 먼저 교차지역의 FOD를 탐지하는지가 매번 동일하지는 않다. FOD 발생 시점에서의 레이더 방위각에 따라 어떤 레이더가 먼저 FOD를 탐지할지 결정될 것이기 때문이다. 동일 위치의 FOD에 대한 3번의 반복시험 중, FOD를 먼저 탐지한 레이더가 3번 모두 일치하는 경우는 1-2, 5-6, 6-7번 레이더의 교차지역에서 뿐이었다.

② 3m 이격 탐지 시험

AC 150/5220-24에 따르면 3 m 이상 떨어져 있는 FOD는 개별 FOD로 각각 탐지되어야 한다. AC 150/5220-24에서는 표준 FOD와 실제 FOD에 대해 이 요구사항을 언급하고 있는데, 본 평가에서는 제조자 사양에 따른 최소 RCS FOD에 대한 탐지 성능을 같이 확인하기 위해, 위 교차구역 성능시험 시 사용한 -30 dBsm 금속구를 사용하여 3 m 이격에 대한 탐지 시험을 진행하였다. 표준 FOD에 대한 시험과 마찬가지로 한 번에 한 개의 레이더만 동작시켜 시험하였고, 이를 총 8개 레이더에 대해 반복하였다. 시험은 아래 그림의 2구역에 FOD 3개를 놓고 진행하였으며 FOD 3개를 서로 거리를 두도록 정삼각형 모양으로 놓되 활주로 경계 쪽에 놓인 FOD는 활주로 경계와 거리가 약 3 m가 되도록 하였다. 즉 실질적인 탐지영역 1m 안쪽에 FOD가 놓이고 그로부터 2개의 FOD를 서로 3 m 떨어지도록 놓은 것이다. 이렇게 놓인 3개 FOD를 레이더가 모두 개별로 탐지하는지, 또 탐지 시 위치정확도는 얼마인지 확인한 뒤, 콘솔에서 탐지 이력을 삭제하고 이 과정을 두 번 더 반복하여 총 세 번 시험하였다. 즉 한 번 놓인 FOD에 대해 위치를 바꾸지 않고 총 세 번 시험을 진행한 것이다. 활주로 중앙선을 기준으로, 레이더에서 먼 쪽 구배에서의 전파 입사각이 레이더 가까운 쪽 구배에서보다 더 낮아 FOD 탐지에 불리한 환경이 되기 때문에, 레이더에서 먼 쪽의 구배 영역에서 대표로 시험하였다.



< 3m 떨어진 FOD 탐지성능 시험을 위한 -30dBsm 금속구 배치 >

레이더 별로 3개의 FOD가 놓이고 이에 대해 3번 씩 탐지성능을 시험하였으며, 고정형 플랫폼은 모두 8개이므로 이 시험을 통해 총 3 × 3 × 8 = 72 번의 개별 탐지 시험을 완료했다. 그 결과는 다음과 같다.

탐지율은 100 % 였고, 시험 중 시험구역 내에서 오탐지나 미탐지는 발견되지 않았고, 3개의 FOD가 모두 개별로 탐지 되었다. 총 72 건의 개별 시험에 대한 위치정확도는 평균 0.31 m, 최소 0.08 m, 최대 0.73 m였다.

< 서로 3m 이격된 FOD에 대한 고정형 시스템 탐지성능 시험겨로가 >

플랫폼 번호	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
1	9	9	0	100	평균 0.27m (최소 0.14m, 최대 0.44m)
2	9	9	0	100	평균 0.21m (최소 0.08m, 최대 0.62m)
3	9	9	0	100	평균 0.26m (최소 0.14m, 최대 0.37m)
4	9	9	0	100	평균 0.23m (최소 0.14m, 최대 0.29m)
5	9	9	0	100	평균 0.49m (최소 0.32m, 최대 0.73m)
6	9	9	0	100	평균 0.30m (최소 0.11m, 최대 0.45m)
7	9	9	0	100	평균 0.33m (최소 0.13m, 최대 0.53m)
8	9	9	0	100	평균 0.40m (최소 0.34m, 최대 1.49m)
계	72	72	0	100	평균 0.31m (최소 0.08m, 최대 0.73m)

3) 정보가림 시험

AC 150/5220-24에서는 실제 발생할 수 있는 FOD 10종에 대해 30 × 30 m 구역 내에서 탐지성능을 확인하도록 하고 있다. 10종의 FOD는 다음과 같다.

a. 아스팔트 또는 콘크리트 덩어리
b. 활주로 등화시설의 일부분(매립형 또는 가장자리에 설치된 등화)
c. 길이 8in(20cm) 이하의 조절렌치
d. 길이가 최소 2in(5cm) 이상인 딥 소켓
e. 항공기 바퀴에서 나온 고무 조각
f. 길이 8in(20cm) 이하의 변형된 금속 조각
g. (항공기 또는 차량) 연료주입구 마개
h. 대형(러그) 너트
i. (항공기 또는 GSE) 길이 8in(20cm) 이하의 유압선
j. 흰색 PVC 파이프 (직경 2in(5cm))

위 중 는 개씩 준비하고 FOD a, b, c, e, g 1개씩, 나머지 d, f, h, i, j는 2개씩 준비하여, 총 15개 FOD에 대해 탐지시험을 하였다. 실제 준비된 FOD는 다음 사진과 같다.



< 정보가림 시험에 사용된 FOD 시료 >

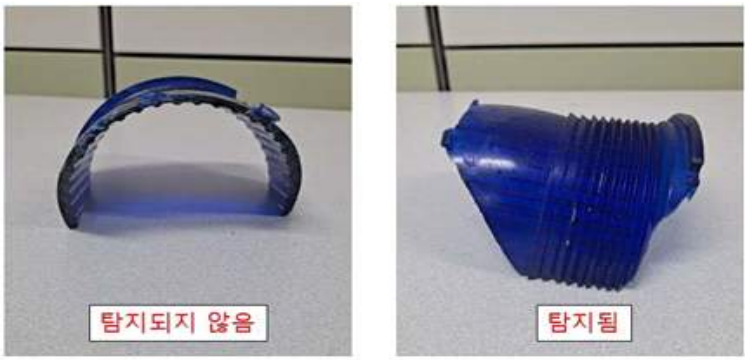
정보가림 시험은 주변 이동차량 등에 대한 환경을 고려하여 시험이 용이한 구역을 선택해 4번 및 5번 고정형 레이더에 대해 대표로 진행했다. 대략 13 × 25 m 범위 안에 15개 FOD를 배치해 탐지 성능을 확인했다. 4번 레이더 탐지구역에서는 FOD의 위치는 그대로 둔 채 놓인 방향을 바꾸어 총 2번 탐지시험을 진행했다. 5번 레이더 탐지구역에서는 FOD가 동일한 방향이 놓인 상태에서 2회 반복 시험하였고, 동일 위치에 FOD 방향을 바꾸어 놓은 뒤 다시 2회 반복 시험하여 총 4회 탐지 성능을 확인하였다.

< 실제 FOD에 대한 고정형 시스템 탐지성능 시험결과 >

시험 차수	플랫폼번호	탐지대상 FOD	탐지된 FOD	미탐지 FOD	비고
1	4	15	13	2	등화시설 조각(b) 및 조절렌치(c) 미탐지
2	4	15	15	0	1차 시험에서 FOD가 놓인 방향만 바꾸어 시험
3	5	15	15	0	1차 시험과 FOD가 놓인 위치와 방향 상이
4	5	15	15	0	3차 시험과 FOD가 놓인 위치와 방향 동일
5	5	15	15	0	3차 시험에서 FOD가 놓인 방향만 바꾸어 시험
6	5	15	15	0	5차 시험과 FOD가 놓인 위치와 방향 동일
계		90	88	2	탐지율 88 / 90 = 97.8%

시험 결과는 위와 같다 각 레이더에 대한 시험 중 FOD의 위치변경은 없어, 위치정확도는 레이더 별로 대표로 한 번씩 확인하였다. 즉, 총 30건의 개별 탐지건에 대해 위치정확도를 확인했는데, 그 결과는 평균 0.38 m, 최소 0.10 m, 최대 0.91 m였다. 실제 FOD에 대한 탐지 여부는 준비한 FOD 모양과 FOD가 놓인 방향에 따라 결과가 달라질 수 있다. 그래서 가능한 한도 내에서 여러 개의 FOD를 준비하여 가능한 여러 번 확인하였다. 위 표에서 보듯이 등화

시설 조각과 조절렌치가 미탐지 된 경우가 한 번 있었는데, 조절렌치가 탐지되지 않은 원인은 정확히 파악되지 않았고, 등화시설 조각의 경우 활주로에 놓인 방향이 원인이 되어 탐지되지 않았던 것을 확인할 수 있었다. 아래 사진은 등화시설 조각이 탐지 되었을 때와 탐지 되지 않았을 때 놓인 방향을 비교하여 찍은 사진이다. 레이더에서 봤을 때 왼쪽 사진과 같이 놓였을 때 반사 면적이 아주 작아 탐지되지 않았다. 이처럼 준비된 FOD 상태나 놓인 방향에 따라 시험 결과가 달라질 수 있어, 이 정보가림 시험의 결과값을 정량적으로 정확한 시스템의 성능이라고 보기는 어려울 것이다.

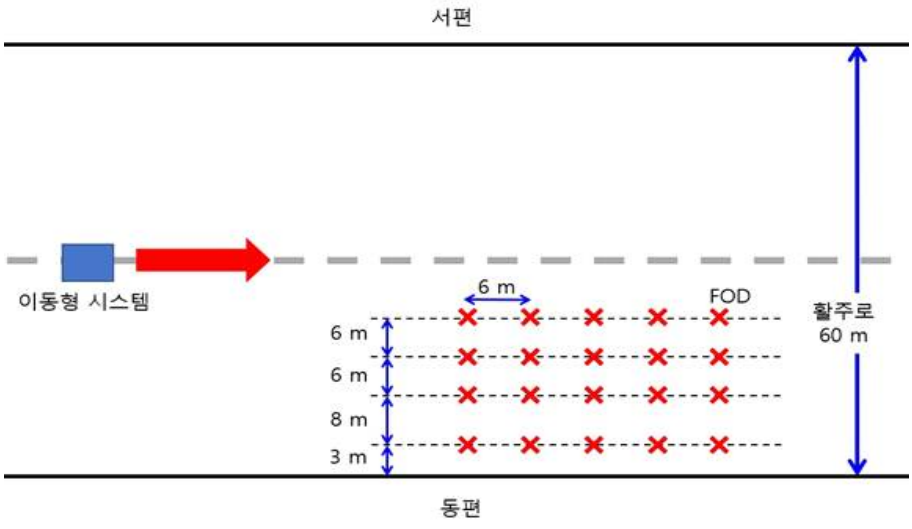


< FOD 방향에 따른 탐지여부 >

마. 이동형 시스템의 성능시험

1) 표준 FOD에 대한 시험

표준 FOD에 대한 시험은 홈이 파인 콘크리트(grooved concrete)로 포장된 활주로 영역에서 진행되었다. 고정형 시스템 시험 시 사용된 FOD와 같은 표준 FOD가 사용되었으며, 네 종류의 FOD가 각각 5개씩 준비되어 (원통 5개, 검은색 구 5개, 흰색 구 5개, 회색 구 5개) 1회 시험 시 총 20개의 FOD가 사용되었다. 아래 그림과 같이 활주로 중앙선을 기준으로 동쪽 반절 영역에 20개의 FOD를 4 × 5 배열로 놓았는데, 고정형 시스템 시험 시와 마찬가지로 활주로 경계선 쪽에 놓인 열은 경계선으로부터 약 3 m 안쪽으로 놓이도록 하고, 그 다음 열은 그로부터 약 8 m 안쪽으로, 그 다음 열들은 그로부터 약 6 m 씩 안쪽에 위치하도록 했다. 즉 고정형 시험 때와 마찬가지로 실질적인 탐지영역 1 m 안쪽에 모든 FOD가 놓이도록 하였다. 20개 FOD가 모두 놓이면 이동형 시스템 차량이 중앙선을 따라 북쪽에서 남쪽으로 60 km/h 속도로 이동하며 FOD를 탐지하도록 하였다. 탐지 결과를 확인하고, FOD를 그대로 둔 상태에서 이동방향을 반대로 하여 남쪽에서 북쪽으로 60 km/h 속도로 이동하며 FOD 탐지시험을 하였다. 그 뒤 이 두 과정을 한 번 더 반복하였다. 그리고 나서, 이 모든 과정을 FOD가 중앙선을 기준으로 서쪽 반절영역에 대칭으로 놓이도록 한 뒤 동일하게 반복하였다.



< 이동형 시스템 시험 시 표준 FOD의 배치 (FODsms X로 표시) >

활주로 동쪽 반절 영역에 20개의 FOD를 놓은 뒤 남에서 북으로 이동하며 2회, 그 반대로 이동하며 2회 시험을 진행했고, FOD를 활주로 서쪽 반절 영역에 놓은 뒤 이 과정을 동일하게 반복했으므로, 총 20 × 2 × 2 × 2 = 160 번의 개별 탐지 시험을 완료했다. 그 결과는 다음과 같다.

< 표준 FOD에 대한 이동형 시스템의 탐지성능 시험결과 >

시험 차수	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
1	20	20	0	100	평균 0.19m (최소 0.03m, 최대 0.37m)
2	20	20	0	100	평균 0.15m (최소 0.04m, 최대 0.37m)
3	20	20	0	100	평균 0.17m (최소 0.03m, 최대 0.35m)
4	20	20	0	100	평균 0.25m (최소 0.05m, 최대 0.69m)
5	20	20	0	100	평균 0.23m (최소 0.04m, 최대 0.44m)
6	20	20	0	100	평균 0.21m (최소 0.08m, 최대 0.48m)
7	20	20	0	100	평균 0.21m (최소 0.06m, 최대 0.44m)
8	20	20	0	100	평균 0.27m (최소 0.08m, 최대 0.49m)
계	160	160	0	100	평균 0.21m (최소 0.03m, 최대 0.69m)

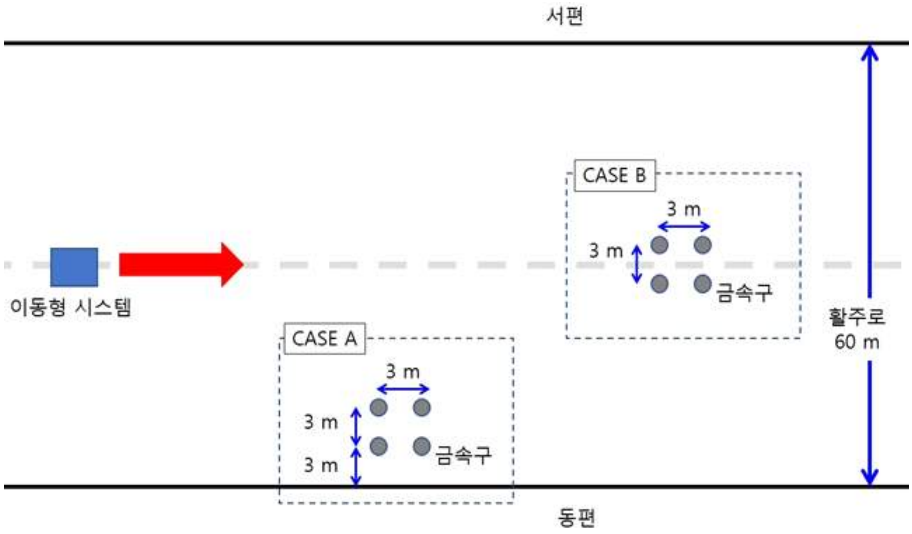
탐지율은 100 % 였고, 시험 중 시험구역 내에서 오탐지나 미탐지는 발견되지 않았다. 총 160건의 개별 시험에 대한 위치정확도는 평균 0.21 m, 최소 0.03 m, 최대 0.69 m였다.

2) -30dBsm FOD에 대한 시험

제조자 사양에 따르면 최소 -30 dBsm까지의 FOD가 탐지 가능한데, 이에 대한 평가는 고정형 시스템 시험 시 사용한 -30dBsm 금속구를 4개 이용하여 홈이 파인 아스팔트 구역에서 이루어졌다. AC 150/5220-24에 따라 3 m 이상 떨어져 있는 FOD는 개별 FOD로 각각 탐지되어야 하는데, 이를 -30 dBsm FOD에 대한 탐지 성능과 같이 확인하기 위해 활주로에 -30 dBsm 금속구 4개를 3 m 간격으로 놓고 시험을 진행하였다. FOD가 놓인 위치에 따라 다음 그림과 같이 두 개의 CASE에 대해 시험하였다.

CASE A는 활주로 동편에 4개의 -30 dBsm 금속구가 3 m간격으로 정사각형 모양으로 놓인 경우다. 이 때 활주로 쪽 금속구는 활주로 경계와 거리가 약 3m가 되도록 하였다. 실질적인 탐지구역 1 m 안쪽에 FOD가 놓이고 그로부터 3 m 안쪽에 다시 FOD가 놓인 것이다. 이 상태에서 남쪽에서 북쪽으로 이동형 시스템을 60 km/h 속도로 이동하며 FOD를 탐지하여 결과를 확인하였고, FOD를 그대로 둔 채 이번에는 북쪽에서 남쪽으로 이동하며 FOD를 탐지하였다.

CASE B는 활주로 중앙에 4개의 -30 dBsm 금속구가 3 m 간격으로 정사각형 모양으로 놓인 경우다. 이 상태에서 CASE A와 마찬가지로 북쪽에서 남쪽으로, 또 남쪽에서 북쪽으로 각각 60 km/h 속도로 이동하며 FOD를 탐지하여 그 결과를 확인하였다.



< 3m 떨어진 FOD 탐지성능 시험을 위한 -30dBsm 금속구 배치 (이동형) >

각 CASE 별로 4개의 FOD에 대해 북에서 남으로, 남에서 북으로 이동하며 총 2번 씩 탐지하였기 때문에, 총 4 × 2 × 2 = 16 번의 개별 탐지 시험을 완료했고, 그 결과는 다음과 같다.

< 표준 FOD에 대한 이동형 시스템의 탐지성능 시험결과 >

시험 CASE	개별탐지횟수	탐지성공횟수	오탐지 또는 미탐지 횟수	탐지율 (%)	위치정확도 (위치오차)
A	8	8	0	100	평균 0.40m (최소 0.06m, 최대 0.64m)
B	8	8	0	100	평균 0.26m (최소 0.09m, 최대 0.52m)
계	16	16	0	100	평균 0.33m (최소 0.06m, 최대 0.64m)

탐지율은 100 % 였고, 시험 중 시험구역 내에서 오탐지나 미탐지는 발견되지 않았다. 총 16 건의 개별 시험에 대한 위치정확도는 평균 0.33 m, 최소 0.06 m, 최대 0.64 m였다.

3) 정보가림 시험

고정형 시스템 시험 시 사용한 것과 동일한 FOD 15개를 대략 12 × 25 m 범위 안에 배치한 뒤, 활주로 중앙을 60 km/h 속도로 이동하며 시험하였고, 이를 한 차례 반복하여 총 2번 시험하였다.

< 실제 FOD에 대한 이동형 시스템 탐지성능 시험결과 >

시험 차수	탐지대상 FOD	탐지된 FOD	미탐지 FOD	비고
1	15	15	0	-
2	15	15	0	1차 시험에서 FOD가 놓인 방향만 바꾸어 시험
계	30	30	0	탐지율 30 / 30 = 100%

탐지율은 100 % 였고, 시험 중 시험구역 내에서 오탐지나 미탐지는 발견되지 않았다. 총 30 건의 개별 탐지 건에 대한 위치정확도는 평균 0.21 m, 최소 0.05 m, 최대 0.53 m였다.

바. 기본기능에 대한 확인

1) 항공기 이동지역 내 감시

고정형 시스템의 경우 15L/33R 활주로와 근처 유도로 대부분 지역에 대해 감시를 제공하며, 이동형 시스템은 모든 활주로와 유도로의 대부분에 지역에 대해 감시를 제공한다. 일부 지역은 탐지제외구역으로 설정되었으며, 이에 대한 내용이 공항 운영부서와 공유되었다.

2) 이동지역 내 FOD 탐지 및 위치 식별

고정형 시스템과 이동형 시스템 모두, 한 개 또는 여러 개의 FOD 탐지가 가능하며 탐지된 FOD 위치 정보를 사용자에게 제공한다. 고정형 시스템은 콘솔 화면을 통해 탐지된 FOD의 위경도 좌표를 제공하며, 공항 위성사진 또는 지도 위에 탐지된 FOD의 대략적인 위치를 그래픽으로 보여준다. 추가로 EO 카메라가 제공되어 탐지된 FOD를 영상으로 확인해볼 수 있다. EO 카메라는 적외선 조명을 비추기 때문에 야간에도 흑백으로 영상을 제공한다. 이동형 시스템은 차량 내 PC 화면에 탐지된 FOD의 위경도 좌표를 제공하며, 위성사진 또는 지도 위에 차량과 탐지된 FOD의 대략적인 위치를 그래픽으로 보여준다. 이동형 시스템 역시 EO 카메라가 제공되어 탐지된 FOD를 영상으로 (야간에는 적외선 조명을 통해 흑백영상으로) 확인해볼 수 있다.

3) 사용자 경보

FOD가 탐지되면 즉시 시청각적 경보를 제공한다. 고정형 시스템은 콘솔에 경보 알림을 띄우며 사이렌 소리를 제공한다. 이동형 시스템은 차량 내 PC에서 경보 알림을 띄우고 마찬가지로 사이렌 소리를 제공한다.

4) 다른 시스템에 대한 영향

美 Aviation Consulting Service International LLC의 전파영향성 시뮬레이션과 ㈜웨이브텍을 주체로 이루어진 실증검사 (ILS 특별비행검사 및 음영검사) 결과 FOD 탐지 시스템은 공항 운영 시스템에 영향을 주지 않았다 탐지 시험과 시험운영 . FOD 중에도 공항 시스템에 영향이 있었다는 보고가 없었다.

5) 공항 및 항공기 운영에 대한 영향

FOD 탐지 시스템은 공항 및 항공기 운영에 방해가 되지 않도록, ICAO 요구사항, 공항시설법, 인천공항운영규정 등을 적용하여 설치되었다. 시험 운영 중 공항 및 항공기 운영에 방해가 되었다는 보고는 없었다. 항공기가 활주로에서 이동하는 중에도 고정형 시스템을 운용할 수 있는데, 이 때 활주로 위의 항공기가 FOD로 탐지되는 경우가 있을 수 있다. 사용자는 EO 카메라 영상 및 캡처사진을 통해 항공기임을 확인하고 해당 FOD 탐지 내역을 수동으로 삭제할 수 있다. ㈜웨이브텍에서는 소프트웨어 업그레이드를 통해 탐지된 FOD가 사라지면 이를 자동으로 삭제하는 기능을 추가할 예정이다. 이 기능이 추가되면 항공기가 FOD로 탐지되어도, 항공기가 탐지 구역을 벗어나면 해당 탐지 내역이 자동으로 삭제될 것이다.

6) FOD 데이터 기록 제공

FOD 탐지 내역이 저장되어, 사용자는 FOD 발생시간, 처리시간, 위치, 이물질 등의 조건으로 데이터를 조회할 수 있다. 또, 수거된 FOD 건들에 대해서는 기간, FOD 종류, 발생기간, 발생구역에 따른 통계를 조회할 수 있는 기능이 제공된다.

사. 탐지성능에 대한 확인

1) 물체의 탐지

탐지구역 내에 대한 시험 결과, 고정형 시스템은 -0 dBsm 금속구와 AC 150/5220-24에 따른 표준 FOD 대해 100 % 탐지율을 보였고, 실제 FOD에 대한 탐지율은 97.8 %를 보였다. -30dBsm 금속구 탐지 시험을 통해 3 m 이상 떨어진 FOD는 개별로 탐지된다는 것을 확인하였다. 이동형 시스템은 -30 dBsm 금속구와 AC 150/5220-24에 따른 표준 FOD 대해 100 % 탐지율을 보였고, 실제 FOD에 대한 탐지율도 100 %를 보였다. -30 dBsm 금속구 탐지 시험을 통해 3m 이상 떨어진 FOD는 개별로 탐지된다는 것을 확인하였다. 실제 FOD에 대한 시험결과는, 준비된 FOD 상태나 놓인 방향에 따라 달라질 수 있기 때문에, 정량적으로 정확한 시스템의 성능이라고 보기는 어려울 것이다.

2) 위치측정 정확도

고정형 시스템의 경우, 표준 FOD 탐지에 대한 위치정확도는 평균 0.34 m (최소 0.02 m, 최대 1.38 m) 였다. 총 576 건의 탐지 건 중 574 건의 위치정확도는 모두 1 m 이내였고, 나머지 두건은 각각 의 정확도를 보였다 두 건이 1.00 m, 1.38 m. 나머지 건들과 다르게 1 m를 벗어난 이유는 명확하게 파악되지 않았으나, 시험 중 주변 환경의 영향(주변 유지보수 차량의 영향, 활주로 위 생물체의 영향)을 한 가능성으로 생각해볼 수 있다. 탐지 교차구역에 대한 시험과 3 m 이격 탐지 시험을 포함한 -30 dBsm FOD에 대한 위치정확도는 평균 0.31 m (최소 0.08 m, 최대 0.73 m) 였다. 정보가림시험에 대한 위치정확도는 평균 0.38 m (최소 0.10 m, 최대 0.91m) 였다. 앞서 언급했듯이, 레이더가 멈춘 상태에서 스캔할 경우, 스캔 시작 2분 후 FOD를 탐지하여 결과를 기록했다.

이동형 시스템의 경우, 표준 FOD에 대한 위치정확도는 평균 0.21 m (최소 0.03 m, 최대 0.69m), -30 dBsm FOD에 대한 위치정확도는 평균 0.33 m (최소 0.06 m, 최대 0.64 m), 정보가림 시험에 대한 위치정확도는 평균 0.21 m (최소 0.05 m, 최대 0.53 m) 였다.

3) 점검빈도

고정형 시스템은 지속적 탐지 시스템(Continuous Detection System)이며 공항 측이 요구한시점·시간에 탐지구역을 연속으로 탐지하는 기능을 제공한다. 항공기 이착륙 및 이동과 관계없이 운영하는 것과 이착륙이 없을 때만 운영하는 것이 모두 가능하며, 이 중 어떻게 운영될지는 아직 결정되지 않았다. 이착륙이 없을 때만 운영될 경우 공항 시스템과 연계하여 레이더 스캔을 자동으로 ON/OFF 하는 것이 가능하다. 이 경우 앞서 언급했듯이 레이더 스캔이 자주 ON/OFF 되어 스캔 시작 시 위치정확도가 영향을 받는 경우가 잦아지는데, 이에 대해서는 스캔 시작 2분 동안 FOD 탐지를 할지 하지 않을지 공항 측에서 결정하고 ㈜웨이브텍에서 그에 따라 설정을 변경하기로 협의되었다. 이동형 시스템은 이동형 탐지 시스템(Mobile Detection System)이며, 차량에 탑재되어 공항 운영부서에서 결정한 점검 빈도에 따라 필요한 시점에 바로 이동 및 동작시킬 수 있다.

4) 탐지 반응시간

고정형 시스템의 1회 스캔 시간은 1분이며, 2회 연속 같은 위치에서 탐지되면 FOD로 간주되어 콘솔 상에 보고된다. 탐지 시간은 3분 미만이다. 이동형 시스템의 1회 스캔 시간은 1초이며, 마찬가지로 2회 연속 같은 위치에서 탐지되면 FOD로 간주되어 차량 내 PC를 통해 보고된다. 스캔 구역 내에 들어온 FOD의 탐지 시간은 3초 이내이다.

5) 감시구역

고정형 시스템과 이동형 시스템 모두, 공항 측과 협의된 구역에 대해 감시를 제공하며, 탐지 가능 구역과 탐지제외구역에 대한 정보가 공항 운영부서에 공유되었다.

6) 악기상 하 성능

고정형 시스템 시험이 가능한 6월 12일부터 11월 30일까지, 15L/33R 활주로의 모든 NOTAM시에 대해 우천 여부를 확인하였는데, 두 차례 시간당 1 ㎜ 이하의 비가 왔던 것 빼고는 비가오지 않았다 워낙 미량의 강수량이었기 때문에 이 때 악기상 하 성능시험을 하는 것은 의미 없었다. 실제로 이 때 고정형 시스템 탐지 시험 중이었는데, 탐지 성능에 영향이 없었던 것을 확인했다. 16R/34L 활주로에서 이동형 시스템 시험이 가능한 일자에도 비는 없었다. 따라서 고정형 및 이동형 시스템 모두에 대해 악기상 하 성능시험은 진행되지 않았다.

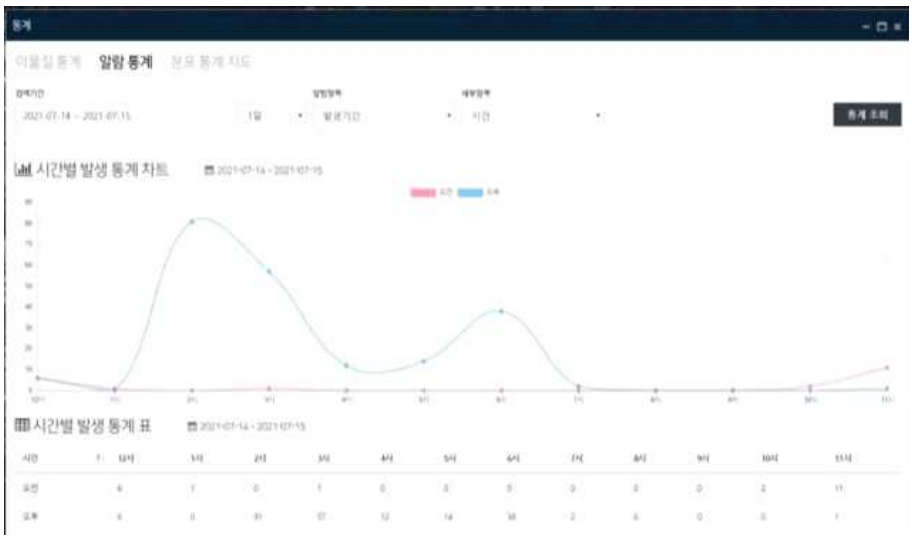
7) 경보

고정형 시스템과 이동형 시스템 모두, FOD가 탐지하면 즉각 사용자에게 시청각적인 경고를 준다. 탐지된 FOD의 위경도 좌표가 바로 제공되며, 위성사진 또는 지도상에 FOD의 대략적인 위치를 표시해준다. 또한 EO 카메라를 통해 FOD의 크기나 형태를 확인해볼 수 있다. 운용자는 제공된 정보를 바탕으로 FOD 제거의 시급성을 판단할 수 있다. AC 150/5220-24에서는 90일간의 실제운영 데이터로 오경보율을 평가하도록 되어있다. ㈜웨이브텍의 FOD 탐지 시스템은 90일 이상 시험운영 또는 실제운영이 이루어지지 않아 오경보율은 평가되지 않았다.

아. 시스템 출력에 대한 확인

1) 탐지 데이터

FOD가 탐지되면, 탐지 날짜와 시간 그리고 위경도 좌표 등의 정보가 자동으로 FOD 미확인 이물질’ 리스트에 추가된다. 이 리스트에서 오탐지 건은 사용자가 수동으로 삭제할 수 있고, 오탐지가 아닌 건은 FOD 종류 등을 입력하여 저장할 수 있다. 이렇게 저장된 건들은 ‘이물질 발생목록’에 자동으로 추가된다. 따라서 ‘이물질 발생목록’에서는 사용자가 확인하여 저장한 FOD 탐지건에 대해 탐지시간, 위치 등을 확인할 수 있다. FOD 수거를 끝낸 후, 사용자는 수거일시 및 기존 탐지일시, FOD의 크기 및 종류 등을 저장하여 수거완료 처리를 할 수 있다. 수거완료 처리된 건들은 제어 프로그램이 제공하는 통계 기능에 활용된다. 위 과정에서 생성 및 입력된 FOD 관련 정보는 사용자가 삭제하지 않는 한 모두 데이터베이스에 저장되며 제어 프로그램이 종료되더라도 저장이 유지되고, 사용자가 원할 때 조회하여 다시 확인할 수 있다.



< 생성된 통계 차트 예시 >

2) 데이터의 표시

고정형과 이동형 시스템 모두, 탐지된 FOD의 위치를 지도 (또는 위성사진) 위에 그래픽으로 표시해주며 동시에 위경도 좌표로도 제공한다. 지도 위에 표시를 통해 FOD의 대략적인 위치를 알 수 있다. 이동형 시스템의 경우, 차량 이동에 따른 위치 변화를 실시간으로 지도 (또는 위성사진) 위에 표시해 주기 때문에, 차량에 대한 FOD의 상대적인 위치를 실시간 그래픽으로도 확인할 수 있다.

3) 데이터의 관리

FOD 탐지 및 수거 과정에서 생성 및 입력된 데이터는 데이터베이스에 디지털 형식으로 기록되어 공항 운영부서에서 원하는 때까지 저장을 유지할 수 있다.

자. AC/150/5220-24 성능기준 항목별 평가결과 요약

요구사항		KTL 검토결과
기본기능	공항에서 지정한 대로 항공기 이동 지역(AOA) 내 감시를 제공해야 한다.	공항에서 지정한 구역 내 감시기능 제공함.
	AOA 내에 있는 하나 또는 여러 개의 FOD를 탐지하고 그 위치를 식별해야 한다.	탐지 구역 내 한 개 또는 복수개의 FOD를 탐지하는 기능을 제공함.
	FOD가 탐지되면 사용자에게 경보를 제공해야 한다.	시청각 경보를 제공함.
	공항 및 항공기 통신, 항행 및 감시 시스템과 동시에 운영될 수 있어야 하며, 이러한 시스템을 방해해서는 안된다.	공항의 타 시스템에 방해되지 않음.
	일반 공항 및 항공기 운영(예 : 항공기 및 차량의 이동)과 동시에 운영될 수 있어야 하며, 이를 방해해서는 안된다	공항과 항공기 운영에 방해되지 않음.
	장비의 조정 및 정비, 그리고 FOD 발생 건에 대한 분석이 가능하도록 탐지된 FOD에 대한 데이터 기록을 제공해야 한다.	FOD 발생 및 수거 데이터가 기록됨. 조건에 따라 검색하고 통계 낼 수 있는 기능이 제공됨.
탐지성능		
물체의 탐지	FOD 탐지시스템은 반드시 다음과 같은 물체들을 탐지할 수 있어야 한다. (이동형 시스템은 최저 30km/h 속도로 이동하면서 이러한 기능을 수행할 수 있어야 한다.)	이동형 시스템 시험은 모두 60 km/h 이동속도에서 진행되었으며, 결과는 아래 참조.
	페인트칠이 되어있지 않은 금속 재질의 원통형으로, 높이가 3.1cm, 지름이 3.8 cm인 물체	고정형 및 이동형 시스템에 대한 표준 FOD 및 -30 dBsm 금속구 탐지시험 결과 100 % 탐지됨. 단, 활주로 구조와 레이더 특성의 영향으로 탐지되지 않는 경우가 있을 수 있음.
	백색, 회색 또는 검정색의 구체로, 직경 4.3cm의 물체 (예 : 표준 골프공 크기)	
	운용하고자 하는 3. 신호범위 내 가로 세로 30m 크기 정사각형 모양 구역에 다음과 같은 물체가 놓여있을 경우, 그 중 90%를 탐지할 수 있어야 한다. - 아스팔트 또는 콘크리트 덩어리 - 활주로 등화시설의 일부분 - 길이 20cm 이하의 조절렌치 - 길이가 최소 5cm 이상인 딥 소켓 - 항공기 바퀴에서 나온 고무 조각 - 길이 20cm 이하의 변형된 금속 조각 - (항공기 또는 차량) 연료주입구 마개 - 대형(러그) 너트 - (항공기 또는 GSE) 길이 20cm 이하의 유압선 - 흰색 PVC 파이프 (직경 5cm)	고정형 시스템에 대한 시험결과 탐지율 97.8%, 이동형 시스템에 대한 시험결과 탐지율 100 %을 보임.
	위 나열된 물체가 서로 3m가 넘지 않는 거리에 있는 경우에도 이를 개별 물체라는 것을 식별할 수 있어야 한다.	3 m 떨어진 FOD가 모두 개별 식별됨. 단, 활주로 구조와 레이더 특성의 영향으로 탐지되지 않는 경우가 있을 수 있음
위치정확도	FOD 탐지시스템은 FOD가 탐지된 경우 반드시 FOD의 실제 위치로부터 5.0m 거리 이내의 위치 정보를 제공해야 한다.	시험 결과 모두 5 m 이내 정확도를 보임. 576 건의 표준 FOD에 대한 고정형 시스템 시험 중 2 건의 정확도가 1.38 m, 1.00 m 로 나타났으며, 나머지 모든 시험에 대해 정확도 1 m 이내를 보임.

점검 빈도	1. 지속적 탐지시스템은 비행 운영 도중 활주로 표면을 지속적으로 점검할 수 있도록 반드시 지속적인 운영을 지원해야 한다. 비행 운영 시간은 공항마다 다르며,이는 사용자가 지정한다.	고정형 시스템 : 공항 측이 요구한 시점 · 시간에 탐지구역을 연속으로 탐지 가능.
	2. 이동형 탐지 시스템은 의무적인 공항 안전 자가점검(권고회람150/5200-18에 의한 점검)을 강화하기 위해 반드시 이동이 가능한 운영능력을 지원해야 한다. 이 점검의 빈도는 공항마다 다르며, 사용자가 빈도를 지정한다.	이동형 시스템 : 차량에 탑재되어 공항 운영부서에서 결정한 점검 빈도에 따라 필요한 시점에 바로 이동 및 동작시킬 수 있음.
탐지 반응시간	(a) 항공기 이동 간 경보를 울리도록 설계된 지속 운영식 FOD 탐지 시스템은 반드시 항공기의 이동 간 활주로의 표면 점검을 실시해야 한다. (b) 그 외 지속 운영식 FOD 탐지 시스템은 반드시 공항에서 설정한 시기에 점검 최신정보를 제공해야 하며, 이 시간은 일반적으로 FOD 발생 후 4분 이내이다.	탐지 구역 내 FOD 발생시 반응시간은 다음과 같음. 고정형 시스템 : 3분 내 탐지 이동형 시스템 : 3초 내 탐지
감시 구역	공항 운영자는 항공기 이동 구역 내 FOD 탐지가 필요한 목표 감시(탐지) 구역을 설정한다. 이 구역은 일반적으로 해당 공항의 FOD 관리 계획을 기반으로 지정된다. 최우선 탐지 대상은 활주로이다(활주로 전체를 탐지하는 것이 불가능한 경우, 공항운영자는 활주로의 특정 일부분을 지정할 수 있다). 기타 지역은 이보다 중요도가 낮으며, 포장면, 비표장면, 비기동지역 순서로 우선순위가 내려간다. 특정 감시 구역 내에 탐지가 불가능한 위치가 있는 경우 FOD 탐지 시스템 제작자는 공항 운영자에게 이를 반드시 통보해야 한다.	공항 측과 협의된 구역에 대해 감시 기능 제공함. 탐지가능 구역과 탐지제외구역에 대한 정보가 공항 운영부서에 공유됨.
악기상 하 성능	FOD 탐지 시스템은 반드시 맑은 기상뿐 아니라 악기상 조건에서도 성능을 증명할 수 있어야 한다. 맑은 기상 조건에서는 항 공기 이동 지역의 포장면이 건조할 것으로 예상되나, 악기상 조건에서는 포장면이 비, 눈 또는 혼합 강수로 인해 젖은 상태 일 것이다.	시험 기간 내 악기상 환경이 조성되지 않아 검토되지 않음.
경보	탐지 시스템은 스캔 FOD 구역 내 FOD가 있다는 것을 반드시 시스템 운영자에게 경보로 알릴 수 있어야 한다. 이 경보는 공항 관리자가 위험의 심각성을 평가하고 물체의 제거가 필요한지를 판단하기에 충분한 양의 정보를 제공하여야만 한다.	요구사항을 만족함
	오경보(공항 운영자로 하여금 실제로는 존재하지 않는 이물질 제거 조치를 취하게 만드는 경보)는 최소화해야하며, 다음 기준을 초과해서는 안 된다. 1. 시각 탐지 성능을 가진 FOD 탐지 시스템의 경우 90일 기간 동안 평균이 일일 1회를 초과해서는 안 된다. 2. 시각 탐지 성능이 없는 FOD 탐지 시스템의 경우, 90일 기간 동안 평균이 일일 3회를 초과해서는 안 된다.	90일 이상 시험운영 또는 실제운영이 이루어지지 않아 평가되지 않음.
시스템 출력		
탐지 데이터	모든 FOD 탐지 시스템은 탐지된 FOD에 대한 데이터 기록을 자동으로 제공해야한다. 1. 기록은 최소한 다음의 정보를 포함해야 한다. (i) 경보 시각 및 일자 (ii) FOD 물체의 위치 2. 추가로 다음의 정보 기록이 권고되나, 의무사항은 아니다. (i) 탐지 또는 수거된 FOD에 대한 설명 (ii) FOD 수거 시각 및 일자 (iii) 경보 발생 시각 및 일자 (iv) FOD를 탐지/조사하는 인원의 이름 (v) 수거된 FOD 물체의 사진 (확보가 가능한 경우) (vi) 관리의 연속성 정보	요구사항을 만족함
데이터의 표시	FOD 탐지 데이터는 조정된 방식에 따라 공항 지도에 표시하거나, 운영자의 콘솔에 시현되도록 하거나, 또는 무선 통신 장비로 방송되도록 할 수 있다. 어떤 정보가 표시될 것인지는 공항에서 공항 시스템 운영에 맞도록 선택하게 한다.	요구사항을 만족함
데이터 관리	FOD 탐지 과정에서 수집한 데이터는 디지털 방식으로 기록해야한다. 데이터 기록 시스템은 데이터를 탐지 후 최소 2년 간 보존할 수 있는 기능을 구비해야 한다.	요구사항을 만족함

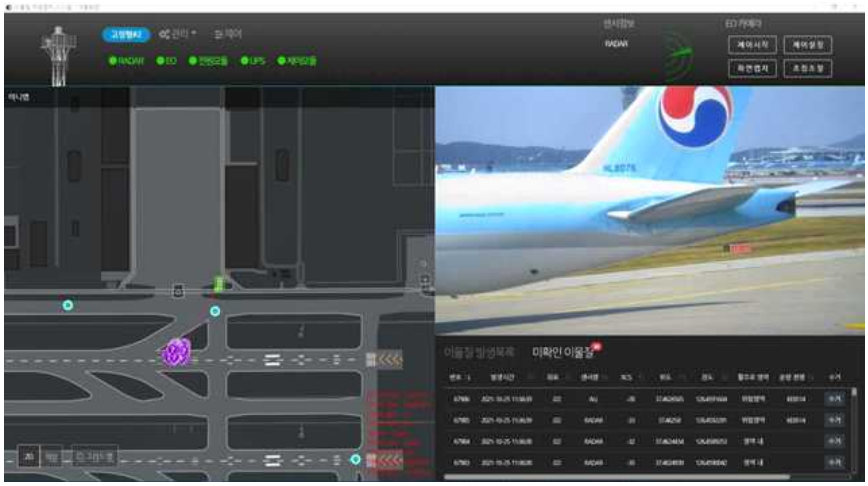
차. 시범운영 결과

2021년 10월 13일부터 11월 26일까지 고정형 시스템에 대한 주간 시험운영이 이루어졌으며, 운용 중 항공기 운항이나 공항의 타 시스템에의 영향은 보고되지 않았다. 시범운영 결과는 다음과 같다.

< 고정형 시스템 주간 시범운영 결과 >

날짜	운용시간	날씨	운용결과
10월13일	13:00 ~ 15:00시	맑음	곤충 2건 탐지
10월14일	13:00 ~ 15:00시	맑음	곤충 2건 탐지, 항공기 1차례 탐지 (30여건의 FOD가 몰려 있는 것으로 탐지)
10월18일	13:00 ~ 15:00시	맑음	시설물 1건 탐지
10월19일	13:00 ~ 15:00시	맑음	미확인 FOD 1건 탐지(EO카메라로 정확한 종류 확인 불가), 시설물 1건 탐지
10월20일	13:00 ~ 15:00시	맑음	곤충 2건 탐지
10월21일	13:00 ~ 15:00시	맑음	조류사체 및 조류 각 1건 탐지, 곤충 2건 탐지
10월22일	13:00 ~ 15:00시	맑음	곤충 1건 탐지, 줄눈 보수 1건 탐지
10월25일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	잡초 1건 탐지, 항공기 1건 탐지
10월26일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	항공기 2차례 탐지(100~110여건의 FOD가 몰려있는 것으로 탐지), 곤충 2건 탐지, 고무조각 1건 탐지
10월27일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	항공기 1건 탐지
11월01일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	고무조각 1건 탐지, 곤충 2건 탐지
11월02일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월03일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월04일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	시설물 1건 탐지
11월05일	11:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	시설물 1건 탐지
11월08일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	곤충 2건 탐지, 미확인 FOD 2건 탐지(EO카메라로 정확한 종류 확인 불가), 고무 1건 탐지
11월09일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월10일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월11일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월12일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월15일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	시설물 1건 탐지
11월16일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	미확인 FOD 1건 탐지(EO 카메라로 정확한 종류 확인 불가)
11월17일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	벌레 및 조류사체 각 1건 탐지
11월18일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	흐림	탐지없음
11월19일	10:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월22일	09:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	비	미확인 FOD 1건 탐지, 시설물 1건 탐지
11월23일	09:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월24일	09:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	항공기 1차례 (50여건의 FOD가 두 곳에 몰려 있는 것으로 탐지)
11월25일	09:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음
11월26일	09:00 ~ 12:00시, 13:00 ~ 15:00시	맑음	탐지없음

탐지되면 EO카메라 영상으로 어떤 종류의 FOD 인지 확인해볼 수 있다. 활주로 위에 FOD가 있는 것은 확인되지만 어떤 종류인지까지는 영상으로 확인되지 않는 경우가 있었는데, 이들은 위 표에 미확인 FOD로 표기하였다. 영상 확인결과, 활주로 근처 시설물과 그로 인한 난반사로 인해 오탐지된 건들이 있었는데, 이는 아직 탐지제외구역 설정이 완료되지 않았기 때문이다. ㈜웨이브텍에서는 시험운영 중 시설물로 인한 오탐지 데이터를 참고하여 탐지제외구역 설정을 보완할 예정이다.



< 레이더 앞 항공기로 인한 탐지결과 >

그 밖에, 유도로 상의 항공기로 인한 탐지가 있었다. 15L/33R 활주로와 고정형 플랫폼 사이에는 유도로가 있는데, 이 유도로 위 항공기가 레이더 앞에서 이동하며 레이더 탐지에 영향을 끼치는 경우가 생긴다. (위 화면의 왼편 지도에서 파란색 점은 항공기, 초록색 표시는 고정형 플랫폼, 보라색 도형은 FOD 탐지 건을 나타낸다.) 위 사진은 레이더 바로 앞 항공기로 인해 여러 개의 FOD가 한 구역에 몰려있는 것으로 탐지된 건인데 이 경우 FOD 개별탐지 건에 대해 일일이 경보가 울리지는 않는다. ㈜웨이브텍의 고정형 시스템은 새로운 FOD 탐지 건이 아무리 많이 발생해도, 1분에 한 번씩만 경보를 울려 1분간의 새 탐지 건을 한꺼번에 몰아서 사용자에게 보고한다. 따라서, 위와 같이 항공기처럼 큰 물체로 인해 여러 개 FOD가 탐지되는 건에 대해서 보통 한 번의 경보만 사용자에게 전달된다. 즉, 한 번의 경보에 여러 개 탐지 결과가 미확인 이물질 리스트에 추가되는 것이다. 위와 달리 항공기가 한 건의 FOD로만 탐지된 건들도 있었는데, 이는 모두 레이더 근처에서 두 대의 항공기가 이동 중인 경우였다. 첫 번째 항공기가 스캔되고 1분 후 비슷한 위치에서 두 번째 항공기가 스캔되며, 각 스캔에 대한 여러 건의 탐지 결과 중 겹치는 한 건만 사용자에게 보고되었기 때문으로 보인다. (겹치는 건이 두 건이었다면 두 개의 탐지 건으로 보고되었을 것이다.) 항공기가 해당 지역을 벗어나면 항공기에 의한 탐지는 더 이상 없을 것이다. ㈜웨이브텍에서는 소프트웨어 업그레이드를 통해 항공기가 이동하여 항공기로 인한 탐지 건이 더 발생하지 않으면 자동으로 탐지내역을 삭제하는 기능을 추가할 계획이다. 항공기와 시설물에 의한 탐지 건을 제외하면, 시험운영 동안 발생한 FOD는 주로 곤충, 조류와 관련된 것들이 가장 많았으며(17건), 그 다음 FOD는 고무조각(7건)이 많았다. 이동형 시스템은 성능시험 후 공항 측의 요청으로 EO 카메라 제거, 차량 내 하드웨어 재배치 등의 개조가 있었고, 개조 후 아직까지 시험운영 또는 실제운영은 없었다.

카. 결과요약

AC 150/5220-24의 성능 요구사항을 적용하여 인천국제공항에 설치된 ㈜웨이브텍의 고정형 및 이동형 FOD 자동탐지 시스템에 대한 성능평가를 진행하였다.

FOD 탐지성능 평가를 위한 시험방법과 과정을 기술하였고, 그 결과를 분석하였다. 시험 결과값은 모두 AC 150/5220-24의 성능 요구범위 안에 들어왔으나, 위치정확도 시험 결과값 총 926건 중 2건은 제조자 제시기준 1m 를 벗어났다. 그 원인을 명확히 파악할 수는 없지만 시험 중 주변 환경의 영향(주변 유지보수 차량의 영향, 활주로 위 생물체의 출몰)을 한 가능성으로 생각해볼 수 있다. 악기상 하 탐지성능 시험은, 시험 가능일자에 악기상 조건이 형성되지 않아 진행되지 않았다. 그 밖에, 기본 기능 및 시스템 출력에 대해 확인하였고, 이들이 AC 150/5220-24의 기준을 만족하는 것을 확인하였다.

타. 연구수행 결과에 대한 산출물

① **[별책 7-2]** 공인전문시험기관 성능시험 결과보고서

4. 국내외 마케팅 추진

가. 국내 마케팅 추진

- 2017년도부터 국토교통기술 대전 및 ADEX 외 기타 전시회 참여를 통해 국내 홍보 추진

번호	제목	홍보일
1	ADEX 2017	2017.10.17. ~ 10.22
2	2018 국토교통기술대전	2018.06.07. ~ 06.08
3	2018 공군 정보통신 발전 컨퍼런스	2018.06.28
4	Inter Airport China 2018	2018.09.05. ~ 09.07
5	2019 국토교통기술대전	2019.05.29. ~ 05.31
6	ICAO Innovation Fair and 5th ICAO World Aviation Forum	2019.09.22. ~ 09.23
7	ADEX 2019	2019.10.15. ~ 10.20
8	Inter Airport China 2021 (온라인)	2021.09.06
9	ADEX 2021	2021.10.19. ~ 10.23
10	2021 국토교통기술대전 (온라인)	2021.12.08. ~ 12.10

나. 해외 마케팅 추진

1) 해외시장 마케팅 파트너인 PLEXTEK사와의 해외업체 사업 파트너 계약 체결

① Plextek은 인도네시아 파트너와 계약 체결/ 파트너를 통해 FOD 자동탐지시스템 사업기회 추구

② 기타 아시아권, 중동권지역에 다수의 업체와 파트너쉽 체결 후 개발종료 전 마케팅 진행

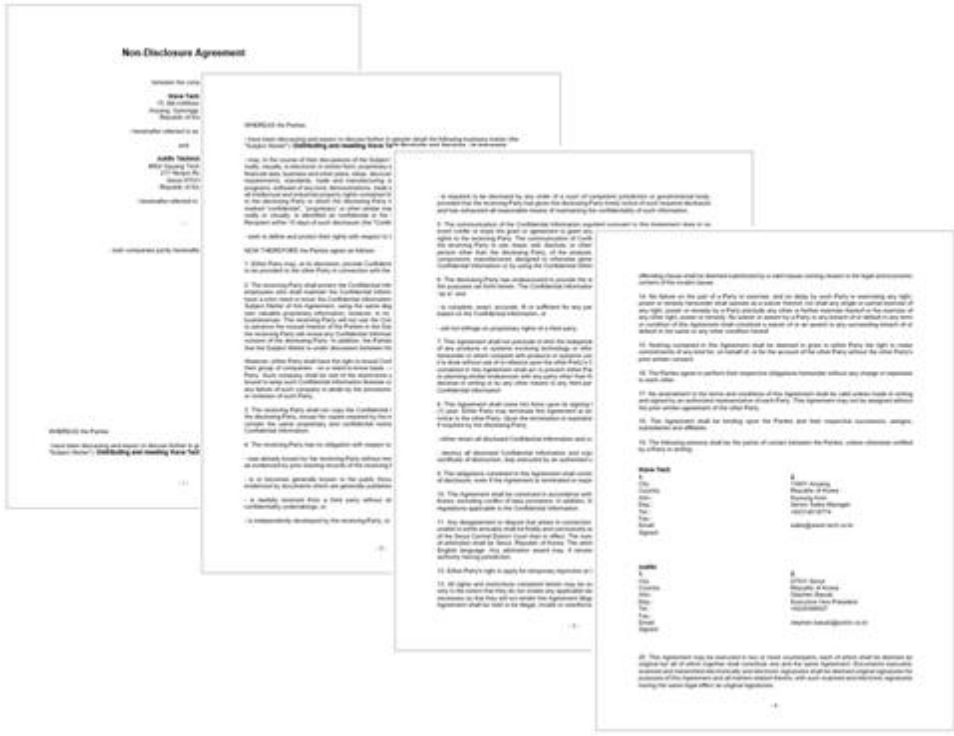


< PLEXTEK과의 AGENCY 계약서 >

2) 인도네시아 HLP 프로젝트 (Halim PerdanaKusumaAirport, Airbase)

① Acktiv사와 NDA체결 등 파트너쉽 및 해당 지역에서 Plextek사와의 마케팅에 협력 관계 구축

② 기타 아시아권, 중동권지역에 다수의 업체와 파트너쉽 체결 후 개발종료 전 마케팅 진행

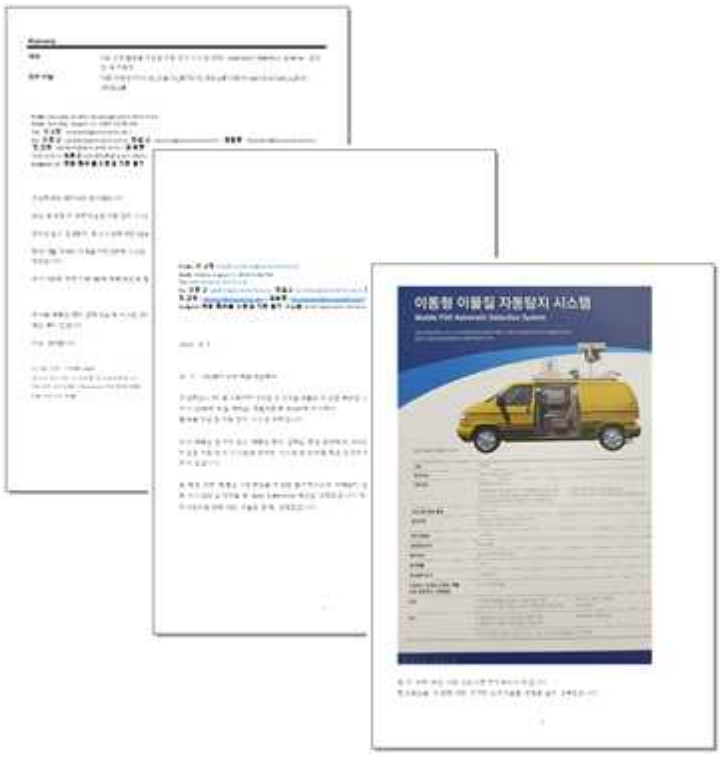


< PLEXTEK과 Acktiv와의 NDA 문서 >

3) 베트남 국가관리 공항에 대한 유사 FOD 자동탐지시스템, 장비 구매 프로젝트

① 이동형 이물질 자동탐지시스템 및 고정형 시스템과 유사 시스템에 대한 사업제안 문의 (POSCO INTL.사)

② 마케팅 자료(홍보영상 및 안내자료) 제공



< POSCO INTL.사와의 관련 E-mail >

4) 대만 Taoyuan 공항 FOD 자동탐지시스템 구축 프로젝트

① 2022년 국제공항 POC 테스트 입찰 공동 참여 제안 (SNU Precision사)

② 2~3개 활주로에 대한 고정형 시스템 구축 사업



< 해당 에이전트(SNU Precision)과의 관련 E-mail >

5. 7차년도 연구개발 추진체계



6. 7차년도 연구개발 추진일정

7차년도													
연구기관	연구내용	2021년											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
웨이브텍	현장운용시험 추진												
	수요처시범운용 지원												
	공인전문시험기관 성능시험 추진												
	운용 및 유지보수 매뉴얼 작성												
PLEXTEK SERVICE LIMITED	현장운용시험 지원												
	수요처시범운용 지원												
	공인전문시험기관 성능시험 지원												
	운용 및 유지보수 매뉴얼 작성												
영국전자	현장운용시험 지원												
	수요처시범운용 지원												
	공인전문시험기관 성능시험 지원												
	운용 및 유지보수 매뉴얼 작성												

유넷 컨버전스	통합운영시스템 S/W 최적화						
	고정형/이동형 제어모듈 S/W 최적화						
	단독운용모드 S/W 최적화						
	현장운용시험 및 S/W 안정화						
	현장운용시험 지원						
	수요처시범운용 지원						
	공인전문시험기관 성능시험 지원						
	운용 및 유지보수 매뉴얼 작성						
한국 공항공사	현장운용시험 지원						
	수요처시범운용 지원						
인천 국제공항공사	현장운용시험 지원						
	수요처 시범운용						
	공인성능시험 지원						
	국내외 홍보 지원						

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

○ 1년차

연구수행 목표		연구수행 결과
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 고정형 자동탐지 장치 기본설계	· 플랫폼 규격서 작성 완료 · 인터페이스 통제서 작성 완료 · 기본설계서 작성 완료
	· 이동형 자동탐지 장치 기본설계	· 플랫폼 규격서 작성 완료 · 인터페이스 통제서 작성 완료 · 기본설계서 작성 완료
	· 고정형/이동형 전원모듈 기본설계	· 전원공급모듈 규격서 작성 완료 · 인터페이스 통제서 작성 완료 · 기본설계서 작성 완료
	· 운용개념 및 시나리오 분석	· 운용개념 및 시나리오 연구보고서 작성 완료
	· 국내외 인증획득방안 분석	· 국내외 인증획득방안 연구보고서 작성 완료
	· 수요조사 및 개발 타당성 분석	· 수요조사 및 개발타당성 연구보고서 작성 완료
	· 마케팅 전략 수립	· 마케팅 전략 연구 보고서 작성 완료
공동연구기관1 PLEXTEK SERVICES LIMITED	· 프로토-타입 레이다 센서 모듈 기본 설계	· 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 규격서 작성완료 · 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 인터페이스 통제서 작성완료 · 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 기본설계 보고서 작성완료
공동연구기관2 ㈜엔티엔테크놀로지	· 프로토-타입 EO센서 모듈 기본설계	· 규격서 작성완료 · 인터페이스통제서 작성완료 · 기본설계보고서 작성완료
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 통합운용서버 기본설계	· 인터페이스 통제서 작성완료 · 기본설계서 작성완료 · 서버 사양서 작성완료
	· 통합운용콘솔 기본설계	· 운용 프로토콜 및 기본설계서 작성완료 · 기본설계서 작성완료 · 고정형 콘솔 사양서 작성완료
	· 통합운용 이동형 콘솔 기본설계	· 운용 프로토콜 및 기본설계서 작성완료 · 기본설계서 작성완료 · 이동형 콘솔 사양서 작성완료
	· 고정형 제어모듈 기본설계	· Protocol기능설계서 작성완료 · 데이터베이스 구조설계서 작성완료 · 인테페이스 통제서 작성완료 · 사양 설계서 작성완료 · 저장장치 사양서 작성완료
	· 이동형 제어모듈 기본설계	· Protocol 기능설계서 작성완료 · 데이터베이스 구조설계서 작성완료 · 인테페이스 통제서 작성완료 · 사양 설계서 작성완료 · 저장장치 사양서 작성완료
공동연구기관4 한국원자력연구원	· 프로토-타입 레이저 센서 모듈 기본설계	· 규격서 작성완료 · 인터페이스통제서 작성완료 · 개발 타당성 및 수요조사 보고서 작성완료 · 하드웨어 기본설계 보고서 작성완료 · 소프트웨어기본설계 보고서 작성완료 · 알고리즘기본설계 보고서 작성완료
공동연구기관5 한국공항공사	· 항행시스템 및 항공정보관리시스템 연계 운용을 위한 소프트웨어 기본설계	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계 운영을 위한 요구사항 도출을 통한 요구사항 기술 완료 · 요구사항 제약사항 및 해결방안 등에 대한 조사를 실시하여 항행시스템 연계 운영 소프트웨어, 운항정보관리시스템 연계 · 운항정보관리시스템 연계 운영 소프트웨어 요구사항 명세서

		작성완료 · 통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 요구사항 명세서 작성완료 · 항행시스템 연계 운영 소프트웨어 기본 설계 보고서 작성완료 · 운항정보관리시스템 연계 운영소프트웨어 기본 설계 보고서 작성완료 · 통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 기본 설계 보고서 작성완료
공동연구기관6 인천국제공항공사	· 성능 및 운영 요구사항 조사	· 기술수요분석 보고서 작성완료
위탁연구기관1 한서대학교	· FOD 자동탐지 시스템 민/군 요구사항 분석 · FOD 자동탐지 시스템 사양 도출	· 민/군 요구사항 조사 분석서 및 ROC 분석서 작성완료 · 유사장비 기술성능 분석서 작성 완료 · 해외 동향 분석서 작성 완료
위탁연구기관2 조선대학교	· 고정형/이동형 이물질 자동탐지 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계	· 규격서 작성완료 · 인터페이스 통제서 작성완료
위탁연구기관3 항공우주정책 연구원	· 목표의 적절성(AHP 0.5)	· 국내외 인증환경 및 제도 분석 연구보고서 작성완료 · 기존 인증사례 연구보고서 작성완료 · 국내외 성능시험 방안도출 연구보고서 작성완료

○ 2년차

연구수행 목표		연구수행 결과
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 시스템 체계 개발	· 요구사항 분석 · 운용시나리오 분석 · 시스템 규격 및 아키텍처 정의 · 시스템 인터페이스 개발 · 단위시험 실시
	· 고정형 플랫폼 프로토 타입 시제 상세설계 및 제작	· 고정형 구조물 개발완료 · 고정형 시스템렉 개발완료 · 고정형 전원공급모듈 개발완료 · 관련 산출물 작성 완료
	· 이동형 플랫폼 프토토 타입 시제 상세설계 및 제작	· 이동형 차량 개발완료(품평회 실시 예정) · 이동형 시스템렉 개발완료 · 이동형 전원공급모듈 개발완료 · 이동형 배터리팩 개발완료 · 이동형 수거장치 개발완료 · 관련 산출물 작성 완료
공동연구기관1 PLEXTEK	· 프로토-타입 레이다 센서 모듈 하드웨어 상세 설계 및 제작	· 프로토-타입 상세설계서 작성 완료 · 레이다 센서 모듈 프로토 시제 제작 완료
	· 프로토-타입 신호처리 소프트웨어 상세 설계 및 제작	· 신호처리 소프트웨어 상세설계 완료 · EO 센서프로세서 제작 완료
	· 프로토-타입 표적탐지 알고리즘 상세 설계 및 제작	· 표적탐지 알고리즘 상세설계 완료 · 레이다 센서 프로세서 제작 완료
공동연구기관2 ㈜영국전자	· 프로토-타입 하드웨어 상세 설계 및 제작	· 프로토-타입 상세설계서 작성 완료 · 프로토 시제 제작 완료
	· 프로토-타입 신호처리 소프트웨어 상세 설계 및 제작	· 신호처리 소프트웨어 상세설계 완료 · EO 센서프로세서 제작 완료
	· 프로토-타입 표적탐지 알고리즘 상세 설계 및 제작	· 표적탐지 알고리즘 상세설계 완료 (연차별 지속적 보완) · EO 센서프로세서 제작 완료
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 시스템 기능정의 및 설계	· 요구기능 정의서등 작성 완료
	· 통합운용시스템 상세설계	· 기능정의, 인터페이스 정의 및 설계 완료 · 데이터베이스 설계 완료 · 프로그램 명세 설계 완료 · UI 설계 완료
	· 통합운용서버 운용소프트웨어 프로토 버전 개발	· 데이터베이스 구축 완료 · 콘솔 및 제어모듈 연동 프로토버전 운용소프트웨어 개발 완료
	· 통합운용 고정형/이동형 콘솔 운용소프트웨어 프로토 버전 개발	· 고정형/이동형 콘솔 운용소프트웨어 프로토 버전 개발 완료

	· 통합운용 휴대용 콘솔 운용소프트웨어 프로토 버전 개발	· 휴대용 콘솔 운용소프트웨어 프로토 버전 개발 완료
	· 통합운용 이동형 콘솔 시제제작	· 이동형 콘솔 프로토타입 시제 제작완료
	· 기능정의 및 설계	· 요구기능 정의서등 작성 완료
	· 제어모듈 상세설계	· 기능정의, 인터페이스 정의 및 설계 완료 · 데이터베이스 설계 완료 · 프로그램 명세설계 완료
	· 운용소프트웨어 프로토버전 개발	· 센서 정보 수집 및 서버 연동 운용소프트웨어 프로토 버전 개발 완료
	· 고정형/이동형 제어모듈 시제 제작	· 프로토타입 시제 제작 완료
공동연구기관4 한국공항공사	· 항행시스템 및 운항정보관리 시스템 연계운용을 위한 소프트웨어 상세 설계	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계 운용을 위한 소프트웨어 기능, 인터페이스에 대한 상세 설계 완료
	· 상세설계보고서 작성	· 항행시스템 연계 운용 소프트웨어 상세 설계 보고서 작성 완료 · 운항정보관리시스템 연계 운용 소프트웨어 상세 설계 보고서 1종 작성완료 · 통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어 (UI)상세 설계 보고서 1종 작성완료
공동연구기관5 인천국제공항공사	· 요소별 상세설계 분석 지원	· 도출된 요구사항이 요소별 설계에 반영되었는지 분석 완료 · 요소별 설계분석 및 지원 보고서 1종 도출
	· 프로토타입 시제 제작 지원	· 공항 환경에 용이한 프로토타입 시제 사양 제시 · 공항 운영 시스템 연계 관련 자료 제공 · 프로토타입 시제 제작 지원 보고서 1종 도출
위탁연구기관1 한서대학교	· 주변 건물 조사 분석	· 주변 건물 조사 분석 완료
	· 활주로 주변 환경 조사 분석	· 활주로 주변 환경 조사 분석 완료
	· 안테나 및 장비 설치 지역 확보	· 안테나 및 장비 설치 지역 확보완료
위탁연구기관2 조선대학교	· 고정형 레이다 센서 모듈 안테나 상세 설계서 제출	· 고정형 레이다 센서 모듈 안테나 상세 설계 완료
	· 이동형 레이다 센서 모듈 안테나 상세 설계서 제출	· 이동형 레이다 센서 모듈 안테나 상세 설계 완료

○ 3년차

연구수행 목표		연구수행 결과
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 상세설계 및 제작	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 시스템 체계 상세설계 및 제작 완료 · 고정형 플랫폼 및 고정형 전원공급모듈 상세설계 및 제작 완료 · 고정형 안테나 상세설계 및 제작 완료 · 고정형 레이다 센서 모듈 상세설계 및 제작 완료 · 한서대학교 태안비행장에 고정형 플랫폼 설치 완료 · 한서대학교 태안비행장에서 고정형 플랫폼 및 고정형 레이다 센서 모듈, 고정형 EO 센서 모듈 성능검증 완료 (TTA 검증) · 고정형 플랫폼 및 고정형 레이다, EO 센서 모듈의 당해 연도 목표를 달성함 · 개발을 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 개발에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
	· 이동형 이물질 자동탐지 시스템 상세설계	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 시스템 체계 상세설계 완료 · 이동형 플랫폼, 이동형 전원공급모듈, 이동형 수거장치, · 이동형 배터리팩 상세설계 완료 · 이동형 안테나 상세설계 완료 · 이동형 레이다 센서 모듈 상세설계 완료 · 설계를 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행

		· 개발에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
공동연구기관1 PLEXTEK	· 고정형 레이다 센서 모듈 시제 상세설계 및 제작	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 고정형 레이다 센서 모듈 상세설계 및 제작 완료 · 센서와 제어모듈간의 인터페이스 상세설계를 위해 개발 업체간 주기적인 회의 및 협의를 실시 · 표적탐지 알고리즘 상세설계 및 보완완료 · 한서대학교 태안비행장에 설치된 고정형 플랫폼에 고정형 레이다 센서 모듈 설치 완료 · 한서대학교 태안비행장에서 고정형 레이다 센서 모듈 성능검증 완료(TTA 검증) · 고정형 레이다 센서 모듈의 당해연도 목표를 달성함 · 개발을 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 개발에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
	· 이동형 레이다 센서 모듈 시제 상세설계	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 이동형 레이다 센서 모듈 상세설계 완료 · 센서와 제어모듈간의 인터페이스 상세설계를 위해 개발 업체간 주기적인 회의 및 협의를 실시 · 설계를 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 설계에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
공동연구기관2 ㈜영국전자	· 고정형 EO 센서 모듈 시제 상세설계 및 제작	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 고정형 EO 센서 모듈 상세설계 및 제작 완료 · 센서와 제어모듈간의 인터페이스 상세설계를 위해 개발 업체간 주기적인 회의 및 협의를 실시 · 표적탐지 알고리즘 상세설계 및 보완완료 · 한서대학교 태안비행장에 설치된 고정형 플랫폼에 고정형 EO 센서 모듈 설치 완료 · 한서대학교 태안비행장에서 고정형 EO 센서 모듈 성능검증 완료(TTA 검증) · 고정형 EO 센서 모듈의 당해연도 목표를 달성함 · 개발을 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 개발에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
	· 이동형 EO 센서 모듈 시제 상세설계	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 이동형 EO 센서 모듈 상세설계 완료 · 센서와 제어모듈간의 인터페이스 상세설계를 위해 개발 업체간 주기적인 회의 및 협의를 실시 · 설계를 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 설계에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 통합운영시스템 상세설계 및 소프트웨어 개발	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 통합운영서버, 통합운영 콘솔 상세설계 및 소프트웨어 개발 완료 · 통합운영 UI 개발 완료 및 품평회 실시 완료 · 통합운영서버, 통합운영 콘솔의 당해연도 목표를 달성함 · 개발을 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 개발에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시

	· 고정형 제어모듈 상세설계 및 시제 제작 · 고정형 제어모듈 소프트웨어 개발	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 고정형 제어모듈 소프트웨어 개발 완료 · 고정형 제어모듈 시제 제작 완료 · 센서와 제어모듈간의 인터페이스 상세설계를 위해 개발업체간 주기적인 회의 및 협의를 실시 · 고정형 제어모듈의 당해연도 목표를 달성함 · 개발을 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 개발에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
	· 이동형 제어모듈 상세설계 및 소프트웨어 개발	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영하여 이동형 제어모듈 소프트웨어 설계 완료 · 센서와 제어모듈간의 인터페이스 상세설계를 위해 개발업체간 주기적인 회의 및 협의를 실시 · 설계를 진행함에 있어 주기적으로 TTA의 개발 프로세스 가이드를 받아 진행 · 설계에 관한 모든 자료를 문서화 및 관리 (TTA 검증) : 주관기관의 PMO를 통한 일정 및 개발 관리 실시
공동연구기관4 한국공항공사	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용을 위한 소프트웨어 상세 설계	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계 운용을 위한 소프트웨어 기능, 인터페이스에 대한 코딩 및 단위시험 수행
	· 항행 시스템 및 운항정보관리 시스템 연계 운용을 위한 소프트웨어 구현 및 단위시험	· 항행시스템 연계 운용 S/W 단위시험 결과보고서 1종 작성완료 · 운항정보관리시스템 연계운용 S/W 단위시험 결과보고서 1종 작성완료 · 통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 단위시험 결과보고서 1종 작성완료
공동연구기관5 인천국제공항공사	· 현장운용시험용 시제 상세설계 지원	· 단위시스템별 요구사항 부합여부 분석 완료 · 현장운용시험용 시제 상세설계 지원 보고서 1종 도출
	· 현장운용시험용 시제 제작 지원	· 현장운용시험용 시제 제작 사양 분석 완료 · 현장운용시험용 시제 제작 지원 보고서 1종 도출
위탁연구기관1 한서대학교	· 태안비행장 자체 테스트-베드 시험환경 구축	· 태안비행장 활주로 사용 및 시험 지원 완료
	· 현장운용시험용 시제 시험 지원	· 고정형 레이다 및 EO 센서 모듈 시험 지원 완료
	· 통합운용시험 인력지원 현황 및 작업일지	· 통합운용시험 인력 지원 및 작업일지 제출완료
위탁연구기관2 대구경북과학기술원	· 이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 설계	· 시뮬레이터 개발을 위해 요구사항 분석 및 시스템 설계, 성능 평가 사례 조사 등 수행완료 · 시뮬레이터 개발을 위해 필요한 탐지레이다 알고리즘 및 연구 진행 · 관련 연구논문 게재 완료(대한임베디드공학회 2018.02.) : 이물질 탐지 FMCW 레이다를 위한 저복잡도 초고해상도 알고리즘

○ **4년차**

성과 목표		자체 평가
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영한 고정형 시스템 보완 설계 · 고정형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 완료 · 고정형 레이다센서 모듈 제작기술이전 실시 및 제작완료 · 주기적인 개발프로세스 관리 수행 (TTA 검증 완료)
	· 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작	· RFP 및 수요처 요구사항을 반영한 이동형 시스템 설계 · 이동형 이물질 자동탐지 시스템 시제 제작 완료 · 이동형 레이다센서 모듈 제작기술이전 실시 및 제작완료 · 주기적인 개발프로세스 관리 수행 (TTA 검증 완료)
	· 고정형/이동형 시스템 체계통합	· 고정형 시스템 체계통합 및 시험 완료 (TTA 입회시험 완료) · 이동형 시스템 체계통합 및 시험 완료 (TTA 입회시험 완료)

		· 체계통합시험 결과보고서 1종 도출
공동연구기관1 PLEXTEK	· 고정형 레이다 센서 모듈 시제 제작	· 고정형 레이다센서 모듈 보완설계 및 제작 완료 · 고정형 레이다센서 제작기술 이전 수행 (웨이브텍) · 고정형 레이다센서 모듈 단위시험 수행 및 체계통합지원
	· 이동형 레이다 센서 모듈 시제 제작	· 이동형 레이다센서 모듈 설계 및 제작 완료 · 이동형 레이다센서 제작기술 이전 수행 (웨이브텍) · 이동형 레이다센서 모듈 단위시험 수행 및 체계통합지원
공동연구기관2 ㈜영국전자	· 고정형 EO센서 모듈 시제 제작	· 고정형 EO센서 모듈 보완설계 및 제작 완료 · 고정형 EO센서 모듈 단위시험 수행 및 체계통합지원
	· 이동형 EO센서 모듈 시제 제작	· 이동형 EO센서 모듈 설계 및 제작 완료 · 이동형 EO센서 모듈 단위시험 수행 및 체계통합지원
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 고정형/이동형 제어모듈 시제 제작	· 고정형 제어모듈 시제 제작 완료 · 이동형 제어모듈 시제 제작 완료
	· 고정형/이동형 제어모듈 소프트웨어 개발	· 고정형 제어모듈 소프트웨어 보완 개발 완료 · 이동형 제어모듈 소프트웨어 보완 개발 완료
	· 통합운영시스템 소프트웨어 개발	· 통합운영서버 소프트웨어 보완 개발 완료 · 통합운영 고정형/이동형/휴대용 콘솔 소프트웨어 보완 개발 완료
	· 단독운영모드용 통합운영 소프트웨어 개발	· 단독운영모드용 통합운영서버 소프트웨어 개발 완료 · 단독운영모드용 통합운영 이동형 콘솔 소프트웨어 개발 완료 · 단독운영모드용 이동형 제어모듈 소프트웨어 개발 완료
공동연구기관4 한국공항공사	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합 및 시험	· 항행시스템 및 운항정보 관리시스템 연계 운용 소프트웨어 통합시험 및 신뢰성시험 결과보고서 1종 도출
공동연구기관5 인천국제공항공사	· 시스템 체계통합시험 지원	· 공항운영시스템과 인터페이스 모듈 데이터 연동 시험 완료 · 시스템 체계통합시험 지원 보고서 1종 도출
	· 시스템 구축 설계 지원	· 시스템 구축을 위한 항공학적 검토, 설치 위치 선정 완료 · 시스템 구축 설계 지원 보고서 1종 도출
위탁연구기관1 한서대학교	· 테스트-베드 환경 구축 및 시험 지원	· 태안비행장 테스트-베드 구축 지원 · 통합운영시험을 위한 인력 및 시설 지원
위탁연구기관2 대구경북과학기술원	· 이물질 탐지 레이다 기능 및 성능 검증용 시뮬레이터 설계	· 현실적 알고리즘을 적용한 논문 게재를 통한 평가 · 레퍼런스 자료를 토대로 성능 확인

○ 5년차

연구수행 목표		연구수행 결과
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 고정형 이물질 자동탐지 시스템용 시제 제작	· 고정형 레이다센서 모듈 국내제작 완료 (2대) · 고정형 전원공급모듈 시제 보완 및 제작 완료 (3대) · 레이다 설계기술이전 완료 (10월)
	· 시스템 체계통합 시험	· 고정형 시스템 최적화 및 체계통합 시험 완료 · 이동형 시스템 성능시험 완료 · 이동형 시스템 체계통합 시험 완료
	· 시스템 신뢰성 시험	· 염수분무시험 100% 완료 (3개 항목) · 방진/방수 시험 100% 완료 (5개 항목) · 온습도 시험 75% 완료 (8개 항목 중 6개 완료) (미진행 2개 항목 12월 말 완료예정) · 전자파 시험 63% 완료 (8개 항목 중 5개 완료) (미진행 3개 항목 12월 말 완료예정) · 진동시험 100% 완료 (7개 항목) · CE인증 시험 100% 완료 (2개 항목) · KOLAS 성적서 및 CE인증 성적서 발행 중
	· 현장운용시험용 시스템 구축	· 설치 인허가 관련 서항청 1차 및 2차 설명회 완료 (3차 설명회 12월 말 예정) · 보안성 검토 통과 · SMS 검토 완료 · 전파영향성 시뮬레이션 완료 및 ILS 비행검사 완료 · 실험국 사용승인 완료 (19.11.07) · 전파발사 비행검사 12월 초 예정 · 주파수 사용승인 12월 중 완료예정
공동연구기관1	· 고정형 레이다 센서 모듈	· 고정형 레이다센서 모듈 제작 지원 (웨이브텍)

PLEXTEK	시제 제작	· 3차년도 고정형 레이다센서 모듈 업그레이드 완료 (20년 1월 테스트 예정) · 고정형 레이다 S/W 최적화 및 체계통합시험 지원
	· 이동형 레이다 센서 모듈 시제 제작	· 이동형 레이다센서 S/W 최적화 및 체계통합시험 지원
	· 레이다 센서 모듈 신뢰성시험	· 고정형 레이다센서 모듈 신뢰성시험 지원 · 이동형 레이다센서 모듈 신뢰성시험 지원
공동연구기관2 ㈜영국전자	· 고정형 EO센서 모듈 시제 제작	· 고정형 EO센서 모듈 시제 제작 (2대) · 고정형 EO센서 모듈 S/W 최적화 및 체계통합시험 지원
	· 이동형 EO센서 모듈 시제 보완	· 이동형 EO센서 모듈 시제 보완 · 이동형 EO센서 모듈 S/W 최적화 및 체계통합시험 지원
	· 이동형 EO센서 모듈 신뢰성시험	· 고정형 EO센서 모듈 신뢰성시험 지원 · 이동형 EO센서 모듈 신뢰성시험 지원
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 통합운영시스템 보완 소프트웨어 개발 및 연동시험	· 연계운용시스템과 연동시험 완료 · 이물질 처리 알고리즘 보완 · 기능 개선사항 도출 및 개선 완료 · 체계통합시험 지원
	· 고정형/이동형 제어모듈 소프트웨어 보완 및 시제 제작	· 탐지정확도 개선 · 기능 개선사항 도출 및 개선 완료 · 체계통합시험 지원
	· 단독운영모드용 통합운영서버 및 콘솔 소프트웨어 개발	· 단독운영서버 구현 완료
	· 단독운영모드용 이동형 제어모듈 소프트웨어 개발	· 탐지제외영역 처리 알고리즘 개선 · 탐지정확도 개선
공동연구기관4 한국공항공사	· 항행시스템 및 운항정보 관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합 및 시험	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험 결과보고서 1종 작성 완료
공동연구기관5 인천국제공항공사	· 시스템 구축 설계 지원	· 시스템 구축(공항개발사업)을 위한 대외 업무협의 · 공항운영시스템 연동시험 지원, 통신망 설계 등 시스템 구축 설계 지원 · 시스템 구축 설계 및 구축 지원 보고서 1종
	· 시스템 구축 지원	· 대관업무(공항개발사업) 수행 · 비행검사, 주파수 사용승인, 실험국 허가, 시스템 운영 통신망 구축 등 시스템 구축 지원 · 시스템 구축 설계 및 구축 지원 보고서 1종
위탁연구기관1 한서대학교	· 체계통합운용시험을 위한 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 지원	· 태안비행장 활주로 사용 및 관련 행정처리 업무 지원 · 사무실 임대지원
	· 고정형/이동형 시스템 시험에 대한 인력지원	· 회의실 대여, 관련물품 지원 · 시스템 체계통합시험에 대한 인력지원

○ 6년차

연구수행 목표		연구수행 결과
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 고정형 이물질 자동탐지 시스템용 시제 제작	· 고정형 플랫폼 8대 제작완료 · 고정형 옥외형 함체 6대 제작완료 · 고정형 전원공급모듈 6대 제작완료 · 고정형 레이다센서모듈 4대 제작완료
	· 이동형 이물질 자동탐지 시스템용 시제 보완	· 이동형 플랫폼 2대 보완완료 · 이동형 배터리팩 2대 보완완료 · 이동형 수거장치 1대 보완완료 · 이동형 전원공급모듈 2대 보완완료
	· 현장운용시험용 시스템 구축	· 고정형 플랫폼 및 옥외형 함체 현장 구축완료 · 고정형 레이다센서모듈 현장 구축완료 · 통합운영서버 현장 구축완료

		· 특별비행검사 추진완료
	· 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험	· 현장운용시험 중간보고서 : 시스템구축 지연으로 인해 7차년도 연구계획으로 변경 (주요 연구변경사항 참조)
공동연구기관1 PLEXTEK	· 고정형 레이다센서모듈 시제 제작 지원	· 고정형 레이다센서 모듈 제작 지원 (웨이브텍) · 3차년도 고정형 레이다센서 모듈 업그레이드 완료
	· 고정형/이동형 레이다센서모듈 현장운용시험지원	· 고정형/이동형 레이다센서모듈 S/W 최적화 완료 · 레이다 모터 컨트롤러 펌웨어 최적화 완료
	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 초안 작성 완료 (7차년도 현장운용시험 및 수요처시범운용을 통해 보완)
공동연구기관2 ㈜영국전자	· 고정형 EO센서 모듈 시제 제작	· 고정형 EO센서모듈 4대 제작완료 · 고정형 EO센서모듈 현장 구축완료
	· 고정형/이동형 EO센서모듈 현장운용시험 지원	· 시스템구축 지연으로 인해 7차년도 연구계획으로 변경 (주요 연구변경사항 참조)
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 통합운영시스템 소프트웨어 최적화 개발	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용소프트웨어와의 현장운용시험 완료 · 사용자 요구 반영기능 추가 완료 · 기능 보완사항 도출 및 개선 · 서버 설치 및 이중화 구성완료 · 보안 인증 완료 · 기능별 자체 시험 및 체계연동시험 완료
	· 고정형 제어모듈 시제 제작 및 소프트웨어 최적화 개발	· 탐지된 이물질 정보 중 RCS값에 따른 비교처리로 탐지 정확도 개선 · 센서의 설치 위치별 오프셋 적용으로 탐지정확도 개선 · 레이다 위치 및 각도에 따른 오프셋 적용으로 탐지 정확도 개선 · 기능 개선사항 도출 및 개선 완료 · 체계통합시험 지원
	· 이동형 제어모듈 소프트웨어 최적화 개발	· 탐지된 이물질 정보 중 RCS값에 따른 비교처리로 탐지 정확도 개선 · 센서의 설치 위치별 오프셋 적용으로 탐지정확도 개선 · 레이다 위치 및 각도에 따른 오프셋 적용으로 탐지 정확도 개선 · 기능 개선사항 도출 및 개선 완료 · 체계통합시험 지원
	· 이동형 시스템 단독운영모드 소프트웨어 최적화 개발	· 단독운영 및 이동형 자동탐지시스템의 이물질 탐지 갱신속도 개선을 위하여 이동형서버 PC 신규 제작
공동연구기관4 한국공항공사	· 항행시스템 및 운항정보 관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합 및 시험	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 결과보고서 1종 작성 완료
공동연구기관5 인천국제공항공사	· 시스템구축 및 현장운용시험 지원	· 공항개발사업 시행허가 및 실시계획 승인 · 고정형 이물질 자동탐지 시스템 1식 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템 1대 구축완료 · 통합운영 사무실 구축지원 · 고정형 이물질 자동탐지 시스템 4대에 대한 비행검사 완료 · 고정형 이물질 자동탐지스템 실험국 4대 준공검사 완료 · 현장운용(구축)시험 지원 보고서 1종
	· 국내외 공인전문시험기관 조사 및 분석	· 활주로 이물질 자동탐지시스템 성능평가 절차 수립 · KTL, KOLAS 인증기관, KIAST 등 국내 전문공인시험기관 성능평가 가능 여부 조사 · 성능평가 추진절차 및 평가 수행내역 수립 · 국내 공인기관 성능평가 계획 수립보고서 1종
위탁연구기관1 한서대학교	· 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 운용시험지원	· 한서대학교 창업보육센서 사무실 지원완료 · 태안비행장 활주로 사용 및 시험지원 완료 · 활주로 진입 및 행정처리 지원 완료

○ 7년차

연구수행 목표		연구수행 결과
주관연구기관 ㈜웨이브텍	· 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 현장운용시험	· 현장운용시험 완료 · 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성 완료
	· 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 공인전문시험기관 성능시험	· 공인전문시험기관(KTL) 성능시험 완료
	· 고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 수요처시범운용	· 수요처시범운용 1차 완료(11/26) 2차 진행중(~2월 말)
공동연구기관1 PLEXTEK	· 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 현장운용시험 지원	· 레이다 센서 모듈 기능 보완사항 도출 및 최적화 · 현장운용시험 지원 완료
	· 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 공인전문시험기관 성능시험 지원	· 공인전문시험기관(KTL) 성능시험 지원 완료
	· 고정형/이동형 레이다 센서 모듈 수요처시범운용 지원	· 수요처시범운용 지원 1차 완료(~11/26) 2차 진행중(~2월 말)
	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성 완료
공동연구기관2 ㈜영국전자	· 고정형/이동형 E0 센서 모듈 현장운용시험 지원	· E0 센서 모듈 기능 보완사항 도출 및 최적화 · 현장운용시험 지원 완료
	· 고정형/이동형 E0 센서 모듈 공인전문시험기관 성능시험 지원	· 공인전문시험기관(KTL) 성능시험 지원 완료
	· 고정형/이동형 E0 센서 모듈 수요처시범운용 지원	· 수요처시범운용 지원 1차 완료(~11/26) 2차 진행중(~2월 말)
	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성 완료
공동연구기관3 ㈜유넷컨버전스	· 통합운영시스템 소프트웨어 최적화 개발	· 사용자 요구 반영기능 추가 · 기능 보완사항 도출 및 최적화 · 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용소프트웨어와의 현장운용시험 지원 완료
	· 고정형 제어모듈 소프트웨어 최적화 개발	· 탐지된 이물질 정보 중 RCS값에 따른 비교처리로 탐지 정확도 개선 · 센서의 설치 위치별 오프셋 적용으로 탐지정확도 개선 · 레이다 위치 및 각도에 따른 오프셋 적용으로 탐지 정확도 개선 · 기능 개선사항 도출 및 최적화 · 현장운용시험 지원 완료
	· 이동형 제어모듈 소프트웨어 최적화 개발	· 탐지된 이물질 정보 중 RCS값에 따른 비교처리로 탐지 정확도 개선 · 센서의 설치 위치별 오프셋 적용으로 탐지정확도 개선 · 레이다 위치 및 각도에 따른 오프셋 적용으로 탐지 정확도 개선 · 기능 개선사항 도출 및 최적화 · 현장운용시험 지원 완료
	· 이동형 시스템 단독운영모드 소프트웨어 최적화 개발	· 기능 개선사항 도출 및 최적화 · 현장운용시험 지원 완료
	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성	· 운용 및 유지보수 매뉴얼 작성 완료
공동연구기관4 한국공항공사	· 항행시스템 및 운항정보 관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 및 수요처시범운용	· 항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 시험 완료 · 결과보고서 작성 완료
공동연구기관5 인천국제공항공사	· 현장운용시험 지원	· 공인전문시험기관(KTL) 성능시험 지원 완료
	· 성능평가 및 수요처시범운용 지원	· 수요처시범운용 지원 1차 완료(~11/26) 2차 진행중(~2월 말)
	· 국내외 홍보 지원	· 국내외 홍보 지원 완료

(2) 정량적 연구개발성과

○ 1년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과지표			해당 기관	달성도 (%)	1차년도 성과물
				질적 성과지표	목표	결과			
A	고정형 이물질 자동탐지 장치	A-1	고정형 시스템 장치체계	규격서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 1-1] [별책 1-24]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
		A-2	고정형 플랫폼	기본설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 1-2]
		A-3	고정형 제어모듈	하드웨어사양설계서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 1-3]
				Protocol 기능설계서	1종	작성완료			
				Database구조설계서	1종	작성완료			
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
		A-4	고정형 전원공급모듈	규격서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 1-4]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
B	이동형 이물질 자동탐지 장치	B-1	이동형 시스템 장치체계	규격서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 1-5] [별책 1-24]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
		B-2	이동형 플랫폼	기본설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 1-6]
		B-3	이동형 제어모듈	하드웨어사양설계서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 1-7]
				Protocol 기능설계서	1종	작성완료			
				Database구조설계서	1종	작성완료			
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
		B-4	이동형 전원공급모듈	규격서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 1-8]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
C	통합운용 시스템	C-1	통합운용서버	인터페이스통제서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 1-9]
				기본설계보고서	1종	작성완료			
				서버사양서	1종	작성완료			
		C-2	통합운용 고정형 콘솔	인터페이스통제서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 1-10]
				기본설계보고서	1종	작성완료			
				고정형 콘솔사양서	1종	작성완료			
		C-3	통합운용 이동형콘솔	인터페이스 통제서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 1-11]
				기본설계보고서	1종	작성완료			
				이동형 콘솔사양서	1종	작성완료			
D	레이다 센서 모듈	D-1	고정형 레이다 센서 모듈	규격서	1종	작성완료	PLEXTEK	100	[별책 1-12]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
		D-2	이동형 레이다 센서 모듈	규격서	1종	작성완료	PLEXTEK	100	[별책 1-13]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
E	EO 센서 모듈	E-1 E-2	고정형/이동형 EO 센서 모듈	규격서	1종	작성완료	엔티엔테크놀로지	100	[별책 1-14]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
				기본설계보고서	1종	작성완료			
F	이동형 레이저 센서 모듈	F-1	시스템	규격서	1종	작성완료	한국원자력연구원	100	[별책 1-15]
				인터페이스통제서	1종	작성완료			
		F-2	하드웨어	기본설계보고서	1종	작성완료		100	
		F-3	소프트웨어	소프트웨어 기본설계보고서	1종	작성완료		100	
				알고리즘 기본설계보고서	1종	작성완료		100	

G	이물질 자동탐지 장치 체계통합 및 시험지원	G-1	항행시스템 연계 운영 소프트웨어	요구사항 명세서	1종	작성완료	한국 공항공사	100	[별첨 1-16]
				기본설계보고서	1종	작성완료		100	
		G-2	운항정보관리 시스템 연계 운영 소프트웨어	요구사항 명세서	1종	작성완료		100	[별책 1-17]
				기본설계보고서	1종	작성완료		100	
		G-3	통합운영 (항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI)	요구사항 명세서	1종	작성완료		100	[별책 1-18]
				기본설계보고서	1종	작성완료		100	
H	기술수요/설계 분석 및 실용화 지원	H-1	기술수요분석	성능요구사항	1종	작성완료	인천국제 공항공사	100	[별책 1-19]
				운영요구사항	1종	작성완료		100	
I	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 방안	I-1	FOD 자동탐지 사양도출	자동탐지 사양 도출 분석서	1종	작성완료	한서 대학교	100	[별책 1-22]
				유사장비 기술 성능 분석서	1종	작성완료		100	
				해외 동향 분석서	1종	작성완료		100	
		I-2	FOD 자동탐지 시스템 민,군 요구사항 분석	ROC 분석서	1종	작성완료		100	
				민,군 요구사항 조사 분석서	1종	작성완료		100	
I	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나	J-1	고정형 레이다 센서 모듈 안테나 기본 설계	기본설계보고서	1종	작성완료	조선 대학교	100	[별책 1-20]
		J-2	이동형 레이다 센서 모듈 안테나 기본 설계	기본설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 1-21]
K	국내외 인증 관련 방안 연구 및 추진계획 수립	K-1	국내외 인증방안 연구	국내외 인증방안 연구보고서	1종	작성완료	항공우주 정책연구원	100	[별책 1-23]

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	1	1	100	게재 1편
	국외	-	-	-	
	계	**1**	**1**	**100**	
특허 출원 및 등록	국내	1	1	100	출원 1건
	국외	-	-	-	
	계	**1**	**1**	**100**	

○ 2년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과지표			해당 기관	달성도 (%)	2차년도 성과물
				질적 성과지표	목표	결과			
A	고정형 이물질 자동탐지 장치	A-1	고정형 시스템 장치체계	상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 2-1]
		A-2	고정형 플랫폼	상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-1]
				고정형 플랫폼 시제	1대	제작완료		100	고정형 플랫폼 1대
		A-3	고정형 제어모듈	상세설계보고서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 2-1]
				고정형 제어모듈 시제	1대	제작완료		100	고정형 제어모듈 1대
				시험절차서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
				시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
		A-4	고정형 전원공급모듈	상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 2-1]
				고정형 전원모듈 시제	1대	제작완료		100	고정형 전원모듈 1대
				시험절차서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
				시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
B	이동형 이물질 자동탐지 장치	B-1	이동형 시스템 장치체계	상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 2-1]
		B-2	이동형 플랫폼	상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 2-1]
				이동형 플랫폼 시제	1대	제작완료		100	이동형 플랫폼 1대
		B-3	이동형 제어모듈	상세설계보고서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 2-1]
				이동형 제어모듈 시제	1대	제작완료		100	이동형 제어모듈 1대
				시험절차서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
				시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
		B-4	이동형 전원공급모듈	상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 2-1]
				이동형 전원모듈 시제	1대	제작완료		100	이동형 전원모듈 1대
				시험절차서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
				시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
C	통합운용 시스템	C-1	통합운용서버	Proto version 운용프로그램	1종	구현완료	유넷 컨버전스	100	통합운용서버 S/W
				상세설계서	1종	작성완료		100	[별책 2-1]
				Proto 시제제작	1대	제작완료	웨이브텍	100	통합운용서버 1대
		C-2	통합운용 고정형 콘솔	Proto version 소프트웨어	1종	구현완료	유넷 컨버전스	100	통합운용콘솔 S/W
				상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-1]
				시험용 시제제작	1대	제작완료	웨이브텍	100	통합운용콘솔 1대
		C-3	통합운용 이동형콘솔	Proto version 소프트웨어	1종	구현완료	유넷 컨버전스	100	통합운용 이동형 콘솔S/W
				상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-1]
				Proto 시제제작	1대	제작완료	웨이브텍	100	통합운용 이동형 콘솔
D	레이다 센서 모듈	D-1	고정형 레이다 센서 모듈	고정형 레이다 시제	1대	제작완료	PLEXTEK	100	고정형 레이다 1대
				출력전력	> 1mW	1.469mW		100	
				FOV	< 0.5deg	0.343deg		100	
				RCS	-10dbsm	-13dbsm		100	
				탐지 거리	> 100m	174m		100	
				탐지 확률	> 75%	100%		100	
				탐지 시간	off line	off line		100	
				Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
				상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-1]
				시험절차서/시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
		D-2	이동형 레이다 센서 모듈	이동형 레이다 시제	1대	제작완료	PLEXTEK	100	이동형 레이다 1대
				출력전력	> 1mW	1.524mW		100	
				FOV	< 1.5deg	1.432deg		100	
				RCS	-10dbsm	-13dBm		100	
				탐지 거리	> 30m	30m		100	
				탐지 확률	> 75%	100%		100	

				탐지 시간	off line	off line		100	
				Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
				상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
				시험절차서/시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
E	EO 센서 모듈	E-1 E-2	고정형/이동형 EO 센서 모듈	고정형 EO 시제	1대	제작완료	영국전자	100	고정형 EO센서 모듈 1대 이동형 EO센서 모듈 1대
				이동형 EO 시제	1대	제작완료		100	
				탐지확률	> 80%	100%		100	
				탐지크기	2cmX2cm	2cmX2cm		100	
				탐지시간	< 2분	< 2분		100	
				탐지거리	> 400m	> 400m		100	
				탐지위치	< 3m	< 3m		100	
				상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-1]
				시험절차서/시험성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-2]
G	이물질 자동탐지 장치 체계통합 및 시험지원	G-1	항행시스템 연계 운영 소프트웨어	상세설계보고서	1종	작성완료	한국 공항공사	100	[별책 2-3]
		G-2	운항정보관리 시스템 연계 운영 소프트웨어	상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-4]
		G-3	통합운영 (항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI)	상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 2-5]
H	기술수요/설계 분석 및 실용화 지원	H-2	기본설계분석	요소별 설계 분석 지원	1종	작성완료	인천국제 공항공사	100	[별책 2-6]
				프로토타입 시제 제작 지원	1종	작성완료		100	[별책 2-7]
I	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 방안	I-3	Test-Bed 주변 환경 조사	주변 건물 조사 분석서	1종	작성완료	한서 대학교	100	[별책 2-8]
				활주로 주변 환경 조사 분석서	1종	작성완료		100	
J	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나	J-1	고정형 레이다 센서 모듈 안테나 상세 설계	상세설계서/ 시험절차서/성적서	1종	작성완료	조선 대학교	100	[별책 2-9[
		J-2	이동형 레이다 센서 모듈 안테나 상세 설계	상세설계서/ 시험절차서/성적서	1종	작성완료		100	[별책 2-9[

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	1	2	200	발표 2편
	국외	-	-	-	
	계	**1**	**2**	**200**	
특허 출원 및 등록	국내	4	6	150	출원 6건
	국외	-	-	-	
	계	**4**	**6**	**150**	

○ 3년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)	3차년도			해당 기관	달성도 (%)	3차년도 성과물
			질적 성과지표	목표	결과			
A	이물질 자동탐지 시스템	고정형/이동형 시스템 장치체계	시스템체계 상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 3-1]
		고정형 플랫폼	고정형 플랫폼 상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 3-2]
			고정형 전원공급모듈 상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 3-2]
			고정형 제어모듈 상세설계보고서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 3-2]
			고정형 제어모듈	1대	제작완료		100	고정형 제어모듈 1대
			고정형 제어모듈 운용소프트웨어 베타버전	1건	개발완료		100	고정형 제어모듈 운용소프트웨어 베타버전
			고정형 전원공급모듈	1대	제작완료	웨이브텍	100	고정형 전원공급모듈 1대
A	이물질 자동탐지 시스템	이동형 플랫폼	이동형 플랫폼 상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 3-2]
			이동형 제어모듈 상세설계보고서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 3-2]
			이동형 제어모듈 운용소프트웨어 베타버전	1건	개발완료		100	이동형 플랫폼 운용소프트웨어 베타버전
			이동형 전원공급모듈 상세설계보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 3-2]
A	이물질 자동탐지 시스템	통합운용시스템	통합운용시스템 상세설계보고서	1종	작성완료	유넷 컨버전스	100	[별책 3-3]
			통합운용서버 운용소프트웨어 베타버전	1건	개발완료		100	통합운용서버 운용소프트웨어 베타버전
			통합운용 고정형 콘솔 운용소프트웨어 베타버전	1건	개발완료		100	통합운용 고정형 콘솔 운용소프트웨어 베타버전
			통합운용 이동형 콘솔 운용소프트웨어 베타버전	1건	개발완료		100	통합운용 이동형 콘솔 운용소프트웨어 베타버전
			통합운용 휴대용 콘솔 운용소프트웨어 베타버전	1건	개발완료		100	통합운용 후대용 콘솔 운용소프트웨어 베타버전
A	이물질 자동탐지 시스템	고정형 레이다 센서 모듈	고정형 레이다 센서 모듈 상세설계보고서	1종	작성완료	PLEXTEK	100	[별책 3-4]
			고정형 레이다 센서 모듈	1대	제작완료		100	고정형 레이다센서 모듈 1대
			출력주파수	78~81GHz	78~81GHz		100	
			출력전력	+18.5dBm 이상	+19.5dBm		100	
			FOV	180도	180도		100	
			RCS	-20dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	400m	437m		100	
			탐지확률	85%	100%		100	
			탐지시간	1분 이내	52초		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
		이동형 레이다 센서 모듈	이동형 레이다 센서 모듈 상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 3-4]
A	이물질 자동탐지 시스템	고정형 EO 센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈 상세설계보고서	1종	작성완료	영국 전자	100	[별책 3-5]
			고정형 EO 센서 모듈	1대	제작완료		100	고정형 EO센서 모듈 1대
			최소탐지물질크기	2cm X 2cm	2cm X 2cm		100	
			탐지거리	400m	416m		100	
			탐지확률	85%	97.6%		100	
			탐지반경	80.45도	81도		100	
			탐지시간	1분 이내	24.6초 (1회 스캔)		100	
		이동형 EO 센서 모듈	이동형 EO 센서 모듈 상세설계보고서	1종	작성완료		100	[별책 3-5]

B	이물질 자동탐지 장치 체계통합 및 시험지원	항행시스템 연계 운용 소프트웨어 구현 및 단위시험	구현 및 단위시험 결과보고서	1건	작성완료	한국 공항공사	100	[별책 3-6]
		운항정보관리시스템 연계 운용 소프트웨어 구현 및 단위시험	구현 및 단위시험 결과보고서	1건	작성완료		100	
		통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 구현 및 단위시험	구현 및 단위시험 결과보고서	1건	작성완료		100	
C	기술수요/설계 분석 및 실용화 지원	단위모듈 설계 지원	현장운용시험용 시제 상세설계 지원 보고서	1건	작성완료	인천국제 공항공사	100	[별책 3-7]
		현장운용시험 지원	현장운용시험용 시제 제작 지원 보고서	1건	작성완료		100	
D	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 방안	테스트-베드 환경 구축	태안비행장 자체 테스트-베드 시험 환경 구축	1종	작성완료	한서 대학교	100	[별책 3-8]
			통합운용시험 인력 지원 현황 및 작업 일지					
E	이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 개발	이물질 탐지 레이더 시뮬레이터	이물질 탐지레이다 시뮬레이터 설계서	1종	작성완료	대구경북 과학 기술원	100	[별책 3-9]

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	3	6	200	게재 2편 발표 4편
	국외	-	-	-	
	계	**3**	**6**	**200**	
특허 출원 및 등록	국내	3	2	67	출원 3건
	국외	-	1	-	
	계	**3**	**3**	**75**	

○ 4년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)	4차년도 성과점검기준			해당 기관	달성도 (%)	4차년도 성과물
			질적 성과지표	목표	결과			
A	활주로 이물질 자동탐지 시스템	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템	체계통합시험 결과보고서	1종	작성완료	웨이브텍	100	[별책 4-1] [별책 4-2[
			센서구성	레이다+EO	레이다+EO		100	
			최소탐지 대상물질	2cm X 2cm	2cm X 2cm		100	
			탐지거리 고정형	400m 이상	401.8m		100	
			탐지거리 이동형	100m 이상	107.1m		100	
			위치정확도	1m 이내	1m 이내		100	
			탐지 갱신주기 고정형	4분 이내	4분 이내		100	
			탐지 갱신주기 이동형	N/A	N/A		100	
			탐지시간 고정형	1분 이내	52초		100	
			탐지시간 이동형	2초	2초		100	
			탐지확률	95% 이상	100%		100	
			최소탐지 RCS 고정형	-30dBsm	-30dBsm		100	
			최소탐지 RCS 이동형	-20dBsm	-35dBsm		100	
			고정형 시스템 전원공급	정전시 전원공급	기능보유		100	
			제어 및 운용	운용성 확인	기능보유		100	
			이동형 시스템 무선통신	무선통신 가능	기능보유		100	
			수거기능	이물질 수거/연동	기능보유		100	
			이동형 플랫폼 이동속도	60km/h	정지상태 시험		100	
A	고정형/ 이동형 플랫폼	고정형 플랫폼	고정형 플랫폼	3대	제작완료	웨이브텍	100	고정형 플랫폼(옥외형 함체) 3대
			고정형 전원공급모듈	3대	제작완료		100	고정형 전원공급모듈 3대
			고정형 제어모듈	3대	제작완료	유넷 컨버전스	100	고정형 제어모듈 3대
			고정형 네트워크 스위치	3대	제작완료		100	고정형 네트워크 스위치 3대
			고정형 제어모듈 소프트웨어	1건	제작완료		100	고정형 제어모듈 S.W 1건
		이동형 플랫폼	이동형 플랫폼	3대	제작완료	웨이브텍	100	이동형 플랫폼 3대
			이동형 전원공급모듈	3대	제작완료		100	이동형 전원공급모듈 3대
			이동형 배터리팩	3대	제작완료		100	이동형 배터리팩 3대
			이동형 수거장치	3대	제작완료		100	이동형 수거장치 3대
			통합운영 이동형 콘솔	1대	제작완료	유넷 컨버전스	100	통합운영 이동형 콘솔 1대
			이동형 제어모듈	1대	제작완료		100	이동형 제어모듈 1대
			이동형 네트워크 스위치	1대	제작완료		100	이동형 네트워크 스위치 1대
			이동형 제어모듈 소프트웨어	1건	제작완료		100	이동형 제어모듈 S/W 1건
A	통합운영 시스템	통합운용시스템	통합운용서버	2대	제작완료	웨이브텍	100	통합운영서버 2대
			통합운용 고정형 콘솔	1대	제작완료		100	통합운영 고정형 콘솔 1대
			통합운용 휴대용 콘솔	3대	제작완료		100	통합운영 휴대용 콘솔 3대
			통합운용시스템 통제대	1대	제작완료		100	통합운영 시스템 통제대 1대
			통합운용서버 소프트웨어	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	통합운영 서버 S/W 1건
			통합운영 고정형 콘솔 소프트웨어	1건	제작완료		100	통합운영 고정형 콘솔 S/W 1건
			통합운영 이동형 콘솔 소프트웨어	1건	제작완료		100	통합운영 이동형 콘솔 S/W 1건
			통합운영 휴대용 콘솔 소프트웨어	1건	제작완료		100	통합운영 휴대용 콘솔 S/W 1건
		단독운영모드용 통합운영시스템	단독운영모드용 통합운영 이동형 콘솔	2대	제작완료	유넷 컨버전스	100	단독운영모드용 통합운영 이동형 콘솔 2대
			단독운영모드용 이동형 제어모듈	2대	제작완료		100	단독운영모드용 이동형 제어모듈 2대
			단독운영모드용 이동형 네트워크스위치	2대	제작완료		100	단독운영모드용 이동형 네트워크 스위치 2대
			단독운영모드용 이동형 콘솔 소프트웨어	1건	제작완료		100	단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W 1건
			단독운영모드용 이동형 제어모듈 소프트웨어	1건	제작완료		100	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W 1건
			단독운영모드용 통합운영서버 소프트웨어	1건	제작완료		100	단독운영모드용 통합운영서버 S/W 1건

A	고정형/ 이동형 레이다 센서모듈	고정형 레이다 센서 모듈	고정형 레이다 센서 모듈	2대	제작완료	PLEXTEK	100	고정형 레이다센서 모듈 2대 고정형 레이다센서 모듈 S /W 1건
			출력주파수	78~81GHz	78~81GHz		100	
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	180°	180°		100	
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-30dBsm		100	
			탐지거리	400m	401.8m		100	
			탐지확률	95% 이상	100%		100	
			탐지시간	1분 이하	52초		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
		이동형 레이다 센서 모듈	이동형 레이다 센서 모듈	3대	제작완료	PLEXTEK	100	이동형 레이다센서 모듈 3대 이동형 레이다센서 모듈 S /W 1건
			출력주파수	78~81GHz	78~81GHz		100	
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	90°	90°		100	
			최소탐지 RCS	-20dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	100m	107.1m		100	
			탐지확률	95% 이상	100%		100	
			탐지시간	2초	2초		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
A	고정형/ 이동형 EO 센서모듈	고정형 EO 센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈	2대	제작 완료	영국전자	100	고정형 EO센서 모듈 2대 고정형 EO센서 모듈 S /W 1건
			최소탐지 물질크기	2cm X 2cm	2cm X 2cm		100	
			탐지거리	400m	400m		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지반경	80.45°	80.45°		100	
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	
		이동형 EO 센서 모듈	이동형 EO 센서 모듈	3대	제작 완료	영국전자	100	이동형 EO센서 모듈 3대 이동형 EO센서 모듈 S /W 1 건
			최소확인대상 물질크기	2cm X 2cm	2cm X 2cm		100	
			확인가능 거리	100m	100m		100	
B	이물질 자동탐지장치 체계통합 및 시험 지원	항행시스템 및 운항 정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합 및 시험	통합시험 결과보고서	1종	작성완료	한국 공항공사	100	[별책 4-3]
			신뢰성 시험 결과보고서	1종	작성완료		100	
C	기술수요/설계 분석 및 실용화 지원	현장운용시험 지원	시스템 체계통합 시험지원 보고서	1종	작성완료	인천국제 공항공사	100	[별책 4-4]
			테스트-베드 설계지원 보고서	1종	작성완료		100	
D	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 및 시험 지원	테스트-베드 통합운용시험 지원	통합운용시험 인력 지원 및 논문 작성	1편	지원완료	한서 대학교	100	논문게재 1편
E	이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 개발	이물질 탐지 레이더 시뮬레이터	성능 검증용 시뮬레이터 SW	1건	개발완료	대구경북 과학 기술원	100	[별책 4-5]

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	3	4	133	게재 2편 발표 3편
	국외	-	1	-	
	계	**3**	**5**	**167**	
특허 출원 및 등록	국내	4	7	175	출원 4건 등록 3건
	국외	-	-	-	
	계	**4**	**7**	**175**	
S/W 등록	**계**	**-**	**4**	**-**	

○ 5년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)	5차년도 성과점검기준			해당 기관	달성도 (%)	성과물
			질적 성과지표	목표	결과			
A	이물질 자동탐지 시스템	고정형 이물질 자동탐지 시스템	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	웨이브텍	100	[별책 5-1]
			탐지거리	400m 이상	400m 이상		100	
			최소탐지대상물질	2cm×2cm 정육면체	2x2cm 정육면제		100	
			최소탐지RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	1분 이내	1분 이내		100	
			위치정확도	반경 1m 이내	1m 이내		100	
			탐지갱신주기	4분 이내	4분 이내		100	
			체계통합시험 결과보고서	1종	작성 완료		100	
			신뢰성시험 결과보고서	1종	작성 완료		100	
B	이물질 자동탐지 시스템	이동형 이물질 자동탐지 시스템	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	웨이브텍	100	[별책 5-2]
			탐지거리	100m 이상	100m 이상		100	
			최소탐지 대상물질	2cm×2cm 정육면체	2cm×2cm 정육면체		100	[별책 5-3]
			최소탐지RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	2초 이내	2초 이내		100	
			위치정확도	반경 1m 이내	1m 이내		100	
			이물질수거	수거장치 운용확인	확인완료		100	
			이동속도	60km/h	60km/h		100	
			체계통합시험 결과보고서	1종	작성완료		100	
			신뢰성시험 결과보고서	1종	작성완료		100	
C	플랫폼	고정형 플랫폼	고정형 플랫폼	8대	제작완료	웨이브텍	100	고정형 플랫폼 8대 (5차년도 6대 포함)
D	전원공급모듈	고정형 전원공급모듈	고정형 전원공급모듈	3대	제작완료		100	고정형 전원공급모듈 3대 (시제보완 1대 포함)
E	제어모듈	네트워크스위치	고정형 네트워크 스위치	2대	제작완료	유넷 컨버전스	100	고정형 네트워크 스위치 2대
		제어모듈 하드웨어	고정형 제어모듈	2대	제작완료		100	고정형 제어모듈 2대
		제어모듈 소프트웨어	고정형 제어모듈 S/W	1건	제작완료		100	고정형 제어모듈 S/W
			이동형 제어모듈 S/W	1건	제작완료		100	이동형 제어모듈 S/W
F	통합운영 시스템	통합운영시스템 소프트웨어	통합운영서버 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	통합운영서버 S/W
			고정형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	고정형 콘솔 S/W
			이동형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	이동형 콘솔 S/W
			휴대용 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	휴대용 콘솔 S/W
G	단독운영 모드	단독운영모드용 통합운영 소프트웨어	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W
			단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W
			단독운영모드용 통합운영서버 S/W	1건	제작완료		100	단독운영모드용 통합운영서버 S/W
H	레이다 센서 모듈	고정형 레이다 센서 모듈	고정형 레이다 센서모듈	2대	제작완료	PLEXTEK	100	고정형 레이다센서 모듈 2대(국내 제작)
			출력주파수	78~81GHz	78~81GHz		100	고정형 레이다센서모듈 1대 (3차년도 레이다 업그레이드)
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	180°	180°		100	고정형 레이다센서 모듈 S/W
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	400m 이상	400m 이상		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	

			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
			온도범위	-32~52℃	-32~52℃		100	
			습도범위	5~90%	5~90%		100	
			IP등급	IP55	IP55		100	
I	레이다 센서 모듈	이동형 레이다 센서 모듈	출력주파수	78~81GHz	78~81GHz	PLEXTEK	100	이동형 레이다센서 모듈 S/W
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	90°	90°		100	
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	100m 이상	100m 이상		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	2초 이내	2초 이내		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
			온도범위	-32~52℃	-32~52℃		100	
			습도범위	5~90%	5~90%		100	
			IP등급	IP55	IP55		100	
J	EO센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈	2대	제작 완료	영국전자	100	고정형 EO센서 모듈 2대
			최소탐지 물질크기	2cm×2cm 정육면체	2cm×2cm 정육면체		100	
			탐지거리	400m	400m		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지반경	80.45°	80.45°		100	고정형 EO센서 모듈 S/W
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	
			온도범위	-32~52℃	-32~52℃		100	
			습도범위	5~90%	5~90%		100	
			IP등급	IP66	IP66		100	
K	EO센서 모듈	이동형 EO 센서 모듈	회소확인 물질크기	2cm×2cm 정육면체	2cm×2cm 정육면체	영국전자	100	이동형 EO센서 모듈 S/W
			확인가능 거리	100m	100m		100	
			온도범위	-32~52℃	-32~52℃		100	
			습도범위	5~90%	5~90%		100	
			IP등급	IP66	IP66		100	
L	체계통합 및 시험 지원	항행시스템 및 운항 정보관리시스템 연계운용 소프트웨어	현장통합시험 결과보고서	1종	작성완료	한국 공항공사	100	[별책 5-4]
M	기술수요/설계분석 및 실용화 지원	시스템 구축 지원	시스템 설계 및 구축지원 보고서	1종	작성완료	인천국제 공항공사	100	[별책 5-5]
N	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 및 시험 지원	테스트-베드 통합운용시험 지원	통합운용시험 인력 지원 및 논문 작성	1편	지원완료	한서 대학교	100	논문게재 1편

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	1	2	200	게재 1편 발표 1편
	국외	-	-	-	
	계	**1**	**2**	**200**	
특허 출원 및 등록	국내	1	2	200	등록 2건
	국외	-	-	-	
	계	**1**	**2**	**200**	
S/W 등록	**계**	**-**	**5**	**-**	

○ 6년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)	6차년도 성과점검기준			해당 기관	달성도 (%)	성과물
			질적 성과지표	목표	결과			
A	이물질 자동탐지 시스템	고정형 이물질 자동탐지 시스템	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	웨이브텍	100	[별책 6-1] [별책 6-2] 고정형 플랫폼 8대 (5차년도에 8대 확보완료) 고정형 옥외형함체 6대 고정형 전원공급모듈 6대 (시제보완 2대 포함)
			탐지거리	400m 이상	400m 이상		100	
			최소탐지대상물질	2cmX2cm	2cmX2cm		100	
			최소탐지RCS	-30dBsm	-30dBsm		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	1분 이내	1분 이내		100	
			위치정확도	반경 1m 이내	반경 1m 이내		100	
			탐지갱신주기	4분 이내	4분 이내		100	
			기상조건	-	-		-	
			오경보	-	-		-	
			현장운용시험 중간보고서	-	-		-	
			고정형 플랫폼	8대	8대		100	
			고정형 옥외형함체	6대	6대		100	
			고정형 전원공급모듈	6대	6대		100	
			고정형 레이다센서모듈	4대	4대		100	
B	이물질 자동탐지 시스템	이동형 이물질 자동탐지 시스템	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	웨이브텍	100	고정형 레이다 센서 모듈 4대 이동형 플랫폼 2대(시제보완) 이동형 배터리팩 2대(시제보완) 이동형 수거장치 1대(시제보완) 이동형 전원공급모듈 2대(시제보완)
			탐지거리	100m 이상	100m 이상		100	
			최소탐지 대상물질	2cm×2cm 정육면체	2cm×2cm 정육면체		100	
			최소탐지RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	2초 이내	2초 이내		100	
			위치정확도	반경 1m 이내	1m 이내		100	
			기상조건	-	-		-	
			오경보	-	-		-	
			이물질수거	수거장치 운용확인	수거장치 운용확인		100	
			운용속도	60km/h	60km/h		100	
			현장운용시험 중간보고서	-	-		-	
			이동형 플랫폼 (시제 보완)	2대	2대		100	
			이동형 배터리팩 (시제 보완)	2대	2대		100	
			이동형 수거장치 (시제 보완)	1대	1대		100	
			이동형 전원공급모듈 (시제보완)	2대	2대		100	
C	제어모듈	네트워크스위치	고정형 네트워크 스위치	4대	제작완료	유넷 컨버전스	100	고정형 네트워크 스위치 4대
		제어모듈 하드웨어	고정형 제어모듈	4대	제작완료		100	고정형 제어모듈 4대
		제어모듈 소프트웨어	고정형 제어모듈 S/W	1건	제작완료		100	고정형 제어모듈 S/W
			이동형 제어모듈 S/W	1건	제작완료		100	이동형 제어모듈 S/W
D	통합운영 시스템	통합운영시스템 소프트웨어	통합운영서버 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	통합운영서버 S/W
			고정형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	고정형 콘솔 S/W
			이동형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	이동형 콘솔 S/W
			휴대용 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	휴대용 콘솔 S/W
E	단독운영 모드	단독운영모드용 통합운영 소프트웨어	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W
			단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W
			단독운영모드용	1건	제작완료		100	단독운영모드용

			통합운영서버 S/W					통합운영서버 S/W
F	레이다 센서 모듈	고정형 레이다 센서 모듈	고정형 레이다센서 모듈 (시제 보완)	1대	제작완료	PLEXTEK	100	고정형 레이다센서모듈 1대 (3차년도 레이다 업그레이드) 고정형 레이다센서 모듈 S/W
			출력주파수	78~81GHz	78~81GHz		100	
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	180°	180°		100	
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	400m 이상	400m 이상		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
			운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종		100	
G	레이다 센서 모듈	이동형 레이다 센서 모듈	출력주파수	78~81GHz	78~81GHz	PLEXTEK	100	이동형 레이다센서 모듈 S /W
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	90°	90°		100	
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	100m 이상	100m 이상		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	2초 이내	2초 이내		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
			운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종		100	
H	EO센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈	고정형 EO \센서 모듈	4대	제작완료	영국전자	100	고정형 EO센서 모듈 4대 고정형 EO센서 모듈 S /W
			최소탐지 물질크기	2cm X 2cm	2cm×2cm 정육면체		100	
			탐지거리	400m	400m		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지반경	80.45°	80.45°		100	
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	
I	EO센서 모듈	이동형 EO 센서 모듈	회소확인 물질크기	2cm×2cm	2cm×2cm 정육면체	영국전자	100	이동형 EO센서 모듈 S /W
			확인가능 거리	100m	100m		100	
J	체계통합 및 시험 지원	항행시스템 및 운항 정보관리시스템 연계운용 소프트웨어	현장운용시험 중간보고서	1건	작성완료	한국 공항공사	100	[별책 6-3]
K	기술수요/설계분석 및 실용화 지원	시험운용지원 및 수요처시범운용 지원	현장운용시험 지원 중간보고서	1건	작성완료	인천국제 공항공사	100	[별책 6-4]
			국내 공인전문시험기관 성능평가 계획 수립	1건	작성완료		100	[별책 6-5]
L	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 및 시험 지원	테스트-베드 통합운용시험 지원	통합운용시험 인력 지원 및 논문 작성	1편	지원완료	한서 대학교	100	논문게재 1편

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	-	1	-	게재 1편
	국외	-	-	-	
	계	**-**	**1**	**-**	
특허 출원 및 등록	국내	3	6	200	출원 3건 등록 3건
	국외	-	-	-	
	계	**3**	**6**	**200**	
S/W 등록	**계**	**5**	**6**	**120**	

○ 7년차

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)	7차년도 성과점검기준			해당 기관	달성도 (%)	성과물
			질적 성과지표	목표	결과			
A	이물질 자동탐지 시스템	고정형 이물질 자동탐지 시스템	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	웨이브텍	100	[별책 7-1] [별책 7-2] [별책 7-3] 고정형 시제 1식 이동형 시제 2대
			탐지거리	400m 이상	400m 이상		100	
			최소탐지대상물질	2cmX2cm	2cmX2cm		100	
			최소탐지RCS	-30dBsm	-30dBsm		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	1분 이내	1분 이내		100	
			위치정확도	반경 1m 이내	반경 1m 이내		100	
			탐지갱신주기	4분 이내	4분 이내		100	
			기상조건	시험을 통한 기준명시	-		100	
			오경보	시험을 통한 기준명시	-		100	
			현장운용시험 결과보고서	1종	-		100	
			운용 및 유지보수 메뉴얼	1종	-		100	
			시스템 공인성능시험 결과보고서	1종	-		100	
			최종결과보고서	1종	-		100	
			고정형 이물질 자동탐지 시스템	1식	1식		100	
B	이물질 자동탐지 시스템	이동형 이물질 자동탐지 시스템	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	웨이브텍	100	
			탐지거리	100m 이상	100m 이상		100	
			최소탐지 대상물질	2cm×2cm 정육면체	2cm×2cm 정육면체		100	
			최소탐지RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	2초 이내	2초 이내		100	
			위치정확도	반경 1m 이내	1m 이내		100	
			기상조건	시험을 통한 기준명시	-		100	
			오경보	시험을 통한 기준명시	-		100	
			이물질수거	수거장치 운용확인	수거장치 운용확인		100	
			운용속도	60km/h	60km/h		100	
			현장운용시험 결과보고서	1종	-		100	
			운용 및 유지보수 메뉴얼	1종	-		100	
			시스템 공인성능시험 결과보고서	1종	-		100	
			최종결과보고서	1종	-		100	
			이동형 이물질 자동탐지 시스템	2대	2대		100	
C	제어모듈	제어모듈 소프트웨어	고정형 제어모듈 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	고정형 제어모듈 S/W 이동형 제어모듈 S/W [별책 7-3]
			고정형 제어모듈 유지보수 매뉴얼	1종	-		100	
			이동형 제어모듈 S/W	1건	제작완료		100	
			이동형 제어모듈 유지보수 매뉴얼	1종	-		100	
D	통합운영 시스템	통합운영시스템 소프트웨어	통합운영서버 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	통합운영서버 S/W 고정형 콘솔 S/W 이동형 콘솔 S/W 휴대용 콘솔 S/W [별책 7-3]
			고정형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	
			이동형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	
			휴대용 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	
			운영 및 유지보수 메뉴얼	1종	-		100	
E	단독운영 모드	단독운영모드용 통합운영 소프트웨어	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W	1건	제작완료	유넷 컨버전스	100	단독운영모드용 이동형 제어모듈 S/W 단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W 단독운영모드용 통합운영서버 S/W
			단독운영모드용 이동형 콘솔 S/W	1건	제작완료		100	
			단독운영모드용 통합운영서버 S/W	1건	제작완료		100	

			운영 및 유지보수 메뉴얼	1종	-		100	[별책 7-3]
F	레이다 센서 모듈	고정형 레이다 센서 모듈	출력주파수	78~81GHz	78~81GHz	PLEXTEK	100	고정형 레이다센서 모듈 S/W [별책 7-3]
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	180°	180°		100	
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	400m 이상	400m 이상		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
G	레이다 센서 모듈	이동형 레이다 센서 모듈	출력주파수	78~81GHz	78~81GHz	PLEXTEK	100	이동형 레이다센서 모듈 S /W [별책 7-3]
			출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상		100	
			탐지범위	90°	90°		100	
			최소탐지 RCS	-30dBsm	-35dBsm		100	
			탐지거리	100m 이상	100m 이상		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지시간	2초 이내	2초 이내		100	
			Range bin size	7.5cm	7.5cm		100	
H	EO센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈	고정형 EO 센서 모듈	4대	제작 완료	영국전자	100	고정형 EO센서 모듈 S /W [별책 7-3]
			최소탐지 물질크기	2cm X 2cm	2cm×2cm 정육면체		100	
			탐지거리	400m	400m		100	
			탐지확률	95% 이상	95% 이상		100	
			탐지반경	80.45°	80.45°		100	
			탐지시간	1분 이하	1분 이하		100	
			운영 및 유지보수 메뉴얼	1종	-		100	
I	EO센서 모듈	이동형 EO 센서 모듈	회소확인 물질크기	2cm×2cm	2cm×2cm 정육면체	영국전자	100	이동형 EO센서 모듈 S /W [별책 7-3]
			확인가능 거리	100m	100m		100	
			운영 및 유지보수 메뉴얼	1종	-		100	
J	체계통합 및 시험 지원	항행시스템 및 운항 정보관리시스템 연계운용 소프트웨어	현장운용시험 및 수요처 시범운용 결과보고서	1종	-	한국 공항공사	100	[별책 7-3]
			사용자 매뉴얼	1종	-		100	[별책 7-4]
K	기술수요/설계분석 및 실용화 지원	시험운용 지원 및 수요처시범운용 지원	현장운용시험 지원 결과보고서	1종	-	인천국제 공항공사	100	[별책 7-5]
			성능평가 지원 및 시범운용 지원 보고서	1종	-		100	[별책 7-6]
		국내외 마케팅 지원	국내외 홍보 지원 보고서	1종	-		100	[별책 7-7]

구분		목표	결과	달성도(%)	비고
논문 게재 및 발표	국내	-	-	-	
	국외	-	-	-	
	계	**-**	**-**	**-**	
특허 출원 및 등록	국내	4	4	**100**	등록 3건 출원 2건 (1건 출원예정)
	국외	-	1	**-**	
	계	**4**	**5**	**125**	
S/W 등록	**계**	**-**	**-**	**-**	

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과] (지적재산권 별책 자료 참조)

□ 전체 논문 목표 대비 달성도

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	총계	비고
논문 목표	-	-	1	1	1	-	-	3	제안서 기준
논문 실적	1	2	6	5	2	1	2	19	논문발표 12편 논문게재 7건
달성도	초과달성	초과당성	600%	500%	200%	초과달성	초과달성	633%	

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	FOD 자동탐지 시스템 요구사항 분석	한국항행학회 논문지	김성훈	3	대한민국	한국항행학회	-	16.06.30		100
2	EO/IR Laser Light 카메라를 이용한 FOD 자동탐지 시험	한국항행학회 논문지	신현성	6	대한민국	한국항행학회	-	17.12.30		100
3	이물질 탐지 FMCW 레이더를 위한 저복잡도 초고해상도 알고리즘	대한임베디드공학회 논문지	김봉석	1	대한민국	대한임베디드공학회	-	18.02.28		100
4	FOD 탐지 FMCW 레이다에서 지면 클러터 모델링 및 탐지성능에 대한 영향 분석	한국시뮬레이션학회 논문지	송승언	4	대한민국	한국시뮬레이션학회	-	18.12.05		100
5	EO/IR 카메라 및 레이더를 이용한 공항 이물질(FOD) 자동탐지 실험	한국항행학회 논문지	홍재범	6	대한민국	한국항행학회	-	18.12.30		100
6	고정형 이물질(FOD) 자동탐지 시스템과 이동형 이물질 자동탐지시스템의 성능비교 및 시험	한국항행학회 논문지	김성희	6	대한민국	한국항행학회	-	19.12.30		100
7	소형 Radar와 EO카메라를 이용한 고정형 및 이동형 FOD 자동탐지 시험	한국항행학회 논문지	김영빈	6	대한민국	한국항행학회	-	20.12.30		100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2016 정보 및 제어 심포지엄	리플렉터 레이돔용 소형 셀 FSS 설계	임성훈	16.04.20	전주 르윈호텔	대한민국
2	한국항공운항학회 2016년 추계학술대회	항공기 이동지역에서의 다계층 경로 안내 방법	임혜린	16.11.26	베스트웨스턴 제주호텔	대한민국
3	2017년 한국전자파학회 하계종합학술대회	공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 탐지를 위한 79GHz FMCW 레이다 동작 분석	서나현	17.08.25	제주 라마다호텔	대한민국
4	2017년 한국항행학회 종합학술대회	EO(IR Laser Light) 센서를 이용한 FOD 탐지시험 연구	홍재범	17.10.13	한국 과학기술회관	대한민국
5	항공우주시스템공학회 2017년도 추계학술대회	FOD자동탐지시스템 개발을 위한 인천국제공항 활주로 이물질 발생현황 분석	임혜린	17.11.02	파라다이스 부산	대한민국
6	2017년도 한국전자파학회 제29차 정기총회 및 종합학술대회	공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 탐지를 위한 79GHz FMCW 레이다	서나현	17.11.23	더케이호텔서울	대한민국
7	2018 춘계공동학술대회(한국경영과학회/대한산업공학회/한국시뮬레이션학회)	공항 내 이물질 탐지를 위한 고정형 레이다 시뮬레이터 설계	송승언	18.04.06	호텔현대 경주	대한민국
8	The 22nd ATRS World Conference	Verification of Frangibility Design of Fixed FOD Detection System Using Structural Analysis	조남현	18.07.04	그랜드국제서울 호텔&코엑스	대한민국
9	European Advanced Materials Congress 2018	Real-Time Implementation of Multi-Channel FMCW Radar Signal Processing Algorithm Based on Multi-Core DSP	주영환	18.09.06	Port of Stockholm	스웨덴
10	2019 한국경영과학회 추계학술대회 및 정기총회	국내 FOD 자동탐지시스템의 인천공항 설치를 통한 해외판로개척의 전략적 접근방법	조남현	19.10.25	한국항공대학교	대한민국
11	2021 한국항행학회 종합학술대회	고정형 FOD 자동탐지시스템 구축에 따른 ILS 전파 영향성 분석 연구	조남현	21.10.22	온라인	대한민국
12	2021 한국항행학회 종합학술대회	FOD 자동탐지 시스템의 공항 적용을 위한 해외사례 조사연구	최회길	21.10.22	온라인	대한민국

[기술적 성과] (지적재산권 별책 자료 참조)

□ 전체 특허출원 목표 대비 달성도

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	총계	비고
출원 목표	1	4	7	2	1	2	0	17	제안서 기준
출원 실적	1	6	3	4	0	3	2	19	
등록				3	2	3	3		특허등록 11건
달성도	100%	150%	43%	200%	0%	150%	초과달성	112%	

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	레인지 게이트 방식의 고속영상 획득 시스템	대한민국	한국원자력연구원	16.04.26	10-2016-0051119	-	-	-	100	-
2	특허	활주로 감시 카메라의 표시위치 맵핑 시스템 및 그 방법	대한민국	유넷컨버전스	17.02.27	10-2017-0025679	유넷컨버전스	18.10.10	10-1908716	100	-
3	특허	활주로 내의 이물질 위치 표시 방법	대한민국	유넷컨버전스	17.03.06	10-2017-0028450	유넷컨버전스	18.10.17	10-1910887	100	-
4	특허	활주로 감시 카메라의 작동 오차 보정 방법	대한민국	유넷컨버전스	17.03.08	10-2017-0029743	유넷컨버전스	19.03.11	10-1959062	100	-
5	특허	공항 이동지역 이물질 수거 시스템	대한민국	인천국제공항공사 웨이브텍	17.03.24	10-2017-0037604	-	-	-	100	-
6	특허	공항 항공기 이동지역 안전점검 시스템	대한민국	인천국제공항공사, 웨이브텍	17.03.27	10-2017-0038367	인천국제공항공사, 웨이브텍	18.12.17	10-1931783	100	-
7	툭허	송수신 안테나 간의 전파를 차단하기 위한 자기 도체 전파 차단벽 및 그 전파 차단벽을 갖는 안테나 장치	대한민국	조선대학교	17.04.25	10-2017-0053077	-	-	-	100	-
8	특허	GPS 좌표의 활주로 내 이물질 위치를 공항 그리드맵에 표시하는 방법	대한민국	유넷컨버전스	18.01.19	10-2018-0007213	유넷컨버전스	19.11.21	10-2049433	100	-
9	특허	활주로 내 이물질 위치 탐지 정확도 개선 방법	대한민국	유넷컨버전스	18.01.24	10-2018-0008533	-	-	-	100	-
10	특허	FOREIGN OBJECT DEBRIS DETECTION SYSTEM, FOREIGN OBJECT DEBRIS DETECTION RADAR AND METHOD OF OPERATING A FOREIGN OBJECT DETECTION SYSTEM	영국	웨이브텍	18.01.24	1801177.5	웨이브텍	20.08.12	GB 2571702	100	-
11	특허	레이더를 이용한 타겟 탐지 방법 및 장치	대한민국	대구경북과학기술원	18.11.13	10-2018-0138671	대구경북과학기술원	20.09.25	10-2162365	100	-
12	특허	고정된 탐지장치들에 의해 제공되는 이물질 위치정보의 통합방법	대한민국	유넷컨버전스	18.11.16	10-2018-0141300	유넷컨버전스	20.11.20	10-2183700	100	-
13	특허	탐지제외영역 설정에 의한 이물질 탐지정확도 향상방법	대한민국	유넷컨버전스	18.11.20	10-2018-0143696	유넷컨버전스	21.10.19	10-2317104	100	-
14	특허	광축 일원화 구성을 포함하는 감시카메라	대한민국	영국전자	18.12.17	10-2018-0163286	영국전자	21.02.26	10-2223469	100	
15	특허	고속 역광보정 장치를 이용한 영상감지시스템	대한민국	영국전자	20.04.21	10-2020-0047913	영국전자	21.01.20	10-2207955	100	-
16	특허	공항 활주로 고정형 이물질 자동탐지시스템	대한민국	웨이브텍	20.05.29	10-2020-0065046	-	-	-	100	-
17	특허	활주로 이물질 탐지를 위한 레이더와 카메라가 설치된 철탑	대한민국	웨이브텍	20.07.10	10-2020-0085084	-	-	-	100	-
18	특허	레이다 타켓 탐지 시스템	대한민국	웨이브텍	21.04.13	10-2021-0447735	-	-	-	100	-

19	특허	foreign object debris detection SYSTEM, foreign object debris detection RADAR and method of operating a foreign object detection system on a moving vehicle	영국	웨이브텍	22.01.24	2200850.2				100	-

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등) (지적재산권 별책 자료 참조)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	이물질자동탐지시스템 통합UI(사용자인터페이스)	18.11.21	유넷컨버전스	18.11.23	C-2018-034442	유넷컨버전스	100
2	이물질자동탐지시스템 서버	18.11.21	유넷컨버전스	18.11.23	C-2018-034443	유넷컨버전스	100
3	고정형제어모듈운용소프트웨어	18.11.21	유넷컨버전스	18.11.23	C-2018-034444	유넷컨버전스	100
4	이동형제어모듈운용소프트웨어	18.11.21	유넷컨버전스	18.11.23	C-2018-034445	유넷컨버전스	100
5	FOD 자동탐지시스템용 항행,운항시스템 연계 소프트웨어	19.11.01	한국공항공사	19.11.19	C-2019-034121	한국공항공사	100
6	이물질 자동탐지시스템 모바일UI(사용자인터페이스)	19.11.04	유넷컨버전스	19.11.12	C-2019-033112	유넷컨버전스	100
7	이물질 자동탐지시스템 단독운용모드 통합UI(사용자인터페이스)	19.11.18	유넷컨버전스	19.11.25	C-2019-035493	유넷컨버전스	100
8	이물질 자동탐지시스템 단독운용모드 서버 소프트웨어	19.11.18	유넷컨버전스	19.11.25	C-2019-035494	유넷컨버전스	100
9	이물질 자동탐지시스템 단독운용모드 제어모듈 소프트웨어	19.11.18	유넷컨버전스	19.11.25	C-2019-035495	유넷컨버전스	100
10	고정형제어모듈운영프로그램	20.10.28	유넷컨버전스	20.11.12	C-2020-041593	유넷컨버전스	100
11	이동형제어모듈운영프로그램	20.10.28	유넷컨버전스	20.11.12	C-2020-041594	유넷컨버전스	100
12	이물질자동탐지시스템 웹 응용서버	20.11.02	유넷컨버전스	20.11.12	C-2020-041595	유넷컨버전스	100
13	이물질자동탐지시스템 데이터 수집 서버	20.11.02	유넷컨버전스	20.11.12	C-2020-041596	유넷컨버전스	100
14	이물질자동탐지시스템 통합UI(사용자인터페이스)	20.11.02	유넷컨버전스	20.11.12	C-2020-041597	유넷컨버전스	100
15	제어모듈관리프로그램	20.11.03	유넷컨버전스	20.11.12	C-2020-041598	유넷컨버전스	100
16	제어모듈관리프로그램	20.09.30	유넷컨버전스	21.12.28	C-2021-058722	유넷컨버전스	100
17	이물질자동탐지시스템 웹 응용서버	20.10.28	유넷컨버전스	21.12.28	C-2021-058723	유넷컨버전스	100
18	이물질자동탐지시스템 데이터 수집 서버	20.10.28	유넷컨버전스	21.12.28	C-2021-058724	유넷컨버전스	100
19	이물질자동탐지시스템 통합UI(사용자인터페이스)	20.10.28	유넷컨버전스	21.12.28	C-2021-058725	유넷컨버전스	100
20	고정형제어모듈운용프로그램	20.09.30	유넷컨버전스	22.01.04	C-2022-000628	유넷컨버전스	100
21	이동형제어모듈운용프로그램	20.09.30	유넷컨버전스	22.01.04	C-2022-000629	유넷컨버전스	100

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	고정형 옥외형 함체	ICR	CE	ICRT-TR-S190376-0A	19.12.20	대한민국
2	고정형 PTZ 카메라	ICR	CE	ICRT-TR-S190377-0A	19.12.20	대한민국



International Certification Registrar

Certificate

No. ICR Polska/L6005819

CE

Name and address of certificate owner: YOUNG KOOK ELECTRONICS CO., LTD. #810, 1 Daewoo Frontier Valley, 16-25, Dongbeakjungang-ro 16beon-gil, Giheung-gu, Youngin-si, Gyeonggi-do, 17015 Korea

Name and address of manufacturer: YOUNG KOOK ELECTRONICS CO., LTD. #810, 1 Daewoo Frontier Valley, 16-25, Dongbeakjungang-ro 16beon-gil, Giheung-gu, Youngin-si, Gyeonggi-do, 17015 Korea

Product name: Fixed PTZ Camera Assembly

Product type: FS-EM-PTZ

This certificate confirms that the product meet the requirements of the following standards and within limits of its standards give presumption of conformity with essential requirements of: Directive 2014/35/EU

EN 61010-1:2010+A1:2019

The certification process has been carried out in accordance with the program PC-P-07-07.
Evaluation has been carried out in accordance with test report made by ICR Co., Ltd laboratory

No. of test report: ICRT-TR-S190377-0A

Issue date: 20.12.2019

Expiration date: indefinitely

The mutual obligations and rights of the certification are regulated by the contract No. ICR Polska/2019-0322 of 18.11.2019

This certificate applies to products having the same attributes (parameters), intended use, that have been evaluated and meet the requirements of the aforementioned standards.

Director: Rafał Kalinowski
Warsaw, 20.12.2019.

ICR Polska Sp. z o.o
ul. Plac Przymierza 6, 03-944 Warszawa
www.icrpolska.com, e-mail: icrpolska@icrqa.com



International Certification Registrar

Certificate

No. ICR Polska/L6005719

CE

Name and address of certificate owner: Wave Tech Co., Ltd. Wave Tech B/D 15, iljik-ro 94beon-gil, Seoksu-dong, Anyang-si Gyeonggi-do, 430040 Republic of Korea

Name and address of manufacturer: Wave Tech Co., Ltd. Wave Tech B/C 15, iljik-ro 94beon-gil, Seoksu-dong, Anyang-si Gyeonggi-do, 430040 Republic of Korea

Product name: Fixed Outdoor Cabinet

Product type: FS-FP-OCA

This certificate confirms that the product meet the requirements of the following standards and within limits of its standards give presumption of conformity with essential requirements of: Directive 2014/35/EU

EN 61010-1:2010+A1:2019

The certification process has been carried out in accordance with the program PC-P-07-07.
Evaluation has been carried out in accordance with test report made by ICR Co., Ltd laboratory

No. of test report: ICRT-TR-S190376-0A

Issue date: 20.12.2019

Expiration date: indefinitely

The mutual obligations and rights of the certification are regulated by the contract No. ICR Polska/2019-0321 of 18.11.2019

This certificate applies to products having the same attributes (parameters), intended use, that have been evaluated and meet the requirements of the aforementioned standards.

Director: Rafał Kalinowski
Warsaw, 20.12.2019.

ICR Polska Sp. z o.o
ul. Plac Przymierza 6, 03-944 Warszawa
www.icrpolska.com, e-mail: icrpolska@icrqa.com

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	고정형 이물질 자동탐지 시스템	2020.12	웨이브텍	인천국제공항	항공안전	-	-	-
2	이동형 이물질 자동탐지 시스템	2020.12	웨이브텍	인천국제공항	항공안전	-	-	-

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템	2020.12	-	㈜웨이브텍	인천국제공항

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
1	기술 실시권	이물질 탐지 레이다 표적 탐지 성능을 위한 알고리즘 상위설계 및 응용기술	대구경북과학기술원	16.04.14	2016	50,000

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			연구개발 후 사업화를 통해 국내 수입대체 및 수출 증대 실현		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년(2022년 ~ 2024년)		
	소요예산(천원)		4,806,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			0	104,000,000	275,500,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0	100	100
		국외	0	10	50
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		· 다양한 탐지센서들의 조합을 통해 옵션별 적용이 가능하도록 응용개발 · 기능성 추가 기술개발 및 기타 적용 산업용 연구개발 진행으로 신제품 개발 · 정밀 자동탐지 시스템을 이용한 무기/군수용 감시 시스템 개발로 시장 확장		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			0	62,000,000	93,000,000
	수 출		0	42,000,000	182,500,000

[사회적 성과]

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
1	웨이브텍	2016.03.01	재직중	1	-
2	웨이브텍	2016.04.14	~ 2018.04.20	1	-
3	웨이브텍	2016.11.15	~ 2020.07.20	1	-
4	웨이브텍	2017.06.01	재직중	1	-
5	웨이브텍	2017.07.07	~ 2020.04.10	1	-
6	웨이브텍	2017.10.25	~ 2020.12.31	1	1
7	웨이브텍	2017.10.23	~ 2018.05.31	1	-
8	웨이브텍	2018.04.17	~ 2019.01.31	1	-
9	웨이브텍	2018.07.02	재직중	1	-
10	웨이브텍	2020.07.06	~ 2020.08.22	1	-
11	웨이브텍	2020.08.19	~ 2021.07.17	1	1
12	웨이브텍	2021.01.25	재직중	1	-
13	유넷컨버전스	2015.07.07	~ 2020.06.30	1	1
14	유넷컨버전스	2015.11.02	재직중	1	-
15	유넷컨버전스	2017.11.01	~ 2018.12.14	1	-
16	유넷컨버전스	2017.12.01	재직중	1	1
17	유넷컨버전스	2017.12.01	~ 2018.6.27	1	1
18	유넷컨버전스	2018.06.19.	재직중	1	1
19	유넷컨버전스	2018.07.16	~ 2019.11.30	1	1
20	유넷컨버전스	20018.10.22	~ 2018.12.14	1	-
21	유넷컨버전스	2020.07.20	~ 2021.07.20	1	1
22	한국공항공사	2016.05.16	~ 2019.12.31	1	-

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회		ADEX 2017	2017.10.17. ~ 10.22
2	전시회		2018 국토교통기술대전	2018.06.07. ~ 06.08
3	전시회		2018 공군 정보통신 발전 컨퍼런스	2018.06.28
4	전시회		Inter Airport China 2018	2018.09.05. ~ 09.07
5	전시회		2019 국토교통기술대전	2019.05.29. ~ 05.31
6	전시회		ICAO Innovation Fair and 5th ICAO World Aviation Forum	2019.09.22. ~ 09.23
7	전시회		ADEX 2019	2019.10.15. ~ 10.20
8	전시회 (온라인)		Inter Airport China 2021	2021.09.06
9	전시회		ADEX 2021	2021.10.19. ~ 10.23
10	전시회 (온라인)		2021 국토교통기술대전	2021.12.08. ~ 12.10

ADEX 2017 (2019.10.17.~10.22, 성남 서울공항)







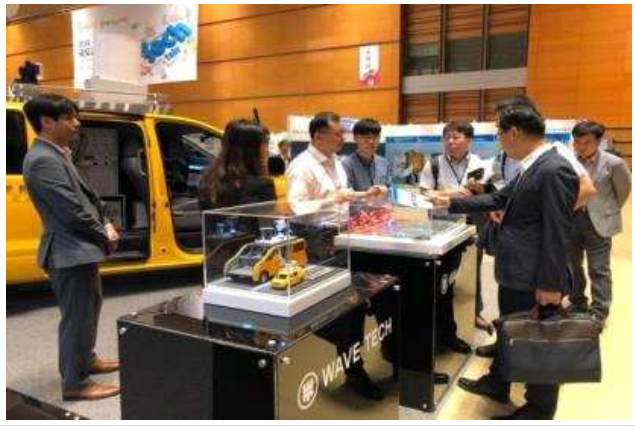


2018 국토기술대전 (2018.06.07.~ 06.08, 코엑스)









2018 공군 정보통신발전 컨퍼런스 (2018.06.28, 공군회관)



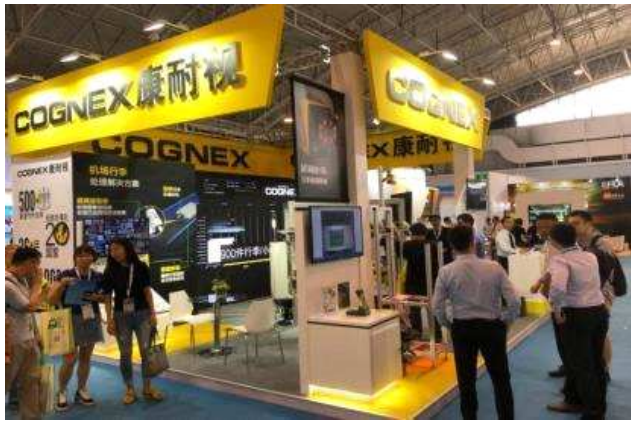






Inter Airport China 2018 (2018.09.05.~ 09.07, 중국 북경)







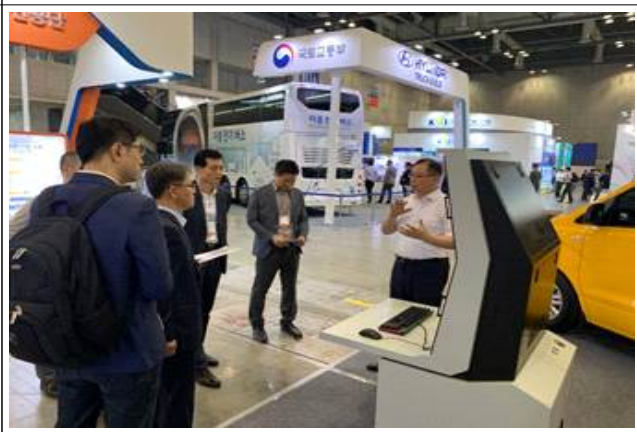


2019 국토교통기술대전 (2019.05.29.~05.31, 일산 킨텍스)



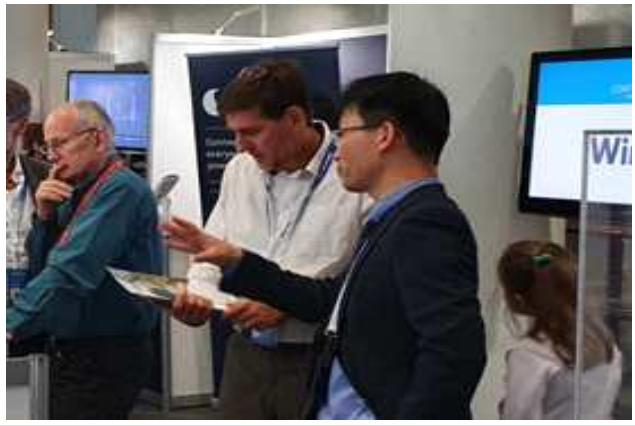




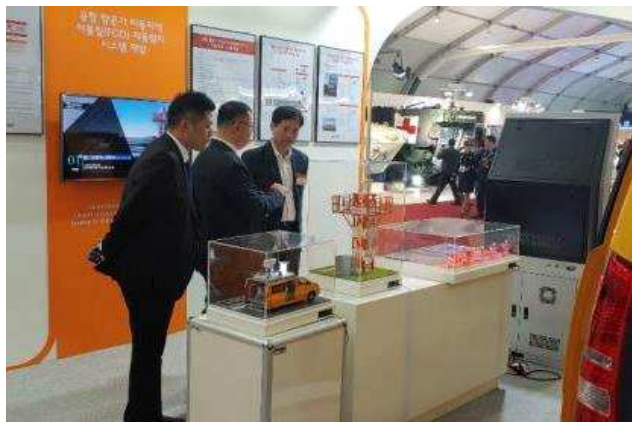


ICAO Innovation Fair and 5th ICAO World Aviation Forum (2019.09.22.~09.23)



ADEX 2019 (2019.10.15.~10.20, 성남 서울공항)



(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

○ 인천국제공항 시스템 구축을 위한 전파영향성 검토

가. 주파수 사용승인 신청

1) 19년 공공용 주파수 이용 계획서 제출(2019.02)

2) 19년 공공용 주파수 사용 승인(2019.12)



붙임1 공공용 주파수 이용계획서

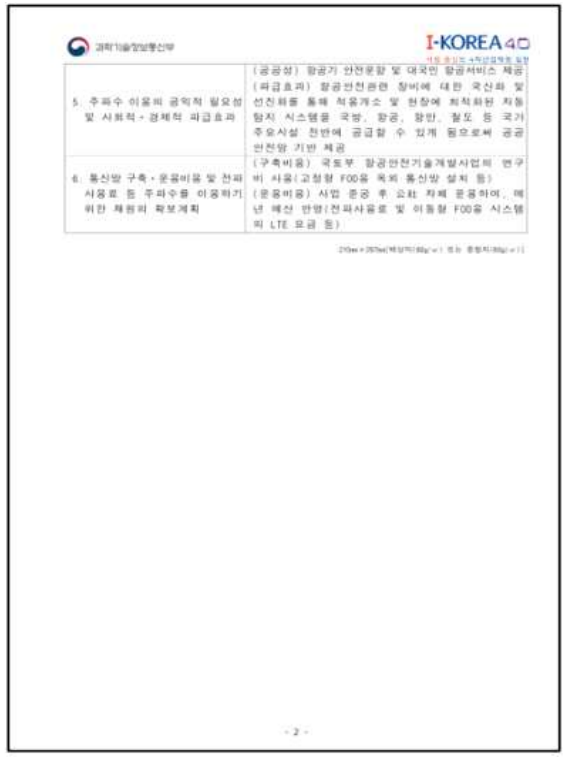
공공용 주파수 이용계획서

제출 기관	기관명(법인명) : 인천국제 주소 인천광역시 중구 공항로 424번길 47 공항공사(공항연구소)		
	담당자	성명 지재구	전화번호 032-741-2093
		팩스번호 032-741-2098	전자우편 hi1j1@airport.kr
운용 중인 주파수 이용현황	공항연구소에서 운용 중인 주파수는 현재 없음		

주파수 이용계획 내역

1. 주파수의 이용 목적 및 주파수를 이용하려는 업무	(목적) 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 (사업내용) 레이더와 ED 카메라를 이용하여 항공기 이동지역의 이물질을 탐지하여 사고 사전 예방 (구성도) FOD 자동탐지 시스템 구축개념도
2. 주파수대역, 주파수의 대역폭, 소요량 및 그 산출근거	(주파수대역) 78.0 ~ 81.0 GHz (주파수 대역폭) 7.5cm의 거리 분해능을 얻기 위해 송신 대역폭 최소 2.2GHz 이상 필요
3. 통신망 구축·운용계획을 포함한 연도별·지역별 주파수 이용계획	('19.11월) 실험국 개설 후 인천국제공항 제2활주로 FOD 자동탐지 시스템 2기 및 이동형 시스템 시험운용 ('20.10월) 고정형 FOD 자동탐지 시스템 6기 추가 설치 및 시험운용
4. 전파이용기술방식 및 표준화에 관한 사항	FOD 자동탐지 시스템의 레이더는 FMCW(Frequency Modulation Continuous Wave, 주파수 선형 변조 신호) 방식

- 1 -



5. 주파수 이용의 공익적 필요성 및 사회적·경제적 파급효과	(공공성) 항공기 안전운항 및 대국민 항공서비스 제공 (파급효과) 항공안전관련 장비에 대한 국산화 및 선진화를 통해 적용개소 및 현장에 최적화된 자동탐지 시스템을 국방, 항공, 항만, 철도 등 국가 주요시설 전반에 공급할 수 있게 됨으로써 공공안전망 기반 제공
6. 통신망 구축·운용비용 및 전파사용료 등 주파수를 이용하기 위한 재원의 확보계획	(구축비용) 국토부 항공안전기술개발사업의 연구비 사용(고정형 FOD용 독립 통신망 설치 등) (운용비용) 사업 준공 후 요청 자체 운용하여, 매년 예산 반영(전파사용료 및 이동형 FOD용 시스템의 LTE 요금 등)

- 2 -

나. 실험국 신청

1) 실험국 사용 신청서 제출(2019.06)

2) 실험국 사용 승인(2019.11)



허가번호 91-2019-10-0000119 호 전자문서번호: 4A4A-4D7C-EBEC-C5A3

무 선 국 허 가 증

허 가 일 자	2019.11.07	허가유효기간 (재허가 신청기간)	2020.11.07 (2020.08.01~2020.09.30)
시 설 자 명 (대 표 자 명)	인천국제공항공사사장	법인등록번호 (생 년 월 일)	1241?1-0003103
준 공 기 한	2020.02.28	시험전파발사 기간 및 내용	허가서부터 ~ 준공검사시 까지발사 조정
무선국종별 및 명칭	실험국(이동및항만시스템 레이다 개발)		
목 적	과학 또는 기술의 발전을 위한 실험업무용		
설치장소	송 신 소	(22382)인천광역시 중구 공항로424번길 47, 인천국제공항공사 (운서동)	
	수 신 소	(22382)인천광역시 중구 공항로424번길 47, 인천국제공항공사 (운서동)	
통 신 사 항	실험용	통신상대방	

무선기기명칭 및 기기일련번호	호출부호 또는 호출명칭	전파형식 및 발사주파수대폭	주 파 수 (kHz, MHz)	안테나전력 (W, kW)	안테나형식 구성 및 이득
6N2BF	2G20F6N			100.0w/W	PARABOLIC, 수평편파, 23안, 1기, 42dBi

운 용 허 용 시 간	00:00-24:00
무선종사자의 자격과 성 명	무선설비기능사 1명
무 관 사 항	<< 무선국 허가증 별표 참조 >>

「전파법」 제21조제4항에 따라 위와 같이 무선국을 허가합니다.

2019년 11월 18일

서울전파관리소장



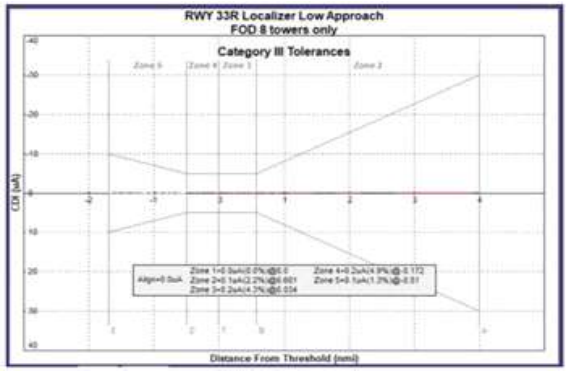
허가번호 91-2019-10-0000119 호 무선국허가증별표

무 관 사 항

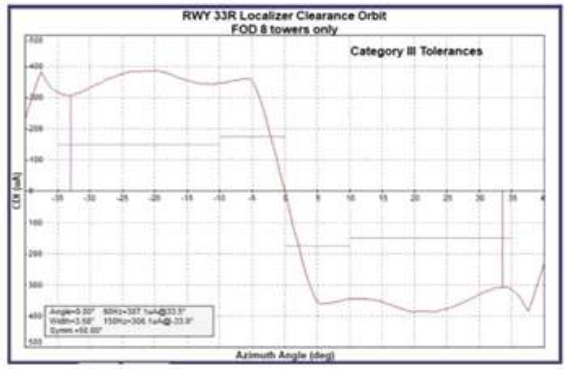
1. 실험종료보고 별표한 최초 안테나공급전력을 사용할 것
2. 동 대역에서 운용 중인 기존 무선국과 주파수를 공동사용하고, 기존 무선국으로부터 혼신을 용인할 것
3. 이미 개설되어 운용 중인 타 무선국에 혼신을 줄 경우 무선국 운용을 즉시 중단하고 안정 계기를 위한 모든 조치를 취할 것
4. 동 주파수는 방송 주파수 정책동향, 타 무선국과의 간섭영향 여부 등에 따라 지속 이용이 불가능할 수 있으므로, 동 주파수를 이용하여 일반무선국을 운용하고자 하는 경우 사전에 전파법 제18조의3 및 제18조의4제2항에 따라 공동을 주파수 이용계획을 제출하고 적정성 평가를 받을 것

다. 전파영향성 검토 (시뮬레이션 분석)

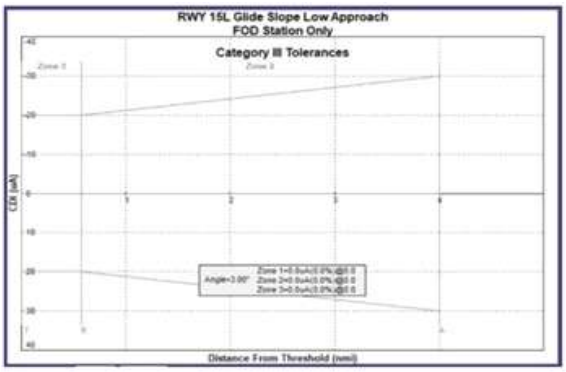
1) 전파영향성 시뮬레이션 분석 완료



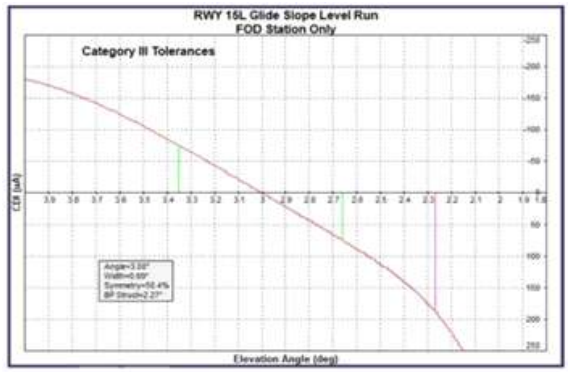
< 33R 접근비행 >



< 33R 괘도비행 >



< 15L 접근비행 >



<33R 수평비행 >

2) 분석결과

① Localizer, Glideslope, VHF / UHF ATC 라디오, 4.4-5 GHz 무선 데이터 라디오 링크를 사용하는 VaisalaAWOS, MLAT, ASDE, ASR / SSR, 기상 레이더 모두 FOD Detection System에 의한 간섭 문제 발생되지 않음

② FOD 플랫폼은 제2활주로 중심선에서 북동쪽으로 약 300m 이격하여 제2활주로 및 제1활주로의 ILS CAT III 운영 기준에 8기의 FOD 탐지 시스템 플랫폼 구축 가능

③ FOD 플랫폼 구조는 GS 타워와 비슷하지만 크기가 작고 수직 구조이기 때문에 수평 편파 특성의 LLZ 신호는 FOD 플랫폼과 상호 작용하지 않음

④ FOD 플랫폼간 간격은 LLZ 전송 파장보다 크기 때문에 FOD 플랫폼과 상호 작용에 의한 신호왜곡반사 생성 없음

⑤ RWY (15R, 33L 및 15L, 33R)는 FOD 플랫폼으로 인한 신호왜곡은 0에 가까운 오차 발생

⑥ GS 영향성시뮬레이션 결과

- GS와 가장 가까운 FOD 플랫폼이 GS 안테나 게인 패턴의 중심에서 벗어나 신호 반사 발생없음.
- GS 방사 신호는 수평 편광 특성, 수직 구조인 FOD 플랫폼과 수평으로 편광되는 GS신호와 상호 작용 적음
- 안테나 이득 패턴 및 편광 차이에서 FOD 플랫폼의 위치 조건 모두 FOD 플랫폼에 의해 생성된 신호왜곡없음

⑦ RF S / N 커버리지 분석 결과 :AWOS 무선링크시스템 간의 통신 서비스 간섭 발생되지 않음 확인

⑧ 주파수 상호 변조 분석에서는 상호 변조에 문제 발생 없음•AWOS는 무선 링크 존재 가정 모의실험 결과 간섭 문제 발생없음 확인

⑨ FOD 탐지 차량은 제1 및 2활주로와 평행한 유도로에서 주행시 LLZ 및 GS에 대한 신호오류 없음.

구분	내용	ILS	ASDE	공항레이다	항공통신
전파 시뮬레이션	주파수 (혼변조, 고조파 간섭)	○	○	○	○
	구조물에 대한 반사파	○	○	-	음영검토



인천공항 공항 항공기 이동지역
이물질(FOD) 자동탐지 시스템
구축 사업에 따른
전파 장애 분석 연구 보고서

INCHEON INTERNATIONAL AIRPORT
인천국제공항

2019년 7월 2일

WAVE-TECH INC.

ACS (주)디지코

인천국제공항공사

기존 시스템, 즉 Localizer, Glideslope, VHF / UHF ATC 라디오, 4.4-5 GHz 무선 데이터 라디오 링크를 사용하는 Vaisala AWOS, MLAT, ASDE, ASR / SSR, 기상 레이더와 새로운 FOD Detection System에 의한 간섭 문제 발생되지 않음.

FOD 플랫폼은 제2활주로 중심선에서 북동쪽으로 약 300m 이격, 제2활주로 및 제1활주로의 ILS CAT III 운영 기준에 8기의 FOD 탐지 시스템 플랫폼 구축 가능. FOD 플랫폼 구조는 Glideslope 타워와 비슷하지만 크기가 작고 수직 구조이기 때문에 수평 편파 특성의 LLZ 신호는 이 장애물과 상호 작용하지 않음. FOD 플랫폼간 간격은 LLZ 전송 파장보다 크기 때문에 여러기의 FOD 플랫폼과 상호 작용에 의한 신호왜곡반사 생성없음 .
RWY (15R, 33L 및 15L, 33R)는 FOD 플랫폼으로 인한 신호왜곡은 0에 가까운 오차 발생.

GS 모의실험 결과에서 FOD 플랫폼중에 GS와 가장 가까운 FOD 플랫폼이 GS 안테나 계인 패턴의 중심에서 벗어남, 따라서 신호 반사 발생없음, 또한 Glideslope 방사 신호는 수평 편광 특성, FOD 플랫폼은 수직 구조이며 수평으로 편광되는 Glideslope 신호와 수직 플랫폼 사이의 상호 작용이 훨씬 적다. 안테나 이득 패턴 및 편광 차이에서 FOD 플랫폼의 위치 조건 모두 FOD 플랫폼에 의해 생성된 신호왜곡 없음.

본 S / N 커버리지 분석 결과 AWOS 무선링크 시스템 간의 통신 서비스 간섭 발생되지 않음을 확인. 최종 보고서 부록 D를 참조.

AWOS는 무선 링크 존재 가정 모의실험 결과 간섭 문제 발생없음 확인.

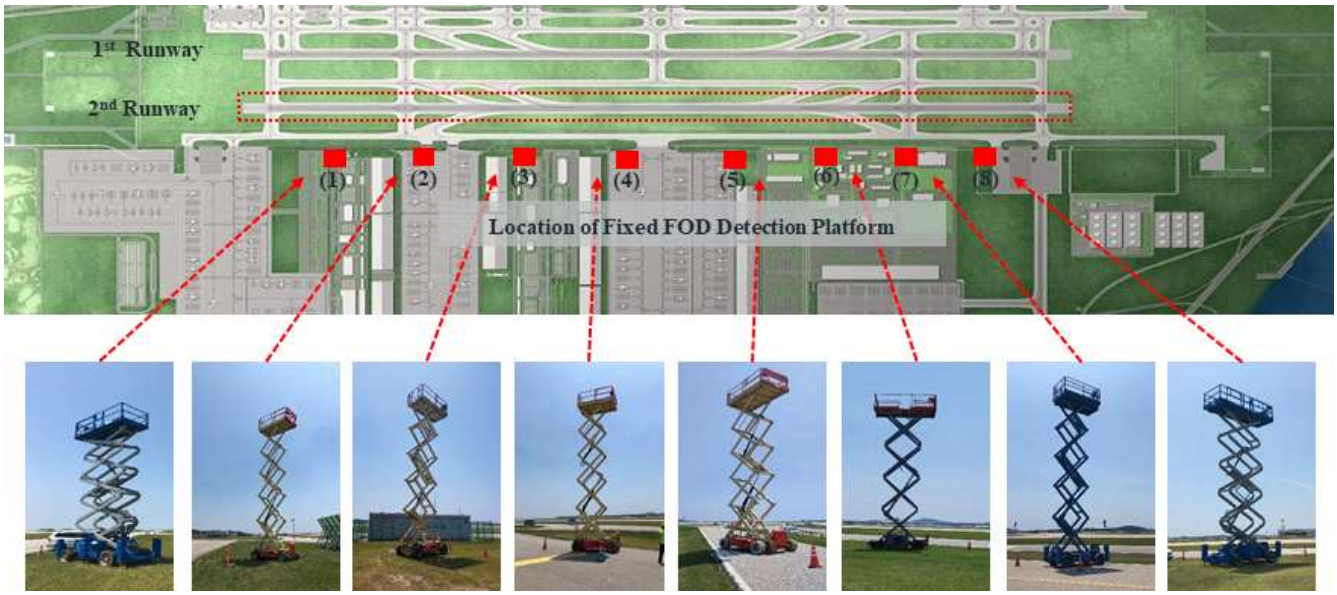
FOD 탐지용 모바일 VAN은 제1 및 2활주로와 평행한 유도로에서 주행시 Localizer 및 Glideslope에 대한 신호오류 없음.

< 전파영향성 검토 분석 결과 보고서 내용 >

라. 전파영향성 검토 (실증검증)

1) 플랫폼 구조물에 대한 반사파 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 (19.06.13)

가) 고소작업대로 플랫폼 모사 후, 비행검사를 통해 구조물에 의한 LLZ 영향검증



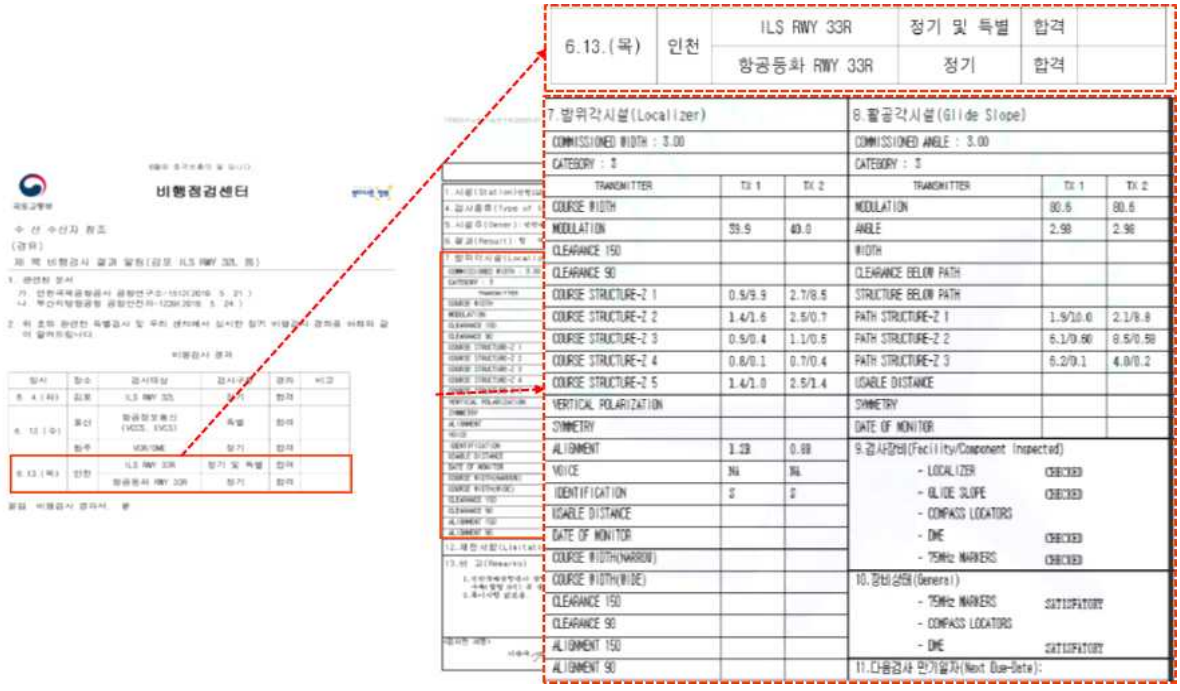
< 이물질 자동탐지 시스템 가설치 타워 설치 후 점검 (제2활주로, 고소 작업대 높이 11m) >

나) 검증결과

① 인천국제공항공사-공항연구소(2019.05.21.) 관련 FOD 자동탐지시스템 구축(철탑 8기) 후 공간신호 영향 유무를 위하여 실시한 비행검사 결과

② 특이사항 없었음

- ILS RWY 33R 정기 및 특별 비행검사 : 합격
- 항공등화 RWY 33R 정기 비행검사 : 합격



비행점검센터

6.13.(목)	인천	ILS RWY 33R	정기 및 특별	합격	
		항공등화 RWY 33R	정기	합격	

7 방위각시설(Localizer)

COMMISSIONED WIDTH : 3.00		
CATEGORY : Ⅱ		
TRANSMITTER	Tx 1	Tx 2
COURSE WIDTH		
MODULATION	39.9	40.0
CLEARANCE 150		
CLEARANCE 90		
COURSE STRUCTURE-Z 1	0.9/9.9	2.7/8.5
COURSE STRUCTURE-Z 2	1.4/1.6	2.5/0.7
COURSE STRUCTURE-Z 3	0.5/0.4	1.1/0.5
COURSE STRUCTURE-Z 4	0.8/0.1	0.7/0.4
COURSE STRUCTURE-Z 5	1.4/1.0	2.5/1.4
VERTICAL POLARIZATION		
SYMMETRY		
ALIGNMENT	1.23	0.88
VOICE	No	No
IDENTIFICATION	O	O
USABLE DISTANCE		
DATE OF MONITOR		
COURSE WIDTH(NARROW)		
COURSE WIDTH(WIDE)		
CLEARANCE 150		
CLEARANCE 90		
ALIGNMENT 150		
ALIGNMENT 90		

8.활공각시설(Glide Slope)

COMMISSIONED ANGLE : 3.00		
CATEGORY : Ⅱ		
TRANSMITTER	Tx 1	Tx 2
MODULATION	80.6	80.6
ANGLE	2.98	2.98
WIDTH		
CLEARANCE BELOW PATH		
STRUCTURE BELOW PATH		
PATH STRUCTURE-Z 1	1.9/10.0	2.1/8.8
PATH STRUCTURE-Z 2	6.1/0.90	8.5/0.58
PATH STRUCTURE-Z 3	6.2/0.1	4.0/0.2
USABLE DISTANCE		
SYMMETRY		
DATE OF MONITOR		

9.검사장비(Facility/Component Inspected)

- LOCALIZER	CHECKED
- GLIDE SLOPE	CHECKED
- COMPASS LOCATORS	
- DME	CHECKED
- 75MHz MARKERS	CHECKED

10.장비상태(General)

- 75MHz MARKERS	SATISFACTORY
- COMPASS LOCATORS	
- DME	SATISFACTORY

11.다음검사 만기일자(Next Due-Date):

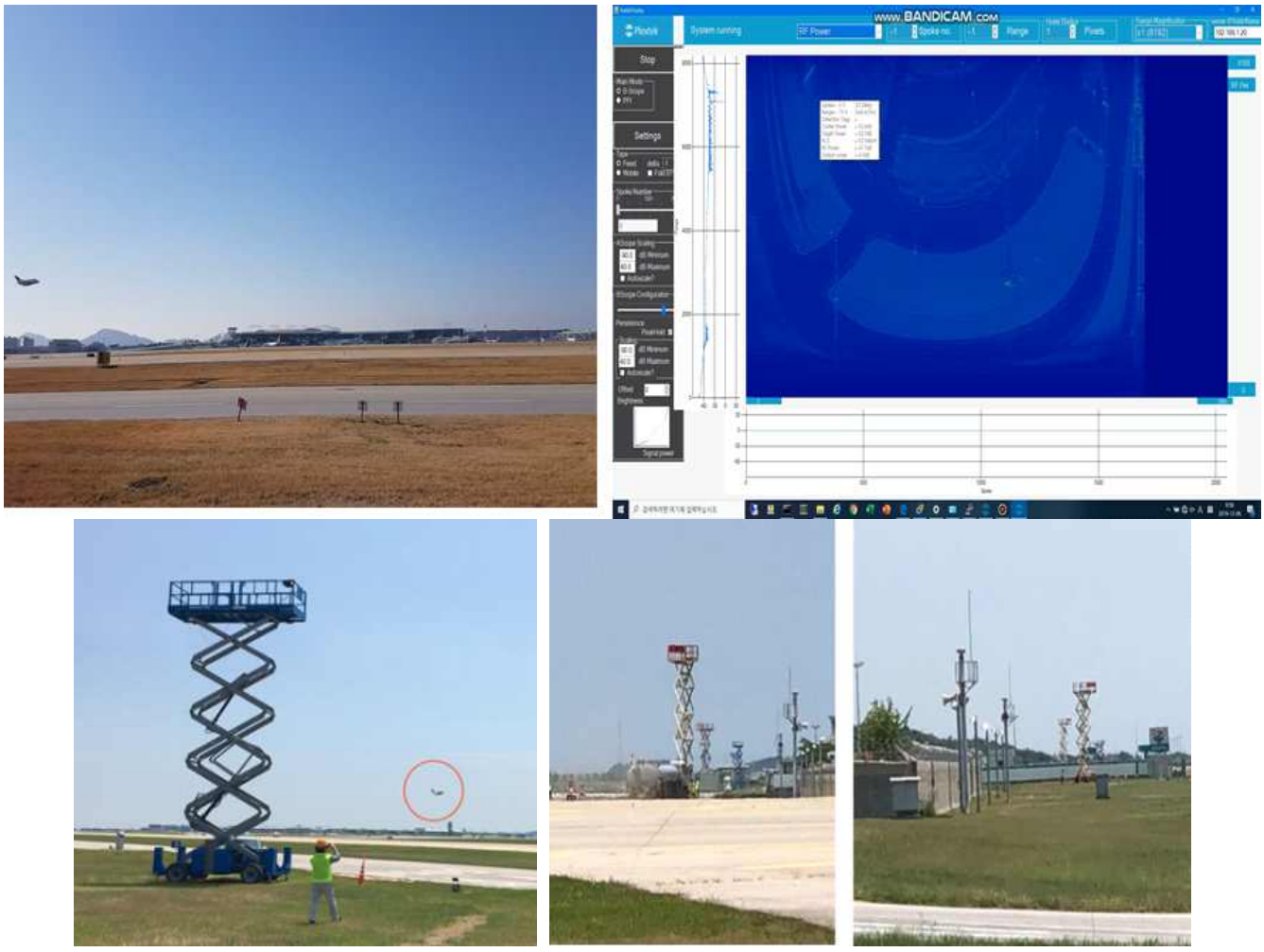
< 플랫폼 구조물에 대한 반사파 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 결과 합격 >

1) 플랫폼 구조물에 대한 반사파 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 (19.12.06)

가) 고소작업대로 플랫폼 모사 후, 비행검사를 통해 ASDE 형향성 모니터링



< ILS 비행검사 및 플랫폼 가설치 현장 >



< ILS 비행검사 시험 >

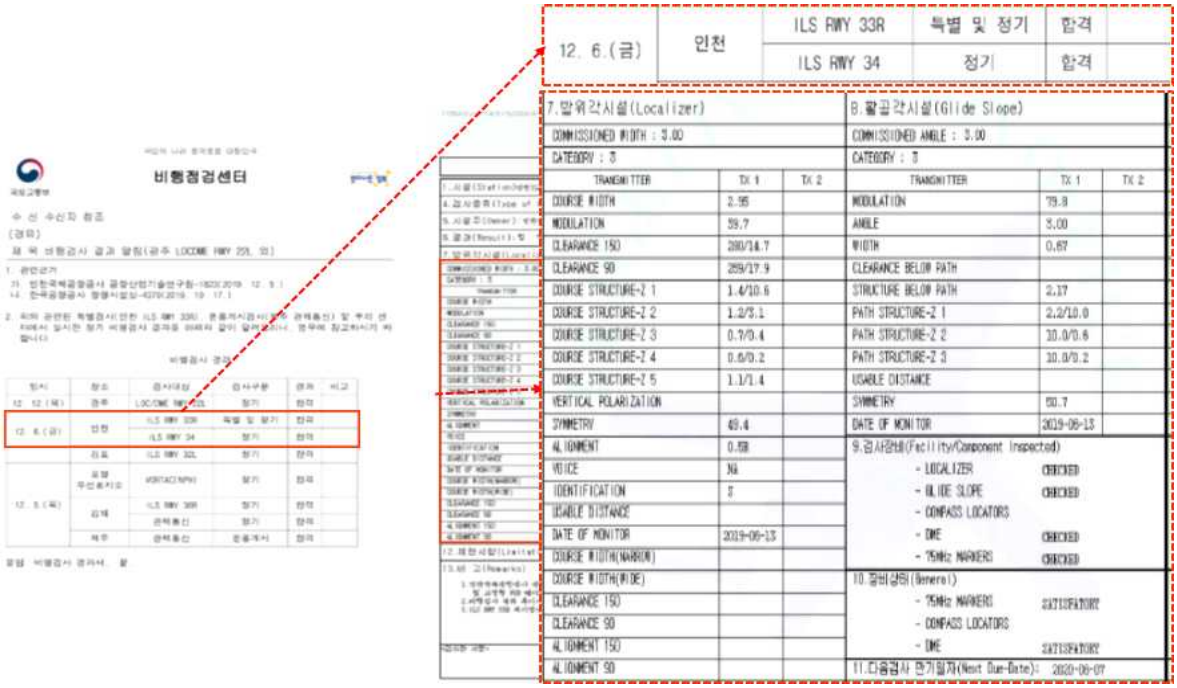
나) 검증결과

① 인천국제공항공사-공항연구소(2019.12.05.) 관련 이동형 FOD 시스템 및 고정형 레이다 1기

주파수 방사 후 실시한 특별 및 정비 비행검사

② 특이사항 없었음

- ILS RWY 33R 정기 및 특별 비행검사 : 합격
- ILS RWY 334 정기 비행검사 : 합격



비행점검센터

12. 6.(금)	인천	ILS RWY 33R	특별 및 정기	합격
		ILS RWY 34	정기	합격

7.방위각시설(Localizer)

COMMISSIONED WIDTH : 3.00
CATEGORY : 3

TRANSMITTER	TX 1	TX 2
COURSE WIDTH	2.95	
MODULATION	39.7	
CLEARANCE 150	280/14.7	
CLEARANCE 90	289/17.9	
COURSE STRUCTURE-Z 1	1.4/10.6	
COURSE STRUCTURE-Z 2	1.2/9.1	
COURSE STRUCTURE-Z 3	0.7/0.4	
COURSE STRUCTURE-Z 4	0.6/0.2	
COURSE STRUCTURE-Z 5	1.1/1.4	
VERTICAL POLARIZATION		
SYMMETRY	49.4	
ALIGNMENT	0.158	
VOICE	NA	
IDENTIFICATION	I	
USABLE DISTANCE		
DATE OF MONITOR	2019-06-13	
COURSE WIDTH(NARROW)		
COURSE WIDTH(WIDE)		
CLEARANCE 150		
CLEARANCE 90		
ALIGNMENT 150		
ALIGNMENT 90		

8.활공각시설(Glide Slope)

COMMISSIONED ANGLE : 3.00
CATEGORY : 3

TRANSMITTER	TX 1	TX 2
MODULATION	79.8	
ANGLE	3.00	
WIDTH	0.67	
CLEARANCE BELOW PATH		
STRUCTURE BELOW PATH	2.17	
PATH STRUCTURE-Z 1	2.2/10.0	
PATH STRUCTURE-Z 2	10.0/0.6	
PATH STRUCTURE-Z 3	10.0/0.2	
USABLE DISTANCE		
SYMMETRY	50.7	
DATE OF MONITOR	2019-06-13	

9.검사장비(Facility/Component Inspected)

- LOCALIZER CHECKED
- GLIDE SLOPE CHECKED
- COMPASS LOCATORS
- DME CHECKED
- 75MHz MARKERS CHECKED

10.정비상태(General)

- 75MHz MARKERS SATISFACTORY
- COMPASS LOCATORS
- DME SATISFACTORY

11.다음검사 만기일자(Next Due-Date): 2020-06-07

< 레이다 신호 방사에 대한 영향성 검토를 위한 ILS 비행검사 결과 합격 >

1) 플랫폼 구조물에 대한 관제통신 음영 검사 (19.06.27)

가) 휴대용 송수신기(Gunset)를 이용해 고정형 FOD 플랫폼(구조물)에 의한 계류장관제탑 & 메인 관제탑의 관제통신장비 및 음영지역(Radio Check) 검토

나) 내용

① 시험주파수 : 121,750MHz 외 6개 주파수

② 시험방법 : FOD 플랫폼(철탑구조물) 설치 지점(음영 예상장소)에 고소작업대 1대씩 순차 설치하여 관제통신장비 및 건섹 음영 시험



< 플랫폼 구조물에 대한 관제통신 음영 검사 진행 현장 >

나) 검증결과

① 특이사항 없었음

양호 O, 보통 △, 불량 X

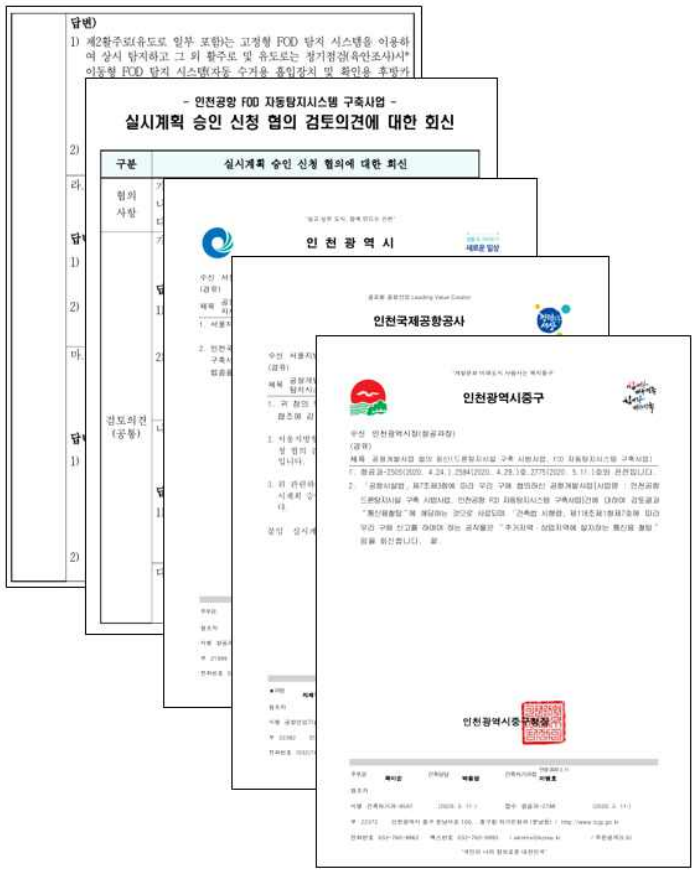
구분	관제탑(TWR)									계류장관제탑(Apron)									
	121.750		118.200		121.600			121.600 건셋		121.800		123.575			Apron 건셋 CP석 121.800		Apron 건셋 AP석 121.800	
	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	수신(Rx)상태2	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태2	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	수신(Rx)상태2	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태	수신(Rx)상태1	송신(Tx)상태
FOD #1 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #1 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #2 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #2 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #3 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #3 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #4 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #4 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #5 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #5 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #6 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #6 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #7 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #7 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FOD #8 서쪽	O	O	O	O	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD #8 동쪽	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
비고	FOD 서쪽				BSS OFF(매뉴얼 모드) 1번 Rx 선택 2번 Rx 선택			FOD 동쪽				BSS OFF(매뉴얼 모드) 1번 Rx 선택 2번 Rx 선택			FOD 동쪽			

< 플랫폼 구조물에 대한 관제통신 음영검사 진행 결과 >

마. 공항개발사업 시행허가 및 실시계획 승인

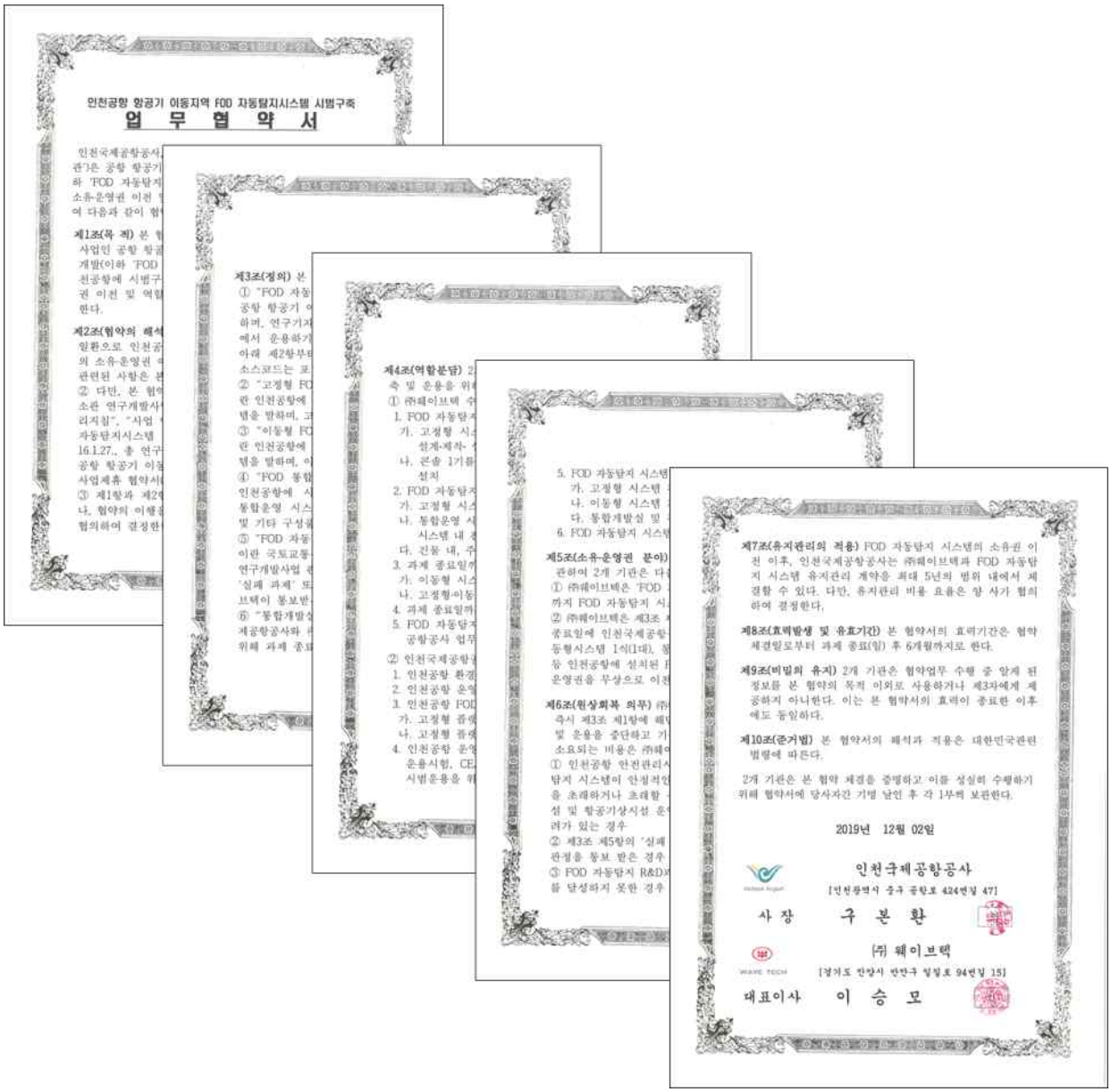
1) 서울지방항공청 사업설명회 실시를 통해 공항개발사업 시행허가 및 실시계획 승인됨

1차 사업설명회('19. 3. 21.) / 2차 사업설명회('19. 6. 28.) / 3차 사업설명회('20. 01.16.)



< 공항개발사업 시행허가 및 실시계획 승인신청 관련 공문 및 검토의견 >

바. 인천공항 시스템 구축을 위한 업무 추진



인천공항 항공기 이동지역 FOD 자동탐지시스템 시범구축

업 무 협 약 서

제7조(유지관리의 적용) FOD 자동탐지 시스템의 소유권 이전 이후, 인천국제공항공사는 ㈜웨이브텍과 FOD 자동탐지 시스템 유지관리 계약을 최대 5년의 범위 내에서 체결할 수 있다. 다만, 유지관리 비용 요율은 당 사가 협의하여 결정한다.

제8조(효력발생 및 유효기간) 본 협약서의 효력기간은 협약 체결일로부터 과제 종료(일) 후 6개월까지로 한다.

제9조(비밀의 유지) 2개 기관은 협약업무 수행 중 알게 된 정보를 본 협약의 목적 이외로 사용하거나 제3자에게 제공하지 아니한다. 이는 본 협약서의 효력이 종료한 이후에도 동일하다.

제10조(준거법) 본 협약서의 해석과 적용은 대한민국관련 법령에 따른다.

2개 기관은 본 협약 체결을 증명하고 이를 성실히 수행하기 위해 협약서에 당사자간 기명 날인 후 각 1부씩 보관한다.

2019년 12월 02일

인천국제공항공사

[인천광역시 중구 공항로 424번길 47]

사 장 구 본 환

㈜ 웨이브텍

[경기도 안양시 만안구 일직로 94번길 15]

대표이사 이 승 모

< 인천공항 시스템 구축을 위한 업무협약서(인천국제공항공사-웨이브텍) >

2) 목표 달성 수준

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 센서 구성 - 레이다+EO	○ 센서구성 - 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템에 고정밀 레이다 센서 모듈 및 EO 센서 모듈을 장착하여 탐지할 수 있도록 구성	100
○ 통합운용시스템 1set - 고정 및 이동형 탐지 장치 통합운용 및 전시기능 - 다수 활주로 실시간 통합 운용을 위한 확장성 제공 - 공항 내 설치된 항행시스템과 연계 운용 기능 - 운항정보 관리시스템 연계기능 - FOD 탐지 관련 DB 및 통계자료 자동 생성 기능	○ 통합운용시스템 1set - 통합운영서버 및 통합운영콘솔을 구축하여 고정형 및 이동형 자동탐지 시스템을 운용할 수 있도록 하였으며 탐지된 정보를 통합운영콘솔에서 확인할 수 있도록 구성 - 구성된 통합운영시스템은 활주로를 확장할 수 있도록 기능을 구현 - 항행시스템 및 운항정보관리시스템을 연계할 수 있는 연계운용 S/W를 개발하여 통합운영 콘솔에서 관련정보를 전시할 수 있도록 구성 - 구축한 통합운영서버를 통해 탐지된 정보는 DB로 저장되며, 통계자료를 자동생성할 수 있도록 기능 구현 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 최소탐지대상물질 - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발 - 2cm 이상의 물체크기에 대해서는 탐지 대상 물질 및 크기, 판단기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용	○ 최소탐지대상물질 - 국제 이물질 자동탐지 시스템의 성능기준인 FAA 권고회람 AC 15-.5220-24에 근거하여 2cm 이상의 물질 탐지 가능 - 본 개발 시스템의 객관적 성능평가를 위하여 국내공인전문시험기관인 KTL에서 AC15.5210-24에 근거하여 탐지대상 물질 및 크기, 판단기준, 시험평가를 추진함 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 탐지거리 - 고정형 : 400m 이상 - 이동형 : 100m 이상 (이동속도 60km)	○ 탐지거리 - 고정형의 경우 400m 이상의 거리에서 존재하는 이물질을 탐지하였으며, 이동형의 경우 시속 60km/h 속도에서 100m 전방에 존재하는 이물질을 탐지하였음 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 위치정확도 - 1m 이내	○ 위치정확도 - 탐지되는 이물질의 위치정확도는 반경 1m 이내를 만족 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 탐지갱신주기 - 고정형 : 4분이내 - 이동형 : 해당없음	○ 탐지갱신주기 - 고정형의 경우 탐지갱신주기 2분으로 4분 이내를 만족 (이동형은 해당사항 없음) - 현재 KTL 성능시험 진행중	100

○ 탐지시간 - 고정형 : 1분 이내 - 이동형 : 실시간	○ 탐지시간 - 고정형의 경우 탐지시간은 1분 이내를 만족 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 탐지확률 - 95% 이상	○ 탐지확률 - 탐지확률 95% 이상을 만족함 - 현재 KTL 성능시험 진행중 (현재까지 100% 성능 만족함)	100
○ 최소탐지 RCS - -30dBsm	○ 최소탐지 RCS - 레이다의 센서 모듈의 최소탐지 RCS는 -30dBsm에 해당하는 지름 3.6cm 구로 탐지 확인 완료 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 기상조건 - FAA 기준과 동일	○ 기상조건 - FAA의 기준인 악기상 하 성능은 미국 기후학에 근거된 기준으로 국내 기상조건에과는 맞지 않음. KTL과 협의하여 유럽 민간항공장비기구인 EROCAE의 ED-235의 악기상 조건인 강수량 16mm/h 이내에서 성능을 만족할 수 있도록 보장 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 오경보 신뢰성 - FAA 기준과 동일	○ 오경보 신뢰성 - FAA 기준인 90일동안 평균 일일 1회를 초과하지 않도록 보장 - 현재 KTL 성능시험 진행중	100
○ 제품수명 - FAA 기준과 동일	○ 제품수명 - 고정형의 경우 FAA 기준인 유지보수를 통해 최대 10년을 사용할 수 있도록 보장 - 이동형의 경우 FAA 기준에 근거 연간 365번 주기로 사용할 수 있도록 보장	100
○ 환경조건 - FAA 기준과 동일	○ 환경조건 - FAA 기준에 근거하여 5차년도에 각 모듈별 신뢰성시험 및 CE인증을 완료함 - 염수분무, 온도, 습도, 진동 규격 MIL-STD-810G 기준 만족 - 전자파 적합성 규격 MIL-STD-461F 기준 만족 - 분진방수 규격 KS C IEC 60529 기준 만족	100
○ 전원공급 - FAA 기준과 동일	○ 전원공급 - FAA 기준인 정전 발생시에도 운영될 수 있도록 시스템에 UPS를 적용하여 정전시에도 30분간 시스템 운용 가능	100
○ 기타 - 차량 내 실시간 처리 및 전시/제어 기능 - 무선통신기능 장착 - 이물질 수거장치 장착/연동기능 - 기타 정의되지 않은 기준은 ICAO, FAA,	○ 기타 - 차량 내에서도 탐지된 정보를 확인할 수 있도록 이동형 콘솔을 구성함 - LTE 무선통신모듈을 장착하여 이동형에서 탐지된 정보를 무선으로 통합운영시스템에	100

RTCA의 관련 문서 기준 적용	전달 할 수 있도록 구성 - 차량 내에 이물질 수거장치를 장착하여 연동할 수 있도록 구성 - 기타 정의되지 않은 기준은 객관적 성능평가를 위하여 KTL과 협의하여 기준을 정립함	

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 우수성

- 해외 선도기술대비 탐지확률 95% (선도기술 90%), 위치정확도 1m 이내(선도기술 5m 이내), RCS -30dBsm(선도기술 -20dBsm), 이동형의 경우 차량속도 60km/h (선도기술 48km/h)로 개발기술이 우수함

	Qnetiq (Tarsier Rader)	Stratech (iFerret)	Trex (FOD Finder)	㈜웨이브텍
생산국	영국	싱가포르	미국	한국
센싱기술	레이다 광학카메라	광학카메라	레이다 광학카메라	레이다 광학카메라
모형				
설치 위치	활주로 중앙 200m이격	활주로 중앙 230m이격	활주로 중앙 100m이격	활주로 중앙 300m이격
설치 구조물	12m 타워설치	6-12m 타워설치	2m 고정물	11m 타워설치
탐지거리	1.5Km	400m	300m	400m
최소탐지크기	-20dBsm	-20dBsm	-20dBsm	-30dBsm
위치 정확도	5m	5m	2m	1m
탐지확률	90%	90%	90%	95%
설치 수량	3대	9대	6대	8대(150m 이격시 5대)
설치 장소	밴쿠버	창이	샌 디에이고	인천국제공항

- 국제공동연구기관인 PLEXTEK(영국)과 에이전시 체결(유럽시장 마케팅)하였으며, 프랑스, 영국, 인도네시아, 뉴질랜드, 방글라데시로부터 구매의향 제안의사를 받음으로써 해외공항에서도 본 개발기술의 우수성을 인정 받음
- 학술적 성과(비 SCI 논문게재 7건, 국내외학술발표 12건), 기술적성과(특허 등록 11건, 특허출원 19건, 프로그램 등록 21건) 등 고른 양적성과를 도출함으로써 산/학/연 협력을 통한 학술적, 기술적 완성도를 제고

○ 차별성

- 본 개발시스템은 레이다+EO(광학) 카메라 복합센서 기반 시스템으로 탐지확률을 높이고 오경보율을 줄일 수 있으며, 탐지시 탐지된 이물질을 시각적으로 확인할 수 있음
- 또한 이동형 시스템의 경우 수거장치가 장착되어 있어 탐지하고 즉시 이물질을 신속하게 제거할 수 있음

5. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

○ 연구개발 결과물의 활용
- 서울지방항공청의 결정에 따라 공항개발사업으로 시스템 구축완료, 개발성공 판정시 인천국제공항공사로 소유권 이전과 함께 계속적으로 시스템 운용 예정
- 이물질 현황 D/B 구축 및 분석을 통해 만들어진 자료를 국토교통부 또는 공항공사, 공군에 제공하여 효과적인 이물질 방지대책을 수립하는데 사용할 수 있게 함

○ 확보 기술의 활용
- 본 연구개발 사업을 통해 개발된 레이다 및 EO카메라 기술은 국내 최초로 개발된 공항 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 기술로 민・군 공항에 적용 가능한 항공 안전관련 탐지기술의 원천기술로 앞으로 해당 분야 뿐만 아니라 무인 이동장비 관련 기술개발에도 활용 가능함
- 탐지대상 물체의 크기가 작고 오경보율이 낮은 고성능의 레이다 및 EO 센서 기술은 향후 한국의 군사적 대치상황에 적합한 침입자 탐지용 근거리 감시 장비와 최근 이슈가 되고 있는 저속으로 접근하는 무인기 탐지 및 요격장비 개발에 적극 활용
- 본 연구개발 사업에서 개발된 레이다 및 EO카메라 기술을 적극적으로 활용하여 국방, 공항, 발전소, 항만 등 다양한 분야에 침입자 탐지, 노면 파손 탐지, 터널 파손 탐지, 파이프 누수 등 자동탐지 분야의 기술 선도 기업으로 도약
  ① 국방분야
    - UAV 탐지 및 추적시스템
    - 국경수비용 감시 시스템
    - 해안감시 시스템
  ② 해양분야
    - 선박 및 함정 항해용 시스템
    - 해양 교통 감시시스템
  ③ 항공분야
    - 공항 지상감시 시스템
  ④ 기타응용분야
    - 자동화 경비 시스템
    - 소방/방재 분야
    - 지휘/통신 체계분야

○ 시스템 성능 향상을 위한 EO 카메라 기술 추가 연구방안
- 향후 기술의 발전에 따라 고성능 광학센서 및 고정밀 PTZ 모터, 고배율 렌즈에 대한 성능개선 부분이 이루어질 수 있을 것으로 예상되며 이를 통한 이물질(FOD) 자동탐지 시스템의 성능개선을 추진 예정
  · 초저조도 카메라로 설계변경을 통해 야간 영상상태에 따라 기존에 설계된 IR Light를 제외하거나 저출력 모델로 교체가 가능함으로써 유지보수 비용 절감 가능
  · 4K 카메라로 설계 변경을 통해 기존 2K 카메라에 비해 해상도가 4배 증가함에 따라 이물질의 윤곽이 선명해져서 이물질을 판단하는데 유리해짐
  · 고정줌 렌즈는 조리개값이 일반 렌즈에 비해 좋아 이물질의 윤곽이 선명해지며, 렌즈의 기계적 줌이 아닌 디지털 줌으로 영상 확대가 가능

○ 개발기술의 사업화 추진
- 본 연구개발 사업을 통해 개발된 이물질 자동탐지 시스템은 상용화 진입을 목표로 현장 운용시험과 수요처 시범운용시험을 수행하고 개발기간 중 진행단계별 주기적으로 TTA 개발검증 및 공인전문 시험기관 성능시험을 진행함으로써 사업화 기반 구축
- 상업화된 제품은 한국공항공사・인천국제공항공사・공군에 제품설명회 및 시연을 통해 우선적으로

국내 수요를 충족시키고 국내 설치/운용 실적과 경험을 축적

- 주관기업의 해외 마케팅 인프라를 활용한 중국, 일본, 인도네시아 등 동남아시아 시장에 우선적으로 진출 후 아시아 전역, 남미, 유럽, 북미 등으로 시장을 확대
- 유럽, 북미와 같이 이물질 자동탐지 시스템의 기반기술 선진국에는 본 연구 개발사업의 국제공동연구개발 참여업체인 PLEXTEK SERVICES LIMITED와 자회사인 Blighter Surveillance System과 협력하여 시장개척

< 사업화 전략 >

구분	구체적인 내용
형태/규모	○ 상용화 형태 - 고정형 및 이동형 이물질 자동탐지장치, 통합운영시스템 ○ 수요처 - 국내 : 한국공항공사, 인천국제공항공사, 공군 - 해외 : 각 국가의 공항관리 기관, 공군 ○ 예상 단가 - 고정형 : 80억/식(공사비용 별도) - 이동형 : 8억/대
상용화 능력 및 자원 보유	○ Tuneable/Hopping Module 및 유전체 Duplexer 모듈 / Waveguide 모듈 개발, 설계, 시뮬레이션, 분석 및 검증 능력을 보유한 인력 ○ 무선 중계기 관련 서브-시스템 및 군수 TICN 모듈 및 시스템 개발, 설계, 시뮬레이션, 분석 및 검증 능력을 보유한 인력 ○ 개발제품에 대한 전기적 특성 검증을 위한 장비 보유 및 신뢰성 검증 및 분석 Tool 관련 프로세스 보유
상용화 계획 및 일정	○ 기술 안정화 단계 (~2022) - R&D : 이물질 자동탐지 시스템 상용화에 필요한 요소기술 및 시제품 개발완료, 신뢰성 시험 및 현장운용시험을 통한 장치기능 최적화/보완 → 현장운용시험용 시제제작 [3~6차년도] → 체계통합 및 시험 [4~5차년도] → 신뢰성 시험 [5차년도] → 현장운용시험 [6~7차년도] → 수요처시범운용 [7차년도] → 공인전문시험기관 성능시험 [7차년도] - 목표 시장 및 제품: 국내 항공시설의 수요니즈를 기준으로 시스템을 개발, 공인전문시험기관 성능시험을 통한 수요처 신뢰성 확보 - 생산자원 : 수요기업 및 국내외 협력 네트워크 활용 ○ 시장 확대 단계 (2022~2025) - 목표 시장 및 제품 : 국내외 영업망 확장을 통해 신규 시장 진입 : 국내 공항 이물질 자동탐지 시스템 설치 이력과 운영경험 축적을 통해 해외시장 신뢰성 획득 - 생산자원 : 국내외 협력 영업 네트워크 확보 ○ 사업 다각화 단계 (2025~) - R&D : 기능성 추가 기술개발 및 기타 적용 산업용 연구개발 진행 - 목표 시장 및 제품: 정밀 자동탐지 시스템을 이용한 무기/군수용 감시 시스템 시장 확장 - 생산자원 : 신규 생산설비 확장, 국내외 협력 연구 네트워크 확보

○ 국내외 영업

- 본 연구개발사업의 주관기업인 ㈜웨이브텍은 주 생산품의 90%가 일본 및 해외시장으로 판매되고 있으며 일본, 중국, 인도네시아, 태국, 호주 5개국에 지사 및 영업소를 두고 활발한 영업활동을

전개하고 있어 향후 이물질 자동탐지 시스템의 개발 완료 후 해외시장 진출을 위한 영업활동을 바로 진행할 수 있는 토대를 구비하고 있음

- 인도네시아 국방부 공군본부와의 본 연구개발 사업 결과물에 대한 구매의향서 체결 완료
- 본 연구개발 사업에 국제공동연구개발로 참여하는 PLEXTEK SERVICES LIMITED는 레이다 관련 자회사인 Blighter Surveillance System 외에도 선도 기술을 보유한 3개의 자회사를 가지고 있으며 현재 방산과 민수분야 모두에서 영국을 포함한 유럽 및 북미, 아시아 전역 등 20개국에 영업 인프라를 구축하고 있음
- 주요 영업활동 국가는 대한민국, 영국, 미국, 프랑스, 이탈리아, 스위스, 불가리아, 독일, 벨기에, 체코, 노르웨이, 네덜란드, 러시아, 이스라엘, 사우디아라비아, 인도, 태국, 중국, 일본, 말레이시아 등 20개국

< 별첨 >

별첨 자료
1. 참고문헌
2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료

1. 참고문헌

[1] FAA AC 150/5220-24, “Airport Foreign Object Debris(FOD) Detection Equipment“, 2009

[2] FAA AC 150/5120-24, “Airport Foreign Object Debris(FOD) Management“, 2010

[3] Elzabeth Woodworth and Edwin E. Herricks, “PROCEDURES FOR FOD DETECTION SYSTEM PERFORMANCE ASSESSMENTS RADAR-BASED AND DUAL SENSOR SYSTEMS”, 2010 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference, April, 2010

[4] DOT/FAA/AR-10/33, “Performance Assessment of a Radar-Based Foreign Object Debris Detection System”, 2011

[5] DOT/FAA/TC-12/22, “Performance Assessment of a Hybrid Radar and Electro-Optical Foreign Object Debris Detection System”, 2012

[6] 국토교통과학기술진흥원, “활주로 내 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발 기획 최종보고서”, 2014. 06.

[7] EUROCAE ED-235,“MINIMUM AVIATION SYSTEM PERFORMANCE SPECIFICATION FOR FOREIGN OBJECT DEBRIS DETECTION SYSTEM”, 2016

2. 총 연구개발기관 성과점검기준표 및 증빙자료

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		질적 목표 및 성과						해당 기관	예산 (백만)	양적 목표 및 성과		증빙자료
					성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치			목표치	달성치	
주관 공동	A	고정형 이물질 자동탐지 장치	A-1	고정형 시스템 장치체계	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.4	웨이브텍	1,200	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문발표 : 편 시제품 : 8 건	특허 : 출원 3 건 등록 건 논문발표 : 2 편 시제품 : 8 건	별책 1-1
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	운용개념 및 시나리오 보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 1-24
					⑤	마케팅 전략 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 1-24
					⑥	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑦	성능시험 진행계획 수립 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 2-11
					⑧	2차년도 개발프로세스 검증 결과서	1종	1종	확인 시험	연차평가						별책 2-12
					⑨	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-1 별책 4-1
					⑩	3차년도 개발프로세스 검증 결과서	1종	1종	확인 시험	연차평가						별책 3-10
					⑪	4년차 체계통합시험 결과보고서	1종	1종	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 4-2
					⑫	4차년도 개발프로세스 검증 결과서	1종	1종	확인 시험	연차평가						별책 4-6
					⑬	5년차 체계통합시험 결과보고서	1종	1종	확인 시험	연차평가						별책 5-1
					⑭	신뢰성시험 결과보고서	1종	1종	성적서	공인시험 성적서						별책 5-2
					⑮	전파장애 분석 보고서	1종	1종	보고서	시뮬레이션 실증검증						별책 5-3
					⑯	고정형 플랫폼 공사 시험 및 검사 성적서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 6-1
					⑰	플랫폼 공사 감리 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 6-2
					⑱	현장운용시험 결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가						별책 7-1

					⑲	KTL 공인성능시험 결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가							별책 7-2
					⑳	최종결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가							최종보고서
					㉑	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가							별책 7-3
					㉒	**고정형 이물질 자동탐지 시스템**	**1식**	**1식 (8대)**	확인	개발프로세스검증 공인 시험 성적서 KTL 공인 성능시험	3						별책 3-1 별책 4-1
					㉓	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	확인								
					㉔	탐지거리	400m 이상	400m 이상	시험								별책 3-1
					㉕	최소탐지 대상물질	2cmX2cm	2cmX2cm	시험								별책 4-1
					㉖	최소탐지 RCS	-30dBsm	-30dBsm	시험								별책 4-2
					㉗	탐지확률	95% 이상	95% 이상	시험								별책 5-1
					㉘	탐지시간	1분 이내	1분 이내	시험								별책 7-1
					㉙	위치정확도	반경 1m 이내	반경 1m 이내	시험								별책 7-2
					㉚	탐지갱신주기	4분 이내	4분 이내	시험								
					㉛	기상조건	시험을 통한 기준명시	시험을 통한 기준명시	시험								별책 7-1
					㉜	오경보	시험을 통한 기준명시	시험을 통한 기준명시	시험								별책 7-2
			A-2	고정형 플랫폼	①	기본설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	웨이브텍	6,850	시제품 : 9 건	시제품 : 9 건		별책 1-2
					②	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증							별책 2-1
					③	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증							
					④	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증							별책 3-2 별책 4-1
					⑤	현장운용시험용 시제	8대	8대	확인 시험	개발 프로세스 검증	0.1						별책 3-2 별책 4-1
			A-3	고정형 제어모듈	①	하드웨어사양설계서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	유넷 컨버전스	181	특허 : 출원 3 건 등록 건 시제품 : 10 건 SW : 2 건	특허 : 출원 3 건 등록 3 건 시제품 : 10 건 SW : 2 건		별책 1-3
					②	Protocol 기능설계서	1종	1종									
					③	Database구조설계서	1종	1종									
					④	인터페이스통제서	1종	1종									
					⑤	기본설계보고서	1종	1종									
					⑥	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증							별책 2-1
					⑦	프로토-타입 시제	1대	1대	확인	개발							

					⑧	프로토-타입 S/W	1건	1건	시험	프로세스 검증						
					⑨	프로토-타입 시험절차서	1종	1종								별책 2-2
					⑩	프로토-타입 시험성적서	1종	1종								
					⑪	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1					별책 3-2 별책 4-1
					⑫	현장운용시험용 시제	9대	9대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-2 별책 4-1
					⑬	현장운용시험용 S/W	1건	1건								별책 3-2 별책 4-1
					⑭	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	연차평가						별책 7-3
			A-4	고정형 전원공급모듈	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	웨이브텍	60	시제품 : 10 건	시제품 : 10 건	별책 1-4
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑥	프로토-타입 시험절차서	1종	1종								별책 2-2
					⑦	프로토-타입 시험성적서	1종	1종								
					⑧	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1					별책 3-2 별책 4-1
					⑨	현장운용시험용 시제	9대	9대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-2 별책 4-1
주관 공동	B	이동형 이물질 자동탐지 장치	B-1	이동형 시스템 장치체계	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.4	웨이브텍	600	시제품 : 2 건	시제품 : 2 건	별책 1-5
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	운용개념 및 시나리오 보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 1-24
					⑤	이동형 시스템 개발 타당성 및 수요조사보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 1-24
					⑥	레이저 센서 모듈 개발 타당성 수요조사 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 1-24

					⑦	마케팅 전략 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 1-24
					⑧	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑨	성능시험 진행계획 수립 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 2-11
					⑩	2차년도 개발프로세스 검증 결과서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 2-12
					⑪	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 3-1 별책 4-1
					⑫	3차년도 개발프로세스 검증 결과서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 3-7
					⑬	4년차 체계통합시험 결과보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 4-2
					⑭	4차년도 개발프로세스 검증 결과서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 4-6
					⑮	5년차 체계통합시험 결과보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 5-1
					⑯	신뢰성시험 결과보고서	1종	1종	보고서	공인시험 성적서						별책 5-2
					⑰	현장운용시험 결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가						별책 7-1
					⑱	KTL 공인성능시험 결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가						별책 7-2
					⑲	최종결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가						최종보고서
					⑳	운용 및 유지보수 메뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
					㉑	**이동형 이물질 자동탐지 시스템**	**2대**	**2대**	확인		3					별책 3-1 별책 4-1
					㉒	센서구성	레이다+EO	레이다+EO	확인	개발프로세스검증						
					㉓	탐지거리	100m 이상	100m 이상	시험							
					㉔	최소탐지 대상물질	2cm×2cm 정육면체	2cm×2cm 정육면체	시험	공인 시험 성적서						별책 3-1
					㉕	최소탐지 RCS	-30dBsm	-30dBsm	시험							별책 4-1
					㉖	탐지확률	95% 이상	95% 이상	시험							별책 4-2
					㉗	탐지시간	2초 이내	2초 이내	시험							별책 5-1
					㉘	위치정확도	반경 1m 이내	반경 1m 이내	시험	KTL 공인 성능시험						별책 7-1 별책 7-2
					㉙	탐지갱신주기	해당없음	해당없음	시험							
					㉚	이물질 수거	수거장치 운용확인	수거장치 운용확인	시험							

					㉛	운용속도	60km/h	60km/h	시험							
					㉜	기상조건	시험을 통한 기준명시	시험을 통한 기준명시	시험							별책 7-1
					㉝	오경보	시험을 통한 기준명시	시험을 통한 기준명시	시험							별책 7-2
			B-2	이동형 플랫폼	①	기본설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	웨이브텍	1,387	특허 : 출원 1 건 등록 건 시제품 : 3 건	특허 : 출원 건 등록 건 시제품 : 3 건	별책 1-6
					②	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					③	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					④	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 3-2 별책 4-1
					⑤	현장운용시험용 시제	2대	2대	확인 시험	개발 프로세스 검증	0.1					별책 3-2 별책 4-1
			B-3	이동형 제어모듈	①	하드웨어사양설계서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	유넷 컨버전스	181	시제품 : 2 건 S/W : 2 건	시제품 : 2 건 S/W : 2 건	별책 1-7
					②	Protocol 기능설계서	1종	1종								
					③	Database구조설계서	1종	1종								
					④	인터페이스통제서	1종	1종								
					⑤	기본설계보고서	1종	1종								
					⑥	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑦	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑧	프로토-타입 S/W	1건	1건								
					⑨	프로토-타입 시험절차서	1종	1종								별책 2-2
					⑩	프로토-타입 시험성적서	1종	1종								
					⑪	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1					별책 3-2 별책 4-1
					⑫	현장운용시험용 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-2 별책 4-1
					⑬	현장운용시험용 S/W	1건	1건								별책 3-2 별책 4-1
					⑭	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
			B-4	이동형	①	규격서	1종	1종	보고서	개발	0.1	웨이브텍	40	시제품 : 4 건	시제품 : 4 건	별책 1-8

				전원공급모듈	②	인터페이스통제서	1종	1종		프로세스 검증		유넷 컨버전스	1,290			
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑥	프로토-타입 시험절차서	1종	1종								별책 2-2
					⑦	프로토-타입 시험성적서	1종	1종								
					⑧	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1					별책 3-2 별책 4-1
					⑨	현장운용시험용 시제	3대	3대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-2 별책 4-1
공동	C	통합운영시스템	C-1	통합운영서버	①	인터페이스통제서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.2	유넷 컨버전스	1,290	특허 : 출원 3 건 등록 건 시제품 : 3 건 S/W : 2 건	특허 : 출원 4 건 등록 3 건 시제품 : 3 건 S/W : 2 건	별책 1-9
					②	기본설계보고서	1종	1종								
					③	서버사양서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1 별책 2-2
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑥	프로토-타입 S/W	1건	1건								
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	1					별책 3-3 별책 4-1
					⑧	현장운용시험용 S/W	1건	1건	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 4-2 별책 5-1
					⑨	현장운용시험용 시제	2대	2대								
					⑩	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
			C-2	통합운용 고정형 콘솔	①	인터페이스통제서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.2	유넷 컨버전스	500	시제품 : 2 건 S/W : 2 건	시제품 : 2 건 S/W : 2 건	별책 1-10
					②	기본설계보고서	1종	1종								
					③	고정형 콘솔 사양서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1 별책 2-2
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑥	프로토-타입 S/W	1건	1건								
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스	1					별책 3-3 별책 4-1

										검증						
					⑧	현장운용시험용 S/W	1건	1건	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 4-2
					⑨	현장운용시험용 시제	1대	1대								별책 5-1
					⑩	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
			C-3	통합운용 이동형 콘솔	①	인터페이스통제서	1종	1종	확인	개발 프로세스 검증	0.2	유넷 컨버전스	100	시제품: 2 건 S/W: 2 건	시제품: 2 건 S/W: 2 건	별책 1-11
					②	기본설계보고서	1종	1종								
					③	이동형 콘솔 사양서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 2-2
					⑥	프로토-타입 S/W	1건	1건								
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 3-3
					⑧	현장운용시험용 S/W	1건	1건	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 4-1 별책 4-2
					⑨	현장운용시험용 시제	1대	1대								별책 5-1
					⑩	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
			C-4	통합운용 휴대용 콘솔	①	현장운용시험용 S/W	1건	1건	확인 시험	개발 프로세스 검증	0.2	유넷 컨버전스	10	시제품: 3 건 S/W: 1 건	시제품: 3 건 S/W: 1 건	별책 3-3
					②	현장운용시험용 시제	3대	3대								별책 4-1
			C-5	단독운영모드용 통합운용시스템	①	이동형 콘솔 시제	2대	2대	확인 시험	개발 프로세스 검증	0.2	유넷 컨버전스	100	시제품: 4 건 S/W: 3 건	시제품: 4 건 S/W: 3 건	별책 3-3
					②	이동형 콘솔 S/W	1건	1건								별책 4-1
					③	이동형 제어모듈 시제	2대	2대								별책 4-2
					④	이동형 제어모듈 S/W	1건	1건								별책 5-1
					⑤	통합운영서버 S/W	1건	1건								
					⑥	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	확인	최종평가						별책 7-3
공동	D	레이다 센서 모듈	D-1	고정형 레이다 센서 모듈	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.5	PLEXTEK	6,464	특허: 출원 2 건 등록 건 시제품: 10 건 S/W: 1 건	특허: 출원 1 건 등록 1 건 시제품: 10 건 S/W: 1 건	별책 1-12
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인	개발						

					⑥	프로토-타입 시험절차서/성적서	1종	1종	시험	프로세스 검증						별책 2-2
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	확인	개발 프로세스 검증						별책 3-4 별책 4-1
					⑧	현장운용시험용 시제	9대	9대	확인 시험	개발 프로세스 검증	1.5					별책 3-4 별책 4-1 별책 4-2 별책 5-1
					⑨	출력주파수	78~81GHz	78~81GHz								
					⑩	출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상								
					⑪	탐지범위(FOV)	180°	180°								
					⑫	RCS	-30dBsm	-30dBsm								
					⑬	탐지거리	400m	400m 이상								
					⑭	탐지확률	95% 이상	95% 이상								
					⑮	탐지시간	1분 이하	1분 이하								
					⑯	Range bin size	7.5cm	7.5cm								
					⑰	온도범위	-32~52℃	-32~52℃	확인 시험	공인시험 성적서						별책 5-2
					⑱	습도범위	5~90%	5~90%								
					⑲	IP등급	IP55	IP55								
					⑳	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
			D-2	이동형 레이다 센서 모듈	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.5	2,770	특허: 출원 2건 등록 건 시제품: 4건 S/W: 1건	특허: 출원 1건 등록 건 시제품: 4건 S/W: 1건		별책 1-13
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 2-2
					⑥	프로토-타입 시험절차서/성적서	1종	1종								
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	1.5					별책 3-4 별책 4-1
					⑧	현장운용시험용 시제	3대	3대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-4 별책 4-1 별책 4-2 별책 5-1
					⑨	출력주파수	78~81GHz	78~81GHz								
					⑩	출력전력	+18.5dBm 이상	+18.5dBm 이상								
					⑪	탐지범위(FOV)	90°	90°								
					⑫	RCS	-30dBsm	-30dBsm								
					⑬	탐지거리	100m	100m 이상								
					⑭	탐지확률	95% 이상	95% 이상								

					⑮	탐지시간	2초	2초 이내								
					⑯	Range bin size	7.5cm	7.5cm								
					⑰	온도범위	-32~52℃	-32~52℃	성적서	공인시험 성적서						별책 5-2
					⑱	습도범위	5~90%	5~90%								
					⑲	IP등급	IP55	IP55								
					⑳	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
공동	E	EO/IR 센서 모듈	E-1	고정형 EO 센서 모듈	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	엔티엔테크놀로지	17			별책 1-14
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	프로토-타입 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.2	영국전자	1,198	특허 : 출원 1 건 등록 건 시제품 : 10 건 SW : 1 건	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 시제품 : 10 건 SW : 1 건	별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑥	프로토-타입 시험절차서/성적서	1종	1종								별책 2-2
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증						별책 3-5 별책 4-1
					⑧	현장운용시험용 시제	9대	9대	확인 시험	개발 프로세스 검증	0.7					
					⑨	최소탐지물질 크기	2cm X 2cm	2cm×2cm 정육면체								별책 3-5 별책 4-1
					⑩	탐지거리	400m	400m								별책 4-2
					⑪	탐지확률	95% 이상	95% 이상								별책 5-1
					⑫	탐지반경	80.45°	80.45°								
					⑬	탐지시간	1분 이하	1분 이하								
					⑭	온도범위	-32~52℃	-32~52℃	성적서	공인시험 성적서						별책 5-2
					⑮	습도범위	5~90%	5~90%								
					⑯	IP등급	IP66	IP66								
					⑰	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	연차평가						별책 7-3
			E-2	이동형 EO 센서 모듈	①	규격서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.1	엔티엔테크놀로지	17			별책 1-14
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	기본설계보고서	1종	1종								
					④	프로토-타입 시제 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.2	영국전자	514	특허 : 출원 1 건 등록 건 시제품 : 4 건 SW : 1 건	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 시제품 : 4 건 SW : 1 건	별책 2-1
					⑤	프로토-타입 시제	1대	1대	확인 시험	개발 프로세스 검증						
					⑥	프로토-타입 시제 시험절차서/성적서	1종	1종								별책 2-2
					⑦	현장운용시험용 상세설계보고서	1종	1종	보고서	개발 프로세스 검증	0.7					별책 3-5 별책 4-1

					⑧	현장운용시험용 시제	3대	3대	확인 시험	개발 프로세스 검증						별책 3-5
					⑨	최소확인대상 물질크기	2cm X 2cm	2cm×2cm 정육면체								별책 4-1
					⑩	확인가능 거리	100m	100m								별책 4-2
					⑪	온도범위	-32~52℃	-32~52℃	성적서	공인시험 성적서						별책 5-1
					⑫	습도범위	5~90%	5~90%								별책 5-2
					⑬	IP등급	IP66	IP66								
					⑭	운용 및 유지보수 매뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
공동	F	이동형 레이저 센서 모듈	F-1	시스템	①	규격서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1	한국원자력연구원	24	특허 : 출원 3 건 등록 건 논문게재 : 3 편	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문게재 : 편	별책 1-15
					②	인터페이스통제서	1종	1종								
					③	개발 타당성 및 수요조사 보고서	1종	1종								
			F-2	하드웨어	①	기본설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						
			F-3	소프트웨어	①	소프트웨어 기본설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						
					②	알고리즘 기본설계보고서	1종	1종								
공동	G	이물질 자동탐지 장치 체계통합 및 시험지원	G-1	항행시스템 연계 운영 소프트웨어	①	요구사항명세서	1종	1종	보고서	연차평가	0.2	한국공항공사	797			별책 1-16
					②	기본설계보고서	1종	1종								별책 2-3
					③	상세설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 3-6
					④	구현 및 단위시험 결과보고서	1종	1종	보고서	연차평가						
			G-2	운항정보관리 시스템 연계운용 소프트웨어	①	요구사항명세서	1종	1종	보고서	연차평가	0.2					별책 1-17
					②	기본설계보고서	1종	1종								별책 2-4
					③	상세설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 3-7
					④	구현 및 단위시험 결과보고서	1종	1종	보고서	연차평가						
			G-3	통합운용(항행시스템, 운항정보관리시스템) 소프트웨어 (UI)	①	요구사항명세서	1종	1종	보고서	연차평가	0.2					별책 1-18
					②	기본설계보고서	1종	1종								별책 2-5
					③	상세설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 3-8
					④	구현 및 단위시험 결과보고서	1종	1종	보고서	연차평가						
			G-4	항행시스템 및 운항정보관리 시스템 연계운용 소프트웨어 통합 및 시험	①	통합시험 결과보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.4					별책 4-3
					②	신뢰성시험 결과보고서	1종	1종								별책 5-4
					③	현장통합시험 결과보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 6-3
					④	현장운용시험 중간보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 7-4
					⑤	현장운용시험 및 수요처 시범운용	1종	1종	보고서	최종평가						

						결과보고서										
					⑥	사용자 메뉴얼	1종	1종	메뉴얼	최종평가						별책 7-3
공동	H	기술수요/설계 분석 및 실용화 지원	H-1	기술수요분석	①	성능요구사항 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.2	인천국제 공항공사	808	특허 : 출원 건 등록 건 논문발표 : 편	특허 : 출원 2 건 등록 1 건 논문발표 : 6 편	별책 1-19
					②	운영요구사항 보고서	1종	1종								
			H-2	설계분석	①	요소별 설계 분석 지원 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1					별책 2-6
					②	프로토타입 시제 제작 지원 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 2-7
			H-3	단위모듈 설계지원	①	현장운용시험용 시제 상세설계 지원 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1					별책 3-7
			H-4	현장운용시험 지원	①	현장운용시험용 시제 제작 지원 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1					별책 3-7
					②	시스템 체계통합 시험지원 보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 4-4
					③	테스트-베드 설계 지원 보고서	1종	1종								
			H-5	시스템 구축 지원	①	시스템 설계 및 구축 지원 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1					별책 5-5
			H-6	시험운용지원 및 수요처시범운용 지원	②	현장운용시험 지원 중간보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.3					별책 6-4
					③	국내 공인전문시험기관 성능평가 계획 수립	1종	1종	보고서	연차평가						별책 6-5
					④	현장운용시험 지원 결과보고서	1종	1종	보고서	최종평가						별책 7-5
					⑤	성능평가 지원 및 시범운용 지원 보고서	1종	1종	보고서	최종평가						별책 7-6
			H-7	국내외 마케팅 지원	①	국내외 홍보 지원 보고서	1종	1종	보고서	최종평가	0.1					별책 7-7
위탁	I	체계통합 및 시험을 위한 자체 테스트베드 구축 방안	I-1	FOD 자동탐지 사양 도출	①	자동탐지 사양 도출 분석서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1	한서 대학교	320	논문게재 : 편 논문발표 : 편	논문게재 : 5 편 논문발표 : 1 편	별책 1-22
					②	유사장비 기술 성능 분석서	1종	1종								
					③	해외 동향 분석서	1종	1종								
			I-2	FOD 자동탐지 시스템 민,군 요구사항 분석	①	ROC 분석서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 1-22
					②	민,군 요구사항 조사 분석서	1종	1종								
			I-3	테스트-베드 주변 환경 조사	①	주변 건물 조사 분석서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1					별책 2-8
					②	활주로 주변 환경 조사 분석서	1종	1종								

			I-4	테스트-베드 환경 구축 및 통합운용시험 지원	①	태안비행장 자체 테스트-베드 시험 환경 구축 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.4					별책 3-8
					②	통합운용시험 인력 지원 및 논문 작성	3편	3편	논문	논문게재						
위탁	J	고정형/이동형 이물질 레이다 센서 모듈 안테나	J-1	고정형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계	①	기본설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1	조선 대학교	60	특허 : 출원 건 등록 건 논문발표 : 편	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문발표 : 1 편	별책 1-20
					②	상세설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 2-9
			J-2	이동형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계	①	기본설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 1-21
					②	상세설계보고서	1종	1종	보고서	연차평가						별책 2-10
위탁	K	국내외 인증 관련 방안 연구 및 추진계획 수립	K-1	국내외 인증방안 연구	①	국내외 인증방안 연구 보고서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1	항공우주 정책 연구원	26			별책 1-23
위탁	L	이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 개발	L-1	이물질 탐지 레이다 시뮬레이터	①	이물질 탐지 레이다 시뮬레이터 설계서	1종	1종	보고서	연차평가	0.1	대구경북 과학 기술원	200	특허 : 출원 건 등록 건 논문게재 : 편 논문발표 : 편 SW : 1 건	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 논문게재 : 2 편 논문발표 : 2 편 SW : 1 건	별책 3-9
					②	성능 검증용 시뮬레이터 SW	1건	1건	보고서	연차평가						별책 4-5
계											20		25,714	특허 : 출원 17 건 등록 건 논문게재 : 3 편 논문발표 : 편 시제품 : 90건 SW : 19 건	특허 : 출원 19 건 등록 11 건 논문게재 : 7 편 논문발표 : 12 편 시제품 : 90 건 SW : 19 건	

○ 연차별 별책 리스트

별책	보고서 제목	비고
1-1	고정형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-2	고정형 플랫폼 기본설계보고서	
1-3	고정형 제어모듈 기본설계보고서 하드웨어 사양설계서 / Protocol 기능설계서 / Database 구조설계서 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-4	고정형 전원공급모듈 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-5	이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-6	이동형 플랫폼 기본설계보고서	
1-7	이동형 제어모듈 기본설계보고서 하드웨어 사양설계서 / Protocol 기능설계서 / Database 구조설계서 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-8	이동형 전원공급모듈 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스 통제서 / 기본설계 보고서	
1-9	통합운영시스템 통합운영서버 기본설계보고서 인터페이스통제서 / 기본설계서 / 서버 사양서	
1-10	통합운영시스템 통합운영 고정형콘솔 기본설계보고서 인터페이스통제서 / 기본설계서 / 고정형콘솔 사양서	
1-11	통합운영시스템 통합운영 이동형콘솔 기본설계보고서 인터페이스통제서 / 기본설계서 / 이동형콘솔 사양서	
1-12	고정형 레이다 센서 모듈 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-13	이동형 레이다 센서 모듈 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스통제서 / 기본설계보고서	
1-14	고정형/이동형 EO 센서 모듈 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스 통제서 / 기본설계 보고서	
1-15	이동형 레이저 센서 모듈 기본설계보고서 규격서 / 인터페이스통제서 / 하드웨어 기본설계보고서 / 소프트웨어 기본설계보고서	
1-16	항행시스템 연계운용 소프트웨어 기본설계보고서 요구사항명세서 / 기본설계보고서	
1-17	운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 기본설계보고서 요구사항명세서 / 기본설계보고서	
1-18	통합운영(항행시스템 및 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 기본설계보고서 요구사항명세서 / 기본설계보고서	
1-19	이물질 자동탐지 시스템 기술수요 및 요구사항 분석 보고서 성능요구사항 / 운영요구사항	
1-20	고정형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계보고서	
1-21	이동형 레이다 센서 모듈 안테나 기본설계보고서	
1-22	민/군 공항 요구사항 분석 및 이물질 자동탐지 시스템 사양도출 분석 보고서	
1-23	국내외 인증 획득방안 연구보고서	
1-24	기타 성과 보고서 운용개념 및 시나리오 개발보고서 이동형 이물질 자동탐지 시스템 개발타당성 및 수요조사 보고서 레이저 센서 모듈 개발타당성 수요조사 보고서 마케팅전략 보고서	

2-1	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 상세설계보고서	
2-2	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 단위시험 결과보고서	
2-3	항행시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계보고서	
2-4	운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 상세설계보고서	
2-5	통합운용(항행시스템 및 운항정보관리시스템) 소프트웨어(UI) 상세설계보고서	
2-6	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 요소별 상세설계분석 및 지원보고서	
2-7	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 프로토-타입 시제 세작 지원보고서	
2-8	체계통합시험을 위한 자체 테스트-베드 구축방안 보고서 주변건물 조사 분석서 / 활주로 주변 환경조사 분석서 / 안테나 및 장비 설치지역 확보	
2-9	고정형 레이다 센서 모듈 안테나 상세설계보고서	
2-10	이동형 레이다 센서 모듈 안테나 상세설계보고서	
2-11	공항기술전문연구센터(CEAT) 성능검사 진행절차 및 계획(안) 수립 연구보고서	
2-12	TTA 개발프로세스 검증 결과서 (2차년도)	
3-1	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계 상세설계보고서	
3-2	고정형/이동형 플랫폼 상세설계보고서	
3-3	통합운영시스템 상세설계보고서	
3-4	고정형/이동형 레이다 센서 모듈 상세설계보고서	
3-5	고정형/이동형 EO 센서 모듈 상세설계보고서	
3-6	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 단위시험 결과보고서	
3-7	현장운용시험용 시제 상세설계 및 제작 지원보고서	
3-8	체계통합시험을 위한 자체 테스트-베드 구축지원 및 시험지원보고서	
3-9	이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 개발보고서	
3-10	TTA 개발프로세스 검증 결과서 (3차년도)	
4-1	이물질 자동탐지 시스템 개발산출물	
	4-1(01) 요구사항정의서 FOD-AN-01	
	4-1(02) 아키텍처정의서 FOD-AN-02	
	4-1(03) 시스템규격서 및 유스케이스명세서 FOD-AN-03	
	4-1(04) 엔터티정의서 FOD-AN-04	
	4-1(05) 논리ERD FOD-AN-05	
	4-1(06) 테이블정의서 FOD-AN-06	
	4-1(07) 물리ERD FOD-AN-07	
	4-1(08) 총괄시험계획서 FOD-AN-08	
	4-1(09) 인터페이스통제서 및 인터페이스설계서 FOD-DE-01	
	4-1(10) 상세설계서 FOD-DE-02	
	4-1(11) 프로그램명세서 FOD-DE-03	
	4-1(12) UI 설계서 FOD-DE-04	
	4-1(13) 단위시험 계획서 FOD-BD-01	
	4-1(14) 단위시험 절차서 FOD-BD-02	
	4-1(15) 체계통합시험 계획서 FOD-BD-03	
	4-1(16) 체계통합시험 절차서 FOD-BD-04	
	4-1(17) 단위시험 결과서 FOD-TS-01	
	4-1(18) 체계통합시험 결과서 FOD-TS-02	
4-2	고정형/이동형 이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과보고서	
4-3	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 통합시험 및 신뢰성시험 결과보고서	

4-4	시스템 체계통합시험 지원 및 테스트-베드 설계 지원보고서	
4-5	이물질 탐지 레이다 기능 및 성능검증용 시뮬레이터 설계서	
4-6	TTA 개발프로세스 검증 결과서 (4차년도)	
5-1	이물질 자동탐지 시스템 체계통합시험 결과보고서	
5-2	이물질 자동탐지 시스템 신뢰성시험 결과보고서	
5-3	인천국제공항 시스템 구축사업에 따른 전파장애 분석 연구보고서	
5-4	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장통합시험 결과보고서	
5-5	이물질 자동탐지 시스템 설계 및 시스템 구축 지원보고서	
6-1	인천국제공항 고정형 플랫폼 통신용 철탑 축조공사 시험 및 검사성적서	
6-2	인천국제공항 고정형 철탑 제작 및 설치 건설사업관리 용역 완료보고서	
6-3	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 결과보고서	
6-4	이물질 자동탐지 시스템 구축 및 현장운용시험 지원보고서	
6-5	이물질 자동탐지 시스템 국내공인시험기관 성능평가 진행계획(안) 수립 연구보고서	
7-1	현장운용시험 결과보고서	
7-2	공인전문시험기관 성능시험 결과보고서	
7-3	운용 및 유지보수 메뉴얼	
7-4	항행시스템 및 운항정보관리시스템 연계운용 소프트웨어 현장운용시험 및 수요처시범운용 결과보고서	
7-5	현장운용시험지원 결과보고서	
7-6	성능평가지원 및 시범운용 지원보고서	
7-7	국내외 홍보 지원 보고서	

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 '공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 기술 개발' 연구개발과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.