

활주로내 이물질(FOD)자동탐지 시스템 개발 기획
최종보고서

2014. 06.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 인천대학교
공동연구기관 / 인천국제공항공사
/ 한국원자력연구원
/ (주)LICT

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발기획" 과제의
기획연구보고서로 제출합니다.

2014. 06. 25.

주관연구기관명 : 인천대학교
주관연구책임자 : 이종길
연구원 : 김동훈

협동연구기관명 : 인천국제공항공사
협동연구책임자 : 김동철
연구원 : 민병조
연구원 : 남재우

협동연구기관명 : 한국원자력연구원
협동연구책임자 : 김창희
연구원 : 송광섭

협동연구기관명 : (주)LICT
협동연구책임자 : 하성재
연구원 : 김민수

보 고 서 요 약 서

과제고유번호	13항공-공항04	해 당 단 계 연 구 기 간	2013. 12. 26~ 2014. 06. 25	단 계 구 분	(과제기획 단계)/ (총 단계)
연구사업명	항 공 기 술 연 구 사 업				
연구과제명	최 상 위 과 제 명	활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발 기획			
	단 위 과 제 명	-			
연구책임자	이종길	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 12명 내부 : 3명 외부 : 9명	총연구비	정부 : 124,000천원
연구기관명 및 소속부서명	인천대학교 산학협력단		참여기업명	인천국제공항공사 한국원자력연구원 (주)LICT	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약				보고서면수	158
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 자동 탐지 시스템의 성능 및 특징 분석 ○ 특허 및 관련 기술 동향 분석 ○ 민간공항 및 군 활주로에서의 요구조건 파악 및 분석 ○ 도입을 위한 공항 내 장비 설치 환경 조사 ○ 이물질 탐지를 위한 최적화된 개발 방법 도출 ○ 필요 핵심기술 및 기술 확보 방안 조사 및 분석 ○ 이물질 자동탐지 시스템 RFP 도출 ○ 상용화 개발 시 경제적 기대효과 분석 ○ 예상 개발기간, 소요인력 및 예산 도출 ○ 개발 장비의 인증 및 시험 방법 도출 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	활주로 이물질, 고정형 탐지, 이동형 탐지, 레이다·레이저 센서, 광학·열영상 센서, 융합 데이터 처리, 성능 최적화			
	영 어	Runway FOD, Detection for a fixed platform, Detection for a moving platform, Radar/Laser Sensor, Optical/IR Sensor, Fusion data processing, Performance optimization			

<국문 요약문>

요 약 문

I. 제 목

『활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발 기획』

II. 기획연구과제 개요

- 국내의 공항에서 활주로 내 이물질(FOD : Foreign Object Debris)로 인하여 직·간접적 비용을 절감하고, 공항 운용의 효율화 및 항공안전의 사전 방지를 위한 기획의 중요성이 대두됨.
- 따라서 이물질을 24시간 상시 감시 가능한 자동탐지시스템 연구개발을 기획하여 해당분야의 주요 연구개발과제를 도출함.
- 기획연구과제에서는 국내외의 정책·시장·기술 동향 분석, 연구개발과제 구성 및 추진전략 수립, 연구개발의 사전타당성 검토, 소요예산 산정, RFP작성으로 구성됨.

III. 기획연구 수행내용 및 결과

- 국내 민간공항 및 공군을 대상으로 수요조사를 시행하였으며, 양측 모두 활주로 내 이물질 자동탐지시스템의 필요성을 인식하고 있음.
- 양측 모두 해외 제품 도입을 고려한 바 있으나 도입비용과 유지보수 비용의 문제, 정책적 문제뿐만 아니라 성능 면에서도 안개나 강우, 강설 등 악천후 조건이 자주 발생하는 국내의 공항 및 활주로에서는 적용이 불가능할 것으로 파악되었음.
- 민간공항은 24시간 비행이 이루어지기 때문에 상시감시가 가능한 고정형 방식의 시스템을 요구하는 반면 공군의 경우 예산 및 정책을 포함한 다양한 이유로 이동형 탐지시스템을 요구함.
- 민간공항과 공군의 요구 조건을 만족하기 위한 요소기술을 조사하였으며 이를 통하여 레이더, 광학/열상 카메라, 레이저 기술을 복합적으로 이용하여 센서들간의 단점을 상호보완하는 형태를 취하는 것이 최선인 것으로 파악됨.

- 2.5년의 연구개발 기간과 2년의 시범운영 기간, 총 4.5년의 연구개발과제 기간을 도출하고, 총 사업비 280억과 각 년차별 소요예산을 도출함.
- 기획연구 수행을 통하여 향후 연구개발 과제를 위한 RFP를 제시함.

IV. 연구성과 활용계획

- 국내 민간 공항 및 군기지에서 항공안전 관련 장비의 수입 대체에 활용.
- 항공서비스관련 높은 안전운항 보장 등 선진국으로써의 국가적 이미지 제고 및 관련 사업에 대한 국제적 경쟁력 확보에 기여.
- 활주로나 이물질(FOD) 자동탐지시스템 RFP 제시를 통한 향후 과제 공모에 활용.

<영문 요약문>

S U M M A R Y

Foreign object debris (FOD) on runways may cause a serious aircraft damage resulting in fatal accidents or severe air traffic delays as well known from the previous records. Therefore, it is very important to check a runway for debris every take-off or landing. But this is impossible with the conventional way which is done manually four times a day during a certain permitted interval. To overcome these critical problems, automatic FOD detection systems are being developed and recommended in US and European countries for constant monitoring of runways. However, the presently available commercial systems has their own weakness depending on the adopted technologies although their performance is much better than that of the conventional intermittent checking method done by driving vehicles or walking humans. Therefore, in this report, the commercially available systems are analyzed to check the performance characteristics. Though most of systems show the good performance exceeding the requirement specifications recommended by US FAA (Federal Aviation Agency), there are several issues for further improvement to be applied more widely in various airports.

Considering these, the hybrid and data fusion systems are proposed for detection improvement and false alarm reduction. Radar, optical, thermal and laser sensors has different characteristics and they should be combined to build a more robust system regardless of weather and environmental conditions. Two types of systems are suggested here. One is the moving platform structure which sits on a running vehicle for monitoring runways and other areas if it is necessary. It may be economical in some applications since only one system is needed for FOD detection even though that does not provide the constant monitoring capability. The other type is a fixed platform which consists of multiple sensors as described and 24 hours simultaneous monitoring of runways are possible with these fixed platforms for checking, confirmation and removal of FOD. Therefore, this type is absolutely essential in most of crowded and busy airports where the constant monitoring of FOD is required for aviation safety. However, it needs maximum of 12 fixed systems to cover the full runway of 4km resulting in the increased system implementation costs.

In this report, the development strategies are explained in detail to build both types including the best technical approaches and the expected yearly financial and human resource requirement. Following the suggested strategies, the very competitive systems can be built and utilized in every military or civilian airport for the greater safety improvement and reduction of costs which is the enormous amount considering both direct and indirect effects occurred from FOD related accidents.

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의	1
2절. 연구개발 배경	3
3절. 연구개발 필요성	6
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	10
1절. 국내외 정책동향	10
2절. 국내외 시장현황 및 전망	16
3절. 기술동향 분석	37
4절. 기술수준 분석	51
5절. 유사과제 분석	68
6절. 연구개발 인프라 분석	69
7절. 종합 분석	77
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	78
1절. 비전 및 목표	78
2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표	88
3절. 연구개발과제 구성	95
4절. 세부과제 별 주요내용 및 추진전략	102
5절. 세부과제 간 연계관계	120
6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	122
7절. 성과의 활용방안	123
8절. 연구수행체계 제안	126
4장. 사전 타당성 검토	129
1절. 정책적 타당성	129
2절. 기술적 타당성	131
3절. 경제적 타당성	133
4절. 타당성 검토 종합(정부지원의 필요성 포함)	135
5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	136
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획	136

2절. 소요예산 산정	137
6장. 과제 제안요구서	148
1절. 과제 제안요구서(RFP)	148
2절. 평가기준 설정	156

표 목 차

<표 1> 국적항공사 이물질로 인한 정비(인천공항).....	8
<표 2> 공항운영등급에 따른 점검주기.....	10
<표 2> 이물질 및 조류충돌 발생빈도.....	13
<표 3> 충돌발생시 정비비용 산출.....	13
<표 4> 시스템 분석내용.....	14
<표 5> 시스템 요구 성능.....	15
<표 6> 국내 민·군 활주로 수량.....	18
<표 7> 국내 민·군 활주로 구성 현황1.....	19
<표 8> 국내 민·군 활주로 구성 현황2.....	20
<표 9> 국내 민·군 활주로 구성 현황3.....	21
<표 10> 국내 민·군 활주로 구성 현황4.....	22
<표 11> 제작사 별 이물질 탐지시스템의 현황1.....	24
<표 12> 제작사 별 이물질 탐지시스템의 현황2.....	25
<표 13> 해외 이물질 탐지시스템 운용 현황.....	26
<표 14> 해외 주요공항 활주로 구성현황 및 유형1.....	28
<표 15> 해외 주요공항 활주로 구성현황 및 유형2.....	29
<표 16> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황1.....	30
<표 17> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황2.....	31
<표 18> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황3.....	32
<표 19> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황4.....	33
<표 20> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황5.....	34
<표 21> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황6.....	35
<표 22> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황7.....	36
<표 23> 고정형 상용제품 기술개발 동향 및 개발목표.....	47
<표 24> 고정형 상용제품 국내 적용 문제점 및 개발목표.....	47
<표 25> 이동형 상용제품 기술개발 동향 및 개발목표.....	48
<표 26> 이동형 상용제품 국내 적용 문제점 및 개발 목표.....	48
<표 27> 요소기술별 차별화 방안.....	50
<표 28> 활주로내 이물질 자동탐지시스템 선진국 대비 기술수준.....	51
<표 29> 특허검색 DB 및 검색범위.....	54
<표 30> US - Mobile millimeter wave imaging radar system.....	61
<표 31> US - Millimeter wave surface imaging radar system.....	62

<표 32> US - Multistatic radar system for airport monitoring.....	63
<표 33> KR - 비행장 내의 이물질, 파편 또는 손상 검출 감시 시스템 및 방법....	64
<표 34> US - System and method for ascription of foreign object debris detected on airport travel surfaces to foreign object sources.....	65
<표 35> KR - 열 감지를 이용한 FOD 감시 시스템.....	66
<표 36> WO - METHOD AND APPARATUS FOR DETECTION OF FOREIGN OBJECT DEBRIS....	67
<표 37> 70/80/90GHz 대역 MMIC 칩 개발결과 요약.....	72
<표 38> 장비구성 및 형상.....	81
<표 39. 핵심기술 요소 별 TRL목표 >.....	88
<표 40> 수요기술 조사결과.....	96
<표 41> 수요기술 별 평가항목.....	97
<표 42> 이물질 탐지시스템 기술개발 평가 요소 가중치 결과.....	100
<표 43> 과제별 우선순위.....	100
<표 44> 연구개발 과제 구성.....	101
<표 45> 본 사업의 인증 과업범위.....	119
<표 46> 연구수행체계별 수행 역할.....	128
<표 47> 국내 민간공항 및 군 활주로 현황.....	130
<표 48> 밀리미터 레이다 센서의 응용분야.....	131
<표 49> 국적항공사 이물질로 인한 정비(인천공항).....	133
<표 50> 시스템 도입에 따른 경제적 효과.....	134
<표 51> 개발사업 전체 인력투입계획.....	136

그림 목 차

<그림 1 > 활주로에서 발견된 각종 이물질	1
<그림 2> 이물질로 인한 사고 사례	3
<그림 3> 이물질 발생지역 현황	4
<그림 4> 이물질 피해발생 현황	5
<그림 5> 항공관련 제작사	12
<그림 6> 활주로 점검비율[24시간 기준]	16
<그림 7> Tarsier Runway Debris Monitoring System	40
<그림 8> Xsight System	41
<그림 9> iFerret	42
<그림 10> 영상처리 전의 야간 화면	43
<그림 11> 영상처리 후의 야간 화면	43
<그림 12> 공백 구역 보완 방식	43
<그림 13> FOD Finder 이동 시스템	44
<그림 14> Laser FOD Detection System	45
<그림 15> 이물질 관련 특허 출원 동향	55
<그림 16> 중국을 제외한 전체국가의 연도별 특허 동향	56
<그림 17> 중국의 연도별 특허 동향	56
<그림 18> 한국, 일본, 유럽의 연도별 특허 동향	56
<그림 19> 한국의 연도별 특허 현황	57
<그림 20> 미국의 연도별 특허 동향	57
<그림 21> 일본의 연도별 특허 동향	58
<그림 22> 유럽의 연도별 특허 동향	58
<그림 23> 중국의 연도별 특허 동향	59
<그림 24> WIPO의 연도별 특허 동향	59
<그림 25> 이물질 탐지 기술 시장 성장단계	60
<그림 26> 이오시스템 보유 열영상 카메라 관련 제품	71
<그림 27> 밀리미터파 대역용 송수신 모듈	73
<그림 28> 조류퇴치 로봇	75
<그림 29> 이물질 탐지시스템 비전	79
<그림 30> 고정식 이물질 탐지장치 설치 개념도	84
<그림 31> 레이더 · 카메라 · 레이저 센서를 복합적으로 이용한 자동 탐지 개념도	84
<그림 32> 고정식플랫폼 안전설치의 예	85
<그림 33> 이물질 자동탐지 절차	86
<그림 34> 고정형 이물질 탐지 레이더의 운용 개념도	90

<그림 35> 고정형 광학카메라 운용 개념	92
<그림 36> 이동형 이물질 탐지 레이더의 운용 개념	93
<그림 37> 이동형 3D 레이저 운용 개념	94
<그림 38> 과제별 평가요소 분석1	98
<그림 39> 과제별 평가요소 분석2	99
<그림 40> 레이더 탐지장치 기능블록도	109
<그림 41> 광학카메라 탐지장치 기능블록도	110
<그림 42> 레이저 탐지장비 및 이동플랫폼 기능블록도	111
<그림 43> 융합데이터 처리시스템 기능블록도	112
<그림 44> 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	122
<그림 45> 연구수행체계	127

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

1. 이물질의 정의

- 이물질(FOD : Foreign Object Debris)은 항공기 이동에 지장을 줄 수 있는 잠재적인 위협요인을 가진 물질을 총칭하는 것으로 활주로를 포함한 항공기 이동지역, 지상조업구역 및 정비시설 등 특정구역을 가리지 않고 발생되고 있는 실정임.
- EUROCAE¹⁾에서는 이물질(FOD)의 정의를 ‘이동지역 내에 운영 또는 운항기능이 없이 방치된 물체’로 정의하고 있음.²⁾
- 국내외 공항의 이물질은 크기는 항공기 정비용 공구 및 부속으로부터 작게는 항공기 부품, 콘크리트 조각, 목재 등 다양한 크기와 종류로 발생되고 있으며, 발생 위치는 지상조업구역부터 활주로, 유도로, 계류장지역 등 공항 및 활주로 전 지역에서 발생하고 있음.
- 이물질은 항공기 자체에 피해를 발생시켜 장애 또는 사고를 발생시키기도 하지만 제트엔진에 의해 날아가게 되어 후행 항공기에 지장을 주거나 주변 시설 또는 작업자에게 날아가 피해를 주는 잠재적 가능성을 내포하고 있음.
- 따라서 이물질은 공항 또는 비행장 전체 지역에서 관리되어야 하는 요소이며 특히 활주로 및 항공기 이동지역에서 발생통제와 발생 시 효과적이고 신속한 탐지 및 제거가 이루어져야 함.



<그림 1 > 활주로에서 발견된 각종 이물질

1) EUROCAE : European Organisation for Civil Aviation Equipment

2) DEFINITION AND TAXONOMY FOR FOREIGN OBJECT DEBRIS (EUROCAE by 2013)

2. 이물질 자동탐지 시스템의 정의

- 24시간 운영 중이거나 또는 준비 중인 공항 및 활주로의 운영특성을 반영하고 주·야간 시간조건과 강우, 강설 및 안개 등의 기상과 시정조건에 관계없이 실시간으로 이물질 발생을 정확하게 탐지하고 유형을 분석 및 판별 후 사용자에게 최종적으로 발생경보와 함께 위치정보를 포함한 정보를 제공하며 관련 이물질 발생과 관련된 통계자료를 제공하는 시스템을 이물질 자동탐지시스템으로 정의할 수 있음.

- 이물질을 자동으로 탐지하기 위한 기본적인 탐지기술의 종류는 여러 가지 기술이 있으나 대표적으로 활용되는 기술은 아래와 같음.
 - 레이더 시스템(Radar System)
 - 전자광학 시스템(Electro-Optical System)
 - 열영상 시스템(Thermal Image System)
 - 레이저스캔 시스템(Laser Scan System)

2절. 연구개발 배경

- 2000년 7월, 파리의 샤를 드 골 공항에서 선행하는 항공기에서 발생한 금속파편으로 인하여 후행 이륙하던 콩코드 여객기의 연료탱크 파손으로 콩코드가 추락하여 113명의 사망자가 발생한 이후 국외에서는 지속적으로 활주로내 이물질 발생에 대한 연구 및 개발이 추진되고 있음.

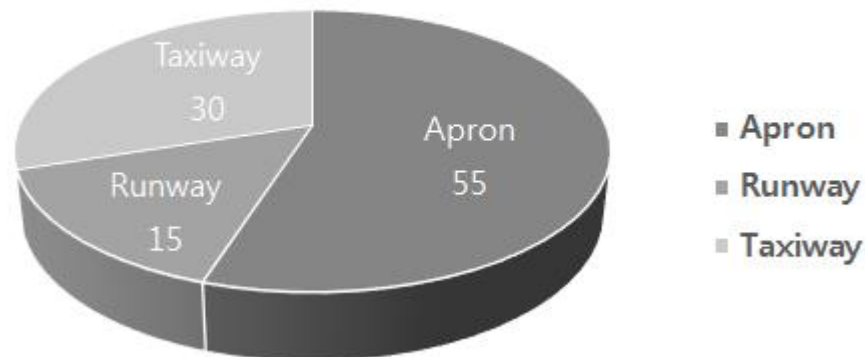


<그림 2> 이물질로 인한 사고 사례

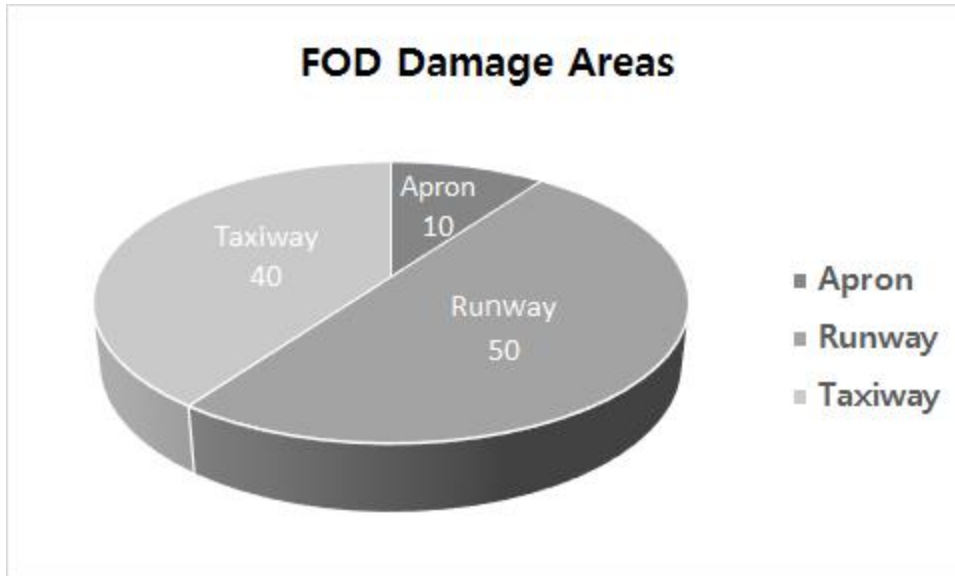
- 국내에서는 이물질 발생으로 인한 항공기 추락사고 등 대형사고의 발생사례는 없으나, 2007년 7월 선행 착륙하는 항공기에서 발생한 이물질로 인하여 후행 착륙하는 항공기 엔진파손이 발생하는 준사고가 발생한 사례가 있음.
- 이를 계기로 인천공항에서는 이물질 발생을 상시적으로 탐지할 수 있는 시스템 도입의 필요성을 인식하여 외산시스템 도입을 검토하였으나 당시 시스템에 대한 국내 기준과 국제적 기준이 정립되지 않은 상태로 도입을 유보.

- 운항안전분야에 대한 장애요인으로서 이물질 발생은 항공기 정비소요발생 및 운항지연 등의 직·간접적인 경제손실측면에서도 큰 경제적 손실을 발생시키고 있음.
- 국제적으로 이물질 발생으로 인한 항공기 정비 등의 직접적인 피해는 약 1조 2천 억원의 손실이 발생하는 것으로 추정하고 있으며, 항공기의 운항지연에 따른 평판과 인지도 하락, 채무와 소송 등 이물질로 인하여 발생하는 간접손실비용이 직접손실비용의 10배 이상인 13조원 가량이 발생한다고 알려짐.
- 따라서 이러한 이물질 발생을 사전에 예방하고 또한 발생 시 신속하고 효과적으로 제거 할 수 있는 시스템에 대한 도입필요성은 날이 갈 수 록 높아지고 있음.
- 특히 이물질의 85%는 활주로 외부에서 발견되나, 피해 사례의 50%는 활주로에서 발생하기 때문에 항공기의 원활한 이착륙을 위해서도 반드시 관리되어야 할 사항임.

FOD Occurrence Areas



<그림 3> 이물질 발생지역 현황



<그림 4> 이물질 피해발생 현황

- 따라서 활주로내의 이물질을 자동 탐지하여 제거함으로써 항공기 사고 발생 등으로 인한 인적 손실과 물적 손실을 저해하는 요인을 상당부분 줄일 수 있을 것으로 기대.
- 또한 현재 국내 민간공항 및 비행장에서는 차량 및 운영을 통하여 이물질을 탐색하고 제거하는 방식으로 운영 중이며 군 활주로에서는 FOD Walk³⁾를 통하여 이물질을 찾아내나, 이는 작업자의 숙련도 및 Human Factor와 연관되어 있으며 정해진 시간에만 수행이 가능하기 때문에 이물질의 위협요소는 계속적으로 남아있음.
- 또한 국내에서는 앞서 기술된 준사고 외에도 정비소요 발생 등 직·간접적인 비용이 지속적으로 증가하고 있으며, 민간공항 운영자 측면에서 해외제품의 도입을 검토한 사례가 있음.
- 그러나 검토당시 이물질 자동탐지를 위한 시스템 기준이 정립된 바가 없었으며, 해외제품 도입에 따른 유지관리비용 및 향후 시스템 변경에 대한 비용은 상당할 것으로 파악되어 제품의 국산화가 필요하며, 이를 통해 국내의 기술 수준을 높일 수 있을 것으로 보임.

3) FOD Walk : 활주로내 이물질을 찾기 위하여 활주로에 사람들이 일렬로 서서 걸으며 찾아내는 방식

3절. 연구개발 필요성

- 국가 기반시설인 공항에서의 항행안전은 공항의 가장 기본적인 역할이며, 가장 우선시 되어야 하는 분야로 공항운영의 모든 역량과 자원은 항공기의 안전을 위해서 사용되어야 함.
 - 동북아 허브를 지향하는 우리나라 항공정책에서 중요한 역할을 담당하고 있는 인천공항과 김포공항은 정부의 항공자유화 정책과 함께 대한민국으로의 지속적인 방문유도 및 한류의 영향으로 항공운항편수 및 취항항공사가 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 국내공항의 활주로 운영회수도 증가하고 있음.
 - 이러한 증가추세에 따라 활주로 및 항공기 이동지역 내에서 수시점검수요는 증가할 것으로 예상되나, 트래픽 증가로 인하여 점검가능한 시간은 점차 감소되어 정밀점검에 어려움이 발생할 것으로 예상됨.
 - 이에 따라 미국 및 유럽 등 항공선진국을 중심으로 효과적이고 신뢰성이 높은 이물질 자동탐지시스템에 대한 기술개발이 추진되고 있으며, 일부 국가의 공항에서는 레이더 기술, 광학기술 등을 활용하여 각국의 실정에 맞는 자동탐지시스템을 개발하여 공항 및 활주로에 적용 및 검증하여 시스템 활용성을 향상시킴과 동시에 점검의 효율성도 높이고 있음.
- 그러나, 우리나라의 이물질 자동탐지시스템 기술개발은 타 항공산업분야에 비해 전무한 수준이며, 인력의 숙련도에 기반 하여 이물질 탐지 및 수거방식을 수행하고 있으므로 자동탐지시스템에 비해서 운영 효율성은 낮음.
- 따라서 본 과제의 수행을 통해 국내환경에 적합한 이물질 자동탐지방식을 개발하여 공항운영의 효율성 향상과 함께 해외공항운영 컨설팅 등에 활용하여 공항운영과 관련된 기술수출국으로 지위를 공고히 할 것으로 기대됨.
- 현재 국내 민간공항에서 이루어지는 활주로내 이물질 탐색은 공항별로 운영형태 및 활주로규모에 따라 차이는 있지만, 정기점검과 수시점검의 형태로 수행되고 있으며, 이에 따라 이물질 발생이 없는 상황에서도 인력이 고정적으로 투입되어 점검을 수행하기 때문에 공항운영의 효율성과 경제성 측면에서도 개선의 필요성이 있음⁴⁾.
 - 공항의 운영능력을 표현하는 척도로 슬롯(Slot)⁵⁾을 사용하는데, 자동화된 시스템 도입으로 일상적인 점검을 이벤트 발생 시 점검으로 전환할 경우, 점검에 필요한

4) 인천공항에서는 1일 4회, 정기적으로 활주로 3분에 대한 육안점검을 실시

5) Slot : Time Slot, 특정일, 특정 시간에 항공기 출발 및 도착하는 시간대로 항공기 운항스케줄

시간대에 슬롯추가 배정이 가능할 것임.

- 또한 인력에 의존한 점검방식에 따라 인적능력에 따라 이물질 발견확률이 좌우될 수 있으므로 일괄된 수준의 점검품질은 기대하기 어려우며, 일상적인 점검 스케줄에 따른 업무수행 시 발생하는 집중력 감소, 피로도 증가 등 Human Factor에 의한 점검품질의 저하상황의 발생가능성은 상존하고 있음.
- 이물질에 의한 피해 방지를 위해 공군에서는 비행 전 FOD Walk 및 육안에 의한 이물질 점검을 실시하나, 제한사항 발생 및 소요시간 과다 등 문제점 상존.
 - 점검자의 경험에 따라 이물질 식별·탐지율 편차 발생
 - 기상에 따른 제한 : 야간, 우천 및 안개 등 저시정·악천후 시 점검 불가
 - 점검 소요시간 과다 : 활주로 전 구간 점검 시 약 1.5시간 소요
- 또한 국내 대표공항인 인천공항과 김포공항에서의 이물질 발생량은 연간 각각 79건과 1700여건이 발생하는 것으로 나타나고 조사되었으며, 이에 따라 항공기 이동지역 내에서의 이물질에 대한 탐지의 정밀도 향상에 대한 중요성은 더욱 더 높게 나타나고 있음.
- 국내에서는 공항 내에서 이물질 발생이 항공기 사고의 직접적인 원인이 된 경우는 없으나 2007년 7월 김해공항에서 활주로 이물질로 인하여 착륙하는 항공기 엔진파손이 발생하는 사고가 발생하여 활주로 폐쇄상황이 발생하는 등 준사고의 발생상황은 있었음.
- 또한 2012년과 2013년 특정항공사의 이물질로 인한 정비소요 예시금액⁶⁾을 참조하여 볼 때, 전체 항공 산업에서 이물질로 인하여 발생하는 피해현황은 막대할 것으로 예상됨.

6) 항공사에서 제공한 자료로 해당항공사 제공자료 중 인천공항 내 정비가 발생한 건에 대해서 사용

<표 1> 국적항공사 이물질로 인한 정비(인천공항)

일 시	발생내용	직접정비금액	비고
2012.01.14	날개부분 Dent	\$1,114	
2012.01.16	날개연결부분 Leak	\$1,747	
2012.02.19	엔진외부 파손	\$ 768	
2012.10.05	날개파손 등	\$24,417	
2013.02.07	스포일러 파손 등	\$4,500	항공기 지연 등
2013.07.25	외부손상	\$2,378	
2013.07.31	타이어 손상	\$10,334	
소 계		\$ 45,258	

- 대한민국 공군에서는 이물질로 인한 피해발생이 '05년 이후 '12년 6월까지 총 126건(연 평균 16.8건)이 발생하고, 이로 인한 항공기 정비비용이 연 평균 7억원 발생.
- 이러한 경우처럼 이물질로 인한 준사고 또는 피해발생으로 인한 항공기 정비 소요는 상존하고 있으며, 조류충돌과 함께 공항운영자와 항공사 및 항공기 운영자 측면에서 예측이 불가능한 항행안전의 위협요소로 작용하고 있음.
- 특히 이물질의 발생은 공항운영자 입장에서는 '안전'이라는 요소와 직결되어 공항의 이미지와 직결되고 있으며, 항공사는 직·간접적인 손실을 부담하고 램프 리턴 및 정비, 지연보상 등으로 인하여 직·간접적 손실이 지속적으로 발생.
- 따라서 공항운영자 측면에서는 활주로 운영시간이라는 유한자원을 최적으로 활용하여 공항운영의 안전성과 효율성을 높이고, 항공사 측면에서는 이물질로 인하여 발생하는 직·간접손실을 예방하기 위해서 자동탐지시스템의 개발이 필요.
- 또한 특정시간대 또는 특별요청 건에 의한 점검을 수행하지 않고, 시간과 기상조건에 구애받지 않는 전천후 시스템을 개발 및 운영하여 해당분야에 운영 중인 인력을 보다 효과적으로 활용할 수 있는 방안수립이 필요.
- 또한 초대형 F급 항공기의 등장에 따라 ICAO의 관련 자료에서는 A380 항공기의 이륙 후 활주로에 대해서 이물질 발생여부를 점검하도록 제안하고 있음.⁷⁾
- 현재 국제적으로 개발을 진행 중이거나 완료되어 각국 공항에서 활용중인 기술은 국내의 운영 환경 중 기후 및 기상 조건에 완벽하게 부합하는 시스템의 부재로

7) AACG November-2004 : Airbus A380 operations at alternate airports

국내환경에 맞게 다양한 기술을 융·복합하여 시스템 운영의 목적을 달성 할 수 있는 하이브리드 타입의 기술 개발이 필요.

- 따라서 항행안전의 기본시설로서의 이물질 자동탐지시스템은 항공안전분야에서 선도적 위치에 있는 우리나라에서 이미지 제고 및 세계 항행안전의 기여차원에서 정부차원의 개발지원이 필요.
- 또한, 여타의 공항운영시스템에 대한 주요핵심기술의 외산의존도를 탈피하여 외산시스템 도입에 따른 외화절약, 불합리한 유지보수비용구조 개선, 국내 항공관련 산업육성 및 국내 원천기술 확보를 통한 해외시장개척 등 외산 시스템 도입에 비해 국내기술을 통한 자체개발의 장점이 많음.
- 아울러 국제적으로 이물질탐지시스템에 대한 표준규격은 정해져 있지 않으며, 미국연방항공청(FAA)에서의 권고(Advisory Circular)사항이 있는 상태이므로, FAA규격을 최소한의 규격으로 동급이상의 성능과 편리한 운영환경을 가진 시스템을 개발하면 국제적인 기술경쟁력 확보도 가능할 것으로 판단됨.
- 특히, 특정시스템은 자사의 기술을 표준기술로 활용할 수 있도록 FAA와 긴밀한 협조관계를 유지하고 있으며, 이를 통하여 주도권을 확보하기 위한 기술개발을 지속적으로 추진하고 있음.
- 따라서 후발개발로 참여한다면 국내에 아직 규격화 되어 있지 않는 시험방법, 운영절차, 평가방안에 대해서도 개발과 동시 또는 선행하여 연구 및 정립이 될 필요가 있으며, 국제적 인증을 포함한 적합성 확보를 위한 방안도 제시가 필요.
- 기획과제 이후 시작될 본 과제의 연구 성과물이 될 이물질 자동탐지시스템은 융·복합기술을 바탕으로 오경보 제어 알고리즘을 도입하여 장비의 신뢰도를 높이고 기상조건에 관계없이 운영이 가능한 시스템을 개발하여야 함.
- 아울러 장비개발, 구축, 시험 및 인증을 포함하여 4차년의 개발과정을 기준으로 설정하며, 항행안전의 중요성을 고려하여 2015년 연구개발착수가 타당.

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

- 우리나라에서는 항공안전과 관련하여 ‘항공법’이 있으며, 활주로 이물질에 대한 관리에 대한 법적근거로는 ‘항공법 시행규칙’ 제257조(금지행위 등)로 「착륙대·유도로 또는 에이프런에 금속편·직물 또는 그 밖의 물건을 방치하는 행위」를 금지하고 있음.
- 국토교통부 고시인 ‘공항안전운영기준’에서 활주로나 이물질에 대한 관리사항을 규정하고 있으며, 공항운영(Airport Operating Procedure) 절차에 따라 점검을 수행하며, 공항운영 절차의 주요내용은 아래와 같음.
 - 활주로, 유도로, 계류장 등에 대하여 정기적으로 점검을 하되 가능한 자주 점검을 수행도록 규정하고 있음.
 - 공항운영등급에 따른 점검주기는 다음과 같이 규정.

<표 2> 공항운영등급에 따른 점검주기

공항운영등급	Class I	Class II	Class III	Class IV
활주로	일일 4회	일일 3회	일일 3회	일일 2회
유도로, 계류장 및 그 밖의 포장구역	일일 2회	일일 2회	일일 2회	일일 2회

- 그리고, 점검방법에 대하여 규정하고 있으나, 이물질 자동 탐지시스템의 운영기준과 방법에 대한 사항은 기준은 제시되어 있지 않음. 따라서 향후 시스템 개발 및 검증완료시 자동화 된 시스템을 활용한 점검 기준 및 방법에 절차에 대한 보완도 이루어져야 할 것임.
- 또한 점검절차에 대해서도 규정하고 있으며, 활주로 등 항공기 기동지역의 특성을 고려할 때, 점검절차 이행을 위하여서는 항공기 스케줄 확인 및 관계기관 사전 협조요청 후 점검 수행 등 점검준비에 필요한 시간도 필요하므로 자동화 된 탐지시스템 도입으로 공항운영 효율성을 높일 수 있을 것임.

2. 국외 정책동향

- 전 세계적으로 공항 및 항공 산업 정책결정과 각종 가이드라인 마련에 많은 영향력을 미치는 동시에 가장 대표성을 갖는 기구로는 ICAO⁸⁾, FAA⁹⁾, Eurocontrol¹⁰⁾ 등의 기관이 대표적으로 있다고 할 수 있으며, 이들 기구는 전 세계적 또는 권역별로 항공 및 공항정책을 수립하고 있음.

○ ICAO

- 이물질(Foreign Object Debris)과 관련한 연구 또는 관리를 위한 규정 또는 권고사항은 ICAO ANNEX 14 Aerodromes 및 Doc 9137 Part 2 Airport Service Manual에서 다루고 있으나, 이물질에 대한 관리적 측면에서의 접근이며, 이물질 탐지를 위한 시스템 구성 등에 대한 사항은 나타나 있지 않음.
- Doc 9137에서 'FOD'에 대한 정의를 시행하였으며, 모래나 돌, 종이, 나무, 금속, 포장면에서 떨어져 나온 조각으로 항공기에 충돌 또는 엔진에 유입되었을 경우 항공기의 구조 또는 엔진 혹은 운영시스템에 영향을 줄 수 있는 것으로 정의.
- 이물질(Debris)에 의한 손상이 발생시 FOD라는 용어를 사용하나, 이는 Debris가 아닌 Damage를 말하는 것임.

○ Eurocontrol

- 유럽에서 이물질에 대한 연구수행실적으로 공항 내 이물질에 대한 연구를 2001년 수행하였으며¹¹⁾, 이물질 탐지를 위한 당시의 도입 가능한 시스템에 대한 분석과 함께 이물질 유형별 특성에 대한 선행연구를 수행하여 시스템 개발 필요한 기본적인 요구 성능에 대하여 분석한 사례가 있음.
- 보고서에서는 공항환경에서 이물질을 찾아내는 기술적 방식에 대한 검토와 시험을 포함하고 있으며, 이물질의 발생현황에 대한 분석내용을 포함하고 있음.
- 또한 활주로 등 이물질이 가장 큰 위험을 줄 수 있는 점검 및 회수는 항공기 운항회수의 감소를 초래하기 때문에 공항운영에 지장을 초래한다고 주장하고 있음. 따라서 본 연구보고서에서 이물질 자동탐지시스템의 필요성에 대하여 공통적인 주장을 하고 있음.

8) ICAO : International Civil Aviation Organization, UN산하 국제민간항공기구

9) FAA : Federal Aviation Administration, 미항공청

10) Eurocontrol : European Organization for the Safety of Air Navigation, 유럽항공교통관제 국제기구

11) Airport Runway Debris Detection Study(Roke Manor research, 2001)

○ EUROCAE¹²⁾

- Working Group을 조직하여 공항 내 발생하는 이물질에 대한 연구를 수행 중에 있음.
- 먼저 선행연구로 활주로 상에서의 장애물의 자동탐지에 대한 운영개념에 대한 연구를 수행.
- 이후 2013년에 이물질에 대한 정의(Definition of FOD)에 대한 프로젝트 성과물을 발표하였으며, 2014년 현재 시스템 최소요구사항기준에 대하여 연구를 진행 중에 있으며, 이 결과에 따라 FAA와 함께 시스템 벤치마킹의 기준이 될 수 있을 것임.
- Working Group은 공항운영자와 항공관련 기관 그리고 관련 제작사로 구성되어 있음.



<그림 5> 항공관련 제작사

- 이들은 각자 보유하고 있는 레이더 기술과 이물질 관리 노하우를 활용하여 기준을 정립 할 것으로 예상되며, 따라서 국내에서도 이번 기획연구를 통하여 도출된 시스템 요구사항을 바탕으로 표준화하여 시스템을 개발하여 관련분야에서 선도적

12) EUROCAE : European Organization for Civil Aviation Equipment, 유럽민간항공시설기구

인 역할 수행이 필요.

○ FAA

- ACRP¹³⁾를 통하여 전 세계 50개(아시아권 제외) 민간공항 및 군 활주로에 대하여 이물질과 관련된 운영현황 등을 포함하여 통계자료 조사·수집·분석을 수행하였음.
- 경제적 측면에서 공항 및 활주로내 이물질 발생으로 인한 정비소요 발생에 따른 분석사항도 포함하고 있으며, 이물질로 인한 피해발생과 조류충돌로 인하여 발생한 피해사항에 대한 분석자료¹⁴⁾이며 해당사항은 아래와 같음.

<표 2> 이물질 및 조류충돌 발생빈도

항 목		유 형	
		이물질로 인한 충돌	조류로 인한 충돌
충돌 횟수 (10,000회 운항)	전체충돌횟수	4.0	4.0
	활주로내 충돌횟수	2.1	2.1
	활주로내 파손횟수	1.6	0.1

<표 3> 충돌발생시 정비비용 산출

항 목		유 형	
		이물질로 인한 충돌	조류로 인한 충돌
발생비용	충돌 당 평균비용	\$10,000	\$23,000
	평균비용 (10,000회 운항)	\$32,000	\$47,000
	평균 타이어수리 비용	\$2,000	-
	평균 엔진수리비용	\$33,000	-

- 공항 및 활주로 전 지역에서 이물질 충돌로 인한 직접비용(직접정비비용)과 간접비용(운항지연보상 및 램프리턴에 따른 재급유 등)을 합하고 여기에 조류충돌 비용을 합하면 미국에서 연간 \$5,216,000,000의 손실이 발생되고 있음.
- 이를 전 세계 규모로 확대하여 산정하였을 경우, \$13,910,000,000의 손실이 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 향후 운항횟수 증가에 따라 손실비용 또한 지속적으

13) ACRP : Airport Cooperative Research Program

14) McCreary 2010, pp. 20, 158

로 증가 할 것으로 예상.

- 이물질에 의한 직·간접적 손실을 발생을 방지하고자 FAA에서는 AC(Advisory Circular) 150/5220-24(2009)‘Airport Foreign Object Debris(FOD) Detection Equipment’를 통하여 이물질 탐지시스템에 대한 시스템분석 및 요구 성능조건을 실제적으로 가장 먼저 정의한 바 있으며, 주요 내용은 아래와 같음.:

<표 4> 시스템 분석내용

시스템 유형	구 성 내 용
고정형 레이더(Stationary Radar) 탐지시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 1km의 거리에서 높이 3cm, 지름 3.8cm의 금속원통을 탐지할 수 있어야 하며, 센서의 위치는 활주로의 중심에서 50m 이상 이격되고 일반적으로 활주로 당 2~3개의 센서로 구성
고정형 전자광학식(Electro Optical) 탐지시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 별도의 광원 없이 300m의 거리에서 2cm의 물체를 탐지할 수 있어야 하며, 센서의 위치는 활주로의 중심에서 150m 이상 이격되고 일반적으로 활주로 당 5~8개의 센서로 구성.
복합형(Hybrid) 탐지시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 전자광학식 카메라와 레이더 방식을 복합적으로 활용하는 방식으로 활주로 항공등화와 같이 위치하며 2cm의 물체를 탐지할 수 있어야 한다. 센서의 위치는 활주로 길이에 따라 다름.
이동형(Mobile) 탐지시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 차량상부에 장착하여 시속 50km의 속도로 이동하며, 183m×183m의 면적에서 높이 3cm, 지름 3.8cm의 물체를 탐지해야.

- 시스템 요구 성능에 대한 주요사항은 다음과 같음.

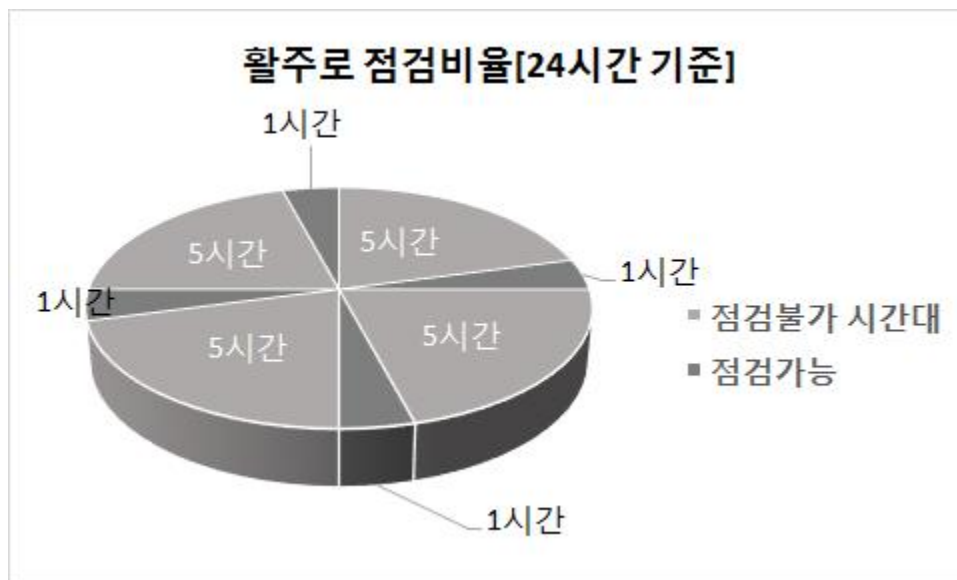
<표 5> 시스템 요구 성능

항 목	조 건	비 고
기본성능	<ul style="list-style-type: none"> • 항공기 이동지역에 대한 감시기능을 제공할 것 • 항공기 이동지역에 대한 단수 또는 복수의 이물질을 탐지 할 수 있을 것 • 이물질 발견 시 경보 기능을 제공할 것 • 공항과 항공기 통신, 항행시스템에 영향을 주지 않을 것 • 이물질 탐지기록정보제공과 장비 유지보수가 가능하고 이물질 관련 이벤트 분석이 가능할 것 	이동식 탐지 시스템은 30km 속도기준
물체탐지	<ul style="list-style-type: none"> • 미착색 상태의 높이 3.1cm, 지름3.8cm 원통금속 • 백색, 회색, 흑색 상태의 지름 4.3cm 구체 • 30m×30m 공간에서 아래물질이 각 이격거리 3m를 두고 있을 때, 탐지율 90%이상 및 개별적으로 탐지할 것. <ul style="list-style-type: none"> - 아스팔트, 콘크리트 조각 - 등화조각 - 5cm 정도의 소켓 - 항공기 타이어 고무조각 - 최대 20cm의 금속조각 - 항공기 또는 차량의 연료캡 - 큰 너트 - 최대 20cm의 유압계통 호스 - 지름 5cm의 PVC파이프 	이동식 탐지 시스템은 30km 속도기준
위치정보	<ul style="list-style-type: none"> • 실제 이물질 위치에서 5m이내의 오차로 탐지위치정보를 제공할 것(휴대용 GPS기준) 	
탐지빈도	<ul style="list-style-type: none"> • 지속형 탐지시스템은 운항시간동안 지속적으로 탐지 • 이동형 탐지시스템은 공항 및 사용자에 따라 다름 	
응답시간	<ul style="list-style-type: none"> • 4분 내에 이물질 발생통지가능 	
운영기상	<ul style="list-style-type: none"> • 해당 요구사항에 적합할 것(자체기준 등) 	

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장현황

- 국내의 민간 공항에서는 이물질 사고를 방지하기 위하여 하루 4번 차량을 이용하여 육안으로, 군 활주로에서는 2번에 걸쳐 FOD Walk 방식을 통해 이물질을 탐지하고 수거하고 있음.
- 이러한 방식은 점검자의 경험에 의존적이며, 안개나 우천 같은 저 시정 상황 및 야간에는 효율적이 못함.
- 또한 점검 직후에는 이물질에 대해 안전할 수도 있으나, 이·착륙하는 항공기에 의해 발생하는 이물질에 대해서는 무결성을 보장할 수 없음.
- 따라서 수시로 발생하는 이물질로 인하여 공항 및 항공사에서는 항공기 정비 및 운항 지연 등 직·간접적이 비용이 발생할 뿐만 아니라, 김해공항에서는 이물질로 인해 착륙하는 항공기의 엔진이 파손되어 활주로를 폐쇄하는 상황 또한 발생하는 등 안전에도 크게 영향을 미치고 있음.



<그림 6> 활주로 점검비율[24시간 기준]

- 현재 국내의 이물질 탐지시스템 도입 사례는 전무한 상태로, 민·군 활주로에서는 이러한 경제적 비용 발생 부담을 줄이고 안전에 만전을 기하기 위하여 해외의 시스템 도입을 검토하고 소요제기를 꾸준히 해오고 있음.
- 하지만 2007년~2008년도에 인천공항의 시스템 도입 검토 시에는 이물질 자동탐지

시스템에 대한 국제적 표준이나 권고가 없는 상태로, 인천공항이 벤치마킹을 실시한 공항은 각각 다른 시스템을 도입하여 운영하였음.






- 인천공항은 국내 환경에서의 성능입증에 대한 불확실성과 표준이 정립되지 않은 점, 도입 단가와 함께 차후 장비운영부품의 조달, 유지관리비용 등의 문제 등을 이유로 도입을 보류하고 있음.
- 군 활주로에서는 이동형 시스템에 대해 도입을 검토하였으나, 이물질 자동 탐지 시스템은 무기시스템에 속하지 않아 예산이 부족하여 도입을 철회.
- 민간 공항은 24시간 운영이 되기 때문에 상시 이물질 감시가 필요한 상황이므로 고정형 시스템을 요구하고 있으며, FAA의 권고 기준을 만족하는 정도의 고정형 시스템 성능을 요구하고 있음.
- 군 활주로는 전투기 이·착륙 스케줄에 따라 특정 시간대에만 이물질을 제거하는 목적으로 활용하며, 제트엔진을 활용한 제설을 시행하고 있는 상황과 장비획득 예산을 고려할 때, 이동식 이물질 탐지시스템을 선호하고 있으나, 정부예산지원 및 BOT 및 BTL방식 등을 통한 설치사업 지원 시 고정식 자동탐지시스템을 확대 설치 할 수 있을 것으로 판단됨.
- 또한 군 활주로에 적용되는 이물질 자동탐지시스템에 대한 요구조건은 운용하는 항공기(전투기)의 특성으로 인하여 더 작은 물체들로 인한 정비소요가 발생하고 있기 때문에 FAA권고에서 요구하는 조건보다 더욱 높은 수준의 이물질 탐지성능을 필요로 하고 있음.
- 따라서 국내 운영환경 및 각 활주로 운영자별 요구조건에 부합하는 이물질 자동 탐지 시스템에 대한 요구조건을 제시하고 이에 따라 개발하여 운영자에게 장비도입 및 유지보수에 따른 합리적인 비용과 성능을 제시함과 동시에 도입예산에 대한 정책적인 지원이 이루어 질 경우 이물질 자동 탐지시스템 설치는 확산 될 것으로 예상됨.
- 아울러 항행안전을 관장하는 정부기관에서도 본 시스템의 필요성에 인식하여 항행안전시설로 분류하여 관련 규정을 정비하여 합리적인 공항 및 활주로 운영이 될 수 있도록 정책적인 지원이 뒷받침 된다면 이물질 자동탐지시스템 도입이 확산 될 것으로 예상됨.

○ 국내 민·군 활주로 수량 및 구성 현황






<표 6> 국내 민·군 활주로 수량

공항명	공항유형	관리주체	활주로 수	활주로길이	비고
인천국제공항	민간	인천국제공항공사	3개	3,700m (동일)	2018년 제4 활주로 구축예정
김포국제공항	민간	한국공항공사	2개	3,600m, 3,200m	
제주국제공항	민간	한국공항공사	2개	3,750m, 1,910m	
양양국제공항	민간	한국공항공사	1개	2,500m	
무안국제공항	민간	한국공항공사	1개	2,800m	
여수공항	민간	한국공항공사	1개	2,100m	
울산공항	민간	한국공항공사	1개	2,000m	
김해국제공항	민군겸용	한국공항공사	2개	3,200m, 2,743m	
대구국제공항	민군겸용	한국공항공사	2개	2,755m, 2,743m	
청주국제공항	민군겸용	한국공항공사	2개	2,740m, (동일)	
군산공항	민군겸용	한국공항공사, 미군	2개	2,740m, 2,440m	미군 활주로
포항공항	민군겸용	한국공항공사	1개	2,133m	
사천공항	민군겸용	한국공항공사	2개	2,740m (동일)	
원주공항	민군겸용	한국공항공사	1개	2,743m	
광주공항	민군겸용	한국공항공사	2개	2,835m	
강릉공항	군	공군	1개	2,740m	
수원비행장	군	공군	2개	-	
공군성남기지	군	공군	2개	-	
예천비행장	군	공군	1개	-	
서산비행장	군	공군	2개	-	
오산공군기지	군	미군	1개	-	미군 활주로






<표 7> 국내 민·군 활주로 구성 현황1

공항명	활주로 구성현황(사진)
인천국제공항 (민간용)	
김포국제공항 (민간용)	
제주국제공항 (민간용)	
양양국제공항 (민간용)	
무안국제공항 (민간용)	

<표 8> 국내 민·군 활주로 구성 현황2

공항명	활주로 구성현황(사진)
여수공항 (민간용)	
울산공항 (민간용)	
김해국제공항 (민군겸용)	
대구국제공항 (민군겸용)	
청주국제공항 (민군겸용)	

<표 9> 국내 민·군 활주로 구성 현황3

공항명	활주로 구성현황(사진)
군산공항 (민군겸용)	
포항공항 (민군겸용)	
사천공항 (민군겸용)	
원주공항 (민군겸용)	
광주공항 (민군겸용)	

<표 10> 국내 민·군 활주로 구성 현황4

공항명	활주로 구성현황(사진)
강릉공항 (군용)	
수원비행장 (군용)	
공군성남기지 (군용)	
예천비행장 (군용)	
서산비행장 (군용)	
오산공군기지 (군용)	



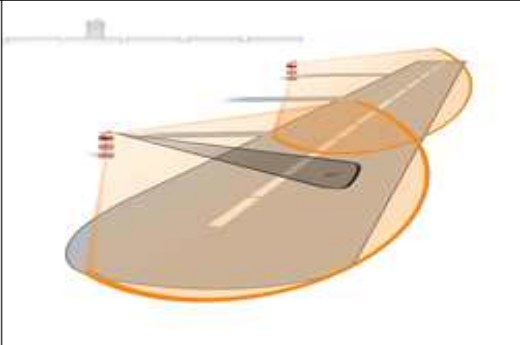
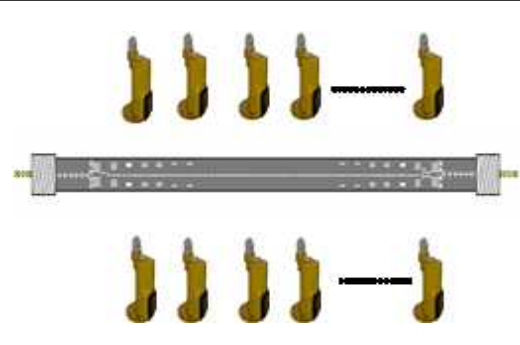
○ 국내 시장현황 시사점

- 해외 제작사별 기술을 검토하여 보았을 때, 국내개발에 필요한 요소기술에 대한 시스템 개발의 인프라는 갖추어져 있으며, 적정기술을 선택하여 공항 및 활주로 운영시설에 맞는 기술적 개발 여건이 충분.
- 민·군 활주로의 총 활주로 수는 34개로 민·군 활주로의 수요조사 결과, 국내 공항 환경과, 요구사항을 만족하는 개발규격을 정립하고, 국내공항 및 활주로는 시범운영평가를 통하여 검증을 한다면 공항운영의 안정성과 효율성 향상 측면에서도 상당수 기여할 수 있을 것으로 예상됨.
- 민간공항의 활주로 수는 11개로 고정식의 외산 이물질 자동탐지시스템을 설치하는 경우 활주로 당 약 70억 정도로 총 770억 정도의 비용이 발생하며, 연간 10% 정도에 해당하는 77억의 유지보수 비용일 발생할 것으로 추정됨.
- 민군겸용 및 군 활주로는 이동식을 선호하고 있으며, 총 23개의 활주로는 있으며, 활주로 수를 기준으로 하지 않고, 각 공항별로 1대의 외산 이동식 자동탐지시스템을 보유하게 되면 공항 당 8억 정도의 도입비용으로 인하여 약 112억 정도의 비용이 발생할 것으로 추정됨.
- 따라서 경제적으로 합리적인 가격이 성립되면 국산 이물질 탐지시스템을 도입할 의사가 적극적이므로 국내의 수요만으로도 개발비용의 회수가 가능하므로 국산화 개발을 위한 충분한 투자가치가 있음.
- 정부기관에서는 항행안전을 위한 이물질 자동탐지시스템 설치 권고 등을 통하여 국내 보급을 정책적으로 지원하여 일차적으로 국내공항 설치확대를 추진하고 해당 실적을 바탕으로 국외 수출 등을 추진하는 것이 바람직할 것임.




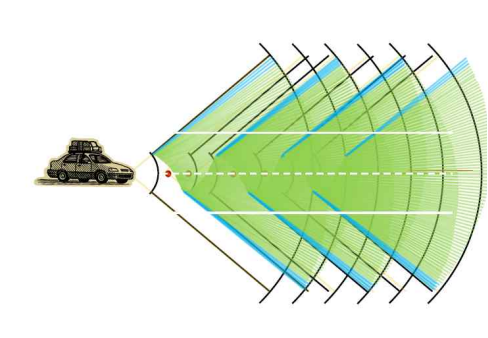
2. 국외 시장현황

- 이물질 자동 탐지시스템은 실시간으로 활주로 또는 유도로 등의 항공 운영 지역의 이물질을 자동 탐지하는 시스템으로, 시장성으로는 일부 공항에만 성공적으로 운용되고 있어 시작단계로 볼 수 있음.
- 현재 이물질 자동 탐지시스템은 세계 각국의 공항에 시범 도입되고 있으나 오경보 등에 의해 도입이 재검토 되고 있음.
- 이물질 자동 탐지시스템의 탐지율을 높이고 오경보율을 줄이기 위한 다양한 연구 및 개발시도가 진행되고 있으며, 운용 방식에 따라 고정형 및 이동형으로 분류될 수 있음.
- 이물질 자동 탐지를 위한 센서 기술로는 레이더, 광학 카메라, 레이저가 대표적이며, 대부분의 시스템은 두 개의 센서를 혼합해서 사용.
- 해외 이물질 자동 탐지 시스템의 선두 주자는 5개의 업체가 있으며 각 제작사 별 이물질 탐지시스템의 현황은 아래와 같음.

<표 11> 제작사 별 이물질 탐지시스템의 현황1

제작사	QinetiQ(영국)	Xsight systems(이스라엘)
모델명	Tarsier	X-Sight
구 성	레이더, 광학 카메라	레이더, 광학 카메라
형 상		
방 식		

<표 12> 제작사 별 이물질 탐지시스템의 현황2

제작사	Stratech(싱가포르)	Trex Enterprises(미국)
모델명	iFerret	FOD Finder
구성	광학 카메라	레이다, 광학카메라
형상		
방식		

○ 해외공항 이물질 탐지시스템 운용 현황

<표 13> 해외 이물질 탐지시스템 운용 현황

시스템명	시스템 특징	도입시기	적용공항
Xsight Systems	<ul style="list-style-type: none"> ·활주로 이물질(FOD)탐지 ·빈도가 높은 이물질 패턴자동분류 ·통계자료제공 ·활주로나내 360. 회전탐지 ·비디오클립 녹화 등 	2012	태국/수완나폼공항
		2013	이스라엘/텔아비브공항
		2013	미국/보스턴공항
Stratech Systems	<ul style="list-style-type: none"> ·활주로 이물질(FOD)탐지 ·360. 회전기능으로 주변감시 (Surveillance) 활용 ·활주로 이탈(Excursion) 탐지가능 ·비디오클립 녹화 등 	2008	싱가포르/창이공항
		2009	독일/뒤셀도르프공항
		2012	미국/시카고공항
		2014	UAE/두바이공항
Tarsier	<ul style="list-style-type: none"> ·활주로 이물질(FOD)탐지 ·레이더+광학시스템 ·원거리 설치로 설치대수 최소화 ·이미지 제공 등 	2007	캐나다/밴쿠버공항
		2007	카타르/도하공항
		2008	영국/히드로
FOD Finder	<ul style="list-style-type: none"> ·활주로 이물질(FOD)탐지 ·이동형 탐지 시스템 ·레이더 시스템 ·진공 흡입 장비 장착 ·도로균열 탐지 	2009	미국/시카고 공항

- 각 공항별로 지역, 공항의 운용환경, 기후 등에 따라 요구기능이 상이함.
 - 강우나 안개 상황이 거의 없는 동남아 지역의 경우 광학 카메라로 충분한 효과를 볼 수 있으나, 국내 공항같이 저 시정 상황이 잦은 경우 카메라만으로는 효율이 높지 않아 전천후 센서인 레이더가 필수임.
- 따라서 해외 시장으로의 판로를 열기 위해서는 다양한 환경에서 구현이 가능하도록 각 센서들이 독립적으로 동작하며 옵션을 선택할 수 있는 복합 시스템이 필요할 것으로 보임.
- FAA 권고규격을 상회하는 시스템 성능과 함께 옵션을 통한 각 공항의 요구조건을 만족하면 해외 시장에서도 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대됨.
- 각 활주로 운영자별 요구조건에 맞는 시스템을 선택하고 있으며, 이동형 대비 상시 감시가 가능한 고정형 시스템에 대하여 민간공항 뿐만 아니라 군 활주로에서도 확대설치를 추진하는 것으로 파악되고 있음.
- 또한 동남아시아를 포함한 항행운영 기반시설에 대한 투자가 미약하거나 시설이 노후 된 공항 및 활주로를 운영하는 지역에서는 관제미숙 및 항공등화시설을 포함한 항행안전기반시설이 미흡한 곳에서는 이물질 자동탐지시스템을 통하여 활주로 안전관리에도 활용이 가능하므로 개발단계에서 감시기능을 수행할 수 있도록 복합적 역할을 수행하는 솔루션에 대한 검토도 필요.

○ 해외 주요공항 활주로 구성현황 및 유형

<표 14> 해외 주요공항 활주로 구성현황 및 유형1

지역	국가	공항명	활주로 수	활주로길이	비고
아시아	홍콩	홍콩국제공항 Hong Kong International Airport	2개	3,800m (동일)	
아시아	싱가포르	창이국제공항 Changi Airport	3개	4,000m(2개), 2,750m	
아시아	중국	베이징서우두국제공항 Beijing Capital Int'l. Airport	3개	3,200m, 3,800m(2개)	
아시아	일본	나리타국제공항 Narita International Airport	3개	4,000m, 2,500m(2개)	
아시아	일본	도쿄국제공항 Tokyo International Airport	4개	3,600m, 3,150m, 2,500m, 2,500m	
아시아	대만	타이완타오위안 국제공항 Taiwan Taoyuan International Airport	3개	3,666m, 3,350m, 2,752m	
아시아	필리핀	니노이아키노국제공항 Ninoy Aquino International Airport	2개	3,737m, 2,258m	
유럽	독일	뮌헨국제공항 Munich International Airport	2개	4,000m (동일)	
유럽	독일	뒤셀도르프국제공항, Düsseldorf International Airport	2개	3,000m, 1,630m	
유럽	영국	맨체스터공항 Manchester Airport	2개	3,048m, 3,050m	
유럽	프랑스	오를리공항 Orly Airport	3개	2,400m, 3,650m, 3,320m	
유럽	프랑스	샤를드골공항 Charles de Gaulle Airport	4개	4,215m, 2,700m(2개), 4,200m	
유럽	벨기에	브뤼셀공항 Brussels Airport	3개	2,984m, 3,638m, 3,211m	
유럽	호주	시드니공항 Sydney Airport	3개	3,962m, 2,438m, 2,530m	

<표 15> 해외 주요공항 활주로 구성현황 및 유형2

지역	국가	공항명	활주로 수	활주로길이	비고
북아메리카	미국	존에프케네디국제공항 John F. Kennedy International Airport	4개	2,520m, 3,048m, 3,460m, 4,441m	
북아메리카	미국	뉴어크국제공항 Newark International Airport	3개	2,840m, 2,501m, 2,073m	
북아메리카	캐나다	토론토국제공항 Toronto Pearson International Airport	5개	3,368m, 3,368m, 2,956m, 2,743m, 2,770m	
남아메리카	브라질	상파울루 국제공항 Aeroporto Internacional de São Paulo	2개	9,843m, 12,139m	
남아메리카	아르헨티나	미니스트로피스타리니 국제공항 Ministro Pistarini International Airport	2개	3,300m, 3,105m	




<표 16> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황1

공항명	활주로 구성현황(사진)
홍콩국제공항 (HKG)	
창이국제공항 (SIN)	
베이징서우두국제공항 (PEK)	

<표 17> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황2

공항명	활주로 구성현황(사진)
나리타국제공항 (NRT)	
도쿄국제공항 (HND)	
타이완타오위안 국제공항 (TPE)	




<표 18> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황3

공항명	활주로 구성현황(사진)
니노이아키노국 제공항 (MNL)	
뮌헨국제공항 (MUC)	
뒤셀도르프국 제공항 (DUS)	




<표 19> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황4

공항명	활주로 구성현황(사진)
맨체스터공항 (MAN)	
오를리공항 (ORY)	
샤를드골공항 (CDG)	

<표 20> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황5

공항명	활주로 구성현황(사진)
<p>브뤼셀공항 (BRU)</p>	
<p>시드니공항 (SYD)</p>	
<p>존에프케네디국제 제공항 (JFK)</p>	

<표 21> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황6

공항명	활주로 구성현황(사진)
<p>뉴어크국제공항 (EWR)</p>	
<p>토론토국제공항 (YYZ)</p>	
<p>상파울루 국제공항 (GRU)</p>	

<표 22> 해외 주요공항 별 활주로 구성 현황7

공항명	활주로 구성현황(사진)
미니스트로 피스타리니 국제공항 (EZE)	

○ 해외 시장현황 시사점

- 해외 경쟁사들 제품과 국내 기술 인프라 분석을 통해 국내 기술을 통해 충분히 국산화가 가능하며, 해외 시장과 공항 분석 결과 FAA의 권고규격을 상회하는 수준의 성능을 갖는 이물질 자동 탐지시스템을 다양한 센서들의 조합을 통해 옵션 별로 적용 가능하도록 하며 이동형과 고정형 모두 사용가능한 형태로 제작하여 국내 공항에 적용할 경우 해외 시장 개척을 위한 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.
- 또한 공항안전관리를 위한 감시(Surveillance) 솔루션도 동시에 제공하여 복합기능을 수행 할 수 있는 시스템을 가지면 국제시장에서 제품경쟁력은 높을 것으로 판단됨.

3절. 기술동향 분석

1. 관련 기술개발 동향

가. 운용방식 별 개발동향

○ 고정형 이물질 탐지시스템 개발동향

- 고정형 이물질 탐지시스템은 레이다와 광학카메라 또는 전자광학 카메라를 이용하여 개발이 이루어지고 있으며 레이다의 주파수 또는 안테나 패턴 등을 통한 이물질 탐지 기법들에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음.
- 전자광학 카메라만을 이용하는 시스템의 경우 주·야간 고해상도 영상자료의 효과적인 처리를 통하여 활주로 감시, 이물질의 탐지 및 추적 등이 수행되고 있으며 기상조건에 의한 영상왜곡이나 안개, 눈, 비등에 의한 저 시정 상황 발생빈도가 적은 지역에서의 설치 만족도는 높은 수준으로 평가됨.
- 고정형 이물질 탐지시스템은 24시간 상시 운영이 가능하다는 장점이 있으나, 넓은 영역을 감시하기 위해 일정 높이를 가지는 형태로 설치되어야 하며 이 경우 고도제한에 대한 검토가 선행되어야 함.
- 탐지 영역을 좁게 가져갈 경우, 타워의 높이는 낮아질 수 있으나 많은 수의 센서를 설치해야 하므로 유지 및 보수의 용이성은 낮아짐.
- 각 센서별로 한계가 있는 만큼, 하이브리드 형태를 통해 각 센서의 장점들만을 취하며, 항행에 방해가 되지 않는 적절한 높이의 타워 설치 및 센서의 수를 파악하여 항공사 요구사항을 만족할 수 있는 최적화된 운용개념 및 그에 따른 성능을 발휘할 수 있는 기술 개발이 필요함.

○ 이동형 이물질 탐지시스템 개발동향

- 이동형의 경우 특정한 시간대에 활주로 전체를 빠르게 스캔할 수 있으나, 상시 감시의 기능은 사실상 기대하기 힘들. 이는 수시로 이·착륙하는 항공기로 인하여 이물질이 발생될 경우 즉각적인 탐지 및 수거가 불가능하기 때문에 항공기의 안전운행 보장에 심각한 제약사항이 될 수 있음.
- 이동형의 경우 무인 플랫폼 기술에 대한 전망을 기대할 수 있으나, 공항 운영상 무인 플랫폼에 문제가 발생하면 대형 사고로 이어질 수 있어 아직까지는 구현과 도입 및 활용에 어려움이 있음.

- 현재 FAA의 권고규격에서는 약 50km/h의 속도에서 이물질을 탐지할 수 있어야 한다고 규정하고 있으나, 공군에서는 빠르게 활주로 전체를 스캔할 수 있는 시스템을 요구하고 있으므로, 향후에는 더욱 빠른 주행 시에도 이물질을 탐지할 수 있는 기술 개발이 이루어질 것으로 판단됨.

나. 탐지기술 별 개발동향

○ 레이더 방식 이물질 탐지시스템 개발동향

- 레이더 방식의 이물질 탐지시스템은 기상조건의 영향을 거의 받지 않는 유일한 전천후 센서로서 오경보율을 줄이고 해상도 및 위치 정확도를 높이기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있음.
- 그러나 레이더는 광학 카메라에 비하여 해상도가 낮을 뿐 만 아니라 배경 클러터, 간섭, 열잡음 및 기타 잡음으로 인한 오경보가 발생할 수 있으며 탐지된 이물질의 정확한 추가적인 확인 등은 대부분 열 영상 또는 광학카메라에 의존하는 문제점이 있음. 또한 비금속 재질로 된 물체와 같이 RCS가 낮은 이물질에 대해서는 수신신호가 미약하여 탐지성능이 저하 될 수 있음.
- 레이더는 기상환경에 가장 강인한 센서로서 다른 센서들과 복합적으로 이물질을 탐지하여 교차 검증을 통해 오경보율을 낮출 수 있으며, 안테나 및 초고주파 집적 회로 기술의 발전과 고도의 신호 및 데이터 처리를 통한 고해상도 마이크로파 영상 획득 기술들이 개발되고 있으므로 지속적으로 오경보율을 낮추고 미약한 수신신호를 갖는 매우 작은 RCS를 갖는 이물질까지도 탐지할 수 있는 기술 개발이 조만간 이루어질 것으로 판단됨.

○ 광학 카메라 방식 이물질 탐지시스템 개발동향

- 광학카메라방식은 금속·비금속 구별 없이 높은 해상도를 통해 이물질을 정확하게 식별할 수 있는 능력을 지니고 있으며 더욱 선명한 정보를 얻을 수 있는 다양한 영상 처리 알고리즘 개발이 이루어지고 있음.
- 광학카메라방식은 금속·비금속 구별 없이 높은 해상도를 통해 이물질을 정확하게 식별할 수 있는 능력을 지니고 있으나 안개, 비 또는 눈과 같은 기상환경에 민감하여 오경보를 낼 수 있는 단점을 지니고 있으며, 물웅덩이에 비친 활주로나 그림자 등에 대해서도 오경보를 낼 수 있음.
- 각 지역별로 기상환경에 대한 통계 및 저 시정 상황의 영상 정보를 이용하여 영상 보정을 통한 오경보를 줄일 수 있는 기술이 개발될 것으로 보임.

○ 열상 카메라 방식 이물질 탐지시스템 개발동향

- 열영상 카메라를 이용한 이물질 탐지시스템은 물체에서 나오는 적외선 스펙트럼을 이용하여 물체의 표면 온도를 감지하여 이물질을 탐지하는 시스템으로 야간에 광원이 없는 경우에 사용이 가능한 장점이 있음.
- 그러나 200m 정도 떨어진 곳에서 작은 크기의 이물질을 탐지하기 위해서는 고성능 열영상 카메라가 필요하지만 상당히 고 가격이라는 단점이 있고, 대부분 열영상 카메라의 해상도 때문에 광학카메라와 복합해서 사용하는 경우가 많음.
- 현재 경계시스템 등에서 열영상 카메라의 사용이 많아지고 있기 때문에 보다 저렴한 가격에 고 해상도 열영상 카메라 보급이 많아질 것으로 생각되며, 이를 활용한 이물질 탐지시스템 개발이 향후 이루어질 수 있을 것으로 보임.

○ 레이저 방식 이물질 탐지시스템 개발동향

- 레이저 방식 이물질 탐지시스템은 레이저 방사장치와 컬러카메라를 혼합하는 것으로 레이저 라인 프로젝터를 사용하여 레이저를 활주로 바닥면에 방사하면서 컬러카메라로 방사된 영상을 촬영하고, 두 개의 영상을 혼합한 후 이물질 유무와 이물질 형상을 구별. 이 방식은 상당히 작은 (2mm 크기) 이물질에 대해 높이 및 크기를 구별할 수 있고, GPS 좌표와 연동할 경우 위치까지도 정확하게 탐지할 수 있음. 알람 설정에 따라 탐지해야할 이물질 크기를 조정할 수 있음. 주·야간 모두 사용이 가능하고, 특히 고속 이동식차량에 부착하여 탐지할 수 있는 장점이 있음.
- 단점으로는 비나 눈이 올 경우 오경보율이 높고, 고 성능 영상처리 기술이 요구됨.
- 이 방식은 FAA 권고안 보다 작은 크기의 이물질 탐지에 유리하며, 특히 공군에 적용 가능한 방식임.



<그림 5> 레이더, 광학 및 열영상, 레이저시스템

다. 상용제품 별 개발동향

○ Tarsier Runway Debris Monitoring System(영국, QinetiQ사 제품):

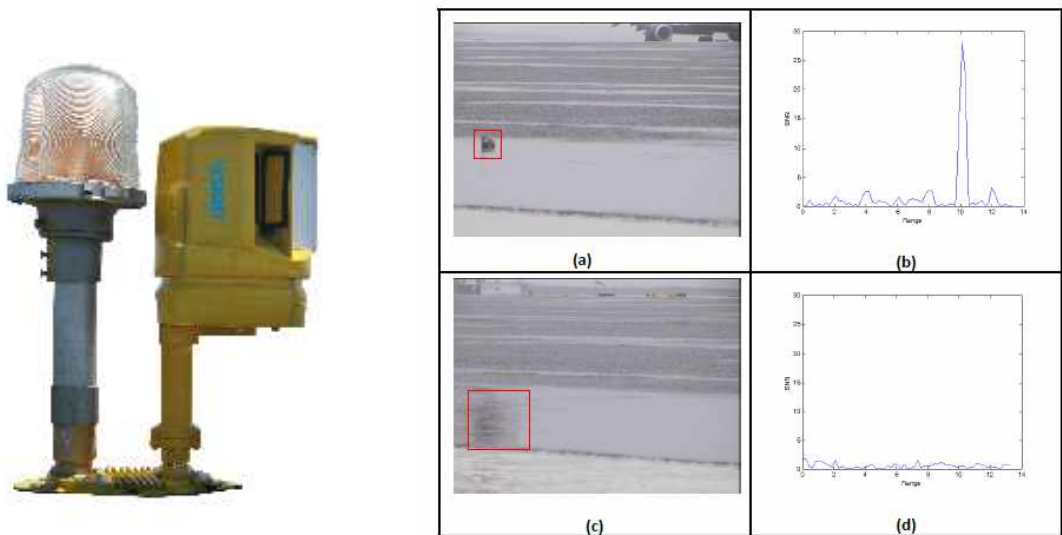
- 최신식 레이더 기술을 사용하는 Tarsier 시스템은 지속적으로 활주로의 금속, 플라스틱, 유기물 등을 모니터링 하는 시스템으로, 활주로 상의 이물질을 발견하면 운영자에게 경고를 알려주고 이물질의 위치 정보(위도, 경도)를 유저 디스플레이를 통하여 나타냄.
- 레이더를 이용해 활주로 표면을 상시 스캔하며, 이물질이 발견되면 카메라를 통하여 이물질을 검증하는 형태를 취하고 있음.
- 약 7-9미터 정도의 타워 위에 설치되며 공항의 전력과 데이터 네트워크에 간섭을 피하기 위하여 타워 근처에 캐비닛을 설치.
- 스캔 영역이 넓어 2~3개의 시스템만으로 하나의 활주로를 스캔할 수 있으나 해상도가 떨어지는 단점이 있음.



<그림 7> Tarsier Runway Debris Monitoring System

○ FODetect (이스라엘, Xsight System사 제품):

- Xsight는 레이더와 광학 카메라를 이용하는 이물질 탐지시스템으로, 활주로 가장 자리의 항공 등화 인프라와 연동하여 운영됨.
- 카메라는 NIR을 사용하여 야간에도 운영이 가능하며 팬, 틸트 및 줌 기능을 통하여 좁은 영역을 정밀하게 관찰할 수 있음.
- 레이더는 비금속 물질같이 RCS가 낮은 이물질에 대해서는 탐지가 어려우나, 카메라로는 이를 찾아낼 수 있으며, 카메라의 단점인 스키드 마크, 그림자 등에 의한 오경보를 레이더를 이용하여 이물질이 아님을 확인하는 방식으로 두 센서간의 단점을 보완하는 형태로 오경보율을 줄이는 방식을 사용하고 있음.
- 우천 시 레이더와 카메라 모두 성능이 떨어질 수 있으나, 두 센서가 모두 오경보를 발생시키는 경우는 매우 적음.
- 카메라와 레이더의 삼각측량을 통하여 이물질 위치 정보의 정확성을 향상시키는 방식을 사용. 카메라는 각도 정보에 대해서는 정확하게 식별할 수 있으나 거리는 예측하는 반면, 레이더의 정교한 거리정보를 이용하여 위치 정보의 신뢰성을 높임.



<그림 8> Xsight System

○ iFerret (싱가포르, Stratech사 제품):

- iFerret은 전자 광학 카메라 기술만을 사용하는 이물질 탐지시스템으로 강력한 영상처리 알고리즘을 통해 이물질을 탐지하고 있으며 별도의 조명 없이 전자 광학 기술과 영상처리 기법을 통하여 야간에도 탐지가 가능.
- iFerret의 전자 광학 센서는 일반 광학 줌에 비하여 더 높은 배율을 가지며 최대 70배까지 확대가 가능하여 멀리서도 이물질을 식별하고 있음.
- 활주로를 전체를 스캔하기 위해 평균적으로 4분정도가 소요되며 이는 일반적인 항공기의 이동 스케줄에 부합됨.
- 하나의 센서는 340미터까지 스캔이 가능하며, 싱가포르 창이 공항을 기준으로 활주로에 12개의 센서가 설치되어 있음.
- iFerret 시스템은 중간의 센서가 고장이 나거나 정비가 이루어지는 상황에서도 인접 센서가 계속해서 공백 구역을 감시할 수 있도록 되어있음.



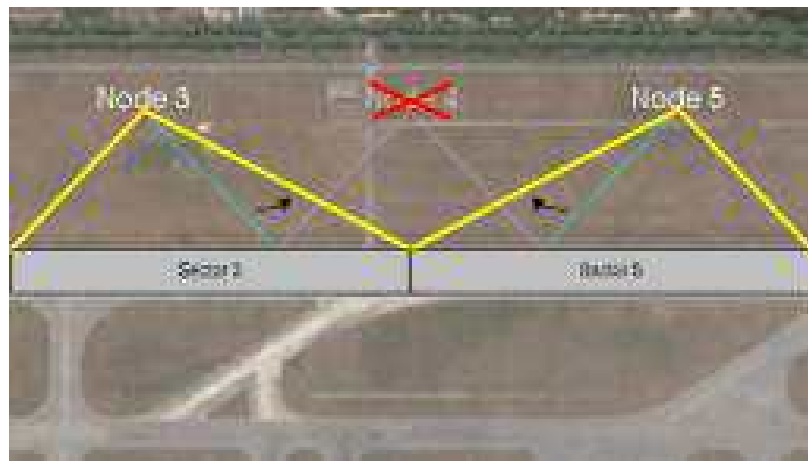
<그림 9> iFerret



<그림 10> 영상처리 전의 야간 화면



<그림 11> 영상처리 후의 야간 화면



<그림 12> 공백 구역 보완 방식

○ FOD Finder(미국, Trex Enterprises사 제품):

- FOD Finder는 이동형 이물질 탐지시스템으로써, 차량 상부에 E-Band 레이더를 설치하여 전천후 탐지가 가능.
- 차량은 약 48km/h의 속도 이하에서 이물질 탐지가 가능하며 180m x 60m 반경을 스캔할 수 있음.
- 차량 후부에 진공흡입기를 설치함으로써 이물질의 즉각적인 제거가 가능.
- 이동형 플랫폼으로써 활주로외에 유도로, 계류장등에서도 활용이 가능하다는 장점이 있음.
- 그러나 이물질의 상시 감시는 사실상 불가능하며 빠르게 활주로의 이물질을 점검할 필요가 있을 때 운용하는 형태임.
- 따라서 상시 감시를 위해 따로 고정형으로 운용할 수 있도록 설계되어있음.



<그림 13> FOD Finder 이동 시스템

○ LFOD (캐나다, Pavemetrics사 제품):

- LFOD는 laser line projector와 카메라를 활용하여 이물질 크기 및 형상을 탐지하는 시스템으로 이동 차량에 부착하여 고속으로 달리면서 활주로내 이물질을 탐지하고 있음.
- 별도의 조명 없이 전자 광학 기술과 영상처리 기법을 통하여 야간에도 이물질을 탐지하고 있음.
- 비행 이착륙이 잦은 시간동안에는 LFOD 시스템이 탑재된 차량을 이용하여 활주로 중앙 부분을 우선 검사. 활주로 중앙 부분은 비행기의 휠 사고(Wheel strike)를 일으킬 수 있는 범위(18m 정도) 임.
- 비행 이착륙이 없는 시간대는 전 활주로에 대해 탐지하고, 탐지 위치 표시에 따라 운용자가 이물질을 수거.
- 최대 100km/h로 이동하면서 2mm 크기의 이물질을 탐지할 수 있음. 또한, 활주로 노면상태를 검사할 수 있고, 활주로면 관리 계획에 활용할 수 있음.
- 레이더 등을 이용한 고정식 탐지시스템에 비해 가격이 저렴하며, 눈·비 등에 대해 오탐지 발생 가능성이 있음.



<그림 14> Laser FOD Detection System

2. 기존 기술(연구)과의 차별화 방안

○ 국내 공항의 특징

- 우리나라는 국가 안보상 다른 나라와는 달리 군 활주로는 많으며, 군 활주로의 전투기는 대부분 이물질에 상당히 취약한 특징이 있음.
- 전체 공항 21개 중 군전용기지 6곳, 민·군 겸용 공항 8곳, 민간공항 7개로 나누어짐.
- 민·군 겸용 공항의 활주로 관리를 군에서 하기 때문에 군에서 이물질을 관리하는 공항은 14개로 전체 공항의 2/3를 차지함.
- 특히, 민간공항의 경우도 인천국제공항공사가 관리하는 1개의 공항과 한국공항공사가 관리하는 6개 공항으로 나누어져 있음.

○ 해외 개발 제품의 국내 공항 적용의 문제점

- 해외 개발 제품은 모두 FAA AC 150 요구 성능을 만족하고 있고, 이는 민간항공기에 대한 안전을 고려한 것으로 보임.
- 국내 민간공항 방문 조사결과 국내 민간 공항의 경우 FAA AC 150 요구 성능을 만족하고, 계류장에서의 이물질을 탐지 가능한 장비가 필요하다고 하며, 활주로 주변에서 떨어진 곳에 고정용 철탑을 설치한 것에 대해서는 큰 문제가 없는 것으로 조사되었음.
- 그러나 국내 전투기 엔진은 대부분 활주로 지면 가까이에 있어 작은 이물질에 의해서도 엔진 손상이 발생할 가능성이 높기 때문에 FAA AC 150 요구 성능 보다 더욱 엄격한 성능을 요구하고 있음.
- 군 기지 방문 조사결과 작은 모래에도 엔진 블레이드가 손상을 입는다고 하며, 특히 주기장 주변에서도 이물질 탐지 가능한 장비가 필요.
- 군 기지의 경우 항공안전문제로 인해 활주로 주변에 철탑을 설치할 경우 항행 안전시설 등록 법적 절차가 필요함.

<표 23> 고정형 상용제품 기술개발 동향 및 개발목표

특징	Tarsier	Xsight	iFerret	개발 목표
제작사	영국 QimetiQ	이스라엘 Xsight	싱가포르 Stratech	
운용 센서	레이다/광학카메라	레이다/광학카메라	광학카메라	레이다/광학카메라
설치 개수 (4km 기준)	3	132	12	<12
탐지 거리	1.5km	30~45m	400m 이상	400m 이상
탐지 확률	>90%	>90%	>92%	>95%
레이다 최소 탐지 RCS	-20dbsm	-21dbsm	운용하지 않음	-30dbsm
카메라 최소 탐지 크기	식별용으로 운용	25x25mm	2cm	2cm
탐지 시간	3분	1분	1분	1분
탐지위치 정확도	±3m	1m	1m	<1m
이물질간 구별 가능 거리	10m	1m		<1m
설치 위치 (활주로 중심선)	150~250m	활주로 가장자리	200~250m	
설치 높이	>7m	<1m	7m	7m
유지보수의 용이성	상	하	중	중
가격	90억	70억	70억	50억

<표 24> 고정형 상용제품 국내 적용 문제점 및 개발목표

제품명	특징	국내 공항 적용의 문제점
Tarsier	<ul style="list-style-type: none"> - 원거리 레이더를 사용 - 넓은 스캔범위 - 유지보수의 용이성 	<ul style="list-style-type: none"> - 낮은 해상도로 인하여 군의 요구 성능 불만족 - 높은 송신출력 - 전자파 간섭을 방지하기 위한 별도의 구조물 필요 - 광학카메라를 식별용으로만 운용 - 고가의 도입 단가
Xsight	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더 및 광학카메라를 이용한 교차검증 - 오경보율을 최소화 함 	<ul style="list-style-type: none"> - 많은 설치 개수로 인한 낮은 유지보수 용이성 - 활주로 가장자리에 설치하여 군의 경우 체설 시 파손 가능성 높음 - 설치높이가 낮아 강설시 눈에 묻힘
iFerret	<ul style="list-style-type: none"> - 저조도 광학 카메라 사용한 주야간 이물질 탐지 - 광학 카메라를 이용한 다양한 응용이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 군의 요구 성능 불만족 - 안개 및 강설의 상황에 검증되지 않음 - 그림자 및 아지랑이등에 대한 오탐지 가능
개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 상기 제품들의 장점을 활용 - 각 센서들의 단점을 상호보완 - 레이더와 카메라의 독립적인 탐지 - 데이터 융합을 통한 오경보율 감소 - 뛰어난 성능과 낮은 가격을 통한 경쟁력 확보 	

<표 25> 이동형 상용제품 기술개발 동향 및 개발목표

	FOD Finder	LFOD	개발 목표
제작사	미국 Trex Enterprise	캐나다 Pavemetrics	
운용 센서	레이다/광학카메라	레이저	레이다/광학카메라/레이저
레이다 전방 탐지 거리	180m	운용하지 않음	>100m
레이저 스캔 탐지 폭	운용하지 않음	12~18m	>20m
최소 탐지 크기	자료 없음	2mm	2mm
차량 속도	48km/h	100km/h	>100km/h
이물질 수거장치	있음	없음	있음
가격	7억	10억	7억

<표 26> 이동형 상용제품 국내 적용 문제점 및 개발 목표

제품명	특징	국내 공항 적용의 문제점
FOD Finder	<ul style="list-style-type: none"> - 레이다를 이용한 넓은 스캔범위 - 탈부착 가능한 수거장비 - 전천후 사용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 군의 요구 성능 불만족 - RCS가 낮은 이물질에 대한 오탐 가능성 - 광학카메라를 식별용으로 사용
LFOD	<ul style="list-style-type: none"> - 레이저를 이용한 작은 이물질 탐지 가능 - 고속 운행 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 전천후 운용 불가 - 좁은 스캔범위로 인한 운용횟수의 증가 - 별도의 수거장치 부재
개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 레이다를 이용한 전천후 운용 - 운용 방식에 따른 대응방안 제시 - 빠른 운용이 필요할 시 레이다를 이용한 고속 탐지 - 레이저를 이용한 위험 지역 정밀 탐지 - 탈부착 가능한 수거 장비 	

○ 해외 개발 제품과의 차별화 방안

- 현재까지 해외에서 개발된 제품들은 다음과 같고, 각 사는 한 가지 방식만 사용하고 있음.
 - 레이다 탐지시스템 : 3개 회사
 - 광학카메라 탐지시스템 : 1개 회사
 - 레이저 탐지시스템 : 1개 회사
- 앞의 표에서 알 수 있듯이 한 가지 방식만으로는 민간공항과 군 활주로의 요구 성능을 모두 만족할 수 없기 때문에 최소 2개 회사의 제품을 활용해야 하며, 민·

군 겸용공항의 경우를 예를 들어 보면 아래 2개의 시스템이 동시에 필요.

- 작은 이물질을 탐지할 수 있는 이동형 레이저 탐지시스템
 - 활주로 사용빈도 때문에 원거리에서 탐지가 가능한 레이다 탐지시스템
- 따라서, 민·군 겸용공항 요구 성능을 모두 만족하는 2개 회사의 시스템을 각각 도입한다면, 두 시스템간의 연동 문제, 공항시스템과의 연계문제, 유지보수 문제 등이 발생하며, 이로 인해 운용의 혼잡도가 늘어나게 되고, 운용비용이 증가하게 됨.
- 이러한 문제를 해결하기 위해서는 본 과제를 통해 레이다, 광학, 레이저 탐지시스템을 모두 개발해야 하며, 민간공항, 군 활주로 및 민·군 겸용공항 운용조건에 따라 이들 시스템을 서로 혼용하여 선택 적용할 수 있도록 해야 함.
- 따라서, 설계단계에서부터 시스템들 혼용에 따른 연동 문제, 공항시스템과의 연계 문제, 유지보수 문제를 모두 고려하고, 운용 편리성을 고려하여 개발할 필요 있음.
- 가격이 높은 열영상 카메라 기술보다 비교적 저렴한 가격으로 구현이 가능한 저조도 카메라기술을 활용하는 탐지기술개발에 주력함으로써 개발비용 및 양산단가를 줄이고자 함.
- 이동형과 고정형 탐지장치를 연계해서 사용할 수 있는 형태로 기술개발을 하여 통합운영시스템을 통하여 활주로만이 아닌 유도로, 계류장, 격납고 등의 시설에 대한 이물질 탐지 및 발생 추적기능 등을 구현.
- 외국 제품에 비해 개발될 제품의 요소기술 별 차별화 방안은 다음 표와 같음.

<표 27> 요소기술별 차별화 방안

	해외 요소기술	차별화 방안
광학/열상 카메라	<ul style="list-style-type: none"> 저조도 카메라를 활용하여 이물질 자동탐지 (iFerret) 확인용으로 운용 (나머지 제품) 	<ul style="list-style-type: none"> 고해상도 카메라사용 (Full HD 급 이상) 주·야간, 전천 후 이물질 자동탐지 오탐지 방지를 위해 학습기능 (그림자, 물웅덩이 등으로 인한 오탐지를 최소화) 유·무선 통신 적용 탐지 시간 향상
레이다	<ul style="list-style-type: none"> 2.5cm 크기 이상 탐지 활주로 관제 등에 부착 및 각 장치마다 신호처리기 설치 (XSIGHT) 원거리 레이다를 사용 및 저해상도 (QinetiQ) 	<ul style="list-style-type: none"> 2cm 크기 이상 탐지 (고해상도) 활주로 당 12개 미만 설치 및 중앙처리 시스템에서 신호 처리 (유지보수 비용 감소) 유/무선 통신 적용 고정식 및 이동식 동시 운용
레이저	<ul style="list-style-type: none"> 2mm 크기 이물질 탐지 시속 100km/h 에서도 탐지 가능 이동식 장비에 운용 	<ul style="list-style-type: none"> 2mm 크기 이물질 탐지 시속 100km/h 에서도 탐지가능 이동식 탐지장비로 운용 오탐지 방지를 위해 학습기능 유·무선 통신 적용 활주로 노면 관리 기능 포함

4절. 기술수준 분석

1. 국내기술수준 분석 결과

- 활주로내 이물질 자동탐지시스템의 기술수준은 국내 다른 기술 분야 대비 수준이 낮으며 최고 기술대비 기술격차가 큰 편임.
- 이물질 자동탐지를 위한 요소기술은 체계 통합 운영, 레이더 및 신호처리, 광학·열영상 카메라, 레이저 기술 및 영상처리 기술, 통합운용 소프트웨어 등이 있으며 기술수준은 아래 표와 같음.

<표 28> 활주로내 이물질 자동탐지시스템 선진국 대비 기술수준

기술명	세계최고 기술수준(100%)대비 기술수준(%)		세계최고 기술 대비 기술격차(년)		최고 기술 보유 국가명
	'14	'19	'14	'19	
체계 통합운영	80.7	96.3	8.8	2.2	미국
레이더·신호처리	86.4	99.6	9.4	1.2	영국
광학카메라·영상처리	75.3	91.3	12.3	3.1	싱가포르
열영상카메라·영상처리	71.2	90.2	15.7	3.5	이스라엘
레이저스캐너·영상처리	71.1	95.4	18.2	2.6	미국
통합운용 소프트웨어	81.5	98.7	10.2	1.5	이스라엘

2. 요소기술 별 국내기술 수준 분석

○ 체계 통합운영 기술

- 최적화된 시스템의 구현에 따른 성능 요구사항을 충족시키기 위해서는 다양한 센서 모듈의 통합과 서보제어 장치, 센서 원격 조정 및 데이터 송수신, 센서 간 또는 주변 장치들 간의 신호전달 체계 구성 등 복합적인 체계통합 기술이 매우 중요함.
- 국내에서는 무기체계 및 도로망 및 항공/항만 통합감시체계 개발 경험이 많아 선진 외국과 유사한 기술 수준을 가지고, 있으며 통합 시스템 차원에서의 최적화 성능 구현이 가능한 수준임.
- 국내 SI(System Integration)사에서 많은 프로젝트를 수행한 경험이 있고, 체계통합 기술 인력의 양성에 많은 노력을 경주하고 있으므로 향후에는 선진 외국 기술

에 비해 우월해질 것으로 기대됨.

○ 레이더·신호처리 기술

- 주로 군사적인 목적으로 방산 업체에서 꾸준히 연구개발을 진행하여 왔으며 이물질 자동 탐지를 위한 전천후 레이더 센서 기술 수준은 선진국과 비교해 볼 때 거의 대등한 수준으로 생각됨.
- 밀리미터파 대역의 송수신부 및 안테나 등의 설계는 국내기술 수준으로 이루어질 수 있으며 신호처리 기술의 경우도 기존의 군용 레이더 신호처리 기술 개발 수준 정도를 감안한다면 국내기술로도 충분히 구현될 수 있을 것으로 판단됨.

○ 광학카메라·영상처리 기술

- 일반적인 카메라 개발에서의 국내의 광학기술 수준은 선진국에 비하여 거의 대등.
- 그러나 광학 카메라를 이용하여 광범위한 지역을 탐색하고 위치정보를 추출하기 위해서는 정밀 구동부의 역할이 매우 중요한데 이러한 기술은 다소 미흡한 수준으로 분석됨.
- 또한 이물질 자동탐지를 위한 최적화 된 영상처리 및 패턴인식 기술 등은 아직 국내에서 개발된 적이 없기 때문에 수준을 파악할 수 없으나 일반적인 영상처리·인식 기술수준은 선진국 대비 비슷한 수준이라고 생각되기 때문에 목적에 따라 필요한 영상처리 기술은 비교적 단시간 내에 선진국 수준에 도달할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 열영상카메라·영상처리 기술

- 주로 야간 영상을 획득하기 위하여 쓰이는 열 영상 카메라의 경우 국내기술 수준이 현저하게 향상되었다고 볼 수 있으나 이물질 자동 탐지를 위하여 요구되는 성능수준을 만족할 정도의 기술을 현재는 보유하고 있지 못한 것으로 판단됨.
- 줌 기능이나 프레임 레이트, 온도정보 제공 등의 측면에서 기술적인 부족함이 있음.
- 열 영상을 기반으로 한 영상처리 및 패턴 인식 등은 연구개발이 제한적으로 이루어져서 그 수준을 판단하기가 매우 어려움.
- 일반적인 광학영상에 비하여 여러 가지 제약점이 존재하고 있으나 인식보다는 이

물질 탐지에 목적을 둔다면 온도 정보 등을 이용한 열영상 처리 기술을 선진국 수준으로 확보하는 데에는 큰 어려움이 없을 것으로 판단됨.

○ 레이저스캐너·영상처리 기술

- 레이더, 열영상 또는 광학 영상으로 넓은 영역을 감시하는 경우 모래 알갱이 등의 아주 작고 미세한 이물질 탐지가 매우 어려움.
- 따라서 이동형 시스템에서는 레이저를 이용한 라인 스캔 기술을 적용하는 것이 좋으며 국내기술 개발 수준은 여러 산업 분야에서 상당히 많이 응용되기 때문에 선진국 수준과 유사하다고 판단됨.
- 이러한 레이저 스캐너를 통하여 얻은 영상을 처리하는 방법은 일반적인 영상처리 알고리즘 기술들을 활용할 수 있기 때문에 구현에 큰 어려움이 없을 것으로 생각되나 이러한 이물질 자동탐지 목적으로 개발된 사례가 거의 없으며, 정밀도 부분에 대하여는 선진국에 비하여 다소 부족하기 때문에 알고리즘 최적화에 많은 노력이 필요할 것으로 판단됨.

○ 통합운용 소프트웨어 기술

- 통합된 시스템이 제대로 동작하기 위한 운용 소프트웨어의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않음.
- 특히 이물질 자동탐지시스템의 경우 여러 개의 센서들로부터 얻은 정보들을 융합하여 최종적인 탐지결과를 추출하여야 하며 이에 따라 센서들의 원격조정을 통한 사용자용 확인 자료 전시 및 사용자의 요구조건에 따른 효율적인 정보제공, 획득 및 처리정보 백업, 기존 공항 시스템과의 안정적인 연동 등 대단히 방대한 영역을 다루게 됨.
- 따라서 각각의 소프트웨어 모듈의 기능구현도 중요한 문제지만 전체적인 소프트웨어의 실시간 스케줄링 및 고 신뢰도에 대한 검증이 가장 강조되는 부분이나, 현재의 국내 기술 수준을 살펴보면 이러한 목적의 소프트웨어 개발 능력수준은 선진국과 동등 수준에 있다고 판단됨.

3. 특허 분석

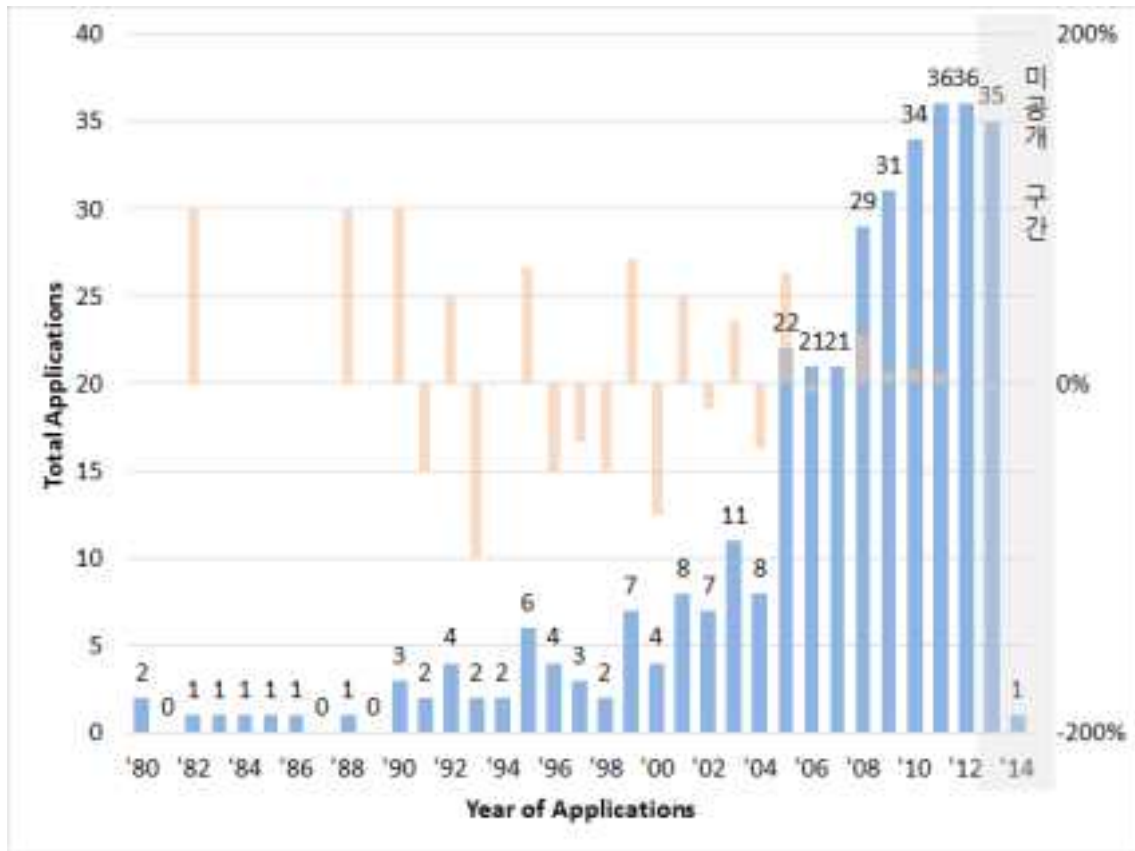
- 본 분석에서는 활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발의 필요성을 고려하여 2014년 03월까지 출원공개 또는 출원 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제(PCT)특허를 분석 대상으로 함.

<표 29> 특허검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS DB	~ 현재 (검색일)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB Total Patent		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개 (재공표) 전체문서
	일본	WIPS DB Total Patent		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽	WIPS DB Total Patent		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	중국	WIPS DB Total Patent		특허공개 및 등록 전체문서
	기타국가 (IL, SG, GB)	Total Patent		특허공개 및 등록 전체문서

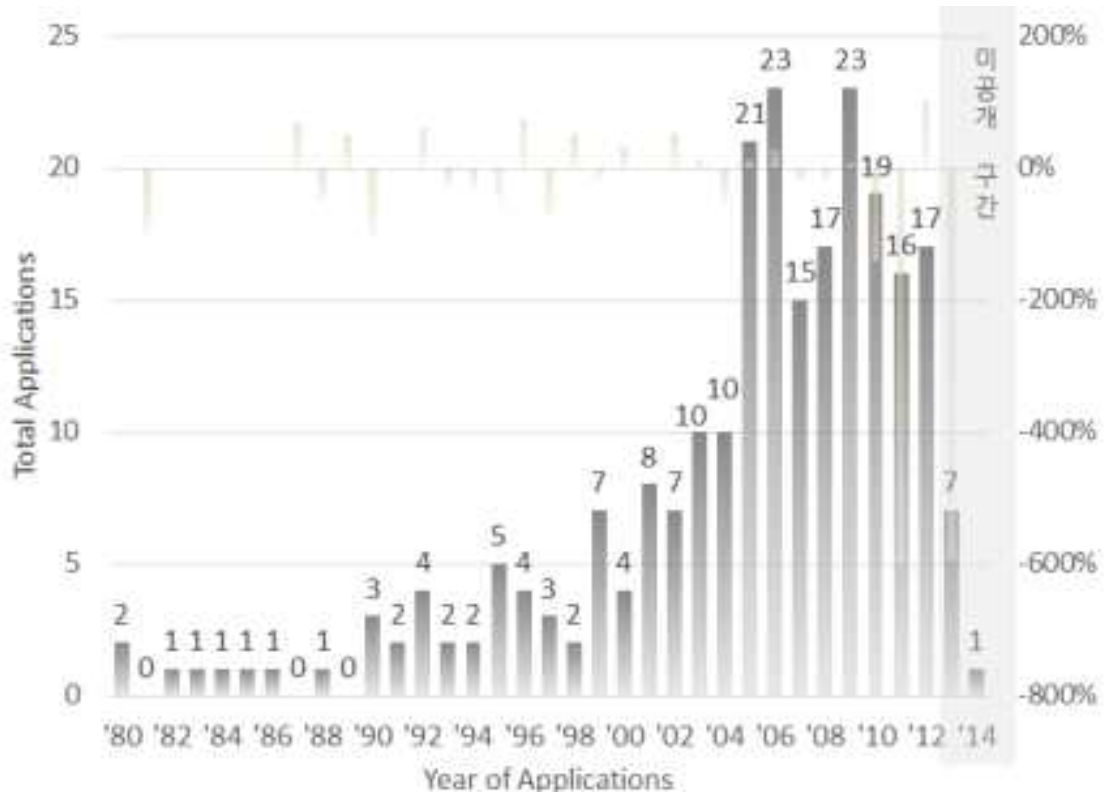
※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국, 기타국가(IL, SG, GB) ~2012(출원
년도 기준)

※ 정성분석구간: 전체분석구간 대상 (~현재)



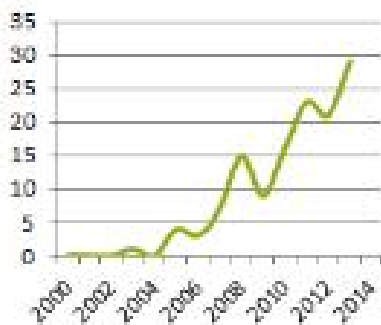
<그림 15> 이물질 관련 특허 출원 동향

- 주요 특허청의 출원 건을 기준으로 이물질 탐지 시스템 기술 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴봄으로써, 각 국에서의 특허출원 Trend를 알아보고자 함.
- 전체적으로는 1980년에 구간에서부터 특허출원이 진행되었으며, 2005년대 이후 급격한 증가 구간이 시작되어, 그 이후 특허 출원 건수가 증가하는 추세가 계속 지속되어옴. 이것은 2000년 7월 프랑스 샤를 드골 국제공항을 이륙 중이던 콩코드기가 추락하면서 탑승자 전원이 사망한 사고의 원인이 이물질로 밝혀지면서 이물질 탐지 시스템에 대한 연구가 본격적으로 시작 된 결과로 보임. 비공개 구간인 2013년에도 다수의 출원건수가 존재.

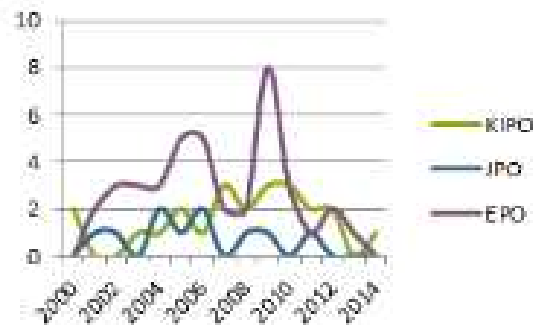


<그림 16> 중국을 제외한 전체국가의 연도별 특허 동향

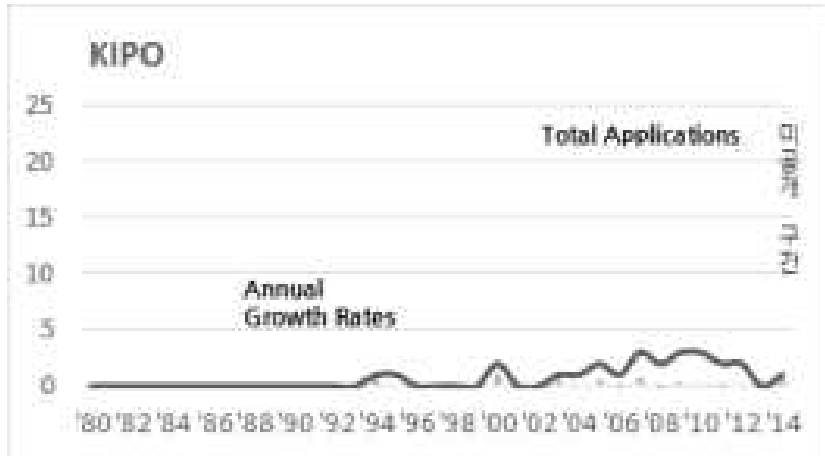
- 전체 국가 중 중국 특허청 출원의 영향을 배제하기 위하여 중국 특허청 출원을 제외한 연도별 특허 동향을 살펴보면, 2005년에서 2009년대 사이 구간에서 최대의 출원 건수를 보이며, 이후에 다소 출원 건수가 감소하는 모습을 보여, 최근 구간에서의 특허 출원 증가세는 중국 출원의 영향이 큰 것을 알 수 있음.



<그림 17> 중국의 연도별 특허 동향

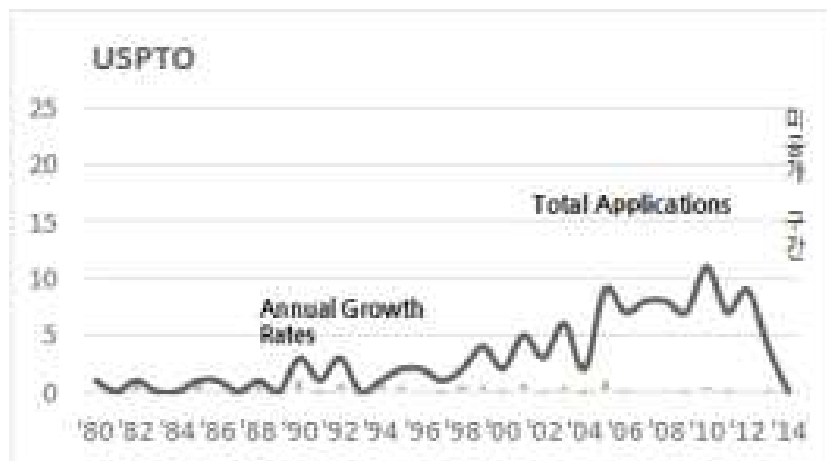


<그림 18> 한국, 일본, 유럽의 연도별 특허 동향



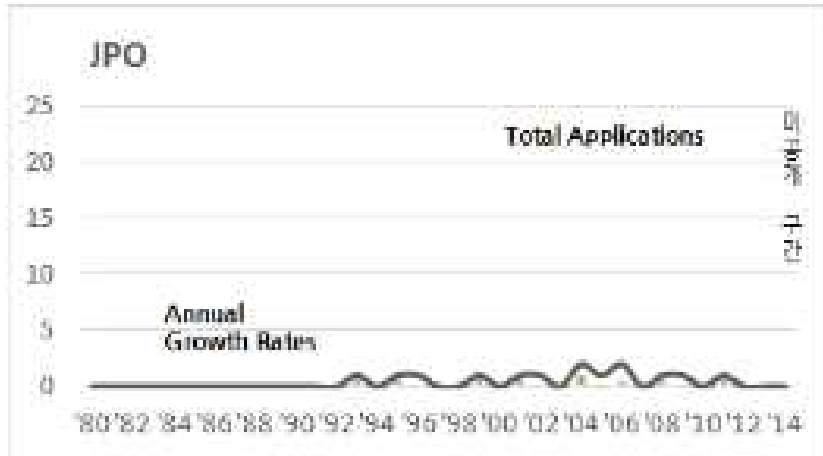
<그림 19> 한국의 연도별 특허 현황

- 최근 한국, 일본, 유럽은 감소세를 보이고 있으나, 전체 동향에서는 성장세를 유지하고 있음. 이것은 중국의 특허 동향 성장세가 최근 구간에서 높게 나타나기 때문일 수 있음.
- 한국 특허청에서는 1990년대 중반부터 특허출원이 시작되어 몇 개의 간헐적인 특허출원 이외에 본격적인 출원이 진행되지 않고 있으며, 최근 동향 역시 특허 하락세로 부진한 출원건수를 보이고 있음.



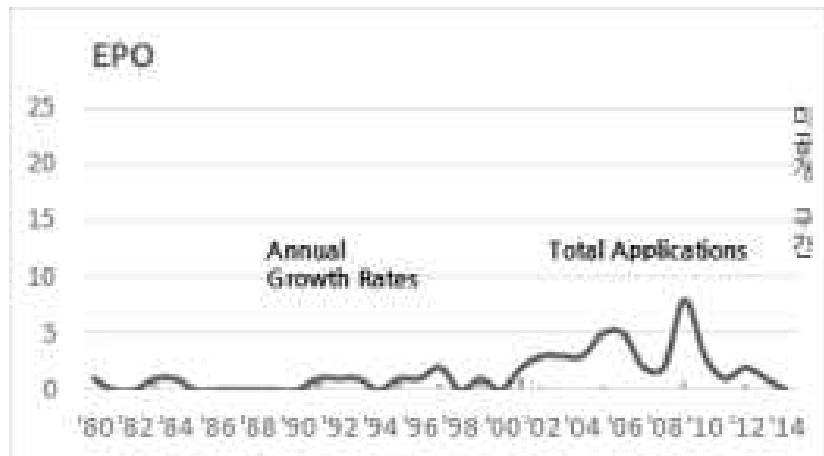
<그림 20> 미국의 연도별 특허 동향

- 미국 특허청에서는 1980년대부터 특허 출원이 진행되었으며, 2000년대 초반 하락세를 보인 이후 출원 건수가 급격히 상승해 2005년 최대 상승률과 특허 출원 건수를 기록하였고 최근 비슷한 출원 건수를 유지하며 중국과 함께 주요 출원 국가 중 하나임.



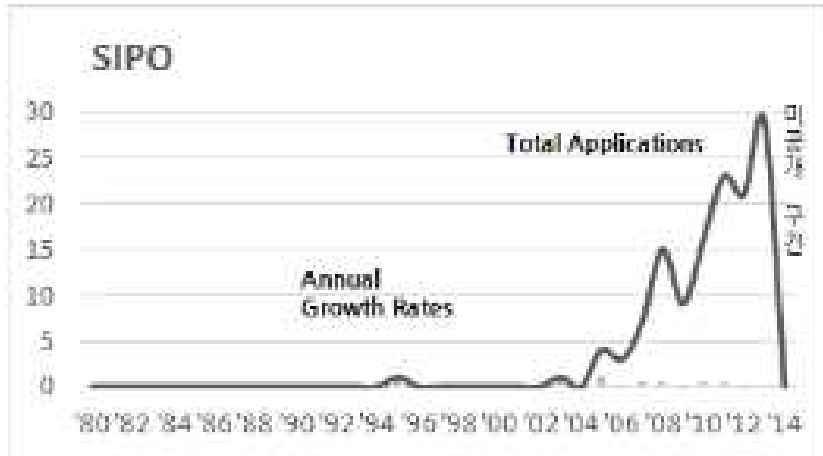
<그림 21> 일본의 연도별 특허 동향

- 일본 특허청에서는 1990년대 중반부터 특허출원이 시작되었으며, 한국과 유한 동향으로 몇 개의 간헐적인 특허출원 이외에 본격적인 출원이 진행되지 않고 최근 하락세를 보이고 있음.



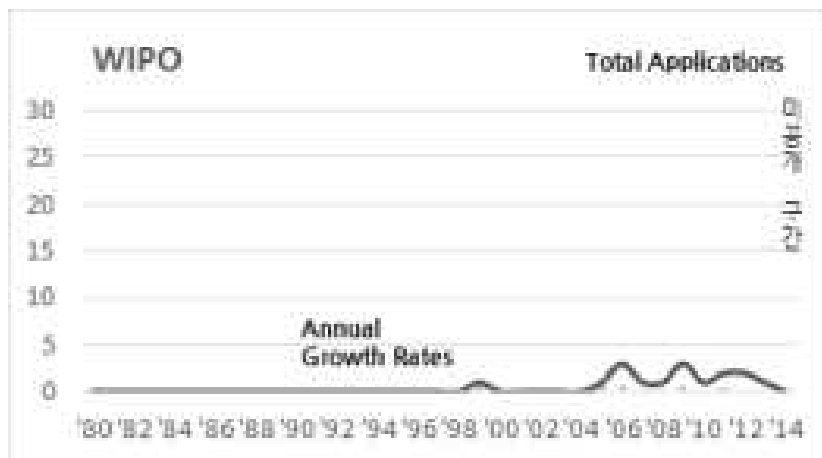
<그림 22> 유럽의 연도별 특허 동향

- 유럽 특허청에서는 1980년대 초반 특허 출원이 등장한 이후 1980년대에는 출원 건수가 없었으나, 1990년대 다시 출원되기 시작해 증감을 반복하며 2009년 최고 출원 건수를 기록한 이후 최근 하락세를 유지하고 있음.



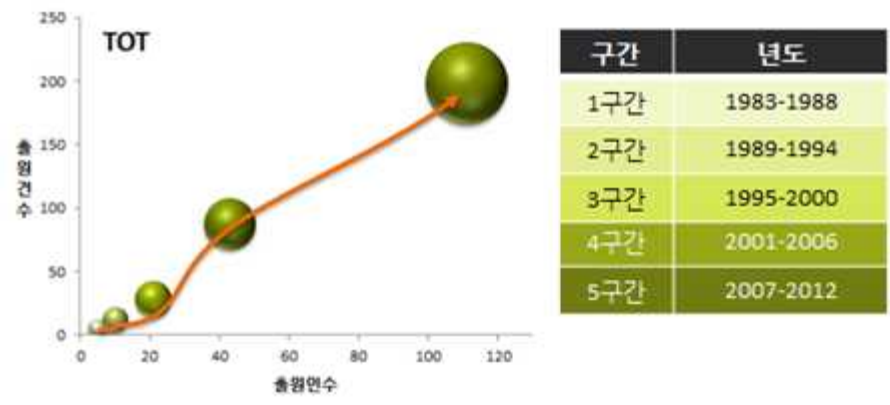
<그림 23> 중국의 연도별 특허 동향

- 중국 특허청에서는 1990년대 중후반 특허 출원이 등장한 이후 2000년대 초반까지 특허 출원이 발생하지 않았으나, 2000년대 초반부터 큰 상승세를 보이며 2000년대 중반에는 미국보다 더 많은 출원 건수를 나타내며 최근 급격한 상승세를 유지하고 있음.



<그림 24> WIPO의 연도별 특허 동향

- 세계지적재산권기구에 출원된 PCT 출원은 가장 늦은 1990년대 후반부터 등장하여 한국, 일본과 마찬가지로 몇 개의 간헐적인 특허출원 이외에 본격적인 출원이 진행되지 않고 있으며, 최근 특허 출원 건수가 하락하는 동향을 보이고 있음.



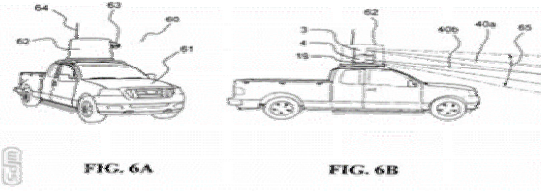
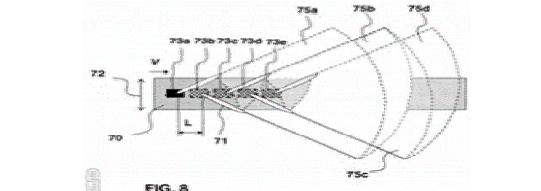
<그림 25> 이물질 탐지 기술 시장 성장단계

- 이물질 탐지시스템 기술 관련 분야의 전체 및 해당 국가의 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음. 각 구간은 1구간(1983년~1988년), 2구간(1989년~1994년), 3구간(1995년~2000년), 4구간(2001년~2006년), 5구간(2007년~2012년)으로 나누었음.
- 포트폴리오로 나타낸 전체특허의 기술 위치는 전체적으로 1구간(1972년~1979년)부터 5구간(1983년~2012년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있으며, 구간에 따른 출원인수와 출원건수의 증가량이 계속 늘어나고 있어 성장 속도가 점차적으로 가속되고 있다는 것을 알 수 있음.

<표 30> US - Mobile millimeter wave imaging radar system

특허03	Mobile millimeter wave imaging radar system		
국가	US	권리자	Trex Enterprises Corp.
등록번호	US 7,782,251	출원번호	12/286,981 (2008.10.03)
패밀리	WO 2013-095683 US 8362946 US 8362948 US 2012-0249363 EP 2347281 CN 102301255 US 2011-0199254 EP 2347281, US 7782251 WO 2010-039268 US 2009-0135051		
<p>1. A short range mobile millimeter wave imaging radar system comprising: A) a vehicle, B) said radar system adapted to detect a plurality of targets located on a relatively flat surface such as airport runways comprising:</p>			
A	<p>a) electronics adapted to produce millimeter wave radiation continuously scanned over a frequency range of a few gigahertz in the frequency range between 60 GHz and 100 GHz,</p>		
B	<p>b) a frequency scanned transmit antenna adapted: i) to produce a narrow scanned transmit beam in a first scanned direction defining a narrow approximately one dimensional electronically scanned field of view corresponding to the scanned millimeter wave frequencies, and ii) to be mechanically pivoted or scanned in a second direction perpendicular to the first scanned direction so as to define a two-dimensional field of view,</p>		
C	<p>c) a frequency scanned receive antenna co-located or approximately co-located with said transmit antenna and adapted to produce a narrow scanned receive beam in a first scanned direction defining a narrow approximately one dimensional electronically scanned field of view approximately co-directed in the same directions as the transmitted beam in approximately the same one dimensional and two dimensional fields of view as the transmit antenna,</p>	매칭대비	
		센서타입	MMW/FMCW
		레이다 배치	O
D	<p>d) electronics adapted to detect millimeter wave radiation collected by the frequency scanned receive antenna, e) a display monitor and</p>	카메라	X
		이미지처리	O
E	<p>f) computer processor equipment adapted determine location of the targets based on millimeter wave radiation reflected from the targets in the two dimensional fields of view and collected by said receive antenna and to display the location of the targets on the display monitor in a map format.</p>	네트워크	X
		조명장치	X
		레이다 구동	O
요약	<p>• 차량을 이용한 FOD 탐지 시스템</p>	종합	△

<표 31> US - Millimeter wave surface imaging radar system

특허04	Millimeter wave surface imaging radar system		
국가	US	권리자	Trex Enterprises Corp.
등록번호	US 8,362,946 (2013.01.29)	출원번호	12/806,488 (2010.08.13) - US 7,782,251 (CIP)
패밀리	WO 2013-095683 US 8362946 US 8362948 US 2012-0249363 EP 2347281 CN 102301255 US 2011-0199254 EP 2347281 US 7782251 WO 2010-039268 US 2009-0135051		
1. A short range millimeter wave imaging radar system comprising: A) a frequency scanned millimeter wave surface imaging radar system mounted on the vehicle, said radar system comprising:			
A	1) electronics adapted to produce millimeter wave radiation scanned over a frequency range of a few gigahertz,		
B	2) a frequency scanned transmit antenna adapted: a) to produce a narrow scanned transmit beam in a first scanned direction defining a narrow approximately one dimensional electronically scanned field of view corresponding to the scanned millimeter wave frequencies, and b) to be mechanically pivoted or scanned in a second direction perpendicular to the first scanned direction so as to define a two-dimensional field of view of a surface region,		
C	3) a frequency scanned receive antenna co-located or approximately co-located with said transmit antenna and adapted to produce a narrow scanned receive beam in a first scanned direction defining a narrow approximately one dimensional electronically scanned field of view approximately co-directed in the same directions as the transmitted beam in approximately the same one dimensional and two dimensional fields of view as the transmit antenna,		
D	4) electronics adapted to detect millimeter wave radiation collected by the frequency scanned receive antenna, and		
E	5) computer processor equipment adapted determine location of targets located on the surface region based on millimeter wave radiation reflected from the targets and collected by said receive antenna.		
		매칭대비	
		센서타입	MMW/FMCW
		레이다 배치	O
		카메라	X
		이미지처리	O
		네트워크	X
		조명장치	X
		레이다 구동	O
		종합	△
요약	<ul style="list-style-type: none"> 차량을 이용한 도로 표면의 상태를 확인하는 시스템 		

<표 32> US - Multistatic radar system for airport monitoring

특허09	Multistatic radar system for airport monitoring																				
국가	US	권리자	ONERA																		
등록번호	US 8,654,002 (2014.02.18)	출원번호	13/254,908 (2010.03.04)																		
패밀리	EP 2406660 US 2012-0019407 EP 2406660 FR 2942884 WO2010-102945 FR 2942884																				
	<p>A method for monitoring targets on a runway by means of emitting modules and receiving module, wherein said emitting modules 1 and said receiving modules 2 are alternately distributed along each one of longitudinal sides of said runway and in that it includes</p>																				
A	emitting orthogonal signals by said emitting modules at a rate of at least two orthogonal signals per emitting module 1 ,	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">매칭대비</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>센서타입</td> <td>Multistatic Radar</td> </tr> <tr> <td>레이다 배치</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>카메라</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>이미지처리</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>네트워크</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>조명장치</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>레이다 구동</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>종합</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table>		매칭대비		센서타입	Multistatic Radar	레이다 배치	O	카메라	X	이미지처리	X	네트워크	X	조명장치	X	레이다 구동	O	종합	△
매칭대비																					
센서타입	Multistatic Radar																				
레이다 배치	O																				
카메라	X																				
이미지처리	X																				
네트워크	X																				
조명장치	X																				
레이다 구동	O																				
종합	△																				
B	receiving signals in said receiving modules 2 coherently with emitting orthogonal signals by said emitting modules 1 , and																				
C	detecting an object OB on said runway based on a distribution of said modules into meshes each including three neighbor bistatic pairs of emitting module 1 and receiving module 2 and on a radio location of said object through triangulation and interferometry in at least one mesh.																				
요약	<ul style="list-style-type: none"> • 각각의 방사 모듈이 두 개 이상의 직교 신호를 방출하여 활주로 상의 FOD를 탐지하는 시스템 																				

<표 33> KR - 비행장 내의 이물질, 파편 또는 손상 검출 감시 시스템 및 방법

특허10		비행장 내의 이물질, 파편 또는 손상 검출 감시 시스템 및 방법																			
국가	KR	권리자	STRATECH SYSTEMS LIMITED																		
등록번호		출원번호	2013-7024843 (2012.02.21.)																		
패밀리	KR 2014-0029394 EP 2678835 US 2013-0329052 AU 2012221159 IL 228067 SG 192881 WO 2012-115594																				
비행장 내의 이물질, 파편 또는 손상을 검출하기 위한 감시 시스템 950으로서,																					
A	상기 감시 시스템은 비행장의 이미지 또는 비디오를 캡처하기 위한 하나 이상의 카메라 951;																				
B	하나 이상의 카메라로 캡처한 이미지로부터 비행장 내의 이물질, 파편 또는 손상을 검출하기 위한 프로세싱 장치;	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">매칭대비</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>센서타입</td> <td>Camera</td> </tr> <tr> <td>레이다 배치</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>카메라</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>이미지처리</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>네트워크</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>조명장치</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>레이다 구동</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>종합</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table>		매칭대비		센서타입	Camera	레이다 배치	X	카메라	O	이미지처리	X	네트워크	O	조명장치	X	레이다 구동	X	종합	△
매칭대비																					
센서타입	Camera																				
레이다 배치	X																				
카메라	O																				
이미지처리	X																				
네트워크	O																				
조명장치	X																				
레이다 구동	X																				
종합	△																				
C	비행장에서 무기 충격을 검출하고 검출된 무기 충격의 영역 내의 이미지를 캡처하도록 하나 이상의 카메라를 안내하기 위한 무기 충격 감시 시스템 108																				
요약	<ul style="list-style-type: none"> 영상을 이용한 비행장 내의 이물질, 파편 또는 손상을 검출하고 감시하는 시스템 																				

<표 34> US - System and method for ascription of foreign object debris detected on airport travel surfaces to foreign object sources

특허12	System and method for ascription of foreign object debris detected on airport travel surfaces to foreign object sources																					
국가	US	권리자	Xsight Systems Ltd.																			
등록번호	8022841 (2011.09.20)	출원번호	2008-059377 (2008.03.31)																			
패밀리	US 2012-0194358 US 8022841 WO 2009-122398 WO2009-122398 US 2009-0243881																					
	A system for detection of foreign objects on an aircraft travel surface and ascription of the foreign objects present on the aircraft travel surface to foreign object sources, the system comprising:																					
	A			a foreign object detection subsystem 110 operative to detect foreign objects on an aircraft travel surface;																		
	B	a potential foreign object source identifier subsystem 120 operative to indicate the presence of potential foreign object sources at or near the aircraft travel surface;	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">매칭대비</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>센서타입</td> <td>없음</td> </tr> <tr> <td>레이다 배치</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>카메라</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>이미지처리</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>네트워크</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>조명장치</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>레이다 구동</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>종합</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table>		매칭대비		센서타입	없음	레이다 배치	O	카메라	O	이미지처리	O	네트워크	O	조명장치	X	레이다 구동	O	종합	△
매칭대비																						
센서타입	없음																					
레이다 배치	O																					
카메라	O																					
이미지처리	O																					
네트워크	O																					
조명장치	X																					
레이다 구동	O																					
종합	△																					
	C	a foreign object to foreign object source correlator (130) operative to receive inputs from said foreign object detection subsystem and from said foreign object source identifier subsystem indicating at least a time relationship between sensed presence of said potential foreign object sources on the aircraft travel surface and detection of said foreign objects and to provide an ascription output indicating the origin of at least some of said foreign objects detected by said foreign object detection subsystem.																				
요약	<ul style="list-style-type: none"> FOD의 발생 원인을 규명하여 제공하는 시스템 																					

<표 35> KR - 열 감지를 이용한 FOD 감시 시스템

특허15	열 감지를 이용한 FOD 감시 시스템		
국가	KR	권리자	아시아나아이디티 주식회사(KR)
등록번호	1251350 (2013.04.01)	출원번호	2011-0133388 (2011.12.13)
패밀리	없음		
열 감지를 이용한 FOD(Foreign Object Debris) 감시 시스템.			
A	활주로의 일 영역에 대해 적외선, 및 레이저 중 어느 하나를 조사하는 스캐너를 제어하여 상기 활주로의 일 영역을 순차 조사하도록 제어하는 스캔 제어모듈;	매칭대비	
B	상기 활주로의 일 영역에 마련되며, 네로우(narrow beam) 빔으로 상기 활주로를 스캔하여 상기 활주로의 주파수 반응값을 검출하는 FOD 레이더;	센서타입	Thermal, Laser
C	상기 스캔 제어모듈에 의해 조사된 적외선, 및 레이저 중 하나에 대해 미리 정해진 기준 시간당 온도 반응값, 상기 온도 반응값의변화량, 및 상기 FOD 레이더에 의해 검출된 주파수 반응값을 획득하는 반응값 판단모듈;	레이더 배치	X
		카메라	O
		이미지처리	O
D	상기 온도 반응값의변화량에 대한 물질별 온도데이터, 및 주파수 반응값 중 어느 하나를 참조하여 상기 활주로상에 위치하는 FOD를 검출하는 FOD 검출모듈	네트워크	X
		조명장치	X
		레이더 구동	X
		종합	△
요약	<ul style="list-style-type: none"> • 물질별 온도 데이터 및 주파수 반응값을 통하여 FOD를 검출하는 시스템 		

<표 36> WO - METHOD AND APPARATUS FOR DETECTION OF FOREIGN OBJECT DEBRIS

특허16	METHOD AND APPARATUS FOR DETECTION OF FOREIGN OBJECT DEBRIS		
국가	WO	권리자	SYSTEMES PAVEMETRICS INC.(CA)
등록번호		출원번호	PCT-IB2013-058082 (2013.08.28)
패밀리	없음		

<p>A method for the detection of Foreign Object Debris (FOD) on a surface of a transport infrastructure, comprising:</p>			
A	<p>receiving 3D profiles of said surface from at least one 3D laser sensor, said 3D laser sensor including a camera and a laser line projector, said 3D laser sensor being adapted to be displaced to scan said surface of said transport infrastructure and acquire 3D profiles of said surface;</p>	매칭대비	
		센서타입	레이저
B	<p>analyzing said 3D profiles using a parametric surface model to determine a surface model of said surface;</p>	레이다 배치	O
		카메라	O
C	<p>identifying pixels of said 3D profiles located above said surface using said surface model;</p>	이미지처리	O
		네트워크	X
D	<p>generating a set of potential FOD by applying a threshold on said pixels located above said surface model to identify a set of at least one protruding object;</p>	조명장치	X
		레이다 구동	X
E	<p>providing detection information about said potential FOD.</p>	종합	△

요약	<ul style="list-style-type: none"> 레이저 스캔을 통한 FOD 탐지 시스템
----	---

5절. 유사과제 분석

1. 스마트 하이웨이

- 스마트 하이웨이는 주행 중인 자동차 안에서 도로상황을 포함한 각종 교통정보를 실시간으로 수신하고, 차량의 정보를 송신함으로써 교통 체증을 줄여 시속 160km로 주행할 수 있는 도로기술로써 정보통신기술과 자동차 기술 등이 결합되어 이동성, 편리성 및 안정성 등을 향상시킨 차세대 고속도로임.
- 스마트 하이웨이는 도로의 결빙, 수막, 안개, 낙하물과 같은 노면 정보를 도로 감시 레이더를 이용하여 검지하고 이 정보를 운전자에게 제공.
- 도로 감시 레이더 기술은 전천후 환경에서 500m 이내의 거리 내 30cm x 30cm 이상의 금속 물질을 탐지하도록 고안되었으며 약 3m 이상의 승용차 등의 이동 장애물을 검지할 수 있도록 설계되었음.
 - 공항 활주로에서는 최소크기 2cm의 이물질을 탐지 할 수 있는 성능의 레이더 탐지 기술을 개발하여야 하므로 해당 과제에서 수행한 레이더와는 성능적면에서 차이가 있음.
 - 또한 도로레이더 기술은 도로의 노면상태까지 감시를 목표로 하고 있으나 공항 활주로내에서 발생하는 Rubber Deposit 및 활주로내 침하 등의 감시는 정밀도 및 사용목적이 다르므로 활용이 어려울 것으로 판단됨.

6절. 연구개발 인프라 분석

1. 국내기술 인프라분석 개요

- 이물질 자동탐지시스템을 국내 기술로 개발하기 위해서는 탐지기술, 통합운용기술, 융합데이터 처리기술, 통신망기술, 시험 및 인증기술이 필요.
- 국내 연구계, 국방 산업체 및 학계에서는 관련 요소 기술들을 이미 확보하고 있으며, 이 기술을 이물질 자동탐지시스템에 맞게 수정 보완된다면 개발 기간 내에 충분히 개발 가능하다.

2. 요소기술 별 인프라 상세 분석

○ 광학카메라 및 영상처리기술 인프라 분석

- 고해상도 광학 카메라는 이미 국산화된 제품이 많이 있고, 최근 저조도 카메라도 국내에서 개발 완료하여 판매 중에 있음.
- 방산 업체에서는 영상보안(CCTV), 출입 통제, SI 솔루션의 광학 및 영상처리 인프라를 가지고 있음.
- 방산 업체의 영상처리기술 보유 현황으로는 안개, 황사, 스모그 등의 환경에서도 시야확보가 가능한 ‘안개보정(Defog)’ 및 어두운 밤과 같은 저조도 상황에서도 FULL HD급 영상 감시가 가능한 ‘SSLE 저조도 기술’, 건물의 진동이나 바람 등의 영향으로 카메라의 흔들림이 발생할 경우 영상을 보정하는 기능인 ‘인핸스드(Enhanced) DIS’, 화면 속 특정 영역들을 각기 다른 크기나 용량으로 분할 저장 및 전송할 수 있는 ‘멀티 크롭(Crop) 스트리밍’, 영상 노이즈 저감 기술인 ‘SSNR III 노이즈 제거 기술’ 등을 보유하고 있음.
- 영상처리기술은 대기업 보다 국내 중소 벤처 기업에서 다양한 목적으로 개발되어 실제 사용 중에 있음.
- 최근 개발이 완료되어 공항에서 운용중인 조류퇴치시스템의 경우 1km 떨어진 곳에서 30cm 크기의 이동 조류를 motion detection 및 stop-share 알고리즘을 사용하여 자동 탐지할 수 있도록 개발한 사례가 있음.
- 보안 및 국방업체에서는 열영상 및 컬러카메라를 활용하여 침입자 탐지용 영상처리 알고리즘을 개발하여 현장에서 운용하고 있음.

- 기타 벤처 기업에서는 back-ground 데이터와 현재 취득한 영상과의 차이를 분석하여 포장면 등 균일도를 검사하는 장비로 활용하고 있음.
- 따라서, 광학카메라 및 영상처리 소프트웨어 기술은 국내 산업체에서 이미 확보하였다고 판단됨.

○ 열영상 카메라 및 영상처리기술 인프라 분석

- 2009년도에 ETRI(한국전자통신연구원)는 국내 최초로 적외선 영상전문업체인 아이쓰리시스템사와 공동으로 야간이나 암실에서도 1km까지 선명한 영상을 제공할 수 있는 ‘비냉각형 QVGA 급 적외선 영상 카메라용 핵심 칩’을 개발.
- 국내 열영상 카메라 및 영상처리기술을 보유하고 있는 업체로는 삼성탈레스, 이오시스템, Watchcam, 지브이에스, 케이씨아이 등이 있음.
- 2013년도에 삼성탈레스는 영국탈레스와 열상, 주간망원경, 레이저 거리측정기, GPS, 자북측정기로 구성된 휴대용 관측 장비인 다기능 관측경의 수출 계약을 체결.
- 2013년, 과학기술위성 3호는 국내 최초로 근적외선 카메라를 탑재, 우리 은하와 지구를 관측할 수 있는 소형 위성으로 미래창조과학부가 사업을 주관하고 한국항공우주연구원이 총괄을 맡았으며, 한국천문연구원, 인공위성연구센터, 충남대, 우석대, 공주대 등이 협동기관으로 참여하고, 위성본체와 탑재체는 모두 국내기술로 개발.
- 이오시스템의 보유하고 있는 제품군으로는 열영상 카메라(THETIS), 소형 열상 조준경(MTWS), 열상 조준경(TWS-VM), 단안형 야간투시경(NMS), 기관총 주야 조준경(DNS), 야간전용조준경(NOAH), 저격용 소총 조준경(NAS), 휴대용 주야간 관측 장비(SMOD) 등이 있다. 또한 차량탑재 가능 제품들도 보유하고 있음.



<그림 26> 이오시스템 보유 열영상 카메라 관련 제품

○ 레이저관련 기술개발 인프라 분석

- Laser line projector 및 스캐너 하드웨어 기술은 국내에서 이미 확보되어 있음.
- 형상 인식, 두께 측정, 균일도 측정 등 다양한 분야에서 이미 사용하고 있으며, 이 기술을 활용하면 고속 이동체에서의 이물질 탐지기술은 충분히 개발 가능.
- 최근 골프장 그린의 높낮이를 측정하여 사용자에게 영상 및 기울기를 제시해주는 시스템을 벤처 기업에서 개발한 사례가 있음.
- 2011년, 이오시스템이 빌딩·교량·문화재 등의 3D 공간정보를 획득, 구조물 변화에 따른 원형 복원과 안전진단을 할 수 있는 3차원 레이저 스캐너 장비를 개발 처음으로 국산화했으며, 지능형 국토정보기술혁신사업단 과제 중 하나로 개발된 이 시스템은 50m 기준 오차범위가 3mm 이내의 성능을 가짐.
- 따라서, 레이저 스캐너 하드웨어기술은 충분히 확보되어 있으며, 영상처리 알고리즘 개발도 국내 벤처 업계에서 이미 확보하고 있음.

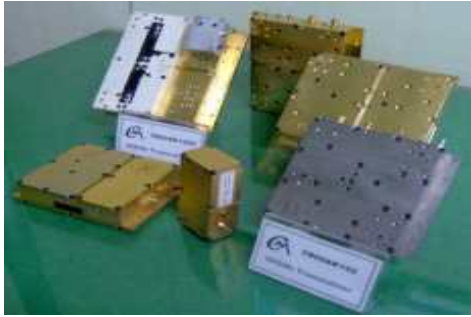
○ 레이더관련 기술개발 인프라 분석

- 국내 밀리미터파 대역 레이더시스템에 적용하기 위한 송수신 부품에 대한 연구개발은 2000년 이후부터 현재까지 70~90GHz 대역에 적용이 가능한 MMIC 칩 개발에 많은 연구가 이루어졌음.
- 2000년에 40GHz 대역에서 사용 가능한 1W급 출력의 전력 증폭기와 잡음지수 3.5dB인 저잡음 증폭기 개발을 완료하였으며, 2001년에는 60GHz 대역에서 4.0dB 잡음지수를 갖는 저잡음 증폭기 MMIC와 25dBm 출력을 갖는 전력 증폭기 MMIC가 개발이 완료됨.

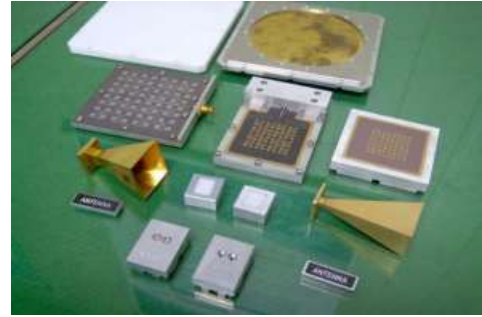
- 2006년도. 동국대 밀리미터파 신기술 연구센터에서 세계최고 수준의 50nm급 고전자이동도 트랜지스터를 개발하여 이를 이용하여 60GHz 무선통신용 MMIC 및 100GHz 무선통신용 MMIC를 개발.
- 위의 연구 성과를 바탕으로 60GHz대역에서 활용이 가능한 무선 송수신 시스템 개발에 성공. MINT 기술은 세계 유수의 밀리미터파 연구단체와 견줄 수 있는 능력을 가짐.
- 2009년도 및 2010년도에는 70/80/90GHz에서 동작하는 전력 증폭기, 주파수 혼합기, 주파수 상·하향 변환기 MMIC 개발이 완료됨.
- 2009년도에 동국대 밀리미터파 신기술 연구센터 및 한화에서 공동연구를 통해 밀리미터파 대역용 FMCW 레이더 수신기 MMIC를 국내최초로 개발. 3.3mm x 2.5mm의 크기로 저잡음 증폭기와 주파수 혼합기를 하나의 칩에 집적화.
- 2010년도에 70/80GHz 대역에 상용 용도로 주파수를 분배하고 기술기준을 마련.
- 70/80/90GHz 대역 MMIC 칩 개발결과는 다음 표와 같고, 밀리미터 대역의 다양한 모듈들에 대한 국내 연구결과는 다음 그림과 같음.

<표 37> 70/80/90GHz 대역 MMIC 칩 개발결과 요약

구분	종류	이득(dB)	출력전력(dBm)
전력 증폭기	80GHz HPA	21	21
	70GHz HPA	12	21
구분	종류	이득(dB)	잡음지수(dB)
저잡음 증폭기	70/80GHz HPA	15	4.0
	90GHz LNA	20	4.5
구분	종류	이득(dB)	출력/잡음지수
주파수 변환기	80GHz 체배기	3	출력 13dBm
	80GHz 상향 변환기	8	출력 13dBm
	80GHz 하향 변환기	7	잡음지수 4.5dB
	90GHz 혼합기	-12	출력 -10dBm



(a) Transceiver



(b) Antenna



(c) Up-Down Converter



(d) Filter & Duplexer

<그림 27> 밀리미터파 대역용 송수신 모듈

○ 통합운용 프로그램 기술개발 인프라 분석

- 2013년, 현대모비스는 국내 최초로 100만 화소 이미지 센서를 적용한 차선, 램프, 차량 통합영상인식 전방 카메라 개발에 성공. 현대모비스가 개발한 100만 화소 통합영상인식 카메라는 기존에 전방 영상인식 카메라가 차선이탈경보(LDWS)를 구현 하던 것에서 한 단계 더 나아가, 차선유지지원(LKAS)과 전방 충돌경고(FCW) 시스템까지도 통합 제어 함.
- 국내 공항에 설치된 레이더 시설은 1차 감시레이더인 공항감시용 레이더(ASR)와 2차 레이더인 감시용 SSR가 컴퓨터(UNIVAC 8300)와 병설되어 자동 레이더 터미널 시스템 ARTS-III (automatic radar terminal system)을 구성. 이 시스템은 2종의 레이더로서 송수신되는 항공정보가 컴퓨터에 의하여 체계적으로 자동처리 되므로 항공관제를 정확하고 용이하게 하며, 항공기의 식별부호 및 방위·거리·속도·고도(高度)가 자동적으로 문자화되어 스크프에 표시되는 최신의 통합관리 시스템 장비임.
- 2013년, 김포국제공항에 항공기는 물론 각종 지원차량 까지 실시간으로 통제할 수 있는 첨단 항공관제 시스템이 도입. 공항 내 설치된 지상 감시 레이더와 연계 해 비행장내 모든 항공기, 이동차량 등을 실시간으로 통합 관리. 항공 교통량과 공항 내 차량 등의 이동 상황을 실시간으로 감시해 지상 교통 흐름과 충돌 상황 등을 방지.

- 국방 무기체계 지휘통제시스템에서는 각 부체계에서 취득한 정보를 통합 감시하고, 이를 활용하여 타격 여부를 결정하는 통합 운용 프로그램 개발 사례가 많이 있음.
- 원자력발전소 등 대형시스템에서도 각 시스템에서 취득한 정보를 제어실에 표시하고, 운전원들이 이를 보고 적절한 조치를 취하는 통합 운용 정보처리 및 제어기술이 사용되고 있음.
- 교통관제시스템의 경우 도로에 설치된 카메라를 통해 교통량을 종합관리하고 필요한 조치를 취하도록 개발되어 있음.
- 따라서, 시스템 통합 업체 및 국방산업체, 국책연구기관에서는 통합 운용 프로그램 개발 및 관리체계 기술을 이미 확보하였기 때문에 이 기술을 활용할 경우 이물질 탐지장치와 공항운영시스템간의 연계가 충분히 가능.

○ 통신망기술

- 이물질 탐지시스템에서 무선통신을 적용할 경우 활주로내 LOS 4km 이상 무선 통신기술은 산업체에서 국방무기시스템 적용을 위해 이미 확보되어 있고, 여기에는 무선통신에 필요한 모든 장비(영상압축, 전송, 안테나 등)가 포함됨. 다만, 영상처리속도와 처리용량에 따라 새롭게 개발되어야 할 부분이 있지만 요소기술은 이미 확보된 상태임.
- 활주로 이물질 탐지시스템에서 유선통신을 사용할 경우 광통신을 적용해야 하며, 이 기술은 이미 확보되어 있음.

○ 운용플랫폼 기술개발 인프라 분석

- LIG넥스원은 공항활주로 등에서 새를 쫓는 데 사용되는 조류퇴치로봇을 세계 최초로 개발한 경험이 있음.
- 조류퇴치로봇은 반자율 이동플랫폼을 사용하며, 목표지점까지 경로를 정해주면 장애물을 회피하면서 목적지 까지 이동하는 반자율 기능을 가지고 있음. 장애물 인식을 위해 레이저 스캐너를 사용하며, DGPS를 사용하여 1m 내 위치오차를 가짐.



<그림 28> 조류퇴치 로봇

3. 국내 연구개발 인프라 분석 시사점

- 이물질 자동탐지시스템 국내 개발을 위해 필요한 요소기술 즉, 탐지기술, 통합운용기술, 융합데이터 처리기술, 통신망기술 등을 분석한 결과 국내 산업체, 학계, 연구기관 등에서 이미 개발한 사례가 있기 때문에 충분히 개발가능하리라 판단됨.
- 다만, 레이더 기술에 대해서는 무기시스템용 대형 비행체 탐지 기술에 대한 개발 및 제작경험은 많지만, 활주로 상에 위치한 소형 물체에 대한 탐지 기술에 대해서는 개발 경험이 없기 때문에 그 가능성을 면밀히 점검할 필요가 있음. 특히 해상도, 오경보율, 가격 대비 성능 등에 대해서는 분석이 필요함.
- 이물질 탐지시스템과 공항운용시스템간의 연계를 위해서는 개발 초기부터 협력 개발이 요구됨.
- 이물질 자동탐지시스템을 국내 기술로 개발하기 위해서는 탐지기술, 통합운용기술, 융합데이터 처리기술, 통신망기술, 시험 및 인증기술이 필요함.

7절. 종합 분석

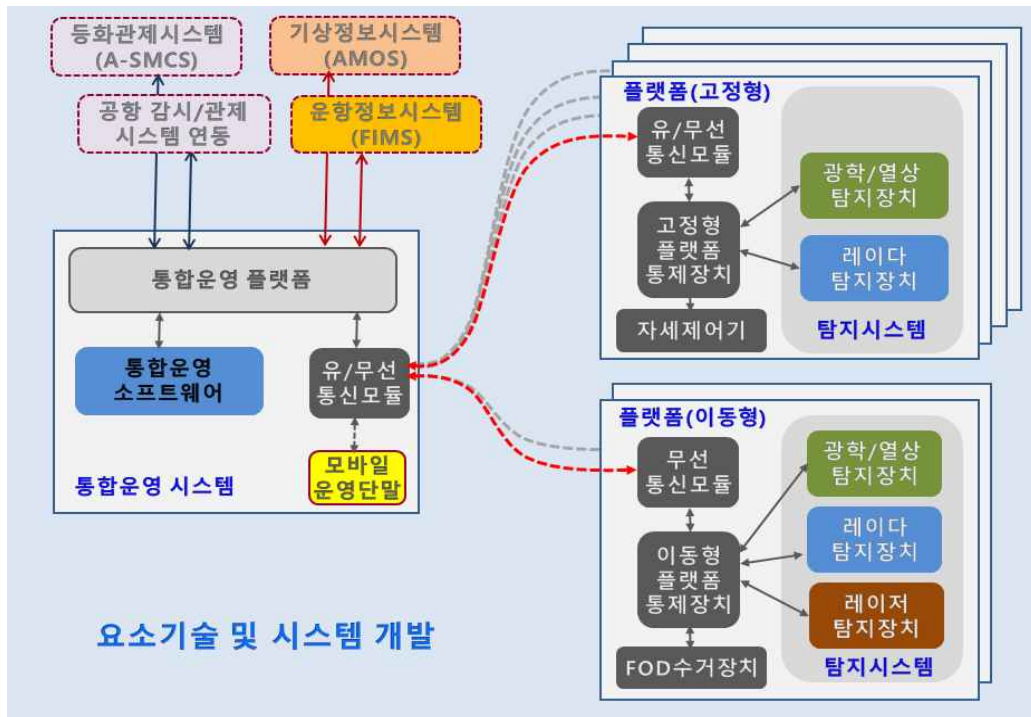
- 활주로 내 이물질 자동탐지 시스템은 국내외 정책, 시장 동향으로 볼 때 반드시 도입이 필요한 시스템임.
 - 수입 시 과도한 도입 비용 및 유지보수 비용이 발생할 수 있음.
 - 눈, 비, 안개 상황이 잦은 국내 환경에 적합한 해외 제품 부재.
 - 다양한 상황에 최적화된 국산 제품을 개발할 경우, 국내 민·군 활주로의 수요만으로도 국산화를 위한 투자비용 회수가 가능하며 소요처인 민간공항과 공군이 개발에 적극적인 소요를 제기하고 있으므로 개발 성공과 상용화 가능성이 높음.
 - 또한 국내의 기상환경은 해외 공항에 비하여 열악하기 때문에 국내 환경에 적합한 시스템을 개발할 경우 해외 시장으로 진출 시 다른 제품들에 비하여 경쟁력을 확보할 수 있음.
- 국내의 기술 수준과 인프라를 분석한 결과, 개발 성공을 위한 요소별 기술력이 이미 확보되어 있어 개발 성공이 충분히 가능할 것으로 판단되며, 향후 다양한 응용이 가능할 것으로 판단됨.

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 이물질 탐지장치 개발 비전

- 기상조건 및 시간조건에 관계없이 전천후 운영이 가능한 한국형 공항 및 활주로 이물질 자동탐지시스템 개발함.
 - 외국사의 기술 서비스 미협력에도 시스템의 안정적인 운영과 유지관리가 가능한 핵심 기술을 영속적으로 유지할 수 있도록 소프트웨어와 하드웨어의 핵심 기술을 개발하여 국내 공항 및 해외 공항 개발에 적용.
 - 기술 개발 시 최첨단 기술 IT 기술을 적용하며, 저탄소 녹색성장을 위한 효율적인 시스템으로 개발할 수 있도록 철저한 기술 검토와 계획 하에 핵심적인 기술을 개발.
- 민간공항 및 군 활주로에 모두 적용 가능하도록 복합 센서 활용 이물질 자동탐지시스템 개발.
 - 민간공항과 군 활주로의 요구 성능 및 운영방식은 서로 다르기 때문에 레이더, 광학, 레이저 탐지시스템을 모두 개발하여 민간공항, 공군 활주로, 민·군 겸용공항에 따라 이들 시스템을 서로 혼용하여 사용할 수 있도록 함.
 - 이를 위해 설계단계에서부터 시스템 혼용에 따른 연동 문제, 공항시스템과의 연계문제, 유지보수 문제를 모두 고려하고, 운용 편리성을 고려하여 개발.
- 수요처 시범운용을 통해 상용화 추진
 - 민간공항, 공군 활주로, 민·군 겸용공항에 테스트베드를 구축하고, 시범운용과 수요처 평가를 수행하여 상용화에 진입하도록 추진.
 - 상용화 및 해외 수출 대비 FAA 국제인증시험, 신뢰성 시험, 공항 안전성 시험 등 수행.
 - 공군과 미군 협동을 통한 제품개발 진행.



<그림 29> 이물질 탐지시스템 비전

2. 최종 개발 목표



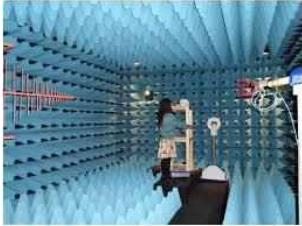
2.1. 자동탐지시스템 최종개발 목표

- 복합 센서기술을 활용한 민간공항 및 군용 활주로내 이물질 자동탐지시스템 개발
 - Radar, Laser, 컬러 및 열영상(IR 카메라)를 활용한 이물질 자동탐지 장치 개발
 - HMI환경 구현 및 탐지·판별 및 오경보율 저감을 위한 S/W알고리즘 개발
 - 고정형·이동형 시스템별 특성을 반영한 시스템 구현
- 시스템 시범구축사업을 통한 기술성과 검증 및 상용기술 보급
 - 국제인증을 포함한 상용화를 위한 인증 및 테스트베드 구축
 - 수요처 시범운용을 통한 상용화 추진

2.2. 자동탐지시스템의 개발품 구성 및 기능

<표 38> 장비구성 및 형상

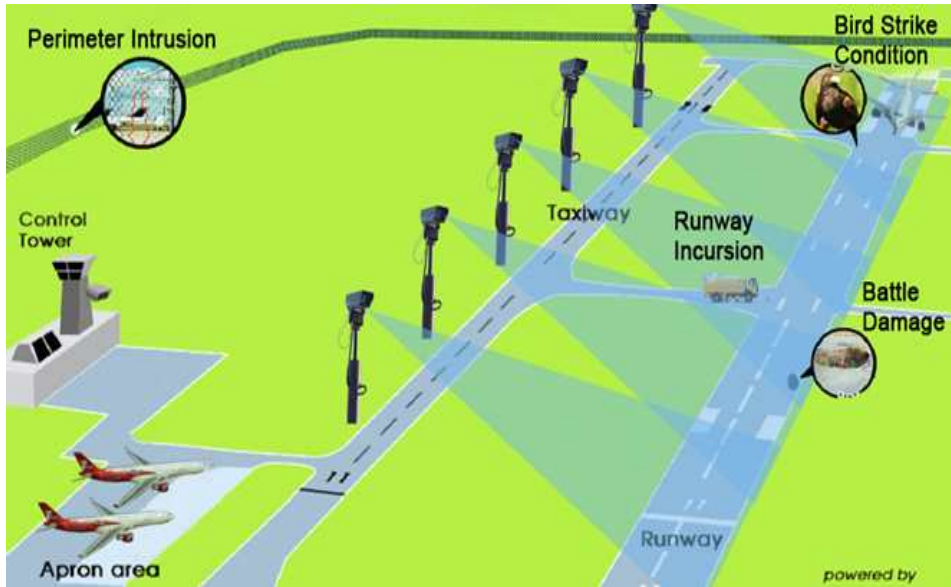
구성품	구성 장비	기능	형상
이물질 탐지장치	레이다 탐지장비	<ul style="list-style-type: none"> - 400m 이내 RCS -30dBsqm 이하 ($2\text{Cm} \times 2\text{Cm}$ 이상) 크기의 RCS를 갖는 FOD 탐지 - 위치오차 1m 이내 - 4계절, 주·야간 사용 - 전천 후 탐지장비 - 공항·관제 시스템 연계 	
	열영상(IR)·컬러카메라 탐지장비	<ul style="list-style-type: none"> - 400m 이내 ($2\text{Cm} \times 2\text{Cm}$ 이상) 크기의 이물질 탐지 - 위치오차 1m 이내 - 야간·주간에 사용 - 탐지물체 촬영 및 저장 - 공항·관제 시스템 연계 	
	레이저 스캐너	<ul style="list-style-type: none"> - 이동식 탐지 장비 - 100km/h 고속에서 2mm 이상 이물질 탐지 - 위치오차 1m 이내 - 활주로 노면 파손상태 탐지가능 - 제한적 사용 (맑은 날) - 공항·관제 시스템 연계 	
운용플랫폼	이동 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더 방식 탐지기 장착 가능 - 광학 방식 탐지기 장착 가능 - 레이저 방식 탐지기 장착 가능 - 공항·관제 시스템 연계 - 측정결과 실시간 송수신 시스템 - 최대 100km/h 이상 - 진공·전자석 수거장비 장착 가능 	
	고정 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더 방식 탐지기 장착 가능 - 광학 방식 탐지기 장착 가능 - 초당 30도 회전, 안정적 Pan·tilt - 무선 안테나 장착 가능 	
시스템 & 운영시스템	통합시스템장치	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더, 레이저, 광학 시스템 통합운용 	

	(통제기)	<ul style="list-style-type: none"> - 공항·관제시스템 연동 - 레이더, 레이저, 광학 시스템 간 통신 - 고장 감시 	
	통합운영 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더, 레이저, 광학 시스템 통합 영상처리 - 이물질 자동탐지 & 보고 기능 - 지형·공항시설 정보 적용 처리 - 탐지영상 저장 및 이력관리 	
	시험·평가	<ul style="list-style-type: none"> - 이물질 탐지장치 제작품 통합시험 - 이물질 탐지장치 제작품 현장시험 - 국제공인·신뢰성·공항안전성 시험 - 시범운용 및 평가 	

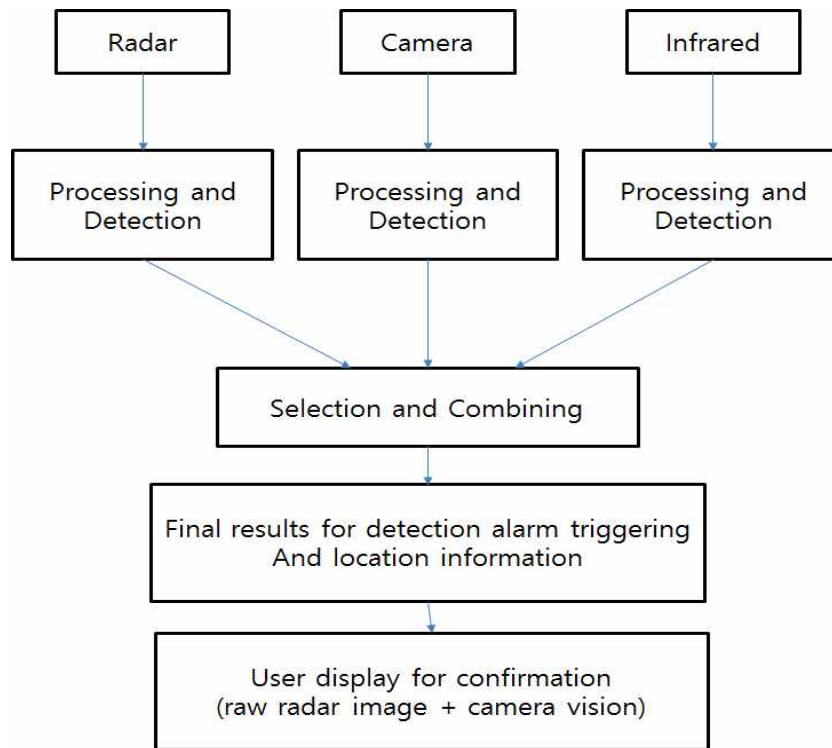
2.3. 자동탐지시스템 운용방식 별 개발 목표

○ 고정형 탐지시스템 운용 개념

- 구성기술 : 레이다, 광학카메라, 고정 플랫폼, 통합운영 기술
- 설치장소 : 활주로 중심으로부터 150m 이상 떨어진 곳
- 설치방식 : 항공기 운항에 지장을 주지 않는 형태(Annex 14 만족)
- 탐지각도/거리 : 120도 이상/ 400m 이상
- 활주로 당 설치 개수 : 10개 이하
- 탐지장치 설치 높이 : 7 m 이하
- 운용방식:
 - 24시간, 365일 무중단 상시운용 지원
 - 각 고정식 탐지장치는 120도 각도로 스캔하면서 활주로 내에 이물질을 탐지
 - 활주로를 운행하는 항공기의 운항에 지장 또는 위해를 주지 않는 설치·시공
 - 각 고정식 탐지장치에서 레이다, 광학·열상카메라 등으로 스캔한 자료는 유선 또는 무선통신 방식으로 통합운영시스템에 전송
 - 통합운영시스템에서는 각 고정식 탐지장치로부터 수집된 활주로 탐지정보를 처리하여 이물질 존재 여부를 판독하고, 이물질이 확인되면 관리자에게 경보를 발생(활주로 상의 발생위치, 발생현황 자료 및 영상)
 - 통합운영시스템 운용자(활주로 관리자)는 표시된 경보를 상세확인하기 위하여 광학/열상카메라를 이용하여 추가 확인
 - 발생경보를 확인하여 이물질로 최종 판단되면 활주로 운영자에게 수거 요청
 - 이물질의 종류, 크기, 발생장소, 발생시간 등을 포함한 통계자료를 자동 생성
 - 활주로 추가에 따른 통합운영시스템 재구축이 없도록 확장 가능하도록 구성
 - 활주로 감시현황 및 결과를 모바일(전용 모바일 단말, 스마트 폰 등)로 서비스 할 수 있는 기능 지원



<그림 30> 고정식 이물질 탐지장치 설치 개념도



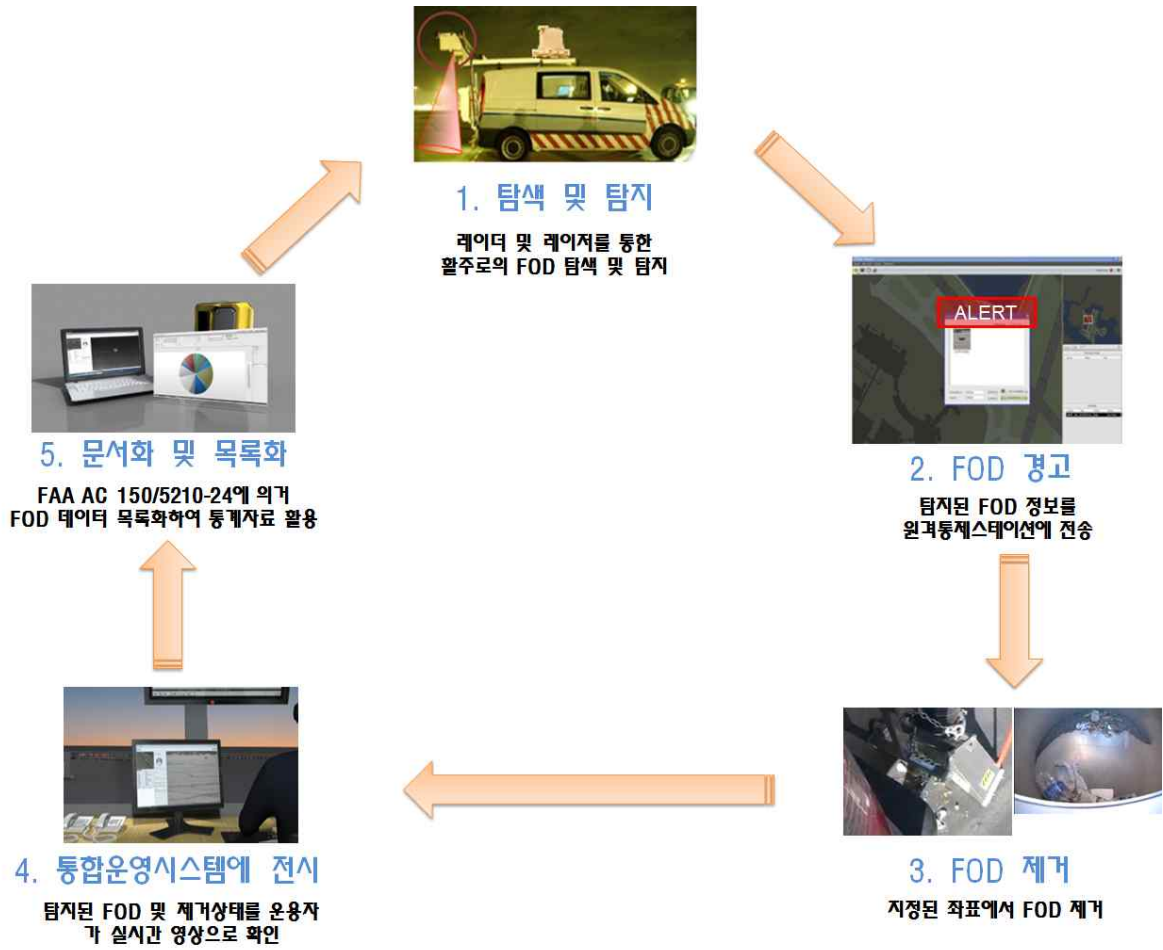
<그림 31> 레이더·카메라·레이저 센서를 복합적으로 이용한 자동 탐지 개념도



<그림 32> 고정식플랫폼 안전설치의 예

○ 이동형 탐지시스템 운용 개념

- 구성기술: 레이더, 레이저, 이동 플랫폼, 통합운영 기술, 이물질 수거기능
- 설치방식 : 차량탑재방식으로 설치
- 탐지각도/거리 :
 - 레이더 탐지영역 : 전방 100m 이상, 폭 70m 이상
 - 광학/열상 탐지영역 : 전방 100m 이상, 폭 70m 이상
 - 레이저 탐지거리 : 폭 20m 이상
- 탐지가능 이동속도 : 최소 60 Km이상
- 운용방식:
 - 활주로 비어 있는 시간에 이동플랫폼으로 활주로를 이동하면서 이물질을 탐지, 확인, 수거
 - 레이더 탐지장치는 120도 각도로 활주로를 스캔하면서 레이더로 이물질 탐지
 - 3D 레이저 탐지장치는 활주로 표면을 레이저로 수직스캔하면서 이물질을 탐지
 - 레이더 및 레이저에서 스캔한 스캔자료는 차량내에 장치된 이동형 통제 및 전시장치를 통해 현장분석/표출 되고, 탐지결과는 무선통신을 통해 통합운영시스템으로 전송
 - 이물질로 최종 확인되면 수거장치로 이물질 수거
 - 통합운영시스템에서 이동형 플랫폼이 탐지한 결과를 활주로 운영자에게 표출 (경보발생, 발생위치정보/ 발생현황자료 표시 등)
 - 이물질의 종류, 크기, 발생장소, 발생시간 등을 포함한 통계자료를 자동 생성
 - 이동플랫폼 추가에 따른 통합운영시스템 재구축 없이 확장가능
 - 활주로 감시현황 및 결과를 모바일(전용 모바일 단말, 스마트 폰 등)로 서비스 할 수 있는 기능 지원
 - 활주로 이외의 영역(유도로, 계류장 등)에 발생하는 이물질 탐지기능 지원



<그림 33> 이물질 자동탐지 절차

2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

1. 핵심기술요소 및 TRL 목표

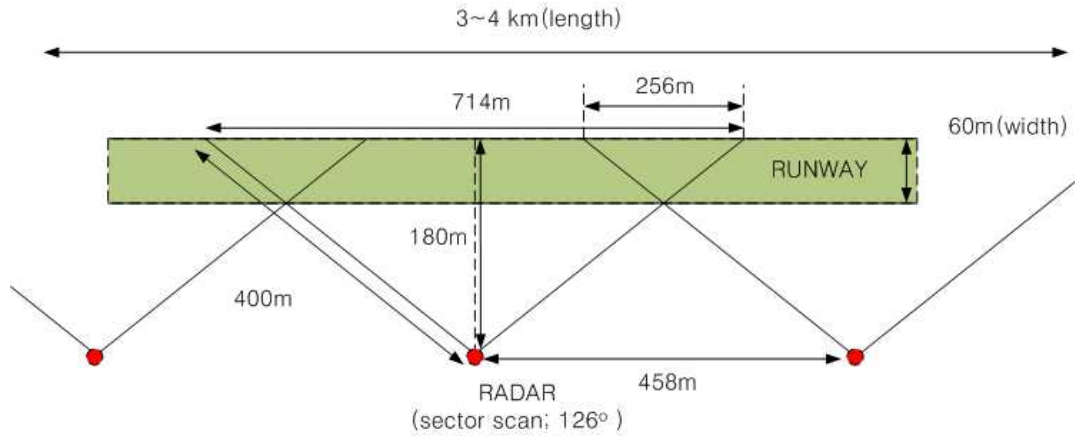
구성품		핵심기술요소	TRL										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Target	
통합시스템장치 (통제기)	전시화면의 인간공학적 설계기술						6					8	
	탐지장치 운전/제어기술						6					8	
	주변장치 고장진단 기술						6					8	
	공항 관제시스템 연동 기술						6					8	
	전체시스템 간 통신 기술						6					8	
시스템 & 운영시 스템	통합운영 소프트웨어	이물질 자동탐지 및 식별기술				4						7	
		2D·3D 지형데이터 처리/전시기술					5					7	
		고속·고효율 영상 압축·복원기술					5					7	
		이벤트 로그 및 임무 전시 기술						6				7	
		대용량 데이터 제어 및 관리기술						6				7	
		이물질 탐지·수거 결과 통계·보고서 자동 작성기술							6				7
	시험·평가	이물질 탐지장치 제작품 통합시험				4							7
		이물질 탐지장치 제작품 현장시험				4							7
		환경·신뢰성·공항안전성 시험							6				8
		이물질 탐지장치 제작품 운용시험							6				8

<표 39. 핵심기술 요소 별 TRL목표 >

구성품		핵심기술요소	TRL											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Target		
이물질 탐지장치	레이다 탐지장치	70~80GHz mmWave 회로제작 기술				4							7	
		송수신용 안테나 제작 기술				4								7
		이물질 탐지용 레이더 신호처리 기술					5							7
		레이더 통제장치 제작 기술					5							7
		이물질 자동탐지·알람 기술				4								8
		공항시스템·지도·GPS 연동기술					5							8
		저온·고온·방습·방수 하우징 기술						6						8
	레이저 탐지장치	고해상도 3차원 스캐너 제작기술						6						7
		고속 레이저 스캔 및 영상처리기술					5							7
		레이저 통제장치 제작 기술					5							7
		이물질 자동탐지·알람 기술					5							8
		공항시스템·지도·GPS 연동기술					5							8
		저온·고온·방습·방수 하우징 기술					5							8
	광학·열상 탐지장치	고해상도 광학카메라 제작·운영 기술						6						7
		고해상도 열영상 카메라 제작/운영 기술						6						7
		광학·열상 영상처리 기술						6						7
		이물질 자동탐지·알람 기술						6						8
		공항시스템·지도·GPS 연동기술						6						8
저온·고온·방습·방수 하우징 기술							6						8	
플랫폼	이동형 플랫폼	레이더 방식 탐지기 장착·운영 기술						6						7
		레이저 방식 탐지기 장착·운영 기술							6					7
		위치 및 자세 측정·보정 기술							6					7
		측정현황 실시간 전송·제어 기술							6					7
		공항·관제 시스템 연계·운영 기술							6					8
		이물질 수거장치 제작기술							6					8
		저온·고온·방습·방수 하우징 기술							6					8
	고정형 플랫폼	고정밀 pan·tilt 구동 제작기술							6					7
		광학·열상방식 탐지기 장착·운영 기술							6					7
		레이더 방식 탐지기 장착·운영 기술							6					7
		레이저 방식 탐지기 장착·운영 기술							6					7
		공항·관제 시스템 연계·운영 기술							6					8
		항행안전 적합운영 기술							6					8
		측정결과 실시간 송수신 기술							6					8

2. 핵심기술요소 설명

○ 고정형 레이더 탐지시스템의 운용개념 및 성능

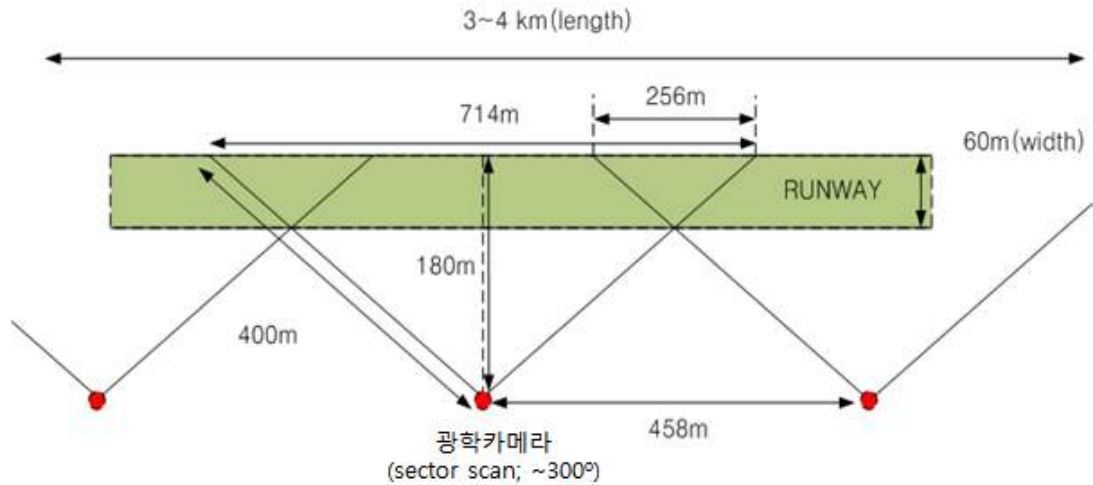


<그림 34> 고정형 이물질 탐지 레이더의 운용 개념도

- 활주로의 최대 거리는 4KM 이며, 넓이는 60m 로 가정.
- 활주로의 끝으로부터 180m 떨어진 지점에 고정형 레이더 및 광학카메라를 설치.
- 레이더의 스캔 각도는 126도로 운용.
- 126도 스캔 시 레이더 및 광학카메라의 최대 탐지 거리는 최소 400m 이상이며, 활주로를 기준으로 458m 간격으로 고정형 레이더 센서 설치가 가능.
- 9 개의 레이더 및 광학 센서로 최대 4.3km 활주로 전체 탐지 가능.
- 탐지 가능한 최소 RCS 는 -30dBsqm 이하($2\text{Cm} \times 2\text{Cm}$) 이어야함.
- 안테나 BEAM WIDTH는 AZIMUTH 0.2도 이하, ELEVATION 1.9도 이상이어야함.
- 레이더 설치 시 최소 가시거리 확보 및 최소 2m 의 높이로 설치하여야함.
- 레이더 음영지역(Blind Zone): $(\text{안테나 높이})/\tan(\text{고각빔폭}/2) \sim 120\text{m}$.
- 안테나 높이에 따른 가시(LOS) 거리: $\sim 5.1\text{km}$ (장애물 없는 평탄한 지역 가정)
- Blind Zone 및 LOS 거리 계산은 운용 개념도 참조.

- 거리 해상도: 최소 2GHz 대역폭 확보. (7.5 cm resolution)
- 방위각 해상도(cross range resolution): 0.2도 이하 (~1m at 300m range)
- SCR(signal-to-clutter ratio)에 탐지 성능 좌우됨.
- 고해상도 셀 구현으로 높은 SCR 유지.

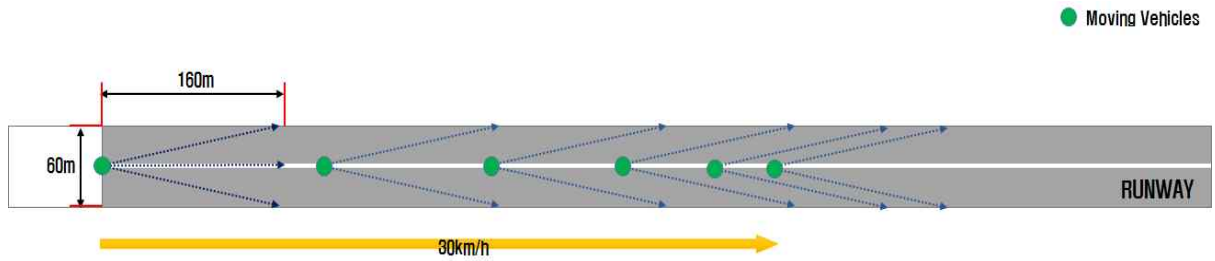
○ 고정형 광학카메라 탐지시스템 운용개념 및 성능



<그림 35> 고정형 광학카메라 운용 개념

- 활주로의 최대 거리는 4KM 이며, 넓이는 60m 로 가정.
- 활주로의 끝으로부터 180m 떨어진 지점에 고정용 광학카메라를 설치함.
- 레이더의 SCAN 각도는 ~300도 이내로 운용.
- 120도 스캔 시 카메라의 최대 탐지 거리는 최소 400m 이상이며, 활주로를 기준으로 458m 간격으로 고정형 광학 센서 설치가 가능.
- 9 개의 광학 센서로 최대 4.3km 활주로 전체 탐지 가능.
- 탐지 가능한 이물질 크기는 2Cm X 2Cm 이어야함.
- 레이더 설치 시 최소 가시거리 확보 및 최소 5m 의 높이로 설치하여야함.
- 안테나 높이에 따른 가시(LOS) 거리: ~ 7km (장애물 없는 평탄한 지역 가정).
- 광학카메라 해상도 : 1920 X 1280 (Full HD 급)
- 광학카메라 종류 : 야간 촬영이 가능한 저조도 카메라 또는 적외선 광 카메라.
- 오탐지 확률 감소를 위해 학습알고리즘 구현.

○ 이동형 레이더 탐지시스템의 운용개념 및 성능



<그림 36> 이동형 이물질 탐지 레이더의 운용 개념

- 활주로의 크기는 고정용과 동일하다고 가정.
- 이동용 차량은 활주로를 최소 60km/h 의 속도로 활주로를 이동하면서 탐지.
- 이때 최대 탐지거리는 160m 임.
- 최소 RCS 는 -30dBsqm ($2\text{Cm} \times 2\text{Cm}$) 이어야함.
- 레이더의 스캔 각도는 22도로 운용.
- 안테나 BEAM WIDTH는 AZIMUTH 0.2도 이하, ELEVATION 15도 이상이어야함.
- Blind zone: $\sim 15\text{m}$
- Cross range resolution: $\sim 56\text{cm}$ at 160m

○ 이동형 3D 레이저 탐지시스템 운용개념 및 성능



<그림 37> 이동형 3D 레이저 운용 개념

- 활주로의 최대 거리는 4KM 이며, 넓이는 60m 로 가정.
- 이동 플랫폼 뒤쪽에 3개의 laser line projector와 high speed camera를 설치하고, 이동하면서 활주로 노면 스캐닝.
- 한번 이동에 따라 최대 20m 탐지, 활주로 폭이 60m 이므로 3회~4회 이동으로 전체 활주로 스캐닝.
- DGPS 연동에 의해 탐지된 이물질 위치 정보 제공.
- 이물질 높이와 면적, 이물질 형상 정보 제공.
- 최대 100km 속도에서 최소 2mm 이물질 탐지.
- 이동형 차량 1대로 15분 이내 활주로 전체 스캐닝 및 영상처리 완료.
- 이물질 위치 정보를 사용하여 운용자가 수거 또는 이동 차량에 수거장치 부착하여 자동 수거.
- 오탐지 확률 감소를 위해 학습알고리즘 구현.

3절. 연구개발과제 구성

1. 기술수요 조사

- 국내 민간 공항 및 군 기지 방문을 통해 기술수요 조사 실시.
 - 인천·김포공항, 서산·청주비행장을 대상으로 이물질 발생 빈도 및 현황, 활주로 내 이물질 자동탐지시스템에 대한 요구조건과 환경 등의 수요조사를 수행.
- 민간공항과 공군의 시스템 요구성능은 대체로 일치하였음.
 - 국내 공항의 경우, 우천 및 안개등으로 인한 저시정 상황이 잦아 전천후 센서인 레이더를 이용해야 하는 것으로 파악됨.
 - 특히 공군의 경우 아주 작은 전투기 나사까지 문제가 될 수 있기 때문에 5mm 정도의 비금속 물질을 탐지해야 하기 위한 광학카메라 센서가 필요한 것으로 파악됨.
 - 따라서 고해상도 레이더와 광학·열상 카메라를 같이 운용하여 각각 독립적으로 동작하며 상호 단점을 보완하는 형태를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단.
- 운용방식에 대해서는 민간공항과 공군의 요구조건이 상이하였음.
 - 민간공항은 24시간 비행이 이루어지기 때문에 실시간 감시가 필요하나, 공군의 경우 비행 훈련이 시작되기 전 활주로 상태를 점검하는 정도로 충분한 것으로 나타남.
 - 특히 고정형의 경우 군의 정책적인 이유 및 건설시 파손의 위험성을 이유로 고정형 보다는 이동형 탐지시스템을 선호함.
 - 또한 전력지원체계에 포함되지 않기 때문에 예산상의 어려움으로 인하여 이동형을 선호함.
 - 반면에 민간 공항은 상시 감시를 위한 고정형 이물질 탐지시스템을 선호함.
- 이동형 이물질 탐지시스템의 경우 민간공항에서도 계류장 및 유도로 등에 사용이 가능할 것으로 판단됨.
- 현재 상용 제품을 설치한 해외 공항의 벤치마킹을 통해 야간 운용 방식을 조사한

결과 저조도 광학카메라의 우수성을 확인할 수 있었으며 카메라만을 이용하는 Stratech사 역시 전천후 상황을 고려하여 레이더의 도입을 추진하고 있는 것으로 파악됨.

- 수요조사 결과 이물질을 탐지하기 위한 센서로써, 고정형은 광학카메라와 레이더를 이용하며 이동형의 경우 레이더와 레이저 센서를 혼용하는 방식이 대두됨.
- 또한 국내에는 아직 활주로나 이물질 탐지 시스템에 대한 표준 및 인증절차가 없기 때문에 본 과제 시 시험, 평가, 인증에 대한 대안을 마련해야 할 것으로 사료됨.
- 수요조사를 통해 다음과 같은 수요기술이 도출됨.

<표 40> 수요기술 조사결과

분류	수요기술
체계개발 및 과제 관리	시스템 통합 및 운용기술
	시험·평가·인증기술
탐지장치 요소기술개발	광학·열상 카메라방식 이물질 탐지기술
	레이더 방식 이물질 탐지기술
	레이저 방식 이물질 탐지기술
플랫폼 개발	고정·이동형 플랫폼 기술
융합데이터 처리시스템 S/W 개발	통합운영 소프트웨어 기술

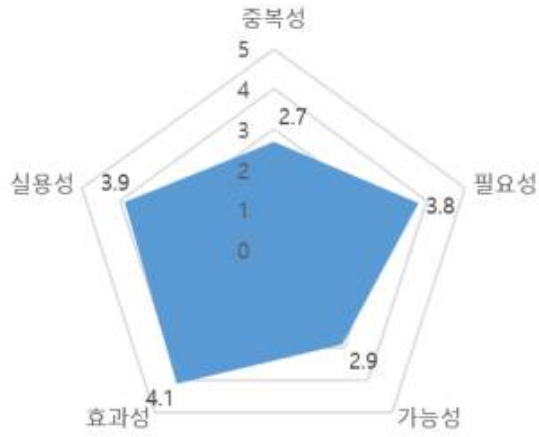
2. 수요기술 별 평가

- 조사된 과제는 전문가 평가를 통해 검증하고 분석하여 적절한 과제를 도출.
- 과제 중복성, 수요성, 필요성, 성공가능성, 실용성, 적합성에 대한 분석과 전문가 의견을 종합하여 최종 5개 과제로 조정.

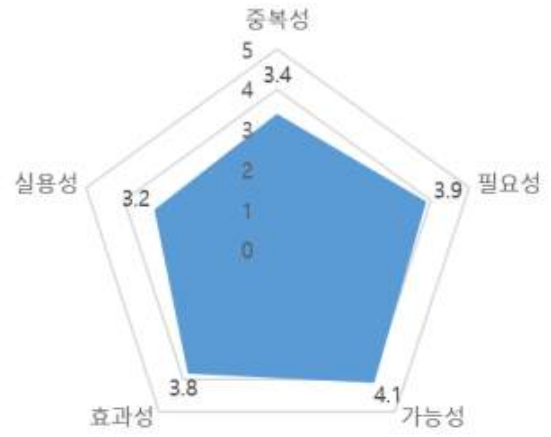
<표 41> 수요기술 별 평가항목

분석항목	분석내용
과제의 중복성	다른 기술 개발 분야에서 적용된 기술이거나 BHS와 기술연계가 낮은가 판단. 국내 분야 R&D 기술과의 중복성을 포함함
과제의 필요성	기술 개발 후 국내 적용이 가능한 기술인가 판단하며, BHS 국산화 개발에 필요한 항목인지 기술적 판단
과제의 성공가능성	기술적 성공이 가능한지, 현재 국내 기술로 필요한 시간 내에 개발이 가능한지 기술적 판단
과제의 효과성	기술개발 후 경제적 파급효과가 있는지, 기술의 개발 효과에 따른 다른 분야의 경제적 효과 판단
과제의 실용성	국내외 적절한 수요가 있어 기술개발 후 활용이 가능한지 경제적 판단

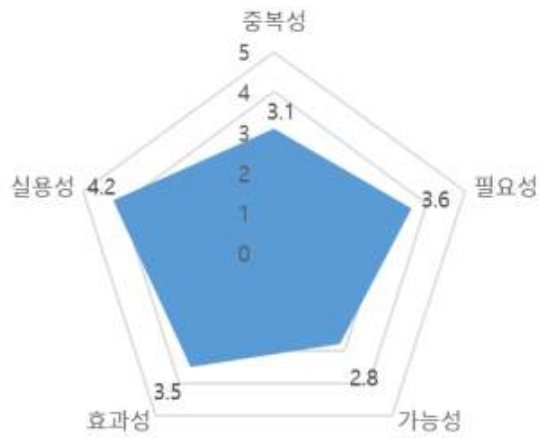
- 평가요소들의 기준을 동일하게 할 경우 과제의 우선순위를 알 수 없으므로 평가 요소에 대한 가중치를 산출한 후 과제별로 평가. 이를 위해서 평가요소의 가중치를 구하기 위해 AHP를 활용.
 - AHP는 의사결정의 계층구조를 구성하고 요소간의 쌍대비교에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정방법론임.
 - AHP에서 의사결정을 위해 AHP 계층구조를 설정한 후, 2번째 단계에서 각 계층에 있는 한 기준의 관점에서 직계 하위계층에 있는 기준들의 상대적 중요도를 평가하기 위해서 평가 대상기준 간에 쌍대비교를 행하고, 그 결과를 행렬로 나타내는 과정임.
 - 의사결정 문제를 상호관련 된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층을 설정. 의사결정 요소들 간의 쌍대비교를 통하여 가중치를 구할 수 있음.



시스템 통합 및 운용기술



통합운영 소프트웨어 기술

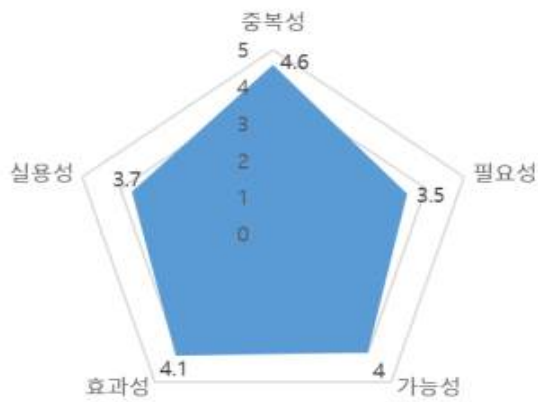


플랫폼 기술

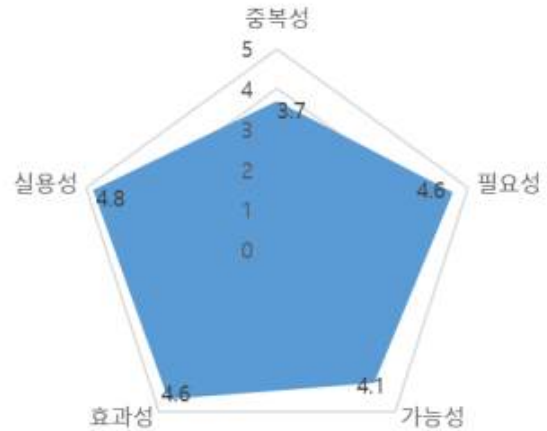


이물질 탐지 광학/열상 카메라 기술

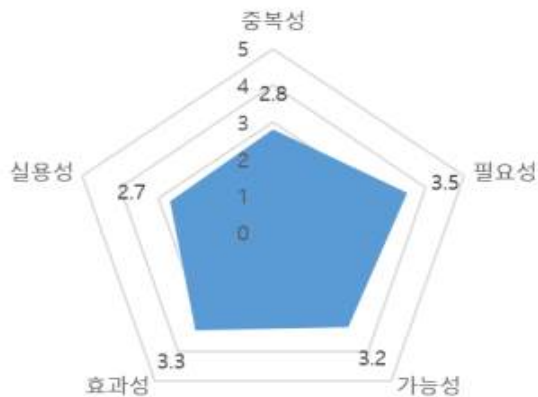
<그림 38> 과제별 평가요소 분석1



이물질 탐지 레이더 기술



이물질 탐지 레이저 기술



시험/평가/인증 개발 기술

<그림 39> 과제별 평가요소 분석2

- 과제 평가요소의 가중치와 과제의 우선순위는 각 항목에 대하여 우선순위를 결정하는 것은 영향을 주는 관련 요소에 대하여 평가를 하고, 각 영향요인의 가중치를 통하여 우선순위를 결정.
- 이는 기술개발 항목의 직접적인 조사에서 도출되는 개별 편이를 없애기 위한 것이며, 특정 기술항목에 대한 주관적 판단을 배제할 수 있음.
- 기술개발 항목은 서로 상반된 기준과 불완전한 정보 및 제한된 자원에서 최적의 대안을 선택하는 문제에서 적용하는 것임. 즉 기술선호에 대한 다 기준 평가에서 다수 대안의 우선순위를 정하기 위한 것임.
- 이물질 자동탐지기술 개발 요소와 관련한 전문가들을 대상으로 주요 평가 대상이 되는 대안들의 점수를 나타내어 이를 통하여 대안의 우선순위를 결정할 수 있음.

3. 수요기술 별 평가결과

- 우선순위 결정 AHP 분석결과 다음과 같이 도출되었음. 기술개발 평가 1계층 항목에서는 경제적 요소가 67%로 기술적 요소에 비해 높게 나타났음. 기술개발 분야에서 중요한 요소는 경제성이 있는가에 대한 판단요소가 기술력가능 수준인가 보다 더 높게 나타남.

<표 42> 이물질 탐지시스템 기술개발 평가 요소 가중치 결과

Level 1	Level 2	장비개발	시스템 개발	S/W 개발	총합계
경제적 요소 (0.667)	실용성 (0.500)	0.255	0.097	0.223	0.575
	효과성 (0.167)	0.027	0.034	0.085	0.146
기술적 요소 (0.333)	기술중복성 (0.054)	0.005	0.011	0.028	0.044
	기술필요성 (0.180)	0.092	0.024	0.038	0.154
	성공가능성 (0.099)	0.01	0.022	0.05	0.082
총합계		0.389	0.188	0.424	1.000

주 : 적합성(CR=0.03)

- 2계층의 경제적 요소 중에서 가장 높은 것은 실용성으로 나타났으며, 기술적 요소 중에서는 기술의 필요성으로 나타났음. 위와 같은 평가요소의 가중치와 평가요소 분석결과를 계산하면 다음과 같은 과제별 우선순위가 도출됨.

<표 43> 과제별 우선순위

기술 분야	중복성	필요성	성공 가능성	실용성	효과성	합계	순위
시스템 통합 및 운용기술	0.194	0.339	0.262	1.035	0.409	2.663	6
통합운영 소프트웨어 기술	0.097	0.708	0.279	2.415	0.380	4.067	4
플랫폼 기술	0.114	0.431	0.213	1.610	0.555	3.313	5
이물질 탐지 광학/열상 카메라 기술	0.176	0.708	0.361	2.760	0.555	4.949	1
이물질 탐지 레이다 기술	0.114	0.616	0.344	2.070	0.672	4.205	3
이물질 탐지 레이저 기술	0.211	0.678	0.312	2.070	0.555	4.214	2
시험/평가/인증 개발 기술	0.202	0.339	0.213	1.150	0.350	2.443	7

주 : 항목점수 = AHP 가중치 × 평가 요소 점수

4. 이물질 탐지시스템 연구개발과제의 구성

○ 본 연구개발 과제의 구성은 다음과 같이 도출되었음.

<표 44> 연구개발 과제 구성

분류	기술개발 항목	기술개발 내용
시스템통합 및 운용기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 시스템요구사항 분석 시스템설계 및 기술개발 통합운용기술 개발 통합제품 개발 및 제작 시스템 성능·안전성 분석 시스템 통합시험 및 시범운용 전체시스템 상용화 개발·제작 개발품 마케팅방안 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발 전체를 관리하면서, 시스템설계, 부시스템 간 연계 개발을 주도 모든 통합시험, 성능시험, 검증시험과 상용화 진입을 위한 인증시험을 주도 각종 전시회 등 홍보활동 등을 주도 각종 연구개발성과물(설계소스, 지적재산권, 제작도면 등)에 대한 형상·품질·소유권 관리를 활동을 주도.
통합운영 소프트웨어 기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 통합운영 S/W 요구사항 분석 통합운영 S/W 설계·기술개발 통합운영 S/W 단위·통합 시험 통합운영 S/W 시범운용 및 보완개발 국내외 성능인증 진행 상용화 개발/제작 	<ul style="list-style-type: none"> 레이다, 레이저, 광학&열상카메라 등으로부터 취합된 정보를 통합해 실제 이물질의 탐지결과를 관리자에게 제공하고, 관련시스템을 통합 운영하는 소프트웨어를 개발 공항 별 최적화 및 효율화를 위한 연계기능 및 편의기능 개발
고정·이동형 플랫폼 기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 요구사항 분석 플랫폼 설계·기술개발 플랫폼 단위·통합 시험 플랫폼 시범운용·보완개발 국내외 성능인증 진행 상용화 개발/제작 	<ul style="list-style-type: none"> 차량형의 이동플랫폼, 타워 또는 별도의 고정형 구조물 형태의 고정형 플랫폼과 해당 플랫폼을 운영하기 위한 기구 및 구동기술 개발 플랫폼운영 위한 통신·관리기술 개발 이동형의 경우 이물질 수거기능 개발
Radar방식 이물질 탐지기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 모듈부 요구사항 분석 모듈부 설계·기술개발 모듈부 단위·통합시험 모듈부 시범운용·보완개발 국내외 성능인증 진행 모듈부 상용화 개발·제작 	<ul style="list-style-type: none"> Radar기술을 이용하여 요구조건을 만족하는 Radar방식 이물질 탐지부 모듈화 개발 전체시스템 연동을 위한 연동기술 개발 적용환경 별 최적화 적용기술 개발 국내외 성능인증 상용화 및 양산기술개발
Laser방식 이물질 탐지기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 모듈부 요구사항 분석 모듈부 설계·기술개발 모듈부 단위·통합시험 모듈부 시범운용·보완개발 국내외 성능인증 진행 모듈부 상용화 개발·제작 	<ul style="list-style-type: none"> Laser기술을 이용하여 요구조건을 만족하는 Laser방식 이물질 탐지부 모듈화 개발 전체시스템 연동을 위한 연동기술 개발 적용환경 별 최적화 적용기술 개발 국내외 성능인증 상용화 및 양산기술개발
광학카메라· 열영상카메라 방식 이물질 탐지기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 모듈부 요구사항 분석 모듈부 설계·기술개발 모듈부 단위·통합시험 모듈부 시범운용·보완개발 국내외 성능인증 진행 모듈부 상용화 개발·제작 	<ul style="list-style-type: none"> 광학/열상기술을 이용하여 요구조건을 만족하는 광학/열상방식 탐지부 모듈화 개발 전체시스템 연동을 위한 연동기술 개발 적용환경 별 최적화 적용기술 개발 국내외 성능인증 상용화 및 양산기술개발
시험·평가 기술 개발부분	<ul style="list-style-type: none"> 테스트베드 구축 시험·시범운용 지원 FAA 적합성평가 지원 국내외 인증 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 통합시험, 현장시험·시범운용 테스트베드 구축 및 시험기술 개발 국내외 인증 및 FAA 적합성평가 지원 상용화 시 현장구축사례 확보 지원

4절. 세부과제 별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제 별 주요내용

○ 시스템개발 및 세부과제 관리

- 시스템 개발
- 시스템 성능시험 및 검증
- 테스트베드 구축 및 시범운용
- FAA 기준 적합성 인증평가
- 상용화 추진

○ 탐지장치 요소기술개발 및 제작

- 레이더·카메라·레이저 탐지장비 개발
- 탐지장치 성능 시험 및 검증
- 탐지장치 상용품 제작
- 상용화를 위한 각종 매뉴얼 작성

○ 플랫폼 요소기술개발 및 제작

- 플랫폼 개조 및 영상처리장치 개발
- 이물질 수거장비 개발
- 플랫폼 성능 시험 및 검증
- 이동 플랫폼 및 영상처리장치 상용품 제작
- 상용화를 위한 각종 매뉴얼 작성

○ 융합데이터처리시스템 S/W 기술개발 및 구현

- 탐지장비 운용 전시기 개발
- 영상처리 소프트웨어 개발
- 통신 장비 개발
- 탐지장비 운용 전시기 및 소프트웨어 성능 시험 및 검증
- 탐지장비 운용 전시기 및 소프트웨어 상용품 제작
- 상용화를 위한 각종 매뉴얼 작성

2. 추진 전략

- 이물질 자동탐지 시스템 개발은 상용화 진입을 목표로 진행되며, 다음과 같은 추진 전략을 가지고 개발 및 인증을 수행.
 - 레이더, 광학, 레이저 탐지시스템을 모두 개발하여 공군기지, 민간공항, 민·군 겸용공항 운용조건에 따라 이들 시스템을 서로 혼용하여 사용할 수 있도록 함.
 - 이를 위해 시스템 혼용에 따른 연동 문제, 공항시스템과의 연계문제, 유지보수 문제를 모두 고려하고, 운용 편리성을 고려하여 개발함.
- 이물질 자동 탐지시스템 개발 사업은 4.5년의 연구기간을 설정하고 그 중 2.5년을 개발 및 자체시험을 통한 성능 입증 기간으로 설정.
- 나머지 2년은 수요처 (공군 및 민간공항)에 테스트베드를 구축하여 시범운용 하며, 국내외 인증 기준에 따라 인증시험을 수행하여 인증을 획득한다.
- 테스트베드 등 장비의 구축은 장비개발과 인증수립계획 진행절차에 따라 유동적으로 설정하여 진행함 함.
- 성과물의 인증은 연구시작부터 그 기준을 파악하여 설계에 반영하고, 과제 종료 8개월 전 인증과정에 착수하여 최종 개발품 구축 전 인증획득을 목표로 함.

3. 단계 별 연구내용 및 산출물

○ 위 개발 전략에 따라 아래와 같은 연도별 연구개발 내용과 산출물을 산정하였음.
 위 개발 전략에 따라 아래와 같은 연도별 연구개발 내용과 산출물을 산정하였음.

가. 1 단계 (2.5년)

구 분		연구개발내용	산출물
1차년도 (6개월)	기본설계	<ul style="list-style-type: none"> · 민·군 활주로 용구사항 수집 · 시스템 운용개념 및 시나리오개발 · 시스템 설계요건개발 · 시스템 설계규격개발 · 시스템 연계요건개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템 설계요건·규격서·연계요건서 각 1식
		<ul style="list-style-type: none"> · 민·군간 활주로 환경에 따른 최적의 이물질 탐지장치 사양개발 (이물질 크기, 탐지거리, 이물질 종류, 이물질 탐지방법 등) · 탐지장치 연계요건개발 · M&S를 통한 설계 	<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장치 사양서·연계요건서 각 1식 · M&S를 통한 설계보고서 1식 · 레이더/저조도 광학 카메라/레이저 탐지장치부 1세트
		<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 사양개발 · 연계요건개발 · 플랫폼 영상처리장치 기본설계 	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 사양서·연계요건서 각 1식
		<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장비 운용전시기 사양개발 · 영상처리 소프트웨어 사양개발 · 통신장비사양개발 · 다중 영상 압축·복원기법 기본설계 · 2D 및 3D 지형데이터 처리기법 기본설계 	<ul style="list-style-type: none"> · 융합데이터 처리시스템 사양서·연계요건서 각 1식

구 분		연구개발내용	결과물	
2차년도 (12개월)	상세설계 및 제작	시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> · 체계 성능시험 절차서 개발 · 체계 운용절차서 개발 · 이물질 탐지효과도 분석 절차개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 성능시험 절차서 1식 · 운용절차서 1식 · 이물질 탐지효과도 분석 절차서 1식
		탐지장치	<ul style="list-style-type: none"> · 레이더 장치 상세설계·제작·성능시험 · 광학·열영상 카메라 장치 상세설계·제작·성능시험 · 레이저 탐지장치 상세설계·제작·성능시험 · 이물질 자동탐지 알고리즘 상세설계·제작/성능시험 	<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장치 설계도면 1식 · 레이더 탐지장치 4세트 · 광학/열상 카메라 탐지장치 3세트 · 레이저 탐지장치 2세트 · 자동탐지 알고리즘 1식 · 탐지장치 성능시험 보고서 1식
		플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 상세설계·제작·성능시험 · 이물질 수거장비 상세설계·제작·성능시험 	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 설계도면 1식 · 이동형 플랫폼 1세트 · 플랫폼 성능시험보고서 1식
		융합데이터처리시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장비 운용전시기 상세설계·제작·성능시험 · 영상처리 소프트웨어 상세설계·제작·성능시험 · 통신장비 상세설계·제작·성능시험 · 다중 영상 압축·복원기법 상세설계·제작·성능시험 · 2D 및 3D 지형데이터 처리기법 상세설계·제작·성능시험 	<ul style="list-style-type: none"> · 융합데이터처리시스템 설계도면 1식 · 운용전시기 1세트 · 유선 통신장비 6세트 · 무선 통신장비 2세트 · 영상처리 소프트웨어 1식 · 융합데이터 처리시스템 성능시험보고서 1식

구 분		연구개발내용	결과물	
3차년도 (12개월)	시스템통합 및 시험	시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> · 신뢰성 시험절차개발 · 체계 통합 및 체계 성능시험 · 운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 체계 보완 	<ul style="list-style-type: none"> · 신뢰성 시험절차서 각 1식 · 체계 성능/운용시험 보고서 각 1식
		탐지장치	<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장치 기본 시제 최적화 · 이물질 자동탐지 S/W 최적화 · 운용시험 및 결과분석 · 탐지장치 신뢰성 검증시험 · 현장운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 탐지장치 보완 	<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장치 신뢰성 검증시험보고서 각 1식 · 레이다 탐지장치 4세트 · 광학/열상 카메라 탐지장치 3세트 · 레이저 탐지장치 2세트 · 탐지장치 운용시험 보고서 각 1식
		플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 기본 시제 최적화 · 운용시험 및 결과분석 · 플랫폼 신뢰성 검증시험 · 현장운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 플랫폼 보완 	<ul style="list-style-type: none"> · 고정형 플랫폼 2세트 · 이동형 플랫폼 1세트 · 플랫폼 신뢰성 검증시험보고서 각 1식 · 플랫폼 운용시험보고서 각 1식
		융합데이터 처리시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 융합데이터 처리시스템 기본 시제 최적화 · 융합데이터 처리 S/W 최적화 · 운용시험 및 결과분석 · 통신장비 신뢰성 검증시험 · 현장운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 융합데이터 처리시스템 보완 	<ul style="list-style-type: none"> · 유선 통신장비 6세트 · 무선 통신장비 2세트 · 통신장비 신뢰성 검증시험보고서 1식 · 융합데이터 처리시스템 운용시험보고서 각 1식

나. 2 단계 (2년)

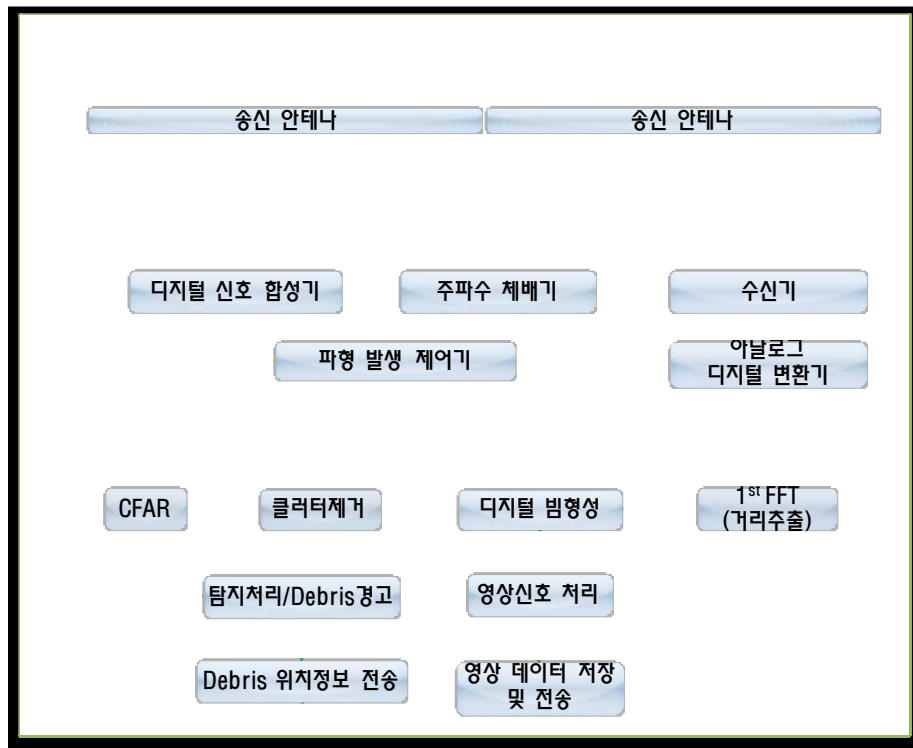
구 분		연구개발내용	결과물	
4차년도 (12개월)	현장운용 및 인증시험	시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 테스트베드 구축 및 설치공사 · 현장운용시험절차개발 · 안전성 평가 · 시스템 현장운용시험 결과 및 안전성 평가 · 공군 현장요원 만족도 평가 · 보완사항 도출 및 시스템 보완 	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 테스트베드 설치공사 도면 1식 · 수요처 현장운용시험절차서 1식 · 수요처 현장운용시험 결과 및 안전성 평가보고서 1식 · 공군 현장요원 만족도 평가보고서 1식
		탐지장치	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 현장운용을 위한 탐지장치 상용화 시제 제작 (고정형 10세트 / 이동형 2세트) · 현장운용시험 및 결과분석 · 이물질 탐지 효과도 평가 · 보완사항 도출 및 탐지장치 상용화 보완 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 레이더 탐지장치 10세트 · 광학/열상 카메라 탐지장치 10세트 · 레이저 탐지장치 2세트 · 수요처 현장운용시험 보고서 1식 · 이물질 탐지 효과도 평가보고서 1식
		플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 현장운용을 위한 플랫폼 상용화 시제 제작 (고정형 10세트 / 이동형 2세트) · 현장운용시험 및 결과분석 · 플랫폼 효과도 평가 · 보완사항 도출 및 플랫폼 상용화 보완 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 고정형 플랫폼 10세트 · 이동형 플랫폼 2세트 · 수요처 현장운용시험 보고서 1식 · 플랫폼 주행 효과도 평가 보고서 1식
		융합데이터 처리시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 현장운용을 위한 융합데이터 처리시스템 제작 (2세트) · 현장운용시험 및 결과분석 · 융합데이터 처리시스템 만족도 평가 · 보완사항 도출 및 상용화 보완개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 유선 통신장비 10세트 · 무선 통신장비 4세트 · 융합데이터 처리시스템 2세트 · 수요처 현장운용시험 보고서 1식 · 수요처 현장요원 만족도 평가보고서 1식

구 분		연구개발내용	결과물	
5차년도 (12개월)	수요처 시범운용 및 상용화 추진	시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운용 적용 공항 설치공사 · 시범운용 시험절차개발 · 시범운용 시험결과 및 안전성 평가 · 시범공항 만족도 평가 · 각종 매뉴얼 작성 · 국내외 홍보물 제작 · 국내외 성능인증 수행 · 타겟 시장 세계 최대 전시회 참가 · 바이어와 현장 유통사업자 발굴 · 현지 마케팅 활동 	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운영 공항 설치 공사 도면 1식 · 시범운용 시험절차서 1식 · 시범운용시험 결과 및 안전성 평가보고서 1식 · 시범공항 만족도 평가보고서 1식 · 국내/외 공항 인증서 1식 · 운용절차서 1식 · 정비절차서 1식 · 국내외 홍보용 카탈로그 각 1식
		탐지장치	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운용을 위한 상용품 탐지장치 제작 (고정형 10세트 / 이동형 2세트) · 시범운용 시험 및 결과분석 · 이물질 탐지 효과도 평가 · 각종 매뉴얼 작성 지원 · 국내외 홍보물 제작 지원 · 국내외 상용품 인증 지원 · 타겟 시장 세계 최대 전시회 참가 	<ul style="list-style-type: none"> · 레이더 탐지장치 10세트 · 광학/열상 카메라 탐지장치 10세트 · 레이저 탐지장치 2세트 · 시범운용 시험보고서 · 이물질 탐지 효과도 평가보고서
		플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운용을 위한 상용품 플랫폼 제작 (고정형 10세트 / 이동형 2세트) · 민간공항 시범운용 시험 및 결과분석 · 각종 매뉴얼 작성 지원 · 국내외 홍보물 제작 지원 · 국제 공인인증 인증지원 	<ul style="list-style-type: none"> · 고정형 플랫폼 상용품 10세트 · 이동형 플랫폼 상용품 2세트 · 시범운용 시험보고서
		융합데이터 처리시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운용을 위한 상용품 제작 (고정형 10세트 / 이동형 2세트) · 시범운용 시험 및 결과분석 · 각종 매뉴얼 작성 지원 · 국내외 홍보물 제작 지원 · 국제 공인인증 인증지원 	<ul style="list-style-type: none"> · 유선 통신장비 6세트 · 무선 통신장비 2세트 · 융합데이터 처리시스템 상용품(이동형 1세트 / 고정형 1세트) · 고정형 상용품 10세트 · 이동형 상용품 2세트 · 시범운용 시험보고서

4. 세부과제 별 시스템 구성 개념

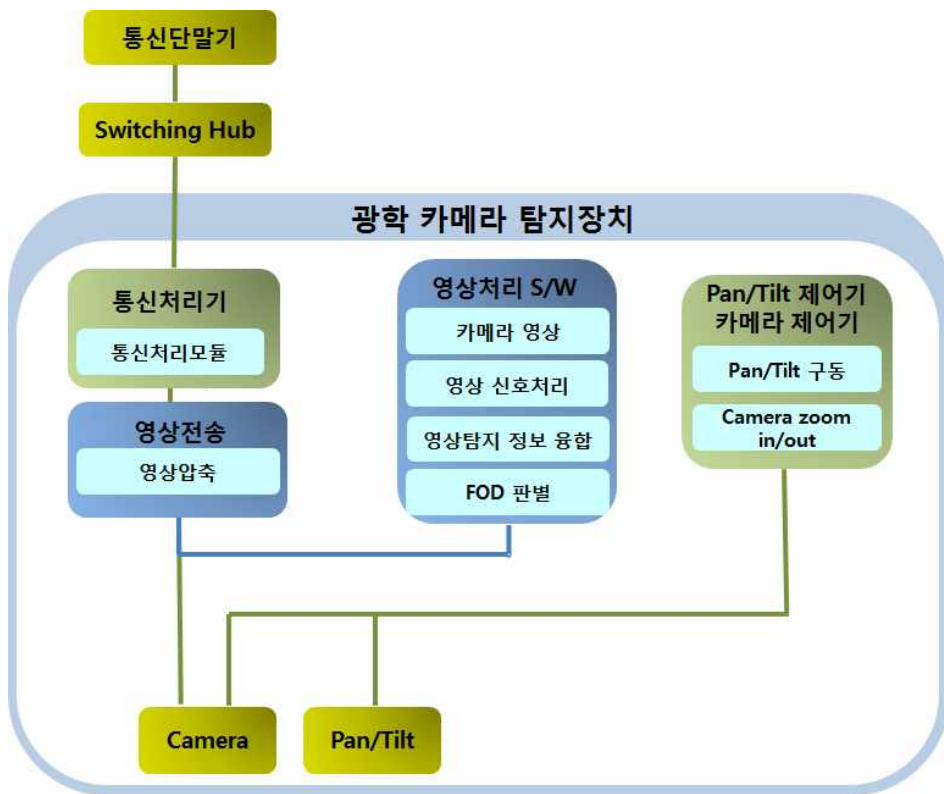
○ 레이다 탐지장비

- 자동 스캐닝 및 자동탐지 기능.
- 전파를 송수신하는 안테나 장치.
- 수신 신호를 분석하여 이물질 유무를 확인하는 신호처리 및 데이터 처리 기능.
- 이물질 탐지에 따른 경고, 위치정보 제공 기능.
- 공항 내 항행 안전시설 및 항공기 전자장비에 전파 간섭 방지 기능.



○ 광학카메라 탐지장비

- 광학카메라 자동 스캐닝 및 자동탐지 기능.
- 전파를 송수신하는 안테나 장치.
- 수신 신호를 분석하여 이물질 유무를 확인하는 신호처리 및 데이터 처리 기능.
- 이물질 탐지에 따른 경고, 위치정보 제공 기능.
- 공항 내 항행 안전시설 및 항공기 전자장비에 전파 간섭 방지 기능.

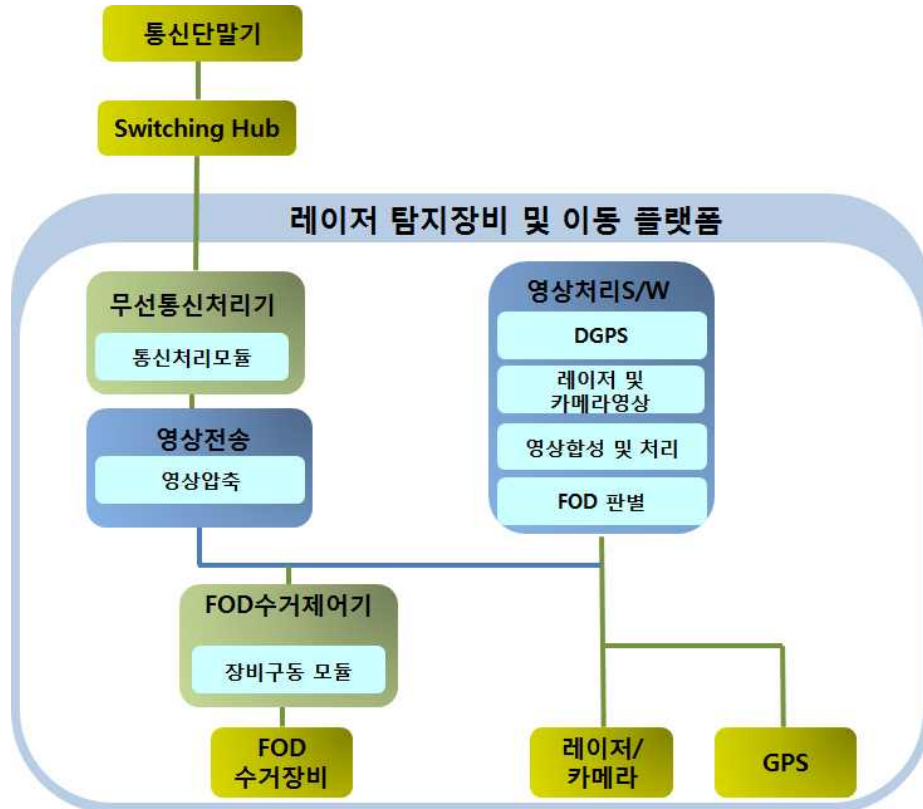


<그림 41> 광학카메라 탐지장치 기능블록도

○ 레이저 탐지장비 및 이동 플랫폼

- 레이저 및 컬러카메라 자동 스캐닝 및 영상취득 기능.
- DGPS 좌표 처리 기능.
- 영상합성 및 처리를 통한 이물질 식별 기능.

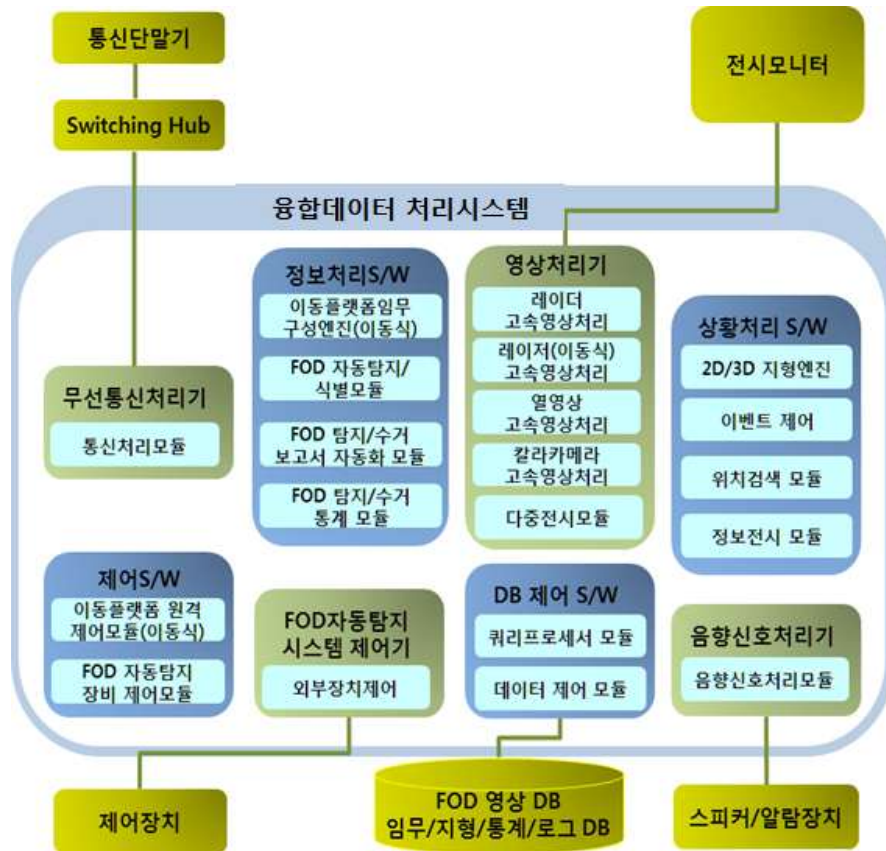
- 통신단말기를 통한 영상 및 이물질 식별 데이터 전송기능.
- 이물질 수거기를 사용하여 수거 기능.
- 공항 내 항행 안전시설 및 항공기 전자장비에 전파 간섭 방지 기능.



<그림 42> 레이저 탐지장비 및 이동플랫폼 기능블록도

○ 융합데이터 처리시스템 장치

- 레이더, 광학카메라, 레이저 영상처리 및 이물질 탐지·식별, 경보발생 기능.
- 영상정보 전시 및 이물질 탐지장비 제어 기능.
- 통계처리 및 보고서 자동작성 기능.
- 통신단말기를 통한 영상 및 이물질 식별 데이터 수신 기능.
- 공항 시스템과 연계 기능.



<그림 43> 융합데이터 처리시스템 기능블록도

5. 이물질 자동탐지시스템 테스트베드 구축

○ 이물질 자동탐지시스템 테스트 베드는 민간공항과 군 활주로의 운용환경에 따라 다르게 구축할 수 있음.

○ 민간공항 구축

- 민간공항 특성

- Curfew Time이 있는 공항을 제외하고는 24시간 연속적으로 항공기 운항이 이루어지고 있음.
- 민간 항공기 엔진은 날개 아래에 있기 때문에 공군 전투기에 비해 비교적 큰 이물질이 엔진에 영향을 주는 경우가 많으나 타이어 손상 등 운항안전을 고려해 금속류 이물질(볼트나 나사) 등은 반드시 수거해야함.
- 고정식 탐지시스템을 활주로 주변에 설치 가능. 다만, 항공기 이동 및 안전에 위배되면 심의가 필요하며, 설치높이 제한에 대해서 사전검토 필요.
- 주기장 주변에서도 이물질 제거 필요.
- 눈·비올 때도 이물질 제거활동을 할 필요가 있음. 즉 전천 후 이물질 탐지 시스템이 필요.
- 현재, 정해진 시간마다 이물질 점검요원들이 활주로로 나가서 육안으로 이물질 탐지함.

- 민간공항 특성 상 고정식 이물질 자동 탐지시스템 구축함.

- 이물질 탐지시스템 개발 일정 및 운용시험 시험결과에 따라 구축일정 등 계획 수립.
- 공항 내 전문가와 협의하여 항공 안전을 위해 점검해야 할 항목 선정 (통신주파수 영향성 평가, 레이저 기준, 레이다 주파수 영향성 평가 등) 및 점검 수행
- 활주로 맵 구축.
- 고정식 탐지장치를 활주로 주변에 설치.
- 원격통제장치 운용 장소 구축.
- 필요할 경우 이동식 탐지시스템 보관 장소 구축.
- 활주로 전 영역을 커버하는 무선통신 안테나 설치.
- 필요할 경우 이동식 탐지장치 운용.

○ 군 활주로 구축

- 군 활주로의 특성

- 비행이 없는 시간대가 많으며, 특히 야간 훈련이 끝난 후 다음날 오전 훈련 때까지 활주로는 비어 있음.
- 전투기 특성 상 아주 작은 이물질 (모래 알갱이와 같은 1mm이하 이물질)에도

엔진 손상 우려가 있음.

- 고정식 탐지시스템을 활주로 주변에 설치 시 항공 안전에 위배되면 심의 필요. 겨울철 제설작업 시 스노우뱅크 대신 제트엔진을 활용하여 블로우(Blow)하는 방식으로 제설을 시행하므로 고정식 탐지시스템의 설계 시 해당사항을 감안하여야함.
- 주기장, 항공기 격납고 주변에서도 이물질 제거 필요.
- 현재 눈·비올 때는 이물질 제거활동은 하지 않고 있으며, 기상이 양호할 경우 비행 시작 전에 이물질 탐지·제거 활동 수행.
- 저 시정일 때는 이물질 탐지·제거활동 중지, 시정이 좋아질 경우 비행 시작 전에 이물질 탐지·제거활동 시작.

- 군 활주로 특성상 이동식 이물질 자동탐지시스템 우선 필요.

- 이물질 탐지시스템 개발 일정 및 운용시험 시험결과에 따라 구축일정 등 계획 수립.
- 군내 전문가와 협의하여 항공 안전을 위해 점검해야 할 항목 선정 (통신주파수 영향성 평가, 레이저 기준, 레이더 주파수 영향성 평가 등) 및 점검 수행.
- 이동식 탐지시스템 보관 장소와 원격통제장치 운용 장소 구축.
- 활주로 맵 구축.
- 활주로 전 지역에서 지휘통제를 수행 할 수 있는 무선통신 시스템 구축.
- 필요할 경우 고정식 탐지장치 설치.

6. 시스템 인증계획

가. 적합성 평가 정의 및 중요성

- 제조자와 서비스 공급자는 자신들의 제품과 서비스가 자신들이 규정된 규격과 부합하도록 하여, 수요자의 요구를 만족할 필요가 있음.
- 따라서 제품과 서비스에 대해서 공인된 국제표준에 따라 평가함으로써, 제품에 대한 품질 확인뿐만 아니라 제조자에 대한 검증을 수행.
- 적합성 평가에는 ISO 및 IEC 등 국제적으로 공인된 국제표준과 군사용 규격인 Mil-Std-810E를 혼용 적용. 특히, 국내 사계절과 해외 수출국을 고려하여 적합성 기준을 설정해야함.
- 적합성 평가의 세부 사항은 다음과 같음.
 - 적합성을 입증하는 방법으로는 시험, 검사, 공급자의 적합성 선언 및 인증이 포함.
 - 규정된 요건에는 공급자나 구매자의 사용서, 국가적, 지역적 또는 국제적 수준의 표준이나 정부 규정에 명시된 요건들이 포함.
 - 적합성 평가기관에 대한 인정(creditation)은 적합성 평가의 정의에 포함.
 - 일반적으로 적합성 평가의 활동에는 시험, 검사, 인증 외에 적합성 평가 활동의 포괄적인 개념에 속하는 기타 활동들이 포함되며, 각 핵심적인 요소들 또한 관련 업무와 연계하여 각각의 독자적인 영역을 구축하고 있음.
 - 예를 들어, 인증(certification)은 제조자의 품질경영시스템, 제품 및 사람 등 제품을 제작하기 위한 투입 요건이 모두 인증대상에 포함되며, 시험(testing)은 제품의 성능 합치성을 판단하기 위한 제반 교정 활동과 계량 활동이 포함됨.

나. 적합성 평가와 표준

- 제품 개발 인프라와 수준에 상관없이 제품에 대한 명확한 표준(standard)을 제정하고, 이를 적용하는 것은 제품 개발과 이를 검증하는 단계에서 매우 중요.
- 즉, 제품에 적용할 수 있는 표준의 유무가 제품 개발 수준을 결정하고, 실패를 줄이며, 개발 기간의 최적화 하는 것에 매우 큰 영향을 미침.

- 제품의 표준은 개발된 대상품에 대한 적합성 평가를 행할 수 있는 요건 설정과 관련하여, 개발자(생산자 및 공급자 포함), 구매자 및 적합성 평가기관이 활용할 수 있는 이용 가능성이 매우 중요.
- 이를 위해서 ISO·IEC 17007에서는 적합성 평가에 적용되는 표준은 다음 주체들에 적용할 수 있도록 명시되어 있음.
 - 제조자 또는 공급자(제1자)
 - 사용자 또는 구매자(제2자)
 - 독립된 기구(제3자)
 - 특히, 표준과의 적합성 평가를 위해서 필요한 독립된 기구(제3자)는 반드시 독립성이 보장되도록 요구되어 있음.
 - 적합성 평가를 위한 표준의 세부 내용에 대해서는 다음과 같은 사항이 고려되어야 함.
 - 표준은 기술 개발을 촉진하고, 개발을 지연시키지 않는 방식으로 구현되어야 하며, 이러한 목적을 위해서 일반적으로 제품 설계 요건보다는 성능 요건을 규정.
 - 성능 요건은 요구되는 허용치와 이를 벗어나도 용인할 수 있는 공차 및 명시된 특성을 시험할 수 있는 시험 방법과 함께 명확히 명시되어야 함.
 - 성능 요건은 주관적인 요수가 배제되어야 함.
 - 시험 방법은 명확하게 적용할 수 있어야 하며, 표준이 의도하는 바와 일관성이 유지되어야 함.
 - 시험 방법은 객관적이며, 집약적이고, 정확하여야 하며, 시험 결과를 규정된 조건에 따라 비교할 수 없을 때에는, 시험의 반복과 재현이 가능한 결과를 도출할 수 있어야 함.
 - 시험 방법에 대한 설명에는 정확성, 재현성 및 반복 가능성에 대한 내용이 명시하도록 권장.
 - 시험 대상에 대하여 효과적이며 일관성이 유지될 수 있는 범위 내에서 합리적인 시간 내에 적합한 비용으로 결과를 도출할 수 있어야 함.

- 시험 방법 선택 시, 관련 표준의 일반적 시험 방법과 다른 표준에서의 유사한 특성의 시험에 관한 설명이 제공되어야함.
- 시험을 위한 장비를 직접 만들어야 하거나, 장비 공급처가 하나일 경우, 개발과 관련된 모든 당사자들에 의하여 비교 시험을 수행할 수 있도록 관련 장비에 대한 설명이 명시되어야함.

다. 적합성 평가 기법

(1) 적용 대상

- 일반적인 연구 분야와 마찬가지로 적합성 평가 분야에서도 적합성 평가 활동을 관리하고 수행하는 사람들의 역량이 매우 중요.
- 적합성 평가 활동이 제품 개발자, 구매자 또는 독립된 기구에 의하여 수행되는 것과는 별개로, 적합성 평가 업무 수행에 요구되는 지식, 기술 및 경험 등을 포함하는 측면에서의 명확한 이해가 포함되어야함.
- 활동 분야에서 담당하고 있는 기능과 관계없이, 모든 조직에서는 조직의 역량을 잘 반영한 경영시스템이 운영되어야 하며, 해당 시스템에는 적합성 평가와 관련되어 요구되는 역량과 개인의 능력 요건을 충족시키는지 여부를 입증하는 방법이 명시되어야함.
- 일반적으로 적합성 평가는 인증(certification)만 획득하는 것을 의미하는 것으로 이해하기 쉬우나 이는 매우 큰 오류이며, 실제로는 제품 개발자(또는 공급자), 구매자, 독립된 기관 또는 정부와 같이 이해관계에 있는 모든 사람들에 의하여 수행될 수 있음.
- 따라서, 적합성 평가를 위한 표준이 명확히 설정되어야 하며, 이를 활용한 적합성 평가 활동과 기법이 연계성뿐만 아니라 독립성도 유지되어야함.
- 적합성 평가와 관련된 관계자 및 당사자는 아래와 같이 구분.
 - 제1자 (1st party) : 적합성 평가 대상을 제공하는 사람 또는 조직.
 - 제2자 (2nd party) : 적합성 평가 대상에 대한 사용자로서의 이해관계를 가지는 사람 또는 조직.

- 제3자 (3rd party): 적합성 평가 대상을 제공하는 사람 또는 조직 및 사용자로서의 이래관계를 가지는 사람 또는 조직과 이해관계가 없는 독립적인 사람 또는 조직.

(2) 적합성 평가 세부 기법

○ ISO·IEC 17000에서는 적합성 평가에 대한 기능적 접근방식(functional approach)을 명시하고 있음.

○ 기능적 접근 방식은 선정(selection) - 결정(determination) - 심사(review) - 증명(attestation) - 필요한 경우, 사후관리(surveillance) 절차로 구성됨.

- 선정 (selection)

- 적합성에 대한 평가가 이루어지는 대상 표준(들)이나 기타 문서(들)에 대한 규격서 또는 시방서 결정
- 평가가 이루어지는 대상에 적용 가능한 사례 선택
- 해당 되는 경우, 별도의 기법(예, 통계적 기법)을 적용할 수 있는 규격서 또는 시방서 결정

- 결정 (determination)

- 평가 대상의 명시된 특성을 결정하기 위한 시험 실시.
- 평가 대상의 물리적 특성에 대한 검사.
- 평가 대상과 관련된 시스템과 기록 자료에 대한 심사.
- 평가 대상의 품질 평가.
- 평가 대상의 적용 규격과 도면 조사.

- 검토 및 증명(review & attestation)

- 대상의 명시된 요건과의 적합성에 대한 결정 단계로부터 수집된 증거 자료 검토.
- 부적합 사항의 조치여부를 확인하기 위한 결정단계로의 피드백.
- 적합성 보고서 작성 및 발급.
- 부적합 사항에 대한 재검토 및 적합성 확인.

- 사후관리(surveillance)

- 제조 시점에서 또는 시장(market)의 공급망 결정(determination) 업무 수행.
- 시장에서의 결정 업무 수행.
- 사용 장소에서의 업무 수행.
- 부적합 조치 여부를 확인하기 위한 업무를 위해 결정 단계로의 피드백.
- 적합성 지속 여부에 대한 확인 업무 및 확인서 발급.
- 부적합 사항과 관련된 시정 및 예방 조치 착수.

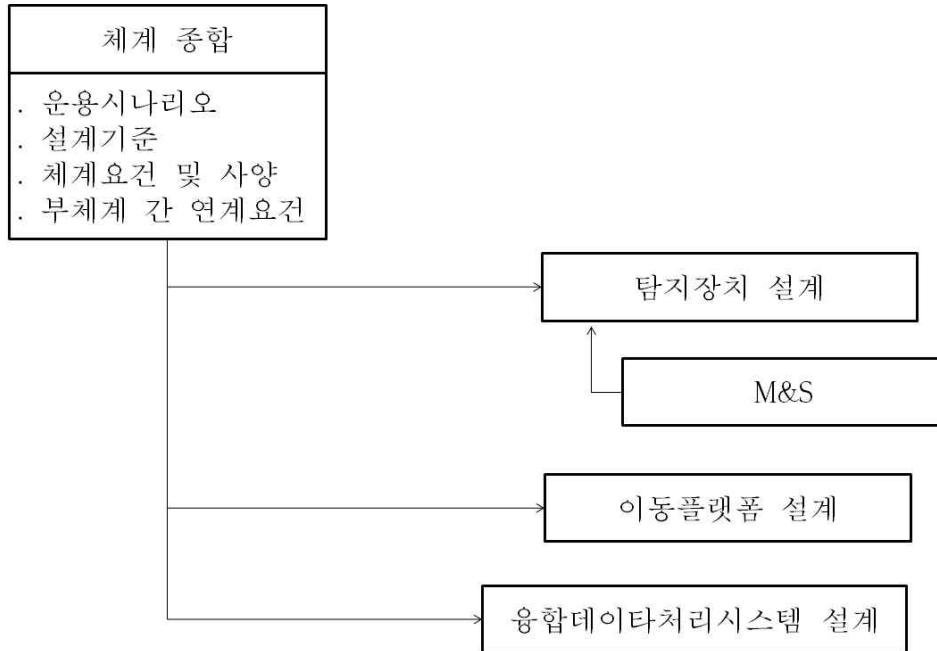
라. 본 사업의 인증 과업범위

<표 45> 본 사업의 인증 과업범위

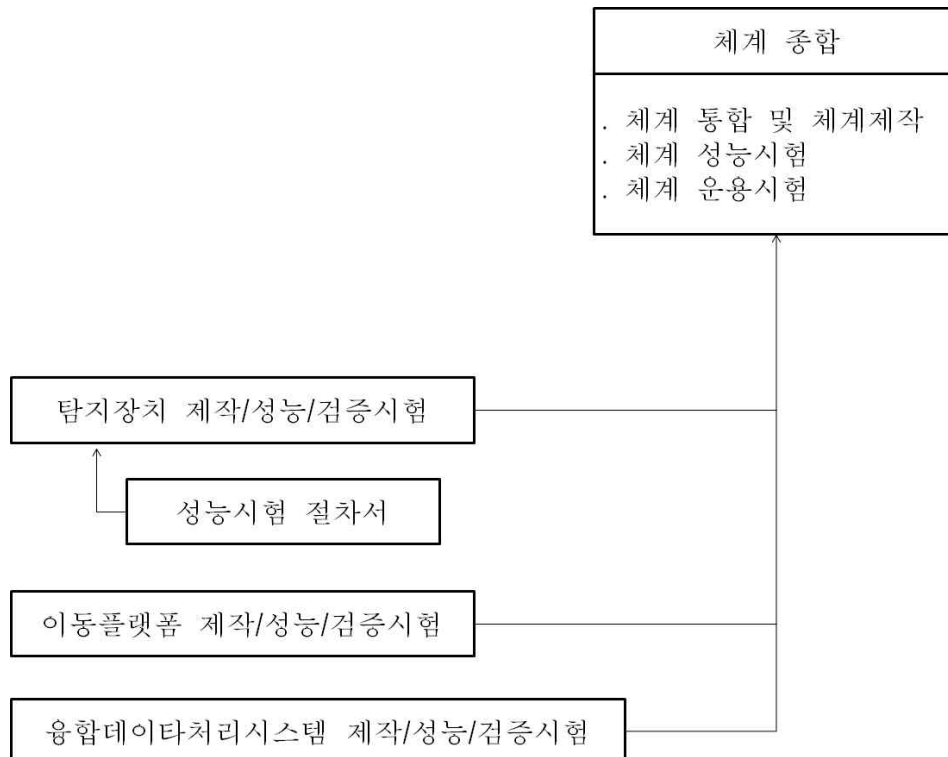
연차	사업 내용 및 범위
1차년도	- 관련규격 검토 및 시험규격 Tailoring
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 개발품 성능 시험 및 시험결과 피드백, - 신뢰성 및 인증 종합계획 수립 (수출 상대국에 대한 신뢰성 및 인증 계획수립) - 국내외 인증기관 협의
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 신뢰성 시험계획서 및 절차서 (환경, 성능, 기능, 운영 등) 개발 - 신뢰성 시험 및 시험결과 피드백 - 현장 운용시험 및 시험결과 피드백
4차년도	- 수요처 운용시험, 국제공인 인증 프로세스 진행
5차년도	- 상용품 (실용화모델) 시범운용, 국내인증 획득, 국외인증 획득

5절. 세부과제 간 연계관계

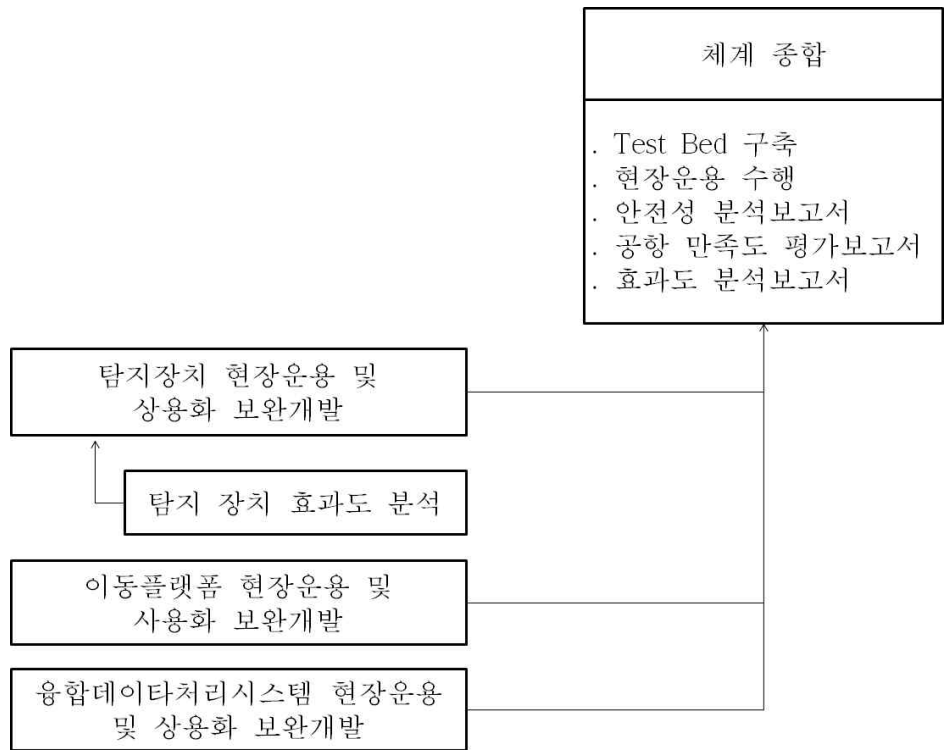
1. 설계단계



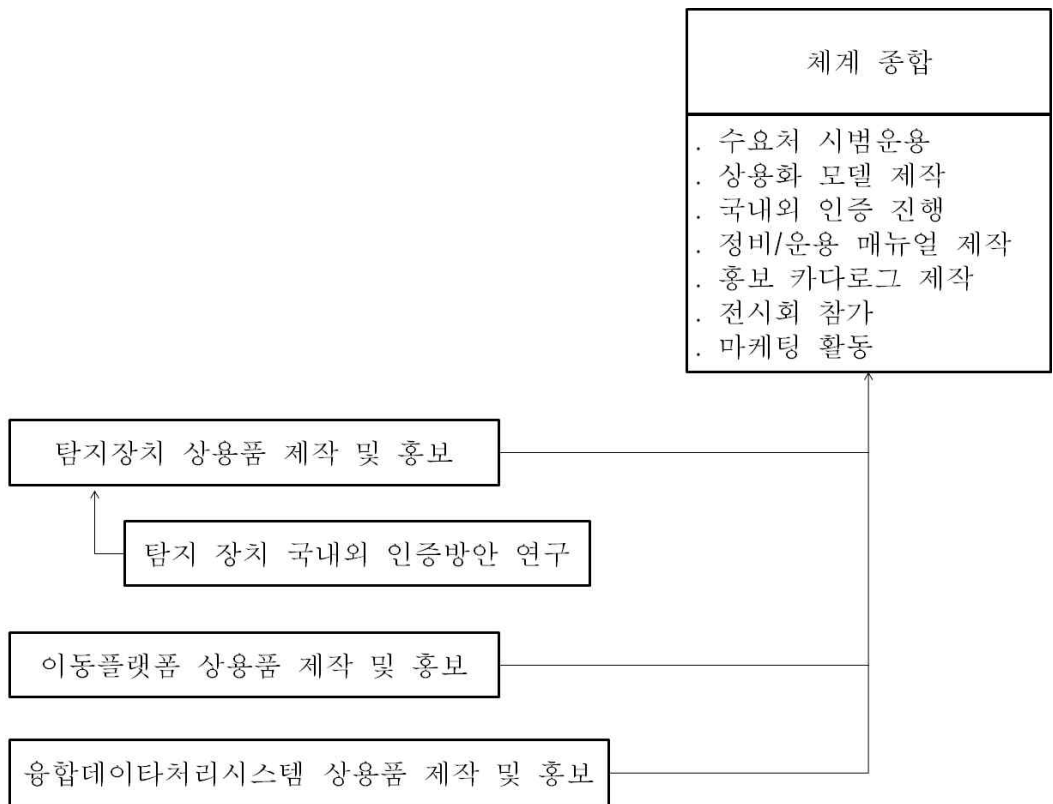
2. 제작 및 성능·검증·운용 시험단계



3. 현장운용 단계



4. 상용화 단계



6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

	1차년도 (6M)	2차년도 (12M)	3차년도 (12M)	4차년도 (12M)	5차년도 (12M)
FOD 자동 탐지시스템 개발	요구사항분석 및 체계 기본설계	부체계 장치제작/ 부체계성능시험	체계 제작/ 체계성능시험	수요처 운용시험/ 상용품 모델제시	상용품 제작/ 수요처시범운용
Testbed 구축	관련기관 부처간 협의, 군/민간공항 구축 계획수립 법, 정책 제도분석			수요처 운용/ 효과도분석	Testbed 구축/ 시범운용
장비 인증 계획 수립 및 인증	신뢰성시험/ 국내외 인증 계획수립		신뢰성시험		국제공인인증
상용화	상용화 계획수립/ 관련 부처, 관련기관 홍보			상용품 제작/매뉴얼 작성/ 타겟시장 전시회/유통사업자 발굴	

<그림 44> 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

7절. 성과의 활용방안

1. 기대효과

- 현재 국내의 항공 안전관련 장비 및 기술이 선진화되지 못해 관련기술을 전적으로 해외에 의존 하고 있어 관련 시설의 구축을 위해 필요이상의 국부가 해외로 빠져 나가고 있는 것이 현실임.
 - 본 과제의 수행을 통해 관련기술을 개발함으로써 기술 예측에서 벗어나 '항공 안전관련 탐지기술' 자립국으로의 변모를 이루게 됨은 물론, 항공 및 항만, 국가 주요시설, 기타 분야에서 전망수입에 의존하고 있는 탐지 및 무인 이동장비에 대한 수입대체효과를 거둘 수 있을 것으로 기대됨.
- 항공 안전관련 장비에 대한 국산화 및 선진화를 이룸으로서 적용개소 및 현장에 최적화되고 경제화 된 여러 가지 자동탐지 및 무인이동 장비를 항공, 항만, 철도, 국가 주요시설 등 사회전반에 공급할 수 있게 됨으로써 사회안전망 구축 및 확보를 원활하게 하는 기반을 제공하는 성과를 거둘 수 있을 것으로 기대됨.
 - 고부가가치의 항공 안전관련 기술개발로 국내 공항산업 뿐만 아니라 기타 보안산업의 국제적 경쟁력 확보 및 상호협력 활성화에 크게 기여할 것으로 판단됨.
- 또한 연구결과물으로써 확보된 활주로 내 이물질 자동탐지기술은 공항운영의 선진화와 전문화 기반을 마련하고 공항운영 기술개발 및 시설인프라 구축을 통해 전문화 체계가 이루어질 수 있음.
- 이물질 탐지시스템의 핵심기술과 제반기술을 확보하고, 국내 산업체를 통해 이물질 자동 탐지 시스템을 개발함으로써, 수입대체 효과는 물론, 해외공항사업으로의 진출을 모색 할 수 있게 됨으로써, 기회이익의 최대화 도모.
 - 국산화 개발 시, 국내 수요 충족은 물론 해외수출을 위한 시장개척 가능.
 - 항공 안전관련 장비의 세계적 시장규모는 연간규모로서 국산화 개발 시, 국내 수요 충족은 물론 해외수출을 위한 시장개척 가능.

2. 성과활용방안

- 본 연구를 통해 확보된 ‘활주로내 이물질(FOD) 자동탐지 시스템’의 개발은 인력에 의존하고 있는 이물질 탐지 및 제거 프로세스를 대체하는데 크게 활용 될 것으로 예상됨.
 - 최근 운용요원들을 대체할 수 있는 자동화된 시스템을 민간공항과 군 기지에서 도입을 추진할 계획을 갖고 있지만, 고비용, 유지보수 불편함, 국내 환경에 따른 성능 한계 등으로 인해 국산화된 제품을 요구하고 있는 실정임.
- 본 연구를 통해 확보된 기술과 경험은 국가 차원의 ‘항공 안전운항’의 사업육성과 독자적인 경쟁력 확보를 위한 선행투자가를 겸하는 성과를 낼 수 있음.
 - 향후 정밀 계측, 다기능 레이더 등에도 관련기술 및 제품이 활용되어 경제적 실효성과를 거둘 뿐 아니라 항공안전관련 선진국으로서의 국가적인 이미지 제고 및 관련 사업에 대한 국제적 경쟁력 확보에 크게 기여할 것으로 판단됨.
 - 활주로 내 이물질 자동탐지 시스템 관련 운용 기술, 시험 및 인증기술 등은 안전운항을 위한 필수적인 요소로서 공항의 선진화와 전문화 기반 구축을 달성.
 - 활주로 내 이물질 탐지 핵심기술은 국내는 물론 동남아시아 및 아프리카 지역의 민간공항 인프라뿐만 아니라 다양한 분야에 활용이 가능.
- 현재 활주로내 이물질은 사람이 직접 눈으로 관찰하고 제거하고 있어 정확성 및 계속적 탐지에 문제가 되고 있는 것이 현실임.
 - 본 과제의 수행을 통해 관련기술을 개발함으로써 항공안전 운항의 선진국으로 변모를 이루게 됨은 물론, 세계 각국의 공항에 수출효과도 거둘 수 있을 것으로 기대됨.
 - 국내 기존공항 및 향후 건설될 공항 운용을 위해 독자적 전문화 체계를 구축할 수 있고, 지속적 성능향상이 가능해 해외 공항으로 수출이 가능.
- 본 연구를 통해 확보된 기술 경험은 국가 차원의 공항운영기술개발 사업육성을 위한 선행투자가 이루어질 수 있으며, 해외사업추진 시, 유리한 위치를 선점할 수 있음.
 - 이물질 자동탐지 시스템의 핵심기술은 국내는 물론, 해외의 군 기지 및 민간공항 인프라에 활용이 가능.

- 본 연구를 통해 확보된 기술과 경험은 국가 차원의 ‘항공 기술사업’의 사업육성과 독자적인 경쟁력 확보를 위한 선행투자를 겸하는 성과를 낼 수 있음.
 - 항공서비스관련 높은 안전 운항성 보장 등 선진국으로서의 국가적인 이미지 제고 및 관련 사업에 대한 국제적 경쟁력 확보에 기여.
- 연구개발 성과물인 활주로내 이물질 탐지시스템 공항적용을 통한 항공안전에 기여할 수 있고, 이물질로 인한 브레이크 손상 등 연간 20억 이상의 항공기 피해 발생을 줄일 수 있어 대국민 안전 홍보에 기여할 수 있음.
- 본 연구개발 결과로 확보된 탐지장치 및 플랫폼의 신뢰성 검증과 해외 수출 관련 적합성 인증을 자체적으로 실시하여 국제적 수준의 적합성을 확인할 수 있게 될 것임.
 - 시험비용의 국외 유출을 방지하는 물론 국내 항공 안전관련 장비 개발의 활성화와 시험 진행을 위하여 국외 유출되는 관련핵심기술의 유출을 차단할 수 있다고 판단됨.
- 장비에 대한 도입비용 절감 및 최적화를 통하여 국내 군 기지 및 민간공항에 이물질 자동 탐지 시스템의 보급을 활성화 시키는 한편 국방, 발전소, 항만 등 다양한 분야에 침입자 탐지, 노면 파손 탐지, 터널 파손 탐지, 파이프 누수 등 자동 탐지 시장성장의 활성화를 기대 할 수 있음.

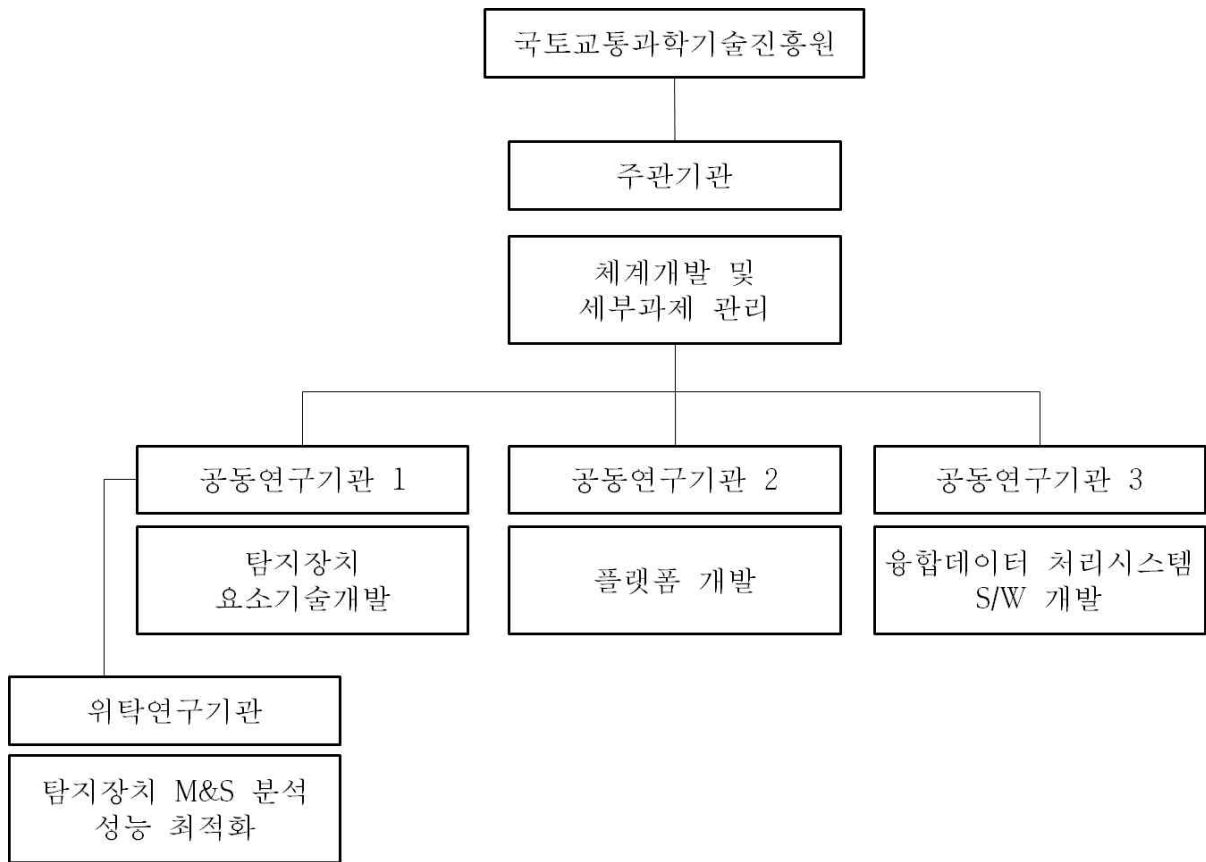
8절. 연구수행체계 제안

- 본 기술개발 사업은 활주로 내 이물질(FOD) 자동탐지시스템을 국산화하는 과제로서, 핵심기술 개발과 개발된 기술의 실용화 및 사업화를 동시에 추진하기 위하여 다음과 같이 공동연구진을 구성하여 추진하도록 함
 - 이물질 자동탐지시스템 기술 국산화와 관련된 기술개발을 주관하여 추진할 수 있는 전문기업과 공동으로 추진할 연구기관 또는 대학의 참여
 - 개발된 이물질 자동탐지시스템 기술을 실제로 적용하여 공항에서 운영할 수 있는 기관 및 기업의 참여
 - 이물질 자동탐지시스템 인프라 구축 및 운영경험을 보유한 기업, 연구기관 또는 대학의 참여

- 과제 내 공동연구진 구성 시 주관연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관이 연구를 수행하여야 하며, 공동연구진 구성 시 과제수행 역할을 고려하여 구성하도록 함
 - 산·학·연·관 역할 분담 및 공조체제에 의한 연구개발 추진체계의 효율화 및 기술 확보 가속화를 고려하도록 함

- 공동연구진 구성 시 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구 추진의 효율성 도모

○ 활주로내 이물질 자동탐지시스템 개발 연구의 수행체계를 다음과 같이 제안.



<그림 45> 연구수행체계

<표 46> 연구수행체계별 수행 역할

체 계		역 할
국토교통부		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업감독, 예산지원
국토교통과학기술진흥원		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업관리
총괄 주관기관 체계개발 및 세부과제 관리		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구 총괄 ▪ 체계 개발 ▪ 체계 성능 및 신뢰성 평가 ▪ 국제공인 인증계획 수립 ▪ 테스트 베드 구축 관련 계획 수립 및 관련 부처 간 협의 ▪ 테스트베드 구축 ▪ 표준화를 통한 상용화 모델 제시 ▪ 각종 매뉴얼 제작 ▪ 홍보 및 마케팅
개발 기관	장비기술 개발 (공동)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부체계 요소기술개발, 국산화 및 고도화 ▪ 부체계 시제품 제작 ▪ 상용화 모델 제작 ▪ 성능 및 신뢰성 시험 ▪ 국제공인 인증시험 ▪ 군 및 민간공항 시범운용 ▪ 시범운용에 따른 보완 ▪ 매뉴얼 제작지원
	탐지·운용성능 최적화 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 탐지장비 M&S를 통한 설계분석 및 보완 ▪ 탐지장비 자동탐지 성능 최적화 연구

4장. 사전 타당성 검토

1절. 정책적 타당성

- 국가의 관문이자 기반시설인 공항에서의 항행안전은 공항의 가장 기본적인 역할이며, 공항운영의 모든 역량과 자원은 기본적으로 항행안전을 위해서 활용되어야 하는 것은 필수적임.
- 우리나라 정부에서 지향하고 있는 동북아 거점으로서의 우리나라의 역할을 확대하여 나아가기 위해서는 항공운송산업의 육성이 보다 더 필요하며, 향후 핵심적인 역할을 할 수 있도록 항공운송 효율성 향상에 대한 투자가 필수적으로 이루어져야 할 것임.
- 특히, 2010년 수립된 정부의‘제1차 항공정책기본계획’에 따라 우리정부에서는 항공자유화 정책을 추진하고 있으며, 그 효과로 인천공항과 김포공항 및 제주공항 등 국내 중심공항은 항공운항편수 및 취항항공사가 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 국내공항의 활주로 운영회수도 증가하고 있으므로 이들 공항에 대한 항행안전시설에 대한 정부의 관심이 높아지고 있음.
- 따라서 정부의 항공정책기본계획의 취지에도 부합하며, 재난·재해발생에도 중단 없는 관제서비스를 제공할 수 있는 이물질 자동탐지시스템 개발을 위해서는 제도적 지원을 포함한 유·무형의 지원은 필수적임.
- 또한 이물질 자동탐지시스템 개발사례를 포함한 타국의 항공관련 산업기술개발을 참고하여 볼 때, 기업과 해당정부와의 협력을 통하여 시스템 개발과 도입, 평가 및 개선 등의 개선활동이 유기적으로 이루어지고 있는 실정임.
- 아울러 대한민국 공군에서도 해당시스템 필요성에 대한 소요제기를 지속적으로 하는 등 정부기관에서 필요성이 있는 시스템으로 해당시스템에 대한 성공적인 개발 및 보급 확대를 위해서는 정부기관간의 협업도 필수적인 사항이므로 조정역할을 할 수 있는 정부기관의 참여가 반드시 필요.
- 따라서 국내 공항 및 군 활주로의 현황을 감안할 때, 전체보급 및 확대를 목표로 개발 사업을 추진하기 위해서는 정부의 지원이 필수적임.

- 국내 민·군 활주로 현황

<표 47> 국내 민간공항 및 군 활주로 현황

공항유형	관리기관	활주로(본)
민간공항	인천공항공사 및 한국공항공사	11
민군겸용	한국공항공사 및 공군	14
군 활주로	공군	9

- 또한 인근국가인 중국의 다수의 공항건설계획과 함께 인천공항공사와 한국공항공사의 해외사업 및 우리나라 고등훈련기 수출 등 항공시장에서 영향력이 확대됨에 따라 항행안전시스템에 대한 수출도 함께 이루어 질 것으로 예상.

2절. 기술적 타당성

- 본 과제를 통해 확보된 ‘이물질 자동탐지시스템’기술은 우리나라의 항행안전 분야 기술자립을 도모함과 동시에 공항 및 군 등 활주로 운영자의 다양한 요구와 까다로운 기후환경에 적합한 장비를 개발할 수 있는 관련 산업의 촉매역할을 할 수 있음.
- 특히, 공항 및 활주로 환경에 맞게 특화된 레이더를 포함한 센서기술은 라디오미터, 송수신 통신, 다기능 레이더 등의 유사분야의 장비 및 시스템 개발에도 적용 및 응용이 가능하고 항공기 운용감시 및 보안 분야 등 응용산업에도 활용이 가능하므로 관련분야 기술발전을 활성화 할 수 있는 계기가 될 것으로 판단됨.
- 밀리미터파 레이더 센서의 응용분야를 요약하면 아래 표와 같음

<표 48> 밀리미터 레이더 센서의 응용분야

구 분	종 류	용 도
라디오미터	원격 환경 감시용 전파천문용 육분의(sextant) 선박감시용	지상의 목표물 감시 미사일 감시 미사일 유도 기상관측
송수신 통신	군 보안통신 접대점 통신 장해방지용	위성 간 통신 중계기 선로 간 차와 건물사이 통신
레이더 이용	저각 추적 레이더 Secure military radar Interference free radar Cloud sensing radar 고분해능 레이더 이미지 레이더 Map matching radar space object identification 목표물 특성감지용 radar weather radar Clean air turbulence sensor 목표물 인식용 radar range finders 감식용 radar	환경감시용 surveillance 목표물 인식 미사일 유도 유도용으로(navigation) Clutter 억압용 신관(fuzes)용 항만 보호용 항공기 착륙 보조용 air traffic control beacons Jet engine exhaust, cannon blast beam rider Passive seekers 이미지 획득
정밀 계측	Plasma diagnostics remote vibration sensor rocket exhaust plume measurements 길이측정 표면 스캔	automatic braking prediction of blast focusing spectroscopy 원거리에서 미소거리 측정 비파괴시험에 이용

- 군 활주로의 경우 훈련 시간이 아닌 경우 활주로는 비어 있는 경우가 많고, 일기 상태에 따라 훈련이 연기 되는 경우가 많기 때문에 이동식 탐지시스템을 요구하

고 있음.

- 이동식 탐지시스템은 유인 또는 무인으로 이동하는 플랫폼에 공군이 요구하는 소형 이물질 탐지장치를 부착하여 임무 계획에 따라 활주로를 이동하면서 이물질을 탐지하고 수거하는 시스템 임.
- 이러한 시스템을 개발하기 위해 시속 100km를 달리면서 2mm 크기의 이물질을 탐지할 수 있는 3D 레이저 스캔장치 개발 기술, 반자율 주행이 가능한 이동플랫폼, 원격지에서 이들 장비를 원격 제어할 수 있는 원격통제 기술, 그리고 활주로 전체를 커버할 수 있는 무선통신 기술 등이 필요하며, 이들 기술은 국내 연구진들이 유사 연구를 통해 이미 확보하고 있기 때문에 공군에서 필요한 이물질 탐지 및 수거시스템 개발이 가능.

3절. 경제적 타당성

- 2012년과 2013년 특정항공사의 이물질로 인한 정비소요 예산금액¹⁵⁾을 참조하여 볼 때, 이를 국내 취항하는 전체 항공사로 확대하고 간접손실부분까지 경제적으로 환산하여 볼 때, 활주로 이물질 방지를 위한 시설투자는 경제적으로 효과가 클 것으로 예상된다.

<표 49> 국적항공사 이물질로 인한 정비(인천공항)

일 시	발생내용	직접정비금액	비고
2012.01.14	날개부분 Dent	\$1,114	
2012.01.16	날개연결부분 Leak	\$1,747	
2012.02.19	엔진외부 파손	\$ 768	
2012.10.05	날개파손 등	\$24,417	
2013.02.07	스포일러 파손 등	\$4,500	항공기 지연 등
2013.07.25	외부손상	\$2,378	
2013.07.31	타이어 손상	\$10,334	
소 계		\$ 45,258	

- 아울러 대한민국 공군의 사례를 참조하면 이물질로 인한 항공기 파손사례는 연간 약 20건 정도 발생하는 것으로 알려져 있으며, 이로 인한 직접 수리비로 수 억원의 예산을 지출하고 있음.
- 미국 공군의 경우 기종별 이물질로 인한 연간 엔진수리비용으로 최소 60만달러(F-16 등), 최대 1,000만달러(F-22 등)가 발생하고 있는 가운데, Dysee AFB*의 경우 '09년 이물질 자동탐지시스템 운용 이전에는 연평균 1,000만 달러의 이물질에 의한 피해액이 발생되었으나, 운용 이후 현재까지 이물질에 의한 피해발생 전무하다고함.
- 외국장비 수입대비 비용 절감 효과를 보면, 고정식 Trex 장비의 경우 2개 활주로를 모두 커버하기 위해서는 약 90억 정도 구매/설치비용이 발생하며, 많은 유지보수 비용이 필요함(고정식 탐지장비 한 개당 약 3,000만원 정도의 1년 유지보수 비용 요구).
 - 국내 군 활주로의 수는 12개이므로 전 공항 설치 시 대략 1000억 정도 소요되나 이동식 이물질 탐지시스템을 국산화하여 운용할 경우 활주로 하나 당 약 10억원 이내로 도입비용이 발생할 것으로 예상되며, 유지보수 비용이 낮고 장점이

15) 항공사에서 제공한 자료로 해당항공사 제공자료중 인천공항 내 정비가 발생한 건에 대해서 사용

있으나, 정책적 관점에서 고정형 설치가 가능한 환경과 여건이 제공된다면 고정형으로의 운용에 대한 검토도 필요함.

- 또한, 이동식 이물질 자동탐지시스템을 운용함으로써 이물질 탐지·제거작업 효율성 증대 및 FOD-Boss 등 소모성 제거장비 획득 불필요에 따른 예산 절감이 가능함.
- 이물질 현황 DB 구축 및 분석을 통한 효과적인 이물질 방지대책 수립과 활주로 포장면 검사 및 적기 보수로 관련 예산절감이 가능할 것으로 판단됨.
- 국내 이물질 자동탐지 시스템 수요

<표 50> 시스템 도입에 따른 경제적 효과

공항유형	도입예상수량	타입	외산도입단가 (A)	국내양산단가 (B)	절감예상액 (A) - (B) = (C)
민간공항	11	고정식	11본×70억/본	11본×50억/본	220억
민군겸용	8	이동식	8대×8억/대	8대×7억/대	8억
군 활주로	6	이동식	6대×8억/대	6대×7억/대	6억
합 계			882억	648억	234억

- 민간공항에는 고정형으로 전체설치하며, 1본당 1시스템 설치로 가정.
- 민군겸용공항에는 활주로 수량에 관계없이 1대 도입으로 가정.
- 군 활주로는 활주로 수량에 관계없이 1대 도입으로 가정.
- 비용은 직접 비용만 계산한 것으로 간접비용을 포함할 경우 국내개발에 따른 경제적 효과는 훨씬 높아짐.

4절. 타당성 검토 종합(정부지원의 필요성 포함)

- 본 연구를 통해 확보된 ‘활주로내 이물질(FOD) 자동탐지시스템’의 개발은 일부 해외국가에서 개발된 시스템으로, 필요시 전량 수입에만 의존하여야 하는 시스템으로 민간공항을 포함한 군용 활주로에서도 필요성이 인식되어 지속적으로 도입의 필요성이 검토되고 제기되는 시스템으로 개발 시 활용 범위가 넓을 것으로 예상된다.
- 해외사 제품들을 도입할 경우 민간공항 및 군 활주로의 요구 성능을 모두 만족하는 장비가 없음. 민간공항에서 요구하는 성능을 만족하는 회사 제품과 군 활주로의 요구 성능을 만족하는 회사 제품이 서로 다르기 때문에 국내 활주로 특성상 군에서 관리하는 민간공항에는 2개 회사의 제품을 모두 설치해야함. 이는 2개 회사 간 연동 문제뿐만 아니라 공항시설과의 연계 문제를 해결해야 하고, 운용자는 2개 제품을 동시에 운용해야 하므로 불편함과 유지보수 비용이 증가.
- 따라서, 국내 공항 실정에 맞는 탐지시스템을 개발하고, 이를 혼용하여 민간공항 및 군 활주로에서 사용할 수 있도록 개발할 필요가 있기 때문에 정부지원이 반드시 필요.
- 향후 활주로 이물질 자동탐지시스템 개발과 관련하여 센서기술을 포함한 탐색기술, 데이터처리기술 및 통신기술 및 시험·인증 등은 항행안전기술의 선진화와 전문화 기반구축에 기여할 것으로 예상된다.
- 특히, 국가기반시설로서의 공항 및 활주로를 효과적이고 효율적으로 운영하는데 본 연구를 통해 개발된 기술이 크게 기여할 것으로 판단됨.
- 또한 항행안전이라는 요소는 사후 대처에 따르는 막대한 직접적인 비용손실과 그에 따르는 간접적인 손실은 천문학적인 경제적 손실을 유발시키므로 항행안전향상을 위한 선제적인 투자는 필수적인 요소임.

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

<표 51> 개발사업 전체 인력투입계획

주요활동	연도(기간)	인원수	투입인력 (M/M)	예산 (원) (정부출연금 + 민간분담금)
주관 연구기관 (체계개발 및 세부과제관리)	1차년도(6개월)	3	18	111,456,000
	2차년도(12개월)	4	48	297,216,000
	3차년도(12개월)	5	60	371,520,000
	4차년도(12개월)	5	60	371,520,000
	5차년도(12개월)	5	60	371,520,000
공동 연구기관 1 (탐지장치 요소기술 개발)	1차년도(6개월)	8	60	297,216,000
	2차년도(12개월)	17	204	1,263,168,000
	3차년도(12개월)	13	156	965,952,000
	4차년도(12개월)	11	132	817,344,000
	5차년도(12개월)	11	132	817,344,000
공동 연구기관 2 (플랫폼 개발)	1차년도(6개월)	3	18	111,456,000
	2차년도(12개월)	2	24	148,608,000
	3차년도(12개월)	2	24	148,608,000
	4차년도(12개월)	3	36	222,912,000
	5차년도(12개월)	3	36	222,912,000
공동 연구기관 3 (융합데이터 처리시스템 S/W 개발)	1차년도(6개월)	3	24	111,456,000
	2차년도(12개월)	8	96	594,432,000
	3차년도(12개월)	8	96	594,432,000
	4차년도(12개월)	4	48	297,216,000
	5차년도(12개월)	4	48	297,216,000
총합		122	1,380	8,433,504,000

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

○ 인건비 산정기준 (작성원칙)

- 해당 과제 참여연구원의 인건비 기준단계 산정을 목적으로 작성하는 것으로 월 기준 단가는 대학 조교수급으로 산정 (기준 4,300,000원으로 작성, 기준단가는 2011년도 회계예규 "예정가격작성기준" 학술연구용역 인건비기준단가의 대학 조교수 수준 참고).

- 과제난이도, 기술 준비도에 따라 증액율, 확장율을 결정하여 조정.

- 월 기준 인건비 = 4,300,000원×증액율×확장율
(증액율: 세계적 수준과 동일한 연구 수준/ 120% 적용, 확장율: 개발연구/ 120%적용)

- 월 기준 인건비 결정액: 4,300,000원 × 1.2 × 1.2 = 6,192,000원

○ 세부과제 5개 연구내용별 주요 업무를 토대로 총 소요인력을 산출한 결과 979.8m/m의 소요인원과 6,066,921 천원의 비용이 필요한 것으로 산출되었음.

○ 정부출연금과 민간부담금 매칭은 75:25(중소기업기준)으로 산정.

○ 간접비는 인건비+직접비의 10%로 계상.

(영리기관 : 5%, 비영리기관 : 17%이내에서 전체 10%로 계상, 추후 기관별 간접비 규정에 따라 변경)

○ 총 예산은 약 280억으로 책정하되 향후 기획연구결과에 따라 성과물의 인증 비용 및 테스트베드 구축, 개발/제작비용 즉 세부 간 연구비의 재분배가 이루어질 수 있음을 가정.

2. 세부 소요예산

○ 연구비 총괄

[단위 : 천원]

비 목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비 (%)	
인건비	내/외부인건비	631,584	2,303,424	2,080,512	1,708,992	1,708,992	8,433,504	30.35	
직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	0	0	0	500,000	650,000	1,150,000	4.14
		시제품 제작비	0	1,065,000	1,046,000	2,000,000	2,400,000	6,511,000	23.43
		재료비	179,900	557,300	1,281,300	1,617,900	792,900	4,429,300	15.94
	연구 활동비	여비	50,527	184,274	166,441	136,719	136,719	674,680	2.43
		수용비 및 수수료	50,527	184,274	166,441	136,719	136,719	674,680	2.43
		기술정보 활동비	44,211	161,240	145,636	119,629	119,629	590,345	2.12
	연구수당		94,738	345,514	312,077	256,349	256,349	1,265,026	4.55
위탁연구개발비		100000	100000	100000	100000	100000	500,000	1.8	
간접비		157,723	720,154	779,761	971,446	930,196	3,559,280	12.81	
합계		1,309,210	5,621,180	6,078,168	7,547,754	7,231,504	27,787,816	100	

○ 연구개발 목표 및 일정

[단위 : 천원]

연차구분	연구개발목표	연구개발 상세내용 & 범위	연구비
1차년도 (6개월)	기본설계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이물질 자동탐지 시스템 국내외 민·군 활주로 요구 사항 수집 ○ 이물질 자동탐지시스템 운영개념 및 시나리오 개발 민·군 활주로 환경에 따른 최적 이물질 탐지장치 사양도출 민·군 활주로 환경에서 유사시스템 기술 및 성능 시험 ○ 이물질 자동탐지시스템기본설계 레이다 탐지장치부 기본설계 및 제작(1Set) 광학 탐지장치부 기본설계 및 제작(1Set) 레이저 탐지장치부 기본설계 및 제작 (1Set) 플랫폼 기본설계 체계 통합시스템 기본설계 ○ 이물질 자동탐지시스템 마케팅 전략 수립 	1,309,209
2차년도 (12개월)	상세기능설계 &시제품제작	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이물질 자동탐지시스템 기능모듈 상세설계·개발·제작·시험 레이다 탐지장치부 기본시제 설계·개발·제작·시험(4Set) 카메라 탐지장치부 기본시제 설계·개발·제작·시험(3Set) 레이저 탐지장치부 기본시제 설계·개발·제작·시험(2Set) 이동형 플랫폼 기본시제 설계·제작·시험(1Set) 융합데이터 처리시스템 기본시제 설계·개발·제작·시험(2Set) ○ 이물질 자동탐지시스템 통합시험 환경 구축 ○ 이물질 자동탐지시스템 체계통합 및 기능시험 레이다 탐지장치부 보완시제 제작·시험(4Set) 카메라 탐지장치부 보완시제 제작·시험(3Set) 레이저 탐지장치부 보완시제 제작·시험(2Set) 고정형 플랫폼 제작(2Set) 이동형 플랫폼 보완시제 제작·시험(1Set) 융합데이터 처리시스템 보완시제 제작·시험(2Set) 체계 운용시험 ○ 이물질 자동탐지시스템 체계 신뢰성 시험 민·군 활주로 무선통신 영향평가 시험 온도·진동·방수 등 환경시험 EMI-RFI 전자파 시험 ○ 이물질 자동탐지시스템 체계 기능보완 & 시험 	5,621,179
3차년도 (12개월)	체계통합 및 성능시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이물질 자동탐지시스템 체계 현장 운용시험 레이다/광학/레이저 탐지장치부 상용화시제 제작·현장운용(10Set) 고정형 플랫폼 보완시제 제작·현장운용(10Set) 이동형 플랫폼 상용화시제 제작·현장운용(2Set) 융합데이터 처리시스템 상용화시제 제작·현장운용(2Set) 현장 운용시험을 위한 시험환경 구축 및 설치공사 민·군 활주로 현장 기능시험(6개월) 및 보완 ○ 국내외 마케팅 전략 보완 ○ 이물질 자동탐지시스템 상용품 제작 레이다/광학/레이저 탐지장치부 상용품 제작·시험운용(10Set) 고정형 플랫폼 상용품 제작·현장운용(10Set) 이동형 플랫폼 상용품 제작·시험운용(2Set) 융합데이터 처리시스템 상용품 제작·시험운용(고정형/1Set, 이동형/1Set) 민간공항 시험운용 설치공사 ○ FOD 자동탐지시스템 현장 시험운용&보완사항 도출&적용 적용공항 운용교육·시험운용·만족도 평가 ○ 국제 성능인증 수행 ○ 운용(Operational) 절차 개발 & 매뉴얼 작성 ○ 정비(Maintenance) 절차 개발 & 매뉴얼 작성 ○ 국내외 마케팅·홍보·전시회 참가 국내외 민·군 활주로 홍보·전시회 참가·마케팅 활동 	6,078,168
4차년도 (12개월)	현장운용시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이물질 자동탐지시스템 체계 현장 운용시험 레이다/광학/레이저 탐지장치부 상용화시제 제작·현장운용(10Set) 고정형 플랫폼 보완시제 제작·현장운용(10Set) 이동형 플랫폼 상용화시제 제작·현장운용(2Set) 융합데이터 처리시스템 상용화시제 제작·현장운용(2Set) 현장 운용시험을 위한 시험환경 구축 및 설치공사 민·군 활주로 현장 기능시험(6개월) 및 보완 ○ 국내외 마케팅 전략 보완 ○ 이물질 자동탐지시스템 상용품 제작 레이다/광학/레이저 탐지장치부 상용품 제작·시험운용(10Set) 고정형 플랫폼 상용품 제작·현장운용(10Set) 이동형 플랫폼 상용품 제작·시험운용(2Set) 융합데이터 처리시스템 상용품 제작·시험운용(고정형/1Set, 이동형/1Set) 민간공항 시험운용 설치공사 ○ FOD 자동탐지시스템 현장 시험운용&보완사항 도출&적용 적용공항 운용교육·시험운용·만족도 평가 ○ 국제 성능인증 수행 ○ 운용(Operational) 절차 개발 & 매뉴얼 작성 ○ 정비(Maintenance) 절차 개발 & 매뉴얼 작성 ○ 국내외 마케팅·홍보·전시회 참가 국내외 민·군 활주로 홍보·전시회 참가·마케팅 활동 	7,547,755
5차년도 (12개월)	수요처 시험운용 및 상용화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이물질 자동탐지시스템 상용품 제작 레이다/광학/레이저 탐지장치부 상용품 제작·시험운용(10Set) 고정형 플랫폼 상용품 제작·현장운용(10Set) 이동형 플랫폼 상용품 제작·시험운용(2Set) 융합데이터 처리시스템 상용품 제작·시험운용(고정형/1Set, 이동형/1Set) 민간공항 시험운용 설치공사 ○ FOD 자동탐지시스템 현장 시험운용&보완사항 도출&적용 적용공항 운용교육·시험운용·만족도 평가 ○ 국제 성능인증 수행 ○ 운용(Operational) 절차 개발 & 매뉴얼 작성 ○ 정비(Maintenance) 절차 개발 & 매뉴얼 작성 ○ 국내외 마케팅·홍보·전시회 참가 국내외 민·군 활주로 홍보·전시회 참가·마케팅 활동 	7,231,505
개발 기간	54개월 (4년 6개월)	<p style="text-align: center;">총 개발비 : 27,787,816 (정부 : 20,840,000, 민간 : 6,947,816)</p>	27,787,816

○ 인건비 기준표

① 월 기준 단가	② 증 액 율	③ 확 장 율	④ 기 본 급 (①x②x③)
4,300,000	120%	120%	6,192,000

과제 난이도	인건비 증액율(%)	증액률 산정 결과(%)
세계 선도의 최초기술 연구	130%	
세계 최고와 동일한 수준의 연구	120%	√
국내 최고수준의 기술	110%	
국내 자립기술	100%	

기술 준비도 수준	인건비 산정 범위(%)	③ 확장 인건비(%)
기초연구	110%	
응용연구	100%	
개발연구	120%	√

○ 인건비 산출표

[단위 : 원]

주요활동	연도	①인원수	②참여개월수	③참여율	④MM산출 (①x②x③)	⑤실질월당가	⑥금액 (④x⑤)
주관 연구기관 (체계개발 및 세부과제관리)	1차년도	3	6	100%	18	6,192,000	111,456,000
	2차년도	4	12	100%	48	6,192,000	297,216,000
	3차년도	5	12	100%	60	6,192,000	371,520,000
	4차년도	5	12	100%	60	6,192,000	371,520,000
	5차년도	5	12	100%	60	6,192,000	371,520,000
공동 연구기관 1 (탐지장치 요소기술 개발)	1차년도	8	6	100%	60	6,192,000	297,216,000
	2차년도	17	12	100%	204	6,192,000	1,263,168,000
	3차년도	13	12	100%	156	6,192,000	965,952,000
	4차년도	11	12	100%	132	6,192,000	817,344,000
	5차년도	11	12	100%	132	6,192,000	817,344,000
공동 연구기관 2 (플랫폼 개발)	1차년도	3	6	100%	18	6,192,000	111,456,000
	2차년도	2	12	100%	24	6,192,000	148,608,000
	3차년도	2	12	100%	24	6,192,000	148,608,000
	4차년도	3	12	100%	36	6,192,000	222,912,000
	5차년도	3	12	100%	36	6,192,000	222,912,000
공동 연구기관 3 (융합데이터 처리시스템 S/W 개발)	1차년도	3	6	100%	24	6,192,000	111,456,000
	2차년도	8	12	100%	96	6,192,000	594,432,000
	3차년도	8	12	100%	96	6,192,000	594,432,000
	4차년도	4	12	100%	48	6,192,000	297,216,000
	5차년도	4	12	100%	48	6,192,000	297,216,000

○ 인건비 집계표

[단위 : 천원]

주요활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
주관 연구기관 (체계개발 및 세부과제관리)	111,456	297,216	371,520	371,520	371,520	1,523,232
공동 연구기관 1 (탐지장치 요소기술 개발)	297,216	1,263,168	965,952	817,344	817,344	4,161,024
공동 연구기관 2 (플랫폼 개발)	111,456	148,608	148,608	222,912	222,912	854,496
공동 연구기관 3 (융합데이터 처리시스템 S/W 개발)	111,456	594,432	594,432	297,216	297,216	1,894,752
합 계	631,584	2,303,426	2,080,515	1,708,996	1,203,725	8,433,504

○ 연구시설 및 장비비

- 연구시설 및 장비비 산출표

[단위 : 천원]

구 분	3천만원 이상	3천만원 미만	합계(원)
1차년도	0	0	0
2차년도	0	0	0
3차년도	0	0	0
4차년도	500,000	0	500,000
5차년도	650,000	0	650,000
합계	1,150,000	0	1,150,000

- 연구시설 및 장비비 산출내역(3천만원 이상)

[단위 : 천원]

주요활동	연차	시설 구축	용도	비용(천원)	합계
군 활주로 테스트베드 구축	4차년도	중계기 설치공사	무선통신 시설 구축	150,000	150,000
		보관 장소 구축	원격통제기	57,000	160,000
			탐지장비	47,000	
			플랫폼	55,000	
		광통신 케이블 설치공사	통신선로 공사	120,000	120,000
전기공사	탐지장비 전원용	70,000	70,000		
민간공항 테스트베드 구축	5차년도	중계기 설치공사	무선통신 시설 구축	185,000	185,000
		보관 장소 구축	원격통제기	65,000	180,000
			탐지장비	55,000	
			플랫폼	60,000	
		광통신 케이블 설치공사	통신선로 공사	150,000	150,000
		전기공사	탐지장비 전원용	90,000	90,000
시설 임대료	테스트베드 이용	45,000	45,000		

○ 시제품 제작비

- 시제품 제작비 산출표

[단위 : 천원]

구분	1천만원 이상	1천만원 미만	합계(원)
1차년도	0	0	0
2차년도	1,065,000	0	1,065,000
3차년도	1,046,000	0	2,046,000
4차년도	2,000,000	0	2,000,000
5차년도	2,400,000	0	2,400,000

- 시제품 제작비 산출내역 (1천만원 이상 시제품 제작)

[단위 : 천원]

주요활동	연차	시제품명	주요기능	비용(원)	합계
주관 연구기관 (체계개발 및 세부과제관 리)	1차	체계기본설계		-	1,596,000
	2차	체계상세설계	· 체계 성능시험 절차서 · 체계 운용절차서 · 이물질 탐지효과도 분석 절차서	450,000	
	3차	체계통합 및 시험	· 신뢰성 시험절차서 · 체계 통합 및 체계 성능 시험결과 분석 · 운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 체계 보완 설계	346,000	
	4차	현장운용 및 인증시험	· 현장운용시험절차서 · 체계 현장운용시험 및 공항 안전성 평가 · 공군 현장요원 만족도 평가 · 보완사항 도출 및 체계 보완 설계	400,000	
	5차	수요처 시범운용 및 상용화 추진	· 시범운용 시험절차서 · 시범운용 시험 및 공항 안전성 평가 · 시범공항 만족도 평가 · 각종 매뉴얼 작성 · 국내외 홍보물 제작 · 국제 공인인증	400,000	
공동 연구기관 1 (탐지장치 요소기술 개발)	1차	탐지장비 기본설계	· 레이더 장치 기본설계·제작		2,600,000
	2차	탐지장치 상세설계 및 기본시제 제작	· 레이더 장치 상세설계·제작·성능시험 · 레이저 탐지장치 상세설계·제작·성능시험 · 광학카메라 장치 상세설계·제작·성능시험 · 이물질 자동탐지 알고리즘 상세설계·제작·성능시험	300,000	
	3차	탐지장치 기본시제 시험	· 탐지장치 시제 최적화 · 이물질 자동탐지 S/W 최적화 · 운용시험 및 결과분석 · 탐지장치 신뢰성 검증시험 결과분석 · 현장운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 탐지장치 보완	600,000	
	4차	탐지장치 보완시제 제작 및 운용	· 수요처 현장운용을 위한 탐지장치 제작 (2세트) · 현장운용시험 및 결과분석 · 이물질 탐지 효과도 평가 · 보완사항 도출 및 탐지장치 상용화 보완 개발	700,000	
	5차	탐지장치 상용품 제작 및 시범운용	· 시범운용을 위한 상용품 탐지장치 제작 (5세트) · 시범운용 시험 및 결과분석 · 이물질 탐지 효과도 평가	1,000,000	

공동 연구기관 2 (플랫폼 개발)	1차	플랫폼 기본설계		-	1,715,000
	2차	플랫폼 상세설계 및 기본시제 제작	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 상세설계·제작·성능시험 · 이물질 수거장비 상세설계·제작·성능시험 	165,000	
	3차	플랫폼 기본시제 시험	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 시제 최적화 · 운용시험 및 결과분석 · 플랫폼 신뢰성 검증시험 결과분석 · 현장운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 플랫폼 보완 	600,000	
	4차	플랫폼 보완시제 제작 및 운용	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 현장운용을 위한 플랫폼 제작 (2 세트) · 현장운용시험 및 결과분석 · 플랫폼 효과도 평가 · 보완사항 도출 및 플랫폼 상용화 보완개발 	450,000	
	5차	플랫폼 상용품 제작 및 시범운용	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운용을 위한 상용품 플랫폼 제작 (1 세트) · 민간공항 시범운용 시험 및 결과분석 	500,000	
공동 연구기관 3 (융합데이터 처리시스템 S/W 개발)	1차	융합데이터 처리시스템 기본설계		-	1,600,000
	2차	융합데이터 처리시스템 상세설계 및 기본시제 제작	<ul style="list-style-type: none"> · 탐지장비 운용전시기 상세설계·제작·성능시험 · 영상처리 소프트웨어 상세설계·제작·성능시험 · 통신장비 상세설계·제작·성능시험 · 다중 영상 압축/복원기법 상세설계·제작·성능시험 · 2D 및 3D 지형데이터 처리기법 상세설계·제작·성능시험 	150,000	
	3차	융합데이터 처리시스템 기본시제 시험	<ul style="list-style-type: none"> · 융합데이터 처리시스템 시제 최적화 · 융합데이터 처리 S/W 최적화 · 운용시험 및 결과분석 · 통신장비 신뢰성 검증시험 · 현장운용시험 및 결과분석 · 보완사항 도출 및 융합데이터 처리시스템 보완 	500,000	
	4차	융합데이터 처리시스템 보완시제 제작 및 운용	<ul style="list-style-type: none"> · 수요처 현장운용을 위한 융합데이터 처리시스템 제작 (2세트) · 현장운용시험 및 결과분석 · 융합데이터 처리시스템 만족도 평가 · 보완사항 도출 및 상용화 보완개발 	450,000	
	5차	융합데이터 처리시스템 상용품 제작 및 시범운용	<ul style="list-style-type: none"> · 시범운용을 위한 상용품 제작 (1세트) · 시범운용 시험 및 결과분석 · 각종 메뉴얼 작성 지원 · 국내외 홍보물 제작 지원 · 국제 공인인증 인증지원 	500,000	

○ 여비 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로비율설정)	합계(천원)
1차년도	631,584	8%	50,527
2차년도	2,303,424	8%	184,274
3차년도	2,080,512	8%	166,441
4차년도	1,708,992	8%	136,719
5차년도	1,708,992	8%	136,719
합계			674,680

○ 수용비 및 수수료 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로비율설정)	합계(천원)
1차년도	631,584	8%	50,527
2차년도	2,303,424	8%	184,274
3차년도	2,080,512	8%	166,441
4차년도	1,708,992	8%	136,719
5차년도	1,708,992	8%	136,719
합계			674,680

○ 기술정보활동비 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로비율설정)	합계(천원)
1차년도	631,584	7%	44,211
2차년도	2,303,424	7%	161,240
3차년도	2,080,512	7%	145,636
4차년도	1,708,992	7%	119,629
5차년도	1,708,992	7%	119,629
합계			590,345

○ 연구수당 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로비율설정)	합계(천원)
1차년도	631,584	15%	94,738
2차년도	2,303,424	15%	345,514
3차년도	2,080,512	15%	312,077
4차년도	1,708,992	15%	256,349
5차년도	1,708,992	15%	256,349
합계			1,265,027

○ 직접비 집계표

비 목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비 (%)
연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	0	0	0	500,000	650,000	1,150,000	7.52
	시제품 제작비	0	1,065,000	1,046,000	2,000,000	2,400,000	6,511,000	8.53
	재료비	179,900	557,300	1,281,300	1,617,900	792,900	4,429,300	63
연구 활동비	여비	50,527	184,274	166,441	136,719	136,719	674,680	4.41
	수용비 및 수수료	50,527	184,274	166,441	136,719	136,719	674,680	4.41
	기술정보활동 비	44,211	161,240	145,636	119,629	119,629	590,345	3.86
연구수당		94,738	345,514	312,077	256,349	256,349	1,265,026	8.27
합계		436,250	2,497,604	3,117,898	4,767,320	4,492,321	15,295,031	100%

○ 간접비 집계표

구 분	인건비(천원)	직접비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정) (인건비+직접비)*비율	합계(천원)
1차년도	631,584	419,902	15%	157,723
2차년도	2,303,424	2,497,601	15%	720,154
3차년도	2,080,512	3,117,895	15%	779,761
4차년도	1,708,992	4,767,317	15%	971,446
5차년도	1,708,992	4,492,317	15%	930,196
합계				3,559,280

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템 개발																															
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 활주로 이물질 자동 탐지를 위한 고정형 및 이동형 시스템 개발 ○ 고정형과 이동형 시스템에 대한 FAA 인증(Performance Assessment) 획득 ○ 이동형 시스템은 1차년도 수행과정에서 개발 타당성 및 수요 등을 검토하여 개발 여부를 결정 <ul style="list-style-type: none"> - 이동형 시스템에 장착되는 ‘레이저 방식’의 경우도 1차년도 수행과정에서 개발 타당성 및 수요 등을 검토 하여 개발에 포함할지 여부를 결정 																															
	○ 성능목표																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>고정형</th> <th>이동형</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>센서구성(안) (변경가능)</td> <td>레이더 + EO/IR</td> <td>레이더 + EO/IR + 레이저 레이저는 탈부착가능</td> </tr> <tr> <td>기본기능</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> ○ 통합운영 시스템 1set - 고정 및 이동형 탐지 장치 통합 운영 및 전시 기능 - 다수 활주로 실시간 통합 운영을 위한 확장성 제공 - 공항 내 설치된 항행시스템과의 연계 운용 기능 - 운항 정보 관리 시스템 연계기능 - FOD 탐지 관련 DB 및 통계자료 자동생성 기능 </td> </tr> <tr> <td>최소 탐지대상물 질</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발하고, - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단 기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발 (레이저 적용시는 2mm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발) - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용 </td> </tr> <tr> <td>탐지거리</td> <td>400m 이상</td> <td>-레이더 전방탐지거리 100m 이상 -레이저 스캔탐지 폭 20m 이상 -이동속도 60km/h 이상</td> </tr> <tr> <td>위치 정확도</td> <td>1m 이내</td> <td>1m 이내</td> </tr> <tr> <td>탐지 갱신주기</td> <td>4분 이내</td> <td>해당없음</td> </tr> <tr> <td>탐지시간</td> <td>1분이내</td> <td>실시간 처리</td> </tr> <tr> <td>탐지 확률</td> <td>>95%</td> <td>>95%</td> </tr> <tr> <td>최소탐지RCS</td> <td>-30dBsm</td> <td>-30dBsm</td> </tr> </tbody> </table>		구 분	고정형	이동형	센서구성(안) (변경가능)	레이더 + EO/IR	레이더 + EO/IR + 레이저 레이저는 탈부착가능	기본기능	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합운영 시스템 1set - 고정 및 이동형 탐지 장치 통합 운영 및 전시 기능 - 다수 활주로 실시간 통합 운영을 위한 확장성 제공 - 공항 내 설치된 항행시스템과의 연계 운용 기능 - 운항 정보 관리 시스템 연계기능 - FOD 탐지 관련 DB 및 통계자료 자동생성 기능 		최소 탐지대상물 질	<ul style="list-style-type: none"> - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발하고, - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단 기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발 (레이저 적용시는 2mm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발) - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용 	탐지거리	400m 이상	-레이더 전방탐지거리 100m 이상 -레이저 스캔탐지 폭 20m 이상 -이동속도 60km/h 이상	위치 정확도	1m 이내	1m 이내	탐지 갱신주기	4분 이내	해당없음	탐지시간	1분이내	실시간 처리	탐지 확률	>95%	>95%	최소탐지RCS	-30dBsm	-30dBsm
구 분	고정형	이동형																														
센서구성(안) (변경가능)	레이더 + EO/IR	레이더 + EO/IR + 레이저 레이저는 탈부착가능																														
기본기능	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합운영 시스템 1set - 고정 및 이동형 탐지 장치 통합 운영 및 전시 기능 - 다수 활주로 실시간 통합 운영을 위한 확장성 제공 - 공항 내 설치된 항행시스템과의 연계 운용 기능 - 운항 정보 관리 시스템 연계기능 - FOD 탐지 관련 DB 및 통계자료 자동생성 기능 																															
최소 탐지대상물 질	<ul style="list-style-type: none"> - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발하고, - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단 기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - FAA 기준 이상을 만족하되 - 2cm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발 (레이저 적용시는 2mm 이상의 물체도 센싱될 수 있도록 개발) - 2cm 이상의 물체에 대해서는 탐지대상물질 및 크기, 판단기준, 시험평가 방법 등을 개발하여 적용 																														
탐지거리	400m 이상	-레이더 전방탐지거리 100m 이상 -레이저 스캔탐지 폭 20m 이상 -이동속도 60km/h 이상																														
위치 정확도	1m 이내	1m 이내																														
탐지 갱신주기	4분 이내	해당없음																														
탐지시간	1분이내	실시간 처리																														
탐지 확률	>95%	>95%																														
최소탐지RCS	-30dBsm	-30dBsm																														

구 분	고정형	이동형
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		- 차량내 실시간 처리 및 전사제어 기능 - 무선통신기능 장착 - 이물질 수검치 정확연동기능 보유
	기타 정의되지 않은 기준은 ICAO, FAA, RTCA의 관련문서 기준적용	기타 정의되지 않은 기준은 ICAO, FAA, RTCA의 관련문서 기준적용

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

- 정부의 항공 교통안전 선진화계획에서 OECD 수준의 항공 안전시스템 체계화를 통한 항공안전기술의 선진화에 부합한 공항 안전에 필수적인 공항 이동지역 내 이물질(FOD) 자동탐지시스템 개발이 필요
- 미국 Wright Patterson AFB 항공연구소 조사결과에 따르면 전 세계 공항에서 공항 이동지역 내 이물질(FOD)에 의해 연간 2억불 이상 피해 발생.
- 2000년 샤를 드골 공항에서는 FOD로 인한 인명사고로 113명이 사망한 전례가 있음
- 국내에서는 인명사고로 이어지지는 않았지만 FOD로 인한 항공기 엔진사고가 발생한 일이 있으며, 각 공항이 FOD로 인하여 정비 비용을 포함한 상당한 직간접의 경제적 손실이 발생하고 있음.
- 인명사고가 발생하지는 않았지만 앞으로 발생하지 않는다는 보장을 할 수 없기 때문에 반드시 필요함
- 현재 공항에서는 이물질 피해 방지를 위해 육안으로 점검하고 있으나 우천, 야간 등은 점검이 불가하고, 활주로 전 구간 점검 시 많은 시간 소요되므로 환경적 제약을 받지 않는 전천후 과학적 탐지시스템 구축 필요
- 본 연구개발을 통하여 국내환경에 최적화된 제품이 없어 도입되지 못하고 있는 자동탐지시스템을 국내공항에 구축/운영하여 이물질에 의한 사고를 사전에 예방하고 감소시키고자 함
- FAA에서 요구하는 권고사항을 충족하고 인증을 획득함으로써 기술경쟁력 확보 및 해외시장 개척이 가능함
- 국내 환경에 적합한 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지시스템을 개발하여 공항운영의 효율성 향상과 함께 해외공항 운영 컨설팅 등에 활

용하여 공항운영과 관련된 기술수출국으로 지위를 공고히 할 필요 있음

□ 기술동향

- 이물질(FOD) 탐지 시스템은 레이더와 광학 카메라 또는 전자 광학 카메라, 열 영상 카메라를 이용하여 개발이 이루어지고 있으며 레이더의 주파수별 특성 또는 안테나 패턴 등을 고려한 이물질 탐지 기법들에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음
- 전자광학 카메라만을 이용하는 시스템의 경우 주야간 고해상도 영상자료의 효과적인 처리를 통하여 활주로 감시, 이물질의 탐지 및 추적 등이 수행되고 있으며 기상조건에 의한 영상왜곡이나 안개, 눈, 비등에 의한 저시정 상황 발생빈도가 적은 지역에서의 설치 만족도는 높은 수준으로 평가됨
- 광학카메라방식은 금속·비금속 구별 없이 높은 해상도를 통해 이물질을 정확하게 식별할 수 있는 능력을 지니고 있으나 활주로상의 복사열등에 의한 영상왜곡 및 그림자 등에 의한 오경보 발생 가능성 상존
- 레이더 방식의 이물질의 탐지시스템은 기상조건에 영향을 거의 받지 않는 유일한 전천후 센서로써 오경보율을 줄이고 해상도 및 위치 정확도를 높이기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있음
- 그러나 레이더는 광학 카메라에 비하여 해상도가 낮을 뿐 만 아니라 배경 클러터, 간섭, 열잡음 및 기타 잡음으로 인한 오경보가 발생할 수 있으며 탐지된 이물질의 정확한 추가적인 확인 등은 대부분 열 영상 또는 광학카메라에 의존하는 문제점이 있음. 또한 비금속 재질로 된 물체와 같이 레이더 반사면적(RCS, Radar Cross Section)이 낮은 이물질에 대해서는 수신신호가 미약하여 탐지성능이 저하 될 수 있음
- 열영상방식 이물질 탐지시스템은 물체에서 나오는 적외선 스펙트럼을 이용하여 물체의 표면 온도를 감지하여 이물질을 탐지하는 시스템으로 야간에 광원이 없는 경우에 사용이 가능한 장점이 있으나 해상도가 낮고 활주로는 열평형 상태에 들어간 이물질은 탐지가 불가능한 단점이 있음
- 렌즈 기술의 발전을 통한 비냉각 방식의 성능 향상을 통해 저렴한 가격의 열영상방식 이물질 탐지시스템 개발이 향후 이루어질 수 있을 것으로 보임
- 각 센서별로 한계가 있는 만큼, 하이브리드 형태를 통해 각 센서의 장점들만을 취하며, 항행에 방해가 되지 않는 적절한 높이의 타워 설치 및 센서의 수를 파악하여 항공사 요구사항을 만족할 수 있는 최적화된 운용 개념 및 그에 따른 성능을 발휘할 수 있는 기술 개발이 요구됨.

3. 연구개발내용

- 체계개발 및 세부과제 관리
 - 체계 개발
 - 체계 성능시험 및 검증
 - 테스트베드 구축 및 시범운용
 - 상용화 추진
- 탐지장치 기술개발 및 제작
 - 레이더, 카메라, 레이저 기능 등을 활용한 탐지장비 개발
 - 레이더 센서로 인한 전파간섭이 발생하지 않도록 개발
 - 탐지장치 성능 시험 및 검증
 - 탐지장치 상용품 제작
 - 상용화를 위한 각종 매뉴얼 작성
- 플랫폼 개발 및 제작
 - 플랫폼 및 영상처리장치 개발
 - 이동형의 경우 이물질 수거장비 개발
 - 플랫폼 및 영상처리장치 성능 시험 및 검증
 - 플랫폼 및 영상처리장치 상용품 제작
 - 상용화를 위한 각종 매뉴얼 작성
- 융합데이터처리시스템 S/W 기술개발 및 구현
 - 탐지장비 운용 전시기 개발
 - 영상처리 소프트웨어 개발
 - 통신 장비 개발
 - 탐지장비 운용 전시기 및 소프트웨어 성능 시험 및 검증
 - 탐지장비 운용 전시기 및 소프트웨어 상용품 제작
 - 상용화를 위한 각종 매뉴얼 작성
- 국외 인증
 - FAA 기준 적합성 인증계획 수립 및 인증

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 이물질 자동탐지시스템 개발은 상용화 진입을 목표로 진행되며, 다음과 같은 추진 전략을 가지고 개발 및 인증을 수행
 - 이물질 자동탐지시스템 개발 사업은 개발 및 자체시험 등을 통한 성능 입증 후 테스트베드를 구축하여 고정형 및 이동형 장비 테스트 및 시범운용 하며, 최종 보완 후 제3자에 의한 평가 실시
 - 상용시스템의 전자파 인증을 포함한 환경시험 등의 기타 표준 인증 등은 FAA에서 제시한 기준 이상을 만족하여야 함
 - 1차년도(기본설계 단계)
 - 민·군 항공기 이동지역 요구사항을 수집하고 운영개념 및 시나리오 개발
 - 이물질 자동탐지시스템 기본 설계 및 마케팅 전략 수립
 - FAA 인증을 포함한 국내외 인증관련 방안수립
 - 이동형 시스템의 개발 타당성 및 수요 등을 검토
 - 이동형 시스템에 장착되는 ‘레이저 방식’의 경우도 개발 타당성 및 수요 등을 검토
 - 2차년도(상세기능설계 및 시제품제작 단계)
 - 이물질 자동탐지시스템 기능모듈 상세설계·개발·제작
 - 기능모듈 별 단위시험 수행
 - 통합시험 환경 설계 및 구축
 - 3차년도(체계통합 및 성능시험 단계)
 - 이물질 자동탐지시스템 체계통합 및 기능 시험 수행
 - 신뢰성 시험 및 체계 기능 보완
 - 국내 인증관련 상세기준 및 시험방안 도출, 인증 추진
 - 4차년도(현장 운용시험 단계)
 - 이물질 자동탐지 시스템 체계 현장 운용시험 수행
 - 국내외 마케팅 전략 보완
 - 5차년도(수요처 시범운용 및 상용화 단계)
 - 이물질 자동탐지 시스템 상용품 제작 및 보완
 - 현장 시범운용을 통한 보완사항 도출 및 만족도 평가
 - 국내외 마케팅·홍보·전시회 참가
 - FAA 인증 시험 및 추가 보완
 - 6차년도(FAA 인증 시험 및 획득 단계)
 - FAA 인증 시험 및 추가 보완

- FAA 인증 획득

○ 개발기술의 상용화 목표 구축 및 판매, 유지보수 비용은 해외제품 대비 가격 경쟁력을 가질 수 있도록 연구개발 추진

□ 추진체계 ○ 본 기술개발 사업은 공항 항공기 이동지역 이물질(FOD) 자동탐지 시스템을 국산화하는 과제로서, 핵심기술 개발과 개발된 기술의 실용화 및 사업화를 동시에 추진하기 위하여 다음과 같이 공동연구진을 구성하여 연구개발 추진

- 이물질 자동탐지시스템 기술 국산화와 관련된 기술개발을 추진할 수 있는 전문기업의 참여 및 이를 공동으로 추진할 연구기관의 참여
- 개발된 이물질 자동탐지시스템의 FAA 인증을 획득하고 실제로 적용하여 활주로 등에서 시범운행을 추진할 수 있는 기관 또는 기업의 참여

○ 과제 내 공동연구진 구성 시 주관연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관이 연구를 수행하여야 하며, 공동연구진 구성 시 과제수행 역할을 고려하여 구성하도록 함

- 산·학·연·관 역할 분담 및 공조체제에 의한 연구개발 추진체계의 효율화 및 기술 확보 가속화를 고려하도록 함

○ 공동연구진 구성 시 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구 추진의 효율성 도모

5. 최종성과물

□ 주요

최종성과물

○ 통합운영 시스템 1식

- 1본의 활주로에서 성능을 입증할 수 있어야 함.

○ 고정형 자동 탐지 장치 1식

- 1본의 활주로에서 성능을 입증할 수 있어야 함.

○ 이동형 자동 탐지 장치 1식(추진시)

- 1본의 활주로에서 성능을 입증할 수 있어야 함.

○ 자동 탐지 장치 개발 보고서

○ 테스트베드 시범운용 보고서

○ 공인인증 기관 시험 성적서

○ 운용 및 유지보수 매뉴얼

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

- 민간 및 군 공항에서 순차적으로 설치 추진
 - 이물질 자동탐지시스템을 공항에 적용함으로써, 실시간 이물질 탐지 및 제거가 가능하므로 항공기 안전 확보와 공항관리 효율성 재고
 - 민간공항은 고정형 또는 이동형을, 군 공항에는 이동형 시스템 설치 추진
 - 활주로 이외의 지역에도 필요에 따라 이동형 시스템 설치 예정

□ 기대효과

- 기술적 측면
 - 활주로상의 이물질을 육안에 의존하는 원시적인 방지대책이 아닌, 주야 및 기상조건에 제한을 받지 않고, 앞선 국내 광학, 열상, 레이저, 레이다 탐지기술을 활용 실시간·정확·효율적 탐지가 가능한 탐지장비 개발 가능
 - 레이저방식 적용시 최소 2mm 크기의 소형 이물질까지 탐지할 있는 개발기술을 활용하여 해안 감시/경계, 도로 위험물 실시간 감시 등의 유사 분야로 응용기술로 직접 활용 가능
 - 이물질 현황 D/B 구축 및 분석을 통한 효과적인 이물질 방지대책 수립과 비행포장면 검사 및 적기 보수로 항해안전 확보 도모
 - 국가, 지역, 수요처 별로 다른 운용환경에 최적화 가능한 다양한 기술력 확보로 해외사업 등에 솔루션 기술로 활용
- 사회·경제적 측면
 - 이물질 자동탐지시스템을 공항에 적용함으로써, 실시간 이물질 탐지 및 제거가 가능하므로 항공기 안전 확보와 공항관리 효율화에 크게 기여
 - 외국장비 수입대비 비용 절감 효과를 보면, 고정식 Trex 장비의 경우 1개 활주로를 모두 커버하기 위해서는 약 70억~90억 정도 구매/설치비용이 발생하며, 유지보수 비용 또한 고비용 예상됨
 - 이동식 탐지시스템을 국산화하여 운용할 경우 할 경우 약 7억원 이내의 비용이 발생할 것으로 예상되며, 유지보수 비용이 적게 들고 빠른 시간 내 수리가 가능하다는 장점이 있음
 - 국산화 이물질 자동탐지시스템을 운용함으로써 이물질 탐지/제거작업 효율성 증대 및 소모성 제거장비 획득 불필요에 따른 예산절감 효과 높음

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2015.12 ~ 2021.12 (6년)
 - 1차년도 연구기간 : 2015.12 ~ 2016.6 (6개월)
 - 2차년도 연구기간 : 2016.6 ~ 2017.4 (10개월)

- 3차년도 연구기간 : 2017.4 ~ 2018.4 (12개월)
- 4차년도 연구기간 : 2018.4 ~ 2019.4 (12개월)
- 5차년도 연구기간 : 2019.4 ~ 2020.4 (12개월)
- 6차년도 연구기간 : 2020.4 ~ 2021.12 (20개월)

○ 총 정부출연금 : 20,192백만원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 721백만원 이내

- 2차년도 정부출연금 : 3,365백만원 이내

※ 전문기관 위탁수수료 제외한 금액임

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 고정형 시스템 개발예산, 이동형 시스템 개발예산, 이동형 시스템의 경우 레이저 센서 제외시 개발예산을 각각 연차별로 구분하여 제시

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야함

○ 기획보고서상의 연구개발 일정은 5년이나, FAA 인증 획득을 위해 연구비증액 없이 1년을 연장하였음을 참고하여 연구개발계획서 작성

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

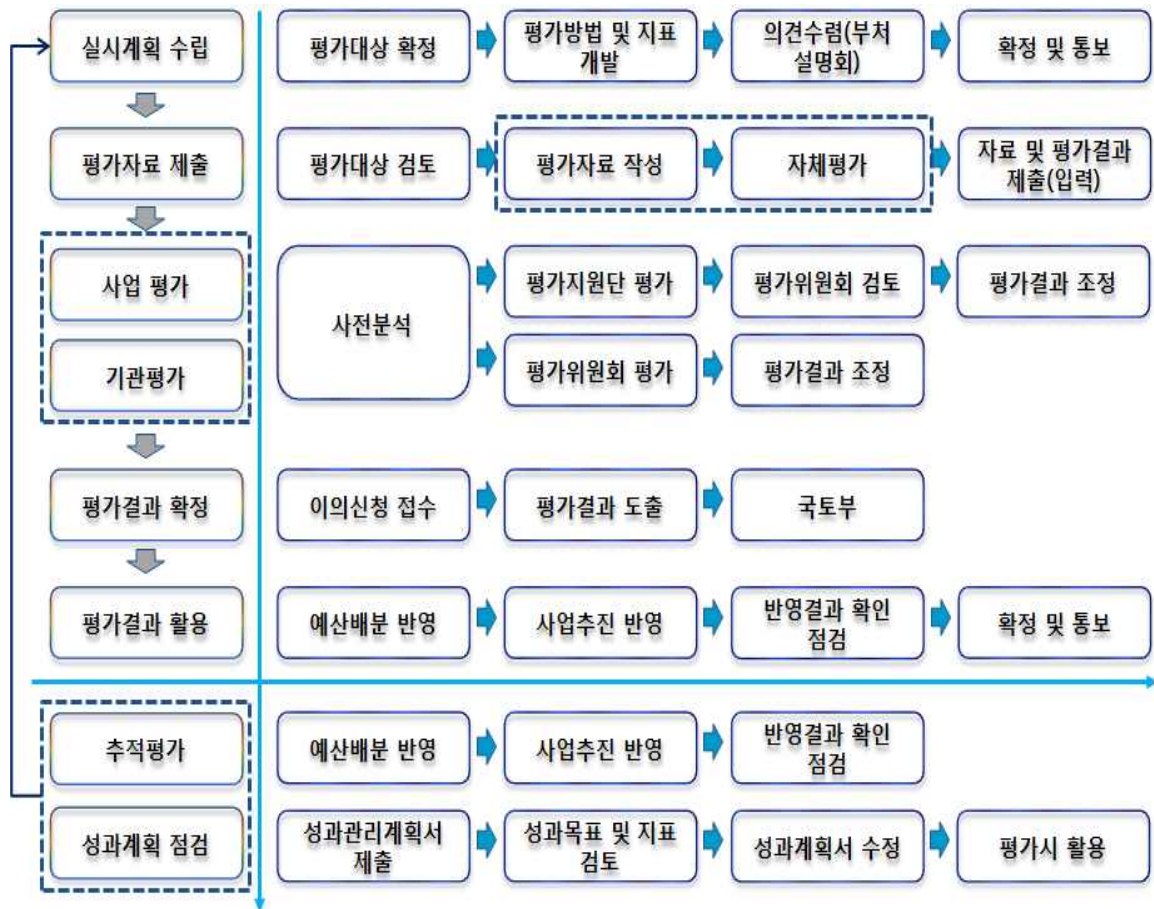
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

- 연구기관 간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 개발방법론, 관리계획 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

2절. 평가기준 설정

- 사업의 효율성 및 투명성을 제고하기 위해서 국토교통과학기술진흥원을 중심으로 전문가 등으로 구성된 ‘활주로내 이물질 자동탐지시스템 개발’ 성과평가위원회 구성.
- 구성된 성과평가위원회는 사업관리 실태를 평가하는 기관역량평가와 사업성과평가를 실시하여 성과평가 종합보고서를 작성하고 해당 부처 및 기관에 송부하여 업무에 활용할 수 있도록함.
- 사업 연차 및 단계평가와 전체 사업 평가를 연계하고, 사업초기 및 연도별 사업 연도 초기의 지표설정 단계에서부터 참여기관 간 공동대응.



주 의

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