Ⅳ. 편집순서별 서식

1. 표 지

(뒷면) (옆면) (앞면)

3㎝

11PT
SI-C
06136
7-01

4㎝

감
마
선

투
과
영
상
기
반
의

내
륙
화
물
검
색
기
술

개
발
기
획
(견고딕
14p)

2002
(견고딕13
p)

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원
(견고딕
17p)

Land Transpot and Maritime
R&D Report

(견고딕 25p)

5㎝

3㎝

교통체계효율화사업 기획 최종보고서 (견고딕13p)

3㎝

0.5㎝ R&D / 11PTSI-C061367-01

2.5㎝ 9㎝

(견고딕31p) 5㎝

감마선 투과영상기반의 내륙화물 검색기술 개발기획 최종보고서

(0.1㎝)

2012. 05. 26.

0.15㎝ (견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국산업기술시험원 2㎝

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "감마선 투과영상기반의 내륙화물 검색 기술 개발 기획"(연구기간 : 2011.12.27～2012.05.26) 과제 최종보고서를 제출합니다.

2012. 05. 26

주관연구기관명 : 한국산업기술시험원
주관연구책임자 : 정 완 수
연 구 원 : 문 종 수
" : 배 윤 경
" : 이 민 수
" : 유 동 훈
" : 이 동 은
" : 김 국 성

보고서요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11PTSI-C061367-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.12.27.~
2012.05.26</td><td>단 계</td><td>1차년도</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">교통체계효율화사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">감마선 투과영상기반의 내륙화물 검색 기술 개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">정 완 수</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 7명
내부 : 7명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 96,000천원
기업 : 천원
계 : 96,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 7명
내부 : 7명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 96,000천원
기업 : 천원
계 : 96,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국산업기술시험원
산업표준본부</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 : -</td><td colspan="3">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 : -</td><td colspan="3">연구책임자 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면
수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">○ 국내에 설치 운영되는 위험물/금수품검색 장비는 본래 설치목적이 폭발물이나 화학물질, 화약, 인화물질 검색과 검출이 아닌 밀수 및 금수품 검색과 색출을 위한 엑스레이 투시장비로 1세대 기초 검색장비지만 그나마 국내는 생산능력이 없어 전량 수입에 의존하고 있음
○ 세계 각국의 항공수화물 운송과 해운운송에 요구되는 첨단검색장비는 국내 생산이 없으며 가격은 대당 50억-100억의 고가 제품으로 국내 대테러방지를 목적으로 설치가 필요한 공항과 항만, 발전소, 핵시설, 중요기간산업시설, 정부청사, 철도, 지하철 등등으로 검색대상 물질 종류별로 검색장비를 설치해야 함으로 천문학적 예산이 요구됨
○ 미국 911테러 이후 미국수입화물에 대해 100% 사전검색을 의무화한 항만보안법(2014년 시행)에 대응을 위해 신종 폭발물, 비금속 위험물질 등 밀수 금지화물 검색 관련기술 기획
- 감마선 투과방식을 이용하여 취득한 영상을 기반으로 정해진 기준에 따라 합격여부를 판정할 수 있는 감마선 검색시스템의 설계·제작과 통관과 관련된 국내외 모든 물류시설에 적용 가능하도록 실용화를 위한 기술기준을 정립하는 기획연구 수행
- 화물 검색기술이 적용되는 공항, 내륙물류시설, 항만 등에서 사용하는 검색기에 대한 국내외 기술동향 및 수준 등 현 여건을 심층적으로 분석하여 기술적 가능성 및 경제적 타당성 을 검토
- 기술개발에 대한 단계적 추진방안(예산, 기간 등 포함)과 실용화 및 보급을 위한 세부 추진전략 및 방향 등을 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개
이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">엑스레이 검색시스템, 감마레이 검색시스템, 감마레이분광학, 화물검색시스템</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">gamma ray inspection system, gamma-ray spectroscopy, cargo inspection system</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

감마선 투과영상기반의 내륙화물 검색 기술 개발 기획

Ⅱ. 기획연구의 배경과 필요성

국제적으로 항만컨테이너 화물 검색분야는 미국의 9.11 테러이후 대량살상무기(WMD)를 차단을 목적으로 영상검색에서 영상검색 및 방사능 검출을 요하는 패러다임의 변화를 요구하고 있으며, 기존 X-선 내륙화물 검색 장비는 검색 영상만을 획득하여 분석하고 있으며, 방사능 검출은 불가능 하여 폭발물 및 위험물질등에 대한 정확한 검색이 불가능한 상황임.

또한 기존 항만 컨테이너 화물검색 시스템은 전량 수입에 의존하고 있는 실정이므로 감마선 영상기반 내륙화물 검색시스템을 개발하여 화물 검색 분야 패러다임 변화의 요구에 신속하게 대응하고 요소별 원천기술을 확보하여 국산화를 통한 수입대체는 물론 물류보안분야 세계시장의 경쟁력을 확보함을 목적으로 함

감마선 검색시스템 개발의 필요성

감마선 및 X선 검색시스템의 비교분석

Ⅲ. 연구개발의 범위 및 내용

● 연구범위

1. 기술개발 전략수립
   1) 국내외 정책, 기술, 시장 동향 및 환경 분석
   2) SWOT 분석 및 대응전략

2. 기술개발 전략수립
   1) 과제 비전, 최종목표, 추진전략
   2) 중점추진분야 설정

3. 중점추진 우선과제 도출
   1) 후보과제 도출
   2) 기술 로드맵 설정
4. 연구개발 과제 기획

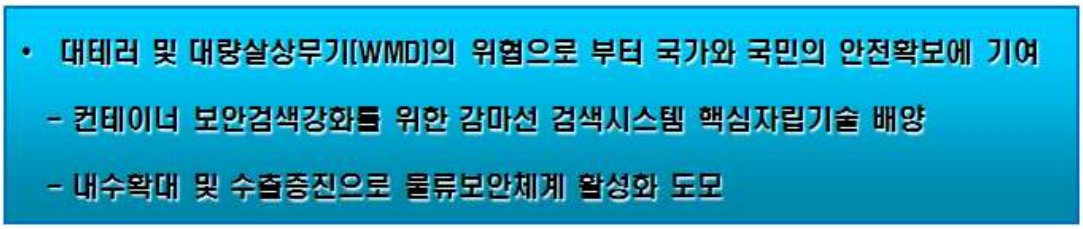
1) 과제별 주요내용
2) 목표 달성 방안
3) 인력투입계획 및 소요예산 설정
4) 경제적 타당성 분석

5. 실용화 및 사업화 방안 수립
1) 실용화 및 사업화 방안 제시
2) 연계산업 활용 방안

6. 과제 RFP 도출

● 연구내용

1. 기획과제의 비전 및 목표



2. 총괄과제 및 세부과제 분류

구분	과제명	중점추진분야
총괄과제	방사능 검출을 위한 감마선 영상기반 화물 검색 시스템 구축	• 스테레오 방식의 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템의 개발 • 3D 영상획득을 위한 감마선 병합 검색시스템 개발 • 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화
제1세부과제	감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발	• Mobile 형 스테레오 검출방식 감마선 검색시스템 구동 및 이송부문의 기술자립화 • 해외 선진국 제품 대비 구동 체계 및 구조 설계 기술의 차별성 확보 • 인간공학적 판독실 환경 개선 및 판독인터페이스 개발에 의한 검색정확도 확보
제2세부과제	감마선 영상 및 화학분석 병합 검색 시스템 개발	• WMD 검색을 위한 방사능의 화학적 성분분석 알고리즘 개발 • 감마선 스테레오 영상획득 처리기술의 자립을 위한 핵심기술 개발 • 세계시장에서의 감마선 검색 영상처리기술의 주도적 입지 마련
제3세부과제	감마선 검색장비 평가 시스템 구축 및 표준화	• 감마선 검색장비의 평가시스템 구축을 통한 성능지표 설정 및 표준화 코디네이션 역할 • 검색환경 측정결과의 신뢰성 및 안전성 확보 구현

Ⅳ. 기획연구 결과의 활용

기획연구의 결과는 감마선 영상기반 내륙화물 검색 시스템 개발의 과제 공모 및 사업추진을 위한 지침서로 활용될 것임

Summary

Ⅰ. Title

Planning Research Project on Inspection System using Gamma-ray Image for Cargo Container

Ⅱ. Research Objectives

The objectives of this research project are to analyze planning research report and develop strategies and technology road maps for this project to succeed. Economical, technical and political validities of the project are also evaluated in this research.

Ⅲ. Research Contents

Main contents of this research are as follows :

1. Analysis of inspection system for cargo container and security assurance market and research strategy
2. Vision of the research project and action plans
3. General programs and core technology programs
4. Research budget and organization
5. Requests for proposal(RFP) of general

목 차

제 1 장 연구의 개요

제 1 절 기획연구 배경과 필요성 ····· 2

제 2 절 연구의 목표 및 범위 ····· 10

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석

제 1 절 국내외 정책동향 ····· 14

1.1 국외 정책동향 ····· 14

1.2 국내 보안정책 동향 및 분석 ····· 25

1.3 선행연구 검토 ····· 37

제 2 절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 29

2.1 국외 시장현황 ····· 29

제 3 절 기술동향 분석 ····· 37

3.1 관련 기술개발 동향 ····· 37

제 4 절 인프라 및 기반역량 분석 ····· 105
4.1 검색장비 기술확보를 위한 설비현황 ····· 105
4.2 기술/인프라 및 인력현황 분석 시사점 ····· 111

제 5 절 특허동향 및 SWOT 분석 ····· 113
5.1 특허동향 분석 결과 ····· 113
5.2 특허기술 Landscape ····· 120
5.3 심층특허 분석 ····· 146
5.4 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질 확보의 기술흐름도 분석 ····· 163
5.5 주요 출원인별 보유특허 분석 ····· 170
5.6 감마선원이 직접 적용된 검색시스템 관련 특허 ····· 172
5.7 결론 및 시사점 ····· 173
5.8 SWOT 분석 ····· 176

제 6 절 비전 및 목표 ····· 179
6.1 감마선 투과영상기반 화물컨테이너 검색시스템 비전 ····· 179
6.2 전략목표 ····· 180
6.3 전략목표 및 중점추진분야 ····· 182

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 후보과제 도출 ····· 184
1.1 후보과제 수요조사 ····· 184
1.2 후보 과제 도출 및 그룹핑 ····· 185

제 2 절 기술 로드맵 ····· 191
2.1 세부과제간 전략체계 ····· 191
2.2 중점추진분야 Macro TRM ····· 191

제 4 장 연구개발 과제 기획

제 1 절 연구개발 과제별 주요내용 ····· 194
1.1 과제별 세부 개발 내용 ····· 194
1.2 과제별 기술성과 지표 및 목표 설정 ····· 222

제 2 절 과제별 목표 달성 방안 ····· 223
2.1 기존 기술 및 인프라 활용 방안 ····· 223

제 3 절 과제별 인력 투입 계획 및 소요예산 ····· 225

3.1 과제별 인력 투입 계획 ····· 225
3.2 과제별 소요 예산 ····· 226

제 4 절 경제적 타당성 분석 ····· 230
4.1 경제성 분석 결과 ····· 230

제 5 절 정책적 타당성 분석 ····· 257

제 5 장 실용화 및 사업화 방안 수립

제 1 절 실용화 및 사업화 방안 ····· 263

제 2 절 연계 산업 활용 방안 ····· 264

제 6 장 과제공모를 위한 RFP 및 평가기준 설정

제 1 절 과제공모를 위한 RFP ····· 266
1.1 총괄과제 RFP ····· 266
1.2 세부과제 RFP ····· 272

제 2 절 제안과제 평가방법 ····· 281

제 7 장 참고문헌 283

제 8 장 부록 289

그 림 목 차

그림 1-1. 물류보안의 개념 ····· 3
그림 1-2. 감마선 검색시스템 개발의 필요성 ····· 7
그림 1-3. 화물 컨테이너 검색의 단계별 절차 개념도 ····· 8
그림 1-4. 로테르담 항만 컨테이너 통합 검색 시스템 개발 모델 ····· 9
그림 2-1. 컨테이너 보안협정(CSI) 내역 ····· 16
그림 2-2. 컨테이너 보안 협정 시행 현황 ····· 17
그림 2-3. 싱가포르 감마레이 검색 시스템 도입 ····· 23
그림 2-4. 부산항만의 X-ray 검색시스템의 이송장치 및 발생장치 모습 ····· 27
그림 2-5. X-ray 영상화 모습 ····· 27
그림 2-6. 부산항만의 방사능 검색 장비 모습 ····· 27
그림 2-7. 글로벌 물류보안산업 시장규모 ····· 31
그림 2-8. 화물 컨테이너 검색 모형 ····· 39
그림 2-9. 감마선 화물 컨테이너 검색 시스템의 개념도 ····· 38
그림 2-10. 검색 특징 및 형태별 검색 시스템의 분류 ····· 40
그림 2-11. 감마선 화물 검색 시스템 구축기술 ····· 41
그림 2-12. Mobile 형식의 차량 이동형 검색시스템 개요 ··· 42
그림 2-13. 미국 항만에 적용되고 있는 감마선 화물 검색시스템 ····· 42

그림 2-14. 중국이 개발한 이동형 X-ray 검색 시스템 ·····44
그림 2-15. X-ray 검색시스템의 국산화 모델 개념도 ·····44
그림 2-16. 조사각 조절장치(콜리메이터)의 조사 개념도 ·····47
그림 2-17. SAIC사의 검색시스템 감마선 투과방식 사례 ·····48
그림 2-18. 멕시코 만자니아 항구에 설치된 감마선 검색 시스템 ·····49
그림 2-19. 고해상도 검출기 모형 ·····49
그림 2-20. 미국에서 개발한 신형 검출기를 이용한 이미지와 기존검출기에 의한 이미지 비교 ·····51
그림 2-21. 감마선 반도체 검출기 작동원리 및 감마선 흡수량 시험결과 ·····51
그림 2-22. CdZnTe 검출기의 표준 구조와 실제 단결정 CdZnTe 검출기 배열 ·····52
그림 2-23. 국내에서 개발한 감마선 어레이 검출기 ·····53
그림 2-24. 검출기 시험용 측정 장치도 ·····54
그림 2-25. 순환형 액체 섬광검출 시스템 ·····54
그림 2-26. 섬광 결정 개발 및 특성조사 ·····55
그림 2-27. 섬광결정 방사선 손상테스트 ·····55
그림 2-28. 미국 SAIC의 Mobile VACIS 감마선 화물 검색 시스템 ·····56
그림 2-29. 방사선 투과영상 처리기술에 의한 영상분석 ·····57
그림 2-30. 부산항만 검색시스템 영상 처리실 모습 ·····58

그림 2-31. 색에 따른 컨테이너 검색 영상 ····· 60
그림 2-32. 감마선 화물검사 시스템의 선형 푸시브룸 형상 모형화
····· 64
그림 2-33. 스캔 각도에 따른 이미지 분석 ····· 68
그림 2-34. 서울 방사선서비스(GeV) 현황 및 첨단전자빔산업
기용기술센터(KAPRA) ····· 106
그림 2-35. 전자빔 가속기 센터 (영남대학교) ····· 106
그림 2-36. 국내 EB 시설 (EB Tech) ····· 106
그림 2-37. 전자 가속기 설비 (KAERI 정읍) ····· 107
그림 2-38. 양성자 가속기 설비 (KAERI 경주) ····· 107
그림 2-39. 포스텍의 포항 방사광 가속기 설비 ····· 107
그림 2-40. 방사선 규제를 위한 원자력 안전위원회 구성 ···· 108
그림 2-41. 전체 연도별 동향 ····· 122
그림 2-42. 국가별 연도별 동향 ····· 123
그림 2-43. 한국특허의 최근 출원 현황 ····· 124
그림 2-44. 주요시장국 내·외국인 특허출원현황 ····· 125
그림 2-45. 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황 ····· 126
그림 2-46. 포트폴리오로 본 감마선 기반 영상투과방식의 내륙
화물검색 기술분야의 위치 ····· 127
그림 2-47. 출원인 간 기술 영향력 비교 ····· 130
그림 2-48. 출원인별 연구개발 방향 ····· 131
그림 2-49. 주요 출원인별 특허의 질적수준 및 시장확보력 132

그림 2-50. 중국 출원인 현황 ····· 134
그림 2-51. 중국 출원인의 세부기술별 출원 현황 ····· 135
그림 2-52. 세부기술별 출원 비중 현황 ····· 136
그림 2-53. 화물검색 시스템 구축기술 추세선 분석 ····· 139
그림 2-54. 화물검색 시스템 구축 기술분야의 세부기술별 특허 점유율 ····· 142
그림 2-55. 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술 추세선 분석 ····· 143
그림 2-56. 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술분야의 세부기술별 특허점유율 ····· 143
그림 2-57. 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가 기술 추세선 분석 ····· 144
그림 2-58. 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가 기술분야의 세부기술별 특허점유율 ····· 140
그림 2-59. 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 외국인 특허출원 현황 ····· 142
그림 2-60. 화물검색 시스템 구축 기술분야의 주요출원인 동향분석 ····· 144
그림 2-61. 컨테이너 화물검색 시스템 탐색 영상 처리 기술분야의 주요출원인 동향분석 ····· 145
그림 2-62. 컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가 기술분야의 주요출원인 동향분석 ····· 146

그림 2-63. 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 해결과제 및 해결수단 현황 ····· 148
그림 2-64. 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 해결과제별 주요 해결수단 현황 ····· 150
그림 2-65. 해결과제별 연구개발 집중도 현황 ····· 151
그림 2-66. 감마선/X선 검색 시스템 설계기술 확보분야의 해결수단 도입 현황 ····· 152
그림 2-67. 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보분야의 해결수단 도입 현황 ····· 152
그림 2-68. 방사선 조사 / 검출 구조 개량 관련 기술의 기술흐름도 ····· 154
그림 2-69. 감마선 소스 사용 관련 기술의 기술흐름도 ····· 155
그림 2-70. X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 관련 기술의 기술흐름도 ····· 156
그림 2-71. 중성자 선원 이용 관련 기술의 기술흐름도 ····· 157
그림 2-72. 감마선 / X선 검색시스템 설계 기술확보 관련 기술의 기술흐름도 분석 결과 ····· 162
그림 2-73. 신호처리 알고리즘 개발 관련 기술의 기술흐름도 ·· ····· 169
그림 2-74. 영상신호 획득장치 설계 기술 흐름도 ····· 165
그림 2-75. 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 관련 기술의 흐름도 분석결과 ····· 170

그림 2-76. Science Applications International의 세부기술별 출원 현황 ····· 172
그림 2-77. Innovative American Technology의 세부기술별 출원 현황 ····· 173
그림 2-78. 외부환경 기회 및 위협요인 ····· 177
그림 2-79. 기획과제 비젼 ····· 181
그림 3-1. 감마선 영상기반 화물컨테이너 검색시스템 세부과제 구성 ····· 191
그림 3-2. 세부과제별 구성 개요 ····· 192
그림 3-3. 중점추진분야 Macro TRM ····· 193
그림 4-1. 스테레오 Type 검색부 및 구동 매커니즘 개발 기술 계통도 ····· 198
그림 4-2. 작업환경 및 판독 인터페이스 개선 기술 계통도 199
그림 4-3. 검색 시스템 운영환경 개선 기술 계통도 ····· 200
그림 4-4. 이동형 모바일 감마선 검색시스템의 모델 시안 ···· 210
그림 4-5. 감마선 화학적 분석영상 개발의 기술 계통도 ····· 212
그림 4-6. 3차원 영상판독 기능을 지원하는 병합검색의 기술 계통도 ····· 213
그림 4-7. 검색 데이터베이스 구축 및 관제기술 계통도 ····· 214
그림 4-8. 경제성 분석 Flow Chart ····· 231
그림 4-9. 순편익 추이 ····· 241
그림 4-10. R&D 지출의 경제 파급 효과 ····· 246

그림 4-11. 시설투자 ····· 247
그림 4-12. 감마선 화물 검색기 시장규모 전망 ····· 249
그림 4-13. 컨테이너 화물 검색기 생산액 추정 ····· 240
그림 4-14. 감마선 컨테이너 화물 검색기 생산의 경제 파급 효과261
그림 4-15. 생산 유발 효과 종합 ····· 253
그림 4-16. 소득 창출 효과 종합 ····· 256
그림 4-17. 고용 창출 효과 종합 ····· 256
그림 8-1. 경제파급효과 분석 Flow Chart ····· 306
그림 8-2. 솔류션 도출 및 그룹핑 분류 ····· 307

표 목 차

표 2-1. 매가포트 구상 시행 항만 ····· 17
표 2-2. 9.11테러대책위원회 권고이행 중 컨테이너 검색조항 ···· 18
표 2-3. 컨테이너 100% 검색 시범사업 대상 항만 ····· 18
표 2-4. 세계 각국의 물류보안 제도 요약 ····· 19
표 2-5. 개별 국가의 물류보안 제도 ····· 23
표 2-6. 부문별 물류보안 제도의 현황 ····· 24
표 2-7. 2015년까지의 보안 분야 시장 성장률 전망 ····· 31
표 2-8. 방사선 탐지 및 내부영상 검색장비 생산기업 및 제품 ···· 33
표 2-9. 우리나라 컨테이너 화물검사기 설치현황 ····· 35
표 2-10. 기획연구에서 도출된 세부과제별 목표 및 핵심기술 내용 ····· 37
표 2-11. 축 방향형 감마튜브 설계 ····· 44
표 2-12. 감마튜브를 위한 이온 광학 시뮬레이션 ····· 44
표 2-13. 국내의 감마선 발생장치 설계기술 ····· 45
표 2-14. 양면 직각형상의 스트립 검출기 개략도 ····· 44
표 2-15. 실리콘 스트립 검출기 적용분야 ····· 52
표 2-16. 방사능 검출을 위한 ICIS 이미지 뷰어 ····· 59
표 2-17. 감마선 검출기 및 이미지 처리 기술 현황 ····· 61
표 2-18. 고해상도 감마 후방산란 영상처리 개념 ····· 62
표 2-19. 게르마늄 스트립 검출기에 의한 영상기법 ····· 63

표 2-20. 독일 감마선 영상처리 시스템 개발 현황 ·····64
표 2-21. 중국 선형 푸시브룸 스테레오 시스템 개념도 ·····65
표 2-22. 감마선 화물검색 시스템의 이미지 획득 기술현황 ····66
표 2-23. 스캔각도의 변화에 따라 촬영된 3가지 다른 이미지 ··66
표 2-24. 방사성 동위원소의 일반적 특성 ·····69
표 2-25. 국내 방사선 응용 가속기 시설현황 ·····106
표 2-26. 방사성 동위원소 등의 허가 및 이용기관 현황 ····110
표 2-27. 우리나라 물류보안 정보기술 사업체 수 ·····112
표 2-28. 검색 DB 및 검색범위 ·····114
표 2-29. 분석대상 기술 분류 ·····115
표 2-30. 분석대상 기술 분류 기준 ·····116
표 2-31. 감마선 투과 영상기반의 화물검색 기술의 유효특허 선별 기준 ·····118
표 2-32. 감마선 투과 영상기반의 화물검색 기술의 유효 데이터 건수 ·····119
표 2-33. 경쟁자 Landscape ·····129
표 2-34. 중국 출원인 현황 ·····129
표 2-35. 감마선 / X선 검색 시스템 설계기술 확보 관련 기술의 흐름도 분석 요약 ·····164
표 2-36. 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 관련 기술의 흐름도 분석 요약 ·····129
표 2-37. 외부환경 기회 및 위협요인 ·····181

표 2-38. 전략목표 및 중점추진 분야 ····· 186
표 3-1. 감마선 투과영상기반 내륙화물 검색기술 기획에서 도출된 세부과제 ····· 188
표 3-2. 세부과제 기존 안 ····· 189
표 3-3. 세부과제 조정 1 안 ····· 190
표 3-4. 세부과제 조정 2 안 ····· 191
표 3-5. 세부과제 조정 3 안 ····· 191
표 3-6. 세부과제 조정안 Pugh Matrix 평가 결과 ····· 192
표 4-1. 세부과제별 중점추진분야 ····· 197
표 4-2. 총괄과제의 3가지 세부과제 도출 ····· 197
표 4-3. 제 1 세부과제의 세세부과제 도출 ····· 198
표 4-4. 제 2 세부과제의 세세부과제 도출 ····· 207
표 4-5. 제 3 세부과제의 세세부과제 도출 ····· 213
표 4-6. 세계 컨테이너 화물 물동량 전망 ····· 237
표 4-7. 세계 컨테이너 화물 검색기 시장 규모 및 전망 ···· 237
표 4-8. 국내 컨테이너 물동량 전망 ····· 240
표 4-9. 국내 컨테이너 화물 검색기 시장 규모 및 전망 ···· 240
표 4-10. R&D 지출 계획 ····· 241
표 4-11. 상용화 비용 ····· 242
표 4-12. 컨테이너 화물 검색기 시장 및 점유율 전망 ····· 242
표 4-13. 부가가치 편익 추정 ····· 243
표 4-14. 비용-편익 종합 ····· 243

표 4-15. 경제성 평가지표 종합 ····· 244
표 4-16. 해외시장 규모 변동 민감도 분석 결과 ····· 246
표 4-17. 국내시장 규모 변동 민감도 분석 결과 ····· 246
표 4-18. 부가가치율 변동 민감도 분석 결과 ····· 247
표 4-19. 상용화 투자비용 변동 민감도 분석 결과 ····· 248
표 4-20. R&D 지출 계획 ····· 248
표 4-21. 양산 설비 투자의 경제 파급 효과 ····· 251
표 4-22. 감마선 화물검색기 생산 전망 ····· 253
표 4-23. 감마선 컨테이너 화물 검색기 생산의 경제 파급 효과 ····· 255
표 4-24. 생산 유발 효과 종합 ····· 257
표 8-1. 개발 사업의 경제성 분석 모형 비교 ····· 289

제 1 장 연구의 개요

제 1 절	기획연구 배경과 필요성
제 2 절	연구의 목표 및 범위

제 1 장 연구의 개요

제 1 절 기획연구 배경과 필요성

1. 글로벌 물류보안 안전의 의의

○ 물류보안이 글로벌 메가트렌드(Global mega trend)로 정착되고 있는 추세임. 2001년 9·11테러 참사 이후 주요국들이 물류 전 구간의 보안조치를 크게 강화하고 있는 실정임. 특히 미국을 비롯한 국제사회는 최근 들어 기존의 물류보안 조치를 강화하는 한편, 컨테이너 운송화물도 물류보안 측면에서 중요하게 검토되고 있는 추세임.

○ 이 사태이후, 화물운송에 있어 도난검색(Theft-proof)에서 위험물검색(Tamper proof)으로 개념이 바뀌었고 테러리즘과 대량살상무기의 위협은 보안문제를 공급망 전체의 문제로 확대시킴.

○ 이에 미국은 18개 부처에 분산되어 있던 보안관련 기능을 통합한 국토 안보부(DHS)를 2003년에 창설한 이후 컨테이너 보안 협정(CSI), 대테러 민·관 협력사업(C-T PAT) 및 해운보안법의 제정 등 물류보문의 보안을 강화하기 위한 기초를 다짐. 특히, 2006년 항만보안법(SAFE Port Act)을 제정해 물류보안을 더욱 강화한다는 의지를 보임.

○ 2007년 물류보안을 획기적으로 강화하는 새로운 제도 도입함. 이는 매년 전 세계 컨테이너 중에서 600만개의 컨테이너가 미국으로 들어가고 있는 상황에서 수출 컨테이너 화물의 100 % 사전검색을 의무화한 법률이 확정됨에 따라 미국으로 수출되는 모든 해상 컨테이너 화물은 선적지 항만에서 선적 전에 검사를 받아야 함.

○ 그러므로 현재 강화되고 있는 물류보안제도의 진원지가 미국의 제도에 기반을 두고 앞으로도 글로벌 보안기준으로 정착될 가능성이 있으므로, 미국시장에 대한 수출의존도가 높은 우리나라에 있어서 미국의 컨테이너 100 % 검색제도는 매우 중

요한 화두가 되고 있음.

○ 이러한 화물 또는 운송보안제도를 강화하는 궁극적인 목적은 WMD(Weapons of Mass Destruction)라는 대량살상무기가 주로 미국에 밀반입되는 것을 차단하는 데 초점이 맞추어 짐. 이에 검색방법으로 '영상검색장치'와 '방사능탐지기' 등 2가지 기능을 가진 화물 검색기를 사용하도록 요구하고 있으며, 앞으로 우리나라가 컨테이너 화물 검색기를 설치할 때 기존의 영상만을 제공했던 X-ray 방식을 탈피하여 미국식 기종으로 교체해야 한다는 것을 의미함.

○ 화물 컨테이너 검색기 사용이 급증하고 있는 상황에서 미국과 중국이 컨테이너 검색시스템 관련 원천기술을 보유하고 있으며, 우리나라 기술로 개발된 검색기는 전무한 실정으로 전량 수입에 의존할 수밖에 없는 입장임. 이를 위하여 검색장비의 원천기술을 보유하고, 개발되는 제품이 상용화되어 해외에 수출될 수 있도록 산업계 및 학계와의 연계를 강화하고 제품개발 자금지원 및 민간자본 투자 중재 등을 고려할 필요가 있음.

그림 1-1. 물류보안(Supply Chain Sercurity) 의 개념

2. 화물 컨테이너 보안검색의 중요성

○ 컨테이너는 각종 운송수단간에 호환성을 갖춘 표준화된 용기로서 국제 운송에 대한 각국 법제의 통일, 통관의 간소화 등으로 신속, 정확, 저렴하게 문전에서 문전까지 일관 운송을 할 수 있는 특징을 지니고 '50년대 처음 도입된 이래 국제 운송의 신속하고 안전한 흐름에 획기적인 기여를 하였음

○ 물량기준 관점으로 볼 때 세계무역의 80%이상이 컨테이너를 통해 선적되고 일반화물(General cargo)의 90%이상을 차지하고 있으며, 금액으로는 대략 50%가 컨테이너로 수송되고 있음. 컨테이너 화물은 대략 7천 2백만개의 컨테이너를 사용하고 있으며 이들을 수송하는데 4만 6천대 이상의 선박이 이용됨. 또한 대략 4천개의 항구가 이들 해상운송에 사용되고 있고 미국만 하더라도 매일 1만7천개의 컨테이너들이 미국항만에 도착함

○ 이러한 상황에서 화물 컨테이너가 물류보안 논의의 중심에 있는 이유는 컨테이너로써의 특성에 기인하게 되며, 이러한 특성은 다음과 같다.

1) 해상수송컨테이너는 국제무역에서 가장 많은 종류의 형태를 가지고 있음. 컨테이너는 재질에 따라 철재, 알루미늄, FRP 컨테이너로 분류되며 용도에 따라서도 형태가 매우 다양하기 때문에 검색의 어려움에 의하여 컨테이너를 이용한 밀반입 및 위험물질 운송에 이용이 용이하게 된다.

2) 컨테이너는 해상운송인, 내수로 운송인, 도로 및 철도 운송인 등에 의해 운송되는 운송방식간에 병용될 수 있는 특징을 갖는데 이러한 특성이 운송망의 여러단계에서 테러에 이용될 가능성을 높이게 된다.

3) 해상 화물컨테이너는 세계 어디에나 용이하게 오갈 수 있다는 특성을 가진다. 특정한 운송설비 기반이 갖춰진 곳 뿐만 아니라 연결점에만 한정되어 사용되는 것이 아니라 주요 항구에서부터 소규모 거리의 어느곳에서나 또한 주요도시에서부터 작은 마을에 이르기 까지 이용 궤적에 예측이 어렵다는 점이 테러에 이용될 가능성을 높이게 된다.

이러한 화물컨테이너만의 특성에 의하여 글로벌 무역공급망에서 보안위협에 가장 취약한 부분이며, 검색보안이 철저히 요구되는 분야라고 볼 수 있음. 이러한 컨테이너가 갖고 있는 다양성과 범용성은 테러리스트들에게 화학, 생화학, 방사성 물질 및 핵물질 무기를 운반하는 기기로 사용될 기회를 제공할 수 있음.

○ 일반적인 밀폐형 컨테이너는 쉽게 스캔되지 않기 때문에 그 안에 유해물질을 적입하고 화학 / 생화학약품 살포기로 바뀔 수 있음. 냉동 컨테이너는 절연벽과 냉동장치를 갖고 있어 이 두가지 속성은 폭발장치로 위장하도록 사용될 수 있음. 오픈탑 컨테이너는 위를 덮는 타폴린을 통한 불법적인 접근에 취약함.

○ 위험화물을 선적한 선박은 테러리스트들에게 탈취되어 폭발물로 쓰이거나 협박용으로 보유될 수 있음. 대상화물로는 전통적인 대량살상무기(Weapons of Mass Destruction, WMD) 즉 우라늄, 플루토늄, 탄저균, 사린(Sarin)등에 해당됨.
일반적으로 WMD로 인식되지 않는 액화석유가스, 질산암모늄 등 원자재로서 일상적인 물질이지만 대량의 파괴력을 갖는 물질들이 있음. WMD 성분 화물의 95%정도는 일반적인 민간용으로 상용될 수 있지만 WMD용 무기를 제조하는데 “이중적 용도”로도 사용될 수 있는 것으로 추정하고 있음.

3. 기획연구의 필요성

○ 현재 수출입 되는 모든 화물에 대한 검사가 이루어지는 곳은 항만이므로 국제적으로 강화되고 있는 물류보안제도를 최종적으로 이행하는 것은 항만이라 해도 과언이 아님. 따라서 대량살상무기(WMD)을 검색할 수 있는 완벽한 물류보안 시스템을 구축하는 것이 시급함.

○ 우리나라에는 물류 전 구간을 통합 · 관리하는 완벽한 물류보안체제가 구축되어 있지 않으며, 수출 컨테이너 화물을 전용으로 검색할 수 있는 시스템이 구축되어 있지 않을 뿐만 아니라 수입 화물도 전 화물의 1% 미만으로 검색하고 있는 실정임.

○ 국내에 설치 운영되는 위험물/금수품검색 장비는 본래 설치목적이 폭발물이나 화학물질, 화약, 인화물질 검색과 검출이 아닌 밀수 및 금수품 검색과 색출을 위한 엑스레이 투시장비와 귀금속과 총기류를 검색하는 금속탐지 검색장비로 1세대 기초 검색장비지만 그나마 국내는 생산능력이 없어 전량 수입에 의존하고 있음

○ 세계 각국의 항공수화물 운송과 해운운송에 요구되는 첨단검색장비는 국내 생산이 없으며 가격은 대당 50억-100억의 고가 제품으로 국내 대테러방지를 목적으로 설치가 필요한 공항과 항만, 발전소, 핵시설, 중요기간산업시설, 정부청사, 철도, 지하철 등등으로 검색대상 물질 종류별로 검색장비를 설치해야 함으로 천문학적 예산이 요구됨

○ 또한 첨단 검색장비 도입으로 대테러방지대책이 완성되는 것이 아니라 신종 화학 물질과 신종폭약, 인화물질 등이 출현 시 최신제품으로 교체하거나 개량해야 함으로 계속적으로 검색장비 수입국에 기술의존이 불가피하며 기술종속국으로 기술제공에 따른 천문학적 예산지출이 필요로 함

○ 국내 국내 해운항만의 경우 출입 화물선박을 검색하는 것은 선박의 구조와 크기로 불가능하여 운송물류 컨테이너만을 검색할 수 있는 엑스레이 검색장비가 1-2대 설치되어 있으나 처리속도는 1시간당 최대 컨테이너 15대 정도 수준에 불과함

○ 기존 X-ray 검색장비는 수화물내부를 투시하고 모니터에 물품의 외부형상만을 투영하는 방식으로 모니터 요원의 육안검사에 의존하고 있음
특히 리튬이온과 같은 발화물질, 인화물질 화약, 이형 화학 폭발물질, 플래스틱 C1/-C4 등 폭발물의 검색은 불가능한 한계가 있음

○ 미국 안전보안법에 대응하고, 국내 화물운송시 안전강화를 위해 화물이 취급되는 공항, 내륙 물류센터, 철도, 항만 및 군방위시설, 주요검문소 등의 보안검색을 강화하기 위한 화물검색과 관련된 첨단 기술개발이 시급한 실정

○ 화물에 대한 통제, 인력에 대한 관리 그리고 항만시설에 대한 치밀한 보안시스템 구축을 통한 종합적 지원체계 마련이 필요함. 현재 X-ray 검색장비는 방사능 검출이 불가능 하므로 핵물질을 효과적으로 검출 할 수 있는 감마선 영상기반 일체형

컨테이너 화물 검색기 개발에 정부의 투자가 절실히 요구되며, 컨테이너 화물정보의 관리, 전자태그를 활용한 컨테이너 잠금 및 봉인장치 개발, 컨테이너의 실시간 모니터링, 그리고 부정개폐로 발생된 문제를 해결하는 방안이 포함된 통합 물류보안 시스템 지원체계가 마련되어야 함.

○ 전 세계적으로 대테러 방지를 위하여 컨테이너 및 화물을 스캔하여 적재된 화물의 종류 및 대량살상무기를 탐색하기 위한 감마선 화물컨테이너 검색 시스템 및 안전시설 구축지원이 절실히 요구되고 있는 상황에서 강력한 추진력을 가진 정부주도 R&D 연구개발 지원이 필요함.

그림 1-2. 감마선 검색시스템 개발의 필요성

그림 1-3. 화물컨테이너 검색의 단계별 절차 개념도

자료 : 로테르담 항만청

그림 1-4. 로테르담 항만 컨테이너 통합 검색시스템 개발 모델
(2013년 본격정인 운영을 위해 진행중)

○ 국제적으로 화물 컨테이너 보안검색 인프라 시장은 폭발적으로 성장하고 있음. 최근 HSRC(Human Science Research Council)의 추정에 따르면 세계시장을 주도하고 있는 미국 컨테이너 검색기 시장의 규모는 2002년 7,000만 달러에서 2010년 4억 4,000만 달러로 약 650 % 성장하였음.

○ 이는 컨테이너 보안검색의 중요성이 증대되고 있는 가운데 향후 지속적인 증가 추세를 예견할 수 있으며, 이에 화두로 등장한 영상 및 방사능 검출이 가능한 감마선 영상기반 검색 시스템의 기술개발은 현 시점이 최적기로 판단되며, 독창적인 특화기술의 개발에 의한 국산화를 이루면서 수입대체효과 및 가격 경쟁력 확보, 국내시장에서 기술검증, 전략적인 해외 컨소시엄 구성을 통하여 해외시장 진입 가능

○ 최근에는 위험물의 반입이 점점 지능화되고 있으며, 기존의 X ray 검색 시스템으로는 검색되지 않는 물질이 존재하여, 허점을 이용한 위험물 반입이 가능해졌으며, 이에 대한 대응 기술이 절실함

○ 현재 우리나라에는 수출컨테이너 화물을 전용으로 검색할 수 있는 시스템이 전혀 구축되어 있지 않았으며, 현재 설치되어져 있는 화물 검색기는 주로 수입컨테이너를 활용하고 있음. 더욱이, 현재 우리나라 항만에 설치되어져 있는 X-ray 기반 검색장비는 단순히 컨테이너 내장화물을 영상 검색하는데 한정되어 있으므로, 국제

적으로 요구되는 영상검색 및 방사능 탐지 등의 기능을 탑재하고 있는 일체형(ICIS) 시스템을 구축하기 위한 기술이 절실히 요구됨

○ 방사능 검출이 가능한 화물 컨테이너 검색장비의 구성요소별 원천기술을 보유하기 위하여 정부는 산업계와 연계하여 우리나라의 성장 동력 산업으로 채택하고 세제 혜택이나 연구개발의 적합성을 판단하여 자금지원, 파이낸싱 등의 재정적 지원이 가능하도록 제도적 장치가 필요

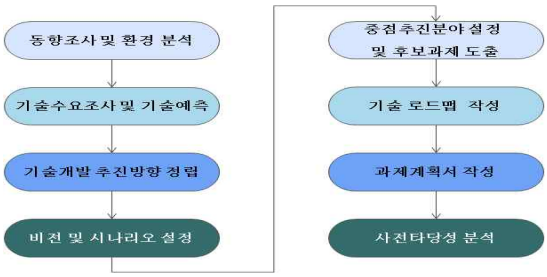
○ 검색물의 영상화 및 방사능 검출이 가능한 시스템 일체형 컨테이너 화물 검색기 기술수준은 전 세계적으로 미국 외에는 기술수준이 열악한 상황이므로 정부의 적극적인 지원과 사업단 과제를 통하여 향후 충분한 국제 경쟁력을 갖출 가능성이 높다고 예상됨.

○ 우리나라는 화물 공급 사슬 전반을 통합적으로 관리하는 물류보안제도가 구축되어 있지 않음. 운송인이나 제조업체 등 물류와 관련되어 있는 기업이 준수하고 이행해야 하는 최소한의 보안기준이 마련되어야 함. 미국, 유럽연합, 싱가포르 등의 제도를 토대로 각 부문별 물류보안에 관한 최소 기준을 설정하는 것이 시급함.

○ 물류보안이 국제적으로 강화되고 글로벌 환경변화에 따라 각 나라에서 이를 대응하고자 많은 노력과 연구가 진행되고 있음에도 불구하고 우리나라의 경우 아직 물류보안에 대한 이해가 여전히 낮으며, 정부와 민간 부문의 인식도 크게 부족함.

○ 적용대상 기업이나 범위를 명확하게 해야 하며, 관련기업의 보안기준과 자체적으로 도입 · 시행하고 있는 물류보안 시스템의 정당성 확보가 필요하며, 정부의 기능과 역할을 설정하는 한편 물류보안 제도를 이행하기 위해 해야 할 일들에 대한 기준을 제시함.

제 2 절 연구의 목표 및 범위

연구목표	연구범위
□ **1단계 : 기술개발 전략 수립** ㅇ 기술개발 동향 및 환경 분석 - 국내외 정책·시장·기술 특허 동향 분석 - 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황(관련 기업, 연구소, 대학 등) 분석 ㅇ 기술예측조사 및 SWOT 분석 - 기술수요 및 기술예측 조사 실시 ※ 특허동향 분석을 통해 국내·외 기관의 원천특허 보유 여부, 기술경쟁력 등 분석 - 동향분석 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립(SWOT분석 등) ㅇ 기술개발 전략 수립 - 비전 및 기술발전 시나리오 제시 - 비전 달성을 위한 세부목표 및 중점 추진분야 제시	 ■ 준비단계 • 연구배경, 목표, 내용 정리 ■ 기술 관련 현황분석 • 동향조사 및 환경 분석 • 기술수요조사 및 예측 ■ 개발방향 수립 • 기술개발 수립방향 정립 • 비전 및 시나리오 설정
□ **2단계 : 중점추진 우선과제 도출** ㅇ 중점 추진분야별 후보과제군 편성 ㅇ 중점추진 후보과제 우선순위 도출 - 기술개발환경에 따른 후보과제 평가 · 기술개발 성공가능성, 기술개발 중요도·시급성 검토 · 시장 매력도, 원천기술 확보 여부 등 핵심성공요인(CSF) 분석 - 투자우선순위 설정 및 자원투입계획 수립 ㅇ 연구개발 사전타당성 검토 - (정책적 타당성 검토) 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토 - (기술적 타당성 검토) 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 및 개발 성공 가능성 등에 대한 검토 ㅇ 과제추진 체계 설정 - 후보과제별 그룹핑 및 연구수행형태 제시 - 중점 추진분야별 세부과제 확정 및 로드맵 작성 ㅇ 후보과제별 과제카드 작성 - 개발목표, 기술개발 및 산업/시장동향, 기존기술 활용방안, 기술개발 필요성, 주요연구내용, 기술확보전략, 과제규모, 최종성과물 및 활용방안	■ 과제 도출 • 중점추진분야 설정 • 후보과제 도출 • 우선순위 도출 ■ 기술 로드맵 작성 • 기술로드맵 작성 • 연구개발과제 기획 ■ 타당성 분석 • 정책적 타당성 분석 • 기술적 타당성 분석 • 경제적 타당성 분석

연구목표	연구범위
□ 3단계 : 연구개발과제 기획 ㅇ 연구개발과제별 목표 및 범위 설정 - 목표 및 연구범위 설정 - 세부과제(핵심 요소기술) 도출 및 연구내용 설정(연차별) - 세부과제 연차별·단계별 성과목표(정량적·정성적)와 성과지표(필수 지표 포함) 설정 및 성과맵 제시 ㅇ 연구개발과제별 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립 - 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계방안 수립 ※ 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통한 실용성 확보 - 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안 ㅇ 연구개발과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정 - 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립 - 과제별 소요예산 산정(연차별) ※ 단위 과제 기준으로 연차별 예산산출 근거를 작성하여 소요예산 적정성 검토 필요 ㅇ 경제적 타당성 분석 - 경제성 분석(생산비용 절감, 교통시간절감, 매출액 증대, 교통운행비 절감, 재해비용 절감, 사고비용절감, 환경개선편익 등) - 경제·사회적 파급효과(생산증대, 고용증진, 대외무역증진 등) - 과학기술적 파급효과(기술혁신 기반 마련, 지식증진, 인력양성)	■ 예산 확정 • 연구예산 확정
□ 4단계 : 실용화 및 사업화 방안수립 ㅇ 실용화 및 사업화 방안 제시 - 세부과제 및 기술별 성과목표 및 지표수준 연계하여 실용화 및 사업화 방안 분석 - 테스드베드 중심으로 추진 ㅇ 연계산업 활용방안 제시 - 개발기술의 최종보유주체가 핵심기술 개발단계부터 참여하도록 방안 제시	■ 사업 가시화를 위한 준비 • RFP 세부항목 설정 및 작성 • 연차별 평가를 위한 세부 내용 수립 - 목표, 지표, 마일스톤 평가방법 및 기준설정
□ 5단계 : 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정 ㅇ 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 - 연구과제명, 연구개발 최종목표, 최종성과물, 연구개발 필요성 및 기술동향, 연구개발 내용, 연구개발 추진방법(추진전략, 추진체계), 연구기간 및 소요예산, 연구개발 성과 ㅇ 연차별 평가를 위한 성과목표 · 지표 · 마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정	■ 보고서 작성 • 지난 단계별 내용 정리 • 연구개발계획서 목차별 작성 • 사전 타당성 보고서 작성

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석

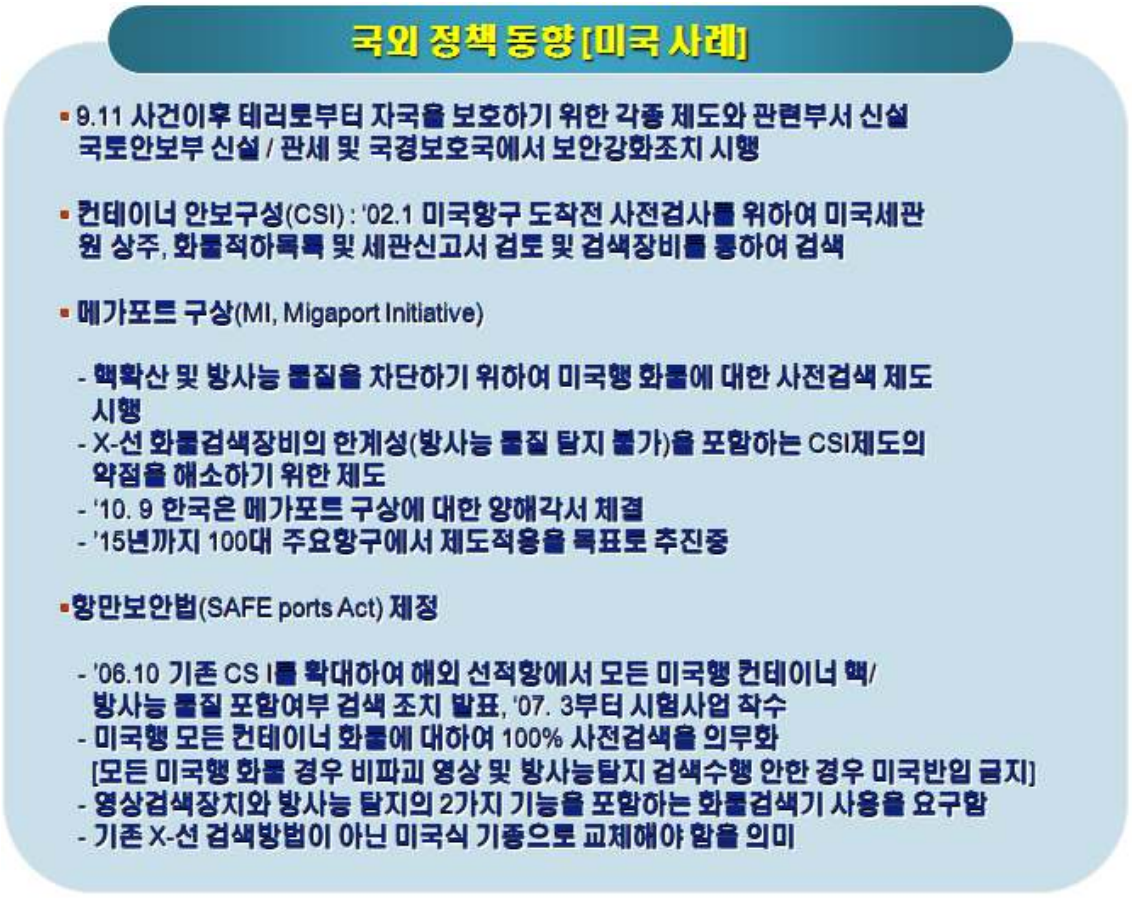
제 1 절	국내외 정책동향
제 2 절	국내외 시장현황 및 전망
제 3 절	기술동향 분석
제 4 절	인프라 및 기반역량 분석
제 5 절	특허동향 및 SWOT 분석
제 6 절	비전 및 목표

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석

제 1 절 국내외 정책동향

1.1 국외 정책동향

1.1.1 미국 정책동향



○ 미국을 비롯해 세계경제는 해외 무역에 전적으로 의존하고 있으며 종합운송시스템을 통해 미국 도처는 물론 세계 전역에 화물이 운반되고 있다. 미국 항구에는

1,100만 20 ft 등가단위(TEU) 이상에 해당하는 6백만 개의 화물 컨테이너가 도착한다.(Maritime Administration, 2002; Bureau of Transportation Statistics, 2003) 미국과 북미 이외 지역간 무역의 75 %를 비롯해 세계 무역의 약 90 %가 화물컨테이너로 선적된다.(Stana, 2004; Willis and Ortiz, 2004) 컨테이너 선적 공급망의 다중 교통수단 구조 덕분에 항구를 통해 들어가는 컨테이너는 미국의 도로 및 철도망을 이용해 미국 전역으로 유입될 수 있다.

○ 2001년 9월 11일 미국 뉴욕의 World Trade Center에 대한 알카에다의 테러사건 이후 미국은 테러로부터 자국을 보호하기 위한 각종 제도와 관련 부서를 신설하고 국제 사회로 하여금 물류부문의 보안강화를 위한 각종 제도 도입을 요구하고 있음

○ 미국정부는 9.11 테러이후 예상되는 테러로부터 통관업무와 국경감시 기능을 강화하기 위한 조치로 국토안보부(Department of Homeland Security:DHS)를 신설하였음. DHS 산하의 관세 및 국경보호국 (Customs and Border Protection:CBP)이 중심이 되어 다양한 보안강화조치들을 시행하고 있음

○ 미국은 자국으로 대량살상무기(WMD)등이 말반입되는 것을 방지하기 위하여 국토안보부(DHS) 산하 세관 및 국경보호국(CBP)을 통해 2002년 1월부터 '컨테이너 안보구상'(CSI, Container Security Initiative)를 마련하고 시행하였음. 2002년 6월 세계관세기구(WCO)도 161개 전 회원국의 항구에서 미국의 CSI방식의 사전통관검사를 허용하는 결의안을 통과시킴.C

○ 컨테이너 보안협정 제도인 CSI는 컨테이너가 미국 항구에 도착하기 전에 미리 검사하여 WMD의 포함 위험성이 높은 컨테이너를 사전에 색출해 내기 위하여 세계 주요 항구에 미국 세관원을 상주시켜 화물적하목록과 세관신고서를 검토하고 X-ray 등 검색장비를 통하여 조사할 권리를 부여하여 전략물자의 불법 및 밀거래를 색출, 추적하는 시스템을 구축하기 위한 것임.

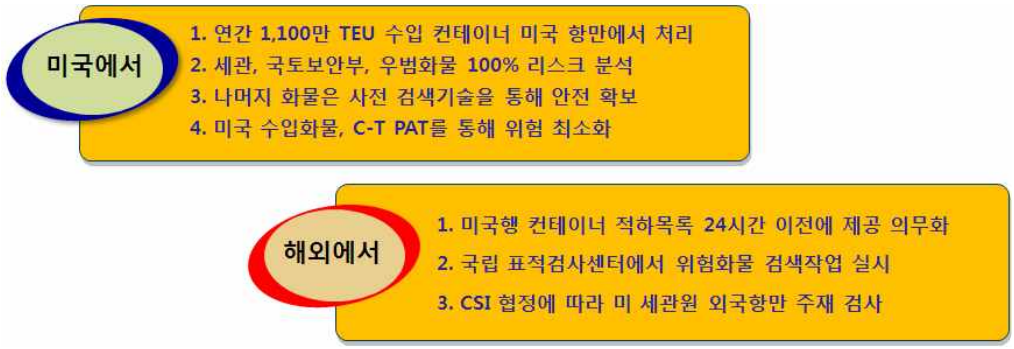


그림 2-1. 컨테이너 보안 협정(CSI) 내역

출처 : 미국 세관 및 국경 보호국(CBP)('07.10월)

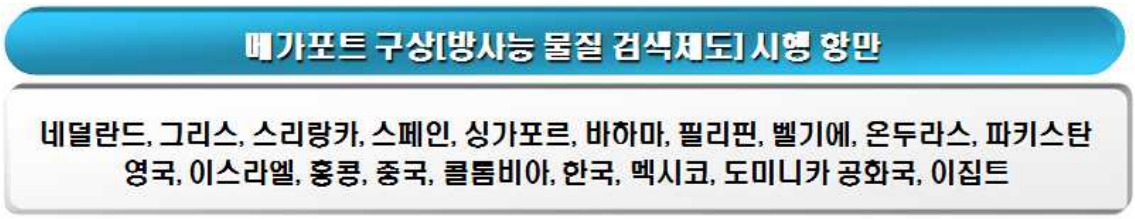
그림 2-2. 컨테이너 보안 협정 시행 현황

○ 미국의 국토안보부가 자국내로 운송되는 화물에 대한 WMD의 적재여부를 탐지하는데 주력하는 반면 에너지부 (DOE, Department of Energy)는 외국에서 핵확산과 방사능 물질을 차단하기 위해 미국해 화물에 대한 사전 검색제도를 시행하고 있음. CSI 시행에 따른 엑스레이 화물 검색기로는 컨테이너에 숨어있는 방사능 물질을 탐지하는 것이 불가능하기 때문이며, 방사능 검색 시스템 도입을 통하여 이를 해결하기 위한 제도를 메가포트 구상 (MI, Megaport Initiative)이라 함.

현재 19개국 30개 항구에서 운영중이며, 한국은 2010년 9월 15일 미국 에너지부와 메가포트 구상에 대한 양해각서를 체결함. 이러한 제도는 2015년 까지 100대 주요

항구에서 제도적용을 목표로 추진되고 있으며, 전세계 해상 운송화물 물동량의 50 % 이상 위험물질 검색을 목표로 하고 있음. [출처:www.custra.com, 미국국토안보부]

표 2-1. 메가포트 구상 시행 항만



[출처 : http://nnsa.energy.gov]

○ 2006년 10월 13일 항만보안법(SAFE ports Act)을 제정함에 따라 국토안보부와 에너지부가 공동으로 고위험 화물에 대한 화물검색제도인 CSI를 확대하여 해외 선적항에서 모든 미국행 컨테이너의 핵•방사능 물질 포함여부를 검색하는 조치를 발표, 2007년 3월부터 시범사업에 착수

○ CSI가 일부 고위험 화물만을 검색대상으로 삼은것에 비해 항만보안법은미국으로 선박을 통해 수출되는 모든 컨테이너 화물에 대하여 100 % 사전검색을 의무화한 것이 획기적인 변화임.

○ '9.11 테러 대책 이행 법률'은 제 1701조에서 "외국항만에서 적재된 모든 컨테이너는 직접 또는 외국 항만을 거친 것을 불문하고 선박에 선적되기 전에 비파괴 영상장비와 방사능 탐지기로 검색(Scan)하지 않는 경우 미국에 반입하는 것을 금지한다"고 명시하고 있음

○ 미국은 검색방법으로 '영상검색장치'와 '방사능 탐지기' 등 두가지 기능을 가진 화물 검색기를 사용하도록 요구하고 있음. 이는 앞으로 우리나라가 컨테이너 화물 검색기를 설치할 경우 기존 X-ray 검색방법이 아닌 '미국식 기종'으로 교체해야 한다는 것을 의미함.

○ 현재 영국, 사우스햄프턴항, 피키스탄 콰심항, 온두라스 푸에르토코르테즈항, 홍

콩, 부산, 싱가폴, 살라라(오만) 등은 이미 100 % 컨테이너 검색을 시범운영하고 있음

표 2-2. 9.11 테러대책위원회 권고이행 법률 中 컨테이너 검색조항(제1701조)

구분	주요내용
적용대상	미국으로 입항하는 컨테이너를 적재한 모든 선박
검색장소	선박에 컨테이너를 적재하기 전의 외국 항만
검색방법	컨테이너 내장 화물 이미지 검색 및 방사능 탐지
적용기간	2012년 7월 1일부터 적용하되, 2년 연장이 가능
제재조항	외국 항만에서 100 % 검색하지 않으면 반입금지
컨테이너 보안표준	2008년 4월 1일까지 잠정 규격 확정되지 않는 경우 2008년 10월 15일까지 컨테이너 기계적인 봉인장치 사용 의무화(ISO/PAS 17712 적용)

자료 : 미국[9.11테러대책위원회 권고이행 법률]

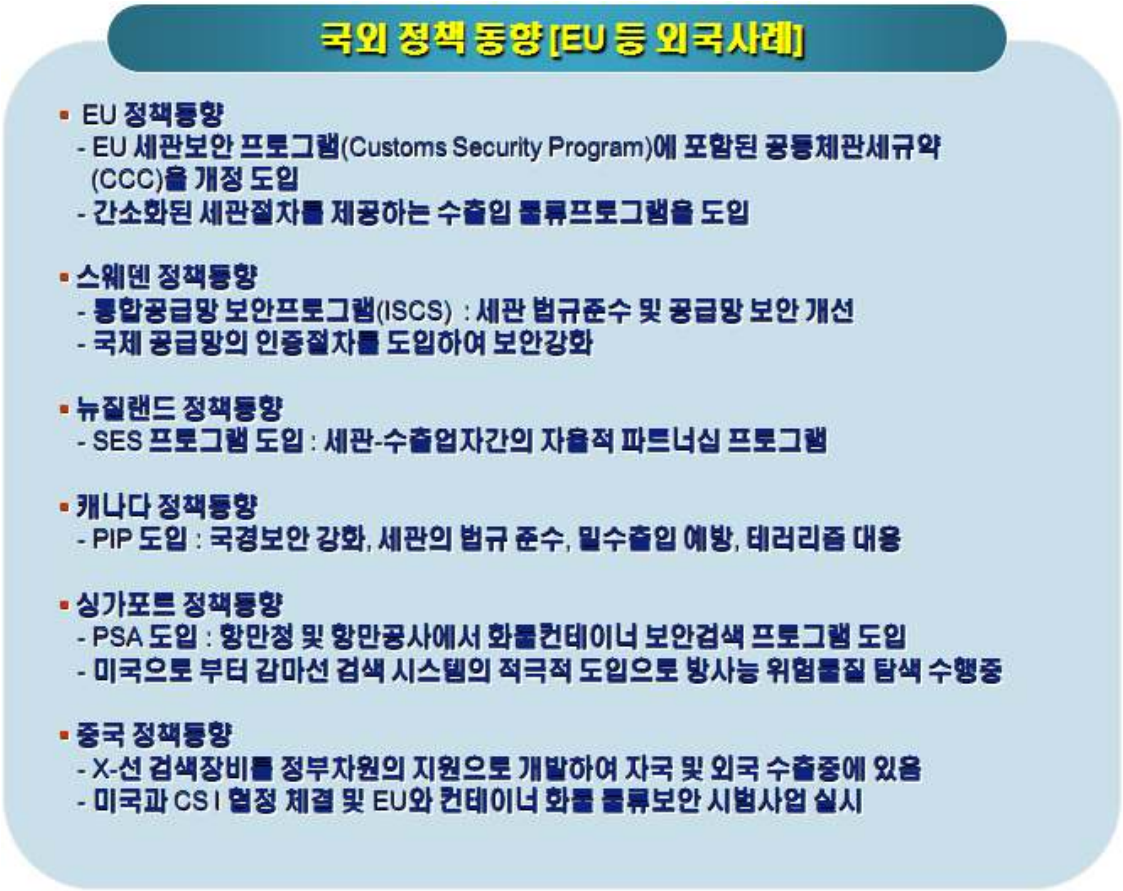
표 2-3. 컨테이너 100 % 검색 시범사업 대상 항만

국가	한국	파키스탄	영국	싱가포르	오만	온두라스	홍콩
항만	부산항 감만터미널	카심	사우스 햄튼	싱가포르	살라라	푸에르토코르테스	모던 터미널
운영	허치슨	디피월드	디피월드	PSA	APM	Empresa Nacional Portuaria	모던터미널운영주식회사

표 2-4. 세계 각국의 물류보안 제도 요약

출처 : APEC, Total Supply Chain Security, 심포지엄 자료, 2006. 7. 6

1.1.2. EU등 국외 정책 동향



가. EU

○ 2005년 역내시장을 보호하고 국제공급망을 보호하며 개선된 세관절차를 통하여 적법한 무역을 원활하게 지원한다는 목표로 일련의 조치를 도입함. EU 세관보안프로그램(Customs Security Program)에 포함된 이들 조치는 공동체관세규약(Community Customs Code : CCC)을 개정함으로써 도입함.

○ 공동체관세규약은 물품을 수출 또는 수입하는 경우 사전전자정보를 세관당국에 제공하고 EU회원국을 위한 공동위험선별기준에 기초한 공동위험관리기법을 도입하며, 신뢰할 수 있거나 세관법규준수도가 뛰어난 무역업자들에게 적법한 무역을 원

활하게 하기 위해서 간소화된 세관절차를 제공하는 수출입 물류 프로그램을 도입하는 것임

○ EU 수출입물류프로그램에서 요구하는 세관법규준수도 경력, 적절한 기록보존 표준, 재정건전성, 적절한 보안 및 안전표준 등을 준수하는 국제공급망 참여 경제운영인에게 수출입물류 지위를 인증하며, 이들 대상은 제조업자, 수출업자, 포워더, 창고업자, 관세사, 운송회사, 수입업자 등임

○ 수출입물류 프로그램에 따라 인증된 공급망 당사자들은 회원국간 세관절차의 합리화 또는 공급망 보안에 관련된 세관통제의 원활화를 통해서 혜택을 받게 됨. (European Commission, 2007.05 : 75~76)

나. 스웨덴

○ EU 회원국인 스웨덴은 **세관 법규준수도 및 공급망(Supply Chain) 보안을 개선하기 위한 목적으로** Stairsec Program을 개발하였음. 이는 세관법규준수도의 질을 제고하는데 초점을 둔 기존의 Stairway 세관인정프로그램(Stairway customs accreditation program)내에서 개발된 통합공급망보안프로그램(Integrated supply chain security:ISCS)임.

○ 본 프로그램은 수입업자, 수출업자, 관세사, 포워더, 터미널, 항공, 해상, 육상 운송인 등 국제공급망에 참여하는 모든 민간부문 이해관계자들을 위한 인증절차를 통하여 공급망 보안을 강화하는 것임

○ 2004년 1월 15일 파일럿 운영자들에 대한 인증과정을 거쳐 현재 약 40개 이상의 스웨덴 기업들이 인증되었거나 인증과정에 참여하고 있으며, 미국의 C-TPAT와 Stairsec Program은 양립할 수 있을 정도로 유사한 프로그램으로써 미국과 스웨덴은 두 프로그램의 동일화를 위한 협조관계를 유지하고 있음.

다. 뉴질랜드

○ 2004년에 뉴질랜드 세관에서 도입한 SES(Secure Exports Schemes) 프로그램은 수출중심의 세관-수출업자간의 자율적 파트너십 프로그램으로써 SES 참여자들은 사전 수출정보를 제출하고 뉴질랜드 세관당국에 의해 승인된 보안조치를 유지해야 하며, 이에 대한 혜택으로 신속한 세관절차의 혜택이 주어짐.

○ SES 파트너들은 컨테이너 적입지점으로부터 수출물품 선적을 위한 장소에서 인도되기까지 침입, 파괴, 도난 등으로부터 물품을 보호하는 조치를 취한다는 확실한 약속을 이행해야 함.

○ 뉴질랜드로부터 수출되는 물품을 보안조치에 따라 포장, 물품보안을 확보하기 위한 적절한 조치마련, 보안조치에 따라 운반되고 선적장소에서 침입되지 않아야 하며, 해상운송컨테이너는 기타 포장용기들은 세관승인 봉인 또는 세관의 통제하에 있고 해외세관에 의해 안전하다고 고려디는 표시를 한 화인으로 보안조치 되어야 함(New Zealand Customs Service)

라. 캐나다

○ 캐나다의 PIP(Partners in Protection) 프로그램은 국경보안 강화, 세관의 법규준수 관련 문제에 대한 자각성 제고, 금지물품의 밀수출입 예방, 조직적인 범죄 및 테러리즘에 대응하기 위하여 BSA(Border Services Agency)가 도입한 민간기업과의 자발적 협력 프로그램임.

○ 세계관세기구(WCO)의 SAFE Framework 및 물류보안 프로그램 개념과 같은 국제적인 표준과의 공조를 위하여 PIP 프로그램에 새로운 요구사항을 포함시키고 있음 (Canade Border Services Agency, 2008.03.27)

마. 싱가포르

○ 싱가포르의 해사 항만청(Maritime and Port Authority of Singapore)과 싱가포르 항만공사(Port of Singapore Authority : PSA)는 화물컨테이너 보안검색을 위한 정책적인 법 및 제도적 뒷받침을 위하여 다음의 3개 그룹으로 재편하여 적극적인 검색 및 관리를 하고 있음

- PSA Group 1 : Vessel cannot berth alongside
- PSA Group 2 : Direct loading & discharging
- PSA Group 3 : Can be stored in port areas

○ 화물컨테이너를 GPS 시스템과 연동하여 위험물을 실은 컨테이너가 정해진 루트를 벗어나면 경고를 알려 전담인력들이 출동할 수 있는 시스템이 구축됨

○ 싱가포르의 위험물 관리를 위한 대표적인 정보시스템은 GPS를 이용한 추적 및 관제시스템과 화학물질 정보서비스, HAZMAT Robot, 감마선 스캐너등이 있음. 화학물질이 유출된 곳에 소방인력이 너무 근접할 경우 위험해 질 수 있는 상황에서 유독 물질을 억제하는데 HAZMAT Robot을 사용하고 있으며, 화물컨테이너의 방사능 위험물질을 탐색하기 위하여 항만마다 감마선 스캐너를 적극적으로 도입하여 사용하고 있음.

그림 2-3. 싱가포르 감마레이 검색 시스템 도입

바. 일본

○ 일본은 컨테이너 항만물류 보안산업에 대한 정부의 특정한 정책은 없음. 그러나 "국제항해선박 및 국제항만시설의 보안 등에 관한 법률(2004. 4.14)"에 의해 항만시설운영자가 항만보안 장비 및 시설을 설치해야 함에도 불구하고 사실상 국가와 항만관리자가 대부분의 보안장비 및 시설 설치비용을 지원함.

○ 특히, 신설부두 및 기존의 부두에서 감시카메라, 보안울타리, 모니터, 조명등은 국가가 설치비용의 70~80 %를 지원하여 컨테이너 화물검색관련 항만물류보안에 간접적으로 영향을 미친 것으로 보임

사. 중국

○ 중국은 ISPS code를 제정 및 시행하였고 미국과 상하이●선전 항에 CSI 협정을 체결함 ('06.04)

○ 중국-EU간 컨테이너 화물 물류보안 시범사업을 실시함 ('07.11)

○ 기업분류관리방법을 개정하여 물류보안 프로그램(AEO) 제도를 도입함 ('08.02)

표 2-5. 개별 국가의 물류보안 제도

EU	● 세계세관기구(WCO)와 보조를 맞추면서 2008년부터 물류보안 인증제도 시행
뉴질랜드	● 2007년 6월 물류보안 인증제도 도입 및 미국과 물류보안 상호 인정 시행 합의
일본	● 국토교통성과 관세국을 중심으로 기업 물류보안 인증제도(AEO) 적극 도입 결정
중국	● 물류보안 인증제도 도입 예정(2007), EU 및 미국 항만과 컨테이너 추적 시범사업
싱가포르	● 2007년 5월 "안전 교역 파트너 프로그램(Secure Trade Partner Programme) 도입

표 2-6. 부문별 물류보안 제도의 현황

구분	내용
선박·항만 시설부문	• 미국 해운 보안법 (2002), 미국 항만 보안법 (2006) • 국제해상기국(IMO) ISPS 코드 • 선박 장거리 추적 시스템 설치 의무화 (2008) • 500 톤 (GT) 이하 선박의 ISPS 코드 적용방안 추진
컨테이너 검색부문	• 컨테이너 보안협정 (CSI) • 대형항만 방사능 탐지제도 (MI) • 컨테이너화물 100% 사전검색 의무화 • 세계관세기구(WCO) SAFE Framework (양자협정)
물류보안 인증부문	• 미국의 반테러 민관 협력제도 (C-TPAT) • WCO의 SAFE Framework (2005.08) • ISO의 사업장 경영보안인증제도 (2007.09) • 국가겹 물류보안 상호인정 제도 (양자협정), 종합인증 우수업체 (AEO : Authorized Economic Operator) 상호인정
화물정보 사전신고	• 미국의 화물정보 선적 24시간 전 신고제도 (24시간 규칙) • WCO의 화물정보 사전신고 제도 • 유럽연합의 24시간 규칙 도입 (2009.01) • 미국의 '10+2' 제도 • 중국의 화물정보 선적 24시간 전 신고제도 (2009.01)
물류보안 장비부문	• 방사능 검색이 가능한 컨테이너 화물검색기 설치 • 미국으로 운송되는 모든 컨테이너에 기계적인 봉인장치 사용 (2008.10) • 컨테이너 전자 봉인장치 (e-Seal) • 컨테이너 화물 추적 솔류션 • 스마트 컨테이너 개발 및 보급

[자료 : 항만 · 물류보안 체제 구축 실용화 방안 연구사업, 해양수산부, 2007.01]

1.2 국내 보안정책 동향 및 분석

○ 우리나라의 경우 수출입 물류대국임에도 불구하고 국제사회에서 물류보안과 관련된 기술과 장비생산은 미국과 유럽의 일부 기업이 주도하고 있으며, 우리나라는 변방으로 입지가 거의 없는 형편임

○ 우수성을 인정받은 정보화 기술력이 물류보안 기술력 발전으로 이어지지 않고 항만물류보안과 관련된 정책이 관련 부처별로 분산되어 통합적으로 항만물류보안산업을 지원하기 못하고 물류보안 업무를 전담할 인력부족과 함께 이들에 대한 교육도 충분하지 못하고 있을 뿐 아니라 항만물류 보안 시설, 장비 및 기술개발에 대한 정부 또는 민간 차원의 투자가 미흡한 상황

○ 국제해사기구(IMO)에서 제정한 ISPS 코드를 직접 이행하는 물류보안업무를 수행하고 있음. '03년 10월 '선박 및 항만시설 보안에 과한 규정'인 국토해양부 고시를 제정하였음. '04년 7월 1일부터 국제항해에 종사하는 선박과 28개 무역항을 중심으로 ISPS코드를 시행하고 있으며, 이에 '07년 8월에 ISPS코드를 수용하는 법률을 제정함. 이에 따라 '국제 항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률'이 '07년 하반기부터 시행되고 있음.

○ 우리나라 관세청은 '03년 미국 세관·국경보호국(CBP)RHK 컨테이너 보안협정(CSI)을 체결하고, 부산항에서 미국행 컨테이너 화물에 대한 사전검색작업을 실시하였음. 미국 또한 CSI 제도의 원활한 운영을 위하여 자국의 검사관 8명을 우리나라에 파견해 근무시키고 있음.

○ 이와 함께 관세청은 외국에서 우리나라로 수입되는 컨테이너 화물에 대한 밀수 및 보안 검색활동도 강화하고 있음. 관세청은 이 사업을 추진하기 위해 '11년 말 현재 모두 11대의 컨테이너 화물 검색기를 도입·운영 중에 있음. 관세청은 앞으로도 연차계획에 따라 장비를 추가 설치할 계획을 가지고 있음

○ 관세청은 최근 WCO등을 중심으로 컨테이너 화물에 대한 안전성을 강화함에 따라 국제간 이동하는 컨테이너를 감시·추적하는 모니터링 사업을 추진하기 위하

여 '07년 7월 관세청이 벨기에 당국과 양해각서(MOU)를 체결하였음

그림 2-4. 부산항만의 X-ray 검색시스템의 이송장치 및 발생장치 모습

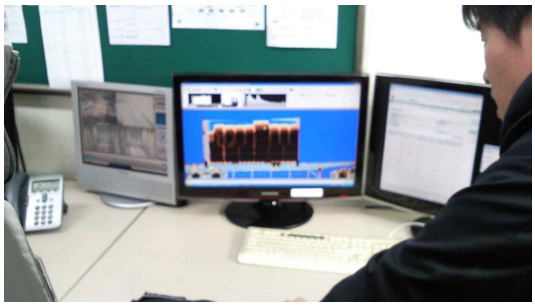


그림 2-5. X-ray 영상화 모습

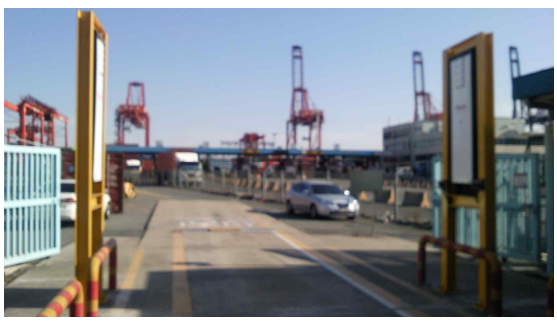


그림 2-6. 부산항만의 방사능 검색장비 모습

1.3 선행 연구 검토

1.3.1. 물류보안 제도 및 정책

○ 남풍우 외(2004)는 미국 컨테이너 보안협정(CSI)의 운용현황과 문제점에 관한 연구를 통해 CSI의 주요내용과 각국의 CSI 실시현황이 우리나라 관세행정에 주는 시사점을 제공함.

○ 최재선 외(2006)는 국가물류보안 체제 확립 방안에 관한 연구에서 최근 각국과 국제기구를 중심으로 도입되고 있는 물류보안제도를 면밀히 분석하고 우리나라 해운, 항만, 교통 등 물류부문이 안고 있는 물류보안 취약점에 대해 연구함.

○ 송선욱(2006)은 WCO, 미국 C-TPAT, 캐나다의 PIP, 스웨덴의 StarSec를 고찰하고 한국에 주는 시사점을 제시함. 그는 한국에는 체계적인 세관과 민간의 협력 프로그램의 부재를 지적하였고 C-TPAT의 국제화에 따른 한국무역업계의 대응책이 부재하다는 문제점을 지시함.

○ 김종득, 김장호(2007)는 미국내 물류보안 동향과 미국의 대테러방지 민관 협력 프로그램인 C-TPAT의 운용동향에 관한 고찰을 통하여 미국의 물류보안조치의 강화가 우리기업의 대미 수출 장애요인으로 작용할 가능성을 제기함

○ 김준호, 강진욱(2007)은 미국의 물류보안 관련법의 주요내용을 고찰하여 미국의 물류보안제도의 강화경향을 연구하고 이로인한 국내 대미 수출화물의 물류적체 가능성을 피력하면서 이의 방지를 위해 우리나라가 미국을 비롯한 국제적인 물류보안 강화에 대해 소극적 자세를 탈피하고 감시활동 강화와 무역원활화 및 교역안전을 위해 적극적으로 대처해야 한다고 주장함.

○ 허은숙(2008)은 미국에서 CSI, 24-Hours, C-TPAT, Safe Port Act 등 컨테이너 화물에 대한 다층적인 보안강화 프로그램을 시행하고 있으며, WCO를 중심으로 추진되는 물류보안 규범에 대해 언급함

○ Banomyoung(2005)은 글로벌 공급체인에 미국의 CSI와 C-TPAT는 보안을 증대시키려는 노력임에도 불구하고, 공급체인에서 시간의 지체와 비용의 증가요인이 발생 할 것을 예상함.

○ Thibault et al.(2006)은 미국의 항만당국, 터미널 운영업자, 컨테이너 선사들을 대상으로 2001년 9.11이후 미국의 새로운 해상컨테이너 보안조치인 MTSA, 94-hours, 24-hours, C-TPAT에 대한 반응을 조사하였음.

○ Carluer, Alix & Joly(2008)는 현재의 59개의 CSI항구에서 시스템을 분석하였는데 50명의 검사인원이 배치되었고 미국으로 들어가는 컨테이너의 100 % 검색을 위해서는 1,125명의 검사인원이 필요하다고 예측함.

1.3.2. 물류보안 기술 및 표준화

○ 서상범 등(2009)은 글로벌 물류보안 환경변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 수출입 관문에서만의 물류보안을 넘어 공급사슬 전체를 대상으로 한 포괄적이고 체계적인 물류보안 시스템의 필요성을 강조하면서 우리나라 현실에 맞는 효율적이고 체계적인 물류보안표준참조 모델을 제시함.

○ 취수영 등(2009)은 미국의 테러사건은 국제수송시스템이 매우 중요하지만 그만큼 취약한 약점을 가지고 있음을 시사하였고, 컨테이너 보안 관련 국제기구들의 보안정책과 보안장치 기술동향, 전자봉인 및 컨테이너 보안장치 기술에 대하여 제시함.

○ 박용성 등(2008)은 물류산업에서 화물, 운송 차량 등에 대한 정보를 신속하게 획득하기 위하여 RFID 기술을 활용하고 있으며, 현재 적용되고 있는 RFID 기술현황과 문제점을 파악하고 이를 해결하기 위한 표준화 방안을 제시함.

○ 김용진 등(2008)은 물류 경쟁력 강화를 위한 물류기술 및 보안분야의 현황과 과제라는 주제로 기업물류 기술분야, 공공물류 기술분야 및 보안 분야를 중심으로

현황과 주요 이슈 및 향후 동향에 관한 연구를 함.

○ Susan E. Martonosi 등(2011)은 미국 항구의 컨테이너 전수 검사 가능성을 평가 분석하면서 전수검사의 비용-편익분석을 제시함. 화물 컨테이너 검색 시스템과 관련한 기술수준 대비 전수검사시 TEU 당 장비비용과 인건비를 산정하였으며 현재 검색기술의 수준 및 전수검사로의 타당성을 분석함.

1.3.3. 물류보안 인증제도

○ 이기희(2008)는 운송업체를 대상으로 하는 물류보안 인증 제도상의 인증기준을 중심으로 주요국 및 국제규범상의 물류보안 인증제도를 분석하여 수출입 안전관리 우수 공인업체 제도의 평가기준을 제안하였음.

○ 안재진(2007)은 미국에 대한 테러로부터의 보안강화와 무역의 원활화를 도모하기 위하여 미국의 C-TPAT와 EU의 AEO 제도상의 보안기준 및 인증 평가내용을 분석하여 우리나라 실정에 맞는 공급망의 보안 및 안전장치의 이행의 필요성을 제시함.

제 2 절 국내외 시장현황 및 전망

2.1 국외 시장현황

2.1.1 글로벌 물류보안 산업 규모

○ 전 세계적 물류보안산업 관련 시장 규모는 2005년 기준으로 약 464억 달러 정도로 추산됨. 지역별로 보면 미국시장이 239억 달러로 세계시장이 약 52%를 차지하고 있으며, 유럽이 81억 달러, 호주를 포함한 일본, 한국 등 환태평양 지역이 51억 달러, 중동 지역이 46억 달러, 중국과 인도가 17억 달러, 캐나다 및 멕시코 지역이 7억달러이며, 나머지 지역이 22억 달러 정도로 추산됨.

단위:10억달러

자료 : Home Land Security Research

그림 2-7. 글로벌 물류보안산업 시장규모

○ 미국의 Homel Security Research사는 전 세계 정부 및 민간부문의 보안 시장 규모를 2008년 392억 달러에서 2018년 748억 달러로 연평균 6.7% 성장할 것으로 전망함.

표 2-7. 2015년까지의 보안 분야 시장 성장률 전망

지역	2005년도		2010년도		2015년도	
	억달러	%	억달러	%	억달러	%
중동	46	10	98	9	152	9
유럽	80	17	215	20	396	22
호주, 일본, 환태평양	51	11	109	10	163	9
중국, 인도	17	4	69	6	168	9
캐나다, 멕시코	7	2	18	2	33	2
미국	239	52	497	47	748	42
기타	22	5	62	6	124	7
총계	464	100	1,068	100	1,783	100

자료 : Home Land Security Research

○ 물류보안산업의 하드웨어 부문의 시장규모가 향후 폭발적인 성장세를 보일것으로 예측. 스마트 컨테이너 시장의 경우 2006년 약 7천만 달러 규모에서 2012년에는 2006년 대비 약 60배 정도인 42억 달러로 예측됨.

2.1.2 검색장비 및 방사능 검색장비 시장

○ 컨테이너 보안기준은 컨테이너가 국제적으로 운송되는 과정에서 부정한 방법으로 개폐되었는지를 확인하는 장비에 대한 표준을 의미함. 2003년 HSRC(Human Sciences Research Council)의 조사에 따르면, 미국의 컨테이너 검색장비 시장의 규모는 2002년 7,000만 달러에서 2010년 4억 5,000만 달러로 성장하였으며, 2013년에는 12억 7,000만 달러로 향후 지속적으로 상승할 것으로 예상

○ 2006년 Frost & Sullivan은 미국 컨테이너 검색장비 시장의 규모가 2006년 3억 8,000만 달러에서 2013년에는 12억 7,000만 달러로 증가세를 나타낼 것으로 전망하였으며, 정상적인 예측범위보다 훨씬 급속하게 성장할 가망성이 높다고 판단함.

○ 컨테이너 화물 검색기 개발 및 상용화와 관련하여 미국의 SAIC 사와 스미스 디텍션 사, 그리고 중국 칭화 대학의 벤처 기업에서 글로벌 전문기업으로 성장한 누크테크(Nuctech) 사 등이 시장 점유율을 높이기 위해 경쟁

○ 우리나라가 앞으로 물류보안 장비 및 기술개발과 투자, 외국과의 물류보안 협력을 소홀히 할 경우 향후 국제 표준 경쟁에서 낙오되는 것은 물론 엄청난 기술 도입료(이른바 특허 사용료)를 부담해야 하는 실정

○ 방사능 검색장비의 시장 규모와 관련하여 미국의 Instrument Business Outlook(2006)은 NII 시스템(Non-invasive imaging system)을 제외한 방사능 탐색장비의 전 세계시장 규모가 2005년 2억 6,200만 달러에서 2006년 3억 달러로 14.5% 성장하였고 2007년에는 전년대비 13.7% 증가하였음. 2005년도 기준 북미지역의 방사능 탐색장비 시장은 세계시장 수요의 45 % 이상을 점유한 것으로 보고 됨.

표 2-8. 방사선 탐지 및 내부영상 검색장비 생산기업 및 제품

장비 구분	기업명	생산제품
방사선 탐지장비	SAIC	Exploranium line of radiation portal monitors
	CANBERRA Industries	RadSentry Radiation Rportal Moinor, Advanced Spectroscopic Portal
	Raytheon Company	Advanced Spectroscopic Portal
	Thermo Fisher Scientific, Inc	ASM 3000SE, ASP
내부영상 검색장비	SAIC	VAIC line of non-intrusive inspection systems
	ASEI	Z Backscatter Van, Z portal, Omniview Gantry Mobile Search
	L-3	CX-3800G, CX9000F, X-ray systems
	Rapiscan systems	X-ray inspecting systems
	Nuctech	X-ray inspecting systems

자료 : Frost & Sullivan

2.1.3 감마선 화물컨테이너 및 방사능 탐색장비 설치 현황

○ 화물컨테이너 검색의 주요현안이 대량살상무기(WMD)의 적재여부를 탐지하는데 주력함에 따라 검색 패러다임이 밀반입 검출에서 방사능 탐색으로 변화함. 전세계적으로 대부분 사용하고 있는 X-ray 검색장비로는 방사능 물질을 탐지하는 것이 불가능하므로 이를 해결하기 위하여 미국국토안보부에서 메가포트 구상 (MI, Megaport Initiative)을 실시함

○ 현재 컨테이너 검사와 관련해서는 화물검색기와 방사능 물질 검색장비에 관한 기술 및 장비개발 · 설치 등의 시장점유를 둘러싼 경쟁이 치열한 상황이며, 화물검색장비의 경우 1대당 가격이 40~50억 달러에 달하는 시장을 미국 샌디에고에 본

부를 둔 SAIC와 스미스 디텍션(Smith Detection)사가 양분하고 있는 실정

○ 미국 SAIC사는 현재 감마선 화물컨테이너 검색장비분야 세계 최고의 기술을 보유하고 있으며, 제품의 가격은 현재 1대당 약 100억 정도로 알려짐. SAIC의 장비는 현재 미국의 동부지역 전 항만에서 사용되고 있으며, 홍콩, 싱가포르, 캐나다, 멕시코, UK 등의 모든 항만에 설치 되어있으며, 점차적으로 적용이 늘어나고 있음.

○ 현재 미국행 컨테이너 화물에 대한 100 % 사전검색 시범사업을 실시하고 있는 부산 북항 감만 부두 허치슨 터미널 게이트 4곳에 고정식 X-ray 검색장비와 차량번호 인식기 및 방사능 탐지기가 각각 설치되어 있으며, 이동식 모바일 타입 X-ray 검색장비는 각 항구에 약 평균 5~10 정도 보유하고 있음.

○ 항만 터미널에 적용되는 검색장비는 모두 X-ray 방식으로, 고정식 및 조립이동식에 대하여 정한 바는 아직 없으나 2012~2015년에 3대 추가 할 예정이며, 2016~2020년에 8대를 추가로 설치할 예정에 있으나, 검색이 필요한 화물컨테이너를 400 TEU로 예상하는 경우 초고속 컨테이너 검색장비가 약 40대 이상 필요하다는 분석이 나옴.

○ 이동식 모바일식 X-ray 검색장비는 고정식에 비하여 원하는 곳에 직접 찾아가 검색을 할 수 있어 상황 및 형편에 따라 검색을 바로 수행할 수 있으므로, 물류지체를 해소할 수 있을 뿐만 아니라 필요공간을 절약할 수 있고 자유로운 활동영역의 장점을 갖고 있어 추후에 국산화 개발의 필요성 있음

○ 추가예정인 컨테이너 화물검색장비의 타입(X-ray, 감마선 등)은 정해진바 없으나 기존 설치되어 사용 중인 X-ray 방식의 검색장비의 도입이 유력할 전망임.

○ 현재 감마선 검색장비는 미국의 소수회사가 주도하고 있는 만큼 수요처는 많으나 공급이 부족한 실정이므로 국내 기술에 의한 감마선 검색장비의 개발은 국내 사용중인 X-ray 방식의 검색장비 교체 뿐만 아니라 국외 수출도 가능할 전망임

표 2-9. 우리나라 컨테이너 화물검사기 설치 현황 (모두 X-선 검색 장비임)

입찰년도	형식	투과력 철판(mm)	제조사	낙찰가	설치항
2002	조립이동식	250	Rapiscan	4900	인천항
2002	조립이동식	250	Rapiscan	4900	부산항
2002	조립이동식	250	Rapiscan	4900	부산항
2002	차량이동식	150	Nuctech	2614	부산항
2003	조립이동식	300	Nuctech	4498	평택항
2003	조립이동식	300	Nuctech	4498	광양항
2004	양방향 고정식	380	BIR	10355	인천항
2004	조립이동식	300	Rapiscan	5058	울산항
2005	양방향 고정식	380	BIR	10494	부산항
2005	차량이동식	250	L3	4499	군산항
2006	조립이동식	380	BIR	10505	인천항

자료 : 한국해양수산개발원 보고서

2.1.4 화물컨테이너 외 물류보안 시장동향

○ E-Seal(Electronic Seal)이라 불리는 컨테이너 전자 봉인은 능동형 전자 태그 기술의 대표적인 응용으로서 화물 컨테이너의 문이 비정상적인 형태로 개폐됨을 감지하여 주변에 설치되어 있는 리더에게 알리고 그 이력을 유지하는 역할

○ 컨테이너 전자봉인과 관련된 시장규모에 대한 예측은 거의 없는 실정이나 Frost & Sullivan에 따르면 2006년 세계 컨테이너 봉인·모니터링 시장 규모가 3억 1천만 달러에서 2013년 5억 9,920만 달러로 확대될 것으로 전망

○ 우리나라 대미 수출 화물량을 기준으로 할 때, 부산항에서만 최소 1,000억원 이상의 비용이 발생할 것으로 분석

○ 미국으로 수출되는 컨테이너 화물에 대한 100 % 검색을 기존 장비인 X-ray 검색장비로 검색할 경우, 부산항의 2006년 미국 발 수출 컨테이너 화물량 140만 TEU를 기준으로, 시간당 150TEU를 처리하는 50억~100억원 상당의 X-ray 검색장비를 15대 구입해야 하므로 장비구입에만 최소 750억원이 소요될 것으로 추산

○ 컨테이너마다 장착해야 하는 보안장치의 1회 사용료가 20~30달러 수준이므로 보안장치 구입비용에 연간 2,8000만~4,200만 달러가 소요될 것으로 예상

○ 최근 미국 국토안전부(DHS)는 전략 컨설팅 시장조사 기관 Homeland Security Research 와 해운 물류 컨설팅 기관인 North River Consulting Group이 공동으로 수행한 조사 결과를 바탕으로 향후 대량살상무기(WMD)가 해상을 통해 밀매될 가능성이 높다고 판단하고 이러한 위험성 제거를 위한 스마트 컨테이너의 유용성 강조

○ 이 보고서에 따르면 스마트 컨테이너 산업은 추후 2004년에서 2013년까지 약 60배 성장하여 시장규모가 2006년 7,000만 달러에서 2012년에는 42억 달러에 이를 것으로 예측

제 3 절 기술동향 분석

3.1 관련 기술개발 동향

3.1.1 도출된 과제별 목표 및 핵심기술 내용

○ 기술의 유사성 및 연계성을 고려하여 그룹화하고 세부과제 단위로 기술패키지가 구성되어 독립적이 사업화가 가능하도록 핵심과제를 구성하였으며, 핵심과제별 최종 목표와 핵심기술은 다음의 표와 같이 구상함.

표 2-10. 기획연구에서 도출된 세부과제별 목표 및 핵심기술 내용

핵심과제	핵심기술	핵심 기술 개요
감마선 화물검색 시스템 구축 기술	검색 시스템 구성요소 설계 및 제작 기술 현황	감마선 투과 방식을 이용하여 영상을 획득하고 검사하는 시스템의 검색 형태에 따른 구성품별 설계 및 제작에 관련된 제반 기술
	화물검색 통합 프로세스 최적화 기술	화물검색 시스템 검색절차의 최적화를 위한 제반기술
화물 컨테이너 검색 영상 처리 기술	투과영상 처리기술 및 알고리즘 분석	감마선 이용한 검색시스템의 영상획득 및 분석 방법과 이에 관한 영상 프로세스 알고리즘
	영상 시스템 구성요소 설계 기술	검색 시스템의 영상 획득 및 분석장비의 설계제작
	위험물질(방사능, 핵물질 등)에 대한 화학적 성분분석 알고리즘	위험물질의 화학적 성분분석 방법 및 분석 프로세스 알고리즘
컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가기술	사용환경 평가기술 및 방사능 동위원소 취급관리 방법	검색환경 안전성 확보를 위한 감마선 장비 사용 환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 개발
	검색 시스템 성능평가 및 신뢰도 평가 기술	검색결과의 신뢰도 확보를 위한 검색시스템의 주기적인 성능평가 및 정도검사 방법 구축
	방사선 피폭 관리용 측정장비 시험평가 체계 및 방법 구축	방사능 환경 측정장비의 주기적인 관리 체계 확보를 위한 시험평가 방법 구축

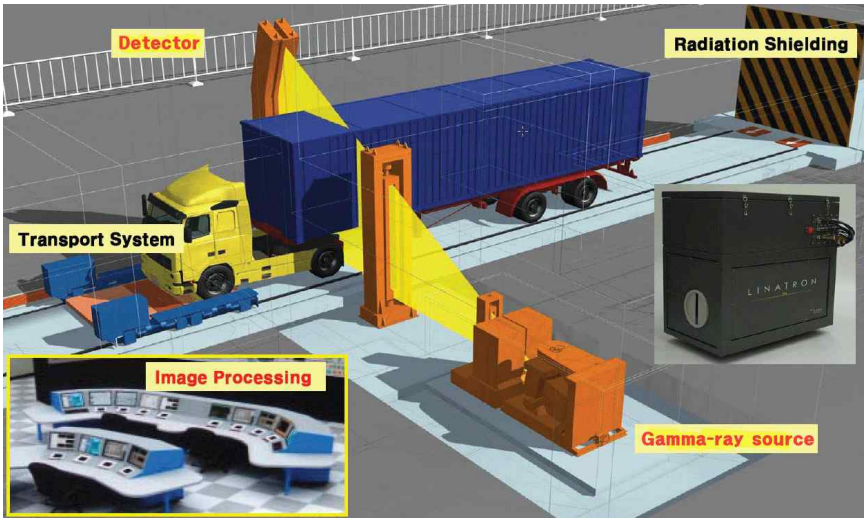


그림 2-8. 화물 컨테이너 검색 모형

3.1.2 국내외 기술개발 동향

가. 검색 시스템 구성요소 설계 및 제작기술

(1) 기술의 개요

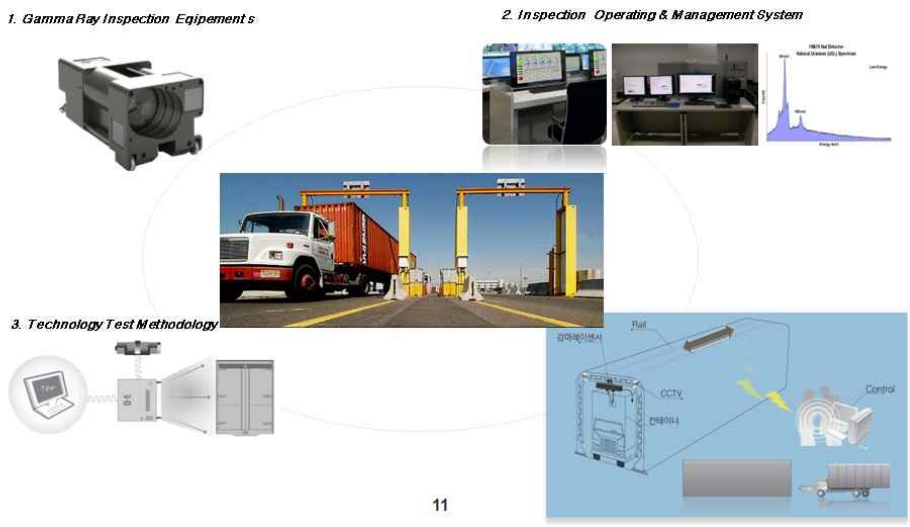


그림 2-9. 감마선 화물 컨테이너 검색 시스템의 개념도

○ 감마선 화물 검색 시스템 구축 기술은 물류보안을 위한 극대화시키기 위한 화물 내부의 정확한 영상화 및 방사능 검출을 현실화 하고 화물 검색 Flow를 최적화 시켜 물류지체를 최소화시키기 위한 구조시스템을 개발하는 핵심기술로써 감마선 화물 검색 시스템 구성요소 설계 및 제작 기술, 검색시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술, 화물검색 프로세스 및 시스템 유지 보수 기술을 포함함.

○ 화물검색 시스템의 구축에 있어 검색특성 및 방법에 따라 3가지로 구분할 수 있음. Portal 형식, Mobile 형식, Portable 형식이며, 그 특성은 다음과 같음.

• Portal 형식 : 화물 컨테이너 검색장비의 가장 일반적인 형태이며 항만 터미널에 고정되어 실제 운행하는 컨테이너를 탐색하는 방식이며, 이송방식에 따라 겐트리와 선반형으로 구분함.

• Mobile 형식은 통상 차량 이동형 타입이라고 불리우며, 발생장치, 검출기로 구성된 검색 시스템을 차량에 구축하여 신속한 검색이나 소규모 화물을 검색 할 때에 적용됨.

• Portable 형식은 일반 자동차나,VAN 등의 화물을 싣고 이동시키는 차량에 대하여 방사능 검출을 위한 화학적 성분분석을 수행함. 방사능 검출시 알람이나 기타 신호에 의해 검출대상 화물을 알려주며, 영상신호는 없는 것이 특징임.

○ 감마선 화물 검색 시스템 구성요소 설계 및 제작기술은 감마선 투과방식을 이용하여 영상을 획득하고 검사하는 시스템의 검색 형태에 따른 구성품별 설계 및 제작에 관련된 제반기술임

그림 2-10. 검색 특징 및 형태별 검색시스템의 분류

○ 검색시스템 운영을 위한 통신 네트워크 보안기술은 화물검색 시스템 운영에 수반되는 통신 네트워크 구축기술과 시스템 보안 관련 기술임

○ 화물검색 스포레스 및 시스템 유지보수 기술은 검색 운영에 관련되는 제반기술로써 검색 형태별 검색 Flow 최적화 기술을 포함하며, 구성품별 유지 보수 대응기준을 마련

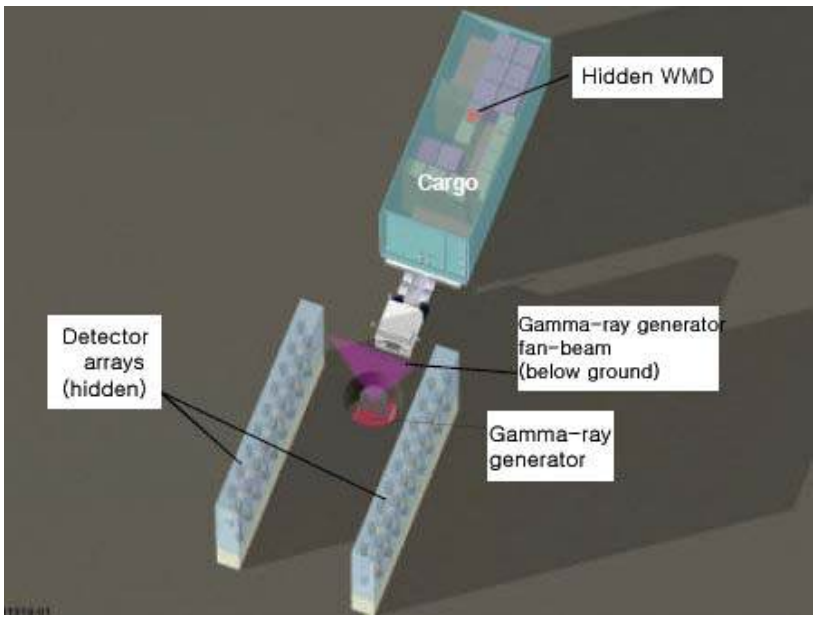


그림 2-11. 감마선 화물 검색 시스템 구축 기술

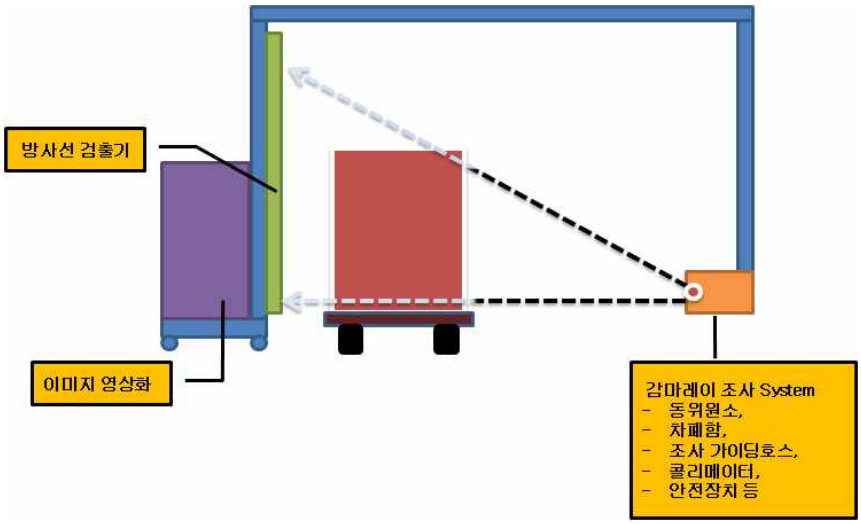


그림 2-12. Mobile 형식의 차량 이동형 검색시스템 개요

Portal 타입

Mobile 타입

Portable 타입

그림 2-13. 미국 항만에 적용되고 있는 감마선 화물 검색시스템 [미국, SAIC]

(2) 감마선 화물컨테이너 검색 시스템 설계 기술 현황

○ 글로벌 물류보안 강화를 위하여 전 세계 국가차원으로 물류지체에 부담을 주지 않으면서 대량살상무기(WMD)를 효과적으로 검색할 수 있는 화물 컨테이너 검색 시스템 개발에 관심을 모으고 있음. 그러나 현재 세계 물류산업을 지배하고 있는 미국의 경우 해상을 오가는 7백만 대의 컨테이너를 검사하는 것이 쉬운 일이 아니며 전체 컨테이너 중 “고위험” 컨테이너로 간주되는 5~6% 만이 물리적으로 검사함. 이들 대부분은 방사선(감마선 또는 X선) 조사에 의하여 컨테이너를 개봉하지 않고 내용물을 검사하게 됨

○ 중국의 경우 팅화퉁팡워이스(Nuctech)사는 1998년 세관당국과 협력시스템을 구축, ‘H986 프로젝트’를 수행함. 이는 대형 컨테이너 화물 검색 설비 및 그 보조시스템의 개발에 관한 사업으로 첨단 과학기술을 활용하여 수출입 컨테이너 화물에 대한 X-ray 검사를 통하여 실제화물과 신고화물 일치여부의 확인을 목적으로 함. Nuctech는 X-ray 화물검색 시스템의 기술은 세계적인 수준에 있으며, 15여개 국가에 100여대 수출하였음. 특히 복사영상 기술분야에 있어 수십년 간의 연구경험과 기술 노하우를 보유하고 있고 핵심기술에 대한 지적 재산권을 보유하고 국내외 기술특허를 취득함.

○ 미국의 경우 감마선 영상 화물컨테이너 검색 시스템 요소기술 분야는 SAIC 사와 스미스 디텍션 사가 높은 기술력을 보유하고 있음. 특히, SAIC 사의 VACIS Portal형 통합 검색 시스템과 Mobile형 감마선 검색 시스템을 개발하여 미국 세관 및 외국 세관에게 약 170대 이상을 판매하였음.

○ 우리나라의 경우 감마선 영상기반의 화물 컨테이너 검색 시스템과 요소기술은 거의 전무한 실정이며, 과거에 X-ray 검색시스템을 개발하기 위한 시도가 있었으나 상용화 되지 못한 경험이 있음.

그림 2-14. 중국이 개발한 이동형 X-선 검색 시스템 [부산항, 인천항에 구축]

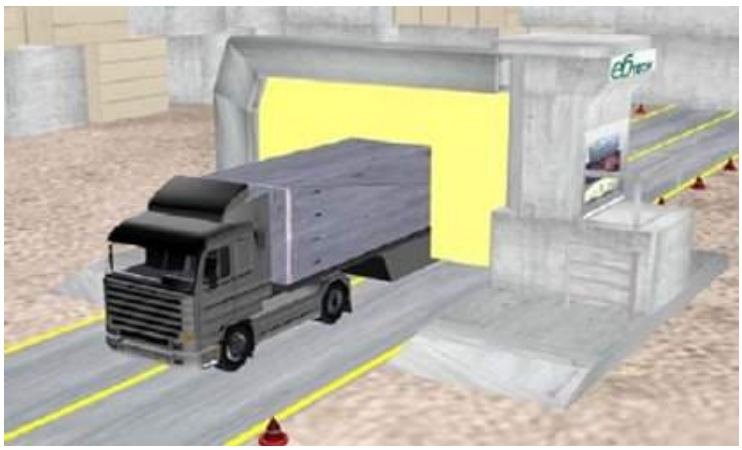


그림 2-15. X-ray 검색시스템의 국산화 모델 개념도[eb-TECH]

(3) 감마선 발생장치 기술 현황

○ 감마선 발생장치는 일반적으로 납 또는 우라늄으로 된 무거운 철용기로 차폐장치에 감마선원의 위치를 가리키는 마이크로 스위치가 부착되고 양끝 부분에 케이블을 조절하고 선원의 위치를 연장조절 할 수 있는 장치와 불완전한 조작시 보호 될 수 있는 안전장치로 분류함.

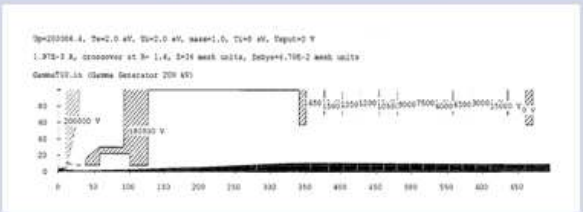
○ 동위원소 발생 장치는 차폐함 양쪽 끝부분에 선원을 연결하여 조절할 수 있는 튜브 케이블과 선원의 위치를 인도하는 연장튜브로 조립되어 있어 선원 을 자유로이 이동할 수 있도록 유도해 주며, 선원의 위치를 가리키는 지시등이 붙어 있는 경우도 있음. 동위원소 발생장치는 이외에 선원 보관함 및 방사선의 투사방향을 조정할 수 있는 콘(Cone)등으로 구성되어 있음.

○ 미국의 로렌스 버클리 국립연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)산하 플라즈마 이온 발생원 기술그룹(Plasma and Ion Source Technology Group)은 컴팩트 축 타입의 감마튜브를 개발중에 있음. 개발중인 감마 튜브(GT) 형태는 핵분열성 물질의 광분열 조사를 위해 단색 6 MeV 및 12 MeV 감마선을 생성하는 사양으로 소형 저에너지 빔 발생기로 도달할 수 있는 저에너지(수백 keV) 광자 유래 핵반응을 사용하기 때문에 대형 입자 가속기 필요성을 감소시킴.

표 2-11. 축 방향형 감마튜브 설계

감마 발생장치 설계	특징
	• RF-네트워크와 같은 보조장치를 소형 Footprint Device에 통합 운영 기술 • RF 정합 회로망, RF 외부안테나 이온발생원, 차동펌핑챔버, 수냉식 표적, 압력용기, 지지스탠드로 구성됨. • 감마튜브의 전체 높이는 120cm 제작

표 2-12. 감마튜브를 위한 이온 광학 시뮬레이션

이온 빔 추출 및 전송 시뮬레이션	특징
	• 이온 빔은 이온발생원에서 표류 빔이 가속기 컬럼 전극과 충돌 할 수 없는 방식으로 설계 • 이온빔은 전극 구조물에 부딪치지 않고 감마튜브의 컬럼 단면을 통해 가속됨

○ 국내의 경우 중성자 선원을 이용하여 감마선 발생을 가능하게 하는 설비 제작 기술에 많은 관심을 갖고 관련 분야 연구가 지속적으로 진행되고 있음. 특히 중성자 선원을 제어할 수 있는 차폐기술과 중성자 발생기 제작 기술에 대한 연구가 수행중이며, 이 기술은 컨테이너 검색시스템으로의 방사선원의 제어설비로의 응용이

충분히 가능할 것으로 판단됨.

표 2-13. 국내의 감마선 발생장치 설계 기술

감마 발생장치 설계	특징
 위험물질 화학분석용 방사선 이용 PGNAA 시스템 [KAERI]	• 프롬프트 감마선 활성 분석(PGNAA)에 의한 비파괴 다원소 검출장비 제작 [X-선 검색방법은 물질 자체 분석은 불가능하며, 불법물질의 내부 프레임워크,장치 영상] • 중성자 선원이 판독물질에 조사되면 중성자 포착 감마선 방출 반응으로 인해 중성특징을 갖는 감마선 (2~10MeV)를 발생하는 장치 연구수행 • 중성자와 감마선이 높은 침투 특성을 갖는 것을 이용 • 금속, 석탄, 시멘트, 방사능 물질, 폭발물, 지뢰 등을 검출할 수 있는 효율적인 시스템
 D-D 중성자 발생기 [PGNAA 시스템 적용,미국 버클리 국립연구소]	

○ 비파괴 다중원소 분석기법으로 사용되는 PGNAA는 위험물질을 찾기 어려운 환경에서 효과적으로 물질을 분석하는데 적합함. 프롬프트-감마 중성자 요소분석기술과 같은 위험물질 분석의 결과정확도를 높일 수 있는 기술 요구됨.

○ 중성자를 이용한 감마선 검색방법은 일반적으로 중성자는 감마선 검출기를 손상시킬 수 있고 감마선의 조사를 방해할 수 있음. 따라서 중성자를 이용하는 경우 차폐기술이 요구됨.

(4) 조사각 조절장치(콜리메이터) 기술 현황

○ 조사각 조절장치(콜리메이터)는 감마선 투과 영상검출의 정확성을 위하여 조사각을 변경시키는 기술을 반영하는 시스템으로 볼 수 있음.

○ 일반적으로 감마선 전송관의 끝부분에 부착하여 조사시에 방사구의 조사 범위 제한과 작업종사자의 안전을 도모하기 위한 납차폐기구의 로 구성됨. 투과사진촬영시에는 반드시 감마선의 제한된 조사방향과 범위를 제어하도록 구성되며, 이것 이외의 방사선은 작업종사자의 안전을 위협하는 방사선 피폭의 원인이 되기 때문에 꼭 필요한 차폐구로 발생장치와 함께 기술개발이 필요함.

○ 조사각 조절장치의 구멍을 통과한 감마선만이 영상을 만드는데 기여하며, 조절장치의 공간 분해능과 기하학적 효율을 높이기 위하여 구멍을 작게 하며, 조절각을 만드는 방식에 따라 조사특성이 달라지므로 특성에 맞는 장치의 형태를 제작하는 기술을 확보해야 함.

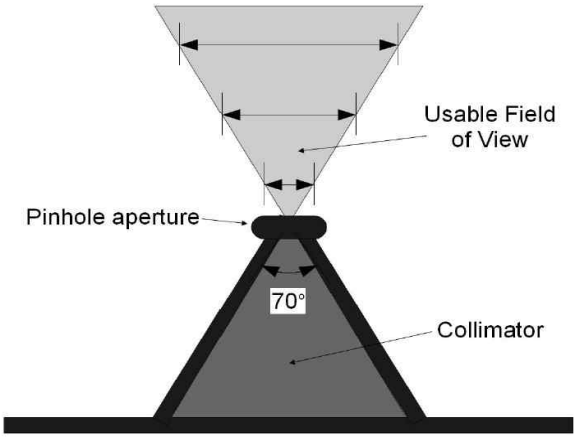


그림 2-16. 조사각 조절장치(콜리메이터)의 조사 개념도

(5) 감마선 조사 기술

○ 감마선 조사기술은 검색 시스템 기술자립을 위한 가장 핵심적인 기반기술임. 현재 조사기술에는 한계가 있고 컨테이너의 많은 부분을 조사하려면 상당한 비용이 더 들게 되며, 이로 인한 물류지체는 지속적으로 증가하게 됨. 물류지체 없이 대량의 컨테이너를 효과적으로 검색하기 위해서 검색시스템 조사 기술의 개발이 절실히 요구되는 상황

○ 항만에서 화물 컨테이너의 대량살상무기 또는 방사능 물질을 검출하는데 주로 사용하는 기법은 대면적 고효율 검출기를 사용하는 감마선(Gamma-ray) 및 중성자 조사법 임. 이 방법은 검색을 위해 컨테이너가 멈추지 않고 실제 운행속도에서 방사능 검색을 가능하게 함.

○ 방사선 소스가 고밀도, 고준위 물질로 철저하게 차폐되게 되면 본 검출방식으로 소스를 탐색이 쉽지 않은 경우가 발생할 수도 있는데 고밀도 물질을 검출할 수 있는 X-선이나 감마(Gamma)선을 융합시켜 상호보완기법을 사용할 수 있음.

○ 미국의 SAIC 사는 감마선 조사기술의 상당한 기술력을 보유하고 있으며, Portal 형 감마선 컨테이너 검색장비를 개발 완료함. 이는 서로 반대되는 한쌍의 선원과 검출기 집합체를 사용하며, 표준도로 차선보다 넓지 않은 공간에서 컨테이너나 트럭 전체를 이미징 할 수 있음. 필요 공간이 크지 않으므로 감마선 발생원 장치를 복수로 줄로 나란히 설치 할 수 있음. 감마선 조사각을 조절함으로써 숨겨진 구획을 효과적으로 검색할 수 있도록 함.

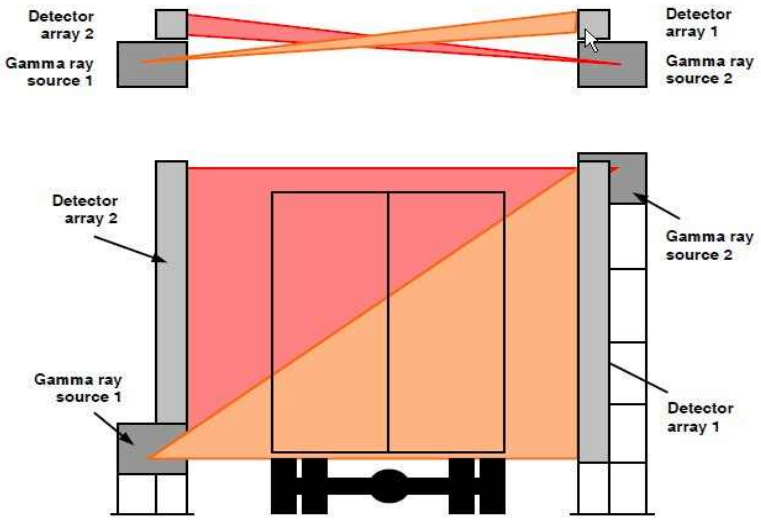


그림 2-17. SAIC사의 검색시스템 감마선 투과방식 사례

○ SAIC사의 Portal 타입 검색 시스템은 최대 8km/h의 속도로 움직이는 컨테이너에 감마선을 정확히 조사할 수 있으므로 물류지체를 최소화 할 수 있음. 컨테이너가 조사 영역을 통과할 때 감마선 빔이 산란되고, 트렉터와 운전사가 주사 영역을

통과한 뒤 감마선 발생장치의 셔터가 개방되어 실제 컨테이너에 조사하게 하는 조사제어 기술을 보유하고 있음.

○ 감마선 조사기술은 피폭에 직접적인 영향을 주는 요인이므로 감마선 검색 장비를 운용함에 있어서도 안전성 확보를 위하여 상당히 중요도를 요하는 기술이라 할 수 있음. 그러므로 감마선 조사시 필요한 부분에 엄격하게 조준 될 수 있도록 정확한 제어장치 기술이 필요함. 미국의 검색 시스템으로부터 컨테이너 안의 내용물이 조사되는 양은 0.05 μSv 미만이며, 이는 해수면에서 자연방사선에 약 15분간 노출된 양에 해당됨. SAIC사의 검색 시스템의 조사로 인해 화물이 받는 평균선량은 X-선 검색 시스템보다 훨씬 낮은 수치로 측정됨.

그림 2-18. 멕시코 만자니아(Manzanillo) 항구에 설치된 감마선 검색시스템

(6) 감마선 검출 시스템 설계 기술

○ 검출기의 공간분해능을 개선하면 검색 영상 품질을 높일 수 있으므로 검출기 설계는 실제 검색효율을 높이는 중요한 핵심기술이라 할 수 있음.

○ 검출기는 검색 영상화를 구현하는 가장 기본적인 장비이므로 높은 공간 분해능과 높은 대조도, 빠른 영상획득의 3가지 성능을 만족해야 함.

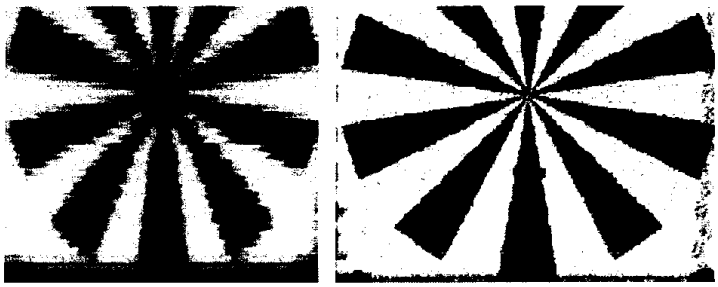
○ 빠른 영상획득을 위해 높은 검출효율을 요구하는 검출기를 개발함이 요구되는데 검출기는 방사선원으로부터 거리가 작을수록, 검출기의 면적이 클수록 피폭의 위험도가 높아지므로 주변환경의 피폭을 최대한 줄이면서 검출 효율을 극대화 시킬 수 있는 기술개발이 요구됨.

○ 검출기 재료의 감마선에 대한 반응단면적이 클수록 반응효율은 높아짐. 검출기의 두께에 따라 반응효율이 상이하므로 이를 높힐 수 있는 최적의 두께를 설계할 수 있는 기술이 필요함.

○ 검출기의 전자적인 효율을 높이기 위하여 검출기의 신호가 충분히 크도록 섬광체의 섬광효율과 광센서의 양자효율을 높힐 수 있는 기술을 요함. 또한 검출기 자체 및 신호처리회로의 전자적 잡음이 최소화 될 수 있는 기술개발이 필요함.

○ 검출기 시스템은 거의 독립형 현장 교환형 장치로 설계됨. 일반적으로 검출기에는 고전압 전원, 아날로그 전치 증폭기, 아날로그 디지털 컨버터, 게이트 어레이, 내장 마이크로 컨트롤러 등으로 구성됨. 블록 검출기의 입력은 저전압 DC 전력이며, 단일 커넥터에는 마스터 제어라인이 구성되어 있음.

그림 2-19. 고해상도 검출기 모형 (전자장치 연결부의 커넥터 부분)



과거 검출기 이미지 (좌측) 신형 검출기 이미지(우측)

그림 2-20. 미국에서 개발한 신형 검출기를 이용한 이미지와 기존 검출기에 의한 이미지 비교

○ 방사선 검출 미디어의 특성에 따른 감마선 검출기의 설계기술이 요구됨. 이는 감마선 검출기가 반도체(Semiconductors) 및 신틸레이터(Scintillators)와 같은 방사선 검출 미디어의 특성에 따라 제작될 수 있는데, HPGe(고순도 게르마늄)과 CZT (카드뮴 아연 텔라이트)는 반도체 검출기로 사용하며, 신틸레이터 검출기의 경우 각종 물질들을 검출하는 섬광검출기이며, 감마 섬광 물질인 고분자 물질들은 감마선을 검출하는데 더 높은 효율을 제공함.

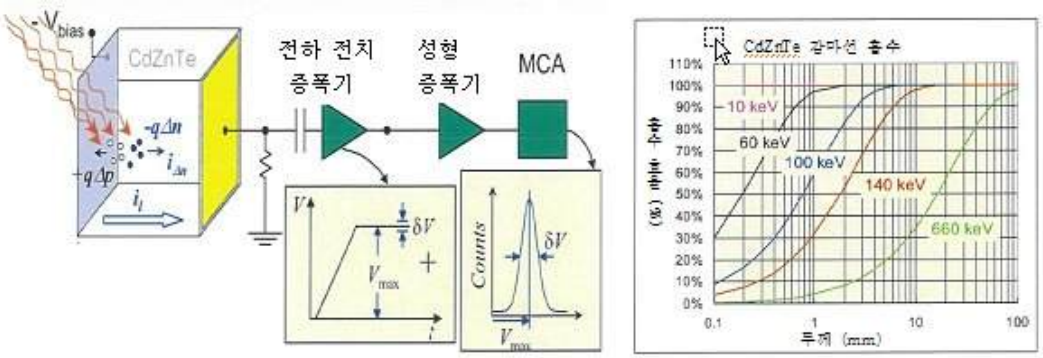


그림 2-21. 감마선 반도체 검출기 작동원리 및 감마선 흡수량 시험결과

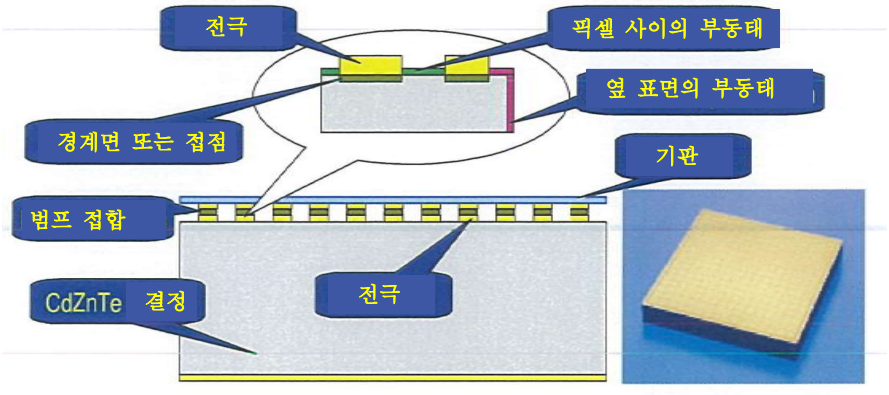


그림 2-22. CdZnTe 검출기의 표준 구조와 실제 단결정 CdZnTe 검출기 배열

○ 미국 해군연구소에서는 컨테이너 검색을 위한 고해상도 위치 검출 및 정확한 이미지를 획득하기 위한 감도가 향상된 감마선 검출기를 개발하였음. 감마선 조사 시 상호작용할 때 물체의 3차원 위치는 서브밀리미터 수준의 정확도를 보이는 단일 게르마늄 스트립 검출기이며, 기술력을 바탕으로 실리콘 스트립 검출기 개발을 연구중에 있음.

표 2-14. 양면 직각형상의 스트립 검출기 개략도

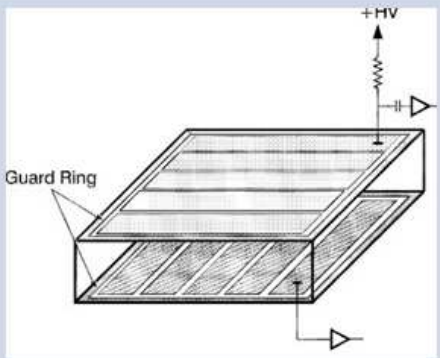
감마선 스트립 검출기	특징
	• 이미지 해상도 성능 및 반응을 조사하는데 사용 • 게르마늄 스트립 검출기의 성능을 특성화하는데 사용 • 반대 양극판에 전자와 양공의 상대적 도착 시간에서 0.5 mm로 감마선 상호작용의 깊이를 측정하는데 사용 • 기본 스트립 검출기 개념을 이용하여 다중 검출기의 이미지 처리 및 획득

표 2-15. 실리콘 스트립 검출기 적용분야

○ 일본의 경우, 원자력 연구개발기구(JAEA Japan Atomic Energy Agency)에서 측정프론티어 연구사업을 통하여 고에너지 전자와 레이저를 충돌시켜 발생하는 감마선 빔을 이용하여 두꺼운 철판으로 둘러싸인 물체의 구성요소의 동위체를 검색한 뒤에 그 외치와 형상을 측정하는 기술을 개발하였음.

○ 국내의 경우 설비산업에서 고온 고압 공정에 놓인 배관의 부식 및 침식 정도를 확인하기 위한 파이프라인의 두께 측정용 감마선 어레이 검출기를 개발하였음. BGO섬광제촤 광다이오드를 이용하여 검출기를 제작하였고 이를 바탕으로 검출기 시험용 측정장치를 제작하였음.

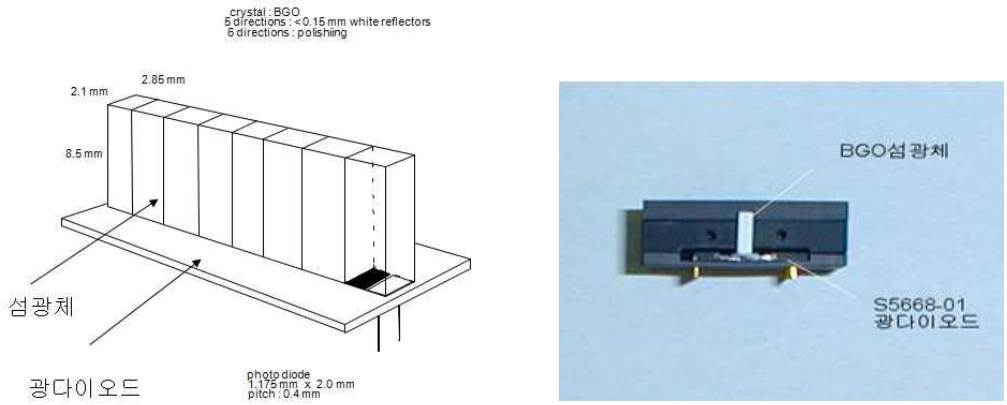


그림 2-23. 국내에서 개발한 감마선 어레이 검출기[KIMM]

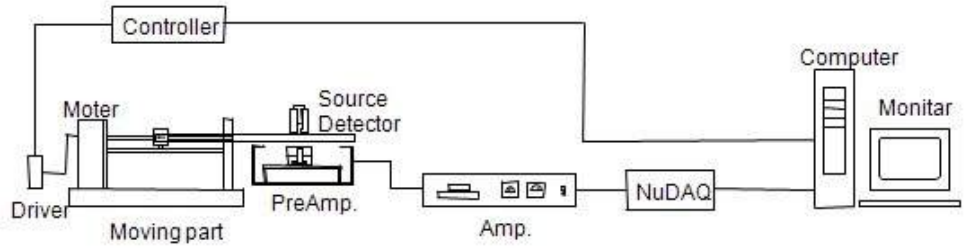


그림 2-24. 검출기 시험용 측정 장치도

○ 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 부족한 상황이나, 정부지원을 통하여 검출기의 방사선 손상연구 및 내방사선 센서를 개발 중에 있으며, 검출기 에너지 켈리브레이션, 양성자 에너지에 따른 검출기의 반응연구, 검출기 위치에 따른 Uniformity 연구를 진행중에 있음.

○ 현재 국내에서 섬광체에 대한 연구는 지속적으로 진행중에 있음. 검출기에 사용하는 섬광체는 용도에 따라 요구조건이 상이하므로 개발목적에 맞는 섬광체의 특성파악이 필요하며, 현재 보유중인 장비 및 시설을 이용하여 새로운 섬광체 제작 기술을 보유한다면 감마선 검색장비의 검출기에도 응용이 가능할 것으로 보임.

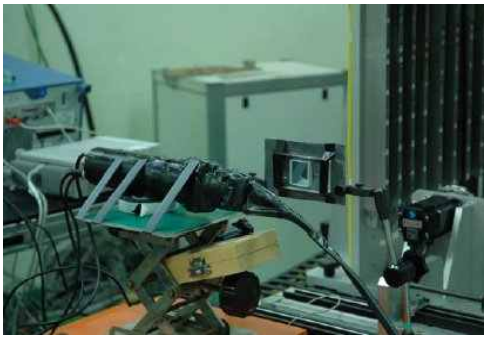


그림 2-25. 순환형 액체 섬광검출 시스템

그림 2-26. 섬광 결정 개발 및 특성조사

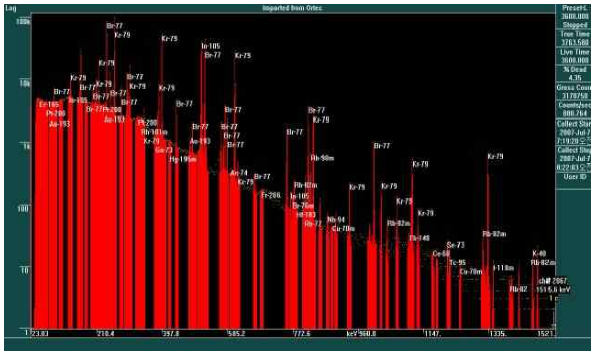


그림 2-27. 섬광결정 방사선 손상테스트

(7) 화물검색 통합 프로세스 최적화 기술

○ 미국 SAIC 사의 화물 컨테이너 통합 검색 시스템인 Mobile VACIS 는 검색 프로세스를 간소화 하여 검색시간을 줄이고, 물류지체를 해소하기 위하여 개발한 장비임. 검색이 용이하고 정비가 편리하게 표준 트럭 플랫폼으로 설계함. 검색 공간 및 시간이 충분하지 못하거나 특별 검사를 요할 때 검사 지점으로 빠르게 이동할 수 있으며 사용 준비에 소요되는 시간은 10분 미만임. 작은 공간만 있으면 가동할 수 있음. Portal VACIS 는 항구의 게이트와 도로에 알맞게 매우 작은 공간이 필요하도록 규모를 줄여 설계함. 기존의 차량 통제점에 배치해 교통량에 미치는 영향은 최소화하면서 항구 게이트와 도로를 보호할 수 있도록 검색 프로세스를 설계함.

그림 2-28. 미국 SAIC의 Mobile VACIS 감마선 화물검색 시스템

○ 국내의 경우 수출품에 대하여는 검색이 이루어지지 않고 있으며, 수입품에 한

해서 한정적으로 이루어지고 있음. 또한 검색장비가 새로 도입되면서 검색시간이 단축되었으나 여전히 검색장비의 스캔속도 및 판독 시간, 직접 개봉하는 수동검색 절차가 통합적으로 운영 되지 못하고 있어 전 항만에서 총 수입품의 1~2%만 검색하고 있는 실정임.

○ 수출입 화물 컨테이너에 대하여 검색량이 증가하게 되면 물류지체를 면하기 어려우므로 보다 효과적으로 검색을 수행하기 위한 화물검색 통합 프로세스 최적화 기술이 필요할 것으로 예상됨.

나. 컨테이너 화물 검색 영상처리 기술

(1) 기술의 개요

○ 컨테이너 화물 검색 영상처리 기술은 투과영상 처리기술 및 알고리즘 분석, 영상시스템 구성요소 설계 기술, 위험물질에 대한 화학적 성분 분석 알고리즘 등으로 나눌 수 있음.

○ 투과영상 처리기술 및 알고리즘 분석기술은 감마선을 이용한 검색시스템의 영상획득 및 분석방법과 이에 관한 영상 프로세스 알고리즘 설계기술임.

○ 영상시스템 구성요소 설계기술은 검색 시스템의 영상획득 및 분석장비의 설계제작 기술로써 조사시스템, 이미지 발생장치 설계기술, 데이터 획득 시스템 제작 기술 등을 포함함.

○ 화물검색의 영상처리 기술은 정확한 판독의 문제이므로 매우 중요한 부문이지만 국내 영상처리 기술은 낮으며 기술이 있다 해도 이에 대한 적정성 검토 할 자료가 없으므로 해외기술에 의존하고 있는 실정임.

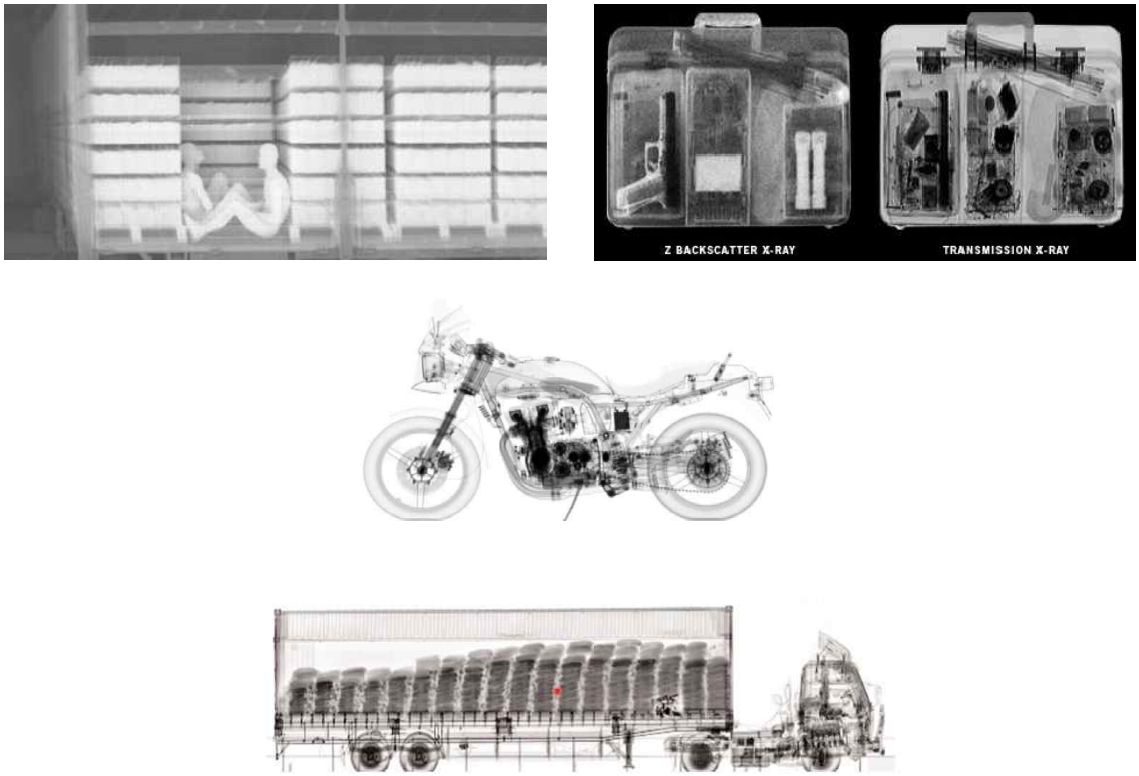


그림 2-29. 방사선 투과영상 처리기술에 의한 영상분석

(2) 투과영상 처리기술 및 알고리즘 분석

그림 2-30. 부산항만 검색시스템 영상 처리실 모습

○ 화물 컨테이너 검색 시스템의 위험물질 검색을 위한 목적을 해결하기 위하여 용도에 적합한 고 해상도 영상 분석 기술개발이 시급한 과제임.

○ 검색처리량을 늘리기 위하여 분석시간을 최대한 줄이고, 기존 개발된 하드웨어와 소프트웨어 변경을 최대한 줄여 개발 비용을 최소화하고 영상의 정확도를 높이기 위하여 시스템 공간 분해능을 개선하는 기술이 필요함.

○ 최고해상도는 저 감쇠 물체의 영상에서 얻을 수 있으므로 광자 제한 설계를 이용하여 감쇠정도가 증가할 때 얻어진 데이터를 큰 가상 픽셀에 재 저장하여 화소수 밀도와 공간 분해능을 단계적으로 높이는 기술이 필요함.

○ 최종 영상의 품질은 총 감마선 계수치의 크기와 검출기의 공간분해능, 컨테이너 화물의 움직임에 의해 영향을 받으므로 충분한 계수치를 확보하여 공간 분해능을 확보하는 기술이 요구됨.

○ 영상 알고리즘은 부채꼴 모양의 빔을 컨테이너를 통과해 일렬로 늘어선 방사선을 NaI-광전자증배관 섬광 검출기에 투영하기 위해 수 mm의 크기를 가진 Cs-137 또는 Co-60 동위원소를 사용함

○ 미국의 경우 감마선 검색 장비기술에 있어 SAIC 사가 선도적인 기술을 보유하고 있으며, 특히 컨테이너 내용물의 외곽선과 밀도를 나타내는 방사선 이미지를 생성하는 감마선 영상처리 기술은 세계 최고라고 할 수 있음. SAIC은 VACIS라는 감마선 영상을 이용하는 종합 컨테이너 검색 시스템을 개발하였음. 감마선 검색 시스템에서 방출된 선량은 같은 수준의 획득 영상수준 기준으로 X-선 장비에서 방출된 선량의 수분의 1정도로 조사하는 기술을 보유함. 감마선 검색 시스템은 선조사 X-선 시스템과 유사하지만 X-선의 전기기계식 대신에 방사성 동위원소를 사용하여 방사선을 발생시키는 방법임.

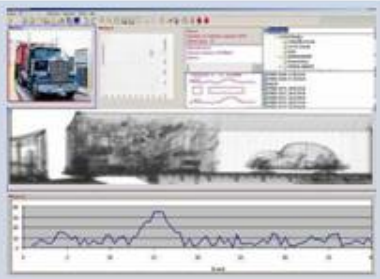
○ 검색 이미지의 영상품질에 따라 판독시 검색결과에 큰 영향을 미치므로 투과영상 처리 기술 및 영상획득 이미지 분석기술은 검색 시스템 개발에 있어 매우 중요한 기술이라 할 수 있으며, 미국을 중심으로 주요 선진국에서 영상처리 기술, 복원기술, 영상최적화 기술 등의 연구가 활발히 진행중에 있음.

○ SAIC 사의 VACIS는 조사되는 감마선을 컨테이너 길이에 따라 투과하여 전체

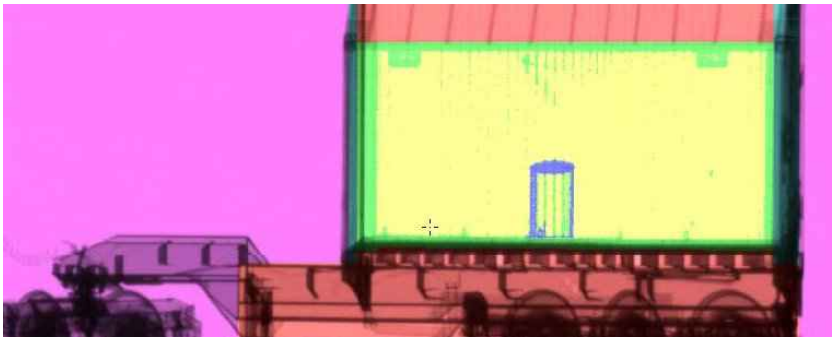
의 이미지 생성하는데 매우 낮은 방사선 선량을 사용하여 명확한 이미지를 제공하는 고효율 광자 카운팅 기술(미국 특허 6.507.025B1)을 보유함. 특히, 운행하는 트럭에 대하여 검색을 할 경우 움직임에 의해 발생하는 왜곡을 보정하기 위하여 감마선을 조사하는 동안 레이더로 측정하여 레벨링 하는 기술을 보유

○ 미국은 컨테이너 검색 영상을 통합적으로 디스플레이 할 수 있는 ICIS 뷰어를 개발하였음. 이는 방사선 이미지, 컨테이너 부분별 방사선 분포, 컨테이너 식별을 위한 OCR 데이터 및 그 밖의 정보를 통합된 정보를 가시화 할 수 있는 영상기술을 개발하여 감마선 검색 시스템에 적용하고 있음.

표 2-16. 방사능 검출을 위한 ICIS 이미지 뷰어

ICIS 이미지 분석 뷰어	특징
	• 미국에서 개발한 통합 검색영상 ICIS 뷰어 • 방사선 이미지, 분포, 컨테이너 식별을 위한 OCR 데이터 가시화 가능

○ 이미지의 정확한 판독을 위하여 이미지를 재조합하고 데이터의 범주화와 조작 기술이 중요함. 각 픽셀에 존재하는 시차는 픽셀의 크기에 크게 영향을 받게 되는데 먼저 얇은 물체의 검색 데이터를 정렬하여 이 시차를 수동으로 보정하고 이러한 기법을 기반으로 형상이 복잡하고 두꺼운 물체에 정확한 영상 판독을 위한 자동화 기법이 필요함.



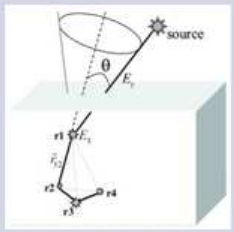
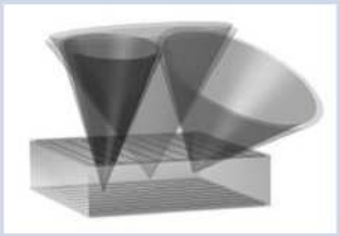
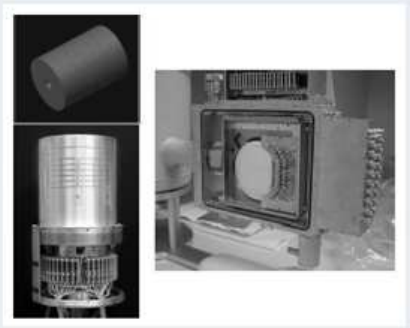
[빈공간(자주색), 새시와 지붕(적색), 화물영역 벽(녹색), 컨테이너 내 물체(청색)]

그림 2-31. 색에 따른 컨테이너 검색 영상

○ 고도로 세분화된 HPGe 대형 검출기 제조 기술이 발전함에 따라, 고효율 고해상도 컴프턴 카메라의 영상획득 방식이 등장하여 감마선에 의한 영상신호의 감도를 높이는 기술로 연계됨. 이는 펄스 모양의 분석과 함께 2차원 세그먼트 반도체 탐지기는 개별 감마선 상호작용의 3차원 위치와 에너지를 얻어 감마선 추적 절차를 사용하여 검출기에서의 산란 순서의 결정이 가능함. 결국 감쇠 집속기를 사용하지 않고도 감마선의 입사 방향을 결정하는 방법이 등장함. 이러한 첨단 감마선 추적 기반 컴프턴 카메라는 집속기 기반 시스템보다 더 높은 감도로 감마선원을 이미징 할 수 있을 뿐 아니라 특히 복잡한 방사선 전자계에서 비이미징 검출기 상에서 감마선원을 찾는 감도를 높이는 데 획기적인 방법으로 사용됨.

○ 미국 캘리포니아 로센스 리버모어 국립연구소는 펄스형상분석기술을 이용하여 물체의 3차원 위치 확인을 가능하게 하는 HPGe의 검출기 영상분석 기술을 개발함. 또한 국가안보 차원으로 검색분야 적용을 위한 이미지 복원 알고리즘을 개발하여 해상도 최적화를 위한 이미지 복원기술을 개발중에 있음.

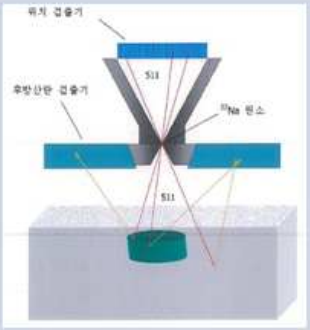
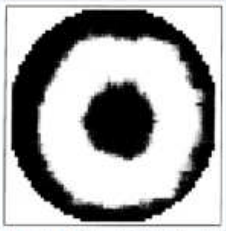
표 2-17. 감마선 검출기 및 이미지 처리 기술 현황 [미국 로렌스 국립연구소]

감마선 검색을 위한 검출기 및 이미지 획득 기술	특징
 콜리메이터에 의한 이미지  한점으로 모이는 조사원 모형	• 이온 빔은 이온발생원에서 표류 빔이 가속기 컬럼 전극과 충돌 할 수 없는 방식으로 설계 • 이온빔은 전극 구조물에 부딪치지 않고 감마튜브의 컬럼 단면을 통해 가속됨
	• 2차원 세그먼트 검출기 구현 • 좌측은 40배 세분화된 HPGe 검출기 • 우측은 양면 스트립 평면 HPGe 검출기 • 펄스형상 분석 알고리즘 개발 및 구현 • 감마선 추적 및 이미지 복원기술 개발중

○ 미국의 해군연구소는 감마선이 두 번의 컴프턴 산란후 세 번째 상호작용을 겪을 때 입사 감마선의 에너지와 방향을 결정할 수 있는데 이 작용을 컴프턴 이미지 획득에 적용하는 기법을 제안하였음. 이 기법을 이용하여 광범위한 에너지 이상에서 대형 고효율 검출기에 사용하는 기술을 개발함.

○ 독일에서는 은폐된 컨테이너안의 물질의 양과 분포를 감마선 투과영상을 이용하여 비파괴적, 비침습적으로 분석하는 고해상도 감마선 후방산란 영상처리 알고리즘을 개발하기 위한 연구가 진행중임.

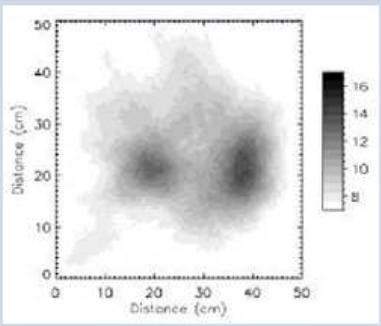
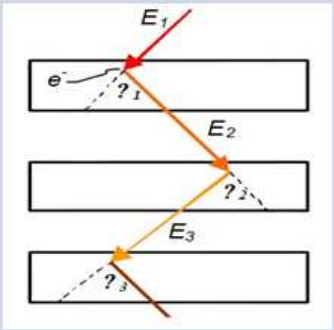
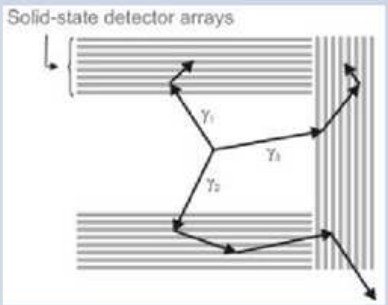
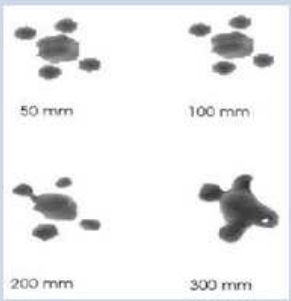
표 2-18. 고해상도 감마 후방산란 영상처리 개념

후방산란 영상 처리	특징
 후방산란 영상 처리 원리  후방산란 영상처리법에 의한 M10 강철너트 영상 예	• 기존의 검색환경 보호를 위한 두껍고 무거운 방사선 차폐시설 사용 및 방사능 잠재적 위험성을 극복한 영상처리 기법 개발 • 주사영역내의 빔을 정확하게 제어하기 위한 복잡한 기기의 설비요구 단점 극복 • 점 형태의 ^{22}Na 양전자 소스는 상호간 180° 방향인 한 쌍의 511keV 감마선을 조사함. 감마선 검출기의 위치에 따라 하나의 감마선을 수렴하며, 검출기의 유효 검출 면적은 조사 대상 물체를 검색하는데 사용된 감마선의 빔 형상을 결정함. • 후방산란 기법에 따른 영상은 목표물의 수준, 밀도, 원소 조성에 따라 상이함. 특히, 물질내에서 자연 방사원에서 방출되는 방사능을 구별하기 위한 기술 요함.

○ 국내의 경우, 고감도 감마선 영상장치와 관련한 연구가 지속적으로 진행되고 있음. 이는 전기적 집속 원리에 따라 집속기를 사용하지 않고 반도체 검출기를 사용하여 광범위한 표지자에 대하여 고 분해능 에너지를 식별할 수 있는 기술을 포함함.

○ 화물 검색시스템에 응용을 위하여 다중광자 영상이 가능하고 획득에 데이터에 대하여 영상복원 기법의 신기술이 필요함.

표 2-19. 게르마늄 스트립 검출기에 의한 영상 기법 [미국 해군연구소]

싱글 게르마늄 스트립 검출기로 얻은 ^{137}Cs 발생원과 ^{22}Na 발생원의 이미지	컴프턴 산란 기법 개념도
	
3-감마 층계를 사용하는 컴프턴 영상기 개념	^{99}Tc을 사용한 컴프턴 영상기의 시뮬레이션
	

(3) 영상 시스템 구성요소 설계 기술

○ 검색시스템의 데이터 획득시간은 검색을 시작한 이후 최종적으로 영상이 얻어지는 데까지 걸리는 시간을 의미하며, 이는 검출기의 데이터 획득시간과 획득된 데이터로부터 3차원영상을 계산하는데 걸리는 시간의 합으로 말함.

○ 데이터 획득시간을 최대한 줄이기 위해 여러대의 컴퓨터를 이용한 병렬연산이나 각 검출기 시스템 내부에 연산프로세서를 내장하는 기술이 연구되고 있음.

○ 미국의 SAIC 사는 영상을 고속, 안전한 기법을 사용하여 명확한 영상을 제공하는 엠티뷰 시스템을 개발하였음. 이는 트럭이 지나가면 시스템은 컨테이너를 자동으로 조사하고 안에 물체의 존재여부를 확인 후 비어있는 경우 검사자에게 알려

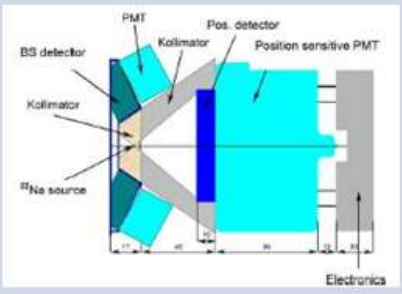
주는 방식임. 감마선을 조사하여 최대 16 km/h 이하 속도로 움직이는 컨테이너 내부를 5~10초 내에 이미지하는 시스템을 개발함. 감마선의 저에너지를 사용하여 소량의 목재, 판지 등 다양한 재료에 우수한 컨트라스트(Contrast)를 제공함.

○ SAIC 사는 운행하는 컨테이너의 검색 영상을 위하여 고속 셔터가 자동으로 작동하여 운전자를 조사하지 않고 화물을 조사하게 하는 고속 셔터 제어장치, 모드 제어 센서, 소프트웨어를 개발하였으며, 현재 부문별 내구성 시험중에 있음.

○ 현재 미국에서는 최대 공간 분해능에서 검색된 영상 이미지를 재조합하여 정확도를 높이는 이미지 복구 시스템을 개발 중에 있음.

○ 독일은 기존 감마선 영상처리의 단점을 극복하기 위한 감마선 조사기술을 활용한 고해상도 감마선 후방산란 영상시스템 개발에 관한 연구를 진행중에 있음. 이 기술은 컨테이너 화물 검색의 위험물질 검색 영상 판독의 응용이 가능할 것으로 보임.

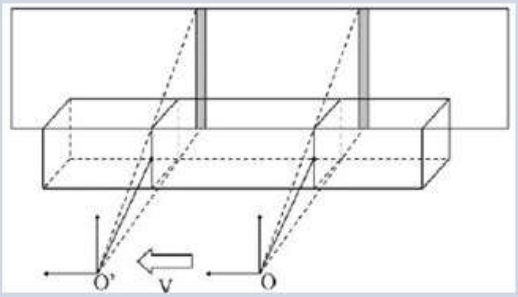
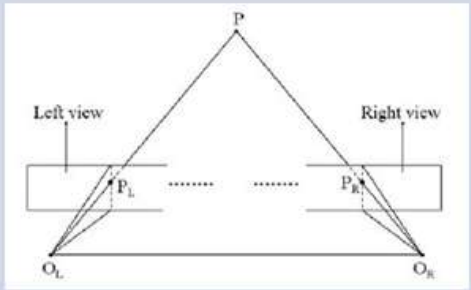
표 2-20. 독일 감마선 영상처리 시스템 개발 현황

감마 후방산란 영상처리 시스템 개발	특징
	• 직교 x, y, z 그리드 양극이 있는 위치감응형 광전자 증배관(Hamamatsu R2486)에 결합된 두께 7 mm, 지름 65 mm의 일체형 BGO 섬광체 개발 • 양극신호의 판독은 연쇄 저항기에 의해 이루어짐 • 위치 검출기의 유효 면적에 따른 물질 분포 이미지를 선별 기술 필요. • 영상데이터 획득을 위한 선원에서 물질까지의 거리와 이미지 데이터 어레이의 배열관계를 정립

○ 중국은 정부차원의 대규모 지원을 통하여 X-ray 검색시스템을 이미 개발하였고 전세계로 수출을 하고 있는 실정이며, 현재는 감마선 화물 검사 시스템을 개발하기 위하여 시스템 구축을 위한 각 요소기술에 관한 연구를 진행중에 있으며, 특히 기존 X-ray 검색 기술을 바탕으로 감마선 3차원 검색 및 영상기술 개발을 진행중에 있음.

○ 중국의 경우 3D 이미지 복원과 비 관입 감마선 이미징 시스템을 사용하여 화물컨테이너의 내용을 시각화하는 기술을 보유하고 있으며, 이를 적용하여 선형 푸시브룸 스테레오 시스템을 개발중에 있음. 이는 스캐닝 각도를 조절하여 얻어지는 두 이미지를 사용하여 컨테이너 내용물의 3D 정보를 검색함. 이 정보를 다양한 방법으로 복원함으로써 다른 이미지를 제공할 수 있으며, 조사각이 다른 기존의 일부 이미지를 변형시켜 새로운 이미지를 생성함을 포함함.

표 2-21. 중국 선형 푸시브룸 스테레오 시스템 개념도

감마선 화물검색 센서 모델 개념도	3 D 이미지 처리를 위한 기하학적 개념도
	

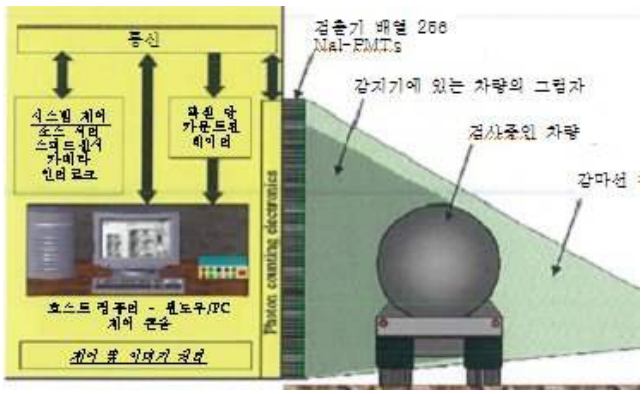


그림 2-32. 감마선 화물검사 시스템의 선형 푸시브룸 형상 모형화

표 2-22. 감마선 화물검색 시스템의 이미지 획득 기술현황

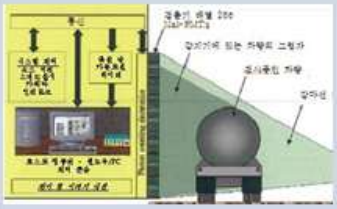
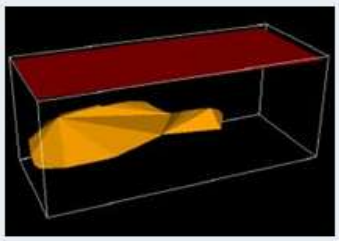
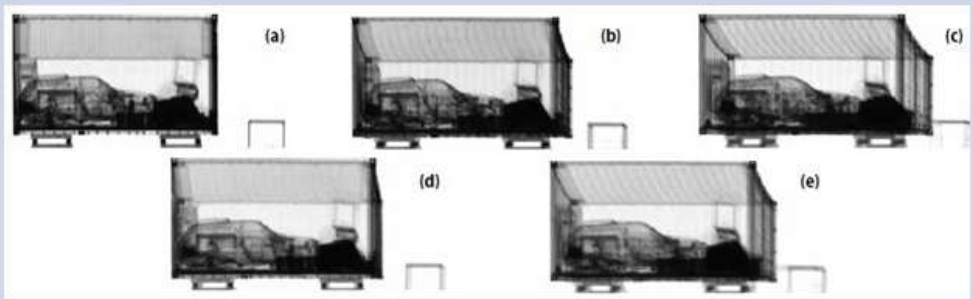
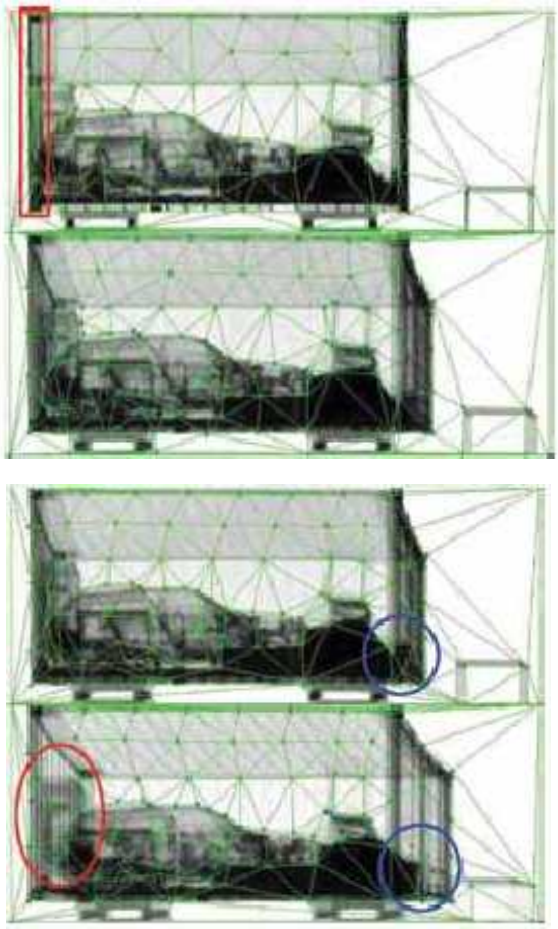
감마선 화물검색 시스템의 선형 푸시브룸 형상을 모형화	특징 및 활용방안
 선형 푸시브룸 센서 모델	• 푸시브룸 주사 센서 모형의 형상 설계 • 푸시브룸 스테레오 시스템의 형상 설계 • 센서 모형의 중요 파라메터를 찾기위한 교정방법 제안 • 감마선 스테레오 이미지의 방사선 성질과 기하학적 성질을 고려하여 신속하고 자동화된 스테레오 정합 알고리즘 개발 • 관심 물체의 3차원 측정값을 시각화하는 대화형 사용자 인터페이스 구축 • 감마선 스테레오 입체 영상 알고리즘에 자유형태 변형 등록 기법 적용 기술 개발 확보 [픽셀기반 등록기법을 이용한 전자동화 기술] • 각 픽셀마다 변위량을 찾아 변분법을 이용하여 분석구간을 최소화 시켜 이미지 영상획득의 고속화 기술 • 자동 스테레오 이미지 획득 알고리즘과 대화형 3D 시각화 절차를 이용하면 화물 컨테이너 검색의 3D 측정값을 실제 영상화로 활용할 수 있을 것이라 예상됨. • 감마선 스테레오 이미지 획득 알고리즘과 숨겨진 작은 3D 물체를 효과적으로 영상화 시킬 수 있는 연구가 지속적으로 필요함.
 화물 컨테이너 내부 물체의 측정값과 시각화 영상분석	

표 2-23. 스캔각도의 변화(0도, 10도, 20도)에 따라 촬영된 3가지 다른 이미지 스캔각도 변화 이미지 (a), (b), (c) / 보간 이미지 (d), (e)

스캔 각도의 변화에 따른 실제 감마선 이미지 [컨테이너에는 자동차, 타이어, 의자와 같은 사물이 포함]




(a) 0°와 10°의 이미지 분석　　(B) 0°와 20°의 이미지 분석

그림 2-33. 스캔 각도에 따른 이미지 분석

(4) 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘

○ 대량살상무기(WMD)의 위험물질에 대한 방사능 검출 및 화학적 성분분석은 물류보안의 패러다임 변화의 가장 중요한 핵심문제 임.

○ 방사능 검출 및 화학성분 분석 기술은 미국이 주도하고 있으며, 감마선 검출기(플라스틱 섬광 검출기)와 중성자 검출기(폴리에틸렌 감속재 재료의 He-3검출기)로 입출항 하는 컨테이너나 트럭에 들어있는 방사능 물질을 수동으로 검출하는 장비를 개발함. Portal 타입의 영상을 기반으로 한 검색 시스템과 병행하여 사용가능한 시스템으로 감마선 검출 소프트웨어에 의해 Portal 타입의 검색시스템과의 데이터를

공유 및 연계시켜 정확한 데이터를 분석하는 기술을 보유하고 있음.

○ 미국의 SAIC 사의 방사능 검출기는 1차 조사로부터 경보를 발한 컨테이너에 대하여 2차 검사소로 이동 후 감마선 탐색을 수행한 후 수지형 동위원소 식별기를 사용하여 특정 방사능 물질의 종류와 성분을 파악하는 기술을 보유함

○ 미국은 또한 펄스 중성자 원소 분석 시스템을 개발하여 중수소-3중수소 중성자 발생기로부터 14MeV 펄스 에너지원을 투영시켜 대상물질내의 핵반응을 유도시켜 그 결과로부터 감마선 스펙트럼을 자동분석함으로써 탄소, 산소, 질소, 수소등의 성분을 측정하고 이를 통해 폭발물이나 화학작용제의 존재여부를 판단하는 성분분석 알고리즘을 개발하였음.

다. 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가기술

(1) 기술의 개요

○ 방사선 투과검사에서 방사선원으로 사용되는 동위원소는 반감기가 길고, 선원의 크기에 비해 방사능의 강도가 큰 것이 바람직하며, 발생에너지 및 붕괴방식 등을 고려하여 선택

○ 실제 방사선 투과검사에 가장 널리 사용되는 방사성 동위원소는 Ir-192와 Co-60 임. 비방사능(Specific activity)이란 동위원소의 단위질량당 방사능의 세기를 의미하는데 비방사능이 크다는 것은 선원의 크기를 작게 하고도 높은 방사능을 방출하는 것을 의미함

표 2-24. 방사성 동위원소의 일반적 특성

특성 및 종류	Tm-170	Ir-192	Cs-137	Co-60
반감기	127일	74.4일	30.1일	5.27년
에너지	0.084Mev 0.052Mev	0.31, 0.47 0.60Mev	0.66Mev	1.33Mev 1.17Mev
비방사능	6,300	10,000	25	1,200
투과력	13mm	74mm	90mm	229mm

(2) 사용환경 평가기술 및 방사능 동위원소 취급관리 기술

○ 국내의 경우 컨테이너 검색환경 뿐만 아니라 일본 방사능 유출과 관련하여 방사선이 유출될 수 있는 환경에 관한 방사능 피폭에 대한 환경평가에 관한 관심이 폭발적으로 증가하고 있는 추세임.

○ 방사선 검색환경 피폭과 관련한 측정은 작업환경의 표면오염, 공기중 오염, 개인 피폭(피부오염, 내부오염)으로 구분할 수 있으므로 항목별 오염도 측정에 관한 측정기술을 개발하여 검색환경 안전을 확보해야 함.

○ 감마선 측정용 반도체검출기와 알파선 측정용 반도체검출기를 1개의 측정기 회로에 함께 설계하여, 감마선 측정용 반도체검출기에서 측정된 '전 에너지 영역(0.0~3.0MeV)의 감마선량 측정값'에서 '공기중에 존재하는 납-214(0.35MeV) 또는 비스므트-214(0.60MeV)에서 방출된 감마선량에 실험식으로부터 산출된 가중인자를 대입하여 계산된 값'을 빼는 방식으로 공간방사선량에서 라돈자핵종에 의한 영향을 제거한 '유도방사선량'을 도출하는 방법이 연구됨.

○ 알파선 측정용 반도체검출기에서 측정된 '알파선 측정값'에 대한 감마선 측정용 반도체검출기에서 측정된 '공기중에 존재하는 납-214 또는 비스므트-214에 의한 감마선 측정값'의 비와 라돈과 라돈자핵종들 간의 '방사평형인자'와의 비례 관계에 근거한 실험식으로부터 도출된 '환산인자'를 활용하여, 2개의 반도체검출기로부터 측정된 값으로부터 해당지역에 대한 방사평형인자를 도출할 수 있도록 하여, 1대의

측정기 만으로 '공간방사선량율', '라돈농도', '유도방사선량', '방사평형인자' 등 4가지 정보를 실시간으로 출력 할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 환경방사선 측정 방법이 제시됨.

○ 방사선을 실시간으로 색, 소리, 냄새의 변화로 표현하고 방사선량의 세기에 따라 색의 강도가 실시간으로 변할 수 있는 장치를 제조함에 있어서, 장치에 방사선 센서를 구성하는 단계, 장치에 수치표시판을 포함하는 신호처리부를 구성하는 단계, 장치에 색상 표시용 LED를 조립하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 방사선을 실시간으로 색의 변화로 표시하는 장치 제조방법이 제시됨.

○ 폭발물 및 특수 물질, 검출 및 주변환경 확인 시스템에 관한 연구가 지속되고 있는 가운데 미국의 경우 이를 위하여 검사 대상 컨테이너에 근접하여 설치되는 하나 이상의 감마선 센서와 고체 중성자 센서를 지지하고 있는 하우징을 제시함. 센서들로부터 방사능 데이터를 수집하고 그 수집된 데이터를 하나 이상의 동위원소를 나타내는 하나 이상의 저장된 스펙트럼 이미지와 비교하여 존재하는 동위원소를 확인하는 기술을 확보함.

(3) 검색 시스템 성능평가 및 신뢰도 평가 기술

○ 방사선에 의한 영상시스템에 의하여 생산되는 영상은 항상 최적의 상태를 유지할 필요가 있음. 그러므로 검색시스템은 그 수명이 다할 때 까지 여러 가지 수준에서의 성능평가 검사가 필요함.

○ 현재까지는 검색시스템 도입시기가 얼마되지 않았고 가동률도 그다지 크지 않아 장비의 노후화나 성능평가 및 정도관리에 대한 관심이 많치 않았지만 검색량이 많아지고 지속적인 사용에 의한 장비의 성능평가 및 정도관리는 반드시 필요한 사항으로 고려됨.

○ 감마선 화물검색 시스템의 제조는 거의 전량 미국에서 생산되므로 제조회사에서는 제품을 출시하기 전에 그들이 공표한 사양과 실제 성능이 일치하는지 공장에서 검사를 받게 됨. 이 경우 공장검사는 MEMA에 의해서 개발된 절차에 따라서 이

루어짐.

○ MEMA 기준으로 표시된 성능사양을 확인하기 위해서는 쉽게 구할 수 없는 특별한 장치가 필요한 경우도 있고, 대부분 장비회사가 보안상의 이유로 측정치를 얻는 방법을 공개하지 않거나 자기 회사의 엔지니어에 의해서만 시행하도록 하는 경우가 대부분임.

○ 현재 국내 항만에 설치되어있는 X-ray 검색장비의 경우에도 전문적이고 완벽한 검증을 하지 못하고 문제가 발생시 장비회사의 엔지니어에 의존하여 많은 비용과 시간을 들여서 유지보수를 해야만 하는 상황임. 더욱이 신속한 대응이 어려워 물류지체의 원인이기도 함.

○ 검색시스템의 성능평가 및 신뢰도 평가기술을 확보하여 신속한 유지보수 및 지속적인 품질관리의 기준 데이터 확보가 절실히 요구됨.

○ 성능평가 지표 및 신뢰도 평가방법을 구축하고 장비의 주기적 정도관리를 수행할 수 있도록 구체적인 체계가 마련되어야 함.

○ 장비와 성능이 제대로 발휘되도록 보장하고 시간경과에 따른 성능와해(Deterioration)의 비율과 범위를 결정하기 위한 정기적인 평가기술이 마련되어야 함.

(4) 방사선 피폭 관리용 측정장비 시험평가 체계 및 방법 구축

○ 감마선 검색장비를 구축하여 사용함에 있어 사용환경의 안전문제를 해결하기 위하여 정기적인 평가관리는 반드시 필요한 문제이며, 사용환경 관리를 위한 방사선 피폭 관리용 측정기도 정기적인 시험평가의 필요성이 대두됨.

○ 국내의 경우 현재 항만에서 사용하고 있는 X-ray의 검색장비와 검색환경에 대한 방사선 피폭정도는 그 양이 미비하다는 기존문헌이나 시험데이터등을 통하여 안전성을 신뢰하고 검색을 진행하고 있는 형편임.

○ 감마선 검색 시스템을 구축하여 운영할 경우, 방사선 동위원소의 사용문제로 인하여 방사선 측정용 기기의 지속적인 관리와 체계가 이루어져야 하며, 이를 위하여 정기적인 시험 및 교정을 통하여 측정기기의 관리가 절실히 요구됨.

○ 방사선 피폭 관리용 측정장비의 관리를 위해서는 시험 및 교정을 통한 관리를 위하여 우선적으로 시험방법 및 교정방법이 구축되어야 하며, 측정기기 관리를 위한 정부차원의 법규마련이 절실히 필요함.

○ 기본적으로 방사선 사용 환경의 안전관리를 위해 사용하는 장비는 반도체 검출장치, 알파분광분석기, 필름 뱃지, 열형광 선량계, 포켓 선량계 등이 대부분을 차지함.

○ 필름 뱃지는 방사선에 의한 사진 작용, 즉 유제 속에 은입자의 석출작용을 이용한 것으로 감도는 수 10mR으로서 비교적 양호하고 소형으로 가지고 다니기가 편리하며, 필름 자체의 가격이 저렴한 특징이 있음. 열과 습기에 약하고 방향의존성, 잠상 퇴행, 현상조건 등이 측정에 영향을 미치므로 오차가 비교적 큰 장비로 구분되므로 정기적인 시험 및 교정이 필요함.

○ 열형광 선량계는 방사선에 노출된 소자를 가열하면 열형광이 방출되는데 이 방출된 양을 측정하여 피폭된 누적선량을 측정함. 퇴행이 크기 때문에 장기간의 누적선량 측정에는 적합하지 않으므로 정기적인 시험 및 교정을 통해 사용해야 함.

○ 포켓 선량계는 선질 특성이 매우 좋고 언제나 직접 피폭선량을 측정 할 수 있음. 구조적으로 민감하기 때문에 적은 기계적 충격에 지침이 벗어나기도 하며 온도의 영향을 받기 쉬우므로 산출값의 신뢰도를 높이기 위하여 정기적인 시험평가 및 교정으로 지속적인 관리가 필요함.

○ 일반 방사선 관리용 측정기로 Survey meter가 가장 많이 사용되며, 방사선 작업을 하는 동안 작업자가 휴대하여 부근의 방사선의 강도를 신속히 읽을 수 있도록 한 기기임.

○ 고체검출기(반도체검출기)는 에너지를 적게 소모하며 측정속도가 빠른 장점이 있음. 그러나 열에 약하여 온도에 따른 측정감도에 차이가 있음.

○ 신틸레이션 계수관식은 섬광결정체로 NaI, CsI 사용하며, 감마선에 대한 감도가 높아 많이 사용되고 있음. 그러나 선질 특성이 좋지 않고 선질에 따라 형광체를 교체 사용해야 함.

○ 경보계는 방사선이 외부에 노출되면 경보음이 울리는 장치로서 일반적으로 방사선 유출량에 커질수록 경보음 간격이 짧아지게 됨. 소형으로서 휴대가 편리하고 실제 방사선 작업시 사고 및 이상 유무를 가장 쉽게 알아볼 수 있는 기기임.

라. 검색 형태별 및 제조사 별 사양분석

(1) Inspection System Analysis Model

Mobile Type		
Rapiscan systems	SAIC.	smiths detection bringing technology to life
Eagle M45	VACIS 5400	HCVM L

Portal Type		
Rapiscan systems		
	Eagle ® P60	
SAIC.		
	VACIS P7500	
AS&E Detect the difference.		
	SENTRY	Z Portal
smiths detection bringing technology to life		
	HCV CAB 2000 M	HCVP
威视 NUCTECH		
	Nuctech FS series	Nuctech PB series
eb TECH 이비테크(주)		
	EBSCAN 90S/ EBSCAN 60R	

Fixed Type

Rapiscan systems		
	Eagle ® F60	Eagle ® F90
smiths detection bringing technology to life		
	HCVS	
威视 NUCTECH		
	FG series	

Portable Type

SAIC.	SAIC.
RTR-4	MR-1383

능력 - Gantry.

- 유동성 있는 검색 시스템
- 다양한 모든 차종의 스캔

높은 처리량 - Portal

- 고정된 장소
- 기관차와 항공차량까지 스캔이 가능
- 운영하기 쉬움 (고정된 위치)

유동성 - Mobile

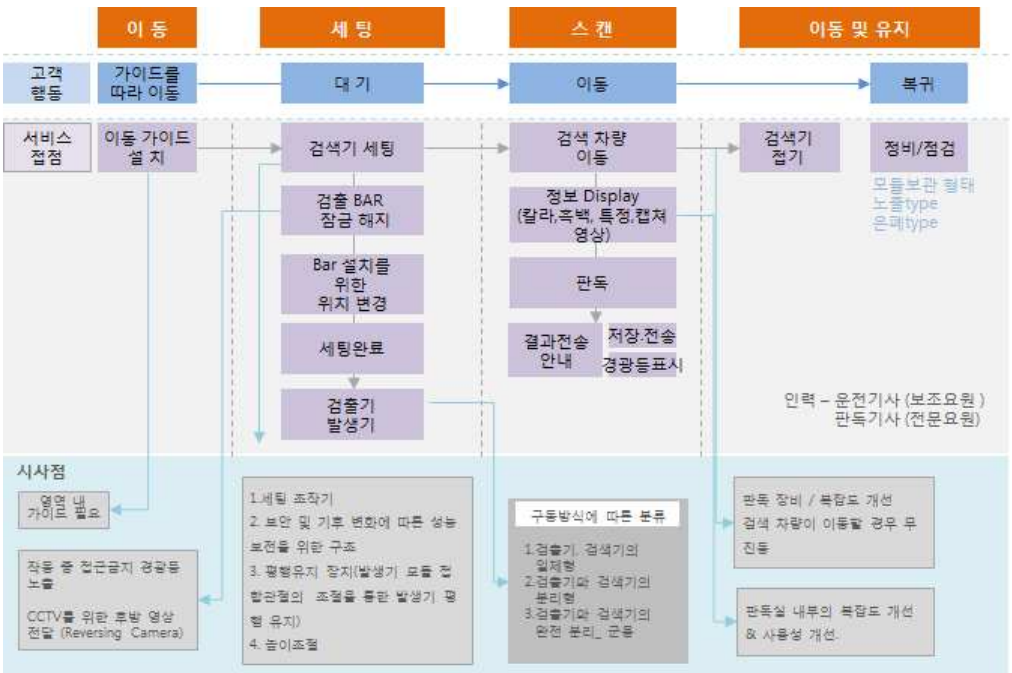
- 장소에 얽매이지 않음.
- 가장 복잡함
- 검색 운용 인력 최소화
- 낮은 작업 처리량

(2) Inspection System Analysis

1) Mobile Type Working flow

a. 구성도 이미지 : 전에 구성요소를 파악할 수 있는 이미지

b. Working flow : 각 모델별 Working flow를 통해 issue와 시사점을 파악



- Flow 확인 이미지

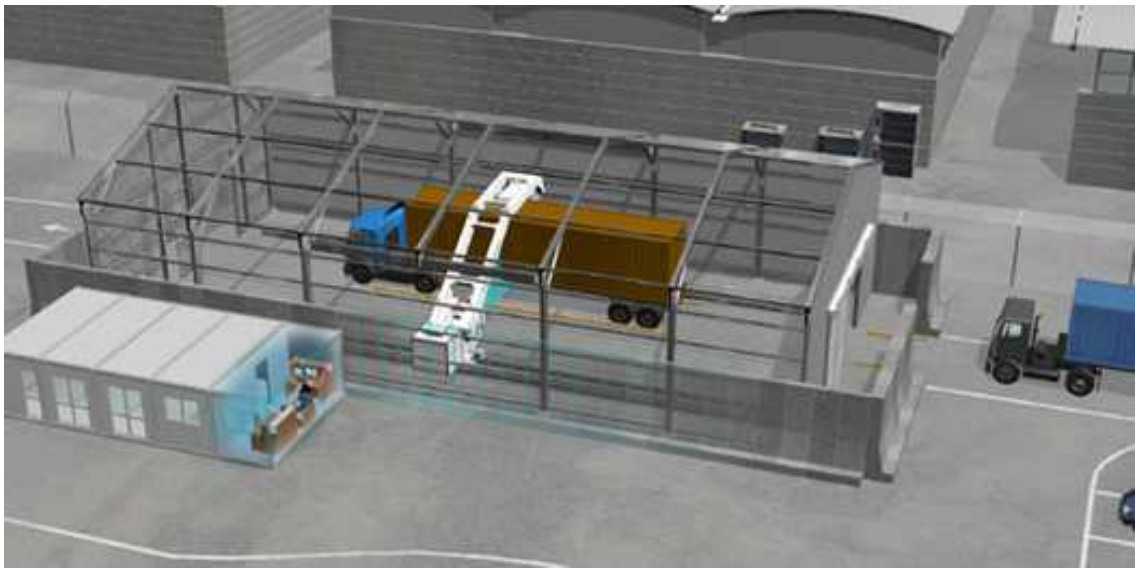
c. Mobile 타입 모델별 시사점 도출

Model				
		Eagle m45	HCVM L	VACIS M6500
이동	이동 안내 설치	장소에 구애받지 않으며 차가 접근할 수 있는 곳에는 어디든지 가능하다. 이동식 차량이여서 지형에 따라 고정 지지대를 고려해야 한다.	장소에 구애받지 않으며 차가 접근할 수 있는 곳에는 어디든지 가능하다. 이동식 차량이여서 지형에 따라 고정 지지대를 고려해야 한다.	거리나 고속도로, 군사용, 터미널 등 여러 분야에서 사용되며 지형이 좋지 않은 곳에서도 가능. 여러 상황에서도 사용 가능.
세팅	검출 Bar 잠금 해지	검출bar가 나오는 곳에 잠금장치가 되어 있다. 잠금 장치에 대한 고려.	바로 잠금 장치가 없이 세팅 시작.	따로 잠금 장치가 없이 바로 세팅 시작. bar를 지지해주는 회전식 소켓이 있으며, 여러군데의 접이형으로 큰 크기에 비해 운반이 간편하다.
	검색기 세팅	검출기 장비의 잠금장치를 펼쳐서 자동으로 설치. 잠금장치를 펼쳐서 세팅완료까지 10분 이내로 완료.	15분에서 30분안에 세팅완료.	10분 안네 세팅완료.
	세팅완료	reversing carmer/ 평행 센서/ 선형 가속기/디젤발생기 평행유지를 위한 장치로 인하여 검색할 차량	자동안내시스템으로 사용자의 편의에 맞게 제작, 스캔 각도 조절로 다양하고 효율적인 스캐닝 가	극히 적은 수치의 방사선 사용으로 운전자와 판독자 외부 인력의 안전성 고려함.

		과의 안정성이 확보된다.	능.	
스캔	검색차량이동	스캔 시작시 led 경광등과 사이렌으로 노출.	스캔 시작시 사이렌으로 노출.	차량의 앞 범퍼에서 범퍼까지 스캔. 고정되어 있는 차량이나 컨테이너를 지나가면서 스캔 가능하며 한 시간에 150대가 가능하다. 스캔할 공간이 Vacis M6500의 검색 공간보다 아주 조금 여유공간이 있더라도 사용 가능할 만큼 검색할 차량과 Vacis M6500과의 부딪힘이 없다. 차량이 이동 중일 때 좌우옆의 cctv로 작업 현황을 파악 가능하다..
	정보 display	system control computers_컨트롤컴퓨터 단말기, 이미지검색 컴퓨터, cctv 시스템 컴퓨터, 긴급정지, 재시작버튼 , 자동적으로 업데이트 되는 공공기관 주소.	방사선으로 부터의 안전 : 두 개의 lcd 스크린 화면. 콘트라스트 이미지,히스토그램, 저장 된 이미지와 비교, 데이터의 검토 및 주석, 표시, 측정 등.	사용자에게 맞춤형 이미지 시스템을 제공해주며 군사용 어플리케이션이 전세계적으로 사용되고 있다. Vacis system은 글로벌 설치, 훈련, 운영과 기술적인 지지를 받는다. 밖을 볼 수 있는 외부 창으로 현장을 파악하면서 판독이 가능하다.
	판독	시스템에 따른 피드백을 가져다주고 문제점을 발견. 기본형과 여러 가지 옵션형으로 상황에 맞는 스캔기능을 선택할 수 있다. 판독실이 운전석 뒤에 있으며 검색기와 장비가 판독실 뒤에 배치되어 있음.	내부 판독실/ 판독실이 운전석 뒤에 있으며, 뒤에 장비가 배치되어 있음.	한 대의 컴퓨터로 위에는 cctv에서 보여주는 좌우뒷면의 작업 상황을 볼 수 있고, 하단에는 실시간으로 스캐닝되고 있는 화면이 노출된다. 검색 차량의 운전석은 스캐닝하지 않음. 다른 Mobile 모델에 비해 판독실의 공간이 커서 판독자의 판독 환경이 좋음.
	결과전송 안내	-	발사 물질 발견시, 3개의 경광등과 사이렌 노출. 원적외선 마크로 안전 구역 표시.	-
이동 및 유지	검색기 접기	3번의 접히는 구조로 되어 있다. 검색기가 노출 프레임으로 되어 있어 경량화 되어 보이며, 여러번의 이어주는 철프레임으로 견고함.	검출기가 달려있는 bar의 프레임이 얇고 약해 휘청거림 바람이 많이 부는 날이나 눈이비가 많이 오는 날 등의 날씨를 고려한 두께	부분 부분 나뉘어진 접이형식으로 다른 모델에 비하여 접히는 부분이 많아 이동 시에는 컴팩트한 모습이 됨.
	정비/점검	검색bar와 디젤 발생기를 감싸는 은폐형으로 외부물질이나 날씨로부터 1차적으로 안전. 윗 판에 대한 고려가 되어 있지 않아, 보관상 위에 덮개가 필요. 이동시 bar나 다른곳의 장비가 파손될 우려가 있으며 차량과 장비의 복합운영으로 정비가 용이하지 않고 고장 발생률이 높다. 운영인원이 최소화.	운전자 포함하여 3명의 운용요원만으로도 최고 수준의 검색영상 획득. 판독실에서 있을 수 있는 적정 시간은 평균적으로 <0,5μSv/h <1mSv/an 이다. 판독실의 판독 기사가 방사선 물질로부터 안전하지는 않다. 노출형이 아닌, 옆면 스틸 판으로 장비를 보호할수 있도록 함. 상판의 보호는 미약 . (상판이 열리면서 bar가 나오는 형태 or bar가 상판의 형태를 하고 있는 것)	혼자 사용하기 충분함. 장비가 노출형으로 차량 이동중 파손의 위험이 있으며 비 바람에 대한 고려가 필요하다. bar가 접이형으로 되어 있어 두께가 있어 둔탁하지만 견고함.

2) Gantry work flow

a. 구성도 이미지



b. Working flow : 각 모델별 Working flow를 통해 issue와 시사점을 파악

c. Gantry Type 모델별 시사점 도출 1/2

Model					
			Eagle g45	Gardds	Eagle g60
이동	이동 안내		차량	한명의 최소요원으로 작업 가능	
세팅	(초기)세팅	검색기	판독실과 검색실의 분리 설치 운용의 효율성에 대한 고려가 필요. 안전성을 위하여 차폐벽 설치, 날씨를 고려한 하우징 설치 차폐벽의 제조와 유지 방식 고려	재배치가 가능. 감마레이) 모듈의 부피가 적으며 이동에 최적화됨. 단순화된 철 프레임 구조로 조립이 쉬우며 프레임에 사다리의 역할을 할 수 있는 프레임을 추가하여 인부의 작업을 쉽도록 함. (노출 프레임의 경우 외부 작업시 날씨에 대한 고려가 필요)	판독실과 검색실의 분리 설치 운용의 효율성에 대한 고려가 필요. 이동 하기 쉽도록 설계 . 기계 설치가 용이한 모듈형 구조로 이동과 재배치가 용이하다. 철판으로된 상자 구조로 외부 작업 시날씨에 대한 고려가 되어 있음.
		판독실	차폐벽의 무게나 두께가 두꺼워 초기 설치에 투입되는 인원이 많음. 기후와 외부 환경을 고려한 구조로 공통적인 모듈형 구조이다.	판독실과 검색실의 분리 설치 운용의 효율성에 대한 고려가 필요. 차폐벽이 필요 . 검색기에서 떨어진 곳에 판독실 배치 되어 있음	차폐벽이 필요. 터널형 하우징을 위한 넓은 건축물의 필요와 차폐벽의 개별 설치로 인한 비효율성
	레일위치 조정		레일이 노출 되어 있어 기상 악화에 대비하여 대처 방안이 필요하다. 레일에 대한 시스템화가 필요하다. - 재 이동, 재 배치가 용이한 구조로 바닥 레인 라인의 시스템화	한면에 2중 레일로 두 개의 롤러로 안정적으로 이동. ㄷ자 의 살짝 올라와 있는 레일로 홈안에 롤러가 맞물려 움직임: 안정적인 움직임이 가능하나, 소리가 많이 나고 마모가 잦다.	바닥면에 두 개의 레일이 배치, 초기 설치 시 고정을 위한 설치
	대기 현황			CCTV를 통한 현황 파악이 가능하며 검색기 프레임의 빨간색과 주황색 LED로 다음 차량에 대한 대기와 시작을 노출.	
스캔	스캔		방사선으로부터 운전자의 안전을 위하여, 차량 진입 시 자동으로 운전석 이후로 검색하는 것이 필요하다.	자동 스캐닝과 수동 조작도 가능 한시간당 60대의 트럭스캔가능 . 최적화된 감지거리를 반영하여 검색성능을 향상 표준화와 선택 스캔 가능.	고밀도 저밀도의 재료를 나눠줌.
	스캔정보 송출		판독실로 전송 / 검색레일이 다중일때 판독 스캔 정보 송출을 위한 판독실의 구조에 대한 고려가 필요하다.	판독실로 전송 / 판독실이 근거리에 배피될 경우 배치에 따른 차폐벽 구조와 판독실 구조 고려.	
	정보 display		이미지 화물 / 화물 뷰어 소프트웨어/	스캔차량의 카메라 스냅샷과 연속 배열 화물 검사	
	판독		연산자 지원도구/ 자동화된ID 번호 캡쳐	다수의 검색 라인 운용 시에 판독시스템의 효율적 설치 운용에 대한 고려	자동화된 ID 번호 캡쳐,/ 연산자 지원 도구
	결과전송 안내				

이동 및 유지	출발 signal	바닥 레일의 구조 변화로 설치 운용 효율성을 높인 시스템	소리와 LED를 색을 통한 출발 시 그널을 알림	

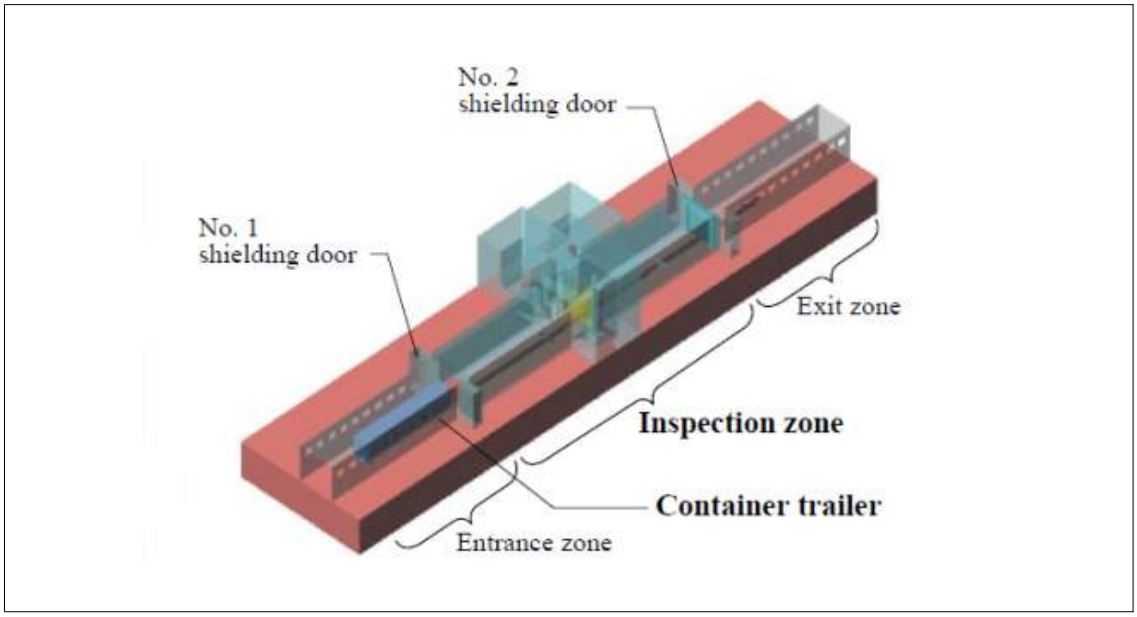
c. Gantry Type 모델별 시사점 도출 2/2

Model				
		MB1215HL	Omniview	Mb1215hl
이동	이동 안내	- 검색컨테이너실 옆으로 판독실이 배치 되어 있음 - 재설치 및 재배치가 용이한 모듈 구조이나 부피가 커서 설치를 위한 많은 인력이 필요하다 - 적정 높이를 가진 컨테이너화물 차량만 진입이 가능하도록 Bar를 입구에 설치(bar에 최대 높이 기재하여 bar 높이 이상의 컨테이너 화물 진입금지) - 원활한 검색 통제를 위한 경광등 및 cctv 설치하여 판독실에서 외부 상황을 관찰.	멈춤 자동 Bar가 필요 (차폐벽으로 가이드형태를 만드는 것 고려)	(주변을 둘러싸고 있는 차폐벽으로 이동 가이드 만드는 것 고려) 1명의 기사와 1명의 관리사.
세팅	(초기) 세 팅	- 검색기 상부에 전력 공급을 해주는 줄 레일 존재하여 스캔 시 줄이 같이 이동 - 콘크리트 바닥면에서 레일과 이동을 고려한 검색기가 지나다닐수 있는 로드를 팜	선분산형의 독특한 구조로 3개의 backscatter로 보다 정밀한 스캐닝이 가능하며, 전송기만 따로 사용이 가능하다. 무거운 차폐벽이나 외부건물이나 넓은 출입 금지 구역이 필요 없다.	- 전체 모듈 형으로 조립이 쉬워 (조립기간: 총 2주) 재이동과 재배치가 편하다. - 자동화 검색 시스템과 때에 따라 수동 검색도 가능하다. / 검색기의 높이 조절이 가능 - 자동 높이 조절이 아닌, 모듈형의 수동(자동화가 가능한지 고려) - 판독실은 보조롤러를 두어 사용시에는 롤러를 세팅하여 이동이 가능하도록 하고, 보관시에는 롤러를 올려 이동하지 못하도록 함. - 모듈형의 철판과 프레임 구조로 검출기와 발생기가 바로 노출되어 있음. - 판독실이 Gantry.에 고정되어 있어 기계와 함께 움직인다. / 검색기의 한쪽에 무게가 실려 움직임이 둔하고 흔들림을 고려해야 한다. - 검색기 주변으로 차폐벽을 둘러서 설치 - 레일이 바닥면에서 높이 세팅되어 있으며 ㄷ자 형의 레일로
	레일 조정	- 각목형 쇠재질의 긴 레일과 레일양측으로 검색기바퀴가 이동할 수 있도록 설계 (각목형 쇠재질의 경우 부식과 마모로 인하여 유지보관상의 문제가 있고 일체형 레일로 부분 파손시 레일 전체를 재조립하거나 부분 절단과 용접등의 재설치 절차가 필요하다_ 모듈형 필요)	재배치가 가능하며 5미터 높이 조절로 다양한 차량 검색이 가능하다. 바닥면과 거의 붙어 있는	

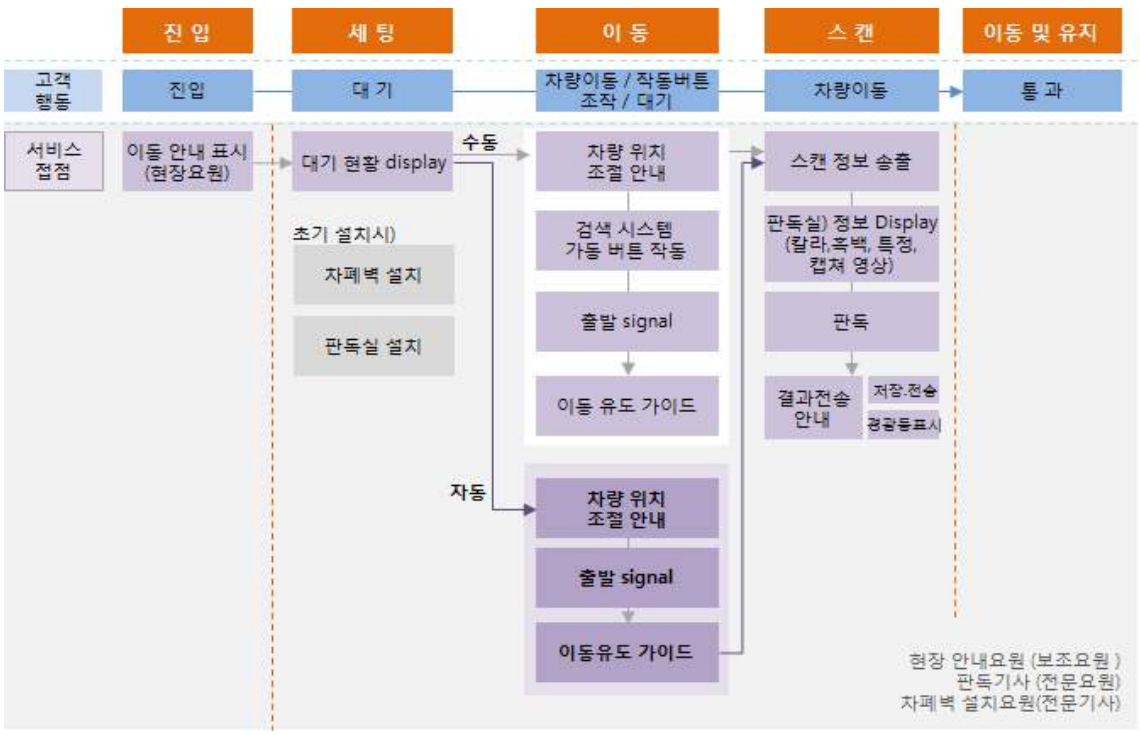
				사이에 롤러가 이동하며 움직임 (이동이 안정적이지만 롤러와 레일의 닿는 면적이 있어 마모가 빠르며 소리가 남)
	대기 현황	-	차폐벽 너머 외부 판독실로 검색기 스캔중 문제가 생겼을 때 바로 접근이 어려움. CCTV 화면으로 대기현황을 파악	- CCTV로 작업 사항을 파악. - 검색기 가까이 있어 문제가 있을 경우 바로 접근이 가능. - 전체 쇠철폐로 밖의 상황을 파악하기는 어려움 (납유리 차폐벽 고려)
스캔	**스캔**	- 검색기 자체 부피가 크고 무게가 많이 나가 스캔 이동 속도가 느림 (속도를 위하여 경량화 필요) - 검색기 안쪽으로 낮은 휀스가 설치	역방향 스캔/정방향. 역방향 스캔 가능 다양한 뷰로 이동에 구여받지 않는다. 한번에 2대의 트럭이 동시 가능. 시간당 24트럭 스캔 정형화된 특허 에너지 Shapes은 불필요한 방사선을 필터링 하여 안전한 레벨로 유지한다.	한 대나 두 대 동시 스캔 가능 시간당 23대의 높은 처리량.
	정보 display	- 5개의 스크린 사용 - 외부상황 관찰 및 통제를 위한 display (외부 앞 뒤 옆 등) - 검색실 내부 상황 스크린 - 스캔 실시간 이미징 스크린 display 로 콘트라스트 이미징 판독 및 밀도에 따른 컬러 배열 판독등의 방식으로 가능 - 판독실 내부의 빠른 상황대처를 돕는 컬러별 경광등과 위험 경보 버튼 설치		
	판독	- 스캔이 끝나면 signal과 함께 차량 이동	외부 판독실로 내부의 상황을 잘 인식할 수 있는 시스템이 필요하다.	내부가 좁아 판독실 공간 분석과 인체공학적인 연구가 필요하다.
이동 및 유지	**출발 Signal**	-	스캔완료 시 출발 경광등	스캔 완료 시 출발 경광등
	유지	-	검출기와 전송기의 일체형이 아닌 분리형 구조로 따로 사용이 가능하지만 부피가 크다.	반사능 철폐벽 외부 가건물이 필요하여 외부 인프라가 필요.

3) Portal work flow

a. 구성도 이미지



b. Working flow



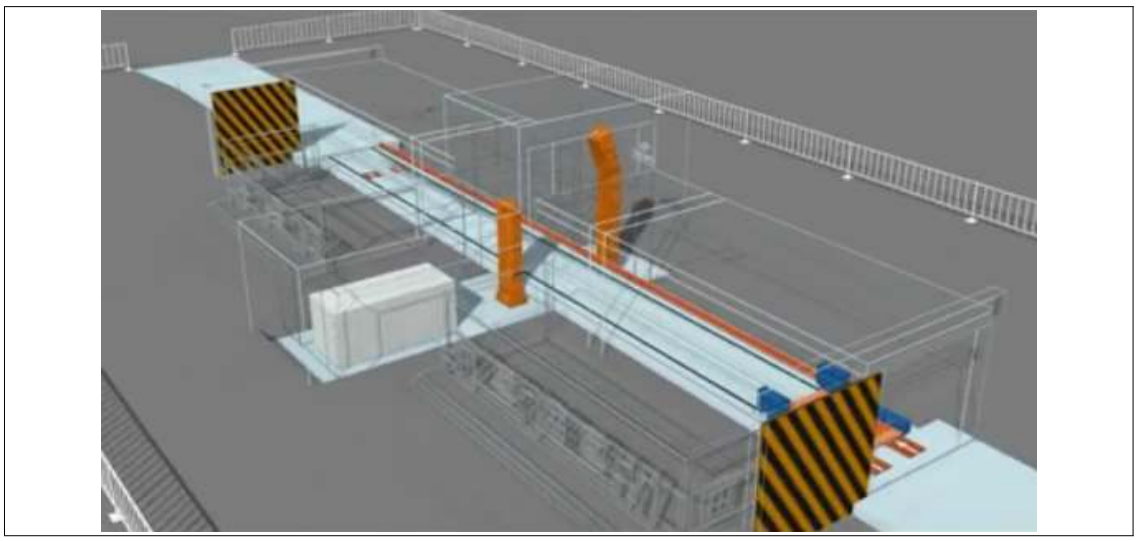
c. Portal Type 모델별 시사점 도출

Model				
		Smiths detection_ HCVP	Rapiscan_ Eagle P 60	AS&E_ Z Portal
안내	이동을 위한 안내 시스템	- 검색장비가 설치되어있는 곳으로 화물을 운반 시 자연스러운 유도를 위한 장치가 필요하다. - 근처 판독실 배치 판독실 문상단에 cctv 설치, 검색기 body에 정지 버튼, 검색기 상단에 조명 설치되어 야간에도 작업이 가능하도록 함. - 차량 가이드를 위한 칼라콘 배치되어 있으며 휀스 및 안내판 설치 - 설치를 위한 조립이 용이하여 어느 장소에서나 가능 - 수동 시스템이 필요할 경우 가동 버튼 작동을 위한 현장 안내요원의 배치가 절실함	- 검색 유도 진입로에 안전 구조물의 보조 설치로 인한 화물차량의 유도가 가능하지만 기상 상황에 대비한 전천후 기술도입이 필요하다. - 차량 진입 유도를 위하여 칼라콘으로 길목 표시 및 LED경광등 설치	- 견고하고 기계적인 외형이 주는 구조가 기계의 기능에 적합한 형태를 가져 신뢰성을 높임 - 검색 라인에 콘크리트 벽이나 칼라콘으로 진입로를 설치 -검색기 앞과 뒤에 cctv를 설치 하여 들어가는 차량과 나오는 차량을 관찰
세팅	(초기) 세 팅 및 검색기	- 발생기와 경광등이 전력 공급을 위하여 판독실이 검색기 근처에 배치되어 있음 - 화물 차량 통과 및 검색이 용이한 곳에 차폐벽과 판독실을 설치하는 구조 - 바닥면 조절을 위한 나사형 철판조립형 -전체 모듈형 구조로 나사 조립. - 검색기 자체 경량화되어 있으며 박스 구조로 검출BAR가 보호되어 있다. (유지상의 보관)	- 기후 환경에 따라 하우징 시스템 설치 유무가 나뉨 - 콘크리트 바닥면에서 나사 조립이 가능한 철판으로 고정 - 철판 frame 검색기 구조로 조립이 용이하고 외부에서 작업 시 검출바를 보호한다(철판 frame에 구멍이 많아 안으로 물이나 습기가 찰 수 있다.) - 인부가 조립이나 상황 관찰을 위하여 상부로 올라갈 수 있는 사다리가 검색기내에 설치되어 있어 검색기 조립이 용이하다.	- 검색을 할 수 있는 최대 높이 이상의 진입을 막기 위하여 최대 높이이하찰 통화할 수 있는 frame bar가 설치 - 좌우상에 검출기가 있으며 좌우에 발생기가 배치되어 있어 있어 부피가 크고 무거움. - 쇠구조로 경량화를 위하여 검출기와 발생기를 제외한 파트에는 frame 구조로 갔으나 전체적인 부피가 커서 크게 경량화되어 보이지 않음. - 일반 차량 검색시 축소된 z portal이며, 높이가 높은 컨테이너 차량 검색 시 상부의 쇠 frame 및 검출기 크기 조절이 가능하다. - 모듈 확장시 바닥면에서 공간을 많이 띄워야 하는 점을 고려하여 지지다리를 만들어줌.
	대기	-	- 대기를 위한 가이드가 따로 없음 (안내를 위한 경광등)	- 검색기 앞 시그널 LED 경광등이 설치되어 있어 진입 신호를 알려줌.

스캔	스캔 (이동)	경광등과 signal에 맞춰 차량 이동	경광등과 signal에 맞춰 차량 이동	Signal 에 맞춰 차량 이동
	정보 display	- 스캔 이미징 콘크라스트로 분활 및 밀도에 따라 컬러 분활로 보여줌	- 스캔 이미징 콘크라스트로 분활 및 밀도에 따라 컬러 분활로 보여줌	이미징 모듈에서 실행되는 멀티 플레이는 최대 선별 능력을 제공하고 영상 판독을 용이하게 함. 또한 소재 차별 기능검색을 제공하는 고품질의 사진과 같은 이미지를 제공 - 듀얼 스크린으로 엑스레이 판독 화면과 실 화면을 차량의 방향에 맞춰 보여줌.
	판독실	-검색실 옆 판독실 배치 되어 있어 오랜 시간 방사선일 경우 판독자에게 방사선 위험 우려. - 판독실 내부 동선을 고려한 배치가 필요하다.	- 검색실에서 멀리 떨어진 곳에 판독실 배치 - 검색 상황에 대한 통제는 검색기 주변 스피커와 판독실 CCTV 스크린 - 주변 상황 통제를 위하여 감독관이 필요.	- 검색기에서 멀리 떨어진 곳에 판독실 배치 - 내부 led 경광등이 벽면이 아닌, 조작버튼 옆에 있음.
이동	출발 Signal	LED 경광등과 출발 음성 시그널 알려주며 정지 없이 바로 출발	LED 경광등과 출발 음성 시그널 알려주며 정지없이 바로 출발	LED 경광등과 출발 음성 시그널 알려주며 정지없이 바로 출발

4) Fixed work flow

a. 구성도 이미지



b. Work Flow

c. 시사점 도출

Model			
		Nuctech THSCAN PB2028	Rapiscan_Eagle F90
대기	차량대기	- 칼라콘, 진입 bar가 배치되지 않아 이동 순서를 알기 힘듬. - 휀스 설치 _ 휀스에서 차폐문까지의 거리가 김 - 차폐문 좌측 감독관 배치(차량 체크 및 안내) - 진입 전 차량의 뒤와 앞 옆을 체크할 수 있도록 CCTV 배치. - 슬라이딩 차폐문 2개 배치 (차량 진입시 차폐문이 앞뒤로 열림	- 경광등으로 대기 노출.(경광등외 다른 sign은 노출되지 않음_ 음성이나 전광판, 감독관이 필요함. - 칼라콘으로 차량 진입 길을 표시. - 피검색차량 간의 거리 안내가 필요.
세팅	선반레일 조정	건물 내부로 화물의 운반과 선반에 자연스러운 안착를 위한 유도장치가 필요하다. - 선반으로 안착 이전 발돋움할 수 있는 보조 유도 장치가 배치 - 차량이 선반으로 이동 전에 삼각형으로 기울기를 만들어 주어 선반높이까지 올라가기 쉽도록 유도	- 컨테이너 차량보다 넓은 선반이 2중 레일을 따라 이동 - 레일 바닥면과 선반과의 높이가 높고 철판의 두께가 두꺼워 트럭 및 컨테이너 차량의 무게를 지탱 - 지면과 같은 위치의 선반으로 검색 이동이 쉽다 - 차량 스캔 완료 시 선반은 진입 문쪽으로 이동하여 다음 차량 준비.
이동	진입	- 차량이 선반으로 올라가면 유도장치는 자동적으로 내려옴 (유도장치에 화살표로 위치 표시) - 선반위로 올라갔을 때에 차량 앞 바퀴들을 선반에 고정시켜 줄 수 있는 고정 걸이가 나와 선반이 움직였을 때에도 같이 이동 할 수 있도록 함	슬라이딩 식의 차폐문이 아님 검색 시설 진입 전 진입 이동을 위한 경광등 signal 알람. 검색 시설 입구 양 측과 경광등에 CCTV 시스템으로 외부 환경을 파악 - 입구 앞에 자동 정지바 (대기시 정지 바가 수평으로 내려와 차량이 멈출 때를 짐작 할 수 있다)
스캔	스캔	선반 이동시 차량도 같이 이동 하면서 검출기쪽으로 진입할 때에 스캔이 시작됨.	- 화물이 통과하기 용이한 구역에 설치 해체가 가능하도록 운영이 가능하다. - 비용과 시간이 소요되는 수동검사의 필요성을 제거. - 밀도가 높은 트럭과 컨테이너를 포함한 화물의 넓은 범위를 조사할 수 이TSms 자동화물 모션시스템에 고정 빔을 통해 검색이 가능함. - 화물차량의 움직임에 반응하여 검색 시스템 작동 - 차량 터널 진입 시 내부 안내 정보가 미흡 - 레일이 지나다니는 길목과 선반의 높이 간격이 크며 주변 공간도 넓어 터널이 넓으며 점검시 감독관의 체크가 용이하다. (감독관의 이동성 고려)
	정보 display	-	425mm 철강 침투의 스캐닝과 최고 품질의 이미지 영상
	판독	-	- 콘크리트 벽 너머 판독실 배치
이동 및 유지	출발	-스캔이 완료 후 선반이 유도장치 위치에서 정지하고 고정 걸이가 해제 - 바닥면에 있는 유도 장치가 올라와 차량 이동을 용이하도록 함 -고정 걸이가 해제되면 차폐문이 열리고 차량 출발 - 선반은 진입문으로 이동 / 반복 이동	-
	유지	-	턴키 시스템 모니터링 및 시설 운영제어와 기능 높은 점검 처리량을 지원하기 위해 여러 감독관을 배치하여 운용함 -터널 내부 화재 관련 안전 장비가 배치 되어 있음.

5) Portable Type work flow

a. Work Flow (Hand Type Portable Inspection System)

b. Work Flow (Auto Type Portable Inspection System)

c. 시사점 도출

Model			
		Saic_ RTR-4 (Hand)	Saic_MR-1383(Auto)
이동	이동	X-RAY발생기와 이미저(이미지패널_전송), 노트북, 와일레스 공유기 혹은 인터넷 케이블 선 - 캐리어나 백팩,등 다양한 가방안에 소지가 가능하다 -XRay발생기에 이동형 배터리 장착 - 방사선으로부터 안전하게 보호할 수 있는 차폐막 기능 bag 시스템 필요	차량 이동/별도의 case가 없음 차량 하차(unpack) 캐리어 케이블 등의 설치 필요
세팅	(초기) 세 팅	- 발생기에 배터리 장착하고 스캔 하고자 하는 물체 뒷면에 이미지 패널을 세우고 앞 면에 발생기를 가져다 댄다. - 임의의 장소에 피검색체를 검색할수 있도록 설치 - 별도 판독실이 필요없으며 노트북만 있으면 가능하다. - 노트북과 전송기와의 연결을 위하여 인터넷 케이블 선을 연결하거나 추가적인 인터넷 와일레스로 연결이 가능하다. -적절한 세팅 장소가 없는 경우 고려 -pack carrier를 table로 활용 할 수 있는 방법고려 -검색 가능 거리 가이드 필요 -자체 오류 진단 프로그램 필요	-검색 가능 거리 가이드 필요 -자체 오류 진단 프로그램 필요
스캔	스캔	상자 안이나 벽사이 등 작은 물체에 적합하다. 이미지 패널의 크기가 넓고 높을 수록 더 큰 크기의 스캔이 가능하다.	상하 좌우 구간별 스캔 전체 스캔응ㄴ 시간 소모 한지역 위주 스캔에 적합
	정보 display	노트북으로 판독하며, 디지털 스캐닝이 가능하며 콘트라스트 배열이나 칼라 배열등 옵션에 따라 여러 가지가 가능하다.	-
	판독	-	차량 내 판독실 장비 또는 노트북
점검	장비 점검	사용 후 보관 전 장비 점검이 필요하다.	-

(2) Inspection System Analysis - Insight Table

1) Mobile Type insight

Part	Description	구분	
세팅) 업무 프로세스의 원활한 인지를 돕는 안내 및 세팅 시스템			
세팅 검색차량	네트워크 기반 환경 데이터 수집을 통한 실시간 관제 시스템(도로,기상, 보행자 등)	T	1
안내) 업무 프로세스의 원활한 인지를 돕는 안내 및 세팅 시스템			
안내 피검색 차량	비 안개 등 기상 조건 악화에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 정보 (LED 경광등 라인 기술, 발광지지대(?))	S&T	2
	피검색 차량 이동 시 동선 파악이 용이한 경광등 경보 가이드 시스템 (휀스,경광등, 원적외선 경계선 노출,축소 확장형 경계bar)	F&T	3
	검색 시간 단축, 효율 향상을 위한 센서 네트워크 기반 실시간 운전자 안내 시스템 (라디오 주차수를 통한 음성 안내/LED 정보 표시 디지털 사이니지 시스템)	S&T	4
판독) 판독력 향상 인터페이스 및 스캔 프로세스 시스템			
System	정보의 2차 디지털 변환을 줄이는 실시간 변환 플랫폼	T	5
	불필요한 데이터 처리를 위한 사용자 맞춤형 데이터 필터링	T	
	이미지 데이터 처리를 위한 실시간 저장 플랫폼	T	
Structure	이미지 판독력을 높이기 위한 3차원 스캔 모듈 장착형 검색 기술	T	
	판독 장비 사용동선, 효율화 장비 사용 오류를 줄이기 위한 배치		6
PUI	System Coontrol Computers, 이미지 검색 컴퓨터, CCTV 시스템 컴퓨터,긴급정지 버튼, 재시작 버튼	F	
판독실) 판독 환경 개선을 위한 판독실 시스템			
Size	판독실 내부 환경 개선을 위한 공간 확장형 구조 개발	F	7
System	폐쇄형 구조의 판독실 외부의 상황인지를 높이기 위한 시스템 및 개선 기술	T	8
검색 Bar) 검색바의 견고성과 경량화를 위한 frame 및 자동 조절 시스템			
Function	스캔 중 발생기와 피검색차량 충돌 방지를 위한 거리 감지 센서 및 위치 조절 기술 개발	T	9
	3D 기반 데이터 창출을 위한 검색바의 다각도 스캔시스템 구조	T	10
Bar Structure	다중 접합 구조로 인한 견고성을 지닌 경량화된 검색 Bar 지지 frame 개발	F	11
	시간 효율 에너지 단축을 위한 다중 접이형 구조 기술	F	12
차량) 검색 차량 이동 장비 효율성을 위한 차량 구조 및 시스템			
Structure	구조물 은폐 및 장비 안정성 강화를 위한 개폐형 옆판, 상판, 구조 개발 (잠금 해제 없는 자동 프로세스 가능)	F	13
Function	외부 환경을 고려한 강화된 차량 소재 변경	T	
	장비 흔들림 방지를 위한 무진동 차체 메커니즘	T	14
스캔) 실시간 전송 및 자동화 스캔 구동 시스템			

System	운전석 위치 센싱 기반 자동 검색 구동 시스템	T	15
	위험 물질 판독 시 실시간 경광등 알람 노출과 공공기관 전송 시스템	S&T	16
	피검색 차량 높이,넓이 측정 센싱 기반의 자동 조절 구조 및 시스템	F&T	17
유지 및 관리) 지속적인 사용 유지와 브랜드화를 위한 지원 솔류션			
인력교육	화상 교육을 통한 지속적 인력 교육	S&T	18
유지보수	네트워크 기반 실시간 차량 진단 플랫폼 서비스	S&T	18

Technology : T	**개선 사항**
Form : F	**공통 사항**
Service : S	**현 기능**

2) 각 세부분류별 시사점 및 개선안 제시

세팅 (시스템)	과제 제목	네트워크 기반 환경 데이터 수집을 통한 실시간 관제 시스템	1
	Issue	화물 차량 검색 환경 시 장소 및 날씨 , 위치 정보에 대한 정보 습득	
	설명	차량 세팅 전이나 검색 중일 때에 필요한 환경 데이터 습득을 통해 업무 환경의 준비성을 높일 수 있고 예기치 못한 기후변화 및 교통 상황에 미리 대응할 수 있다.	
	개선 상황	1. 네트워크 기반의 실시간 관제 시스템(운전석 & 판독실 내의 실시간 음성 정보 서비스)	

안내 (운전자 안내)	과제 제목	비 안개 등 기상 조건 악화에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 정보 및 시스템	2
	Issue	기상악화 시 검색 환경 안내를 위한 실시간 안내 시스템	
	설명	기상 조건 악화로 인하여 피검색 차량 운전자의 안내를 도와주고 검색 차량 끼리의 적정 거리를 유지 시켜 줄 수 있도록 한다.	
	개선 상황	1. 실시간 피검색차 운전자 음성 안내 시스템 2. LED 경광등 라인 - 줄 타입의 LED 경광등으로 안내 길목에 설치	

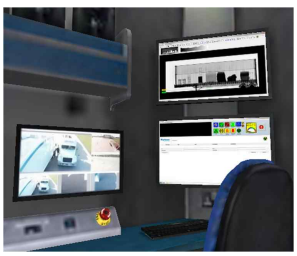
안내 (피검색 차량)	과제 제목	피검색 차량 이동시 동선파악과 안전사고 방지를 위한 가이드 시스템 개발	3
	Issue	영역 내 가이드 필요	
	설명	세팅할 동안 대기하고 있는 차량과의 영역 가이드 필요	
	모델별	Rapiscan M45	
	개선 사항	1. 작동 전 접근 금지 경광등 노출 (경광등, 원적외선 경계선 노출) 2. CCTV를 통한 후방 영상 전달(Reversing Camera) 3. 예외 사항에서 방사능 노출 시 위험 정보를 소리 및 다양한 방식으로	

		노출. 4. 확장형 경계 Bar : roll타입의 가이드 bar (영화관의 가이드 Bar)	

판독 (시스템)	과제 제목	검색 시간 단축, 효율 향상을 위한 센서 네트워크 기반 실시간 운전자 안내 시스템	4
	Issue	현 LED경광등 안내 수준이 아닌 피검색차 운전자에게 효과적인 검색프로세스 안내 시스템이 필요	
	설명	피검색 운전자에게 청각적, 시각적 정보를 통한 프로세스 인지를 쉽도록 하여 검색시간을 줄이도록 한다. 4	
	개선 사항	1. 라디오 주차수를 통한 음성 안내 2. 길목 및 진입면 LED 정보 표시 디지털 사이니지 시스템	

판독 (시스템)	과제 제목	데이터 전송속도 향상을 위한 데이터 형식통합 등 운영효율성이 개선된 스템개발	5
	Issue	데이터 전송방식에 대한 고려	
	설명	시스템, 디지털 변환, 수집 시스템 1,2데이터 저장 등의 많은 절차에 대하여 단순화 과정 고려.	
	개선 사항	- 방사능 센서 시스템에서부터 데이터 저장까지 프로세스를 통합화 하여 단순화된 프로세스 구축 - 실시간 디지털화 및 네트워크를 통하여 변환과정 없이 진행 함으로 시간 단축	

판독실 (구조)	과제 제목	판독 장비 사용동선, 효율화 장비 사용 오류를 줄이기 위한 배치	6
	Issue	판독실 내부의 복잡도 개선	
	설명	판독실 내부의 HMI 및 PUI 개선을 통하여 사용성 개선 Thescan의 display 화면은 사람의 시선을 고려하지 않은 information위주의 판독실 내부이며 rapiscan의 M60은 좌우 앉은 사람의 위치를 고려한 Display 위치와 네비게이션 역할을 하는 작은 display 추가로 사용성을 증대 시킴.	
	개선 사항	- 판독실 내부 PUI 위치 조절 및 컴퓨터와 인체 거리 개선	



THscan MT1213 vs Rapiscan Mobile M60 판독실 내부

판독 (시스템)	과제 제목	검색 및 판독 성능 향상을 위한 3D 검출기 기술 개발[기술개발분야] 3D 기반 데이터 창출을 위한 검색바의 다각도 스캔시스템 구조	6
	Issue	스캔 이미지 퀄리티 향상, 판독 속도 및 난이도 개선	
	설명	기존 시스템(2D 영상)은 판독의 어려움으로 전문인력 필요	
	특허	KR2009-0027137	
	개선 사항	- 입체 스캔으로 검색 및 판독 성능을 향상, 판독 속도를 향상시킨다. - 인력 교육 및 인력 수급의 어려움 개선	

판독실 (사이즈)	과제 제목	판독실 내부 환경 개선을 위한 공간 확장형 구조 개발	7
	Issue	판독실 내부 환경 개선	
	설명	업무 상황 및 추가적 인원으로 인한 내부 혼잡 시 내부 공간 사이즈 개선이 필요하다.	
	개선반 영사항	- 자바라 구조의 판독실 : 판독실 양측 자바라 구조로 추가적인 확장	

검색Bar (기능)	과제제 목	스캔 중 발생기와 피검색차량 충돌방지를 위한 거리 감지 센서 및 위치 조절 기술 개발	9
	Issue	세팅 조작기, 검출바	
	설명	- 평행 유지 장치(발생기 모듈 접합 관절의 조절을 통한 발생기 평행 유지)	
	모델별	Rapiscan : 평행 유지를 위한 조절 센서 부착	
	개선반 영사항	-접합부 내의 평행센서 장착	

검색Bar (구조)	과제 제목	구동시간 단축 및 에너지 절감을 위한 검출바의 구동방식 개발	12
	Issue	시간 효율 에너지 단축을 위한 다중 접이형 구조 기술	
	설명	검출바의 구동방식 변경필요, 구동반경이 크고 시간이 오래걸림	
	모델별	Roboscan / smith detector HCVM / PPM TEREX HCV	
	개선 사항	- 현 3-4step의 세팅 방식을 2step으로 줄일 경우 세팅 시간 단축 뿐만 아니라 이동에서도 시간 단축 가능. - 검출바와 발생기의 일체화 방식으로 한번에 세팅 가능하도록 함. - 세팅을 위한 BAR의 회전이 아닌 수직과 수평방식으로 변경	

차량 (구조)	과제 제목	구조물 은폐 및 장비 안정성 강화를 위한 개폐형 옆판, 상판, 구조 개발	13
	Issue	장비 보관 형태에 대한 고려	
	설명	Bar와 그 외 장비가 노출형으로 된 경우가 많아 기후와 장소에 따라 보관 유지 사항에 미약함.	
	모델	장비 막음형 :Rapiscan M45 ,Smith detector HCVM L 장비 노출 형: SAIC	
	개선 사항	- 장비의 장기적인 보관과 유지를 위하여 좌우상의 외벽을 통하여 보관에 용이하게 함. - 장우상의 외벽 시 컨테이너 박스 형태로 자동화 Open 고려.	

차량 (기능)	과제 제목	판독 장비의 무진동 메커니즘 개발 / 장비의 이동시 안전성을 위한 구조 개발	14
	Issue	판독 장비의 정확성과 안전성 개선	
	설명	움직이는 차량의 판독 정확성을 높이고, 이동을 고려한 장비의 안전성 개선	
	개선 사항	- 검색 차량이 이동할 경우 장비안정성을 위한 무진동 차량화 - 위치와 판독 물체의 정도에 따라 옵션을 추가하거나 뺄 수 있는 모듈형 외부 장비	

스캔 (시스템)	과제 제목	운전석 기반의 검색 스캐닝 시스템	15
	Issue	수동으로 시스템 가동시작을 벗어난 방식 필요	
	설명	현황은 운전석과 화물칸의 중간 공간을 인식하여 검색 시작	
	개선 사항	- 바닥센서에서 자동으로 차량을 인식하여 위치를 파악하여 안내 (두 번째 바퀴부터 인식이 가능) - 검색 프레임에 차량 진행에 맞도록 접근 유도 LED 조명 시스템을 개발 (ex: 신호등) 진행 방향과 검색 정도를 조명으로 안내하는 시스템	

스 캔 (시스템)	과제 제목	판독된 유해 물질의 실시간 피드백 시스템 개발	16
	Issue	스캔 중 판독된 유해 물질에 대한 피드백 방식 고려 1	
	설명	유해 물질에 대한 알람 노출 방식에 대하여 고려해야 한다.	
	개선 사항	- 유해물질 발견 시 LED 경광등과 소리 외에도 내부 판독실에서의 알람 노출. - 유해물질 판독과 동시에 외부 센터에 실시간 결과 보고 - 판독된 유해 물질에 대하여 데이터 자료 구축.	

스캔 (시스템)	과제 제목	피검색 차량 높이,넓이 측정 센싱 기반의 자동 조절 구조 및 시스템	17
	Issue	다양한 차량에 맞춘 높이 조절 / 넓이 조절	
	설명	- 화물 차량과 공사용 차량 등 높이가 다른 차량에 대하여 조절 구조 개발 및 수치를 노출해줄 수 있는 방식 개발 - 화물 차량과 공사용 차량의 넓이가 다르고 상황에 따라 한 대, 동시 두 대 스캔을 해야 할 경우 조절 가능한 검색 모듈의 넓이 조절 방식 개발	
	모델별	MBT Roboscan , Rapiscan , SAIC, PPM TEREX HCV	
	개선 사항	- 높이 조절을 위한 Bar 모듈형 및 높이 수치 표시 - 발생기로 차량의 깊이 예측 , 바닥면에 차량 길이를 파악 할 수 있는 체크 판 설치로 넓이 예측 - 검출 바의 센서 및 카메라 부착으로 조절 가능 길이 제안 - 바코드로 차량 정보 수집, 차량의 길이와 깊이 등의 파악으로 근무량과 시간을 예측 가능.	

(3) Gantry & Portal & Fixed Type

1) Insight Table

Part	Description	구분	
설치) 효율적 설치 및 이동을 고려한 설치 시스템			
검색기	효율적 설치 및 설치 운영을 위한 모듈 조립형 Body install Structure개발	F	1
	환경 대응력 향상을 위한 보조 장비 변경이 가능한 탈부착 시스템	S&F	2
차폐벽	이동 조립이 가능한 터널식 하우징+차폐벽의 일체형 시스템 개발	F	3
	친환경 소재를 사용한 차폐벽 구조 및 제조 기술 개발	F&T	4
	모듈 조립형 차폐벽 구조 및 설치 시스템 개발	F	5
세팅) 업무 프로세스의 원활한 인지를 돕는 안내 및 세팅 시스템			
System	네트워크 기반 환경 데이터 수집을 통한 실시간 관제 시스템(기상, 보행자 등)	T	6
	차량의 높이 넓이 측정 위치센싱 기반의 자동 조절 구조 및 시스템	F&T	7
운전자 안내	비 안개 등 기상 조건 악화에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 정보 및 시스템 (LED 경광등 라인 기술)	F&T	8
	피검색 차량 이동 시 동선 파악이 용이한 경광등 경보 가이드 시스템 (휀스,경광등, 원적외선 경계선 노출,축소 확장형 경계bar)	F&T	8
	차량 진입 전 위치를 알려주는 가이드라인 개발	F&S	9
	검색 시간 단축, 효율 향상을 위한 센서 네트워크 기반 실시간 운전자	S&	10

	안내 시스템 (라디오 주파수를 통한 음성 안내 /LED 정보 표시 디지털 사이니지 시스템)	T	
레일) 구조적 해결로 이동성 강화			
외부 환경	비. 눈 등 기상 환경 변화에 대응 가능한 기술 접목 구조 및 시스템 개발 (열선, 스위퍼 등)	F&T	11
효율성	레일의 부식 및 마모을 대비한 레일 구조 및 소재 개발	F&T	12
이 동	조립 해체 이동 설치가 용이한 레일 조립 시스템	F	13
	검색 시 검색기의 안정적 이동을 위한 2중 레일 구조	F	14
판독) 판독력 향상 인터페이스 및 스캔 프로세스 시스템			
System	정보의 2차 디지털 변환을 줄이는 실시간 변환 플랫폼	T	15
	불필요한 데이터 처리를 위한 사용자 맞춤형 데이터 필터링	S&T	16
	이미지 데이터 처리를 위한 실시간 저장 플랫폼	T	17
	이미지 판독력을 높이기 위한 3차원 스캔 기술	T	18
판독실) 판독 환경 개선을 위한 판독실 시스템			
외 부	원활한 다수 검색 라인의 판독실 변형 시스템 제안	F	19
내 부	검색 현장 모니터링 실감성 확보를 위한 체감성 시스템	F&T	20
차량) 검색 차량 이동 장비 효율성을 위한 차량 구조 및 시스템			
Body	외부 환경을 고려한 강화된 검색기 소재 및 구조 변경	F&T	21
	장비 흔들림 방지를 위한 무진동 검색기 메커니즘	F&T	22
스캔) 실시간 전송 및 자동화 스캔 구동 시스템			
System	운전자 위치 기반의 검색 스캐닝 시스템	T	23
	위험 물질 판독 시 실시간 경광등 알람 노출과 공공기관 전송 시스템	S&T	24
	방사선 안전 수치를 위한 방사선 필터링 시스템	T	25
	정방향 역방향 등 다양한 위치에서의 스캔 이동 및 프로세스 개발	S&T	26
유지 및 관리) 지속적인 사용 유지와 브랜드화를 위한 지원 솔류션			
인력교육	화상 교육을 통한 지속적 인력 교육	S	27
유지보수	네트워크 기반 실시간 차량 진단 플랫폼 서비스	S&T	28

Technology : T	개선 사항
Form : F	공통 사항
Service : S	현 기능

2) 각 세부분류별 시사점 및 개선안 제시

세팅 (시스템)	과제 제목	네트워크 기반 환경 데이터 수집을 통한 실시간 관제 시스템	1
	Issue	화물 차량 검색 환경 시 장소 및 날씨 , 위치 정보에 대한 정보 습득	
	설명	차량 세팅 전이나 검색 중일 때에 필요한 환경 데이터 습득을 통해 업무 환경의 준비성을 높일 수 있고 예기치 못한 기후변화 및 교통 상황에 미리 대응할 수 있다.	
	개선 상황	1. 네트워크 기반의 실시간 관제 시스템(운전석 & 판독실 내의 실시간 음성 정보 서비스)	

설치	과제 제목	환경 대응력 향상을 위한 보조 장비 변경이 가능한 탈부착시스템	2
	Issue	야간 작업 시 조명과 외부 필요 장비들에 대한 추가 설치 고려.	
	설명	검색 차량의 야간이나 궂은 날씨에 검색 작업 시 조명이나 가이드등의 추가 설치가 필요.	
	개선 사항	1. 조명 : 야간 작업에서도 잘 보일 수 있도록 설치 , 외부 조명이 아닌 탑재형 조명 2. 야간 가이드 : 검색할 차량들의 현장 진행 가이드를 주기 위한 야간 칼라콘 탑재. 등의 필요 장비들을 탑재가 가능한 검색기 악세사리 제안.	

설치 (차폐벽)	과제 제목	차폐벽 & 하우징 repairing 소재사용 제안	4
	Issue	차폐벽의 제조와 유지 방식 고려	
	설명	차폐벽, 하우징의 제조성분을 고려한 친환경 재질의 대체 가능 소재로 대체	
	특허	KR2008-0010387	
	개선 사항	- 안정성(플렉시블)과 재질 표현(기기의 고유 컬러나 질감 다양성)이 필요한 부분적 파트에 제조 단가와 친환경적 측면을 고려한 대체가능 소재로의 교체 - 유지 보수가 용이한 재질 채용	

설치 (차폐벽)	과제 제목	차폐벽 변형 시스템 개발	5
	Issue	장비 운용 사용성에 대한 고려	
	설명	다양한 대상 환경 변화에 대응하는 차폐벽의 효율적 운용방식	
	개선 사항	- 설치가 제약적인 위치별 혹은 기계별 스펙에 따른 검색 환경에 맞춘 모듈 조립식 차폐벽 개발 (블럭 조립 형태, 볼트 체결을 최소화) - 유압실린더를 이용한 차폐벽 길이 조절 시스템 적용	

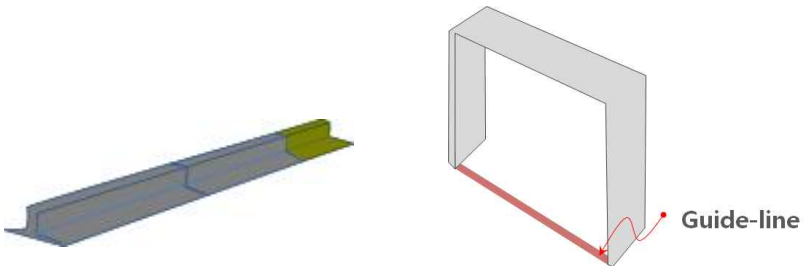
세팅 (시스템)	과제 제목	네트워크 기반 환경 데이터 수집을 통한 실시간 관제 시스템	6
	Issue	화물 차량 검색 환경 시 장소 및 날씨 , 위치 정보에 대한 정보 습득	

	설명	차량 세팅 전이나 검색 중일 때에 필요한 환경 데이터 습득을 통해 업무 환경의 준비성을 높일 수 있고 예기치 못한 기후변화 및 교통 상황에 미리 대응할 수 있다.	
	개선상황	1. 네트워크 기반의 실시간 관제 시스템(운전석 & 판독실 내의 실시간 음성 정보 서비스)	

세팅 (시스템)	과제 제목	차량의 높이 넓이 측정 위치 센싱 기반의 자동 조절 구조 및 시스템	7
	Issue	스캔 전 차량의 높이 넓이 자동 조절로 업무 환경 개선	
	설명	피검색 차량의 스캔 전 적절한 높이와 넓이의 조절을 측정하여 자동으로 조절하는 시스템이 필요하다	
	개선반영사항	1. 센싱 : 피검색 차량 진입 전 각 gantry에 위치한 적외선 센싱기반으로 최적화된 높이 넓이 측정 2. 확장 및 축소 구조 : Gantry의 각 frame에 구조적 조절 해결을 위한 접이형 구조	

세팅 (운전자 안내)	과제 제목	비 안개 등 기상 조건 악화에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 정보 및 시스템	8
	Issue	기상악화 시 검색 환경 안내를 위한 실시간 안내 시스템	
	설명	기상 조건 악화로 인하여 피검색 차량 운전자의 안내를 도와주고 검색 차량끼리의 적정 거리를 유지 시켜 줄 수 있도록 한다.	
	개선상황	1. 실시간 피검색차 운전자 음성 안내 시스템 2, LED 경광등 라인 - 줄 타입의 LED 경광등으로 안내 길목에 설치	

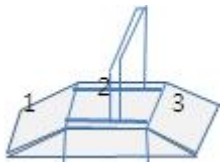
세팅 (운전자 안내)	과제 제목	피검색 차량 이동시 동선파악과 안전사고 방지를 위한 가이드 시스템 개발	8
	Issue	영역 내 가이드 필요	
	설명	세팅할 동안 대기하고 있는 차량과의 영역 가이드 필요	
	개선반영사항	1. 작동 전 접근 금지 경광등 노출 (경광등, 원적외선 경계선 노출) 2. CCTV를 통한 후방 영상 전달(Reversing Camera) 3. 예외 사항에서 방사능 노출 시 위험 정보를 소리 및 다양한 방식으로 노출. 4. 확장형 경계 Bar : roll타입의 가이드 bar (영화관의 가이드 Bar)	

세팅 (운전자 안내)	과제 제목	차량 진입 전 위치를 알려주는 가이드라인 개발	9
	Issue	운전자가 어디에서 정지를 해야 하는지에 대한 가이드가 필요.	
	설명	차량운전자의 진행 절차에 대한 인지가 빠르도록 도와주어 순조로운 진행이 가능하도록 한다.	
	개선 사항	- 차량이 멈춰야 하는 곳에 색깔 bar나 레일로 표시.  1. 레일에 멈출 자리 표시, 레일 자체 색 조합 변화 2. Gantry 하단부에 Guilde line 선 노출.	

판독 (시스템)	과제 제목	검색 시간 단축, 효율 향상을 위한 센서 네트워크 기반 실시간 운전자 안내 시스템	10
	Issue	현 LED경광등 안내 수준이 아닌 피검색차 운전자에게 효과적인 검색프로세스 안내 시스템이 필요	
	설명	피검색 운전자에게 청각적, 시각적 정보를 통한 프로세스 인지를 쉽도록 하여 검색시간을 줄이도록 한다. 4	
	개선반 영사항	1. 라디오 주차수를 통한 음성 안내 2. 길목 및 진입면 LED 정보 표시 디지털 사이니지 시스템	

레일 (외부환경)	과제 제목	비. 눈 등 기상 환경 변화에 대응 가능한 기술 접목 구조 및 시스템 개발 (열선, 스위퍼 등)	11
	Issue	기상 조건을 고려한 사용성 증대	
	설명	비나 눈이 올 경우 레일 작동의 오류 방지를 위한 구조적인 대처방안	
	개선 사항	- 레일모듈에 설치된 열선 및 열풍 작동으로 건조시스템 구축 - 화물 간 구분 및 레일 상의 이물질 청소를 위한 레일 유지 보수기(ex 클린섹터)운용 (화물이 진입 바로 전에 클린섹터기가 운용된 후 바로 화물이 검색대로 진입)	

레일 (이동)	과제 제목	검색기의 안정적 이동을 위한 2중 레일 구조	14
	Issue	검색기 무게 힘 분배를 통한 장기 사용 구조 시스템	
	설명	검색기의 무게를 지탱해주고 이동 시켜주는 레일의 힘 분배를 위한 2중 레일로 장기간 사용를 돕고 안정적 이동 구조가 필요하다.	
	개선 상황	레일의 양측에 보조 레일 탑재 (분리형으로 필요에 따라 설치 및 해체)	

레일 (이동)	과제 제목	레일 시스템 모듈화 제안	13
	Issue	바닥 레일 시스템의 구조 변형	
	설명	바닥 레일의 구조 변화로 설치 운용 효율성을 높인 시스템	
	개선 사항	- 재 이동, 재 배치가 용이한 구조로 바닥 레인 라인의 시스템화 (앙카, 조립 해채가 쉬운 구조) - 레일 바닥면의 모듈화로 레일을 포함하는 기본 모듈의 정립화로 설치 운용  (ex : 기본 모듈의 설치 분해로 길이 조절이 가능한 조립식 방지턱)	

판독실	과제 제목	원활한 다수 검색 라인의 판독실 변형 시스템 제안	19
	Issue	검색 플로우의 원활한 진행에 대한 고려	
	설명	다수의 검색 라인 운용 시에 판독시스템의 효율적 설치 운용에 대한 고려	
	개선 사항	- 다수의 검색라인의 형태(직, 병, 중렬) 에 따른 판독실 변형 시스템 - 자동화 요소 및 효율화 요소를 이용한 검색 시간 단축	

판독실	과제 제목	검색현장 모니터링 실감성 확보를 위한 체감성 시스템	20
	Issue	검색기에 떨어져 있는 판독실에서 현장 통솔에 대한 고려	
	설명	내외부 현장 검색기와 판독실과의 거리상의 문제로 현장 통솔에 어려움이 있음.	
	개선 사항	1. 현장 CCTV 와 판독실 내부 벽면의 full screen으로 외부 현장을 바로 옆에서 보는 듯한 현실감을 줌. 2. 스피커 : 무전기 사용이 아닌 검색기에 탑재된 스피커로 현장 통솔을 용이하게 함.	

선반레일	과제 제목	검색 대기 시간 단축 바닥면 순차적 레일 구조	29
	설명	현재 선반레일의 차량 이송 시	
	개선 상황	1. 켄베이어 형태의 레일 구조 2. 회전식 컨베이어 레일 구조	

스캔 (시스템)	과제 제목	운전자 위치 기반의 검색 스캐닝 시스템	23
	Issue	수동으로 시스템 가동시작을 벗어난 방식 필요	
	설명	현황은 운전석과 화물칸의 중간 공간을 인식하여 검색 시작	
	개선 사항	- 바닥센서에서 자동으로 차량을 인식하여 위치를 파악하여 안내 (두 번째 바퀴부터 인식이 가능) - 검색 프레임에 차량 진행에 맞도록 접근 유도 LED 조명 시스템을 개발 (ex: 신호등) 진행 방향과 검색 정도를 조명으로 안내하는 시스템	

유지 및 관리 (교육)	과제 제목	화상 교육을 통한 지속적 인력 교육	27
	Issue	판독자의 판독속도 향상과 문제 해결 능력 향상 시스템이 필요.	
	설명	성능 업그레이드 및 문제 해결 능력을 향상을 돕는 실시간 인력 교육이 필요	
	개선 사항	- 회사와 차량의 화상 통화를 통한 교육 및 원격 시스템	

(4) Portable Type

1) Insight Table

Part	Description	구분	
이동) 내구성 강화 및 안전성 강화 시스템			
Carrier	캐리어의 유동적인 높이 자동 조절 구조와 시스템	F	1
	캐리어의 전복방지 및 주행력확보를 위한 저중심 구조 및 wheel 구조 (Handling이 편하고 전복 가능성을 낮춘 저중심구조 설계, 넓고 큰 휠)	F	2
	이동을 고려한 접이형 캐리어 구조 (구급차 카트 구조)	F	3
	캐리어 자동 브레이크 시스템(유모차의 브레이크 시스템)	F	4
Wire	검색기 Wire의 장기적 유지와 사용성을 고려한 내구성 강화 재질 및 자동 말림 구조 (태엽 스프링 구조 자동 말림 시스템)	F&T	5
세팅) 빠른 시간 단축을 고려한 세팅 시스템			
Pack	이동시간 및 세팅시간 단축을 고려한 Pack & UnPack 구조 (자바라 구조의 Pack system)	F	6
System	Testing 시간 단축으로 빠른 검색이 가능한 One Touch Preview 시스템	T	7
스캔 판독) 확장형 이미징 시스템			
System	불필요한 데이터 처리를 위한 사용자 맞춤형 데이터 필터링	T	
	이미지 데이터 처리를 위한 실시간 저장 플랫폼	T	
	스캔 판독력 강화 및 효율성을 위한 파노라마 이미징 솔루션	T	8
장비	이미징 패널의 크기 조절이 유동적인 확장형 패널 구조	F	9
	효율적인 내부 방사선 체크를 위한 X,Y,Z 회전 검출기 구조	F	10
판독	위험 물질 판독 시 실시간 경광등 알람 노출과 공공기관 전송 시스템	S	
유지 및 관리) 장기 유지와 실시간 진단 시스템			
인력교육	화상 교육을 통한 지속적 인력 교육	S&T	
유지보수	성능 정비를 위한 실시간 진단 시스템과 단말기 시스템 (자체 오류 진단 및 표시부)	S&T	11

Technology : T	개선 사항
Form : F	공통 사항
Service : S	현 기능

2) 각 세부분류별 시사점 및 개선안 제시

이동 (carrier)	과제 제목	캐리어의 유동적인 높이 자동 조절구조와 시스템	1
	Issue	원격 캐리어 높이 조절 시스템	
	설명	차량과 검색물의 위치가 캐리어보다 높을 경우, 캐리어 높이 조절 시스템이 필요하다.	
	개선 사항	- 원격 높이 조절 : 캐리어 bar 안에 여부의 bar로 높이 조절 시 자동적으로 캐리어 높이가 상승	

이동 (Wire)	과제 제목	캐리어의 전복방지 및 주행력 확보를 위한 하부 설계 및 wheel 구조	2

	Issue	캐리어 이동성 및 검색기 낙하위험을 고려한 하부 구조	
	설명	bar형 쇠 골절 캐리어는 이동시 무게 중심이 검출기 방향으로 쏠리게 되어 전복 위험이 우려	
	개선 사항	- 무게중심 : Handling이 편하고 전복 가능성을 낮춘 하부 중심 구조 및 상부 경량화 - Wheel : 넓고 큰 휠로 캐리어 안정적인 이동 , 바퀴에 보조 바퀴 탑재 - 은폐형 : 전복시 검출기의 파손을 방지하기 위해 검출기의 입구를 제외 , Body를 감싸는 형태의 캐리어	

세팅 (Pack)	과제 제목	이동을 고려한 접이형 캐리어 구조	3
	Issue	이동 시 세팅 효율성이 강화된 캐리어 구조	
	설명	검색 전 후 캐리어의 세팅 이나 보관 시 시간 단축	
	개선 사항	- 구급차 카트 구조 : 구급차 카트 처럼 수축 확장형으로 캐리어의 빠른 세팅과 간편한 보관이 가능하다.	

이동 (carrier)	과제 제목	캐리어 자동 브레이크 시스템(유모차의 브레이크 시스템)	4
	Issue	정확한 위치 고정을 위한 브레이크 시스템	
	설명	캐리어가 차량근처로 이동시 완만하지 않은 지평면으로 인하여 의도치 않게 캐리어 이동이 발생 가능	
	개선 사항	- 캐리어 바퀴 양측에 브레이크 Panel	

이동 (carrier)	과제 제목	검색기 Wire의 장기적 유지와 사용성을 고려한 내구성 강화 재질 및 자동 말림 구조 (태엽 스프링 구조 자동 말림 시스템)	5
	Issue	Wire의 장기적 사용과 보관을 위한 소재 개선 및 구조	
	설명	야외 검색 시 외부로 노출되는 Wire의 파손 우려와 관리를 고려한 사용성 증대를 위한 wire 내구성 강화된 재질 및 자동 Wire 말림 구조	
	개선 사항	- 태엽 스프링 구조의 자동 wire 말리기 시스템	

세팅 (Pack)	과제 제목	이동시간 및 세팅 시간 단축을 고려한 Pack & Unpack 구조	6
	Issue	이동성 고려 및 공간 확장형 Pack system	
	설명	검색 스캔 전 후 이동을 위하여 장비 Pack하기 위하여 많은 시간이 소요 및 여유 공간 부족	
	개선 사항	- Pack의 wheel 탑재 : 이동을 고려하여 Pack에 wheel를 탑재 - Pack의 자바라 system : Pack의 구조가 자바라 형태로 되어 원하는 크기대로 조절이 가능. 보관시에는 접어서 보관 부피를 최소화	

이동 (carrier)	과제 제목	Testing 시간 단축으로 빠른 검색이 가능한 One Setting 시스템	7
	Issue	스캔을 위한 프로세서 간소화를 위한 맞춤형 시스템	
	설명	- 노트북 전원 후 프로그램 시작과 스캔 testing 후 스캔 하는 과정을 간소화	
	개선 사항	- 초기 최적의 스캔 세팅을 맞추고 이후 따로 세팅 없이 바로 스캔 시작하며 노트북 전원On과 동시에 스캔 프로그램 시작. (프로그램 자체의 검색물 발생기와 이미저의 위치가 동일할 경우 다른 Testing 없이 바로 스캔)	

이동 (carrier)	과제 제목	스캔 판독력 강화 및 효율성을 위한 파노라마 이미징 솔루션	8
	Issue	판독력 강화를 위한 이미지 전환 시스템	
	설명	넓은 Panel을 사용 할 지라도 Panel이상의 검색물을 스캐닝 해야 할 시 구간을 나누어 스캔 작업이 필요하다. 구간 이미지들은 한번에 보는 것과 구간들 사이 이미지를 한번에 파악이 힘듬	
	개선 사항	실시간 파노라마 전환 프로그램 : 구간 이미지들을 파노라마 뷰로 제공	

이동 (carrier)	과제 제목	이미징 패널의 크기 조절이 유동적인 확장형 패널 구조	9
	Issue	스캔 효율성을 위한 넓이 조절이 가능한 Panel 구조	
	설명	이미지 스캔을 위한 Panel이 검색물 보다 크기가 작을 경우 스캔 이미지가 잘릴 우려가 있다.	
	개선 사항	접이형 panel : 이동시 Panel 접어 보관하여 검색 세팅 시에 원하는 크기만큼 넓혀 사용	

이동 (carrier)	과제 제목	효율적인 내부 방사선 체크를 위한 X,Y,Z 회전 검출기 구조	10
	Issue	효율적 방사선 체크를 위한 캐리어의 유동적 이동 시스템	
	설명	원격으로 조정되는 캐리어가 좌우 이동과 회전 이동에 제약이 있어 검색과정이 용이 하지 않기에 유동적인 이동 구조가 필요	
	개선 사항	이동이 가능한 캐리어와 검출기 연결부위 : 360도 회전과 좌우 이동 (TV안테나)	

이동 (carrier)	과제 제목	성능 정비를 위한 실시간 진단 시스템과 단말기 시스템 (자체 오류 진단 및 표시부)	11
	Issue	장비 유지를 위한 Wifi 진단 시스템	
	설명	이동성이 강한 장비들의 부딪힘으로 파손이 잦을 수 있으며 장비 점검 시스템이 필요하다.	
	개선 사항	- 장비와 노트북(외부 단말기)의 wifi 연동으로 장비에 자체 오류가 발생 시 노트북으로 오류 알람 및 해결 가이드 제시(노트북으로 실시간 장비 진단) - 장비외부에 작은 led로 오류 노출.	

제 4 절 인프라 및 기반역량 분석

4.1 검색장비 기술확보를 위한 설비현황

○ 우리나라 화물검색 시스템을 포함한 항만물류보안산업의 기술보유 수준은 세계적인 물류보안 기술 및 산업과 상당한 격차를 두고 있음. 이는 우리나라의 물류보안 기술관련 기업이 대부분 영세한 벤처기업으로 신규 기술 개발 투자에 제한이 많은 어려움이 있으나, 그나마 물류보안시장에서 컨테이너 및 화물 추적, RFID 인식과 관련된 인프라 장비 개발에 초점이 맞추어 지고 있어 다른 분야에 비하면 발

전 가능성은 높다고 볼 수 있음.

○ 우리나라 검색장비의 핵심기술인 검출기술, 영상처리기술, 투과력 기술은 선진국에 비해 80~90 % 수준으로 보고 있음. 이는 전부 X선 검색을 기반으로 한 핵심기술이며, 정부주도로 ACTIVE RFID 개발에 필요한 핵심기술과 해운물류 안전 보안시스템 개발을 위한 멀티 X선 빔 이용 3D 방사선 투시기등이 연구중에 있으며, 이러한 핵심기술을 이용하여 X선 검색장비 개발은 가능하다고 볼 수 있음.

표 2-25. 국내 방사선 응용 가속기 시설현황 (X선검색장비 응용)

보유기관	소재지	가속기 종류	에너범위 (MeV)	전류범위 (mA)	조사폭 (cm)	컨베이어 속도 (cm/sec)	웹사이트
KAERI, 대전	대전	정전가속기	0.2	0.1~5	20	0.1~10	http://kleaf.kaeri.re.kr
		고주파선형가속기	0.3~20	0.01~10	30 60	0.1~1	
		마이크로트론	4.5~7	0.01	10	정지	
KAERI, 정읍	정읍	고주파선형가속기	10	0.5	80	0.1~10	http://www.arti.re.kr/
GeV (서울방사선)	음성	고주파선형가속기	10	0.1, 0.2, 0.6, 0.8	40~60	0.1~5	
영남대학교	대구	정전가속기	0.5~0.7	0.1~35	80	2.7~20	http://www.ebac.re.kr/
KAPRA	철원	정전가속기	0.4	30 max	50	—	http://www.kapra.org/
		정전가속기	2	1~50	50	0.1~33	
		고주파선형가속기	10	0.5~3	80	0.1~33	
이비테크	대전	정전가속기	0.7~1.5	0.1~40	150(100)	2~400	http://www.eb-tech.com/
		정전가속기	0.8~2.5	0.1~40	150(100)	2~400	
		고주파선형가속기	10	0.001~1	60	1~160	

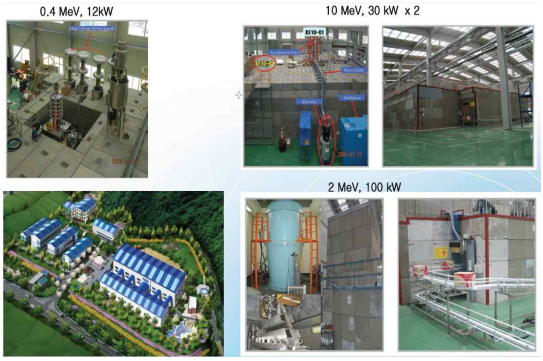


그림 2-34. 서울 방사선서비스(GeV) 현황 및 첨단전자빔산업기용기술센터(KAPRA)

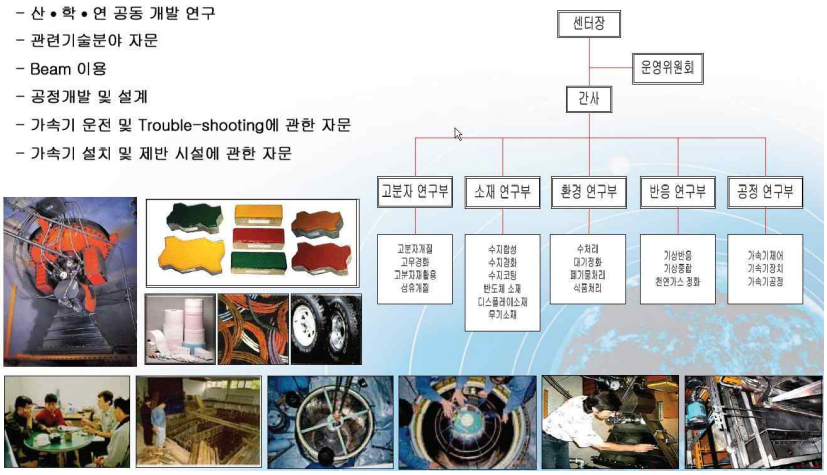


그림 2-35. 전자빔 가속기 센터 (영남대학교)

그림 2-36. 국내 EB 시설 (EB Tech)

그림 2-37. 전자 가속기 설비 (KAERI 정읍)

❑ 연혁: 한국 최초의 대형 양성자가속기
2002년 과기부 21세기 프론티어
연구개발 사업으로 시작
경주시 부지 및 부대시설 제공
2012년 완공, 예정
건설 예산: 약 3,000억원
부지 면적: 44만 m^2

❑ 구성:100MeV, 20mA 대용량 선형
양성자가속기 +10개 빔 라인

❑ 특성: 차세대 대용량 양성자가속기
중에너지 대전류 빔 이용 시설

❑ 개발 현황:
20MeV(RFQ, DTL) 완성, 빔 제공
나노, 우주, 생명, 반도체, 재료분야
기술개발

그림 2-38. 양성자 가속기 설비 (KAERI 경주)

❑ 연혁: 한국 최초의 대형 가속기 시설
1987년 포스코, 포스텍 건설 시작
1994년 완공
가속기건설 예산 : 약 1,500억원
부지면적: 65만m^2

❑ 구성: 2.5GeV 전자선형가속기
2.5GeV 저장링 (방사광)

❑ 특성: 제3세대 방사광가속기
중형급(2-3GeV)
세계적 우수 가속기 시설

❑ 활용현황:
27기 빔 라인 운영 (자외선, X-선)
이용자 : 약 1,600명/년
광 이용 물질 분석, 단백질 분석 등

그림 2-39. 포스텍의 포항 방사광 가속기 설비

○ 현재 물류보안 관점에서 반드시 필요한 감마선을 이용한 검색장비에 국한을

두자면 기술확보를 위한 인프라는 거의 전무한 실정이라고 할 수 있음. 그러나 X선 검색에 관련한 요소기술들을 응용한다면 감마선 검색장비 구축기술 확보도 가능할 것으로 판단됨.

○ 물류보안에 대한 이해도를 높이고, 인식의 폭을 넓히는 것도 인프라 및 기반 역량을 높이는 방법중 중요한 과제로 대두됨. 현재 전세계적으로 요구하는 물류보안 강화와 관련한 재제들이 선사는 물론 화주 또한 새로운 규제 장벽으로만 인식하고 있음. 최근 물류보안 토론회에서 국가정보원은 물류보안 대책을 마련하기 위하여 부산항과 광양항을 조사한 결과 일반기업은 물론 지방청에서도 이에 대한 인식이 거의 없는 상태라고 지적함.

○ 항만 터미널에서 화물검색시 감마선을 이용함으로써 방사선 피폭량 관리 및 감시를 강화할 수 있도록 장비의 신뢰성 및 환경 시험평가를 위한 제반기술이 확보되어야 함. 한국원자력안전기술원에서는 전국 대기중 환경방사능 감시시스템을 구축하여 실시간으로 측정하여 공개하고 있음. 현재 일본 원전사태로 인한 방사능 부유물의 유입가능성을 위해 구축된 시스템으로 유입가능성을 조기에 탐지하기 위해 전국 감시망을 총 71개소로 확대함.

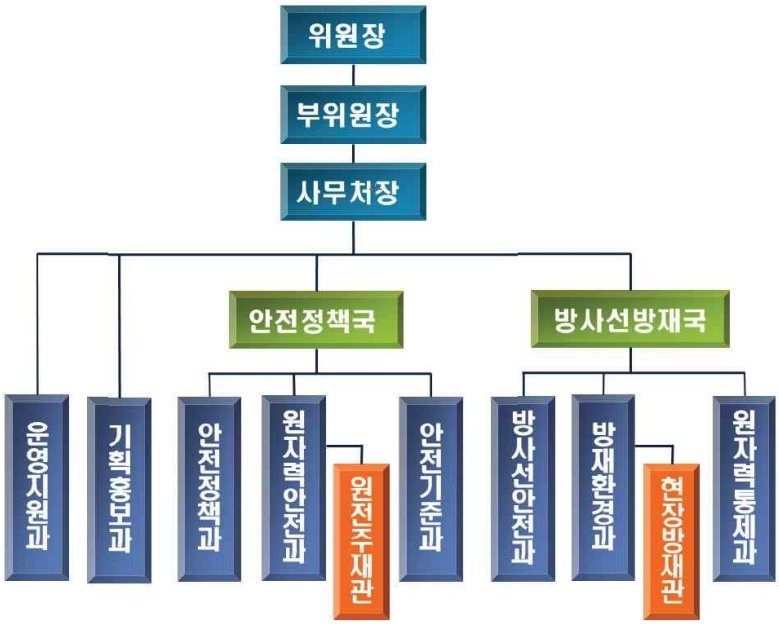


그림 2-40. 방사선 규제를 위한 원자력 안전위원회 구성

○ 일반 국민의 방사선 피폭중에서 가장 많은 비중을 차지하는 것이 의료상의 피폭으로 방사선 이용전반에 대한 안전규제는 원자력법에 따라 원자력 안전위원회가 담당함. 의료용 방사선 안전관리의 경우 주무부처의 관리에 의해 규제되고 있지만 검색장비로 인한 방사선 피폭에 관하여는 지금까지 크게 관심사안이 아니였으나 방사선 동위원소를 이용한 감마선 검색의 경우 방사선 피폭 관리가 중요하므로 의료상의 피폭에서 더욱 확대하여 규제해야 함.

표 2-26. 방사성 동위원소 등의 허가 및 이용기관 현황 (2009년 1월 현황)

업종	사용		판매/사용	판매	이동사용	생산	이용기관		
	신고	허가					신고	허가	계
의료기관	10	141	-	-	-	11	10	152	162
산업체	1895	490	24	157	43	34	1895	748	2643
연구기관	240	56	2	-	-	1	240	59	299
교육기관	126	99	-	-	-	2	126	101	227
공공기관	394	39	-	-	-	-	394	39	433
군사기관	31	29	-	-	-	-	31	29	60
계	2696	1128	26	157	43	48	2696	1128	3824

○ 우리나라 검색장비 기술확보를 위한 인프라 구축을 위하여 항만물류보안산업의 범위에 속하는 정보기술(IT) 산업중 항만물류보안기술 조사 필요함. 08년 우리나라의 정보기술(IT) 사업체수는 1만 6,757개 업체로 05년 이후 연평균 6.0 % 증가함. 이중 항만물류보안산업에 필요한 기술을 사용하는 정보통신기기분야의 통신기기, 정보기기 및 부품업체와 SW 및 컴퓨터 관련 서비스 분야의 패키지 SW 및 컴퓨터 관련 서비스업체의 수는 1만 2,003개 업체로 우리나라 전체 정보기술(IT) 사업체 수의 약 72 %를 차지하고 있음.

4.2 기술/인프라 및 인력현황 분석 시사점

○ 국내의 물류보안/정보 관련 업체들은 지속적으로 증가추세에 있음. 이는 영상관련 정보처리 및 통신 분야 업체가 많은 부분을 차지하고 있음. 그러나 검색장비의 영상관련 업체는 매우 적으며, 이들 대부분도 X선에 의한 영상처리 기술을 보유하고 있는 업체임.

○ X선 방사선에 의한 영상처리 분야는 의료분야가 대부분을 차지하고 있으며, 검색장비에 관한 영상처리 기술을 보유한 업체는 소규모이며, 대부분 한국원자력연구원등의 연구기관 및 학교에서 연구가 진행되고 있는 실정임

○ 감마선을 이용한 검색장비를 사용할 경우 검색환경 및 장비의 성능을 평가 할 수 있는 업체는 거의 없으며, 방사선 피폭관리 및 이에 대한 안전관리 시스템은 한구동위원소협회내의 방사선 종사자 정보중앙등록센터가 운영되어 국내에 종사하는 방사선 작업종사자에 대한 피폭선량 기록과 안전관리가 이루어지고 있음. 그러나 컨테이너 화물 검색에 의한 안전관리분야는 체계적으로 이루어지지 않고 있으며, 검색장비의 성능평가 및 방사능 유출에 대한 측정기술에 대한 인프라 구축이 부족한 실정에 있음.

○ 항만에서 사용하는 화물컨테이너 검색장비에 관한 기술은 테러조직에 악용될 소지가 있으므로 국가적 보안에 의해 그 기술자체가 노출됨을 꺼리고 있어 국내 인프라 구축에 어려움이 예상되나, 기존 X선 검색장비의 검색기술에 관한 기술적 노하우를 보유하고 있는 연구기관 및 업체를 바탕으로 적극적인 정부지원을 통한다면 방사능 검출이 가능한 감마선 영상기반 검색시스템을 개발이 가능할 것으로 보임.

표 2-27. 우리나라 물류보안 정보기술 사업체 수

단위 : 개

구분		2005년	2006년	2007년	2008년
정보통신 서비스	기간서비스	27	46	49	49
	별정서비스	162	202	215	236
	부가서비스	2165	2242	2237	2441
	방송서비스	523	495	478	629
	소계	2877	2985	2979	3355
정보통신 기기	통신기기	1607	1741	1811	1781
	정보기기	659	682	675	753
	방송기기	816	801	802	784
	부품	2819	2972	3070	3239
	소계	5901	6196	6358	6557
SW 및 컴퓨터 관련 서비스	패키지SW	2080	2035	1980	2194
	컴퓨터관련기기	2678	2966	3112	4036
	디지털 콘텐츠 개발 제작	552	556	528	615
	소계	5310	5557	5620	6845
합계		14088	14738	14957	16757

[자료 : 한국정보통신산업협회, 2009.05 / 한국정보화진흥원 정보화백서 2009.08]

제 5 절 특허동향 및 SWOT 분석

5.1 특허동향 분석 결과

5.1.1 분석 범위

○ 본 분석에서는 한국, 일본, 미국 및 유럽의 공개 및 등록특허를 특허분석 대상으로 하여 선행특허조사를 통해 관련 특허를 추출하였고, 추출된 결과를 예상으로 정량 및 정성분석을 수행하였음

가. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위 한정

(1) 분석대상 특허[1)]

표 2-28. 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개등록특허 (공개등록일 기준)	한국	WIPS DB	~ 현재(2012.3)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽	WIPS DB		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~2012(출원년도 기준)

1) ※ 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2011~2012년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 **정량분석은 ~2010년까지 한정**함.

나. 분석대상 기술 및 검색식 도출

(1) 기술분류체계

○ 본 분석에서는 과제의 RFP 제안서를 기초로 기술분류를 확립하여 분석을 수행하였으며, 그 내역은 아래의 표 2-29 와 같음

표 2-29. 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류(요소기술)
감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술	화물검색 시스템 구축 기술	감마선 화물 검색시스템 구성장치 설계 및 제작
		X선 화물검색 시스템 구성장치 설계 및 제작
		검색 시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술
		화물 검색 프로세스 및 시스템 유지 보수
	컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상 처리 기술	감마선 및 X선 화물 검색 시스템의 투과 영상 획득 및 분석 알고리즘
		화물 검색시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작
		위험 물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘
	컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가기술	감마선 장비 사용환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급 관리 방법
		X선 검색장비 사용 환경 평가 기술 및 방법
		화물 검색시스템 성능 및 영상 품질의 평가기술 및 방법

(2) 기술분류기준

표 2-30. 분석대상 기술 분류 기준

대분류	중분류	소분류	기술개요 / Key word
감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술	화물검색 시스템 구축 기술	감마선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작	감마선 투과 방식을 이용하여 영상을 획득하고 검사하는 시스템의 구성품별 설계 및 제작에 관련된 제반 기술
		X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작	X-선 투과방식을 이용하여 화물을 검색할 수 있는 검색시스템 구축과 관련된 제반기술
		검색 시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술	화물검색 시스템 운영에 수반되는 통신 네트워크 구축기술과 시스템 보안 관련 기술
		화물검색 프로세스 및 시스템 유지 보수	검색 운영에 관련되는 제반기술
	컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상 처리 기술	감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘	감마선 및 x선을 이용한 검색시스템의 영상획득 및 분석 방법과 이에 관한 영상 프로세스 알고리즘
		화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작	검색 시스템의 영상 획득 및 분석장비의 구성 및 설계제작
		위험물질(방사능, 핵물질 등)에 대한 화학적 성분분석 알고리즘	위험물질의 화학적 성분분석 방법 및 분석 프로세스 알고리즘
	컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가기술	감마선 검색시스템 피폭에 관한 방사능 동위원소 취급 관리방법	감마선 장비 사용 환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법

		X선 검색 시스템에 의한 방사선 취급관리 방법	X선 검색장비 사용 환경 평가 기술 및 방법
		화물 검색시스템 성능 및 영상품질의 평가기술 및 방법	검색 시스템의 성능평가 및 획득 영상 품질 평가 기술 및 방법

다. 유효특허 선별 기준 및 결과

(1) 유효특허 선별 기준

○ 감마선 투과 영상기반의 화물검색 기술에 대한 유효특허 선별 기준을 마련하여 적용함

표 2-31. 감마선 투과 영상기반의 화물검색 기술의 유효특허 선별 기준

중분류	소분류(요소기술)	선별기준
화물검색 시스템 구축 기술	감마선 화물 검색시스템 구성장치 설계 및 제작	대상 물체에 대한 감마선 조사 및 투과방식을 이용한 화물 검색시스템의 구성장치 설계 및 제작 관련 기술
	X선 화물검색 시스템 구성장치 설계 및 제작	대상 물체에 대한 X선 조사 및 투과방식을 이용한 화물 검색시스템의 구성장치 설계 및 제작 관련 기술
	검색 시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술	화물검색 시스템의 운영을 위한 유무선 통신 네트워크 구축 기술 및 시스템 보안 관련 기술
	화물 검색 프로세스 및 시스템 유지 보수	화물 검색 시스템의 설계 변경/개선 기술 및 시스템 유지/보수 관련 기술
컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상 처리 기술	감마선 및 X선 화물 검색 시스템의 투과 영상 획득 및 분석 알고리즘	감마선 및 X선을 이용한 대상 물체의 영상 검출 데이터 획득/분석 기술 및 영상 처리에 대한 알고리즘 관련 기술
	화물 검색시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작	화물 검색 시스템의 영상 획득 및 분석 장비의 설계 및 제작 관련 기술
	위험 물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘	방사성 물질, 폭발물 등의 위험물질에 대한 구성원소 성분분석 및 분석 프로세스 알고리즘 관련 기술
컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가기술	감마선 장비 사용환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급 관리 방법	감마선 방사선량, 세기 측정을 이용한 감마선 장비 사용환경의 안전성 평가 및 방사성 물질의 취급 관련 기술
	X선 검색장비 사용 환경 평가 기술 및 방법	X선 방사선량, 세기 측정을 이용한 감마선 장비 사용환경의 안전성 평가 및 방사성 물질의 취급 관련 기술
	화물 검색시스템 성능 및 영상 품질의 평가기술 및 방법	화물 검색 시스템의 성능 효율 및 검출 영상의 해상도, 화질 등의 평가 관련 기술

(2) 유효특허 선별 결과

○ 상술한 유효특허 선별기준을 통해 확정된 분석대상 특허의 건수는 아래와 같음

표 2-32. 감마선 투과 영상기반의 화물검색 기술의 유효 데이터 건수

소분류	유효데이터 건수				
	한국	미국	일본	유럽	계
감마선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작	14	45	19	15	93
X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작	19	82	40	17	158
검색 시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술	5	42	14	5	66
화물검색 프로세스 및 시스템 유지 보수	6	12	22	4	44
감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘	8	42	19	11	80
화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작	33	40	22	7	102
위험물질(방사능, 핵물질 등)에 대한 화학적 성분분석 알고리즘	8	26	3	7	44
감마선 장비 사용 환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법	12	28	8	3	51
X선 검색장비 사용 환경 평가 기술 및 방법	9	10	6	2	27
화물 검색시스템 성능 및 영상품질의 평가기술 및 방법	6	14	15	1	36
합계	**120**	**341**	**168**	**72**	**701**

라. 특허기술동향조사 분석 방법

○ 본 분석에서는 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 관련 특허들에 대해, 특허에 나타난 각종 서지적 정보를 바탕으로 한 통계분석을 통해 특허기술 Landscape를 정리하여 제공하는 동시에, 추출된 특허들 중, 본 연구과제의 개발 목표 기술과 기술적 연관성이 상대적으로 높다고 인정되는 핵심특허들을 선별하여, 선별된 핵심특허들에 나타난 기술 사상을 바탕으로 심층특허분석을 수행하였음

● 특허기술 Landscape

○ 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에서의 주요 시장국 기술개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악을 통한 국가별 Landscape를 분석함

○ 상위 Top13의 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 시장확보력 및 기술력, 주력기술분야를 파악하며, 미국등록특허에서 나타나는 피인용지수, 시장력지수, 인용지수, 비특허문헌 인용지수 등의 분석을 통한 주요 출원인간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석함

○ 또한, 세부기술별로 구간별 특허출원 동향, 주요시장국별 세부기술 동향, 구간별 외국인 출원증가율, 세부기술의 구간별 점유증가율 분석, 세부기술별 주요출원인 분석 등을 통하여 세부기술별 Landscape를 분석함

● 심층특허 분석

핵심특허로 선별된 특허들에서 나타난 주요 해결과제 및 해결 수단의 연계분석(기술 매트릭스 분석)을 통해 과거 및 현재의 연구개발 흐름을 파악하고, 이를 바탕으로 세부기술분야별 공백기술 및/또는 최근의 중점연구 대상기술분야와 그 개발 흐름을 파악함

○ 기술 매트릭스 분석을 통해 도출된 주요 해결과제 기술(중점연구 대상기술분야)에 대한 관련 특허들을 정리하여 각 해결수단별 주요 기술의 발전 및 전개 과정을 살펴봄

○ 다수의 핵심특허를 보유하고 있는 국내·외의 주요 출원인들에 대해 그들이 보유하고 있는 핵심특허의 현황과 그 권리범위/권리상태 및 연구개발 목표기술과의 연관성 등을 총체적으로 검토하며, 더불어, 선정된 핵심특허들을 대상으로 각 특허들의 기술적 특징을 요약, 정리하여 권리범위 분석리스트를 작성함

5.2 특허기술 Landscape

5.2.1 국가별 Landscape

가. 주요시장국 기술개발 활동현황

(1) 주요시장국 연도별 특허동향

○ <그림 2-41> 및 <그림 2-42>는 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술개발과 관련하여 한국, 미국, 일본 및 유럽특허청에 출원된 특허의 전체동향 및 출원증가율을 나타낸 그래프임

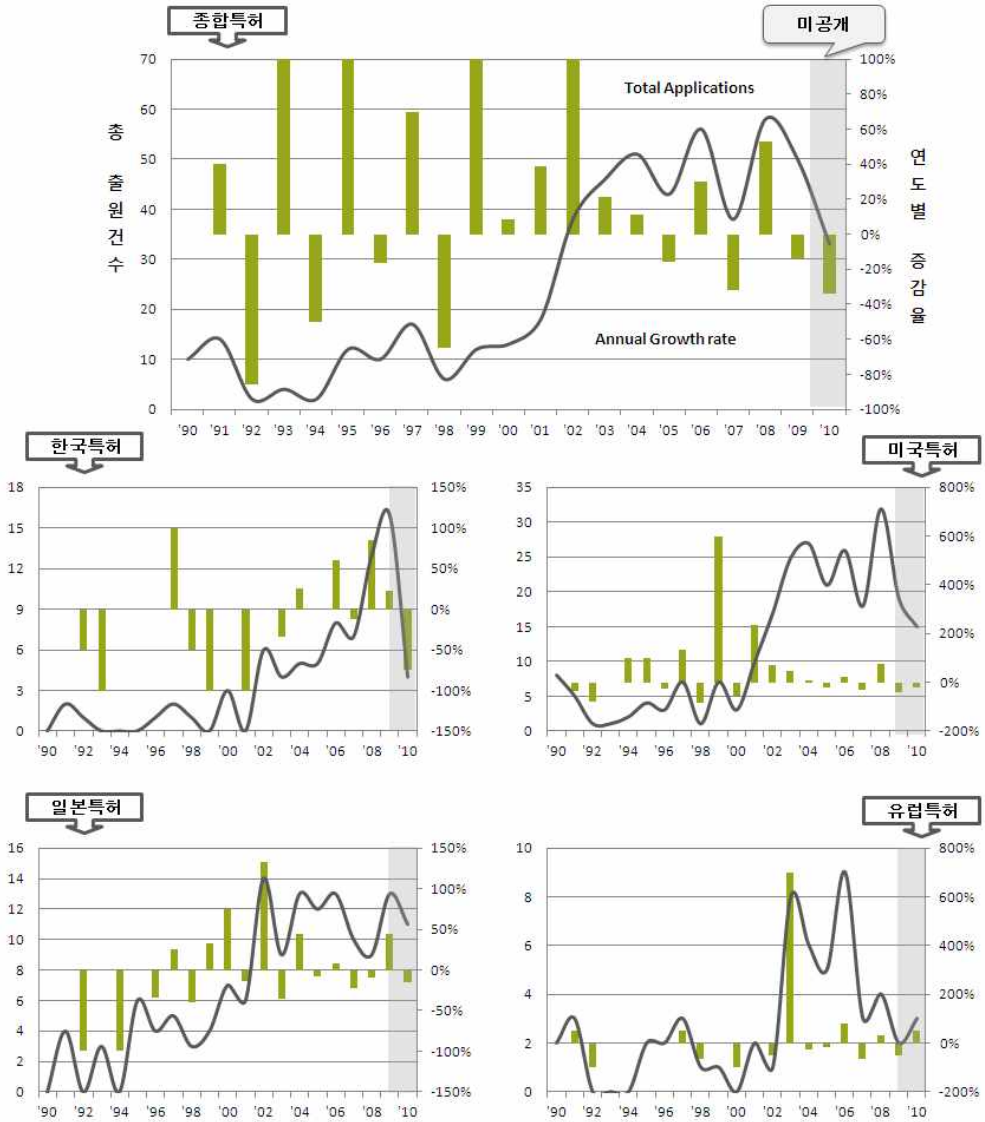


그림 2-41. 전체 연도별 동향

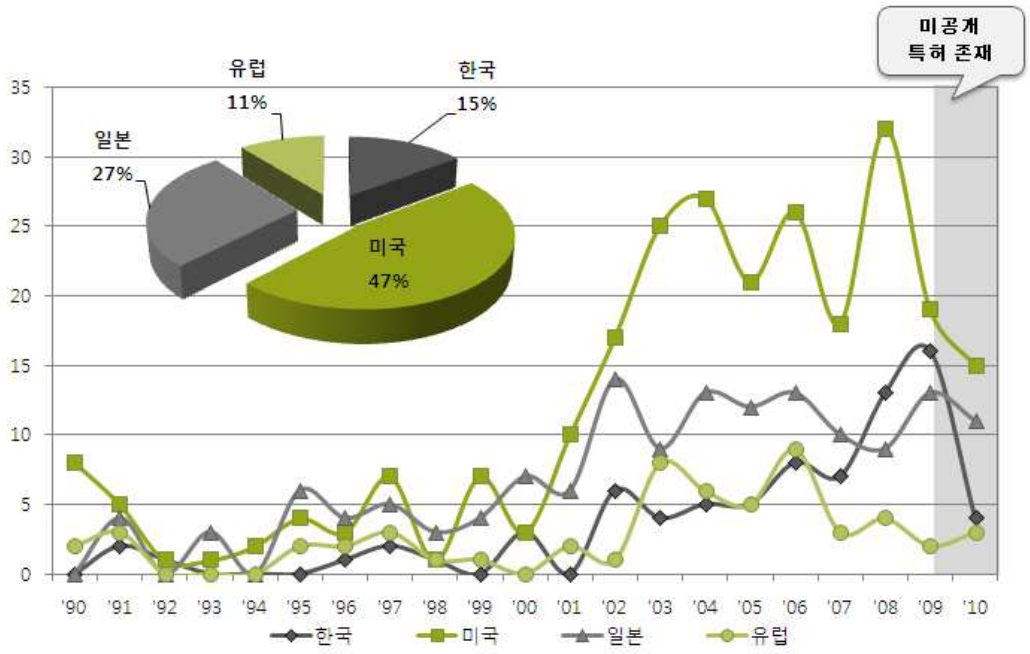


그림 2-42. 국가별 연도별 동향

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 2000년대에 접어들면서부터 대부분 국가들의 특허출원 활동이 점차 증가하는 추세를 보이고 있음

○ 미국의 경우, 2000년 이후부터 관련 특허가 꾸준히 증가하는 것으로 보이고 있으며, 이는 미국의 911 테러이후 첨단 검색장비 도입 및 보안검색 강화 정책과 함께 IT기반 기술의 발전 등으로 선박, 항공, 물류 등 산업분야 전반에 관련 기술분야에 대한 특허들이 증가한 것을 주요인으로 볼 수 있음

○ 일본 및 유럽에서도 2000년대에 접어들면서부터 해당 기술분야에 대한 특허출원이 증가하는 것으로 나타나고 있으며, 현재까지 비교적 꾸준한 특허활동이 이루어지는 것으로 나타남

○ 한국의 경우, 2002년부터 관련 특허활동이 증가하는 추세를 보이고 있으며, 특히, 2008년 및 2009년에는 그 특허활동이 상대적으로 매우 활발하게 이루어진 것으로 나타나는 가운데, <그림 2-43>에서와 같이, 최근(2008년~2009년, 2년간) 한국특허의 출원 현황을 살펴보면, 화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작

(ABB) 기술분야의 출원이 상대적으로 높은 증가율을 보이고 있는 것으로 파악되었음

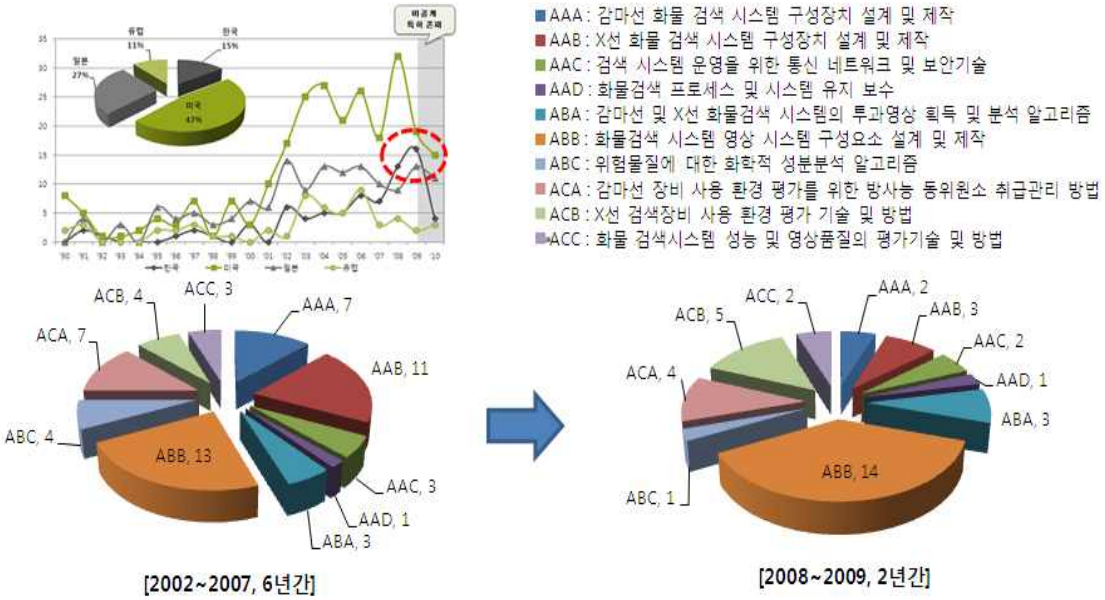


그림 2-43. 한국특허의 최근 출원 현황

○ 또한, 출원인과 관련하여서는 내/외국인에 의한 출원률의 변화나 특정 출원인의 급격한 출원증가 등의 뚜렷한 변화는 감지되지 않았으며, 전반적으로 출원인과 출원건수가 증가하는 추세를 보이고 있음

○ 전체적으로 살펴볼 때, 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 관련 특허는 현재 대부분의 국가들이 2000년대 접어들면서부터 증가하는 추세를 보이고 있으며, 그 중, 미국이 가장 높은 출원율을 보이고 있어, 미국이 현재까지 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 분야와 관련된 다양한 응용기술들에 대한 연구를 활발히 진행한 것으로 판단됨

(2) 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황

○ <그림 2-44>는 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술개발과 관련하여 한국, 미국, 일본 및 유럽특허청에 출원된 특허의 자국 출원인과 외국 출원인의

구성 분포를 보여주고 있는 그래프이며, <그림 2-45>는 자국 출원인과 외국 출원인의 연도별 특허동향을 보여 주고 있는 그래프임

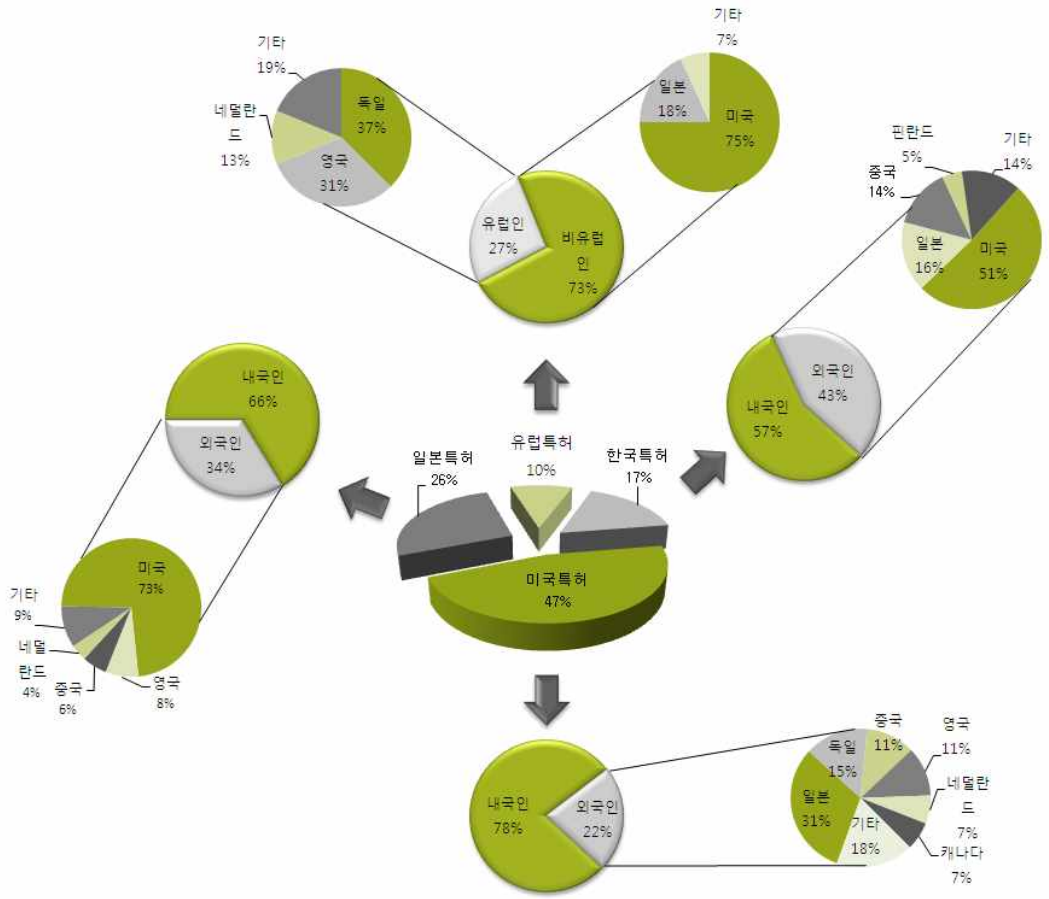


그림 2-44. 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 한국 및 일본특허의 경우 여타 기술분야의 평균에 비해 상대적으로 외국 출원인에 의한 출원 비중이 약간 높게 형성되고 있는 것으로 나타나는 반면, 미국특허에서는 상대적으로 내국인에 의한 출원비중이 높은 것으로 나타남

○ 또한, 미국 이외의 한국, 일본 및 유럽특허에서 나타나는 주요 외국 출원인은 모두 미국인인 것으로 파악되는 것으로 볼 때, 미국 기업에 의한 연구개발이 가장 활발하게 진행되고 있는 것으로 볼 수 있음

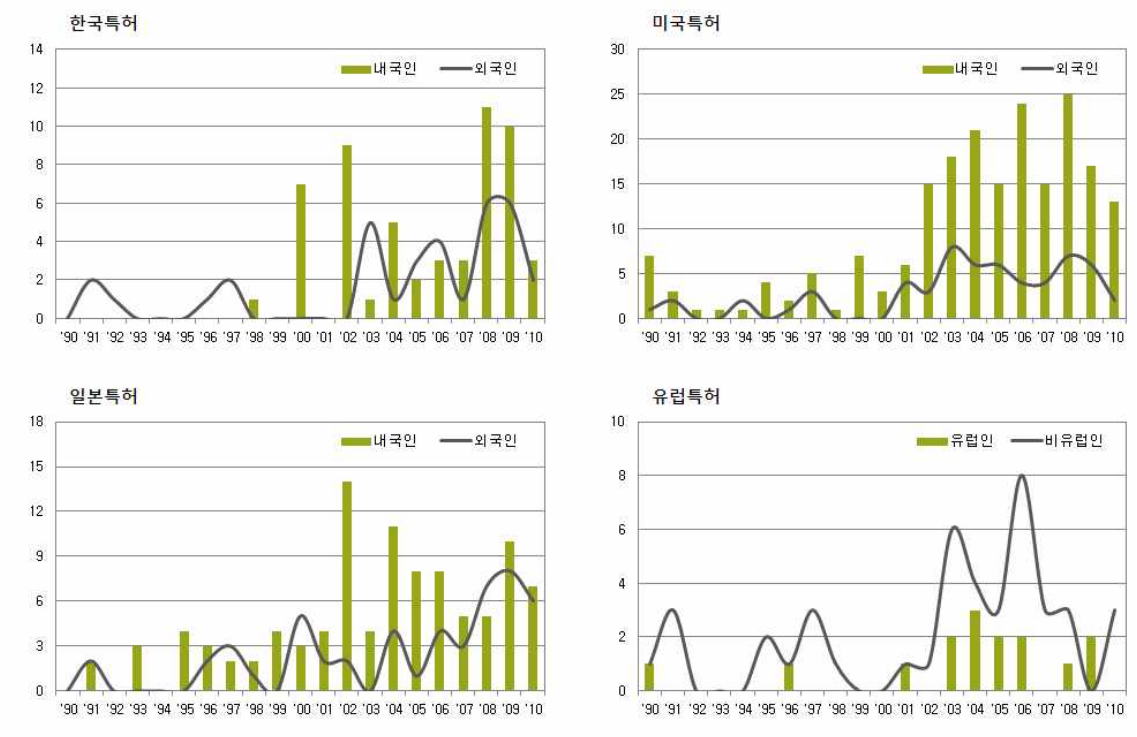


그림 2-45. 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

○ 각국의 자국 출원인과 외국 출원인의 연도별 특허동향을 살펴보면, 여타 기술분야에 비해 상대적으로 활발한 외국 출원인의 특허활동을 관찰할 수 있으며, 특히 2000년대 이후 이러한 경향이 더욱 두드러짐

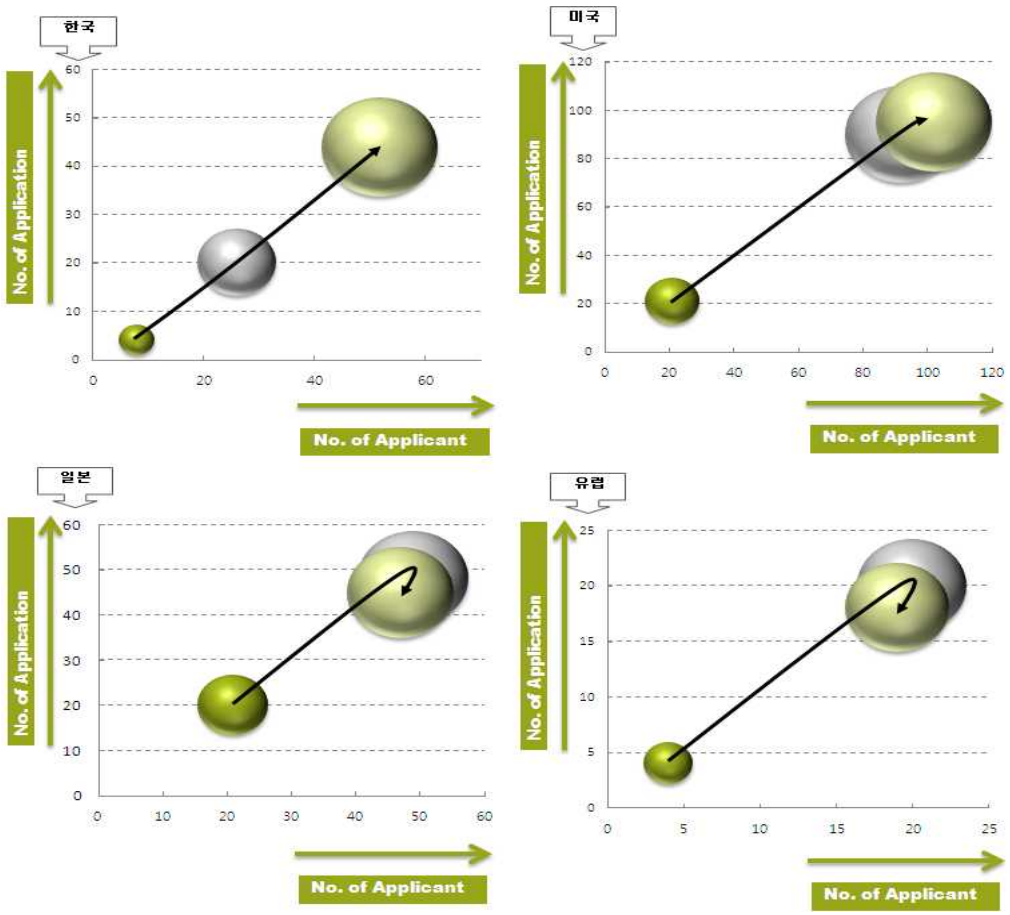
○ 이러한 경향으로 볼 때, 당 기술분야는 각국의 기업들이 해외시장 공략을 상당히 적극적으로 추진하고 있는 것으로 파악됨

나. 기술시장 성장단계 파악

○ 아래의 그래프는 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 분야의 기술성숙도를 알아보기 위한 것으로서 각 4년 단위로 해당 각 기간 동안의 총 출원인수와 총 출원건수의 변화를 보여주고 있는 그래프임

- 새로운 기술이 개발되면 기술분야의 성장단계는 태동, 성장, 성숙, 쇠퇴, 회복의 단계로 특허출원양상이 나타나며, 포트폴리오 맵은 기술분야의 현재단계가 어디

쯤 와 있는지 알 수 있음과 동시에 미래의 움직임을 예측하는데 유용함



※분석구간 : 한국, 미국, 일본, 유럽 - '98~'01, '02~'05, '06~'09 (출원년도)

※ X축 : 출원인수, Y축 : 출원건수

그림 2-46. 포트폴리오로 본 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 위치

○ 포트폴리오로 나타낸 한국특허의 기술 위치는 1구간(1998~2001)에서는 특허출원이 적은 태동기를 보이다가 2구간(2002~2005)에서 출원건수 및 출원인수가 크게 증가하고 3구간(2006~2009)에서 연속적으로 특허건수 및 출원인수가 증가하고 있어 포트폴리오 기본 모델에서 성장기에 해당하는 것으로 나타남

○ 미국특허 역시, 1구간(1998~2001)에서 태동기 단계에 있다가 2구간(2002~2005)에서는 출원건수 및 출원인수의 급격한 증가추세를 보이는 성장기 단계를 보이고 있으며 3구간(2006~2009)에서는 그 증가추세를 유지하고 있는 것으로 나타남

○ 일본특허 및 유럽특허의 경우, 1구간(1998~2001)부터 2구간(2002~2005)까지 출원건수 및 출원인수가 증가하는 성장기 단계의 특성을 보이나, 3구간(2006~2009)에서 출원건수 및 출원인수가 감소하여 최근의 기술개발 활동이 다소 줄어든 것으로 분석됨

○ 따라서 현재 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 개발 분야는 미국에서 해당 기술에 대한 연구가 가장 활발하게 진행되고 있으며, 최근 한국에서의 특허활동도 매우 활발해지는 등, 전체적으로는 성장기 단계 정도에 있다고 봄이 타당함

5.2.2 경쟁자 Landscape

가. 주요 출원인 현황

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 과제의 주요 출원인 Top13를 추출한 결과, 미국의 L-3 Communications security & detection systems가 전체 다출원 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 일본의 Ishida와 Hitachi 및 미국의 GE, Innovative American Technology 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

○ 선별된 주요출원인 Top13에는 일본 및 미국 국적의 출원인이 각각 다수인 것으로 나타나나, 미국 출원인이 상대적으로 활발한 해외 출원활동을 진행하고 있는 반면, 일본 출원인들은 일부 기업을 제외하고는 주로 자국 출원에 상대적으로 집중하고 있는 것으로 나타남

○ 해외시장 진출에 가장 활발한 연구주체로는 일본의 Ishida인 것으로 나타났으며, Ishida는 X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작 기술을 중심으로 글로벌 시장을 타겟팅한 기술개발을 수행하고 있는 것으로 파악되었음

○ 주요 연구주체 대부분 미국 및 일본시장 진출에 있어서는 상대적으로 활발한

반면 한국시장에 대한 진출은 상대적으로 미약한 실정이며, 한국 내에서는 미국 업체들이 상대적으로 많은 출원을 진행하고 있는 것으로 조사되었음

표 2-33. 경쟁자 Landscape

분석항목 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)					3극 패밀리 수 (건)	미국특허로본		주력 기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시장국 종합		시장 확보 지수	피인용 지수	
L-3 Communications Security and Detection Systems	미국	0 0%	28 80%	1 3%	6 17%	미국	17	9	0	감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘
Ishida	일본	4 15%	9 35%	8 31%	5 19%	미국	0	4	30.4	X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작
Hitachi	일본	1 4%	6 24%	17 68%	1 4%	일본	9	0.17	0	감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘
GE	미국	1 4%	12 50%	10 42%	1 4%	미국	0	2.21	14.1	화물검색 프로세스 및 시스템 유지 보수/감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘
Innovative American Technology	미국	3 14%	11 52%	3 14%	4 19%	미국	0	1.2	18.6	감마선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작/검색 시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술
Rapiscan	미국	0 0%	19 95%	0 0%	1 5%	미국	0	15	2.5	검색 시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술
Science Applications International	미국	3 18%	7 41%	3 18%	4 24%	미국	1	4.85	2	감마선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작
Reveal Imaging Technologies	미국	1 7%	9 64%	3 21%	1 7%	미국	7	6.14	18.5	X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작
Analogic	미국	2 15%	5 38%	4 31%	2 15%	미국	0	2.7	8.8	X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작
SHIMADZU	일본	0 0%	0 0%	12 100%	0 0%	일본	0	7.29	9.3	화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작
Anritsu sanki system	일본	0 0%	0 0%	12 100%	0 0%	일본	6	9.65	29.2	화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작
Varian Medical Systems	미국	0 0%	7 64%	1 9%	3 27%	미국	0	0.17	0	X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작
American Science & Engineering	미국	2 20%	5 50%	2 20%	1 10%	미국	5	5.73	24.6	X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작

(1) 주요 출원인간 기술영향력

○ <그림 2-47>은 각 주요 출원인별 인용비와 피인용비를 통해 주요 출원인간의 기술흐름을 파악할 수 있도록 나타낸 그래프임

○ 특허 1건당 인용특허가 많다는 것은 해당 특허기술 발명시 기존의 특허를 참고하여 개량시키는 방법으로 진행하고 있다는 것으로 볼 수 있으며, 피인용특허가 많다는 것은 앞선 특허들이 특허출원시 많이 인용한다는 의미로, 특허의 기술력 및 중요도가 높은 특허를 보유할 가능성이 높음

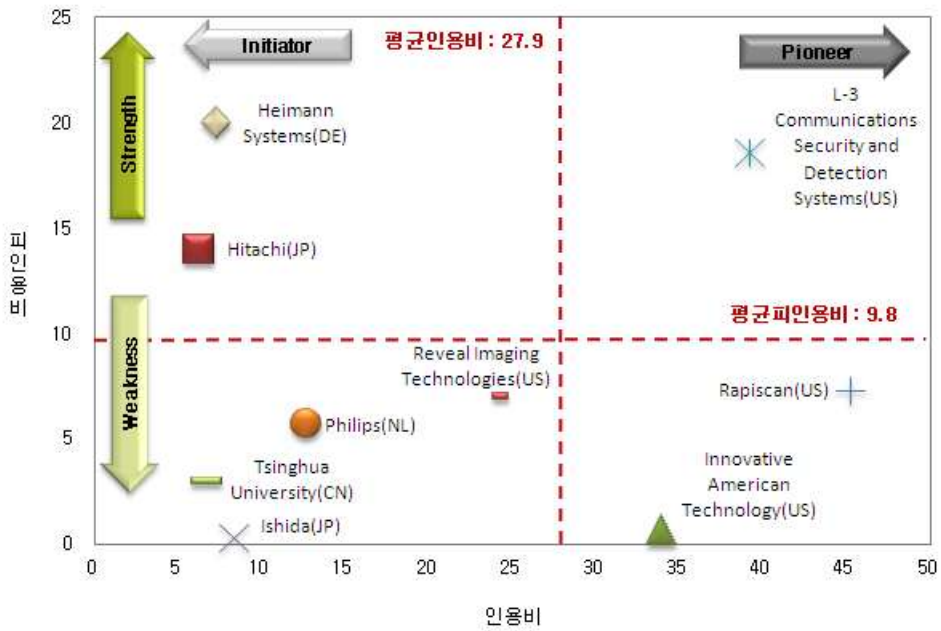


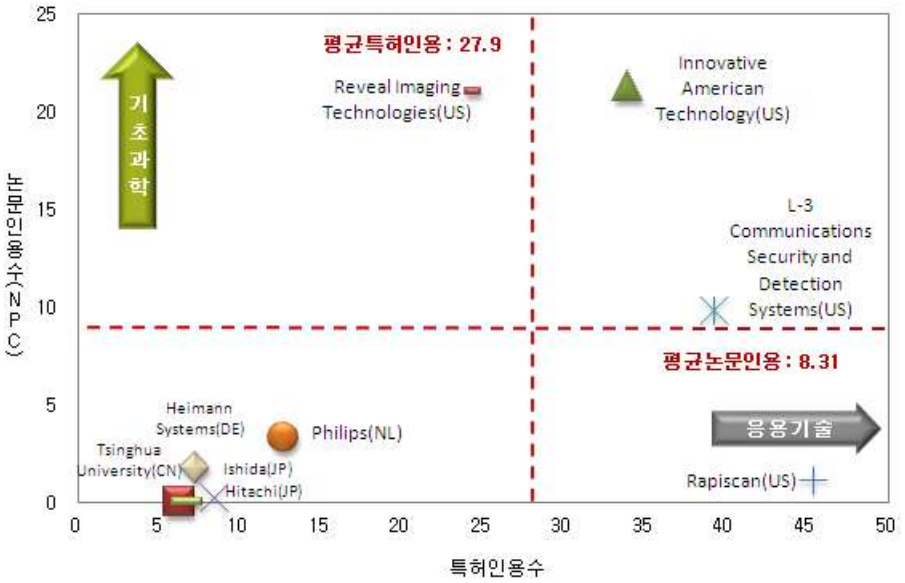
그림 2-47. 출원인 간 기술영향력 비교

○ 미국의 L-3은 특허 1건당 인용특허수 및 피인용특허수가 높아 개량특허는 물론 다수의 원천특허를 보유하고 있는 것으로 파악되며, 다른 출원인들의 인용도가 높아 기술 선도적 영향력이 높은 것으로 판단됨

○ Heimann systems 및 Hitachi는 타 특허에 인용이 많은 것으로 보아 기술영향력이 매우 높은 것으로 나타났으며, Rapiscan 및 Innovative american technology는 개량특허위주의 발명에 주력하고 있는 것으로 나타남

(2) 연구개발 진입의 용이성

○ 특허출원이 인용하는 기술문헌을 통해 과학과 기술과의 연계성 및 연구성과의 방향성을 알아볼 수 있도록 나타낸 그래프임



1. 분석구간: 미국특허 ~2010년(출원년도)
2. X축: Backward Citation수합/특허건수, Y축: 논문인용수(NPR)/특허건수
3. 등록건수가 많은 국가 위주로 분석함

그림 2-48. 출원인별 연구개발 방향

○ Innovative american technology 및 L-3의 경우 현재, 논문을 많이 이용함과 동시에 선행 특허를 많이 인용하고 있어 과학기술과의 연계성이 깊으면서도 선행특허를 많이 인용한 응용기술 위주의 특허활동을 펴고 있음

○ Rapiscan의 경우 현재, 주로 특허를 많이 인용하고 있어 응용기술 위주의 특허를 출원하고 있는 것으로 추정할 수 있음

○ Heimann systems, Philips, Tsinghua univ, Ishida 및 Hitachi의 경우, 특허 및 논문 인용수에서 평균 이하의 수치를 보이고 있어 기술문헌을 활용한 연구성과가

특허출원으로 원활히 연결되지는 못하고 있는 것으로 판단됨

(3) 질적수준을 고려한 각 주요 출원인의 시장력

○ <그림 2-49>는 특허가 기술적으로 영향을 미치는 정도(피인용의 비율)와 시장(패밀리특허)의 확보를 통해 연구주체의 특허가 질적수준 또는 시장확보를 위한 노력정도를 평가할 수 있도록 나타낸 그래프임

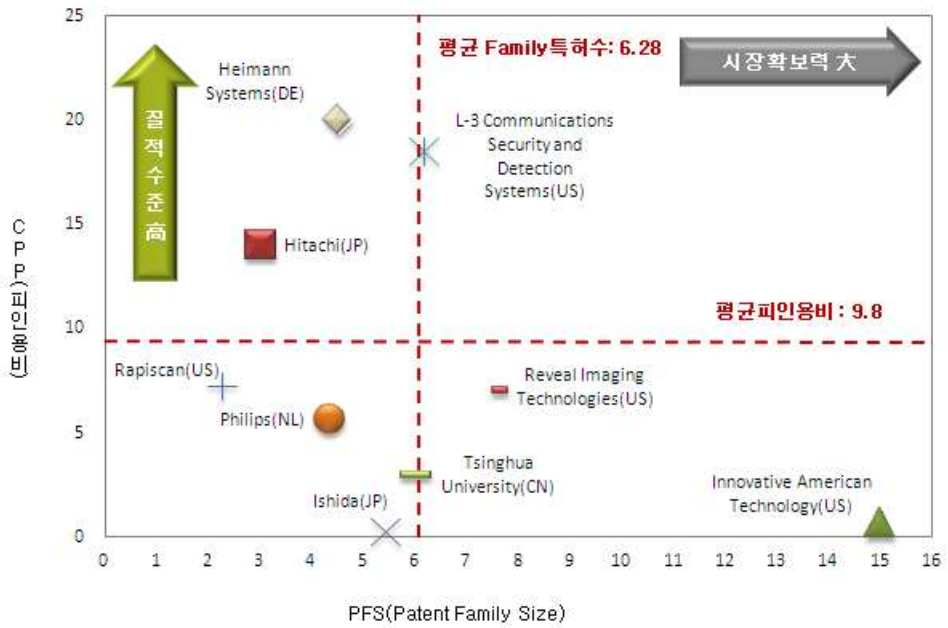


그림 2-49. 주요 출원인별 특허의 질적수준 및 시장확보력

○ 그래프의 가로, 세로 점선은 해당 기술분야의 평균 시장확보지수 및 인용비를 나타내며 점선을 중심으로 오른쪽 위 방향으로 갈수록 특허의 시장성이 크고 영향력이 높은 중요한 기술을 보유하고 있는 출원인일 가능성이 높으며, 왼쪽 아랫방향으로 갈수록 시장성 및 기술 중요도가 낮은 특허를 보유한 출원인일 가능성이 높음

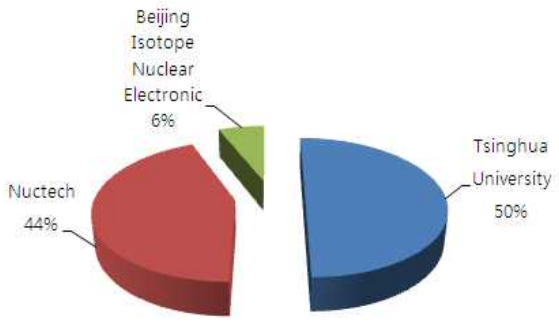
○ 미국의 L-3은 기술의 질적수준과 시장확보력 모두 평균을 상회하고 있으며, Heimann systems 및 Hitachi는 질적수준은 평균을 상회하고 있으나 시장확보력은 평균에 미치지 못하고 있는 것으로 나타남

○ 반면, 미국의 Reveal Imaging Technologies 및 Innovative american technology는 시장확보력은 평균에 상회하고 있으나 질적수준은 평균에 미치지 못하고 있는 것으로 나타남

○ 중국의 Tsinghua univ.는 질적수준은 평균에 근사하고 있으나 시장확보력은 평균에 미치지 못하고 있는 것으로 나타나며, Rapiscan, Philips 및 Ishida는 시장확보력과 질적수준 모두 상대적으로 미약한 것으로 나타남

다. 중국출원인 현황

○ <그림 2-50>은 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술개발과 관련하여 중국 출원인으로부터 출원된 특허 현황을 보여주고 있는 그래프이며, <그림 2-51>는 중국출원인의 세부기술별 출원 비중을 보여 주고 있는 그래프임



출원인	출원건수
Tsinghua University /Nuctech(공동출원)	6
Tsinghua University	2
Nuctech	1
Beijing Isotope Nuclear Electronic	1

그림 2-50. 중국 출원인 현황

○ 중국 출원인 현황을 살펴본 결과, Tsinghua University 및 Nuctech가 주요 출원인으로 파악되었으며, 이들 출원인의 경우, 6건의 특허를 공동 출원한 것으로 나타나 활발한 공동연구를 수행하고 있는 것으로 파악됨

○ 이들 중, Tsinghua University와 Nuctech이 공동 출원한 3건의 특허가 현재 국내에 출원, 등록되어 있으며, 이들 특허들은 중성자선 또는 X선을 이용한 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작기술과 신호처리 알고리즘에 관련된 기술 사상을 포함하고 있는 것으로 파악됨

표 2-34. 중국 출원인 현황

출원번호	발명의 명칭	상태
KR2003-0102036	다시각 X선 입체 영상 방법 및 시스템	등록
KR2006-0033483	고속 중성자와 연속 에너지 스펙트럼 X선으로 재료 식별을 진행하는 방법 및 장치	등록
KR2003-0079715	방사선을 이용하여 자동 스캐닝방식으로 대형 물체를 검사하는 시스템에 사용되는 트레일러	등록

○ 파악된 중국 출원인들의 기술분류별 출원 현황을 살펴본 결과, 중분류(3개) 중, 컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가 기술분야에 대한 특허는 파악되는 바 없으며, 화물검색 시스템 구축 기술 관련 출원의 비중(67%)이 상대적으로 높은 가운데, 그 중 절반 정도(33%)가 'X선 화물검색 시스템' 분야의 출원인 것으로 파악됨

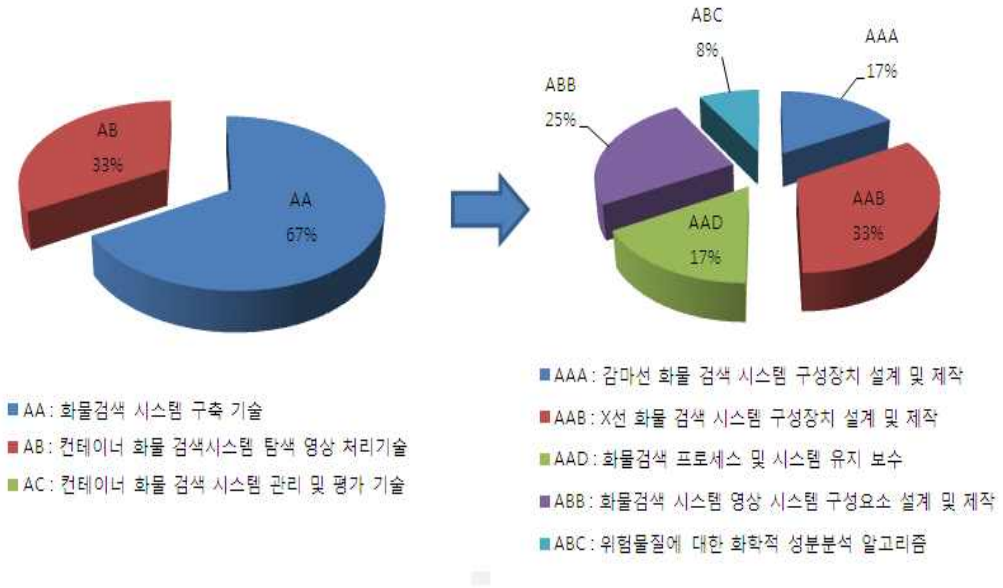


그림 2-51. 중국 출원인의 세부기술별 출원 현황

5.2.3 세부기술별 Landscape

가. 세부기술별 출원 비중 현황

○ 그림 2-52는 본 연구과제의 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술의 중분류별 출원 비중 및 각 중분류에 대한 세부기술(소분류)별 출원 비중을 나타내는 그래프임

○ 본 연구과제의 중분류 기술분야별 출원분포를 살펴본 결과, 화물검색시스템 구축 기술분야에 대한 특허출원이 가장 많은 것으로 파악됨

○ 각 중분류별 세부기술의 출원분포를 살펴보면, 화물검색시스템 구축 기술분야는 X선 화물 검색시스템 구성장치 설계 및 제작 기술이, 컨테이너 화물검색 시스템 탐색영상처리 기술분야는 화물검색 영상시스템 구성요소 설계 및 제작 기술이, 컨테이너 화물검색시스템 관리 및 평가 기술분야는 감마선 장비사용 환경평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 기술의 출원률이 상대적으로 높은 것으로 나타남

그림 2-52. 세부기술별 출원 비중 현황

나. 세부기술별 출원증가율 및 점유율 분석

(1) 화물검색 시스템 구축기술 분야

○ 화물검색 시스템 구축기술 분야의 소분류별/국가별 추세를 분석에 따르면, 본 기술분야는 화물검색 프로세스 및 시스템 유지보수 기술분야를 제외한 대부분의 요소기술들이 2000년대에 접어들면서부터 그 출원률이 상승세를 보이고 있는 것으로 나타남

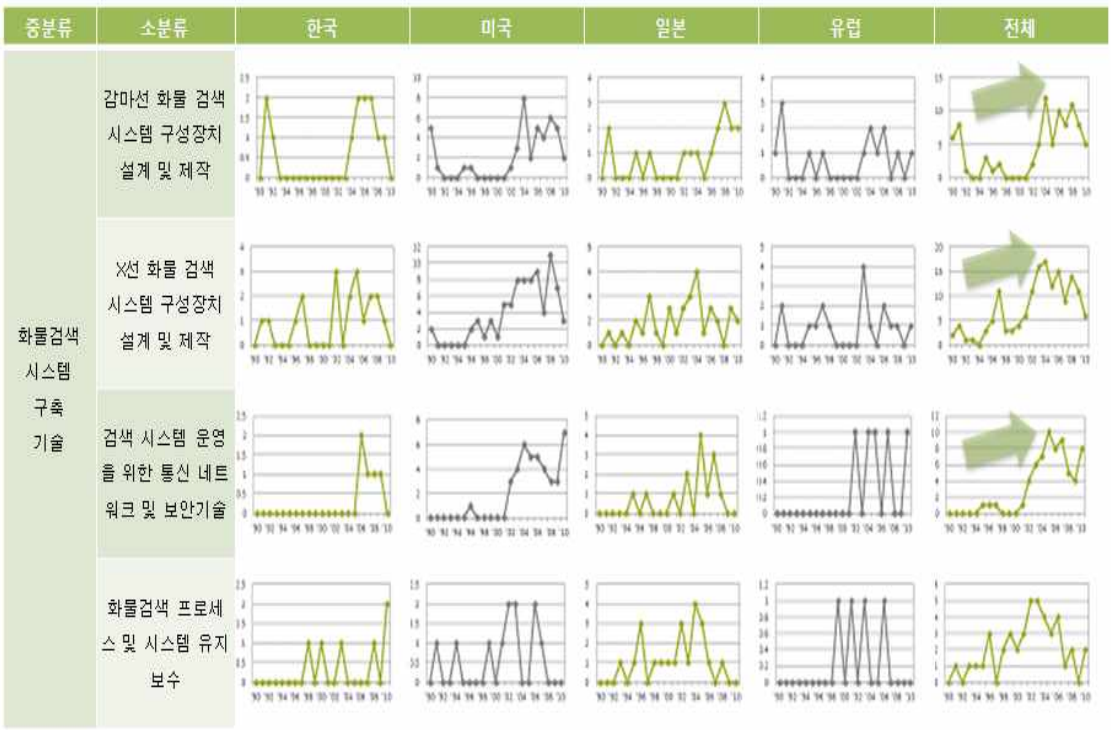


그림 2-53. 화물검색 시스템 구축기술 추세선 분석

○ 한국은 감마선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작 기술과 X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작 기술에서 상대적으로 높은 증가추세를 보이고 있음

○ 미국의 경우, 화물검색 프로세스 및 시스템 유지보수 기술분야를 제외한 각 세

부기술 분야에 걸쳐 2000년 이후부터 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며, 특히, 검색시스템 운영을 위한 네트워크 및 보안기술 분야에서 최근 특허활동이 증가함

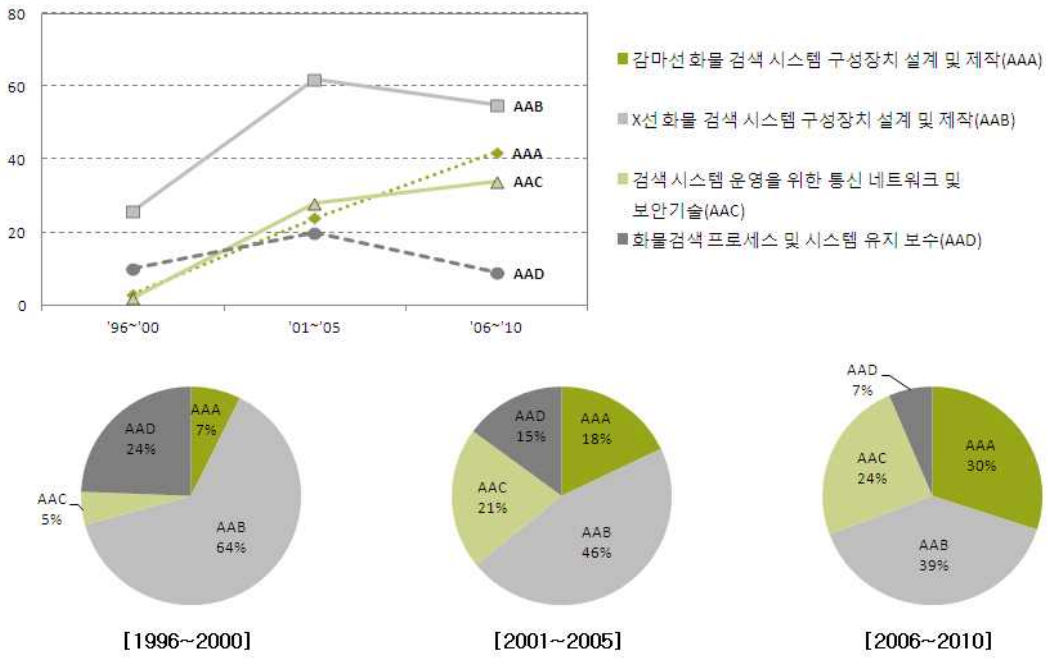


그림 2-54. 화물검색 시스템 구축 기술분야의 세부기술별 특허점유율

○ <그림 2-54>에서와 같이, 화물검색 시스템 구축기술 분야에 관련하여 연도구간별 점유증가율 변화를 살펴본 결과, 감마선 화물 검색시스템 구성장치 설계 및 제작(AAA)기술과, 검색시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술(AAC)이 1998년~2001년 구간에서부터 최근 2006년~2009년 구간까지 꾸준한 출원 증가를 보이고 있는 것으로 파악되었음

○ 반면, X선 화물검색 시스템 구성장치 설계 및 제작기술(AAB) 및 화물검색 프로세스 및 시스템 유지보수 기술(AAD)은 꾸준한 특허활동을 보이고는 있으나 최근들어 다소 감소하는 추세를 보이는 것으로 나타남

(2) 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술 분야

○ 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술 분야의 소분류별/국가별 추세를

분석해본 결과, 본 기술분야의 세부기술 모두 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있음

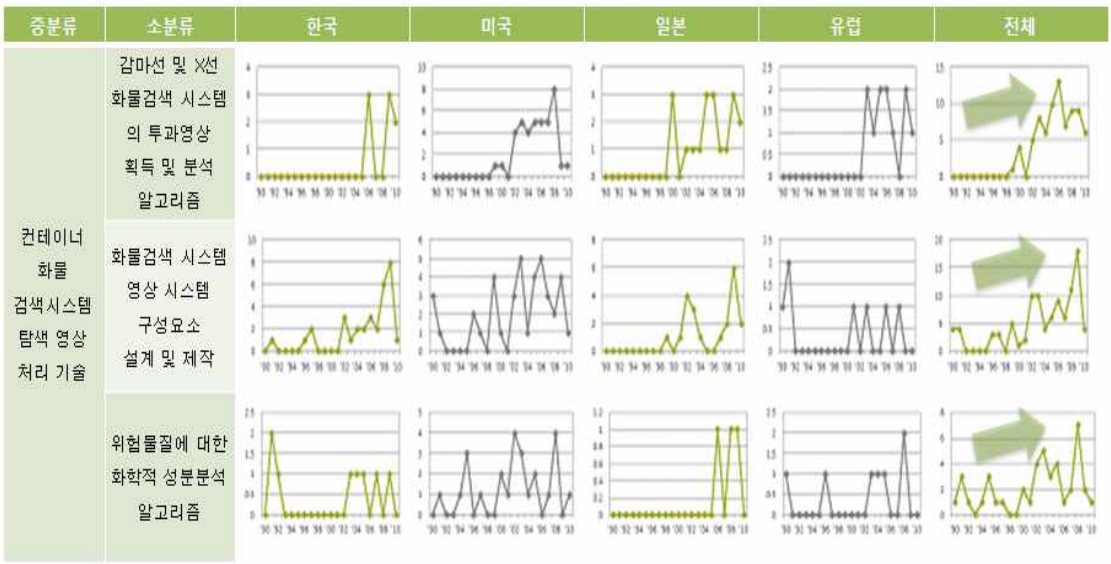


그림 2-55. 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술 추세선 분석

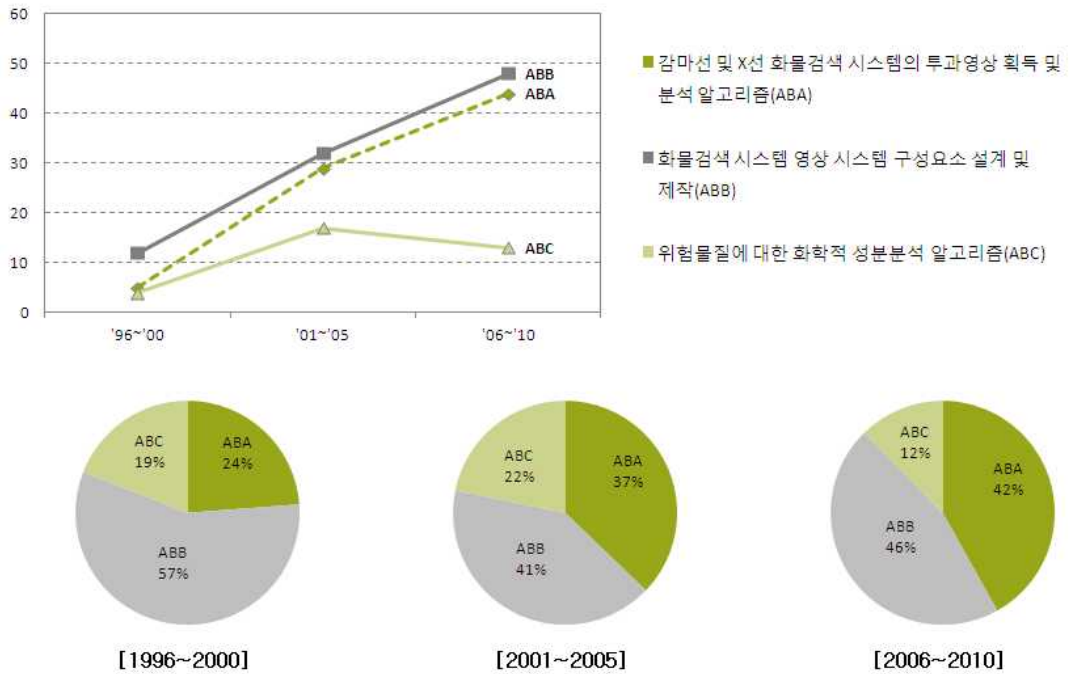


그림 2-56. 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술분야의 세부기술별 특허점유율

○ 한국 및 미국의 경우, 화물검색 시스템 영상시스템 구성요소 설계 및 제작 기술분야에서 상대적으로 활발한 특허활동을 보이고 있으며, 일본 및 유럽의 경우, 감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘 기술분야에서 상대적으로 활발한 특허활동을 보이고 있음

○ 컨테이너 화물 검색시스템 탐색 영상처리 기술에 관련하여 연도구간별 점유증가율 변화를 살펴본 결과, 감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘 기술(ABA)과, 화물검색시스템 영상시스템 구성요소 설계 및 제작기술(ABB) 분야가 1998년~2001년 구간부터 꾸준히 증가하는 추세를 보이는 것으로 나타남

○ 이에 반해, 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘 기술(ABC)분야는 2001년 이전보다 그 특허점유율이 저조한 것으로 나타남

(3) 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가기술 분야

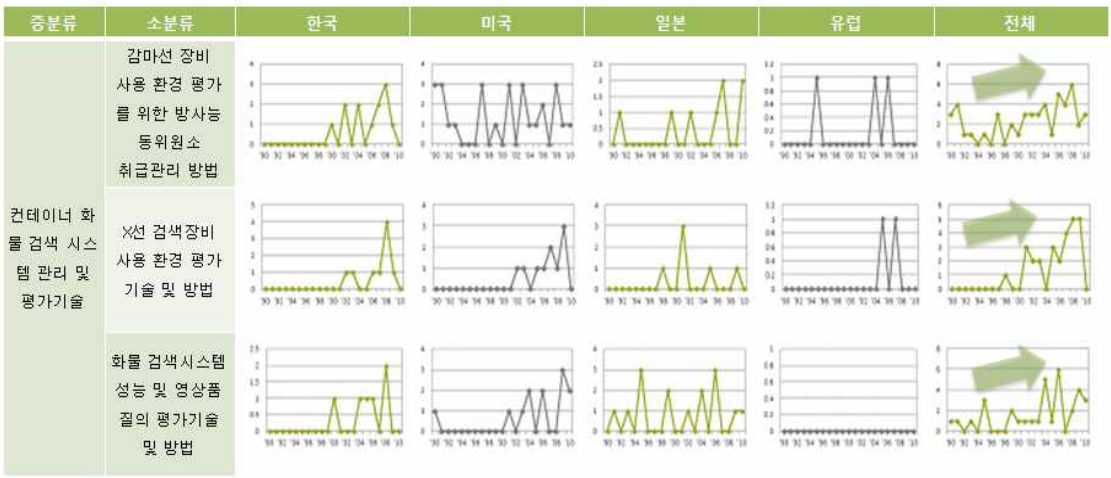


그림 2-57. 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가 기술 추세선 분석

○ 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가 기술분야의 소분류별/국가별 추세를 분석해본 결과, 본 기술분야 역시 세부기술 모두 비교적 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있음

○ 한국의 경우 감마선 장비 사용 환경평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 기술분야에서 최근 증가 추세를 보이고 있으며, 미국의 경우, 감마선 장비 사용 환경평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 기술분야에서 가장 활발한 특허출원을 보이고 있는 가운데, 최근 X선 검색장비 사용환경 평가 기술 및 방법과, 화물 검색시스템 성능 및 영상품질의 평가기술 및 방법 기술분야에서 상승세를 보이는 것으로 나타남

○ 일본의 경우, 화물 검색시스템 성능 및 영상품질의 평가기술 및 방법 기술분야에서 상대적으로 활발한 특허출원을 진행한 것으로 나타나며, 유럽의 경우 해당 기술분야에 대한 특허활동이 상대적으로 저조한 것으로 보임

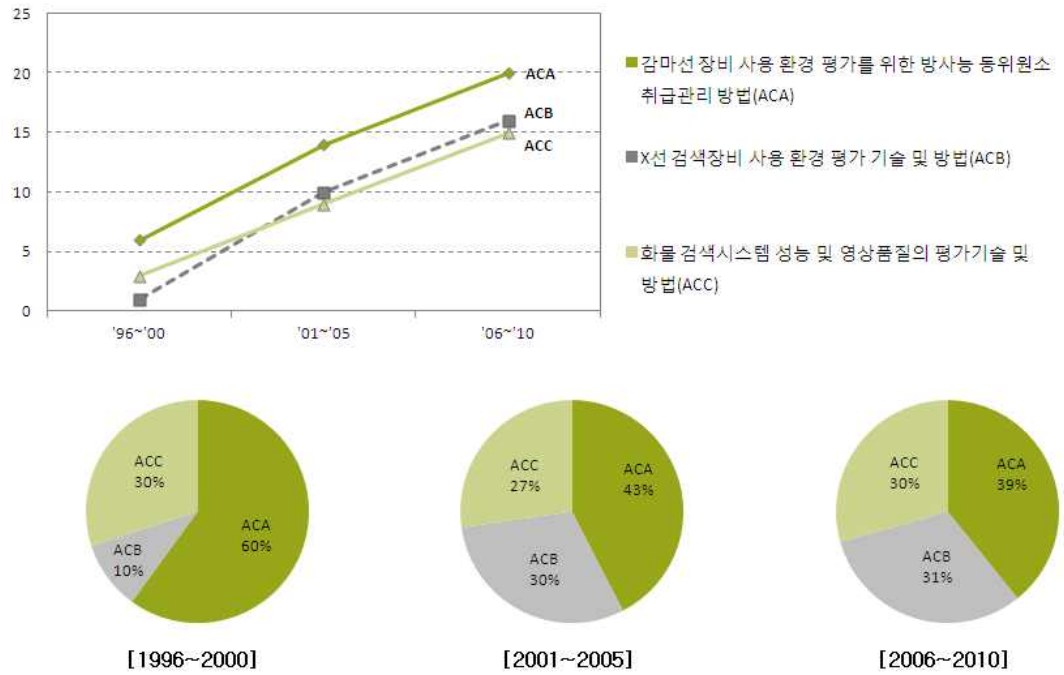


그림 2-58. 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가 기술분야의 세부기술별 특허점유율

○ 컨테이너 화물 검색시스템 관리 및 평가 기술에 관련하여 연도구간별 점유증가율 변화를 살펴보면, 세부기술 모두 증가하는 추세를 보이고 있음

○ 세부기술별 특허 점유율을 살펴보면, X선 검색장비 사용환경 평가 기술 및 방법 기술분야에 대한 출원비중이 점차 증가하는 것으로 보이고 있어, 최근들어 관련 기술분야에 대한 연구개발이 활발하게 이루어진 것을 알 수 있음

○ 이에 반해, 감마선 장비사용 환경 평가를 위한 방사능 동위원서 취급관리 방법 기술분야의 경우 그 출원비중이 꾸준히 감소하는 추세를 보이고 있는 것으로 나타남

다. 세부기술별 IP시장성 분석

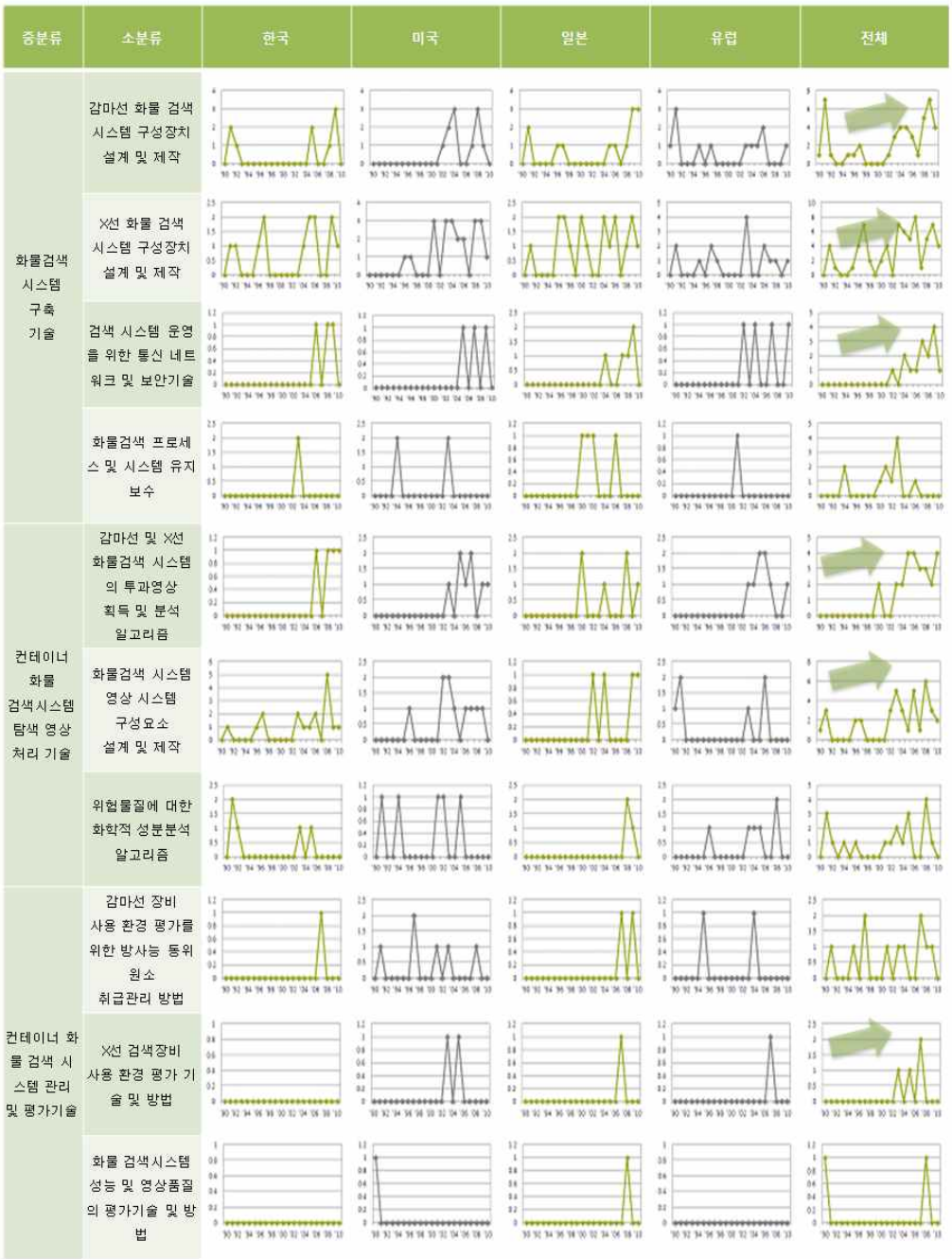


그림 2-59. 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 외국인 특허출원 현황

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술의 구간별 외국인 출원 증가율을 분석한 결과, 화물검색 시스템 구축기술의 경우, 화물검색 프로세스 및 시스템 유지보수 기술분야를 제외한 대부분의 기술분야에서 외국인의 출원률이 증가 추세를 보이고 있으며, X선 화물검색 시스템 구성장치 설계 및 제작 기술분야에서 외국인의 특허활동이 상대적으로 활발한 것으로 보임

○ 컨테이너 화물 검색시스템 탐색영상 처리기술의 경우, 감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘 기술분야와, 화물검색 시스템 영상시스템 구성요소 설계 및 제작 기술분야의 경우, 최근들어 외국인의 출원률이 증가 추세를 보이는 것으로 나타남

○ 또한, 컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가기술의 경우, 감마선 장비 사용환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 기술분야에서 외국인의 출원이 보이고 있으나, 대부분의 기술분야에서의 외국인 출원률이 저조한 것으로 나타남

라. 세부기술별 주요출원인 동향분석

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술을 크게 ‘화물검색 시스템 구축기술’, ‘컨테이너 화물검색 시스템 탐색 영상 처리기술’ 및 ‘컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가기술’로 나누어 각각의 기술 분야에서 파악되는 주요출원인들의 기술개발 현황과 이들이 상대적으로 특허활동을 집중하고 있는 기술 분야 및 그 특허동향을 살펴보기로 함

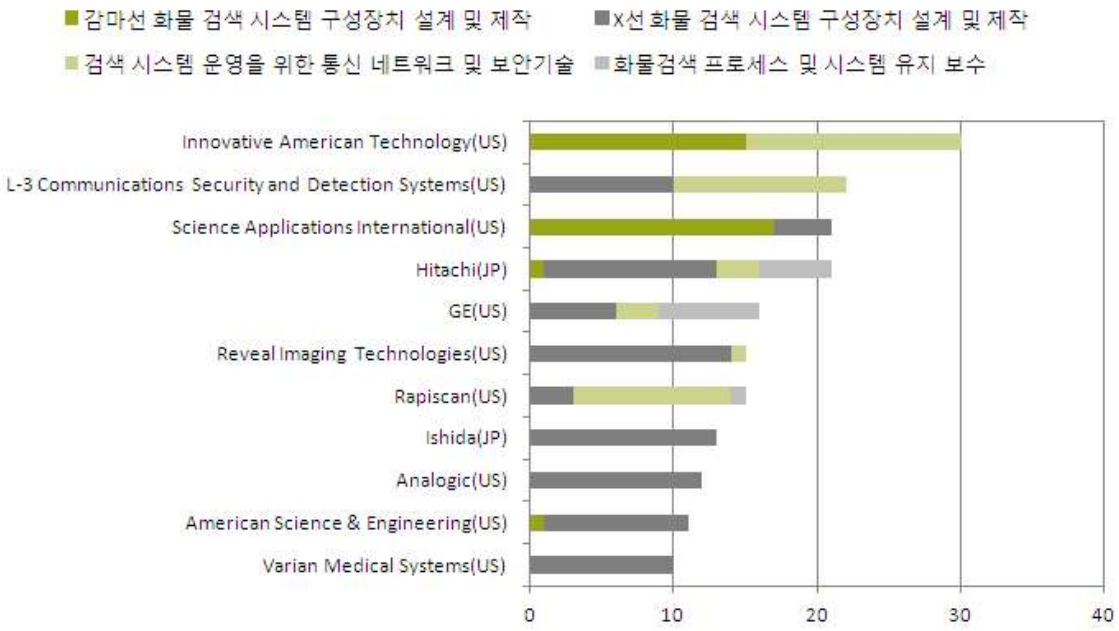


그림 2-60. 화물검색 시스템 구축 기술분야의 주요출원인 동향분석

○ 화물검색 시스템 구축 기술분야의 경우, 미국의 Innovative American Technology가 최다 출원인으로 나타났으며, Innovative American Technology는 검색시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술 분야에서 가장 높은 점유율을 보이고 있음

○ 한편, 감마선 화물검색 시스템 구성장치 설계 및 제작기술 분야에서는 Science Applications International이 가장 높은 점유율을 보이고 있으며, X선 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작 기술분야에서는 Ishida가 가장 높은 출원건수를 보이고 있음

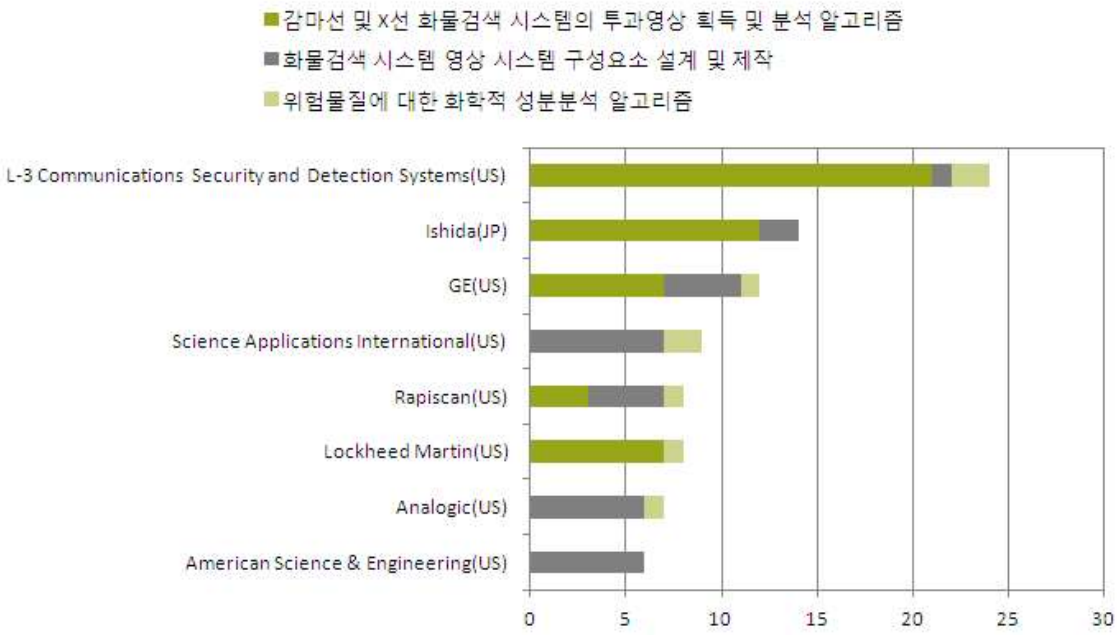


그림 2-61. 컨테이너 화물검색 시스템 탐색 영상 처리 기술분야의 주요출원인 동향분석

○ 컨테이너 화물검색 시스템 탐색 영상 처리 기술분야의 경우, 미국의 L-3 Communications Security and Detection Systems가 최다 출원인으로 나타났으며, L-3 Communications Security and Detection Systems는 감마선 및 X선 화물검색 시스템의 투과영상 획득 및 분석 알고리즘 분야에서 가장 높은 점유율을 보이고 있음

○ 한편, 화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작 기술분야의 경우, Science Applications International이 가장 높은 출원률을 보이는 것으로 나타남

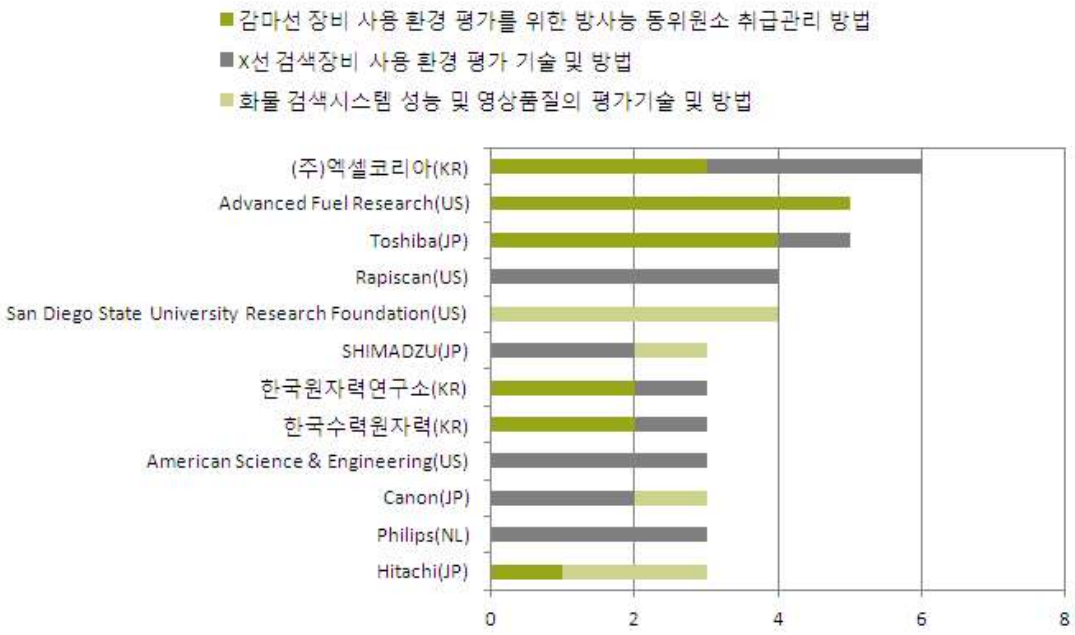


그림 2-62. 컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가 기술분야의 주요출원인 동향분석

○ 컨테이너 화물 검색 시스템 관리 및 평가 기술분야의 경우, 한국의 ㈜엑셀코리아가 최다 출원인으로 나타남

○ 한편, 감마선 장비 사용 환경 평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 분야에서는 Advanced Fuel Research에서, X선 검색장비 사용환경 평가 기술 및 방법 분야에서는 Rapiscan에서, 화물 검색시스템 성능 및 영상품질의 평가기술 및 방법 분야에서는 San Diego State University Research Foundation에서 주력하고 있는 것으로 관찰됨

5.3 심층특허 분석

5.3.1 기술유형맵(기술 매트릭스) 분석

○ 본 분석에서는 집중분석 분야의 핵심특허들에서 중요한 이슈로 다루고 있는 당면 과제들과 이를 해결하기 위해 채택된 해결수단과의 상관관계를 도식화하여 살펴보기로 함

○ 이를 통해, 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야에 있어서 현재 이슈가 되고 있는 목표 해결과제와 파악된 핵심특허들에서 이를 해결하기 위해 도입한 기술적 수단들을 구체적으로 파악함으로써 집중분석분야의 현재까지의 기술개발현황과 공백기술을 파악할 수 있으며, 향후 연구개발 방향 정립 및 미래 R&D 과제 도출에 있어서의 기초 자료로 활용이 가능함

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야에 대한 당면 과제기술을 파악해본 결과, 감마선/X선 검색시스템 설계기술 확보기술, 검색절차 최적화 제반기술, 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질 확보기술, 방사능 위험물질 성분분석 기술, 검색환경 안전성 확보기술 등의 해결과제가 도출됨

○ 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 감마선/X선 검색시스템 설계기술 확보기술이 59건, 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질 확보기술이 28건으로 해당 분야에 대한 연구개발이 가장 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타남

○ 또한, 해결수단 측면에서는 방사선 조사/검출 구조 개량 기술이 21건, 감마선 에너지 스펙트럼 분석기술이 19건, 신호처리 알고리즘 개발이 18건, 검색 프로세스 개선 기술이 17건 등으로 상술한 4가지 해결수단을 활용한 연구가 상대적 집중도를 보이고 있음

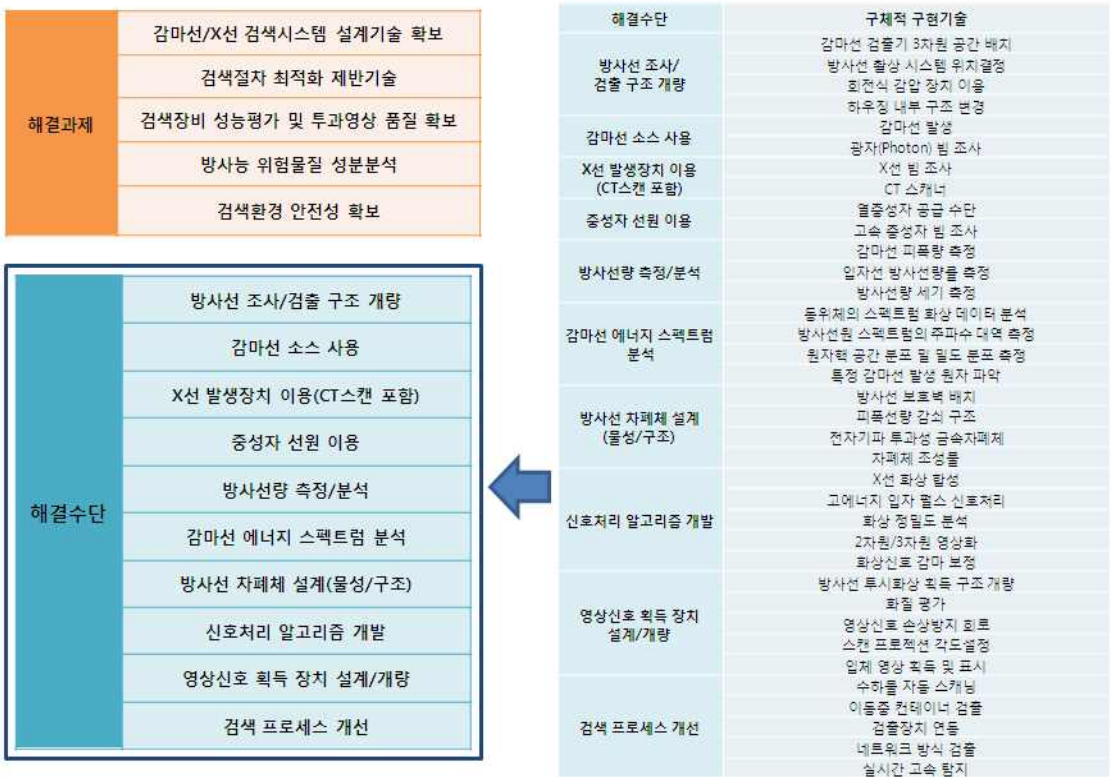


그림 2-63. 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 해결과제 및 해결수단 현황

○ 선별된 핵심특허들의 출원인 국적 분포를 살펴보면, 국내 출원인에 의해 출원된 특허보다는 주로 해외 출원인들에 의해 출원된 특허가 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타나, 아직까지 국내에서는 관련 기술에 대한 연구개발이 그리 크게 활성화되지는 않은 것으로 판단됨

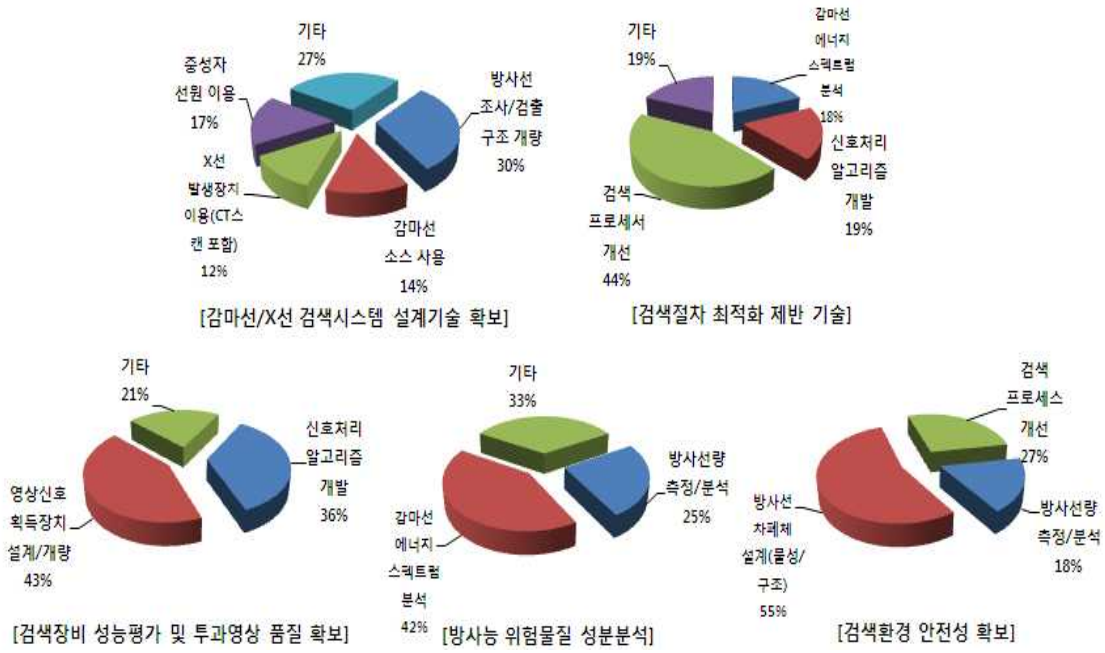


그림 2-64. 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술분야의 해결과제별 주요 해결수단 현황

○ 각 해결과제별 주요 해결수단 도입 비중을 살펴보면, 감마선 X선 검색시스템 설계기술 확보의 경우 방사선 조사/검출 구조 개량기술을, 검색절차 최적화 제반기술의 경우 검색프로세서 개선 기술을, 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보의 경우 영상신호 획득장치 설계/개량 기술을, 방사능 위험물질 성분분석의 경우 감마선 에너지 스펙트럼 분석기술을, 검색환경 안전성 확보분야에서는 방사선 차폐체 설계기술을 상대적으로 많이 채용하는 것으로 나타남

○ 본 연구과제의 정성분석 대상특허로 추출된 핵심특허들에서 나타난 해결과제 및 해결 수단의 연계분석(기술 매트릭스 분석)을 통해 과거 및 현재의 연구개발 흐름을 파악한 결과, 감마선/X선 검색시스템 설계 기술확보 분야와 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 기술 분야에서의 연구개발이 상대적으로 높은 집중도를 보이고 있는 것으로 파악됨

그림 2-65. 해결과제별 연구개발 집중도 현황

○ 이하에서는, 분석결과 최근 주요 해결과제로 나타나고 있는 감마선/X선 검색시스템 설계 기술확보 분야와 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 기술 분야에 대한 주요 해결수단의 적용 현황을 살펴보았음

(1) 감마선/X선 검색시스템 설계 기술확보 분야

○ 감마선/X선 검색 시스템 설계기술 확보의 해결과제와 관련하여서는 방사선 조사/검출 구조개량, 감마선 소스 사용, 중성자 선원 이용 및 X선 발생장치 이용 등의 해결수단을 통한 꾸준한 연구개발이 이루어지고 있는 가운데, 최근에는 감마선 소스 사용 기술이 적용된 개량기술들에 대한 특허활동이 증가하는 것으로 나타남

○ 다만, 이들 특허들의 경우, 전반적으로 외국인의 특허활동이 매우 활발한 것으로 나타나며, 국내 출원인의 경우 그 특허활동이 상대적으로 저조한 것으로 나타남

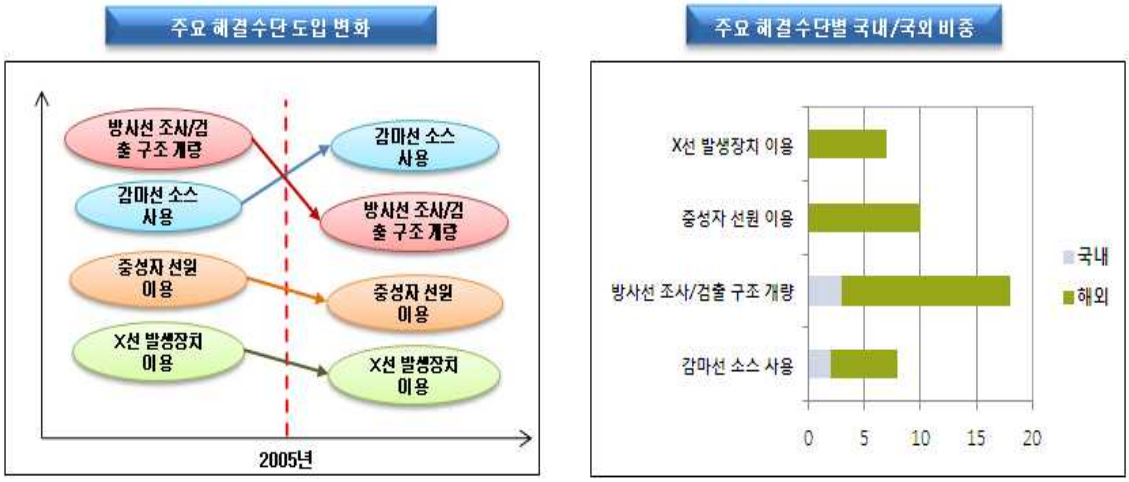


그림 2-66. 감마선/X선 검색 시스템 설계기술 확보분야의 해결수단 도입 현황

(2) 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보분야

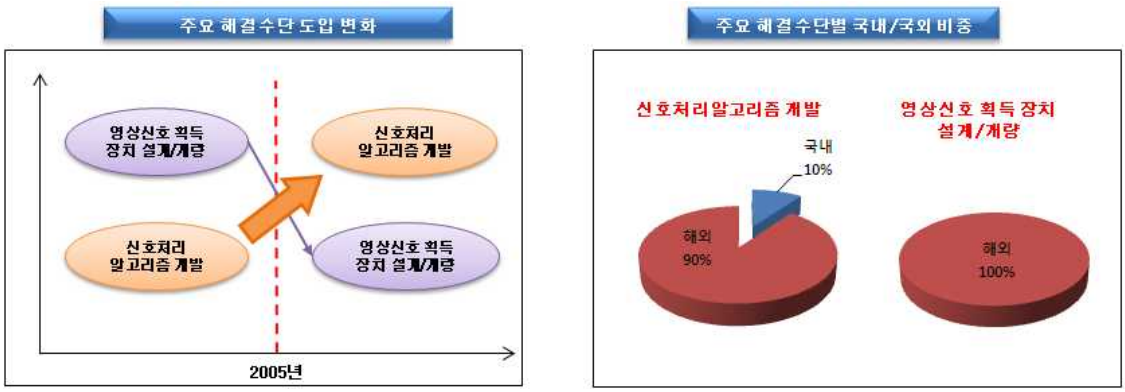


그림 2-67. 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보분야의 해결수단 도입 현황

○ 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보의 해결과제와 관련하여서는 신호처리 알고리즘 개발 및 영상신호 획득 장치 설계/개량기술 등의 해결수단을 통한 꾸준한 연구개발이 이루어지고 있는 가운데, 최근에는 신호처리 알고리즘 기술이 적용된 개량기술들에 대한 특허활동이 더욱 활발하게 진행되는 것으로 나타남

○ 이 기술분야 역시, 현재까지는 외국인의 특허활동이 매우 활발한 것으로 나타나며, 국내 출원인의 출원률은 매우 저조한 것으로 나타남

5.3.2 기술발전(흐름)도 분석

○ 본 분석에서는 앞서 설명한 기술 매트릭스 분석에서 상대적 기술집중도가 높은 주요 해결과제로 파악된 감마선/X선 검색시스템 설계 기술확보 분야와 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 기술분야에 대하여, 각 주요 해결수단별 특허들을 출원년도를 기준으로 시계열적으로 정리해봄으로써 각 해결과제에 대한 해결수단별 주요 기술의 발전 및 전개 과정을 살펴보았음

가. 감마선/X선 검색시스템 설계기술 확보의 기술 흐름도 분석

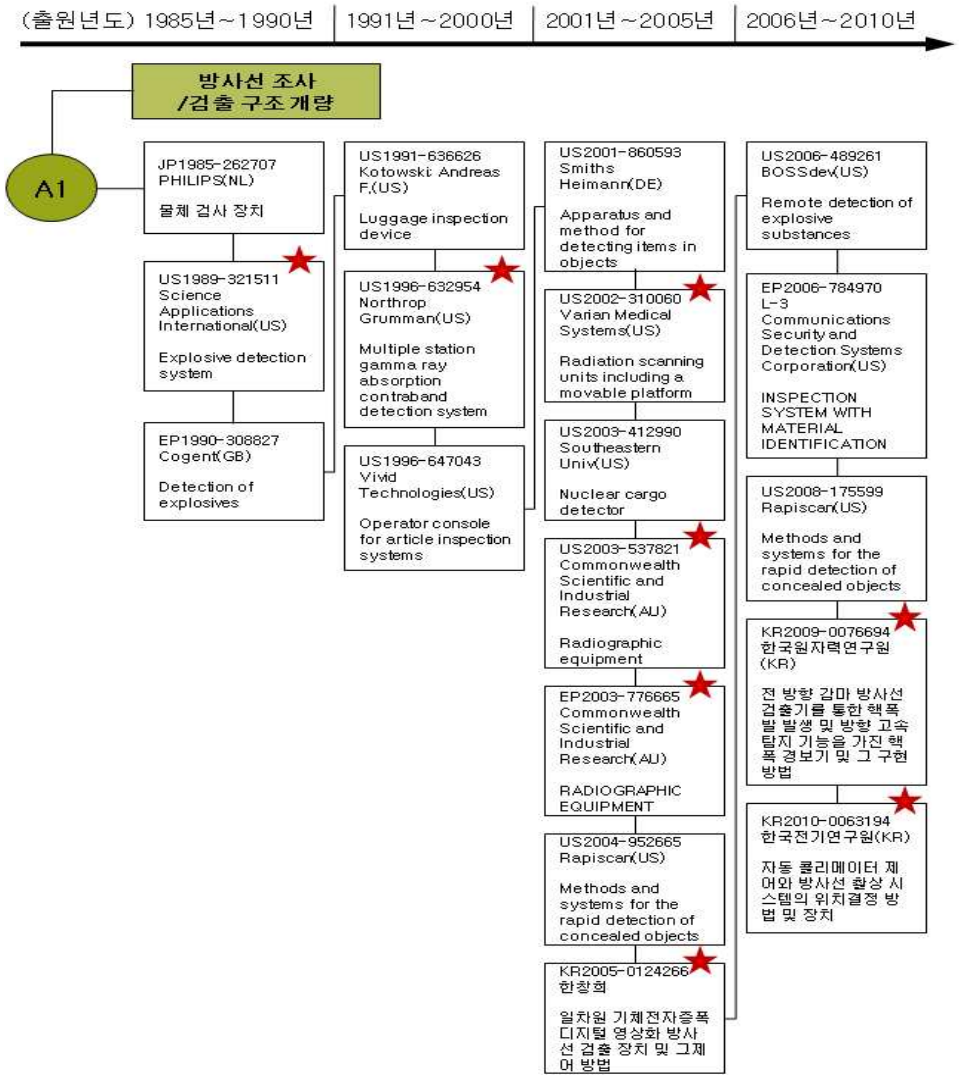


그림 2-68. 방사선 조사 / 검출 구조 개량 관련 기술의 기술흐름도

★: 정성분석 대상특허들 중, 현재 등록되어 권리가 유지되고 있거나 또는 2005년 이후에 출원된 최근특허들 중, 한국, 미국, 일본, 유럽 중 적어도 3국 이상에 출원되었거나 또는 국내 출원인에 의해 출원된 특허에 대한 표시임

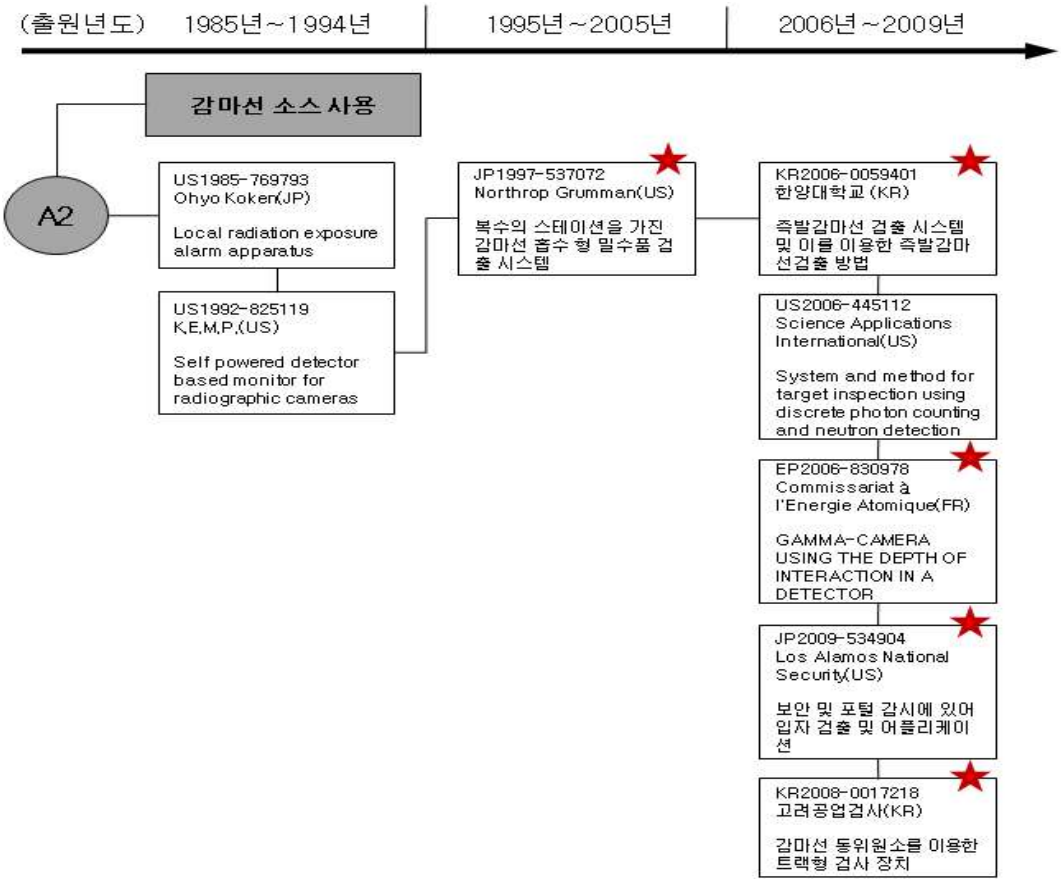


그림 2-69. 감마선 소스 사용 관련 기술의 기술흐름도

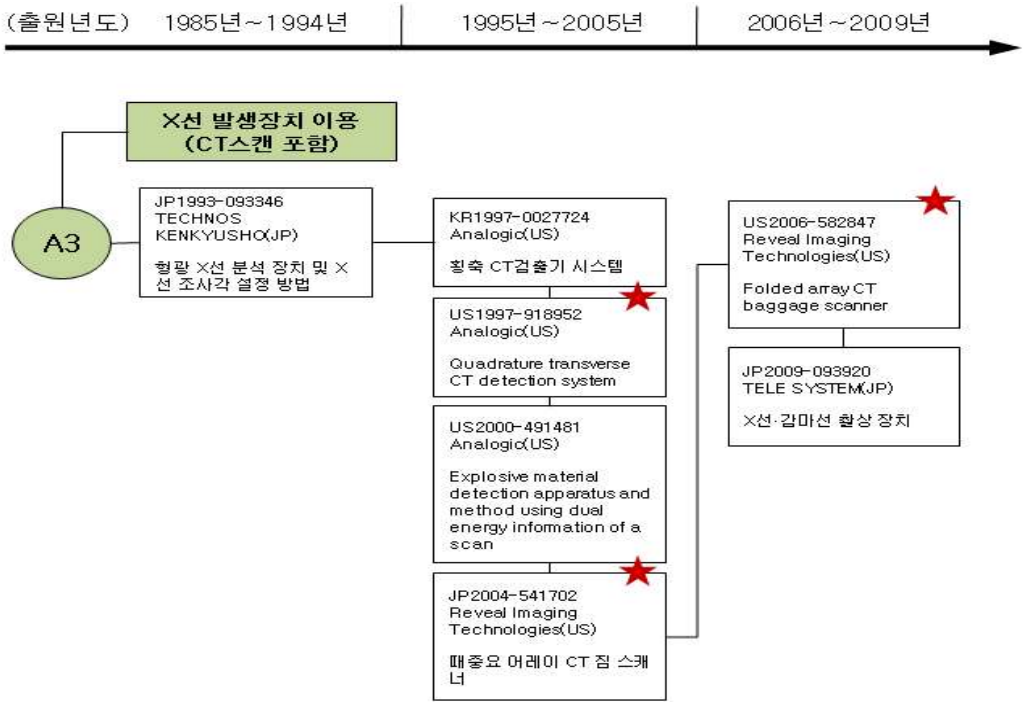


그림 2-70. X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 관련 기술의 기술흐름도

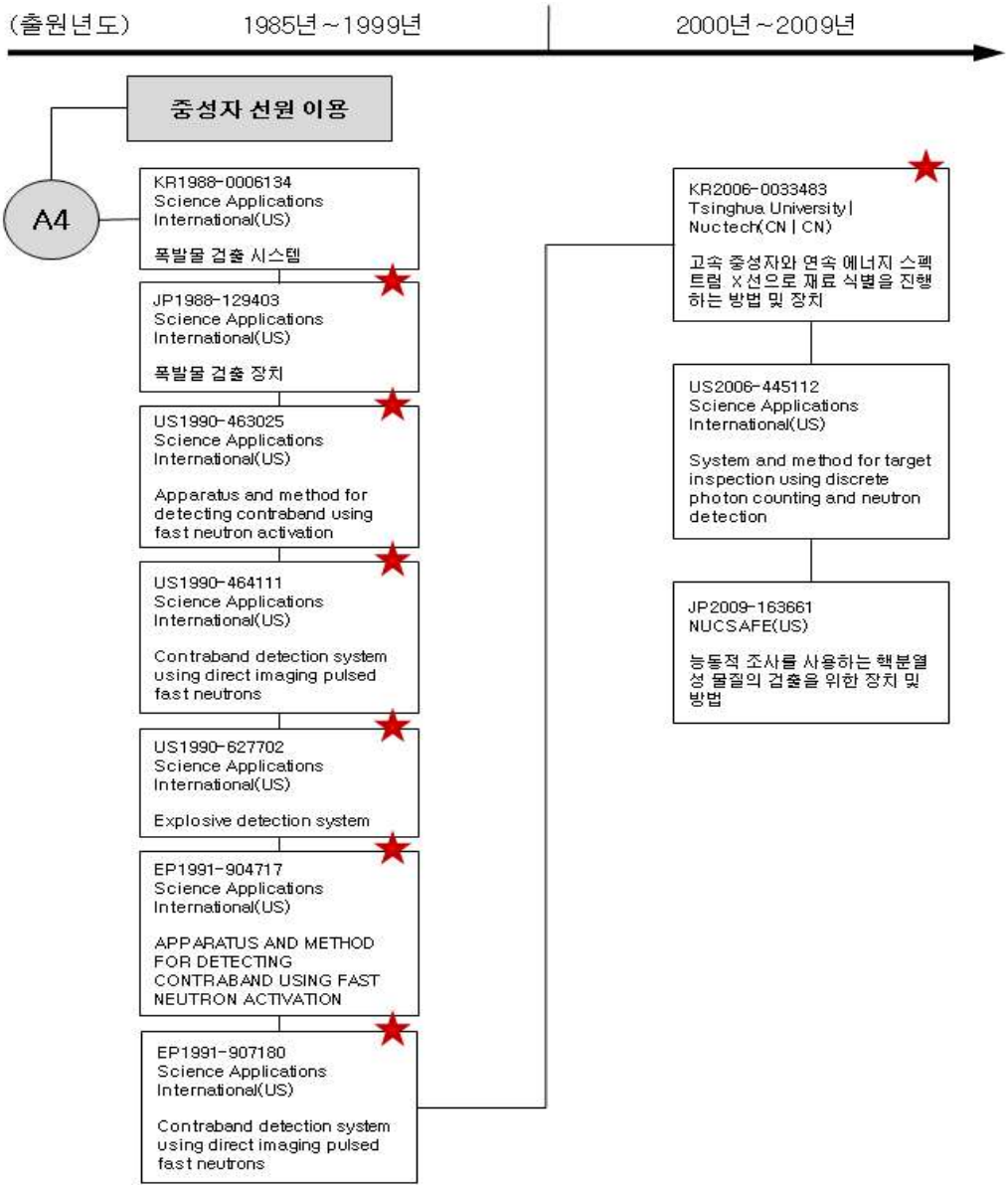


그림 2-71. 중성자 선원 이용 관련 기술의 기술흐름도

○ 감마선/X선 검색시스템 설계 기술확보를 위해 도입되고 있는 주요 해결 수단으로는 방사선 조사/검출구조 개량, 감마선 소스 사용, X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 및 중성자 선원 이용의 4개 해결 수단을 대표적으로 꼽을 수 있음

○ 감마선/X선 검색시스템 설계 기술 확보 관련기술에 대한 주요특허는 1980년대 중반부터 출원되기 시작하였으며 1990년대 중반에 접어들면서 본격화되어 2010년도까지 지속적으로 출원되었음

○ 전반적으로 1990년대 중반 이후에 그 출원이 많으며 특히 방사선 조사/검출 구조 개량 및 감마선 소스 사용 관련기술의 경우, 2000년대에 상대적으로 많은 주요 특허들이 출원됨을 관찰할 수 있음

○ X선 발생장치 이용(CT스캔 포함)과 관련된 기술의 경우 2000년 중반이후의 상대적으로 많은 주요특허들이 출원 되었으며, 중성자 선원 이용 관련 기술의 경우 1980년대 후반과 1990년대 초반에 걸쳐 주요특허들이 집중되어 출원됨을 관찰 할 수 있음

○ 기술발전도에 표시된 특허를 비롯하여 해당 기술 분야의 핵심특허를 출원인의 국적별로 분석해 보면, 미국 기업에 의한 특허출원이 주류를 이루고 있으며, 특히 미국의 주요 출원인으로는 Science Applications International, Analogic 및 L-3 Communications Security and Detection Systems Corporation로 나타남. 한편, 한국의 경우 2005년에 들어 해당 기술 분야에 출원활동을 보이는 것으로 나타남

○ 각 세부 기술의 연도별 기술의 내용을 살펴보면, 방사선 조사/검출 구조 개량 관련기술의 경우, 1989년부터 관련 주요특허가 출원되었으며, 최근 2010년도까지 꾸준한 출원이 이루어지고 있음을 관찰할 수 있음

○ 초기 1989년도에 Science Applications International(US)에 의해 출원된 US1989-321511에서는 관찰될 물건과 상호 작용하여 관찰될 물건으로부터 관찰될 물건내의 특정요소의 존재 및 농도를 나타내는 감마선을 발생하도록 하는 열중성자 수단과 다수의 무기 검출기를 통하여, 물건에서의 상이한 위치에서 특정 요소 및 특정요소의 농도 검출에 의해 관찰될 물건의 폭발물질의 존재를 검출하기 위한 시스템 기술이 개발되었음

○ 이후 1996년도에 Northrop Grumman(US)에 의해 출원된 US1996-632954는 동시에 사용되는 4기의 독립된 감마선 흡수형 밀수품 검출 스테이션 및 폭발물과 밀수품을 식별하기 위해 질소와 염소의 검출을 용이하게 하는 베릴륨이 코팅된 벽면을 가지는 복수의 스테이션을 구비한 감마선 흡수형 밀수품 검출 시스템으로서 폭발물이나 마약 등의 밀수품을 확실하며 효율적으로 발견하는 것을 목적으로 함

○ 이후, 2002년에 Varian Medical Systems(US)에 의해 출원된 US2002-310060에서는 방사선 빔을 발하기 위한 방사선 소스, 목적물의 검출을 용이하게 하기 위한 회전가능한 플랫폼 및 목적물과 방사선 빔의 작용 이후에 방사선을 받는 감지기로 구성되는 것을 특징으로 하는 방사선 검사 장치 기술이 개발되었음

○ 이후, 2003년에 Commonwealth Scientific and Industrial Research(AU)에 의해 출원된 US2003-537821 및 EP2003-776665에서는 중성자를 생성하는 유사 발생기 또는 밀봉관, 듀테륨-트리튬 또는 듀테륨-듀테륨 융합 반응을 통해 생성된 실질적으로 단일 에너지인 고속 중성자의 소스, 이미지화될 물체를 실질적으로 침투하기에 충분한 에너지의 X선 또는 감마선의 소스를 방출하기 위한 하나 이상의 슬롯 및 중성자와 상기 X선 또는 감마선 소스를 둘러싸는 콜리메이팅 블록을 포함하며, 상기 소스들로부터 방출된 방사선 에너지를 수신, 변환하는 검출기 어레이로 구성된 방사선 촬영 장치에 관한 기술이 개발되었음

○ 또한, 2005년 출원된 KR2005-0124266는 엑스선 또는 감마선을 입사하여 발생된 전리전자를 입력받아 증폭시켜 피사체 내외부의 화상정보를 이차원으로 영상화하여 항만이나 공항 등의 보안검색용이나 산업용 비파괴검사장치의 핵심부품 등으로 사용가능한 일차원 기체전자증폭 디지털 영상화 방사선 검출장치 및 그 제어방법을 제공하는 것을 특징으로 함

○ 이후, 2009년에 출원된 KR2009-00 76694에서는 감마 방사선을 검출, 출력 및 식별하여 임계 레벨 이상인지 여부를 확인하여 생성된 정보를 기초로 상기 감마 방사선이 입력되는 방향을 예측하는 전 방향 감마 방사선 검출을 통한 핵폭발 발생 및 방향 고속탐지 기능을 가진 핵폭 경보기 및 그 구현 방법에 대한 기술이 개발되었음

○ 또한, 2010년에 출원된 KR2010-0063194는 자동 콜리메이터 제어와 방사선 촬상 시스템의 위치결정 방법 및 장치에 관한 기술로서, 환자 또는 조작자가 불필요한 엑스선으로의 노출을 줄이고 조작자의 입장에서는 진단기기의 운용에 편리함을 제공하는 것을 목적으로 함

○ 감마선 소스 사용 관련 기술의 경우, 1997년 출원된 미국의 주요특허를 시작으로 최근 2008년까지 지속적으로 출원되었으며, 출원인 국적별로 관련 기술을 출원한 건수는 미국이 4건, 한국이 2건, 일본과 프랑스가 각각 1건으로 감마선 소스 사용 관련 기술에서는 미국의 특허출원활동이 가장 활발한 것으로 관찰됨

○ 1997년에 Northrop Grumman(US)가 출원한 JP1997-537072에서는 복수의 스테이션을 구비한 감마선 흡수형 밀수품 검출 시스템으로서, 4기의 독립된 감마선 흡수 밀수품 검출 스테이션에 있어 동시에 사용가능한 360도의 각도에 걸친 공명 감마선 원추와 양자원과 원반형의 형상을 갖는 타겟을 이용하여 폭발물이나 마약 등의 밀수품을 확실하고 효율적으로 발견 가능하도록 하는 것을 특징으로 함

○ 2006년에 출원된 KR2006-0059401에서는 내부에 금속성 수소화물로 이루어진 감속재를 갖는 케이스와, 상기 케이스를 관통하도록 형성된 관통부 및 상기 관통부를 통과한 즉발감마선을 검출하여 선량을 측정하는 측정부를 포함하여 즉발 감마선을 검출할 수 있는 검출 시스템에 대한 기술이 개발되었음

○ 같은 해에 출원된 EP2006-830978는 광자 소스에 의해 발생된 광자의 상호작용으로 발생된 광자의 이미지를 재구성하는 방법 및 광자의 이미지를 재구성 가능한 감마 카메라 검출기를 제공하는 것을 목적으로 함

○ 2007년에 출원된 JP2009-534904에서는 뮤온 등의 하전 입자를 추적하는 것과 동시에 용적체에 수용 되어 있는 방사선원부터 방사되는 감마선 또는 용적체에 수용 되어 있는 방사선원도 검출할 수 있어 국경 검문소에 등에 설치되어 핵 위협 물체에 관해서 차량을 검사하기 위해 사용할 수 있는 보안 및 포털 감시에 있어 입자 검출 및 어플리케이션 기술이 개발되었음

○ 2008년에 출원된 KR2008-0017218에서는 감마선의 동위원소를 이용하여 여러 배관의 결함 상태를 평가할 수 있는 트랙형 검사장치에 관한 기술이 개발되었음

○ X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 관련 기술의 경우, 1993년 미국의 주요특허를 시작으로 최근까지 지속적으로 출원되었으며, 출원인 국적별로 관련 기술을 살펴보면, 미국 출원인이 주를 이루고 있어, X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 관련

기술 분야에서는 미국의 기술 개발이 활발하게 진행되고 있음을 관찰할 수 있음

○ 1997년 Analogic(US)의 US1997-918952에서와 같이, 각각 평면에 평행 또는 수직하게 배열되는 적어도 두 형태의 2차원 어레이를 구비하여 대상체의 공간주사가 가능하도록 한 검출시스템으로서, 수화물내의 박판형 폭발물과 같은 얇은 대상체의 존재를 검출하는데 유용한 것을 특징으로함

○ Reveal Imaging Technologies(US)에 의해 2003년에 출원된 JP2004-541702와 2006년에 출원된 US2006-582847에서는 광각의 X선 소스 및 해당 X 선원으로부터 다른 거리에 있는 복수 세트의 검출기를 구비하고 있으며, 각 세트의 검출기는 일정한 피치와 자속을 유지하기 위한 크기 및 위치를 갖는 수하물의 검사에 이용되며 부피를 소형화시킨 어레이 CT 스캐너 기술이 개발되었음

○ 중성자 선원 이용 관련 기술의 경우 1988년부터 1991년까지 Science Applications International(US)의 출원이 집중적으로 이루어지고 있었으며, 2006년 이후에는 Tsinghua University (CN)와 Nuctech(CN)이 공동으로 출원한 주요특허가 파악됨

○ 초기, 1988년부터 1990년까지 Science Applications International (US)에 의해 출원된 JP1988-129403 및 US1990-627702에서는 열 중성자 수단을 이용하여 관찰될 물건과 상호 작용하여 관찰될 물건으로부터 관찰될 물건내의 특정요소의 존재 및 농도를 나타내는 감마선을 발생하도록 함으로써 다수의 무기 검출기를 통하여 물건에서의 상이한 위치에서 특정 요소 및 특정요소의 농도 검출에 의해 관찰될 물건의 폭발물질의 존재를 검출할 수 있는 폭발물 검출 장치 기술이 개발되었음

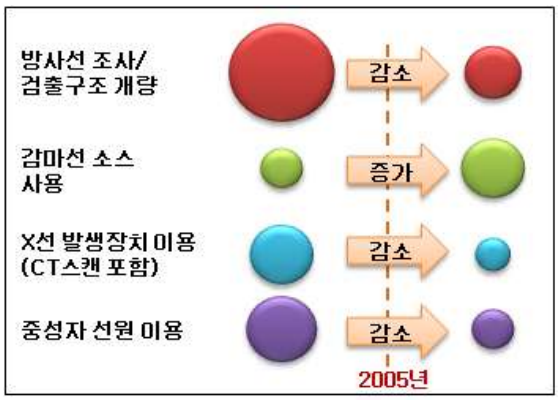
○ 이후, 1990년과 1991년에 걸쳐 Science Applications International (US)에 의해 출원된 US1990-463025, US1990-464111, EP1991-904717 및 EP1991-907180는 고속중성자를 개체에 조사하여 감마선 스펙트럼을 측정하고 그 정보에 의하여 입체적 이미지를 유추하는 고속중성자 이용 밀수품 검출 장치 및 방법을 제공하는 기술에 있어서, 통계적 방법 또는 인공 신경 시스템을 기반으로 하여 허위 경보율을 줄여주고, X선 시스템을 포함하여 감마선 소스의 공간 및 밀도 분포 정보를 추가로 분석할 수 있도록 개체의 X선 영상에서 얻은 전자 밀도 정보를 제공하는 것을 특징으로

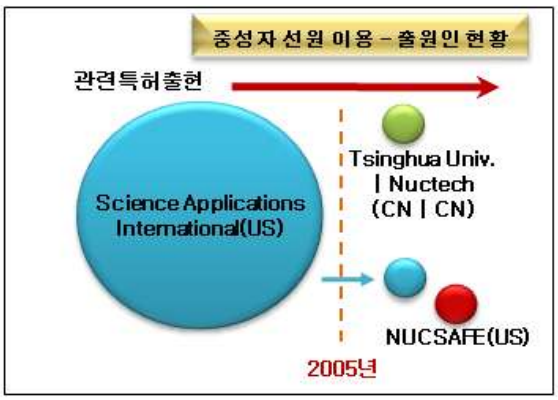
함

○ 2006년에 Tsinghua University(CN)와 Nuctech(CN)에 의하여 공동출원된 KR2006-0033483에서는 고속 중성자 빔과 연속 에너지 스펙트럼 X선 빔을 각각 생성하여 검사대상에 투과하여 과된 X선 빔과 고속 중성자 빔의 강도를 직접 측정한 후, 재료를 투과한 중성자 빔과 X선 빔의 감쇠 차로 형성된 곡선을 이용하여 검사대상의 재료를 식별하는 대형객체 복사 영상 검출에 관한 기술로서, 검사대상의 등가 원자번호 Z에만 관련되는 n-X곡선을 이용하여 재료 식별을 진행하고, 고속 중성자와 연속 에너지 스펙트럼 X선의 강한 투과력을 이용하여 컨테이너가 꽉 찼거나 또는 검사대상이 두터운 경우에도 재료 식별이 가능하며, 장치가 간단하고 영상이 뚜렷하며 실시간 검출 정확도가 높은 점 등의 특징이 있음

○ 감마선 / X선 검색시스템 기술확보 기술분야의 기술발전 과정을 전체적으로 살펴볼 때,

- 2005년을 기준으로 방사선 조사/검출 구조 개량, X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 및 중성자 선원 이용 관련 분야의 경우 상대적으로 특허활동이 감소하고 있는 한편, 감마선 소스 사용 관련 기술의 경우 상대적으로 크게 증가하고 있는 것으로 나타나 최근 감마선 소스 사용 관련 기술의 활발한 연구개발이 진행되고 있는 것으로 파악됨





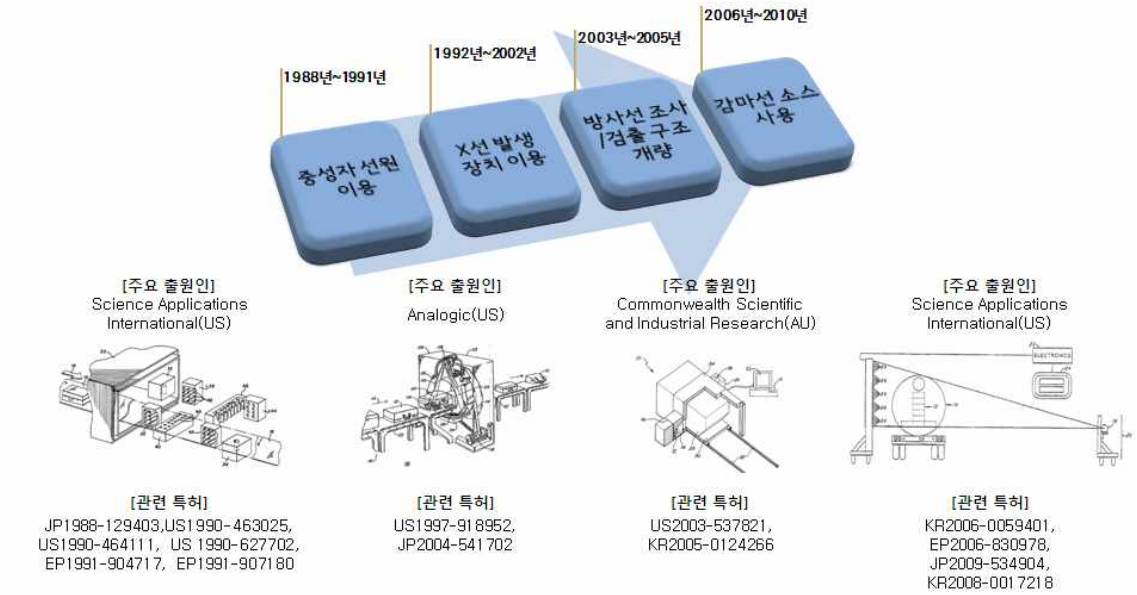


그림 2-72. 감마선 / X선 검색시스템 설계 기술확보 관련 기술의 기술흐름도 분석 결과

- 도입된 해결수단들 중, 중성자 선원 이용 기술의 경우 미국의 Science Applications International의 활발한 특허출원이 두드러지는 것으로 파악됨

- 방사선 조사/검출 구조 개량 관련 분야에 있어서의 연구개발은 1990년대부터 2005년까지의 기간동안 가장 활발한 특허활동을 보이다가 2005년 이후부터 해외출원인의 특허활동이 감소하는 반면 국내출원은 증가하고 있어, 최근 국내에서 관련 기술분야에 대한 적극적인 연구개발이 진행되고 있는 것67으로 나타남

- 감마선 소스 사용 관련 분야는 1990년대에는 상대적으로 미미한 특허활동이 나타났으나 2005년 이후부터 해외출원인 및 국내출원인의 특허활동이 상대적으로 증가하고 있어, 해외는 물론 국내에서도 관련 기술분야에 대한 활발한 연구개발이 진행되고 있는 것으로 판단됨

- 특히, X선 발생장치 이용(CT스캔 포함) 관련 기술은 앞에서 설명한 3건의 특허 이외에는 별다른 주요 특허가 나타나지 않고 있어, X선 발생장치 이용 분야에 관련하여 특화된 기술에 대한 연구개발은 그다지 활발하지 않는 것으로 보임

○ 한편, 중성자 선원 이용 관련 기술의 경우, 1980년대 후반 및 1990년대 초반에 걸쳐 동일인에 의한 주요 특허출원이 집중되어 있었으며, 최근 관련 기술의 중국인에 의한 출원이 있는 반면, 국내 출원인의 특허활동은 전무한 것으로 나타나고 있음

표 2-35. 감마선 / X선 검색시스템 설계 기술확보 관련 기술의 흐름도 분석 요약

기술 코드	해결수단	기술 발전 동향
A1	방사선 조사/ 검출구조 개량	- 2005년 기준으로 특허활동 및 연구 개발 활동이 상대적으로 감소하고 있는 것으로 파악됨 - 2005년 이전에는 미국출원인의 특허활동이 집중되어 있으나 2005년 이후에는 한국출원인의 특허활동이 활발히 이루어지고 있음
A2	감마선 소스 사용	- 2005년 기준으로 특허활동이 상대적으로 증가하고 있음 - 2005년 이후 한국출원인의 주요특허 출원이 절반을 차지하고 있어 관련기술 분야의 활발한 연구개발이 진행되고 있는 것으로 파악됨
A3	X선 발생장치 이용 (CT스캔 포함)	- 관련 기술 분야의 주요 특허출원이 3건에 불과하며, 2005년을 기준으로 상대적 감소추세를 보여 관련 기술 분야의 특화된 기술에 대한 연구개발은 그다지 활발하지 않은 것으로 파악됨
A4	증성자 선원 이용	- 2005년 이전에는 Science Applications International (US)의 특허활동이 집중되어 있으며, 2005년 이후에는 Tsinghua University(CN)와 Nuctech(CN) 이 공동으로 출원한 주요특허출원이 나타남 - 이에 비해 국내출원은 전무하며, 관련 기술 분야의 독자적인 기술개발 및 연구가 요망됨

5.4 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질 확보의 기술 흐름도 분석

○ 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질 확보를 위해 도입되고 있는 주요 해결수단으로는 신호처리 알고리즘 개발 및 영상신호 획득 장치 설계/개량 기술의 2개 해결수단을 들 수 있으며, 각 해결수단 주요특허들의 전개 과정을 살펴보면 <그림 2-73> 및 <그림 2-74>과 같음

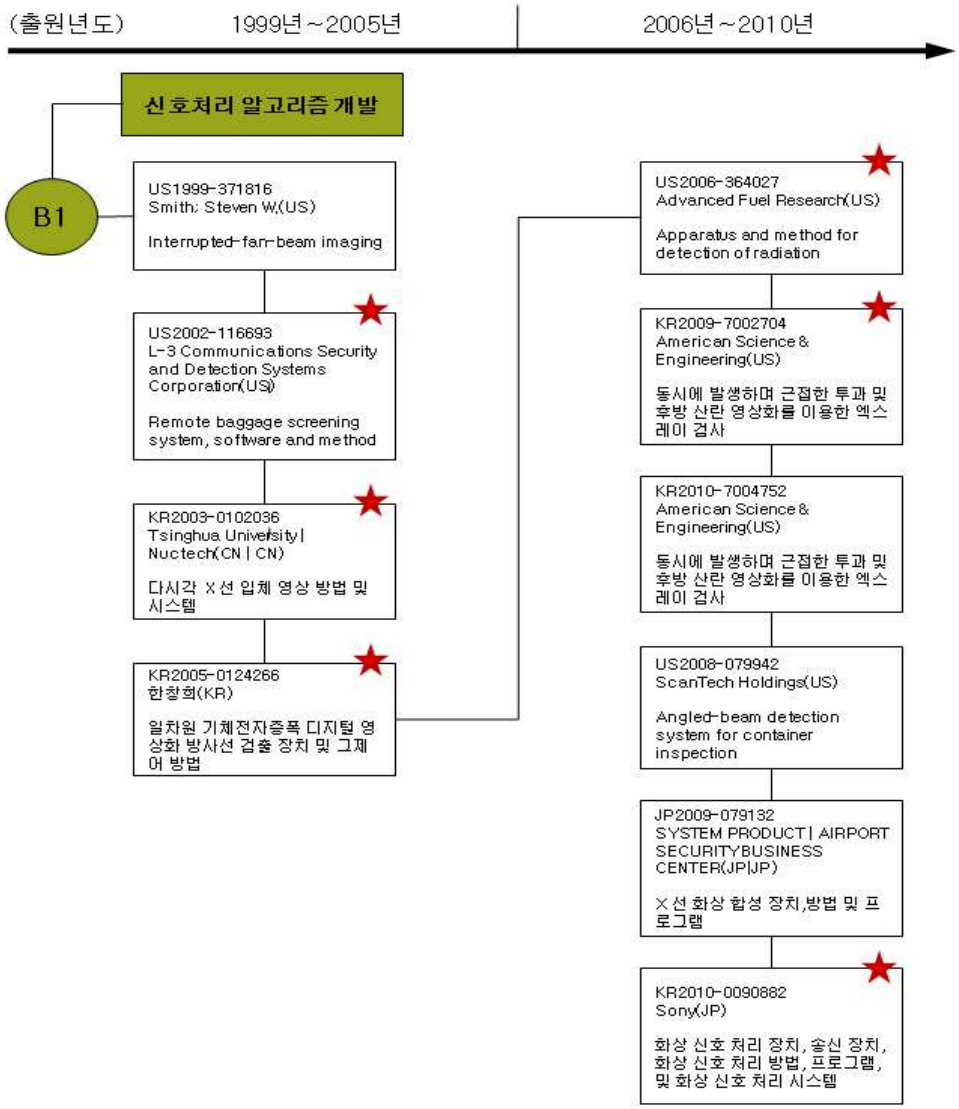


그림 2-73. 신호처리 알고리즘 개발 관련 기술의 기술흐름도

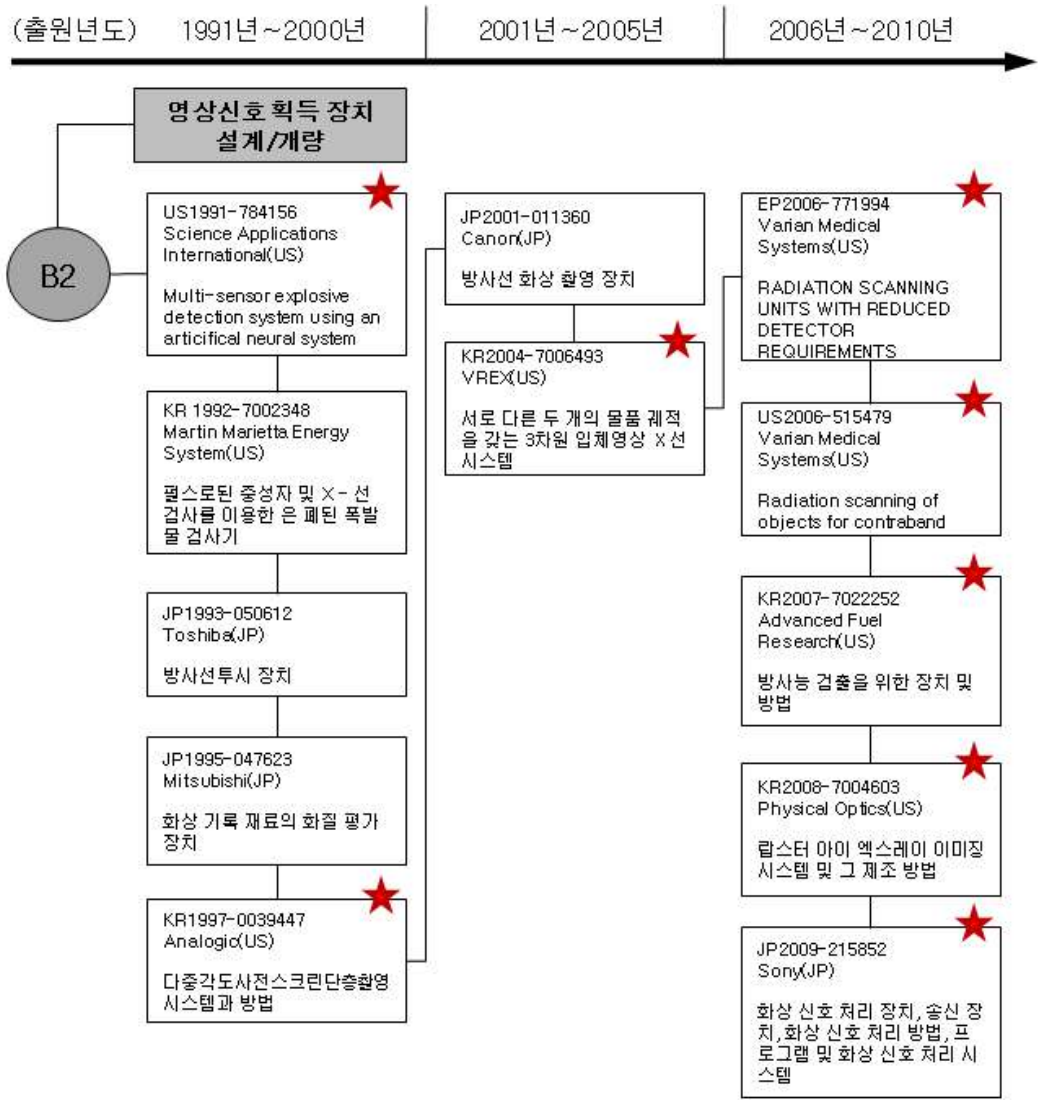


그림 2-74. 영상신호 획득장치 설계 기술의 기술흐름도

○ 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질 확보 관련기술에 대한 주요특허는 1981년부터 출원되기 시작하였으며 2010년 최근까지 지속적으로 출원되고 있음

○ 한국의 경우에는 미국, 일본 및 중국에 비하여 늦은 기술개발이 이루어지고 있으며, 2005년에 한 건의 출원을 제외하고는 별다른 한국출원인의 특허활동이 전무함을 관찰할 수 있음

○ 기술발전도에 표시된 주요특허를 출원인별로 구분하여 분석해 보면, 미국의 Science Applications International, Analogic, Varian Medical Systems, L-3

Communications Security and Detection Systems Corporation 및 중국의 Tsinghua University |Nuctech(공동출원)이 활발한 출원을 보이는 것으로 나타남

○ 각 세부 기술분야의 연도별 기술의 내용을 살펴보면, 신호처리 알고리즘 개발의 경우 2002년을 시작으로 최근 2010년까지 꾸준한 주요특허 출원이 이루어지고 있음을 관찰할 수 있음

○ 2002년 L-3 Communications Security and Detection Systems Corporation(US)에 의하여 출원된 US2002-116693에서는 검사 항목과 일치하는 위험 파일을 처리센터에 전송하는 단계, 검사 항목에 대한 결과를 결정하기 위해 처리센터에서 위험 파일을 검출 알고리즘에 따라 분석하는 단계 및 운영자의 액세스를 위해 원격으로 운영자 인터페이스로 검사 결과를 전송하는 단계를 포함하는 수하물 검사 방법 기술을 개발하였음

○ 2003년 Tsinghua University(CN)와 Nuctech(CN)에 의하여 공동으로 출원된 KR2003-0102036은 수선 X선 영상 시스템의 파라미터와 데이터 채집 파라미터에 근거하여 원주 궤적 또는 나선 궤적에 따라 채집한 일련의 투영 화상 데이터의 픽셀 열에 각도와 거리의 색인을 작성하고, 색인에 대하여 배열 순서를 지어 기억하여 검색하기 쉽게 하고, 그 다음 선택한 관찰 시점, 시선 방향과 시차 효과에 근거하여 합성하여야 할 입체 화상 쌍 위의 픽셀의 각도와 거리 파라미터를 계산하여 기억한 색인과 대응한 화상 데이터를 찾아내어 화상의 합성을 진행함으로써 시점 위치, 시선 방향이 지정되고 시차 효과를 조절하는 다시각 X선 입체 영상 방법 및 시스템을 제공하는 것을 특징으로 함

○ 이후, 2005년 출원된 KR2005-0124266에서는 엑스선 또는 감마선에 의해 발생된 전리전자를 입력받아 증폭하고, 증폭되어 형성된 전자구름이 출력전극에 도달한 위치를 전기신호로 받아들임으로써 전자구름의 좌표를 파악하여 출력한 후, 출력된 좌표를 일차원 기체전자증폭 검출부로 검출함으로써, 피사체 내외부의 화상정보를 실시간에 이차원으로 영상화하여 항만이나 공항 등의 보안검색용이나 또는 산업용 비파괴검사장치의 핵심부품 등으로 사용될 수 있는 일차원 기체전자증폭 디지털 영상화 방사선 검출장치 및 그 제어방법에 대한 기술이 개발되었음

○ 이후 2006년에 출원된 US2006-364027는 고에너지 감마선에 의해 디지털 이미지와 비디오 이미지에 삽입되는 픽셀단위의 아티팩트(모니터에 나타나는 모든 영상을 포함한 그래픽에서 보고 싶지 않은 부분)를 식별할 수 있으며, 감광성 반도체 픽셀의 디지털 이미지 또는 전하를 기반으로 하는 영상장치로서 방사성물질에 의해 발생하는 감마선 및 에너지입자를 검출하기 위해 사용되는 방사선 검출 장치 및 방법을 제공하는 것을 특징으로 함

○ 또한, 2007년에는 KR2009-7002704에서와 같이, 팬 빔 및 단편 검출기를 이용하여 수행되는 투과 영상화 및 주사된 펜슬 빔을 이용하여 수행되는 산란 영상화가 동시에 활성화되며, 두 빔 사이의 혼선은 차폐부, 산란 검출기의 디자인, 배치 및 배향 그리고 영상 처리 등의 조합에 의해 줄어들고, 영상 처리는 혼선을 줄이기 위해 투과 검출기로부터 산란 빔으로 산란된 방사선을 측정하여 감산하는 가방 및 화물용 엑스레이 영상화 검사 시스템 기술이 개발되었음

○ 최근 2010년에 출원된 KR2010-0090882은 화상 신호가 입체 화상을 나타내는지를 규정하는 화상 종류별 설정 정보 및 화상 신호에 대한 감마 보정량을 규정하는 감마 보정 설정 정보를 포함하는 화상 신호에의 설정 정보를 수신하는 수신부와, 수신부가 수신한 정보에 포함되는 감마 보정 설정 정보에 의거하여 화상 신호에 대한 감마 보정을 행하는 감마 보정부 및, 수신부가 수신한 설정 정보에 포함되는 화상 종류별 설정 정보에 의거하여 감마 보정부에서 보정된 화상 신호에 대한 입체 화상을 표시시키기 위한 처리를 선택적으로 행하는 입체 화상 처리부를 구비한 화상 신호 처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 함

○ 영상신호 획득 장치 설계/개량 관련 기술의 경우 1991년부터 최근 2009년까지 관련 주요특허가 지속적으로 출원되었으며, 현재까지 출원된 주요특허들은 모두 미국출원인과 일본출원인에 의한 출원임

○ 초기, 1991년에 Science Applications International(US)에서 출원된 US1991-784156에서는 고해상도의 2차원 농도 이미지를 제공하는 X선 영상 시스템을 포함하며, 항공 수하물 또는 기타 우편물의 폭발물을 효과적으로 검출하기 위해 인공 신경 시스템을 사용하는 핵 검출 시스템과 방법에 대한 기술이 개발되었음

○ 1997년 Analogic(US)에 의하여 출원된 KR1997-0039447는 대상물체에 무기나 폭발물이 존재한 가능성 여부를 분석하는 프로젝션을 사전검색 시스템 및 대상 물체가 존재할 가능성이 있는 경우 검출된 물체를 확인하는 완전영상 CT재구성의 조합으로 대상 물체의 다중각도와 투시를 통해 여행자 수화물과 같은 폐쇄형 용기를 검색할 수 있는 다중각도 사전 스크린 단층 촬영 시스템과 방법을 제공하는 것을 목적으로 함

○ 2004년 출원된 KR2004-7006493에서는 단일 X선 제공원을 이용하여 대상물체의 투시 정보를 발생시키고, 검사 대상 물체가 이송되는 곳에서 상기 물체를 2번 스캐닝하여, 그 결과 얻어진 2개의 스캔을 3차원 입체영상으로 변환하여 검시시스템에 3차원 영상을 가시화할 수 있는 서로 다른 두 개의 물품 궤적을 갖는 3차원 입체영상 출력을 생성할 수 있는 X선 시스템에 관한 기술이 개발되었음

- 그리고 Varian Medical Systems(US)에 의해 2006년 출원된 EP2006-771994와 US2006-515479에는 복수의 방사선원과 복수의 X선원을 포함하여 경로를 통과하는 화물 컨테이너를 투과한 방사선을 검출하여 방사선 화상을 얻거나 컴퓨터 단층촬영(CT) 화상을 얻을 수 있으며, 방사선 화상 또는 CT 화상을 융합하여 물체 내의 영역의 사이즈, 형사 및 물질 내용 등 밀수품의 식별을 용이하게 하는 밀수품에 관한 물체의 방사선 조사에 대한 기술이 개발되었음

- 또한, 2007년에 출원된 KR2007-7022252는 감광성 반도체 기반 영상장치의 화소로부터의 디지털 이미지 또는 전하를 이용하여 방사능 물질들에 의해 방출되는 감마선 및 에너지성 입자들을 검출하는데 사용되는 방사능 검출 장치로서, 복수의 영상장치를 사용함으로써 서로 다른 장치로부터의 영상을 통합하여 방사능 객체들로부터 비방사능 객체들을 분리할 수 있는 것을 특징으로 함

- 2008년 출원된 KR2008-7004603는 독특한 구조의 랍스터 아이 구조, X선 발생기, 실틸레이터 기반 검출기 및 냉각 CCD(또는 강화된 CCD)로 구성되며, 지면 아래, 컨테이너 내부, 벽 뒤, 칸막이 등에 숨겨진 물체를 실시간으로 안전하게 검출할 수 있는 응시형 콤프톤 후방산란 X선 검출을 위한 랍스터 아이 X선 이미징 시스템으로서, 종래 장치에 비해 수천 배 더 큰 파장의 X선을 수집하여, 높은 감도와 신호대 잡음비를 제공하여 시스템의 수집 효율을 향상시키는 기술이 개발되었음

또한, 최근 2009년 출원된 JP2009-215852에서는 화상 신호가 입체 화상을 나타내는지를 규정하는 화상 종류별 설정 정보 및 화상 신호에 대한 감마 보정량을 규정하는 감마 보정 설정 정보를 포함하는 화상 신호에의 설정 정보를 수신하는 수신부와, 수신부가 수신한 정보에 포함되는 감마 보정 설정 정보에 의거하여 화상 신호에 대한 감마 보정을 행하는 감마 보정부 및, 수신부가 수신한 설정 정보에 포함되는 화상 종류별 설정 정보에 의거하여 감마 보정부에서 보정된 화상 신호에 대한 입체 화상을 표시시키기 위한 처리를 선택적으로 행하는 입체 화상 처리부를 구비한 화상 신호 처리 장치에 대한 기술이 개발되었음

○ 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 관련 기술의 기술발전 과정을 전체적으로 살펴볼 때,

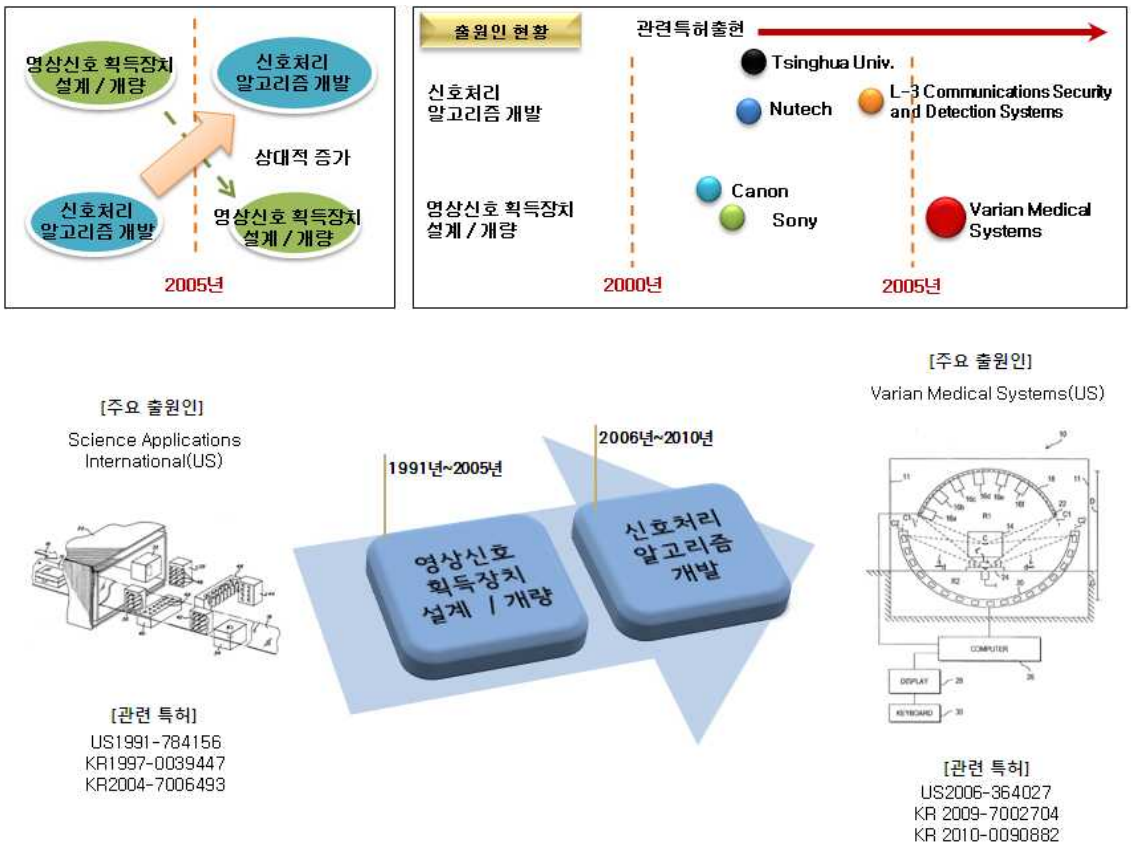


그림 2-75. 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 관련 기술의 흐름도 분석 결과

○ 2005년을 기준으로 신호처리 알고리즘 개발 관련 기술의 경우, 주요 특허 출원수의 증가는 없으나 전체 출원 수의 증가를 보였으며, 영상신호 획득장치 설계/개량 관련 기술의 경우, 주요 특허 출원의 증가가 있으나 전체 출원 수는 감소하는 추세를 보이고 있어 신호처리 알고리즘 개발 관련 기술에 대한 특허활동이 영상신호 획득장치 설계/개량 관련 기술에 비해 상대적으로 증가한 것으로 파악됨

- 신호처리 알고리즘 개발 관련 분야에 있어서의 연구개발은 1999년 최초출원 이후부터 최근 2010년까지의 기간동안 꾸준한 특허활동을 보이고 있으며, 2005년을 기준으로 특허출원이 증가하여 관련 기술분야에 대한 적극적인 연구개발이 진행되고 있는 것으로 파악됨

- 영상신호 획득장치 설계/개량 분야는 1990년대에 특허활동이 활발하였고 2005년 기준으로 출원수가 감소하였으나 최근까지도 꾸준한 특허활동을 보이고 있으며, 해당 기술 분야의 국내출원인에 의한 특허활동이 전무한 것으로 나타나, 관련 기술분야에 대한 기술개발 및 연구를 통한 고유기술의 개발 및 권리화 방안 마련이 요구됨

- 또한, 해결수단 기술들의 최근 출원인 현황을 살펴본 결과, 신호처리 알고리즘 개발기술의 경우 미국의 L-3 Communications Security and Detection Systems과 중국의 Tsinghua Univ. 및 Nutech 등의 출원인이 파악되었으며, 영상신호 획득장치 설계/개량 기술의 경우 일본의 Canon 및 Sony와 미국의 Varian Medical Systems 등의 출원인이 파악됨

표 2-36. 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 관련 기술의 흐름도 분석 요약

기술 코드	해결수단	기술 발전 동향
B1	신호처리 알고리즘 개발	- 2005년 기준으로 관련 기술 분야의 특허활동 및 연구개발이 상대적으로 증가한 것으로 파악됨 - 2005년에 한 건의 한국출원인의 출원이 있으며, 해당 기술 분야의 경우 미국과 일본의 특허활동이 집중되어 있음
B2	영상신호 획득장치 설계/개량	- 2005년 기준으로 관련 분야의 특허활동이 상대적으로 감소한 것으로 나타나나 최근까지도 꾸준한 특허활동이 나타남 - 관련 기술 분야의 국내출원이 전무하며, 해당 분야에 대한 독자적인 기술개발 및 연구가 요망됨

5.5 주요 출원인별 보유특허 분석

5.5.1 Science Applications International의 IP 현황

○ 파악된 핵심특허를 가장 많이 보유하고 있는 주요 출원인은 미국의 Science Applications International로 나타남

○ Science Applications International의 경우, 대부분의 특허가 한국, 미국, 일본 및 유럽을 비롯한 주요 국가들에 모두 출원 또는 등록되어 있어 그 상대적 시장 경쟁력이 높은 것으로 파악됨

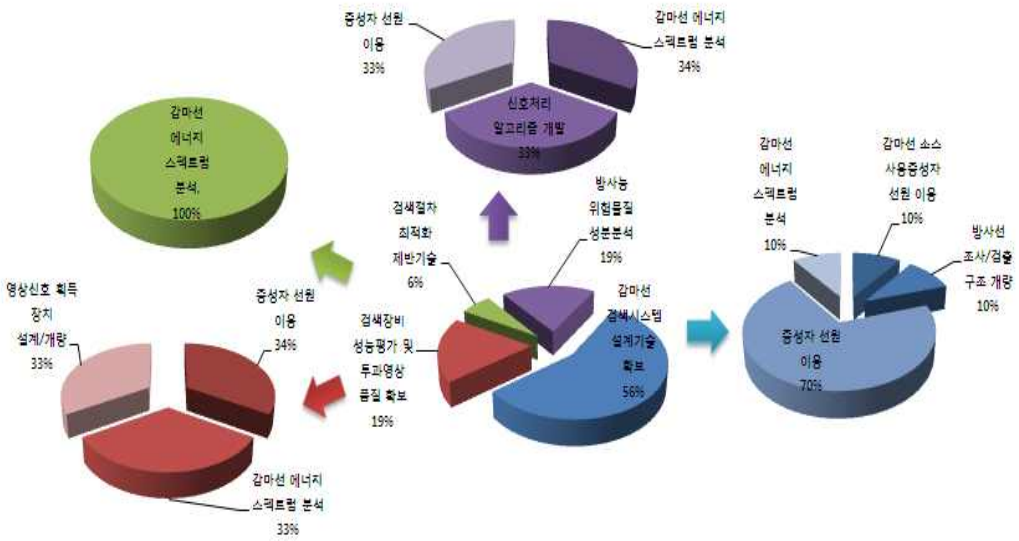


그림 2-76. Science Applications International의 세부기술별 출원 현황

○ Science Applications International은 감마선 검색시스템 설계기술 확보 분야를 가장 큰 주요 이슈로 다루고 있는 것으로 나타나며, 감마선 검색시스템 설계기술 확보 분야에서 주요 기술적 해결수단으로는 중성자 선원 이용 기술을 중점 개발하고 있는 것으로 파악됨

○ 또한, 검색절차 최적화 제반 기술 분야에서는 감마선 에너지 스펙트럼 분석기술을 중점적으로 도입하여 관련 기술분야의 연구개발을 진행하는 것으로 파악됨

5.5.2 Innovative American Technology의 IP 현황

○ Science Applications International 다음으로 많은 핵심특허를 보유하고 있는 출원인으로는 미국의 Innovative American Technology의 특허출원이 가장 많은 것으로 파악됨

○ Innovative American Technology 역시, 대부분의 주요국가에 패밀리 특허를 출원 또는 등록하고 있는 것으로 파악됨

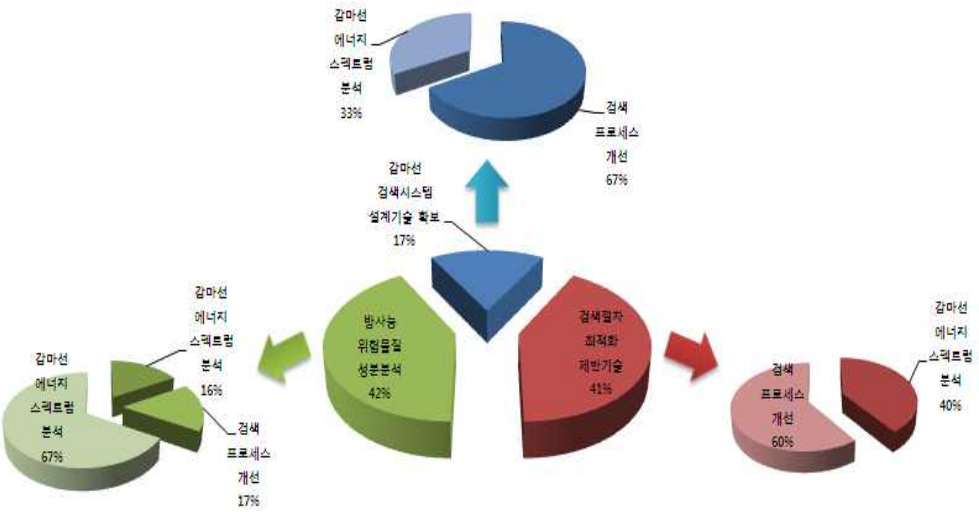


그림 2-77. Innovative American Technology의 세부기술별 출원 현황

○ Innovative American Technology는 방사능 위험물질 성분분석 기술 및 검색절차 최적화 제반기술과 관련된 연구 개발을 집중적으로 수행하고 있는 것으로 파악됨

○ 방사능 위험물질 성분분석 기술분야의 경우 감마선 에너지 스펙트럼 분석 기술분야의 연구가 주를 이르고 있으며, 검색절차 최적화 제반 기술과 관련하여서는 검색 프로세서 개선 기술을 주요 해결 수단으로 채용하고 있는 것으로 파악됨

○ 또한, 감마선 검색 시스템 설계기술 확보기술 분야에서는 검색 프로세스 개선 기술을 주요 해결 수단으로 채용하여 관련 기술분야의 연구개발을 진행한 것으로 파악됨

5.6 감마선원이 직접 적용된 검색시스템 관련 특허

○ 심층분석 대상특허들 중, 감마선원을 직접적으로 채용하여 화물(대상물체)을 검색하는 기술과 관련하여서는 상술한 총 6건의 특허가 파악되었음

○ 미국의 Northrop Grumman로부터 출원된 JP1997-539072는 US2006-445112와 기술적 내용이 동일한 패밀리 특허로서, 이들 기술 내용을 살펴보면, 아래의 <그림 3-16>에서와 같이, 빔 생성 시스템, 즉, 양성자 선형가속기에서 발생되는 양성자빔을 타켓에 조사하여 타겟으로부터 감마선이 방출되도록 하는 빔 생성 시스템을 이용하여, 조사 대상 물체에 감마선을 조사한 후 대상 물체를 투과하는 감마선을 검출함으로써 밀수품을 확인할 수 있는 것을 특징으로 함

○ 또한, 미국의 Science Applications International에서 출원한 US2006-445112에서는 감마 방사선 소스를 이용하여 대상 물체에 감마선을 조사시키고, 대상 물체를 통과하는 방사선을 감마선 검출기로 측정하여 이미지 처리장치를 통해 이미지화하는 것을 특징으로 함

○ 미국의 BAE Systems에서 출원한 US2006-477966의 경우, 각각 다른 두 방향에서 펄스 고밀도 감마 방사선 소스를 이용하여 감마선을 컨테이너 내부에 조사시키고, 감마 방사선 소스에 대향되도록 위치된 감마선 검출기를 통해 컨테이너 내부의 고 방사성 핵물질의 존재 여부 및 위치를 검출하여 디스플레이함으로써 대상 물체의 외부 공간(black region)까지 검출할 수 있는 것을 특징으로 함

○ 중앙대학교와 서울대학교가 공동 출원한 KR2007-0109765 및 KR2009-0027137는 패밀리 특허는 아니나 그 실질적 기술 사상이 서로 동일한 특허들로서, 분석대상인 물체로 감마선을 입사시키기 위한 감마선원을 이용하여, 물체 상의 특정 지점으로 감마선을 조사한 후, 반대방향으로 투과되어 나오는 감마선을 계수하여, 입사 감마선과 투과 감마선의 각 에너지의 비교를 통해 물체를 투과하면서 감쇠된 감마선의 에너지를 산출함으로써 물체에 포함된 구성원소를 분석하는 것을 특징으로 함

5.7 결론 및 시사점

○ 현재, 항공수화물 운송과 해운운송에 요구되는 위험물/금수품검색 장비 등의 첨단검색장비 수요에 있어서, 국내의 경우 생산능력이 미약하여 전량 수입에 의존하고 있음. 이에 따라 국내 화물운송시 안전강화를 위해 화물이 취급되는 공항, 내륙물류센터, 철도, 항만 및 군방위시설, 주요검문소 등의 보안검색을 강화하기 위한

화물검색 관련기술의 경쟁력 확보와 최종 연구결과물의 고부가가치화를 위해 뚜렷한 목적성 있는 기술개발의 방향 정립이 요구됨

○ 본 연구과제인 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술개발 분야의 전체적인 특허출원 동향을 살펴본 결과, 2000년대 접어들면서부터 증가하는 추세를 보이고 있으며, 한국, 미국, 일본 및 유럽의 각 국가별 출원동향에서도 대부분 2000년 이후부터 그 특허활동이 활발하게 이루어지는 것으로 나타남

○ 또한, 해당 기술분야에 대한 국가별 출원비중 현황에서는 미국이 가장 높은 출원율을 보이고 있어, 미국이 현재까지 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 분야와 관련된 다양한 응용기술들에 대한 연구를 활발히 진행한 것으로 판단됨

○ 한국의 경우, 2002년부터 관련 특허활동이 증가하는 추세를 보이고 있으며, 특히, 2008년 및 2009년에는 그 특허활동이 상대적으로 매우 활발하게 이루어진 것으로 나타나는 가운데, 화물검색 시스템 영상 시스템 구성요소 설계 및 제작(ABB) 기술분야의 출원이 상대적으로 높은 증가율을 보이고 있는 것으로 파악되었음

○ 현재 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물검색 기술 개발 분야는 미국에서 해당 기술에 대한 연구가 가장 활발하게 진행되고 있으며, 최근 한국에서의 특허활동도 매우 활발해지는 등, 전체적으로는 성장기 단계 정도에 있다고 볼 수 있음

○ 동 기술분야의 대표적 다출원인으로는 미국의 L-3 Communications Security and Detection Systems, Innovative American Technology와 일본의 Ishida 및 Hitachi 등이 파악됨

○ 본 연구과제의 기술분야에 대한 중국 출원인 현황을 살펴본 결과, Tsinghua University 및 Nuctech가 주요 출원인으로 파악되었으며, 이들 출원인이 출원한 특허들은 중성자선 또는 X선을 이용한 화물 검색 시스템 구성장치 설계 및 제작기술과 신호처리 알고리즘에 관련된 기술 사상을 포함하고 있는 것으로 파악됨

○ 본 연구과제의 기술분야별 출원분포를 살펴본 결과, 화물검색시스템 구축 기술

분야에 대한 특허출원이 가장 많은 것으로 파악되었으며, 2000년대 이후부터 꾸준한 증가 추세를 보이고 있음

○ 각 기술분야별 세부기술의 출원분포를 살펴보면, 화물검색시스템 구축 기술분야는 X선 화물 검색시스템 구성장치 설계 및 제작 기술이, 컨테이너 화물검색 시스템 탐색영상처리 기술분야는 화물검색 영상시스템 구성요소 설계 및 제작 기술이, 컨테이너 화물검색시스템 관리 및 평가 기술분야는 감마선 장비사용 환경평가를 위한 방사능 동위원소 취급관리 방법 기술의 출원률이 상대적으로 높은 것으로 나타남

○ 본 연구과제의 개발 목표 예정기술과 그 기술적 관련도가 상대적으로 높다고 판단된 핵심특허들에서 나타난 해결과제 및 해결 수단의 연계분석(기술 매트릭스 분석)을 통해 과거 및 현재의 연구개발 흐름을 파악한 결과, 감마선/X선 검색시스템 설계 기술확보 분야와 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보 기술분야에서의 연구개발이 상대적으로 높은 집중도를 보이고 있는 것으로 파악됨

○ 감마선/X선 검색 시스템 설계기술 확보의 해결과제와 관련하여서는 방사선 조사/검출 구조개량, 감마선 소스 사용, 중성자 선원 이용 및 X선 발생장치 이용 등의 해결수단을 통한 꾸준한 연구개발이 이루어지고 있는 가운데, 최근에는 감마선 소스 사용 기술이 적용된 개량기술들에 대한 특허활동이 증가하는 것으로 나타남

○ 검색장비 성능평가 및 투과영상 품질확보의 해결과제와 관련하여서는 신호처리 알고리즘 개발 및 영상신호 획득 장치 설계/개량기술 등의 해결수단을 통한 꾸준힌 연구개발이 이루어지고 있는 가운데, 최근에는 신호처리 알고리즘 기술이 적용된 개량기술들에 대한 특허활동이 더욱 활발하게 진행되는 것으로 나타남

○ 본 연구과제의 개발목표 예정기술과 그 상대적 기술적 연관성이 높은 주요 출원인으로는 미국의 Science Applications International 및 Innovative American Technology가 관찰됨

○ Science Applications International는 감마선 검색시스템 설계기술 확보 분야를 가장 큰 주요 이슈로 다루고 있는 것으로 나타나며, 감마선 검색시스템 설계기술

확보 분야에서 주요 기술적 해결수단으로는 중성자 선원 이용 기술을 중점 개발하고 있는 것으로 파악됨

○ Innovative American Technology는 방사능 위험물질 성분분석 기술 및 검색절차 최적화 제반기술과 관련된 연구 개발을 집중적으로 수행하고 있는 것으로 파악됨

○ 한편, 파악된 핵심특허들 중 감마선원을 직접 적용하여 검색시스템을 구축하고 있는 관련 특허는 총 6건이 파악되었으며, 이들 특허들에서는 양성자 빔의 타겟 조사를 통한 감마선 주사 또는 감마선 발생 동위원소 소스를 이용한 감마선 주사 방식 등을 채택하고 있으며 검출기의 배치나 검출 신호의 분석 알고리즘 개발 등을 통해 화물에 포함된 위험물질이나 또는 그의 구성 성분 등을 파악하는 기술에 대하여 개시하고 있음

○ 전체적으로 살펴볼 때, 감마선 기반 영상투과방식의 내륙화물 검색시스템과 관련하여서는 최근 세계 각국에서 비교적 활발한 연구개발이 시작되고 있는 가운데, 미국 기업의 기술 개발이 상대적으로 활발하게 나타나고 있기는 하나, 아직까지 그리 확고한 특허장벽이 형성된 것으로 보기는 어려우며, 특히, 감마선원을 직접 적용하여 시스템을 구축하는 기술의 경우에는 향후 국내에서 적극적인 연구개발을 수행한다면 원천 기술의 창출과 확보도 충분히 가능할 것으로 판단됨

5.8 SWOT 분석

5.8.1 내부역량 및 외부환경

○ 국내외 시장현황 및 전망, 산업동향, 정책동향, 기술동향, 연구개발 인프라를 조사 및 분석한 결과, 내부적인 강점과 약점, 그리고 외부환경의 기회 및 위협요인들을 도출하였으며 이를 정리하면 표와 같음.

표 2-37. 외부환경 기회 및 위협요인

강점 (S)	약점 (W)
• 정부의 물류보안 관련 산업 활성화 정책에 의한 적극지원 • 해외시장에서의 물류보안관련 검색기술 인지도 확보 • X선 발생장치분야 요소기술 개발 경험 및 국내외의 인적 네트워크 • 감마카메라 및 CT 등 방사선 영상화 처리를 위한 기반 시설 보유 • 화물 컨테이너 이송시스템 관련 요소기술 개발 경험 • 풍부한 소프트웨어 및 3D 구조설계 프로그램 개발 기술 • 일반 장비의 신뢰성 및 시험평가 분야 기술력 우수 및 인적 자원풍부 • 정밀측정장비 관련 시험 및 교정 설비 및 경험	• 경직된 법 및 제도체계 • 물류보안 필요성에 대한 국민적 인식 결여 • 국가 및 산업차원의 전략 부재로 인한 신속한 대응의 어려움 • 감마선 발생장치 차폐설계 및 엔지니어링 능력 부족 • 화물 컨테이너 검색시스템 개발을 위한 협업시스템 미흡 • 비정형 프로젝트 자체수행 경험 부족 • 감마선 영상화 처리기술 경험 전무 • 구조시스템 상세설계 제작 기술 미흡 • 기존 X선 화물검색시스템 개발 시도에 의한 실용화 부진 • 화물 검색장비 분야의 보안에 의한 외사장비 자료획득의 어려움 • 감마선 검색장비의 사업관리 핵심기술력 미비 • 감마선 검색장비의 성능평가 및 관리능력 부족 • 검색환경의 안전성 확보 기술 및 평가기술의 부족 • 감마선 검색시스템 및 환경의 안전성 확보를 위한 법규제의 부재

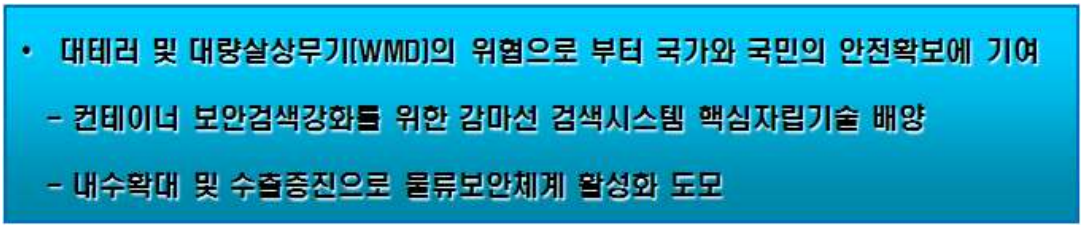
기회요인 (O)	위협요인 (T)
• 세계적 추세인 물류보안 규제 강화 및 검색관점의 정책변화 • 방사능 물질의 위협으로 인한 검색에 관한 관심도 증가 • 방사능 검출을 위한 화물 컨테이너 검색장비 개발 필요성 증대 • 기존 검색장비의 한계성 인식 및 극복 요구 • 첨단 장비 및 안전에 대한 인식 개선 • 검색량 증가에 의한 효율적인 검색 Process 최적화 요구 • 전량 수입에 의존을 극복한 국산화 개발 필요성 증가	• 투자 부진시 검색기술 부재로 인한 검색장비 전량수입 의존량 증가 • 동위원소 사용으로 인한 사용자의 검색장비 운용 기피 가능성 • 국내의 디자인 및 성능의 신뢰도 낮음 • 방사선 적용 검색기술의 선진국 의존도 높음 • 검색량 증가에 대한 물류지체 가능성 • 물류보안 체제 강화로 인한 인력수급의 문제점 • 외국기술의 시장독식으로 인한 정부 예산비용의 증가

5.8.2 SWOT 분석

	SO	WO
대응 방안	• 물류보안분야 시장확대를 위한 정부 지원정책 마련 • 방사선 검색관련 구조설계 및 영상처리 분야 시장개척을 위한 정부 지원 • 화물 컨테이너 보안검색기술 R&D 지원정책 마련 • IT 기술을 융합한 통합 검색시스템 설계 기술 개발 • 감마선 검출기 및 영상신호처리 기술 개발 • 검색방식에 의한 타입별 검색장비 개발 • 검색절차의 최적화 설계에 의한 검색량 극대화 방안 마련 • 검색환경의 평가기술에 의한 안전성 확보 • 검색장비의 신뢰성 평가기술 개발 • 감마선 검색장비 요소기술의 상용화 및 수출기회 마련	• 관련 행정간소화 및 시설물 특성을 고려한 제도 정비 • 화물컨테이너 검색장치 도입을 위한 기준제안 및 시방의 글로벌화 • 물류보안 패러다임 변화에 따른 정책적 대응 및 필요성 홍보 • 방사선 차폐시설 및 장치 설계 기술 확보 • 해외시장에서의 물류보안 관련 검색기술 인지도 확보 • 감마선 영상획득 을 위한 방사선 영상처리기술 응용 및 적용 • 화물 컨테이너 검색의 통합적 운용에 대한 시스템 구축사업 활성화 • X선 검색장비 기술의 감마선 검색장비로의 적용방법 마련 • 사용환경 안전성 평가 확보에 의한 화물검색의 활성화 기반 마련 • 감마선 검색시스템 설계기술 확보에 의한 수입대체 및 수출 방안 마련 • 화물 컨테이너 검색분야 적합한 제도 및 정책대안 마련
	ST	**WT**
대응 방안	• IT, 정보화 기술 및 방사선 검색기술분야의 정부의 정책적 지원 마련 • 감마선 검색장비의 체계적 활용방안 및 안전성 확보기술 마련 • 첨단 성능지표 / 기법 / 프로그램 개발 • 검색효율 및 정확성을 극대화 시킨 검색시스템 기술 개발 • 검색DB의 효율적 관리를 위한 통합정보시스템 구축으로 실적자료 및 노하우 축적 / 활용 방안 마련 • 통합 검색시스템 의 효율적 운영을 위한 인력 양성 계기 마련 • 감마선 검색장비의 국산화로 인한 정부 예산비용 절감 효과	• 감마선 검색시스템 기술의 해외시장 진출을 위한 지원제도 도입 • 방사선 검색의 특수성을 반영한 환경관련 제도 개선안 마련 • 국가적 보안분야의 집중투자에 의한 미래기술 선점 효과 • 다양한 유형의 검색시스템에 대한 적용 기술력 향상과 기술자 양성 • 취약기술의 집중개발 및 실용화를 통해 세계적 수준의 화물컨테이너 검색시스템 기술 보유 • 방사선 영상품질 확보에 의한 영상처리분야 활성화 기회 마련 • 감마선 검색시스템 설계기술 확보에 의한 물류보안분야의 주도적 역할 담당

제 6 절 비전 및 목표

6.1 감마선 투과영상기반 화물컨테이너 검색시스템 비전



6.1.1 항만 컨테이너 보안검색강화를 위한 감마선 검색시스템 핵심자립기술 배양

○ 해운 항만 등 국제물류전반의 보안강화와 화물흐름의 효율성 제고가 국제적 사회의 중요한 현안으로 대두되면서 정확한 검색을 위한 영상 분석 및 방사능 검출이 가능한 감마선 영상기반 화물 컨테이너 검색시스템을 개발함.

○ 우리나라 물류 전구간에서 발생할 수 있는 테러와 같은 보안사고를 사전에 예방하여 국가와 국민의 안전을 확보하고 물류보안 시스템이 실시간으로 운영될 수 있도록 기반을 마련함.

6.1.2 감마선 검색시스템의 국산화에 의한 내수확대 및 수출증진으로 물류보안체계 활성화 도모

○ 감마선 영상기반 화물컨테이너 검색시스템의 각 요소별 부품의 원천기술 확보에 의한 국산화 개발은 관련 산업군의 활성화와 내수확대를 증진할 수 있는 계기 마련

○ 화물검색 시스템 개발을 통하여 세계적 물류보안분야의 주도적인 역할을 수행

하며 시스템 수출을 통한 물류보안체계 활성화 도모

6.2 전략 목표

6.2.1 화물컨테이너의 대량살상무기(WMD) 보안검색을 위한 감마선 영상기반 검색체계 구축

○ 감마선 영상기반 화물 검색 시스템 개발을 통한 분야별 핵심기술을 축척하고 물류보안 패러다임 변화에 대한 요구에 적극적이고 신속하게 대응하여 대테러 위협에서 국가의 안전을 확보함을 목적으로 함.

○ 물류보안제도가 글로벌 메가트렌드로 정착되고 있는 상황에서 전 세계적으로 화물컨테이너 검색기술의 기술적 우위를 점하고 완벽한 검색시스템을 구축하여 물류경쟁력을 강화시키며, 예상되는 피해를 최소화 함.

○ 화물컨테이너 검색과 관련한 물류보안 정보시스템의 종합적이고 체계적인 지원을 통하여 이를 수용할 수 있는 제도적 및 기술적 기반을 마련하고 국제 기준에 맞는 감마선 검색 시스템을 이용한 검색체계 구축기반을 마련

6.2.2 검색장비의 기술자립화를 통한 시장확보와 요소별 원천기술 확보

○ 국제적으로 요구되는 영상검색 및 방사능 탐지의 기능을 탑재한 일체형 검색장비의 요소별 원천기술을 확보하여 검색분야의 선도적 역할 수행

○ 독창적인 특화기술의 개발에 의한 국산화로 수입대체효과 및 가격 경쟁력 확보, 국내시장에서의 기술검증, 전략적인 해외 컨소시엄 구성하여 유관산업의 연계성 강화 계기 마련

○ 정부의 적극적인 지원과 사업단 과제를 통하여 전세계의 화물 컨테이너 검색기

술의 주도적인 역할 담당할 수 있는 기회 마련

6.2.3 항만 컨테이너 검색기술을 통한 시장경쟁력 확보

○ 현재 우리나라 항만에 설치되어져 있는 X-ray 기반 검색장비는 단순히 컨테이너 내장화물을 영상 검색하는데 한정되어 있으므로, 국제적으로 요구되는 영상검색 및 방사능 탐지 등의 기능을 탑재하고 있는 감마선 화물컨테이너 일체형(ICIS) 검색 시스템을 위한 요소기술의 확보를 마련함

○ 방사능 검출이 가능한 화물 컨테이너 검색장비의 구성요소별 원천기술을 보유하여 감마선 화물 컨테이너 검색장비 분야 시장경쟁력을 확보하도록 함

○ 기술개발을 통한 국산화로 수입대체는 물론 지속적인 수출을 통한 세계시장을 확보하도록 함

그림 2-79. 기획과제 비전

6.3 전략목표 및 중점추진분야

○ 동향분석 및 SWOT 분석을 통하여 기획과제의 비전 및 전략목표를 설정하였음.

○ 전략목표에 연계되는 전략과제를 표로 산정하였으며, 전략과제별 각 중점추진분야는 전략과제에 따라 최종 세부과제별 추진분야로 연계 도출할 예정임.

표 2-38. 전략목표 및 중점추진 분야

전략목표	전략과제	중점추진 요소기술
화물컨테이너의 대량살상무기 보안검색을 위한 종합적 지원체계 마련	감마선 영상기반 화물 검색 시스템 개발을 통한 핵심기술 축적	• 검색 형태에 따른 구성품별 설계 및 제작에 관련된 제반 기술 • 시스템 차폐물 설계 기술 • 이송장치 설계 기술 • 콜리메이터 설계 제작 기술
	화물컨테이너 검색 정보시스템의 효율적 운용을 위한 제도적 기술적 기반 마련	• 화물검색 시스템 운영에 수반되는 통신 네트워크 구축기술과 시스템 보안 관련 기술 • 검색 형태별 검색 Flow 최적화 기술 • 구성품별 유지보수 대응기준 마련
검색장비의 기술자립화를 통한 시장확보와 요소별 원천기술 확보	영상검색 및 방사능 탐지가 가능한 일체형 검색장비의 기술자립화	• 검색 이송 및 구동부 설계 제작 기술 • 감마선 검출장치 설계 제작 기술 • 위험물질의 화학적 성분분석 방법 및 분석 프로세스 알고리즘 • 감마선 이용한 검색시스템의 영상획득 및 분석 방법과 이에 관한 영상 프로세스 알고리즘
	국산화로 시장확보를 위한 유효성 및 기술적 검증	• 방사선량률 측정 및 평가기술 • 방사선 피폭량 측정 분석 기술 • 시스템 성능평가 기술 • 피폭관리용 측정기 조사 및 성능특성 방법
항만 물류보안 기준 및 물류보안 협력체계 구축	물류보안 제도 및 보안기준 마련	• 검색분야 보안기준 설정 및 모델제시 • 화물 컨테이너 검색장비 시방서 모델 구축 • 감마선 화물검색시스템 검색기술 표준화 코디네이션
	물류패러다임 변화 대응 및 글로벌 허브항 육성	• 감마선 영상기반 검색 운영 모니터링 기술 • 전략적 해외컨소시엄 구성 및 환적항 역할 수행 가능성 검토 • 감마선 검색장비의 적용 및 보완점 분석

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절	후보과제 도출
제 2 절	기술 로드맵

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 후보과제 도출

1.1 후보과제 수요조사

○ 감마선 화물검색시스템 기획을 위한 개발 및 적용 프로세스를 기반으로 하여 다음과 같이 5 개의 후보과제를 도출하였음

○ 검색형태에 따라 Portal 형식, Mobile 형식, Portable 형식으로 나누며, 3가지 형태중 검색이 필요한 곳에 직접 찾아가 검색할 수 있고 상황에 따라 검색을 바로 수행할 수 있으므로 물류지체를 최소화 할 수 있는 이동식 Mobile 형태를 선정하여 후보과제를 도출하였음

○ 검색에 필요공간을 최소화할 수 있으므로 자유로운 활동영역에 적용할 수 있다는 장점은 물론 기능대비 비용절감에도 효과적이므로 향후 가장 많이 적용할 수 있는 형태로 예상되며, 시스템 구축을 통해 원천기술확보 후 Portal 및 Portable 형태 검색 시스템 개발에 적용이 가능할 것으로 예상되므로 국산화 개발의 필요성 증대

표 3-1. 감마선 투과영상기반 내륙화물 검색기술 기획에서 도출된 세부과제

기획 세부과제	후보과제 수요조사
감마선 화물 검색 시스템 구동 및 이송부 개발	판독실 내부 작업환경 개선 기술
	판독 프로그램 인터페이스 설계 기술
	스테레오 Type 검색 부 및 구동 매커니즘 개발
	검색 시스템 운영을 위한 디지털 인포메이션 가이드 시스템 개발
화물 컨테이너 검색 운영 기술	검색 시스템 통신 네트워크 및 보안기술
	화물검색 프로세스 운영 및 유지보수 기술
	검색 형태별 검색 Flow 최적화 기술
감마선 검색 영상 처리 기술	영상 획득 및 분석 알고리즘 개발
	감마선 영상 해석 시스템 개발
	3차원 시각화 기술
	데이터베이스 및 관제기술 개발
	입사각도 및 해상도 최적화 기술
방사능 검출 처리 기술	위험물질의 화학적 성분분석 알고리즘 개발
	방사능 물질 신호판독시스템 제작기술
감마선 화물컨테이너 평가시스템 구축 및 표준화	검색장비 사용환경 평가시스템 구축
	화물 검색시스템 요소별 성능평가기술 및 표준화
	감마선 측정장비 계측시스템 개발

1.2 후보 과제 도출 및 그룹핑

○ 감마선 화물검색시스템 기획을 위한 개발 및 적용 프로세스를 기반으로 하여 다음과 같이 3개의 세부과제와 9개의 세세부과제를 도출하였음

- 세부과제 수행 주체의 명확성 여부
- 목표성과물 구분의 명확성 여부
- 기술 분류체계 및 기술특성 타당성 평가
- 감마선 화물검색시스템의 구성요소별 연계성 여부
- 세부과제 단계로 세계시장 선도기술 도출 가능성
- 대상시장 및 파급시장의 차별성
- 민간기업 참여유도 가능성 타진
- 기존연구와의 차별성 여부

○ 기획위원회와 기획 연구진에서 제안된 다음의 세부과제 구성안에 대하여 Pugh

Matrix 기법을 활용하여 조정논리에 의거한 상대평가를 실시후 가장 효과적인 구성안으로 선정함

표 3-2. 세부과제 기존 안

기획 세부과제	후보과제 수요조사
감마선 화물 검색 시스템 구동 및 이송부 개발	판독실 내부 작업환경 개선 기술
	판독 프로그램 인터페이스 설계 기술
	스테레오 Type 검색 부 및 구동 매커니즘 개발
	검색 시스템 운영을 위한 디지털 인포메이션 가이드 시스템 개발
화물 컨테이너 검색 운영 기술	검색 시스템 통신 네트워크 및 보안기술
	화물검색 프로세스 운영 및 유지보수 기술
	검색 형태별 검색 Flow 최적화 기술
감마선 검색 영상 처리 기술	영상 획득 및 분석 알고리즘 개발
	감마선 영상 해석 시스템 개발
	3차원 시각화 기술
	데이터베이스 및 관제기술 개발
	입사각도 및 해상도 최적화 기술
방사능 검출 처리 기술	위험물질의 화학적 성분분석 알고리즘 개발
	방사능 물질 신호판독시스템 제작기술
감마선 화물컨테이너 평가시스템 구축 및 표준화	검색장비 사용환경 평가시스템 구축
	화물 검색시스템 요소별 성능평가기술 및 표준화
	감마선 측정장비 계측시스템 개발
장점	• 구성요소에 의거한 핵심과제 구성으로 핵심과제 단위의 수행효율성 높음
단점	• 세부과제수가 많아 추진방향의 분산 • 세부과제 사이의 효율적 협조 및 통합관리의 어려움이 예상됨

표 3-3. 세부과제 조정 1안

기획 세부과제	후보과제 수요조사
검색차량의 검색 구동부 제어 기술	판독실 내부 작업환경 인터페이스 설계기술
	스테레오 Type 검색 부 및 구동 매커니즘 개발
	검색 시스템 운영을 위한 디지털 인포메이션 가이드 시스템 개발
	검색 시스템 통신 네트워크 및 보안기술
	화물검색 프로세스 최적화 기술
감마선 검색 영상 처리 기술	영상 획득 및 분석 알고리즘 개발
	감마선 영상 해석 시스템 개발
	3차원 영상 최적화 기술
	데이터베이스 및 관제기술 개발
방사능 검출 처리 기술	위험물질의 화학적 성분분석 알고리즘 개발
	방사능 물질 신호판독시스템 제작기술
검색 장비 평가시스템 구축 및 표준화	검색장비 사용환경 안전성 평가 기술 개발
	화물 검색시스템 요소별 성능평가기술 및 표준화
	감마선 측정장비 검사 및 시스템 개발

주요변경사항
- Mobile 형태의 검색시스템 구성을 기준으로 운영 Process를 구동부 기술로 통합
- 검색영상 처리기술부문의 세부과제를 통합조정

장점	• 개발Item 방향의 명확성 추구 • 세부과제별 융합기술적 성격 부여의 용이성
단점	• 구동부 제어기술의 비중이 상대적으로 커짐 • 영상처리와 방사능 검출 부문이 구분되어 기술방향의 소모성이 우려

표 3-4. 세부과제 조정 2안

기획 세부과제	후보과제 수요조사
감마선 화물 검색 시스템 구동 및 이송부 개발	검색차량 검색부 구조개선 기술 개발
	검색 시스템 운영을 위한 디지털 인포메이션 가이드 시스템 개발
화물 컨테이너 검색 운영 기술	검색 시스템 통신 네트워크 및 보안기술
	화물검색 프로세스 운영 및 유지보수 기술
	판독실 내부 작업환경 최적화 및 프로그램 인터페이스 설계기술
감마선 검색 영상 및 방사능 검출 기술	감마선 영상 획득 기술개발
	감마선 3차원 영상 해석 및 표출기술 개발
	데이터베이스 및 관제기술 개발
	위험물질의 화학적 성분분석 알고리즘 개발
	방사능 물질 신호판독시스템 제작기술
감마선 화물컨테이너 평가시스템 구축 및 표준화	화물검색 시스템 요소별 성능평가 기술 및 표준화
	검색장비 사용환경 평가시스템 구축
	감마선 측정장비 계측시스템 개발

주요변경사항
• 검색영상 및 방사능 검출기술 부문을 통합시킴 (동일 Process 운영)

장점	• 개발Item 방향의 명확성 추구 • 핵심과제별 융합기술적 성격 부여의 용이성
단점	• 영상처리 및 방사능 검출 부문의 비중이 상대적으로 커짐 • 핵심세부과제의 기술이 상대적으로 세부화되어 관리의 어려움 우려

표 3-5. 세부과제 조정 3안

기획 세부과제	후보과제 수요조사
감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발	스테레오 Type 검색 부 및 구동 매커니즘 개발
	기계실 구조 개선, 판독 작업 환경 및 판독 인터페이스 개선 기술
	검색 시스템 운영 환경 개선 기술
감마선 영상획득 기술	감마선 영상 및 방사능 검출 기술 개발
	고해상도 3차원 영상해석 및 표출기술 개발
	데이터베이스 및 관제기술 개발
감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화	감마선 화물 검색시스템 요소별 성능평가기술 및 표준화
	검색환경 안전성 평가시스템 구축
	감마선 측정장비 계측시스템 개발

주요변경사항
• 핵심기능 및 요소별로 3가지로 통합운영

장점	• 기능별 개발 필요성에 의하여 명확하게 구분 • 핵심과제 단위의 고유 시장개척 가능 • 각 핵심과제에 융합기술적인 성격부여가 용이함
단점	• 핵심과제의 대형화에 따른 연구비규모 증가로 철저한 연구성과 관리 필요 • 연구성과물의 통합관리 필요

○ Pugh Matrix 평가

표 3-6. 세부과제 조정안 Pugh Matrix 평가 결과

평가기준	기준안	1안	2안	3안
세부과제 수행주체의 명확성	S	S	+	+
목표성과물 구분의 명확성 여부	S	+	+	+
기술분류체계 및 기술특성 타당성 평가	S	S	S	+
감마선 화물검색시스템의 구성요소별 연계성 여부	S	+	S	-
세부과제 단계로 세계시장 선도기술 도출 가능성	S	S	S	S
대상시장 및 파급시장의 차별성	S	-	-	+
민간기업 참여유도 가능성 타진	S	S	+	+
기존연구와의 차별성 여부	S	S	S	S
Sum of Positives	0	2	3	5
Sum of Negatives	0	1	1	1
Sum of Sames	8	5	4	2
Sum of Points	0	1	2	4

S : 기준안 대비 동등수준

+ : 기준안 대비 우위

- : 기준안 대비 열위

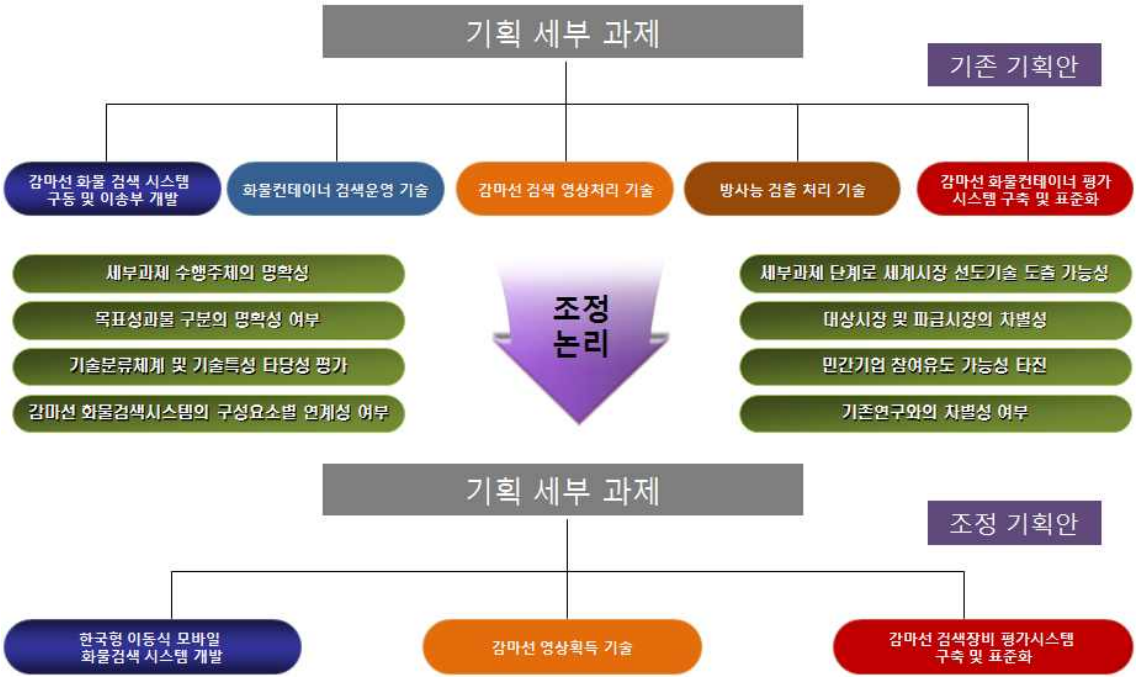


그림 3-1. 감마선 영상기반 화물컨테이너 검색시스템 세부과제 구성

제 2 절 기술 로드맵

2.1 세부과제간 전략체계

그림 3-2. 세부과제별 구성 개요

○ 3개의 세부과제는 감마선 영상기반 화물 컨테이너 검색시스템 개발 기획사업의 취지와 동일하도록 구동 및 이송부 설계 - 영상 처리 및 방사능 검출 기술개발 - 성능평가 및 표준화로 연계되어 있음

2.2 중점추진분야 Macro TRM

○ 감마선 화물검색시스템 개발을 위한 사업단의 사업기간은 3가지의 세부과제를 선정하여 총 4년으로 구성함.

○ 감마선 화물검색시스템 사업단의 궁극적인 목표는 화물검색의 정확한 영상과 대량살상무기(WMD)를 금지하기 위한 방사능 검출이 가능한 감마선 영상기반 화물 컨테이너 검색 시스템의 보급에 있음

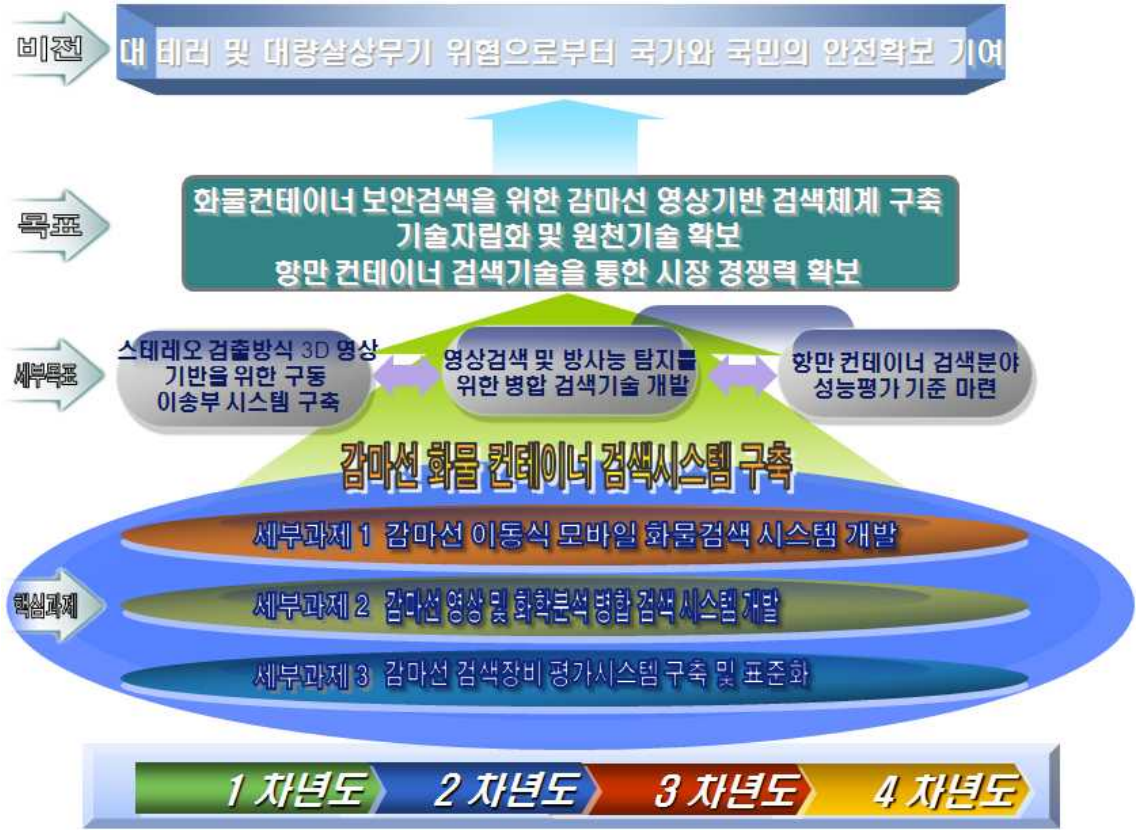


그림 3-3. 중점추진분야 Macro TRM

제 4 장 연구개발 과제 기획

제 1 절	연구개발 과제별 주요내용
제 2 절	과제별 목표 달성 방안
제 3 절	과제별 인력 투입 계획 및 소요예산
제 4 절	경제적 타당성 분석
제 5 절	정책적 타당성 분석

제 4 장 연구개발 과제 기획

제 1 절 연구개발 과제별 주요내용

1.1 과제별 세부 개발 내용

1.1.1 과제별 최종목표

○ 3장에서 도출한 바와 같이 총괄과제 이하 3개의 세부과제로 구성하였으며, 각 세부과제별 중점추진분야는 다음과 같음

표 4-1 세부과제별 중점추진분야

구분	과제명	중점추진분야
총괄과제	방사능 검출을 위한 감마선 영상기반 화물 검색 시스템 구축	• 스테레오 방식의 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템의 개발 • 3D 영상획득을 위한 감마선 병합 검색시스템 개발 • 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화
제1세부과제	감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발	• Mobile형 스테레오 검출방식 감마선 검색시스템 구동 및 이송부문의 기술자립화 • 해외 선진국 제품 대비 구동 체계 및 구조 설계 기술의 차별성 확보 • 인간공학적 판독실 환경 개선 및 판독인터페이스 개발에 의한 검색정확도 확보
제2세부과제	감마선 영상 및 화학분석 병합 검색 시스템 개발	• WMD 검색을 위한 방사능의 화학적 성분분석 알고리즘 개발 • 감마선 스테레오 영상획득 처리기술의 자립을 위한 핵심기술 개발 • 세계시장에서의 감마선 검색 영상처리기술의 주도적 입지 마련
제3세부과제	감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화	• 감마선 검색장비의 평가시스템 구축을 통한 성능지표 설정 및 표준화 코디네이션 역할 • 검색환경 측정결과의 신뢰성 및 안전성 확보 구현

1.1.2 과제별 내용

가. 총괄과제 : 방사능 검출을 위한 감마선 영상기반 화물 검색 시스템 개발

○ 총괄과제 이하 3개의 세부과제를 구성하였으며, 스테레오 방식의 감마선 이동식 검색장비의 구동부 및 이송부 개발 - 3D 영상획득 및 방사능 검출 화학분석이 가능한 감마선 병합 시스템 개발 - 검색장비 및 환경안전성 확보를 위한 평가방법 및 표준화로 연계되어 있음

표 4-2. 총괄과제의 3가지 세부과제 도출

나. 제 1 세부과제 : 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발

표 4-3. 제 1 세부과제의 세세부과제 도출

(1) 제 1 세부과제의 개발 목표

○ 항만시설 검색 시스템에서 이동식 검색차량의 수요가 증가함에 따라 수요 만족 대응을 고려한 검색 퀄리티 향상 구조 및 장기 유지가 가능한 구조 개발로 높은 판독력과 빠른 작업 속도가 가능한 감마선 이동 검색 차량 개발

○ 작업자의 작업환경의 요인에 의하여 판독의 결과는 크게 영향을 받으며, 작업환경요인 중 행동장해 요인을 제거하기 위해서는 정상적인 자세와 안전하게 작업을 하도록 작업장소의 넓이와 필요한 폭 그리고 작업통로의 높이를 확보하고 통로바닥은 장해가 되는 요소를 배재하는 구성을 취함

○ 판독 과정에 필수적인 프로그래밍 기술은 원하는 서비스를 손쉽게 실행할 수 있도록 지원되어야한다. 사용자 입장에서는 새로운 프로그램의 사용법이 용이하도록 설계

○ 판독은 영상의 특징적인 패턴을 인지하여 논리적 추론으로 그 패턴과 일치하거나 가장 가까운 가능성이 있는 사실을 추론하여 결론을 이끌어내는 작업이기에 집중력을 바탕으로 판독 작업을 할 수 있도록 프로그램인터페이스의 분류와 체계가 더욱 명확하고 간결하며 효율적인 방향으로 구성

○ 항만 시설 장비 부식에 대응하기 위한 차체 외부 구조와 장비 점검 설계로 유지 관리 효율성을 높임

○ 정밀한 판독 이미징을 위하여 진동에 의한 왜곡률을 줄여 판독 신뢰성을 높일 수 있는 구조 개발

○ 시스템 제어의 측면이라기 보다 효과적으로 운영되기 위한 방안으로 검색 운용 상황의 다양한 환경에 대응하는 유동적인 검색시스템에 대해 최적의 경로 안내를 제공하며, 원활한 작업 진행을 도와 작업 처리량 속도를 높이도록 함.

(2) 제 1 세부과제의 개발 내용

○ 스테레오 이미징 방식이 가능한 스테레오 type의 검색부 구동 방식 개발
- 타 회사 구조 특허를 회피할 수 있는 한국형 검색부 구조 개발이 필요
- 이동식 검색 차량은 1개-2개의 검출바와 1개의 발생기 형태에서 스테레오 Type개발을 통해 3D 이미징 추출을 통하여 이미징 퀄리티 향상과 2D에서 발견하지 못한 물체를 찾을 수 있음

○ 프레임 다중 엮임 구조 개발

· 원활한 이동성과 세팅 속도와 견고성을 고려하여 스테레오 Type의 다중 엮임 구조와 최소 회전 반경과 folding 횟수로 검색부 무게 및 부피를 줄여 기존 모델과 비교하여 고 퀄리티 대비 세팅 속도 최소화와 견고성을 가질 수 있음

○ 원격 높낮이 조절 가능한 검색기 길이 조절 모듈 개발.

· 다변화되어가는 컨테이너 크기 및 환경에 맞춰 검색바 높이 조절이 가능하도록 하여 다양한 수요에 대응할 수 있도록 함

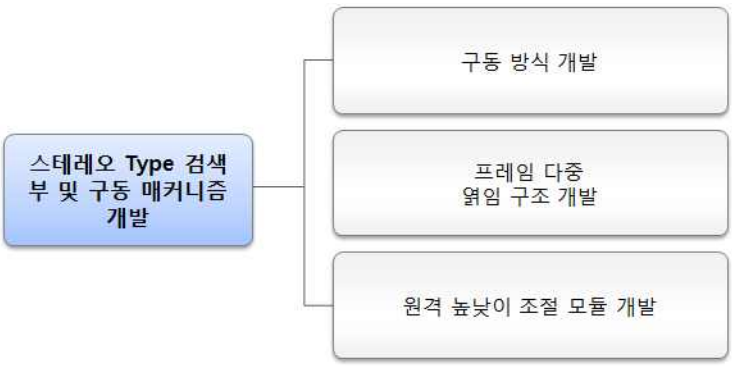


그림 4-1. 스테레오 Type 검색부 및 구동 매커니즘 개발 기술 계통도

○ 은폐 및 반은폐 하드탑 구조의 검색부

· 항만 작업 환경의 특성상 염분에 의한 부식의 영향이 크므로 부식을 방지하여 검색기와 내부 장비들을 보호할 수 있는 은폐형 구조와 반은폐 구조가 개발되어야 하며 차폐율을 높은 코팅 기술도 고려되어야 함

○ 내부장비 점검을 위한 차체 패널 Door 개발

· 은폐형 혹은 반은폐 구조 일 시 작업장의 내부 장비 점검이 수월할 수 있도록 설계되어야 하며 이동 시 진동에 의한 왜곡율을 줄일 수 있도록 무진동 차체 매커니즘이 설계 되어 판독율을 높여 작업 진행 속도를 원활하게 유지시켜 주도록 함

○ Air Bag을 응용한 무진동 판독실 및 검색부

· 검색부와 판독실 내부의 무진동 차체 매커니즘을 통하여 이동시 진동에 영향 없는 스캔 이미징을 추출할 수 있음

○ 판독실 내부의 인간공학적인 작업환경시스템을 구축

· 판독실의 위치와 크기, 공조, 소음, 조도, 모니터의 위치와 등 작업환경의 사용성 증가를 위한 각 분야의 전문가 그룹 운영을 통해 작업환경 현안과 대책마련 개선 및 논의를 진행하는 지속적 협의 시스템을 구축하도록 함

○ 판독자를 고려한 인터페이스 설계 및 구축

· 작업자의 작업 환경 중 행동 장해 요인을 제거하기 위해서는 정상적인 자세와 안전하게 작업을 하도록 작업장소의 넓이와 필요한 폭 그리고 작업 통로의 높이를 확보할 수 있어야 하며, 판독 과정에서 필수적인 프로그래밍 기술은 서비스를 손쉽게 실행 할 수 있도록 사용자 입장에서 용이한 인터페이스 설계가 이루어져야 함

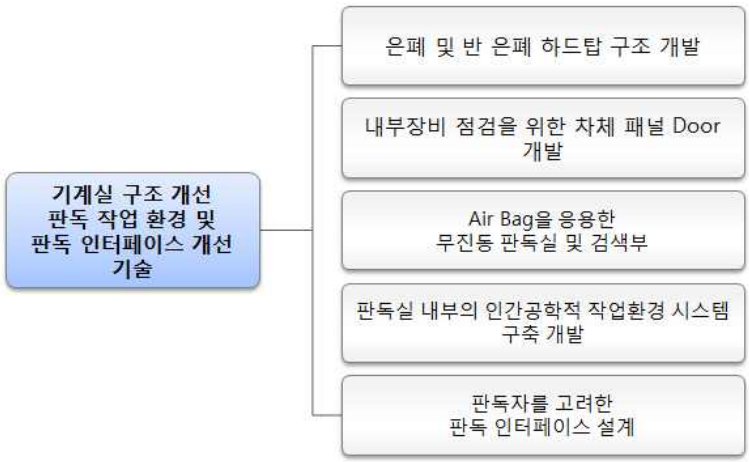


그림 4-2. 작업환경 및 판독 인터페이스 개선 기술 계통도

○ 유도로나 검색로의 검색진행 유도 시스템 개발

· 항만 검색 프로세스의 원활한 운영은 작업 속도량을 높여주어 물류 지체 해소 되며 인건비 절감을 이룰 수 있음

· 작업자와 피검색 차량을 위해 인지가 쉬운 유도 장비들 개발.

· 적절한 배치를 위한 매뉴얼 구축을 통하여 원활한 프로세스 구축

○ 디지털 인포메이션 가이드 시스템 개발

· 작업자와 피검색차의 기후 악조건에 의한 작업 환경에서 높은 시인성을 가진 디지털 인포메이션 LED와 사이렌을 활용을 통한 유도 안내로 예외상황에 대한 빠른 대처 시스템 구축

○ 구역 설정 센서 폴 설치 시간 단축 구조 개발

· 매 검색 시 세팅을 해야 하는 유도 설치는 원활한 검색 프로세스를 구축하기 어려움

· 작업자가 일일이 장비를 꺼내 조립. 설치하는 프로세스가 아닌 One Touch Pack system으로 수납함에서 장비를 꺼냄과 동시에 설치가 완성되는 구조 설계

그림 4-3. 검색 시스템 운영환경 개선 기술 계통도

(3) 제 1 세부과제 요약

1. 과제명	감마선 이동식 모바일 화물 검색 시스템 개발
2. 연구개발목표	- 스테레오 타입의 검색부 및 구동매커니즘 개발 - 기계실 구조개선 판독 작업환경 및 판독 인터페이스 개선 기술 - 검색 시스템 운영 환경 개선 기술
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 국내 항만 컨테이너 검색장비는 모두 수입에 의존한 X-선 검색장비로 검색이 진행되고 있으나 컨테이너 검색 패러다임의 변화에 대응하기에는 X-선 검색장비는 불가능함 - 영상획득 및 방사능 검출을 위하여 미국 SAIC 및 Smith Detector사에서 감마선을 이용한 검색시스템이 개발되었으며, 미국 모든 항만에 교체 구축중에 있으며, 유럽지역 항만에 지속적으로 수출중에 있음 - 동위원소를 이용한 감마선 검색장비는 발생장치 및 차폐장치부, 검출기부, 영상획득부, 이송 및 구동장치부, 판독부로 구성됨 - 중국은 정부차원의 대규모 지원을 통하여 X-ray 검색시스템을 이미 개발하였고 전세계로 수출을 하고 있는 실정이며, 현재는 감마선 화물 검사 시스템을 개발하기 위하여 시스템 구축을 위한 각 요소기술에 관한 연구를 진행중에 있으며, 특히 기존 X-ray 검색 기술을 바탕으로 감마선 3차원 검색 및 영상기술 개발을 진행중에 있음. - 미국의 경우 감마선 검색 장비기술에 있어 SAIC 사가 선도적인 기술을 보유하고 있으며, 특히 컨테이너 내용물의 외곽선과 밀도를 나타내는 방사선 이미지를 생성하는 감마선 영상처리 기술은 세계 최고라고 할 수 있음. SAIC은 VACIS라는 감마선 영상을 이용하는 종합 컨테이너 검색 시스템을 개발하였음. 감마선 검색 시스템에서 방출된 선량은 같은 수준의 획득 영상수준 기준으로 X-선 장비에서 방출된 선량의 수분의 1정도로 조사하는 기술을 보유함
4. 기존기술 활용방안	- 공사 현장의 포크레인과 시설물들의 구조 설계기술 - 3D 방안을 위한 스테레오 검출 연구수행 결과 - 기존의 판독시스템 상의 형태, 질감, 크기, 형상, 음영, 과고감, 상호위치관계 등의 특성 판별 체계를 적용하여 새로운 정량적인 판도과 자원 및 환경 등의 정보 조사 체계를 구축하는데 활용 - 무진동 차체 매커니즘의 풀 에어서스 펜션 왓슨 무진동 방식 - 항만 시설 내 레일 및 선박시설물 은폐 구조 및 코팅 기술 - Smith Detector의 HCVM L의 반 은폐 구조 설계 기술 - 유도조명은 조명산업 분야에서도 응용시스템 부분에 속하는데 국제 및 국내 기술기준이 요구하는 광학, 기구, 회로, 시스템에 적합하도록 유도등화용 등기구에 응용하여 적용하는 것이라 할 수 있음. - 디지털 가이드 인포메이션 시스템은 반도체 기술과 LED기술이 융합되는 구조로 되어있어 국내 외 유도등 제조업체 및 LED반도체 업체 등과 기술제휴 또는 협력관계를 구축하여 검색 유도 등 및 LED 사인물 제품개발이 가능함 - LED 램프의 적용은 에너지 절감과 유지관리 비용을 획기적으로 절감하는 효과를 가지고와 다양하고 광범위한 제품 적용에 용이함

5. 기술개발 필요성	- 국내 항만 시설의 검색 시스템은 수입에 의존하여 있으며 검색운영 효율을 극대화시킨 감마선 이동식 검색시스템을 구축하기 위해서는 기존 타 회사의 제품과는 차별화된 검색 구조가 필요함 - 차별성을 지닌 이동식 차량을 위해서는 이동성 강화를 위한 견고성과 경량화에 의하여 검색효율 및 판독 분석력을 높힘 - 다양한 작업환경에 신속하게 대응할 수 있는 검색부 설계 및 인간공학적 판독실 환경 개선 필요 - 판독 과정에 필수적인 프로그래밍 기술은 원하는 서비스를 손쉽게 실행할 수 있도록 지원 필요함 - 항만 시설 장비 부식에 대응하기 위한 은폐형 및 코팅 기술 개발 필요함. 작업 장소 특성상 해수면에 의한 염분에 의한 철물의 빠른 부식과 마모로 작업장의 위험성 및 유지비 적으로 손실을 최소화 시킬 수 있는 방안 마련	
6. 주요연구 개발내용	1.검색 이미징 퀄리티 향상을 위한 3D 이미징 구현을 위한 스테레오 방식 검색부 개발 2. 구동 시간 단축이 가능한 검출바의 구동 방식개발 3. 검색부 경량화 및 견고성 강화를 위한 소재 및 구조 개발 4. 검색바 길이 조절 시스템 개발 5 항만 시설 염분에 의한 부식 대비 Maintenace 개선 차체 은폐형 또는 반은폐형 구조 및 코팅 기술 6. 스캔 이미지 퀄리티 향상을 위한 흔들림 방지 무진동 차체 매커니즘 7. 장비점검 가능한 차량 기계실 개폐구조 개발 8. 인간공학적 판독실 환경 개선 개발	
7. 정부지원의 타당성	- 이동식 검색차량의 고성능화 기술경쟁력 확보 - 검색 환경 복잡도 개선, 물류 지체 해소	
8. 기술확보 전략	- 검색부 및 차량 경량화를 위한 소재 조사 및 차폐율 테스트로 방사선 검색 시 경량화 뿐 만 아니라 안전성을 고려한 소재 선정 - 3D스테레오 이미징 가능 구조 조사 및 구조 시뮬레이션에 의한 최적화 방안 - 검색부 견고성 강화를 위한 구조 개발 - 위치 조절 사용조작 방식에 대한 기존 현황 분석, 만족도 조사 선정 - 항만 시설 작업차량들의 부식 속도 및 정도분석 - 국내 외 상판 자동 조절 개폐식 차량 분석 및 효율성 및 속도 조사를 통하여 접목 가능한 하드탑 구조와 반은폐 구조 회의 - 무진동 차량 설계를 위한 전문가 협의 및 구조 구축 - 판독자의 기존 작업환경에 대한 요소기술들을 확보 및 실황 조사를 통한 데이터베이스를 확보. - 인터페이스 아이트래킹 및 판독자 관찰 인터뷰 - UI 전문가 협의을 통한 IA 구축 및 화면 설계 - 판독은 영상의 특징적인 패턴을 인지하여 논리적 추론으로 그 패턴과 일치하거나 가장 가까운 가능성이 있는 사실을 추론하여 결론을 이끌어내는 작업이기에 집중력을 바탕으로 판독 작업을 할 수 있도록 프로그램인터페이스의 분류와 체계가 더욱 명확하고 간결하며 효율적인 방향으로 구성되도록 함.	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 스테레오 이미징 방식이 가능한 스테레오 type의 검색부 - 프레임 다중 엮임 구조 - 높낮이 조절 가능한 검색기 길이 조절 모듈

		- 은폐 및 반은폐 하드탑 구조의 검색부 - 내부장비 점검을 위한 차체 패널 Door - 이동 시 흔들림 없는 검색 영상 이미지가 가능한 Air Bag을 응용한 무진동 차체 - 판독실 내부의 최적의 작업환경을 위한 인간공학적인 작업환경시스템 - 판독 정확도, 판독자를 고려한 인터페이스
	활용방안	- 항만 시스템 고 정밀 특별 검사와 세부 검사 - 항만 외 도로 차량 검색
10. 기대효과 및 파급효과	- 소재 및 무게 경량화는 엔진 효율을 높여 모바일 차량의 성능 향상을 극대화 시키고 그로 인해 연비 향상을 도모할 수 있으며, 장기 유지에 효과적임 - 검색 속도의 향상으로 인하여 빠른 작업 속도와 거기에 비례하는 많은 작업량을 동시에 진행함 - 판독자의 몸에 맞는 판독실 내부의 환경과 그 시스템으로 인해 판독의 정확성과 효율성이 증대되며 이로 인한 경제적 이윤창출도 기대함 - 개선된 작업환경과 인터페이스 구축으로 인해 그 시스템을 이용하는 판독자의 전문성이 요구되고 멀리 나아가 이를 위한 고용창출과 고도의 전문성을 요구하는 전문분야로서 성장할 가능성이 더욱 커지는 계기가 됨. - 은폐 및 반은폐 차체구조는 항만시설 검색 시스템의 최적화 사용이 가능하며 장기 유지 관리에 큰 영향을 주어 금액 절감 효과를 줌. 검색 출입체계의 개선으로 업무 절차를 줄이고 위험요소를 해소하는 효과를 가지고와 취약점인 안전 검색 운용에 대한 원천적인 해결방안 제시 - 디지털 가이드에 의거한 출입체계를 표준화하고 다양한 발생상황에 대비한 부가적 안전화 산업의 시장도 확대될 것이라 판단됨	

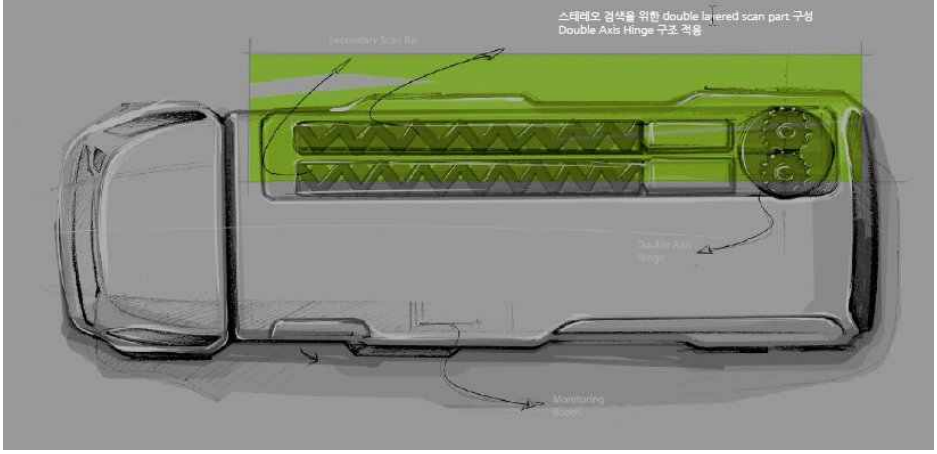
(4) 이동형 모바일 감마선 검색 시스템 모델 시안

○ 이동형 모바일 감마선 검색 시스템에 대한 특징을 구분하여 그림과 같이 모델 시안을 작성하였음

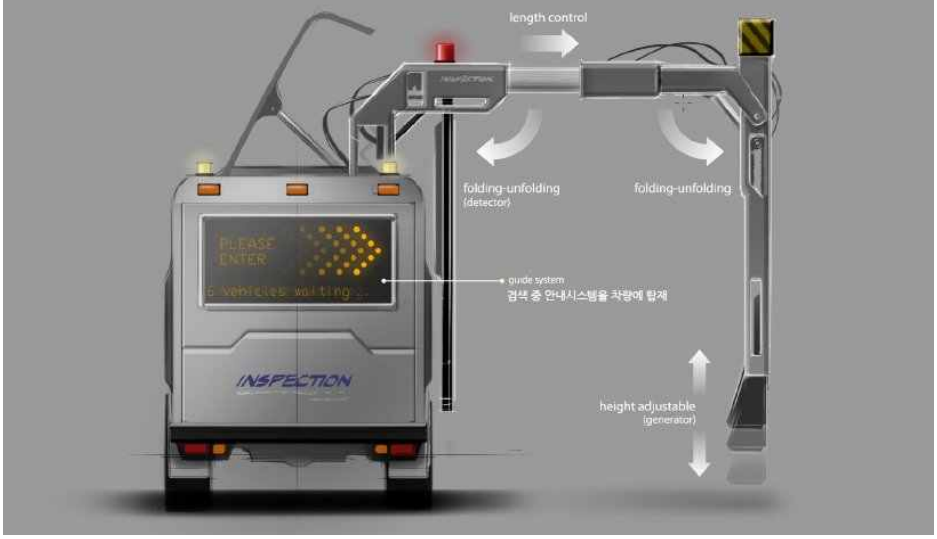
1-1. 스테레오 검색 시스템 동작 메커니즘
운전형으로 검색박가 내부에 장착
검색시 상판 도어가 열리면서
내부 구조물이 구동됨

1-1. 스테레오 검색 시스템 동작 메커니즘
운전형으로 검색박가 내부에 장착
검색시 상판 도어가 열리면서
내부 구조물이 구동됨
OPEN

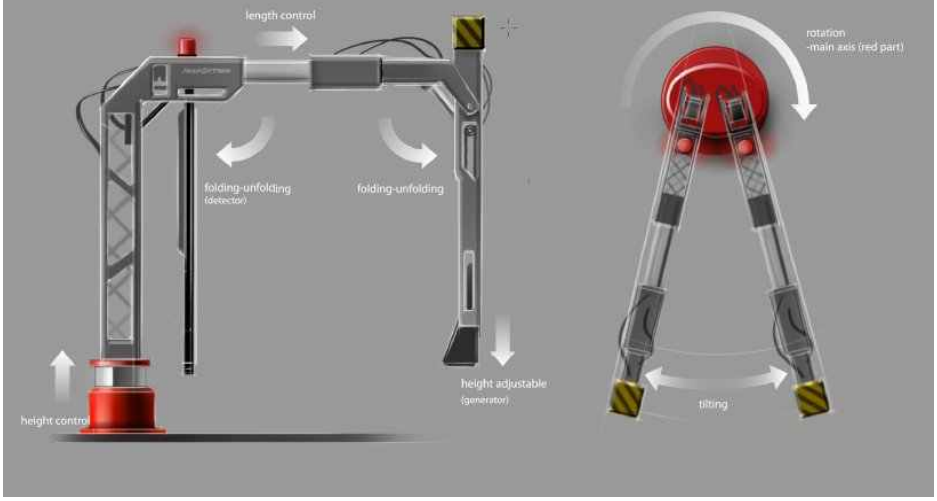
1-1. 스테레오 검색 시스템 동작 메커니즘



1-1. 스테레오 검색 시스템 동작 메커니즘



1-1. 스테레오 검색 시스템 동작 메커니즘

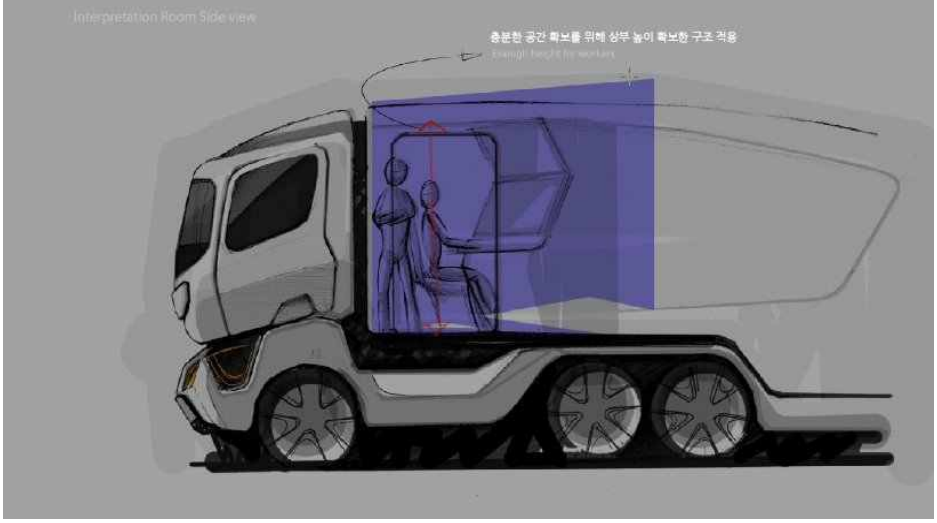


1-2. 기계실 및 판독실 환경 구성 예상도

1-2. 기계실 및 판독실 환경 구성 예상도

1-2. 기계실 및 판독실 환경 구성 예상도

1-2. 기계실 및 판독실 환경 구성 예상도



1-2. 기계실 및 판독실 환경 구성 예상도

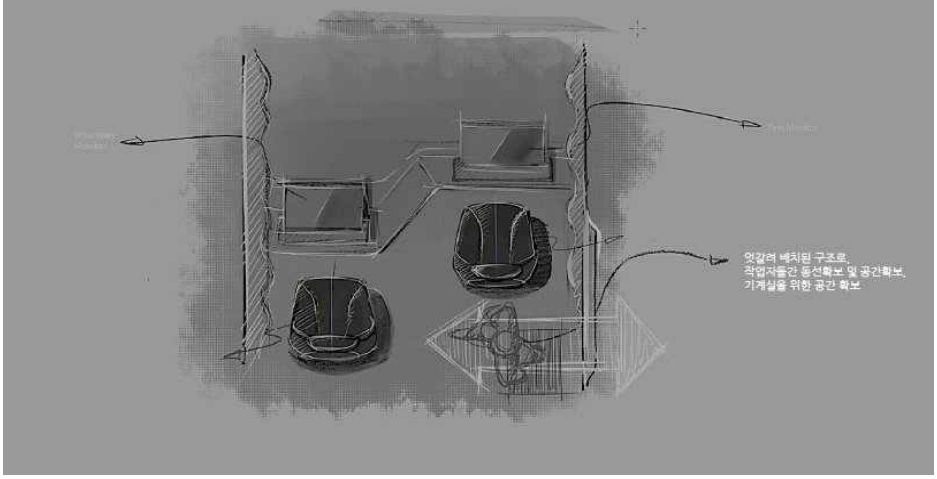


그림 4-4. 이동형 모바일 감마선 검색시스템의 모델 시안

다. 제 2 세부과제 : 감마선 병합 검색시스템 개발

표 4-4. 제 2 세부과제의 세세부과제 도출

(1) 제 2 세부과제의 개발 목표

○ 감마선 화학적 분석영상 기술은 물류보안을 위한 극대화시키기 위한 화물 내부의 정확한 화학분석을 통해 위험물 검출을 현실화한 화학분석 영상 기술을 개발함

○ 감마선 투과방식을 이용하여 화학분석 영상을 획득하고 판별할 수 있는 제반기술을 개발함

○ 화물컨테이너 검색의 경우 이미지영상만으로는 폭발물 및 대량 살상 무기를 검출하는 것이 어렵기 때문에 내용을 개봉하지 않고도 검색을 하기 위해서는 감마레이를 통한 화학적 분석기술을 개발함

○ 위험 물질을 식별할 수 있는 화학적 성분분석 알고리즘을 개발함

○ 영상 분석 판독과 화학적 분석 판독을 병합하여 위해 및 위험물질 판독기능을 개발함

○ 물질투과영상으로 1차적으로 육안검사가 가능하게 하고, 2차적으로 육안검사가

불가능한 위험물에 대해 화학적 성분 분석을 통해 검색의 신뢰도를 높이는 병합검색 기술을 개발함

○ 국내의 수풀품 및 위험물의 DB화

○ 검색업무를 효율적으로 할수 있는 관제기술 연구 개발

(2) 제 2 세부과제의 개발 내용

○ 기존 감마검색장비의 투과력 및 분해능 측정 방법 세부 규격 분석
- 기존 감마검색장비의 세부 규격 및 성능분석을 통한 세부 연구 개발 지표로 활용

○ 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘 연구
- 대량살상무기(WMD)의 위험물질에 대한 방사능 검출 및 화학적 성분분석연구

○ 감마레이 검출기의 검출기술 및 검출된 화학적 분석영상 획득, 표출에 관한 알고리즘 설계기술 연구

○ 감마레이 검출 분석영상 해석 및 처리 프로세스 개발
- 검색 이미지의 영상품질에 따라 판독시 검색결과에 큰 영향을 주는 요소임

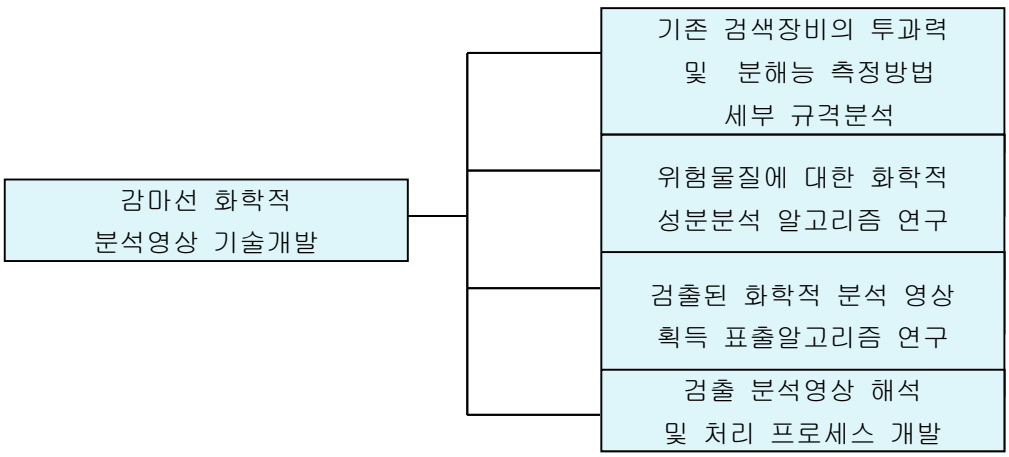


그림 4-5. 감마선 화학적 분석영상 개발의 기술 계통도

○ 국내 주요대상 (관세청, 공항, 항만)의 기술 요구 수준 분석

- 주요 검색 시스템이 필요한 수요처의 기술요구 수준을 분석하여 연구개발의 지표로 활용

○ 물질 투과영상의 이미지 및 화학 분석 영상 병합처리 프로세스 분석

- 물질투과영상과 화학분석 영상의 병합처리를 통해 육안판독 및 화학분석판독을 처리할 수 있도록 설계함

○ 3차원영상인식 처리기법 및 고속병합 검색기능 연구

- 영상검색과 화학성분 감지가 동시에 처리되어 화물 검색 속도가 단축되어 많은 작업량을 처리할 수 있도록 함

○ 엑스레이의 해상도 영상획득과 감마레이 화학분석영상의 병합기능 개발

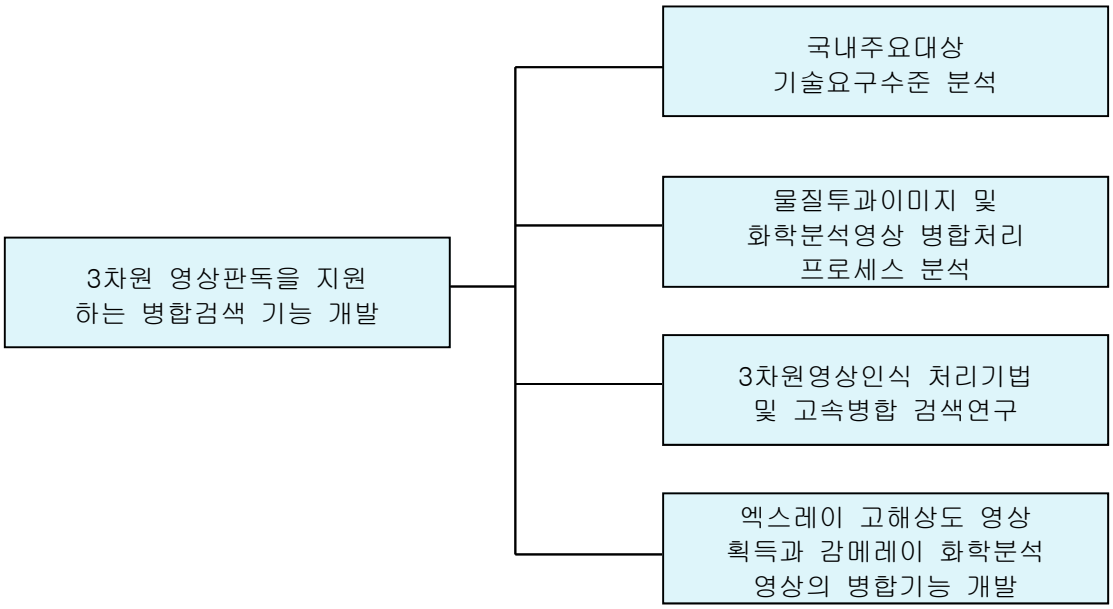


그림 4-6. 3차원 영상판독 기능을 지원하는 병합검색의 기술 계통도

○ 국내외 상용화제품의 사양 및 성능 기준 분석

○ 국내 주력수출품 및 위험물의 library구축 및 DB화

○ 업무를 통합적이고 단일화된 뷰에서 제공할 수 있는 검색 모니터링 시스템개발

- 검색 관제기술 개발로 전체적인 검색 시스템 완성화

○ 데이터 융합 및 연계를 위한 관제 운영시스템 연구개발

- 검색물의 영상화 및 방사능 검출이 가능한 시스템 일체형 컨테이너 화물 검색기 개발

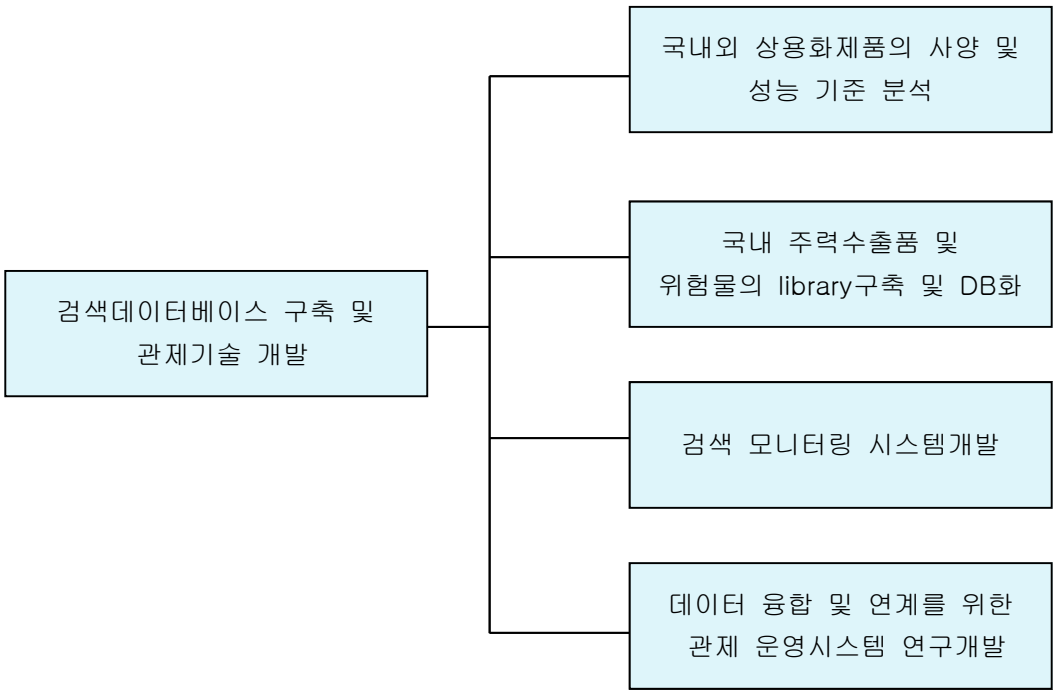


그림 4-7. 검색 데이터베이스 구축 및 관제기술 계통도

(3) 제 2 세부과제 요약

1. 과제명	감마선 병합 검색시스템 개발
2. 연구개발목표	- 감마선 화학적 분석 영상 기술개발 - 3차원 영상판독 기능을 지원하는 병합검색 기술개발 - 검색 데이터베이스 구축 및 관제기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 감마선 조사기술은 검색 시스템 기술자립을 위한 가장 핵심적인 기반기술임. 현재 조사기술에는 한계가 있고 컨테이너의 많은 부분을 조사하려면 상당한 비용이 더 들게 되며, 이로 인한 물류지체는 지속적으로 증가하게 됨. 물류지체 없이 대량의 컨테이너를 효과적으로 검색하기 위해서 검색시스템 조사 기술의 개발이 절실히 요구되는 상황임 - 항만에서 화물 컨테이너의 대량살상무기 또는 방사능 물질을 검출하는데 주로

	사용하는 기법은 대면적 고효율 검출기를 사용하는 감마선(Gamma-ray) 및 중성자 조사법 임. 이 방법은 검색을 위해 컨테이너가 멈추지 않고 실제 운행속도에서 방사능 검색을 가능하게 함. - 방사선 소스가 고밀도, 고준위 물질로 철저하게 차폐되게 되면 본 검출방식으로 소스를 탐색이 쉽지 않은 경우가 발생할 수도 있는데 고밀도 물질을 검출할 수 있는 X-선이나 감마(Gamma)선을 융합시켜 상호보완기법을 사용할 수 있음. - 미국의 SAIC 사는 감마선 조사기술의 상당한 기술력을 보유하고 있으며, Portal형 감마선 컨테이너 검색장비를 개발 완료함. - 미국 해군연구소에서는 컨테이너 검색을 위한 고해상도 위치 검출 및 정확한 이미지를 획득하기 위한 감도가 향상된 감마선 검출기를 개발하였음. 감마선 조사시 상호작용할 때 물체의 3차원 위치는 서브밀리미터 수준의 정확도를 보이는 단일 게르마늄 스트립 검출기이며, 기술력을 바탕으로 실리콘 스트립 검출기 개발을 연구중에 있음. - 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 부족한 상황이나, 정부지원을 통하여 검출기의 방사선 손상연구 및 내방사선 센서를 개발 중에 있으며, 검출기 에너지 켈리브레이션, 양성자 에너지에 따른 검출기의 반응연구, 검출기 위치에 따른 Uniformity 연구를 진행중에 있음. - 중국의 경우 팅화퉁팡워이스(Nuctech)사는 1998년 세관당국과 협력시스템을 구축, ‘H986 프로젝트’를 수행함. 이는 대형 컨테이너 화물 검색 설비 및 그 보조 시스템의 개발에 관한 사업으로 첨단 과학기술을 활용하여 수출입 컨테이너 화물에 대한 X-ray 검사를 통하여 실제화물과 신고화물 일치여부의 확인을 목적으로 함. Nuctech는 X-ray 화물검색 시스템의 기술은 세계적인 수준에 있으며, 15여개 국가에 100여대 수출하였음. 특히 복사영상 기술분야에 있어 수십년 간의 연구경험과 기술 노하우를 보유하고 있고 핵심기술에 대한 지적 재산권을 보유하고 국내외 기술특허를 취득함. - 미국은 컨테이너 검색 영상을 통합적으로 디스플레이 할 수 있는 ICIS 뷰어를 개발하였음. 이는 방사선 이미지, 컨테이너 부분별 방사선 분포, 컨테이너 식별을 위한 OCR 데이터 및 그 밖의 정보를 통합된 정보를 가시화 할 수 있는 영상기술을 개발하여 감마선 검색 시스템에 적용하고 있음.
4. 기존기술 활용방안	- 화물검색의 영상처리 기술은 정확한 판독의 문제이므로 매우 중요한 부문이지만 국내 영상처리 기술은 낮으며 기술이 있다 해도 이에 대한 적정성 검토 할 자료가 없으므로 해외기술에 의존하고 있는 실정임. - X-ray 화물검색 시스템 기술 및 3차원 고속영상 기술을 응용
5. 기술개발 필요성	- 화물 컨테이너 검색 시스템의 위험물질 검색을 위한 목적을 해결하기 위하여 용도에 적합한 고 해상도 영상 분석 기술개발이 시급한 과제임. - 검색처리량을 늘리기 위하여 분석시간을 최대한 줄이고, 기존 개발된 하드웨어와 소프트웨어 변경을 최대한 줄여 개발 비용을 최소화하고 영상의 정확도를 높이기 위하여 시스템 공간 분해능을 개선하는 기술이 필요함. - 최고해상도는 저 감쇠 물체의 영상에서 얻을 수 있으므로 광자 제한 설계를 이용하여 감쇠정도가 증가할 때 얻어진 데이터를 큰 가상 픽셀에 재 저장하여 화

	소수 밀도와 공간 분해능을 단계적으로 높이는 기술이 필요함 - 화물 컨테이너 검색 시스템의 위험물질 검색을 위한 목적을 해결하기 위하여 용도에 적합한 고 해상도 영상 분석 기술 및 화학성분 분석 융합기술 개발이 시급한 과제임 - 육안으로 검사를 통해서는 폭발물 및 위험물질을 검색해 내는 것은 매우 어렵고 내용물을 개봉해서 일일이 검사해야 하는 불편함 해소 - 검색자 육안에 의한 판독으로 검색자에 따른 랜덤한 오차가 존재 - 검색시 검색자의 육안의 의존하는 판독으로 위해 및 위험물질을 판독해 내지 못하는 경우가 발생 - 위해용품(도검류등)과 폭발물(방사능) 이 혼합되어 있을 경우 개봉검사를 통한 사고 위험성이 있음 - 폭발물 및 방사능 물질을 자동 탐색하여 즉각적인 대응이 가능하도록 영상 인식 및 화학분석 기능의 병합되어야 함
6. 주요연구 개발내용	- 기존 감마검색장비의 투과력 및 분해능 측정 방법 세부 규격 분석 - 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘 연구 개발 - 감마레이 검출기의 검출기술 및 검출된 화학적 분석영상 획득, 표출에 관한 알고리즘 설계기술 연구 - 검출 분석영상 해석 및 처리 프로세스 개발 - 국내 주요 대상(관세청, 공항, 항만)의 기술요구수준 검토 - 물질투과영상의 이미지 및 화학분석 영상 병합처리 프로세스 연구 - 3차원 영상인식 처리기법 및 고속병합 검색기능 연구 - 3차원영상과 감마레이 화학분석영상의 병합기능 개발 - 국내외 상용화제품 사양 및 성능 기준 분석 - 국내 주력수출품 및 위험물의 library구축 및 DB화 - 업무를 통합적이고 단일화된 뷰에서 제공할 수 있는 검색 모니터링 시스템개발 - 데이터 융합 및 연계를 위한 관제 운영시스템 연구개발
7. 정부지원의 타당성	- 감마선 투과방식을 이용하여 취득한 영상을 기반으로 정해진 기준에 따라 합격여부를 판정할 수 있는 감마선 검색시스템의 설계·제작과 통관과 관련된 국내외 모든 물류시설에 적용 가능기술 확보. - 매년 전 세계 컨테이너 중에서 600만개의 컨테이너가 미국으로 들어가고 있는 상황에서 수출컨테이너 화물의 100 % 사전검색을 의무화한 법률이 확정됨에 따라 미국으로 수출되는 모든 해상 컨테이너 화물은 선적지 항만에서 선적 전에 검사를 받아야 함. - 그러나 우리나라 기술로 개발된 검색기는 전무한 실정으로 전량 수입에 의존할 수밖에 없는 입장임. - 이를 위하여 검색장비의 응용기술을 보유하고, 개발되는 제품이 상용화되어 해외에 수출될 수 있는 가술 개발이 시급함.
8. 기술확보 전략	- 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘 기술 · 대량살상무기(WMD)의 위험물질에 대한 방사능 검출 및 화학적 성분분석 - 감마레이 검출기의 검출기술 및 검출된 화학적 분석영상 알고리즘 설계기술 - 검출 분석영상 해석 및 처리 프로세스 - 물질투과영상의 이미지 및 화학분석 영상 병합처리 프로세스 연구

	- 3차원 영상인식 처리기법 및 고속병합 검색기능 연구 - 3차원영상과 감마레이 화학분석영상의 병합기능 개발 - 국내외 검색시스템 상용화제품 사양 및 성능 기준 분석 - 국내 주력수출품 및 위험물의 library구축 및 DB화 - 업무를 통합적이고 단일화된 뷰에서 제공할 수 있는 검색 모니터링 시스템개발 - 데이터 융합 및 연계를 위한 관제 운영시스템 연구개발	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	1. 위험물질에 대한 화학 성분분석 기술 2. 화학분석영상획득 및 표출관련 기술 3. 검출분석 영상 해석 처리 프로세스 4. 병합처리 프로세스 5. 고해상도 3차원 영상이미지 처리 기술 6. 고해상 3차원 영상 및 화학분석 기능의 병합기술 7. 국내 주력수출품 및 위험물의 library구축 및 DB구축 8. 검색 모니터링 시스템 9. 관제 운영시스템
	활용방안	- 검색 시스템 및 판독 시설 제조사 - 감마검색 담당자 및 관계자
10. 기대효과 및 파급효과	- 감마선 투과방식을 이용하여 취득한 영상의 판독 정확성과 효율성이 증대되며 이로 인한 검색 시간의 단축으로 경제적 이윤창출도 기대할 수 있음 - 항만시설 검색 시스템의 응용기술 개발로 신규 검색기 개발이 가능하여 수입에 의존하는 검색시스템의 국산화 가능	

라. 제 3 세부과제 : 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

표 4-5. 제 3 세부과제의 세세부과제 도출

(1) 제 3 세부과제의 개발 목표

○ 감마선 검색시스템 설치, 사용 및 유지보수, 검색과정의 절차, 결과의 판독 및 기록유지등의 효율적 운영과 검색 결과의 정확도를 극대화시키기 위하여 감마선 화물 컨테이너 검색시스템의 요소별 성능평가 기준 및 방법을 개발함

○ 동위원소 사용에 의한 방사능 피폭으로부터의 안전성 문제가 거론될 수 있으며, 더불어 일본 방사능 유출사태와 관련하여 방사선이 유출에 의한 주변환경 및 사용자의 안전성 문제의 중요성이 대두되고 있음

○ 항만의 화물 컨테이너 검색 수행에 있어 방사능 동위원소를 사용함으로 검색 환경의 안전성을 확보하기 위하여 시험평가 기술을 확보하고 이에 따른 방사선 측정 시스템 개발 및 측정기술을 구축함

○ 방사선 검색환경 피폭과 관련한 측정은 작업환경의 표면오염, 공기중 오염, 개인피폭(피부오염, 내부오염)으로 구분할 수 있으므로 항목별 오염도 측정에 관한 측정기술을 개발하고 방사능 계측시스템을 구축하여 검색환경 안전을 확보함

(2) 제 3 세부과제의 개발 내용

○ 감마 검출기 성능평가 시스템 개발
- 감마 검출기 평가요소 선정 및 스펙트럼 분석 절차 확립
- 감마 검출기 성능분석을 위한 피크탐색, 피크 에너지 결정, 핵종 결정, 피크 면적 산출, 방사능 산출 등의 평가요소에 따른 기하학적 해석 기법 개발
- 여러 에너지의 감마선을 내는 핵종의 한 에너지에서 피크 탐색시 다른 에너지에 해당하는 위치에 피크의 유무를 확인하는 라이브러리 지시탐색 기술 개발
- 검출기의 오염도 측정을 위한 평가방법 구축
- 주변환경의 변수에 따른 검출기의 민감도, 검출효율 및 반응효율 분석기술 개발
- 측정두께에 따른 영상처리 및 민감도 평가기술 개발

○ 영상처리 시스템 성능평가 기술개발
- 감마선 검색 영상의 품질 확보를 위한 영상처리 시스템의 평가요소 설정

· 감마선 계수치의 크기와 공간분해능 및 검색물의 두께와의 관계 규명
· 신호크기에 따른 영상의 왜곡 및 대조도(Contrast resolution), 해상도를 분석하는 영상품질 평가 시스템 구축

○ 감마선 검색시스템 구동 및 이송부의 성능평가 기술개발
· 검출바 중량 측정방법 개발
· 검출기 구조의 진동측정 시스템 개발 및 측정기술 개발
· 검색바 길이측정 시스템 개발 및 측정기술 개발

○ 감마선 화물컨테이너 검색시스템의 특성 및 성능평가 표준화 마련
· 감마선 검색장비의 각 요소별 특성 및 성능평가 방법 분석
· 시험평가를 위한 기준마련 및 시험조건 확립

○ 감마선 검색장비 운영환경 감시 프로그램 개발
· 화물컨테이너 검색환경의 전반적인 방사선 방호 프로그램을 포함한 작업환경을 식별하기 위한 평가 기술 및 방사선 피폭방지를 위한 유효선량의 정량화 평가기준 설정
· 피폭상황에 따른 감시 프로그램 모델 개발
· 내부피폭을 감시하기 위한 기준준위 설정
· 화물컨테이너 검색환경 감시프로그램 운영을 위한 효과적인 품질보증 프로그램 개발

○ 화물컨테이너 검색환경 안전성 평가기술 개발
· 방사선 동위원소 분석 및 방사선량 계측 시스템 구축
· 사용환경의 방사선장 측정 및 시험평가 절차 개발
· 방사선 측정시료의 방사능 분석방법 개발
· 내,외부피폭 선량률 및 선량 평가방법 구축
· 화물 컨테이너 검색환경 안전성 평가 및 방사능 피폭량 기준 마련

○ 감마선 검색환경 측정장비의 시험 및 교정방법 개발

○ 방사선 측정장비에 따른 교정기술 기준서 개발

○ 방사선 측정장비에 따른 교정시스템 구축 및 KOLAS 인정항목지정 기반마련

○ 측정값 통계처리 및 불확도 산정 시스템 개발

○ 방사선 측정장비의 시험평가 기준 마련 및 시험장비 구축

(3) 제 3 세부과제 요약

1. 과제명	감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화
2. 연구개발목표	- 감마선 검색시스템 설치, 사용 및 유지보수, 검색과정의 절차, 결과의 판독 및 기록유지등의 효율적 운영과 검색 결과의 정확도를 극대화시키기 위하여 감마선 화물 컨테이너 검색시스템의 요소별 성능평가 기준 및 방법을 개발함 - 방사선 검색환경 피폭과 관련한 측정은 작업환경의 표면오염, 공기중 오염, 개인피폭(피부오염, 내부오염)으로 구분할 수 있으므로 항목별 오염도 측정에 관한 측정기술을 개발하고 방사능 계측시스템을 구축하여 검색환경 안전을 확보함
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 감마선 화물검색 시스템의 제조는 거의 전량 미국(SAIC와 스미스 디텍션)에서 생산되며, 제조회사에서는 제품을 출시하기 전에 그들이 공표한 사양과 실제 성능이 일치하는지 공장에서 정도검사를 수행함. 이 경우 공장검사는 MEMA에 의해서 개발된 절차에 따라서 이루어짐. - MEMA 기준으로 표시된 성능사양을 확인하기 위해서는 쉽게 구할 수 없는 특별한 장치가 필요한 경우도 있고, 대부분 장비회사가 보안상의 이유로 측정치를 얻는 방법을 공개하지 않거나 자기 회사의 엔지니어에 의해서만 시행하도록 하는 경우가 대부분임. - 현재 국내 항만에 설치되어있는 X-ray 검색장비의 경우에도 전문적이고 완벽한 검증을 하지 못하고 문제가 발생시 장비회사의 엔지니어에 의존하여 많은 비용과 시간을 들여서 유지보수를 해야만 하는 상황이며, 대응이 지연되므로 이로인한 물류지체가 발생됨 - 방사성 물질에 의한 내부오염의 위험에 노출되어 있는 작업자를 감시하기 위한 작업장 감시 및 개인감시의 방사능에 대한 일반적인 기준을 설정하고 관련 규격에 의한 프로그램 개발을 진행중에 있음 - 의료분야 방사능 계측은 인체내와 밖에서의 방사선 핵종을 측정하기 위한 절차 및 시험평가 방법이 확보되어 있음
4. 기존기술 활용방안	- 관세청에서 제시한 기존 X-RAY 검색장비의 성능평가 평가방법 활용 - X-RAY 검색장비의 매뉴얼 및 세부규격서 활용 - 기존 감마선을 이용한 카메라, 스펙트로미터 등의 영상화 평가기술 응용 및 활용 - 방사선 발생장치, 검출기 등의 요소별 평가방법 활용
5. 기술개발 필요성	- 방사선에 의한 영상시스템에 의하여 생산되는 영상은 항상 최적의 상태를 유지할 필요가 있음. - 검색시스템은 그 수명이 다할 때 까지 여러 가지 수준에서의 성능평가 검사가 필요함. - 화물 컨테이너의 정확한 검색을 위하여 감마선 검색시스템의 효율성과 신뢰성이 보장되어야 하며, 검색결과의 품질을 확보하기 위하여 검색시스템의 요소별 시험평가 기술 및 방법이 확보되어야 함 - 검색률이 높아짐에 따라 검색시스템이 노후화되면 성능평가 및 정도관리 부문이 체계적인 시스템으로 구축되어야 할 필요성 증가 - 감마선 검색시스템은 동위원소에 의한 감마선을 이용한 영상 및 방사능 검출을 목적으로 하므로 이를 사용하는 사용자 및 사용환경의 안전성 확보가 매우 중요함 - 해외에서 개발한 감마선 검색시스템은 검색환경 평가결과 방사선에 의한 피폭량이 거의 없다고 알려져 있고 주기적인 평가 프로그램을 구축하여 검색환경의 안전을 확보하

	고 있음
6. 주요연구 개발내용	- 감마 검출기 성능평가 시스템 개발 · 감마 검출기 평가요소 선정 및 스펙트럼 분석 절차 확립 · 감마 검출기 성능분석을 위한 피크탐색, 피크 에너지 결정, 핵종 결정, 피크 면적 산출, 방사능 산출 등의 평가요소에 따른 기하학적 해석 기법 개발 · 여러 에너지의 감마선을 내는 핵종의 한 에너지에서 피크 탐색시 다른 에너지에 해당하는 위치에 피크의 유무를 확인하는 라이브러리 지시탐색 기술 개발 · 검출기의 오염도 측정을 위한 평가방법 구축 - 영상처리 시스템 성능평가 기술개발 · 감마선 검색 영상의 품질 확보를 위한 영상처리 시스템의 평가요소 설정 · 신호크기에 따른 영상의 왜곡 및 대조도(Contrast resolution), 해상도를 분석하는 영상품질 평가 시스템 구축 - 감마선 검색시스템 구동 및 이송부의 성능평가 기술개발 · 검출바 중량 측정방법 개발 · 검출기 구조의 진동측정 시스템 개발 및 측정기술 개발 · 검색바 길이측정 시스템 개발 및 측정기술 개발 - 감마선 화물컨테이너 검색시스템의 특성 및 성능평가 표준화 마련 · 감마선 검색장비의 각 요소별 특성 및 성능평가 방법 분석 · 시험평가를 위한 기준마련 및 시험조건 확립 - 감마선 검색장비 운영환경 감시 프로그램 개발 · 화물컨테이너 검색환경의 전반적인 방사선 방호 프로그램을 포함한 작업환경을 식별하기 위한 평가 기술 및 방사선 피폭방지를 위한 유효선량의 정량화 평가기준 설정 · 화물컨테이너 검색환경 감시프로그램 운영을 위한 효과적인 품질보증 프로그램 개발 - 화물컨테이너 검색환경 안전성 평가기술 개발 · 방사선 동위원소 분석 및 방사선량 계측 시스템 구축 · 사용환경의 방사선장 측정 및 시험평가 절차 개발 · 방사선 측정시료의 방사능 분석방법 개발 - 감마선 검색환경 측정장비의 시험 및 교정방법 개발 - 방사선 측정장비에 따른 교정기술 기준서 개발 - 방사선 측정장비에 따른 교정시스템 구축 및 KOLAS 인정항목지정 기반마련 - 측정값 통계처리 및 불확도 산정 시스템 개발 - 방사선 측정장비의 시험평가 기준 마련 및 시험장비 구축
7. 정부지원의 타당성	- 감마선 검색시스템 개발은 국제적 검색 패러다임의 변화에 신속한 대응의 결과로 볼 수 있으며, 검색장비의 성능평가기술은 검색결과의 신뢰성 확보를 위하여 반드시 필요한 과정임 - 물류지체를 극복한 유지보수의 신속한 대응 및 지속적인 품질관리의 기준 데이터 확보가 절실히 요구되는 상황에서 정부지원이 반드시 필요함 - 성능평가 지표 및 신뢰도 평가방법을 구축하고 장비의 주기적 정도관리를 수행할 수 있도록 구체적인 체계가 마련이 절실함
8. 기술확보 전략	- X-선 검색장비의 성능평가 방법 및 기준 활용 - 감마선 영상처리 평가기술 응용 - 방사선 검색장비의 국제적 관리 기준 및 평가방법 활용 - 방사성 동위원소 분석 및 방사능 분석 연계 기술

	- 원자력 폐기물 방사선 측정 및 방사선 물질의 오염도 평가기술 응용	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	-감마 검출기 성능평가 시스템 -영상처리 시스템 성능평가 방법 -검색구동부 및 이송부의 성능평가 기술 -감마선 검색장비 성능평가기술분야의 표준화 - 감마선 검색환경 감시 프로그램 - 방사선량 측정 시스템 - 검색환경 안전성 평가 및 시험방법 - 방사선 측정장비의 교정기술기준서 - 방사선 측정장비에 따른 교정시스템 - 방사선 측정장비의 교정 절차서 - 측정값 및 통계처리 및 불확도 산정 시스템
	활용방안	- 항만 및 내륙화물, 공항 등의 물류보안 요구부처 - 감마검색 담당자 및 관계자
10. 기대효과 및 파급효과	- 검색성능이 확보된 최적의 검색품질 확보 - 검색결과의 신뢰성 확보 - 유지보수의 원활한 대응에 의한 물류지체 해소 - 방사선 검색장비의 시험평가기술, 평가전문인력양성, 교육프로그램등의 새로운 부가가치 창출 - 정기적인 검색환경의 안전성 평가 수행 - 화물 컨테이너 검색환경의 안전성 확보 - 검색장비 운영자의 작업 기피현상 해소	

1.2 과제별 기술성과 지표 및 목표 설정

세부과제	목표 설정 항목	성능지표		개발수준	설정근거
감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발	스테레오 Type 검색부 및 구동 매커니즘	총 세팅시간		30분 이내	국내 독자기술
		구조 시스템		독자적 방식	
		검색 가능 영역높이(바닥면)		5 m	관세청 시방서
	기계실 구조개선 판독 작업환경 및 판독인터페이스	소음차단		70 dBA	국내 독자 기술
		공조량 (온도, 습도)		25~50도 / 5~95%	
		무진동 시스템		지반진동치 대비 5~30 %	
		은폐 장비 커버율		80 %	
	검색 시스템 운영 환경	시인성(기후조건영향)		4100K 수준 유지	
		검색 능력		30 대 /1h 이상	SAIC 기준
		가이드 시스템 설치시간		10분이내	국내 독자 기술
		방사선량 률		0.5 u SV/h	관세청 시방서
감마선 영상 및 화학분석 병합 검색시스템 개발	감마선 화학분석 영상 기술	영상표출방법		그래프 표현	SAIC 기준
		위험물 판독률		90 % 이상	
	3차원 영상판독 병합검색 기술	영상표현		3 D 영상	국내 독자 기술
		병합검색기능		1차 영상, 2차 화학성분 분석	
		투시영상 명암 해상도		32 비트 이상	관세청 시방서
		분해능 픽셀		6 mm	SAIC 기준
	검색 데이터베이스 및 관제기술	위험물 자동 탐색		90 % 이상	
		스캔 감지 차량 속도		16 km / h 이상	
		스캔 검색 속도		10 초 / 대	
감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화	감마선 화물 검색시스템 요소별 평가시스템	검출기 평가시스템	감도		관세청 시방서
			반복정밀도	1 % 이내	
			조사선량 민감도	1 % 이내	
		구동 이송부 평가 시스템	측정정밀도 (중량,진동,평면도,직각도, 진직도 등)	1 % 이내	국내 독자 기술
			분해능 (길이 측정)	0.05 ㎛ 이내	
		영상 처리 평가 시스템	파라미터에 따른 공간해상도	영상처리 시스템 수준이상	
	검색환경 안전성 평가 시스템 구축	운영환경 감시 프로그램		감마선 사용환경 기준 설정	관세청 시방서
		사용 온도		-30 ~50 도	
		해상도		128 X 64 화소이상	
		감마선 측정범위 (각 시스템 마다 상이)		100 nSv/h ~ 10 Sv/h	
	감마선 측정장비 계측시스템 개발	교정 기술 기준서		측정장비별 개발	자체제작
		측정장비 정밀도		2 % 이내	관세청 시방서

제 2 절 과제별 목표 달성 방안

2.1 기존 기술 및 인프라 활용 방안

2.1.1 제 1 세부과제 : 감마선 이동식 모바일 차량 개발

○ 화물검색 시스템의 검색부 및 구동부의 특허를 고려하여 회피기술을 구현함

○ 압축 합금 알루미늄 및 소재분석을 통하여 효과적인 재질의 소재를 선택함

○ 3D 방안을 위한 기존 검색 장비의 스테레오 구조의 연구결과를 응용함

○ 기존의 판독시스템 상의 형태, 질감, 크기, 형상, 음영, 과고감, 상호위치관계 등의 특성 판별 체계를 적용하여 새로운 정량적인 판도과 자원 및 환경 등의 정보 조사 체계를 구축하는데 활용

○ 이사 시스템의 무진동 차체 매커니즘의 에어단지(에어백)를 장착하는 풀 에어서스펜션 왓슨 무진동 방식을 응용함

○ 항만 시설 내 레일 및 선박시설물 은폐 구조 및 코팅기술 활용

○ Smith Detector의 HCVM L의 반 은폐 구조를 활용함

○ 유도조명은 조명산업 분야에서도 응용시스템 부분에 속하는데 국제 및 국내 기술기준이 요구하는 광학, 기구, 회로, 시스템에 적합하도록 유도등화용 등기구에 응용하여 적용하는 것이라 할 수 있음

○ 디지털 가이드 인포메이션 시스템은 반도체 기술과 LED기술이 융합되는 구조로 되어있어 국내 외 유도등 제조업체 및 LED반도체 업체 등과 기술제휴 또는 협력관계를 구축하여 검색 유도 등 및 LED 사인물 제품개발이 가능함

○ LED 램프의 적용은 에너지 절감과 유지관리 비용을 획기적으로 절감하는 효과를 가지고와 다양하고 광범위한 제품 적용에 용이함

2.1.2 제 2 세부과제 : 감마선 영상 및 화학분석 병합 검색 시스템 개발

○ 화물검색의 영상처리 기술은 정확한 판독의 문제이므로 매우 중요한 부문이지만 국내 영상처리 기술은 낮으며 기술이 있다 해도 이에 대한 적정성 검토 할 자료가 없으므로 해외기술에 의존하고 있는 실정임.

○ 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 부족한 상황이나, 정부지원을 통하여 검출기의 방사선 손상연구 및 내방사선 센서를 개발 중에 있으며, 검출기 에너지 켈리브레이션, 양성자 에너지에 따른 검출기의 반응연구, 검출기 위치에 따른 Uniformity 연구를 진행중에 있음.

○ X-ray 화물검색 시스템 기술 및 3차원 고속영상 기술을 응용

○ 국내 주요 대상(관세청, 공항, 항만)의 기술요구수준 검토 요청

○ 감마선을 이용한 검색장비에 국한을 두자면 기술확보를 위한 인프라는 거의 전무한 실정이라고 할 수 있음. 그러나 X선 검색에 관련한 요소기술들을 응용한다면 감마선 검색장비 구축기술 확보도 가능할 것으로 판단됨.

○ 기존 X선 검색장비의 검색기술에 관한 기술적 노하우를 보유하고 있는 연구기관 및 업체와의 기술 교류

2.1.3 제 3 세부과제 : 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

○ 관세청에서 제시한 기존 X-RAY 검색장비의 성능평가 평가방법 및 검색환경 평가기준 안 활용함

○ 국내에는 검색장비의 기술자료들이 없으므로 외국회사의 X-RAY 검색장비의 매뉴얼 및 세부규격서 활용을 응용하여 감마선 검색장비에 사용이 가능한 스펙을 도출

○ 기존 감마선을 이용한 카메라, 스펙트로미터 등의 영상화 평가기술 응용 및 활용

○ 방사선 발생장치, 검출기 등의 요소별 평가방법 활용

○ 일반적인 방사선 방호 및 내부요염 위험 방지 및 측정기술에 관한 규격 활용

○ 방사선 측정장비 교정, 시험평가 매뉴얼 및 세부규격서 활용

제 3 절 과제별 인력 투입 계획 및 소요예산

3.1 과제별 인력 투입 계획

○ 제 1 세부과제의 인력계획 : 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발

세세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	총계
스테레오 Type 검색 부 및 구동 매커니즘 개발	39	39	36	36	150
기계실 구조 개선 판독 작업 환경 및 판독 인터페이스 개선 기술	33	31	25	25	114
검색 시스템 운영 환경 개선 기술	20	18	14	14	66

○ 제 2 세부과제의 인력계획 : 감마선 영상 및 화학분석 병합 검색 시스템 개발

세세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	총계
감마선 화학분석 영상 기술 개발	30	30	30	30	120
3차원 영상판독 기능을 지원하는 병합검색 기술 개발	25	25	25	25	100
검색 데이터베이스 구축 및 관제기술 기술	30	30	30	30	120

○ 제 3 세부과제의 인력계획 : 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

세세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	총계
감마선 화물 검색시스템 요소별 성능평가기술 및 표준화	10	20	20	20	70
검색환경 안전성 평가 시스템 구축	10	20	20	20	70
감마선 측정장비 계측시스템 개발	10	20	20	20	70

3.2 과제별 소요 예산

3.2.1 연차별 총 소요예산

[단위 : 천원]

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
총괄과제	1세부과제	600,000	2,885,790	394,610	2,119,600	6,000,000
	2세부과제	600,000	1,600,000	1,600,000	1,800,000	5,000,000
	3세부과제	157,000	719,000	910,000	2,214,000	4,000,000
합계		1,357,000	5,204,790	2,904,610	6,133,600	15,000,000

3.2.2 세부과제 연차별 소요예산

가. 제 1 세부과제 : 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발

(단위 : 천원)

예산 항목	세부항목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	내부인건비		60,000	117,200	110,800	120,000	408,000	7%
	외부인건비		-	-	-	-	-	-
	소 계		60,000	117,200	110,800	120,000	408,000	7%
직접비	연구장비 및 재료비	기자재/시설비	40,000	53,600	50,400	60,000	204,000	7%
		재료비	398,000	2,002,000	-	500,000	2,900,000	48%
		시작품제작비	-	400,030	-	1,353,600	1,753,630	29%
	연구활동비	여비	9,000	20,440	28,160	24,000	81,600	1%
		수용비	9,000	20,440	28,160	24,000	81,600	1%
		기술정보활동비	30,000	58,320	84,480	72,000	244,800	4%
		연구활동비	4,000	10,720	14,050	12,000	40,770	1%
	위탁연구개발비		30,000	48,880	46,320	38,000	163,200	3%
	소 계		520,000	2,214,400	251,570	1,963,600	5,469,600	91%
간접비	간접경비		20,000	34,160	32,240	36,000	122,400	2%
	소 계		20,000	34,160	32,240	36,000	122,400	2%
합 계			600,000	2,885,790	394,610	2,119,600	6,000,000	100%

나. 제 2 세부과제 : 감마선 영상 및 화학분석 병합 검색시스템 개발

(단위 : 천원)

예산 항목	세부항목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	내부인건비		50,000	92,000	92,000	108,000	342,000	6%
	외부인건비		-	-	-	-	-	-
	소 계		50,000	92,000	92,000	108,000	342,000	6%
직접비	연구장비 및 재료비	기자재/시설비	250,000	236,000	226,000	141,000	853,000	14%
		재료비	98,000	96,000	96,000	108,000	398,000	7%
		시작품 제작비	-	176,000	176,000	252,000	604,000	10%
	연구활동비	여비	9,000	71,000	80,000	90,000	250,000	4%
		수용비	9,000	112,000	112,000	126,000	359,000	6%
		기술정보 활동비	130,000	316,000	341,000	341,000	1,128,000	19%
		연구활동비	4,000	28,000	32,000	36,000	100,000	2%
	위탁연구개발비		30,000	210,000	224,000	252,000	716,000	12%
	소 계		530,000	1,245,000	1,287,000	1,346,000	4,408,000	73%
간접비	간접경비		20,000	70,000	80,000	80,000	250,000	4%
	소 계		20,000	80,000	80,000	90,000	250,000	4%
합 계			600,000	1,600,000	1,600,000	1,800,000	5,000,000	100%

다. 제 3 세부과제 : 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

(단위 : 천원)

예산 항목	세부항목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	내부인건비		70,000	300,000	330,000	880,000	1,580,000	26%
	외부인건비		-	-	-	-	-	-
	소 계		70,000	320,000	380,000	880,000	1,580,000	26%
직접비	연구장비 및 재료비	기자재/시설비	-	30,000	187,000	648,000	865,000	14%
		재료비	30,000	172,000	172,000	252,000	626,000	10%
		시작품제작비	30,000	140,000	130,000	244,000	544,000	9%
	연구활동비	여비	10,000	30,000	40,000	70,000	150,000	3%
		수용비	1,000	3,000	3,000	6,000	13,000	0.3%
		기술정보활동비	1,000	2,000	3,000	7,000	13,000	0.3%
		연구활동비	3,000	7,500	7,500	16,500	34,500	1%
	위탁연구개발비		-	-	-	-	-	-
	소 계		75,000	445,500	582,500	1,229,500	2,245,500	37%
간접비	간접경비		12,000	34,500	37,500	90,500	174,500	3%
	소 계		12,000	34,500	37,500	90,500	174,500	3%
합 계			157,000	719,000	910,000	2,214,000	4,000,000	100%

제 4 절 경제적 타당성 분석

4.1 경제성 분석 결과

4.1.1 경제성 분석 프로세스 및 주요 전제

가. 경제성 분석 프로세스

○ 감마선 투과 영상기반의 내륙화물 검색 기술 개발 기획의 궁극적인 목표가 신종 폭발물, 비금속 위험물질 등 밀수 금지화물 검색 관련기술 기획임
- 감마선 투과방식을 이용하여 취득한 영상을 기반으로 정해진 기준에 따라 합격여부를 판정할 수 있는 감마선 검색시스템의 설계·제작과 통관과 관련된 국내외 모든 물류시설에 적용 가능하도록 실용화를 위한 기술기준을 정립하는 기획연구 수행
- 화물 검색기술이 적용되는 공항, 내륙물류시설, 항만 등에서 사용하는 검색기에 대한 국내·외 기술 동향 및 수준 등 현 여건을 심층적으로 분석하여 기술적 가능성 및 경제적 타당성 을 검토
- 기술개발에 대한 단계적 추진방안(예산, 기간 등 포함)과 실용화 및 보급을 위한 세부 추진전략 및 방향 등을 제시

○ 이러한 연구 범위를 감안하여 경제성 분석은 다음과 같은 절차에 의해 분석함

그림 4-8. 경제성 분석 Flow Chart

나. 분석을 위한 주요 전제

○ 부가가치 창출액은 해당 연구과제 관련 연도별 매출액에 동 산업의 부가가치율을 곱하여 부가가치 창출액을 산정함. 통상 부가가치율은 한국은행에서 발표하는 산업연관분석 자료나 산업연구원에서 발표하는 산업별 부가가치율 자료에 근거함.

- 본 기획과제의 부가가치율은 2009년 한국은행 산업연관표(403부문)에서 산출한 『측정 및 분석 기기(270)』의 65.3%를 적용함.

○ 기술개발사업 완료 이후 창출된 관련 산업의 부가가치 창출액이 모두 기술개발사업으로 인해 발생한 것은 아니므로 전체 부가가치 창출액 중 평가대상 기술개발사업의 기여분만을 산정하기 위하여 기술개발사업의 기여분을 부가가치창출액에 곱해줌. 정부의 R&D 투자가 기업의 R&D를 통한 제품의 생산에 미치는 영향은 R&D 예비타당성조사에서 일반적으로 적용하고 있는 신태영(「연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도」, 과학기술정책연구원, 2004)이 계산한 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도 28.1%를 적용함.

○ 개발 기술의 경제적 수명은 USPC 코드, 382(Image analysis)의 인용특허수명지수[2] 8년을 고려하여 매출의 추정은 사업화 후 8년으로 함.

○ 비용과 편익의 미래 흐름을 비교하기 위하여 사용되는 할인율은 KDI의 2009년 1월 경인운하 경제성분석에서 적용하였던 사회적 할인율 5.5%를 적용함.

2) 기술보증기금, "기술가치평가 실무요령", 지식경제부, 2008.05.

4.1.2 국내외 시장 규모 추정

가. 해외시장 전망

(1) 물류 보안산업 해외 시장 전망

○ 미국의 Homel Security Research사는 전 세계 정부 및 민간부문의 보안 시장 규모를 2008년 392억 달러에서 2018년 748억 달러로 연평균 6.7% 성장할 것으로 전망함

○ 향후 시장 규모가 크게 확대될 것으로 예상되는 물류 보안 사업
- 컨테이너 화물 추적 및 전자 봉인 장치를 포함한 스마트 컨테이너
- 100% 검색제도가 도입됨에 따라 고속·고선명이 경쟁력으로 등장하게 될 컨테이너 화물 검색기
- 컨테이너 화물 정보를 포함한 물류 정보를 수집·가공·분석하는 물류보안 정보 시스템 등 임

(2) 컨테이너 물동량 전망

○ 세계 컨테이너 물동량 동향은 자유무역 확산으로 지속 증가 추세에 있으며, 2008년부터 2010년까지 평균성장율 9.73%를 적용하여 2012년 79,170천TEU, 2015년 104,598천TEU, 2020년 166,392천TEU의 물동량이 예상됨.

표 4-6. 세계 컨테이너 화물 물동량 전망

(단위 : 천 TEU)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
물동량	54,610	60,164	65,753	72,150	79,170	86,872	95,324	104,598

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
물동량	114,775	125,941	138,194	151,639	166,392	182,580	200,344	219,835

출처 : Annual Container Market Review and Forecast(2007년 9월)

(3) 세계 컨테이너 화물 검색기 시장 규모 및 전망

○ 물류보안(Supply Chain Security)이 새로운 국제규범으로 등장하고 있으며, 9.11 항공기 테러의 직접적인 피해국인 미국뿐만 아니라 다른 나라에서도 물류보안과 관련된 여러 가지 제도와 조치들을 도입하여 시행하는 등, 100% 검색제도의 도입이 예상되어 컨테이너 화물 검색기 시장은 확대가 예상됨

표 4-7. 세계 컨테이너 화물 검색기 시장 규모 및 전망

(단위 : 천TEU, %, 대)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017
물동량	79,170	86,872	95,324	104,598	114,775	125,941
검색비율	10.0%	20.0%	40.0%	60.0%	80.0%	100.0%
검색물량	7,917	17,374	38,130	62,759	91,820	125,941
필요장비	27	60	131	215	314	431
신규소요		32	71	84	100	117
시장규모(억원)		1,619	3,554	4,217	4,976	5,843

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023
물동량	138,194	151,639	166,392	182,580	200,344	219,835
검색비율	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
검색물량	138,194	151,639	166,392	182,580	200,344	219,835
필요장비	473	519	570	625	686	753
신규소요	42	46	51	55	61	67
시장규모(억원)	2,098	2,302	2,526	2,772	3,042	3,338

* 컨테이너 검색기 처리능력 = 50TEU/H, 1일 16시간 작업 기준

나. 국내시장 전망

(1) 국내 수출입 컨테이너 물동량

○ 국토해양부는 2012년 전국 항만의 컨테이너 물동량 처리목표를 2011년 대비 8.0% 증가한 2,330만TEU로 계획하고 있음. 이는 역대 최고 실적을 기록한 지난해보다 175만TEU나 많은 규모이며, 대외여건의 불확실성에 따른 세계교역 증가 둔화에도 불구하고, 환적화물을 적극 유치하여 월평균 14만TEU 이상을 더 처리하겠다는 계획임.

○ 주요 항만별로 살펴 보면, 국내 컨테이너 물동량의 75%를 차지하고 있는 부산항은 지난해 대비 8.2% 증가한 1,750만TEU를 목표로 함. 수출입화물과 환적화물 목표 물동량은 각각 911만9천TEU(4.8%)와 822만7천TEU(11.9%)임.

○ 수출입화물은 교역액 대비 물동량 증가 추이 등을 고려하여 산정하였으며, 선진국 소비심리 위축으로 수출 감소가 우려되나, 신흥국(중국, 인도, ASEAN)의 성장세가 이어지고 있어 전년 대비 5.6% 증가한 1,411만2천TEU로 전망됨.

○ 전국 항만의 2012년 1분기 컨테이너 물동량은 전년 동기 대비 6.9% 증가한 539만1000TEU를 기록함. 부문별로는 수출입화물이 326만5000TEU로 1.5% 증가했으며 환적화물이 200만TEU로 16.5% 많아짐. 연안화물도 12만6000TEU를 기록, 14.2% 늘어난 것으로 집계됨. 2012년 3월 한 달간 물동량은 지속적인 환적화물 처리 확대에 힘입어 지난해 같은 달 대비 3.5% 증가한 195만9000TEU를 나타내면서 역대 월간 최대 처리 실적을 기록함.

○ 한국해양수산개발원(KMI)는 수출입 컨테이너물동량의 경우 2015년부터 2020년까지 연평균 5.8% 증가하여 2,194만TEU, 환적 컨테이너물동량은 6.0% 증가한 1,263만TEU에 이를 것으로 전망함. 또한 연안 컨테이너물동량은 2015년부터 2020년까지 연평균 11.3% 증가율을 기록하며 175만 1,000TEU을 기록할 것으로 예측하고 있음. 2020년 기준 주요 항만별 컨테이너물동량은 부산항이 2,235만 4천TEU, 광양항은 540만 5천TEU, 인천항은 427만 TEU, 평택·당진항은 160만 2천TEU, 울산

항은 72만 9천TEU로 증가할 것으로 전망됨.

표 4-8. 국내 컨테이너 물동량 전망

(단위: 천대)

구분		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
전체		17,927	16,341	19,369	21,551	23,200	24,868	26,557	28,380
수출입	물량	11,605	10,369	12,350	13,359	14,112	14,819	15,562	16,342
	CAGR	5.01%							
환적	물량	6,186	5,719	6,641	7,720	8,649	9,405	10,227	11,121
	CAGR	8.74%							
연안화물	물량	135	253	378	473	539	644	769	918
	CAGR	19.41%[1)]							

구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
전체		30,349	32,479	34,785	37,286	40,003	42,959	46,181	49,698
수출입	물량	17,161	18,021	18,924	19,872	20,868	21,913	23,012	24,165
	CAGR	5.01%							
환적	물량	12,093	13,150	14,299	15,549	16,907	18,385	19,992	21,739
	CAGR								
연안화물	물량	1,096	1,309	1,563	1,866	2,228	2,661	3,177	3,794
	CAGR								

주 : 1) 최근 증가율은 41.36%이지만 현실적으로 과다하여 최근 3년간 증가율을 적용하였음

출처 : 국토해양부

(2) 국내 컨테이너 화물 검색기 시장 규모 및 전망

표 4-9. 국내 컨테이너 화물 검색기 시장 규모 및 전망

(단위 : 천TEU, %, 대)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017
물동량	14,112	14,819	15,562	16,342	17,161	18,021
검색비율	10.0%	20.0%	40.0%	60.0%	80.0%	100.0%
검색물량	1,411	2,964	6,225	9,805	13,728	18,021
필요장비	5	10	21	34	47	62
신규소요		5	11	12	13	15
시장규모(억원)		266	558	613	672	735

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023
물동량	18,924	19,872	20,868	21,913	23,012	24,165
검색비율	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
검색물량	18,924	19,872	20,868	21,913	23,012	24,165
필요장비	65	68	71	75	79	83
신규소요	3	3	3	4	4	4
시장규모(억원)	155	162	171	179	188	197

* 컨테이너 검색기 처리능력 = 50TEU/H, 1일 16시간 작업 기준

* 컨테이너 검색기 단가 : 50억/대

4.1.3 비용 및 편익 추정

가. 비용 추정

(1) R&D 지출 계획

○ 동 사업의 R&D 투자는 2012년~2015년 각 30~50억원씩 총 150억원으로 예상

표 4-10. R&D 지출 계획

(단위: 억원)

년도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
연구개발비	30	30	40	50	-	-	150

(2) 상용화 비용

○ 상용화 비용은 2014년~2016년 각 10억원, 10억원 30억원씩 총 50억원으로 예상

표 4-11. 상용화 비용

(단위: 억원)

년도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
상용화비용	-	-	10	10	30	-	50

나. 부가가치 편익 추정

(1) 목표 시장 규모

○ 본 경제성 분석에서는 사업수행 예상 기업을 설정하여 다음과 같이 예상 시장 점유율을 전망하였음.

- 국내의 시장점유율은 2017년 30%에서 성숙기 70% 목표로 추정함.
- 해외 시장의 경우, 2017년에 7.0%에서 2024년 30.0%까지 점유율의 확대를 예상함.

표 4-12. 컨테이너 화물 검색기 시장 및 점유율 전망

구분		생산 발생 년도							
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년
		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
세계(수출)시장	시장규모(억원)	5,843	2,098	2,302	2,526	2,772	3,042	3,338	3,662
	시장점유율(%)	7.0%	10.0%	13.0%	15.0%	20.0%	25.0%	30.0%	30.0%
	수량(대수, 개수)	117	42	46	51	55	61	67	73
	수출목표(억원)	409	210	299	379	554	760	1,001	1,099
국내시장	시장규모(억원)	735	155	162	171	179	188	197	207
	시장점유율(%)	30.0%	40.0%	50.0%	60.0%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%
	수량(대수, 개수)	15	3	3	3	4	4	4	4
	내수목표(억원)	220	62	81	102	125	132	138	145

○ 위 컨테이너 화물 검색기 시장 및 점유율 전망에 기초하여, 부가가치 편익을 계산하면 다음과 같음

- 부가가치 편익 = 생산액 * 부가가치율(65.3%) * R&D기여도(28.1%)

표 4-13. 부가가치 편익 추정

(단위 : 억원)

구분	부가가치 편익 추정							
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
수출부가가치	75	38	55	70	102	140	184	202
내수부가가치	40	11	15	19	23	24	25	27
부가가치총계	116	50	70	88	125	164	209	228

4.1.4 경제성 분석 결과

가. 비용-편익 종합

○ 부가가치 편익의 현재가치는 218.5억원으로 추정되고, 비용의 현재가치는 136.1억원으로 추정됨.

표 4-14. 비용-편익 종합

(단위 : 억원)

구분	부가가치편익				비용		순편익	현재가치
	부가가치	감가상각	부가가치계	현재가치	비용합계	현재가치		
2012년	-	-	-	-	30.0	30.0	-30.0	-30.0
2013년	-	-	-	-	30.0	28.4	-30.0	-28.4
2014년	-	-	-	-	50.0	44.9	-50.0	-44.9
2015년	-	-	-	-	60.0	51.1	-60.0	-51.1
2016년	-	-	-	-	30.0	24.2	-30.0	-24.2
2017년	50.2	-	50.2	38.4	-	-	50.2	38.4
2018년	21.7		21.7	15.7	-	-	21.7	15.7
2019년	19.3	11.1	30.4	20.9	-	-	30.4	20.9
2020년	29.8	8.6	38.4	25.0	-	-	38.4	25.0
2021년	47.5	6.7	54.2	33.5	-	-	54.2	33.5
2022년	66.0	5.2	71.2	41.7	-	-	71.2	41.7
2023년	86.9	4.1	90.9	50.5	-	-	90.9	50.5
2024년	96.1	3.2	99.3	52.2	-	-	99.3	52.2
합계	410.4	50.0	460.4	279.3	200.0	178.7	260.4	100.6

주1. 2024년 이후의 감가상각은 생략함. 가치산정 기준일은 2012년이며 적용할인율은 사회적 할인율 5.5%를 적용하여 산정

(단위 : 억원)

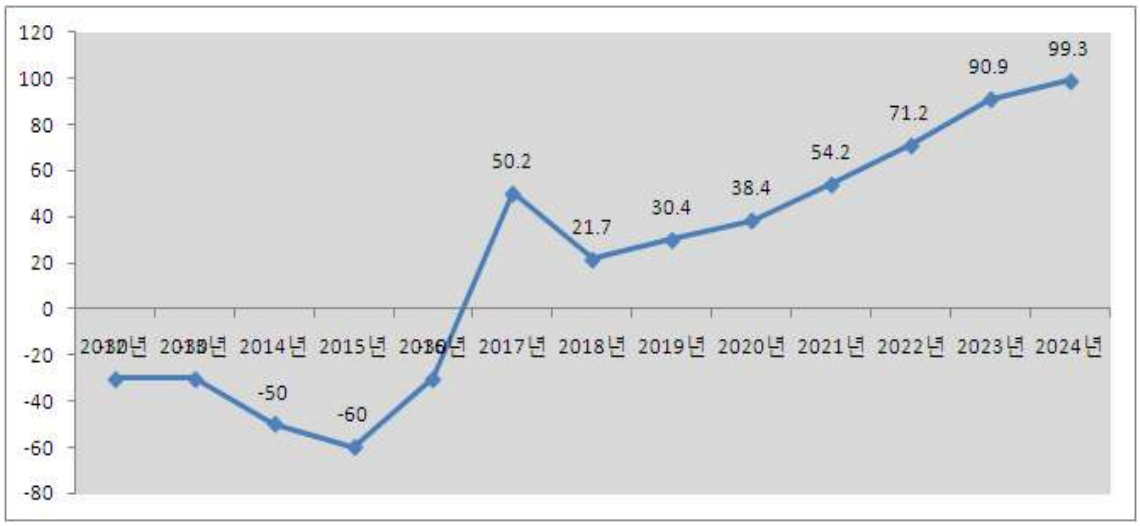


그림 4-9. 순편익 추이

나. 경제성 평가 지표

○ 본 과제의 순현재가치(NPV)은 100.6억원으로 NPV가 0보다 커서 경제성이 있는 것으로 판단됨.

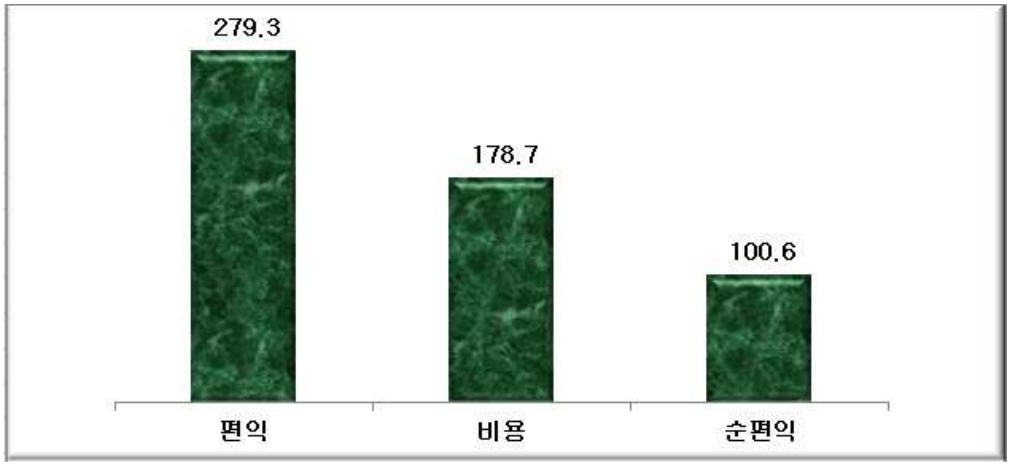
○ 본 과제의 내부수익율(IRR)은 12.5%로 본 경제성분석에 적용한 사회적 할인율 5.5%보다 높게 계산되어 경제성이 있는 것으로 판단됨

○ 본 과제의 편익-비용 비율(BCR)은 1.56로 BCR이 1보다 커서 경제성이 있는 것으로 판단됨

표 4-15. 경제성 평가지표 종합

(단위 : 억원, %)

구분	편익-비용		경제성 지표		
base Line	편익	비용	NPV	IRR(%)	BCR(배)
	279.3	178.7	100.6	12.5%	1.56



4.1.5 민감도 분석 결과

가. 해외시장 규모 변동

○ 해외 시장규모의 변동에 따라 본 과제의 경제성은 크게 변동하고 있으므로 시장규모 변동에 따른 리스크가 크고, 시장 확보에 따라 본 과제의 경제성이 크게 증대될 것으로 나타나고 있음

- 해외 시장규모가 30% 증가되면 NPV가 100.6억원에서 168.6억원으로 증가되고, IRR과 BCR이 각각 12.5%, 1.56에서 16.1%, 1.94로 증대되는 것으로 나타나고 있음

- 반면, 시장 규모가 30% 감소되면 NPV가 100.6억원에서 32.7억원으로 감소되며, IRR과 BCR도 각각 12.5%, 1.56에서 8.1%, 1.18로 줄어드는 것으로 나타남.

표 4-16. 해외시장 규모 변동 민감도 분석 결과

분석 변수	변화 내용 (예상 시나리오)	경제성 지표		
		NPV	IRR	BCR
해외시장 규모	30% 감소시	32.7	8.1%	1.18
	Base Line	100.6	12.5%	1.56
	30% 증가시	168.6	16.1%	1.94

나. 국내시장 규모 변동

○ 국내 시장규모의 변동에 따라 본 과제의 경제성은 크게 변동하고 있으므로 시장규모 변동에 따른 리스크가 크고, 시장 확보에 따라 본 과제의 경제성이 크게 증대될 것으로 나타나고 있음

- 국내 시장규모가 30% 증가되면 NPV가 100.6억원에서 116.0억원으로 증가되고, IRR과 BCR이 각각 12.5%, 1.56에서 13.5%, 1.65로 증대되는 것으로 나타나고 있음

- 반면, 시장 규모가 30% 감소되면 NPV가 100.6억원에서 85.2억원으로 감소되며, IRR과 BCR도 각각 2.5%, 1.56에서 에서 11.5%, 1.48로 줄어드는 것으로 나타남.

표 4-17. 국내시장 규모 변동 민감도 분석 결과

분석 변수	변화 내용 (예상 시나리오)	경제성 지표		
		NPV	IRR	BCR
국내시장 규모	30% 감소시	85.2	11.5%	1.48
	Base Line	100.6	12.5%	1.56
	30% 증가시	116.0	13.5%	1.65

다. 부가가치율(원가절감율) 변동

○ 부가가치율의 변동에 따라 본 과제의 경제성은 크게 변동하고 있으므로 부가가치율 변동에 따른 리스크가 본 과제의 경제성이 큰 영향을 줄 것임

- 부가가치율이 30% 증가되면 NPV가 100.6억원에서 242.9억원으로 증가되고, IRR과 BCR이 각각 12.5%, 1.56에서 19.6%, 2.36로 증대되는 것으로 나타나고 있음

- 반면, 부가가치율이 30% 감소되면 NPV가 100.6억원에서 40.9억원으로 감소되며,

IRR과 BCR도 각각 12.5%, 1.56에서 8.6%, 1.23로 줄어드는 것으로 나타남.

표 4-18. 부가가치율 변동 민감도 분석 결과

분석 변수	변화 내용 (예상 시나리오)	경제성 지표		
		NPV	IRR	BCR
부가가치율 (원가절감율)	30% 감소시	40.9	8.6%	1.23
	Base Line	100.6	12.5%	1.56
	30% 증가시	242.9	19.6%	2.36

라. 상용화 투자비용 변동

○ 상용화 투자비용의 변동에 따라 본 과제의 경제성은 크게 변동하고 있으므로 상용화 투자비 변동에 따라, 본 과제의 경제성이 크게 변화될 것으로 예상됨

- 상용화 투자비가 30% 감소되면 NPV가 100.6억원에서 113.2억원으로 증가되고, IRR과 BCR이 각각 12.5%, 1.56에서 13.6%, 1.68로 증대되는 것으로 나타나고 있음

- 반면, 상용화 투자비가 30% 증가되면 NPV가 100.6억원에서 88.1억원으로 감소되며, IRR과 BCR도 각각 12.5%, 1.56에서 11.0%, 1.46로 줄어드는 것으로 나타남.

표 4-19. 상용화 투자비용 변동 민감도 분석 결과

분석 변수	변화 내용 (예상 시나리오)	경제성 지표		
		NPV	IRR	BCR
상용화 비용	30% 증가시	88.1	11.5%	1.46
	Base Line	100.6	12.5%	1.56
	30% 감소시	113.2	13.6%	1.68

4.1.6 경제파급효과 분석결과

가. R&D 투자 지출

(1) 사업 계획(지출 계획)

○ 연구 개발비용은 민간부담금을 포함하여 2012년 30억원, 2013년 30억원, 2014년 40억원, 2015년 50억원으로 4년 동안 총 150억의 연구개발비가 소요될 계획임

표 4-20. R&D 지출 계획

(단위 : 억원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총계
R&D투자	30.0	30.0	40.0	50.0	150.0

(2) 업종별 경제파급효과

○ R&D 지출에 의해 유발되는 생산유발효과는 210.8억원으로 나타나고 있으며, 소득 창출 효과는 125.6억원으로 나타나고 있음.

- 이러한 생산 유발 효과로 인해 추가로 창출되는 고용은 총 164명으로 나타나고 있음

(단위 : 억원, 명)

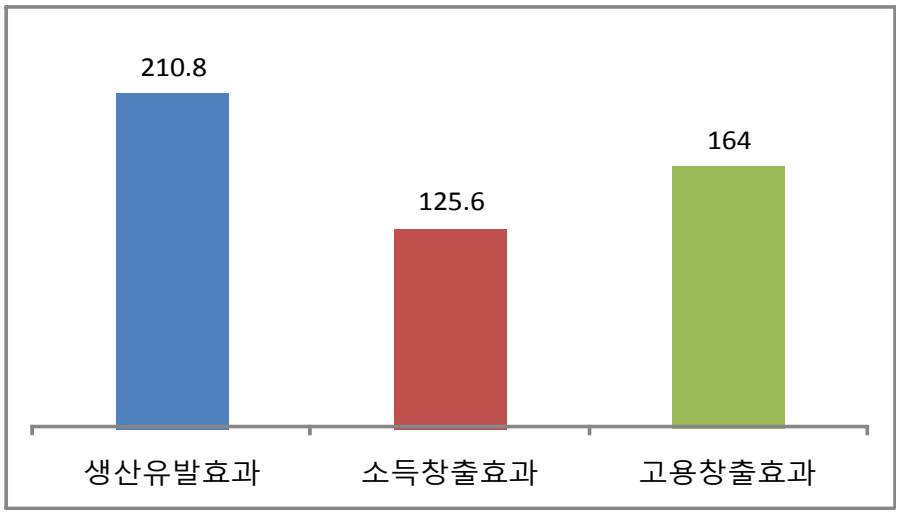


그림 4-10. R&D 지출의 경제 파급 효과

나. 상용화 및 설비 투자

(1) 설비 투자 계획

○ 개발된 제품 감마 측정기의 양산을 위한 설비 투자는 초기 상용화 투자와 함께 매출 규모에 따른 추가 설비 투자로 구성되고, 추가 설비 투자는 전통적인 자본 지출액 산정 방법을 활용하여 투자가 매출 수준에 따라 분산적으로 이루어진다고 가정하면, 기술 수명인 8년간 총 매출액 대비 14.7%인 586억원의 투자가 이루어질 것으로 추정됨

- 추정 매출액에 따른 자본적 지출액 산정을 위하여 유사업종의 평균적인 유무형자산 회전율 및 감가상각비율 등의 재무자료를 이용하였으나, 이러한 투자 상황의 변경이 있다면 투자 규모도 다소 차이가 있게 됨

(단위 : 억원)

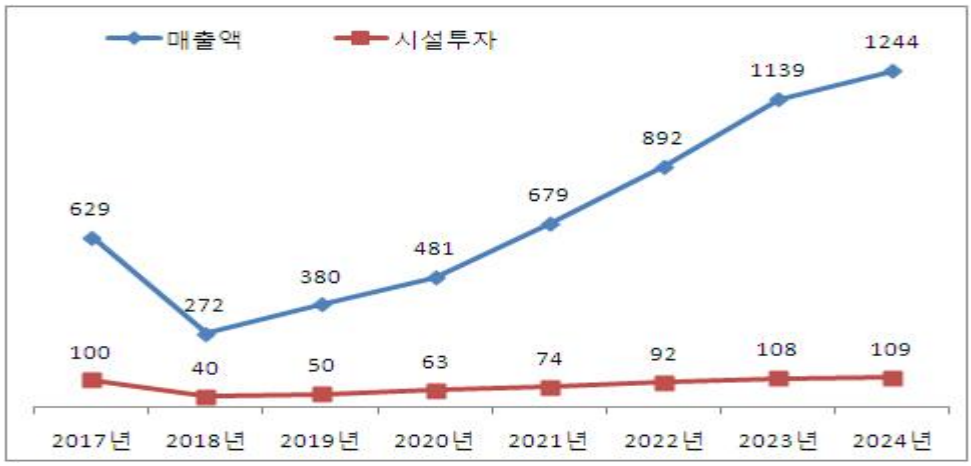


그림 4-11. 시설투자

		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	총계
매출액		629	272	380	481	679	892	1139	1244	5716
투자	상용화투자	10	10	30						50
	추가시설투자	90	30	20	63	74	92	108	109	586
	소계	100	40	50	63	74	92	108	109	636
	매출액비중	15.9%	14.7%	13.2%	13.1%	10.9%	10.3%	9.5%	8.8%	11.1%
구성	건물/구축물	23	8	5	16	19	24	28	28	152
	기계설비	67	22	15	46	55	68	80	81	434

주: 1) 분석 및 측정기기의 투자 구조를 적용한 것임

(2) 업종별 경제파급효과

○ 개발된 감마 측정기의 상용화 및 양산을 위한 설비 투자에 의해 유발되는 생산유발효과는 1조 3,709억원에 이를 것으로 분석되며, 이에 따른 소득 창출 효과는 387.1억원으로 나타나고 있음. 이러한 생산 유발 효과로 인해 추가로 창출되는 고용은 총 668명으로 나타나고 있음

표 4-21. 양산 설비 투자의 경제 파급 효과

(단위: 억원, 명)

구 분	생산유발효과	소득창출효과	고용창출효과
총계	1,370.9	387.1	668
농림수산품	3.1	1.6	11
광산품	2.0	1.2	1
음식료품	4.6	1.2	1
섬유,가죽제품	2.6	0.8	2
목재,종이제품	9.7	2.3	4
인쇄,출판및복제	1.6	0.7	2
석유,석탄제품	35.1	6.6	0
화학제품	46.9	8.6	9
비금속광물제품	13.3	3.8	5
제1차금속	187.3	27.8	13
금속제품	68.1	17.2	35
일반기계	539.0	134.3	209
전기,전자기기	64.8	14.6	16
정밀기기	35.7	9.4	20
수송장비	5.7	1.3	1
가구및기타제조업제품	1.6	0.4	1
전력가스및수도	18.1	3.8	2
건설	153.4	61.8	137
도소매	37.0	22.4	88
음식점및숙박	9.9	3.9	21
운수및보관	24.0	8.2	21
통신및방송	8.2	3.6	2
금융및보험	18.3	10.3	10
부동산및사업서비스	52.5	35.6	42
공공행정및국방	0.3	0.2	0
교육및보건	4.3	2.9	6
사회및기타서비스	5.3	2.7	8
기타	18.6	-	-

다. 감마선 컨테이너 화물 검색기 생산

(1) 감마선 컨테이너 화물 검색기 시장 및 생산 전망

○ 감마선 컨테이너 화물 검색기 국내외 신규 시장은 2017년에 국내 시장은 735억원, 세계시장은 5,843억원으로 추정되고, 2024년에는 국내 시장은 207억원, 세계시장은 3,662억원으로 추정되고 있음.

- 국외 시장점유율은 생산 초기인 2017년에는 7.0%, 점차 증가하여 2024년에는

20.0%로 전망되며, 국내시장점유율은 초기년도인 2017년에는 30.0%에서 2024년에는 60.0%로 전망하였음

(단위 : 대, 억원)

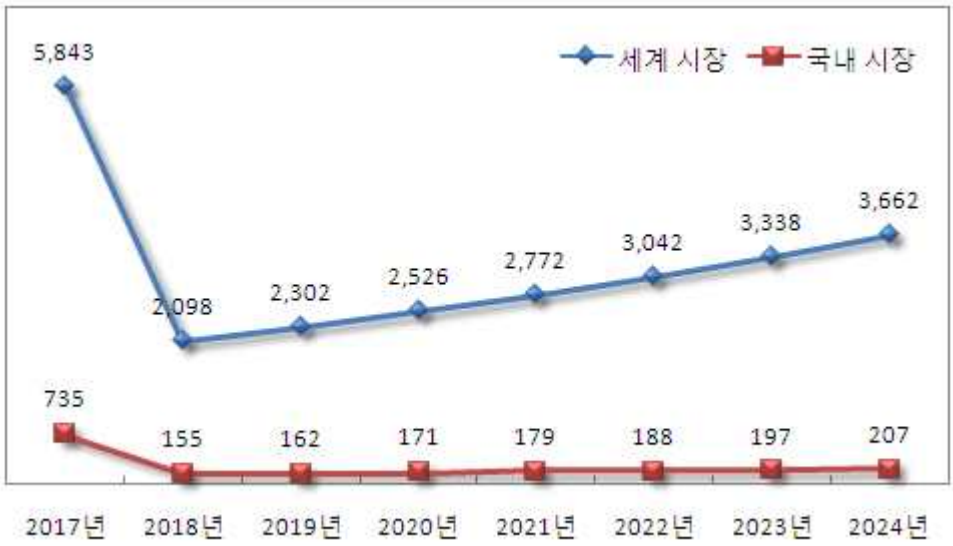


그림 4-12. 감마선 화물 검색기 시장규모 전망

구분		생산 발생 년도							
		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
세계 시장	시장규모(억원)	5,843	2,098	2,302	2,526	2,772	3,042	3,338	3,662
	시장점유율(%)	7.0%	10.0%	13.0%	15.0%	20.0%	25.0%	30.0%	30.0%
국내 시장	시장규모(억원)	735	155	162	171	179	188	197	207
	시장점유율(%)	30.0%	40.0%	50.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%

○ 감마선 컨테이너 화물 검색기 국내외 시장을 감안한 감마선 화물 검색기 생산 전망은 2017년에 132대의 629억원이 생산되고, 점차 감소되어 2024년에는 77대의 756억원에 이를 것으로 전망되고 있음

(단위 : 억원)

그림 4-13. 컨테이너 화물 검색기 생산액 추정

표 4-22. 감마선 화물검색기 생산전망

(단위:대,억원)

구분		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
국내판매분	대수	15	3	3	3	4	4	4	4
	금액	220	62	81	102	125	132	138	145
해외판매분	대수	117	42	46	51	55	61	67	73
	금액	409	210	299	379	554	760	1,001	1,099
총계	대수	132	45	49	54	59	65	71	77
	금액	629	272	380	481	679	892	1139	1244

(2) 업종별 경제파급효과

○ 감마선 컨테이너 화물 검색기의 생산 활동에 의해 유발되는 생산유발효과는 9,592억원으로 나타나고 있으며, 소득 창출 효과는 2,891억원으로 나타나고 있음. 이러한 생산 유발 효과로 인해 추가로 창출되는 고용은 총 5,602명으로 나타나고 있음

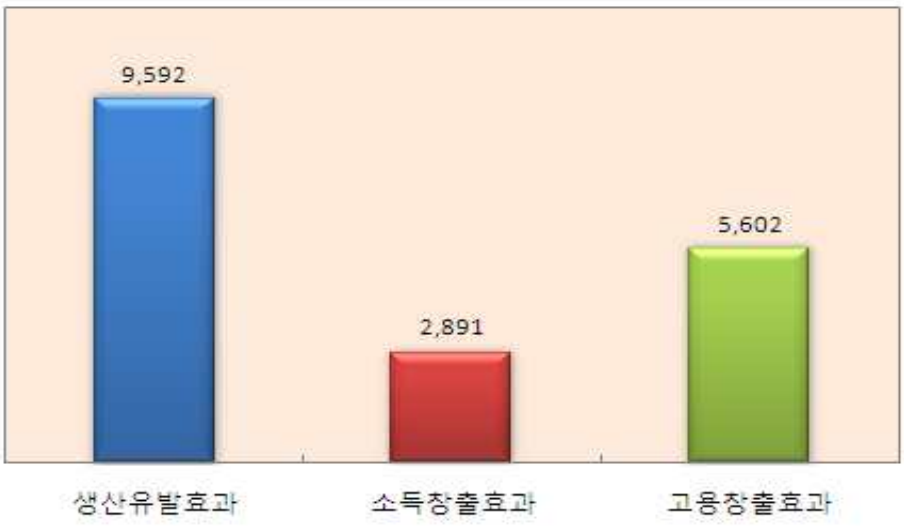


그림 4-14. 감마선 컨테이너 화물 검색기 생산의 경제 파급 효과

표 4-23. 감마선 컨테이너 화물 검색기 생산의 경제 파급 효과

(단위: 억원, 명)

구 분	생산유발효과	소득창출효과	고용창출효과
총 계	9,592.1	2,890.6	5,602
농림수산품	24.5	12.6	87
광산품	3.3	2.0	2
음식료품	40.5	10.8	13
섬유, 가죽제품	18.5	5.7	14
목재, 종이제품	77.6	18.7	32
인쇄, 출판및복제	15.4	6.3	16
석유, 석탄제품	134.1	25.3	2
화학제품	451.9	82.6	85
비금속광물제품	52.2	15.0	18
제1차금속	509.2	75.5	35
금속제품	239.0	60.5	122
일반기계	97.9	24.4	38
전기, 전자기기	1,115.6	251.0	273
정밀기기	4,767.5	1,248.5	2,719
수송장비	30.6	7.0	7
가구및기타제조업제품	7.7	2.1	5
전력가스및수도	116.2	24.4	12
건설	9.1	3.7	8
도소매	414.4	250.5	982
음식점및숙박	83.2	32.6	180
운수및보관	147.0	50.1	130
통신및방송	76.3	33.2	22
금융및보험	136.7	77.0	71
부동산및사업서비스	782.7	531.7	627
공공행정및국방	3.4	2.3	3
교육및보건	24.9	16.8	36
사회및기타서비스	40.2	20.4	63
기타	172.5	-	-

4.1.7 경제파급효과 종합

가. 생산 유발 효과

○ 감마선 컨테이너 화물 검색기 개발에 따른 생산 유발 효과는 총 1조 1,173.8억원에 이를 것으로 추정되고 있음

- 부문별로는 감마선 컨테이너 화물 검색기의 개발 및 생산에 의한 생산 유발액이 9조 5,921억원으로 가장 크며, 시설 투자에 의한 생산 유발 효과도 1조 3,709억원으로 큰 것으로 나타나고 있음

(단위: 억원)

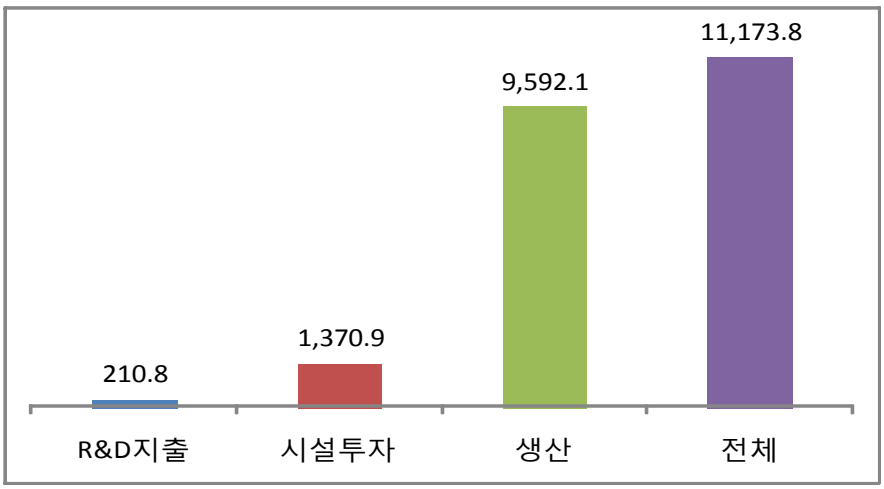


그림 4-15. 생산 유발 효과 종합

표 4-24. 생산 유발 효과 종합

(단위: 억원)

구 분	생산유발효과			
	R&D 지출	시설 투자	생산	전체
총계	210.8	1,370.9	9,592.1	11,173.8
농림수산품	0.7	3.1	24.5	28.4
광산품	0.0	2.0	3.3	5.4
음식료품	1.2	4.6	40.5	46.4
섬유, 가죽제품	0.3	2.6	18.5	21.3
목재, 종이제품	1.6	9.7	77.6	88.9
인쇄, 출판및복제	2.3	1.6	15.4	19.3
석유, 석탄제품	3.1	35.1	134.1	172.2
화학제품	3.0	46.9	451.9	501.7
비금속광물제품	0.8	13.3	52.2	66.3
제1차금속	0.8	187.3	509.2	697.2
금속제품	0.5	68.1	239.0	307.6
일반기계	0.6	539.0	97.9	637.5
전기, 전자기기	1.0	64.8	1,115.6	1,181.4
정밀기기	0.3	35.7	4,767.5	4,803.5
수송장비	0.4	5.7	30.6	36.8
가구및기타제조업제품	0.3	1.6	7.7	9.7
전력가스및수도	4.2	18.1	116.2	138.4
건설	0.8	153.4	9.1	163.2
도소매	2.6	37.0	414.4	453.9
음식점및숙박	2.7	9.9	83.2	95.8
운수및보관	4.0	24.0	147.0	175.0
통신및방송	4.3	8.2	76.3	88.8
금융및보험	4.2	18.3	136.7	159.2
부동산및사업서비스	160.9	52.5	782.7	996.1
공공행정및국방	0.1	0.3	3.4	3.8
교육및보건	1.3	4.3	24.9	30.5
사회및기타서비스	3.2	5.3	40.2	48.6
기타	5.8	18.6	172.5	196.9

나. 소득 창출 효과

○ 감마선 컨테이너 화물 검색기 개발에 따른 생산 유발에 의해 창출되어지는 소득(부가가치) 창출 효과는 총 3,403.3억원에 이를 것으로 추정되고 있음

- 부문별로는 감마선 컨테이너 화물 검색기의 개발 및 생산에 의한 소득 창출액이 2,890.6억원으로 가장 크며, 다음으로 시설 투자에 의한 소득 창출액이 387.1억원인 것으로 나타나고 있음

(단위: 억원)

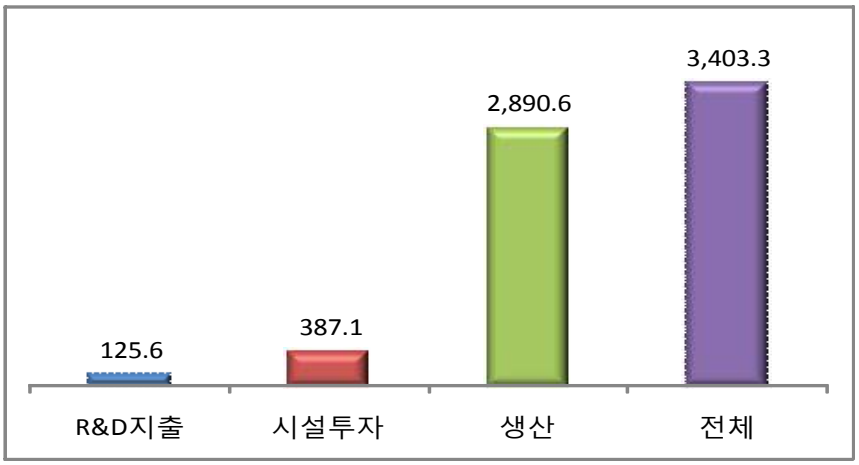


그림 4-16. 소득 창출 효과 종합

다. 고용 창출 효과

○ 감마선 컨테이너 화물 검색기 개발에 따른 생산 유발에 의해 창출되어지는 고용 창출 효과는 총 6,434명에 이를 것으로 추정되고 있음

- 부문별로는 감마선 컨테이너 화물 검색기의 생산에 의해 창출되는 고용이 5,602명으로 가장 크고, 다음으로 시설 투자에 의한 창출되는 고용이 668명으로 나타나고 있음

(단위 : 명)

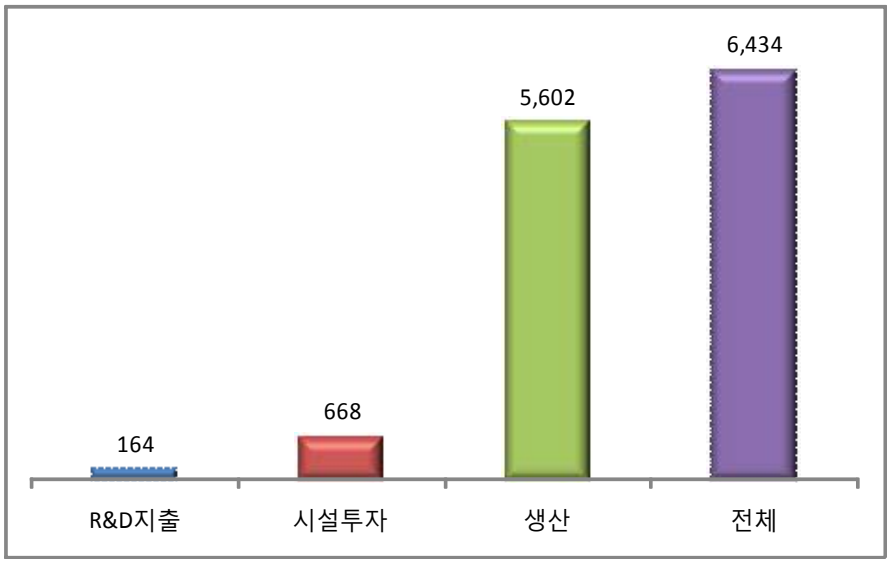


그림 4-17. 고용 창출 효과 종합

제 5 절 정책적 타당성 분석

○ 물류보안(Supply Chain Security)이 새로운 국제규범으로 등장하고 있으며, 눈에 보이지 않는 무역장벽으로 작용할 우려도 있는 것으로 분석되고 있음. 2001년 미국에서 발생한 9.11 항공기 테러 사건 이후 세계 각국과 국제기구에서 선박과 항만 등 물류 부문의 보안을 강화하면서 이 같은 현상이 나타남. 9.11 항공기 테러의 직접적인 피해국인 미국뿐만 아니라 다른 나라에서도 물류보안과 관련된 여러 가지 제도와 조치들을 도입하여 시행하고 있음.

○ 미국의 경우 18개 정부 관련 기능을 통합한 국토안보부(DHS)[3]를 2003년에 정식으로 출범시켜 보안 조직이 일원화를 꾀한 것을 비롯하여 해운보안법을 개정하면서 컨테이너 보안 협정(SCI)과 대테러 민관보안협력 프로그램(C-TPAT), 초대형 항만 방사능 탐지제도(Mega Port Initiative) 등을 도입하여 무류부문의 보안을 강화하고 있음. 특히 미국은 이 같은 제도만으로는 자국의 국경을 효과적으로 보호하는데 한계가 있다고 판단하고, 최근에는 운수 부문의 모든 노동자를 대상으로 대대적인 신원조사에 착수하는 한편, 항만에 입출입하는 모든 근로자에 대해 생체인식이 가능한 신분증을 발급한다는 장기계획도 세워 놓고 있음.

○ 미국뿐만이 아니라 국제해사기구(IMO)와 국제노동기구(ILO), 경제협력개발기구(OECD), 세계관세기구(WCO) 등 정부간 및 국제민간기구도 미국과 유사한 제도를 도입하여 전 세계적으로 동일한 기구에 따라 물류 보안을 확대하고 있음. 이 같은 국제기구를 통해 미국을 중심으로 도입된 보안기준이 글로벌 제도로 확대되어 정착되고 있음.

○ 컨테이너 화물의 검색제도는 미국에 의해 주도적으로 추진되고 있으며, 그 내용을 시기적으로 보면 컨테이너 보안협정(CSI), 24 Hour Rule, 컨테이너 100% 검색 시범사업(SFI), 10+2 규칙, 컨테이너 화물 100% 검색 등이 있음.

* (주1) Security and Accountability for Every Port Act는 2006년 10월에 제정되었으며 기존의 물류보안 제도를 더욱 강화하는 것으로 해석됨.

3) 국토안보부(Department of Homeland Security)는 부시 대통령이 의회의 의결을 거쳐 행정부로 이송된 국토안보부 설립에 관한 법률에 최종 승인하였고, 연안경비대와 관세청의 기능을 통합함.

○ 선박과 항만의 보안제도는 두 가지로 분류할 수 있는데 2002년에 만들어진 미국의 해운보안법(MSA 2002)과 국제해사기구(IMO)[4]의 국제 선박 및 항만시설 보안에 관한 규칙(ISPS Code)[5] 등 임. 전자가 미국의 개별적인 법률인데 비해 후자는 2004년 7월 1일부터 국제적으로 시행되고 있는 국제규범이라는 점에서 차이가 있다. 하지만 IMO는 ISPS Code를 제정할 당시 미국의 해운보안법을 모태로 활용한 바, 두 가지 규범은 일부 조항을 제외하고는 거의 유사한 것이 특징임.

○ 물류보안 인증제도는 미국이 반테러 민.관 협력제도(C-TPAT, Customs-Trade Partnership Against Terrorism)를 2002년 4월부터 시행한 이후 세계세관기구(WCO)와 국제표준기구(ISO) 등 유사한 제도를[6] 마련하였으며, 유럽연합(EU)도 WCO의 제도를 수용한 기업 물류보안 인증제도(AEO, Authorized Economic Operator)를 2008년부터 본격적으로 시행하고 있음. 이 밖에도 싱가포르는 2007년 5월 25일 민간기업을 대상으로 하는 물류보안 인증제도(STP, Secure Trade Partnership Programme)를 마련하여 시행하고 있음.

○ 물류보안 인증제도는 물류 전 구간의 보안을 확보하기 위해 일정한 요건을 충족한 사업자(기업)에 대해 보안활동을 충실하게 이행하고 있다는 자격을 부여하는 것을 핵심으로 하며, 인증 받은 기업에 대해서는 화물을 수출입하는 과정에서 검사 횟수를 줄여주거나 통관 감사 자체를 생략하는 등의 혜택을 부여하여 민간기업의 참여를 권장하고 있음.

○ 세계 각국의 물류보안에 대한 강화 움직임

- 2001년 9.11 테러 이후 세계 각국과 국제기구에서는 선박과 항만등 물류부문의 보안을 강화하면서, 물류보안 (Supply Chain Security)은 갈수록 그 기준과 적용영역이 확대되고 있음.
- 화물 공급 사슬에 걸쳐 있는 각종 물류 네트워크의 보안을 확보하는 것이 테러로

---

4) 국제해사기구는 2002년 12월에 '1974년 국제인명안전협약(이하 "SOLAS협약"이라 함)' 개정을 위한 외교회의를 개최하였음. 이 회의에서는 SOLAS 협약을 개정, 해상안전 및 보안특별조치를 신설하였음. 이 중 제11-2장을 특별히 선박 및 항만시설의 보안에 관한 규칙이라고 지칭함.

5) ISPS Code는 Part A와 Part B로 구분되어 있으며, Part A는 이행이 강제되는 사항을, Part B는 임의 규정으로 구성되어 있음.

6) WCO는 2005년 10월에 "국제교역의 안전과 간소화를 위한 국제기준(Framework of Standard to Secure and Facilitate Global Trade)"을 채택하고, 2007년부터 단계적으로 시행할 계획임.

부터 자국의 영토와 인명을 보호하고, 국가 경쟁력을 확보하는 핵심 요소로 등장
- 국제해사기구(IMO)와 국제노동기구(ILO), 경제협력개발기구(OECD), 세계세관기구(WCO)등 정부 및 민간 국제기구도 미국과 유사한 제도를 도입하여 전 세계적으로 동일한 기준에 따라 물류 보안을 확대하고 있음.
- 미국 정부는 2012년부터 미국으로 반입되는 모든 컨테이너 화물에 대해 운송 도중 컨테이너가 개폐되지 않았음을 확인할 수 있도록 미국 세관이 인정한 보안장치를 장착해야만 미국내 반입을 허락하는 법률을 통과시켰음.

○ CSI (컨테이너 보안협정, Container Security Initiative) 시행
- 미국의 CBP (Customs and Border Protection)가 자국의 안전을 위해 만든 국가간 컨테이너 수출 보안 규약
- 외국항만에서 미국 관세청 검사관과 해당국가의 관련기관이 미국으로 수출되는 컨테이너 화물을 대상으로 위험성이 있는지 여부를 검사하여 위험화물로 판단되는 경우 미국 입항을 금지하는 내용임.
- 전 세계 58 개항이 체결 및 운용 중이며, 한국에서는 부산항이 유일하게 지정 되어 있음.

○ AEO (Authorized Economic Operator) 제도 시행
- 세계관세기구(WCO)에서 주관하는 물류보안인증제도로서 전 세계 45개국에서 시행중
- 세관에서 수출 기업이 일정 수준 이상 기준을 충족하면 통관절차 등을 간소화 시켜주는 제도
- 미국의 보안 제도를 전 세계로 확산
- 9.11 테러이후 미국 세관에서 안전을 강조하면서 통관이 지연되자 WCO에서 관련규정을 강화하기 위해 도입. 미국은 C-TPAT라는 용어를 사용함.

○ SST (Smart and Secure Tradelanes) 제도 도입
- 해운을 통한 Global Supply Chain의 보안 강화를 목적으로 출범함
- 미국의 DHS 주도로 세계 3대 항만 업체, 선사등 65개 업체가 참여
- 컨테이너 전자봉인(e-Seal) 장치로 봉합한 후, 수입자 창고에 도착할 때까지 테러나 밀수 등의 보안 위반 가능성 발생 시 즉각 관세 당국에 통보되며, 위치 추적, 자산 관리등도 제공함

○ 물류보안에 대한 세계 각국 및 국제기구의 움직임이 활발히 진행되고 있으나 국내에서는 물류보안에 대한 관심과 인식은 현저히 낮은 상태에 있음. 유엔결의, 각종 국제수출통제회의, IMO, WCO,와 EU, 미국 등 각국 세관의 통관법규, 국제표준기구의 개정 동향으로부터 전체 윤곽을 파악할 필요가 있으며, 물류보안이 종합적인 대책이 요구됨.

○ 우리나라의 경우 수출입 물류대국임에도 불구하고 국제사회에서 물류보안과 관련된 기술과 장비생산은 미국과 유럽의 일부 기업이 주도하고 있으며, 우리나라는 변방으로 입지가 거의 없는 형편임

○ 우수성을 인정받은 정보화 기술력이 물류보안 기술력 발전으로 이어지지 않고 항만물류보안과 관련된 정책이 관련 부처별로 분산되어 통합적으로 항만물류보안산업을 지원하기 못하고 물류보안 업무를 전담할 인력부족과 함께 이들에 대한 교육도 충분하지 못하고 있을 뿐 아니라 항만물류 보안 시설, 장비 및 기술개발에 대한 정부 또는 민간 차원의 투자가 미흡한 상황

○ 감마선 검색시스템 개발은 기술난위도가 높은 분야이며, 많은 투자비용이 필요할 뿐만 아니라 국가적으로 보안문제가 연계되어있는 민감한 분야이므로 일반업체들이 자체적으로 기술개발을 하기에는 무리가 있고 정부차원의 지원체제가 구축됨과 동시에 투자가 충분히 이루어져야 함

제 5 장 실용화 및 사업화 방안 수립

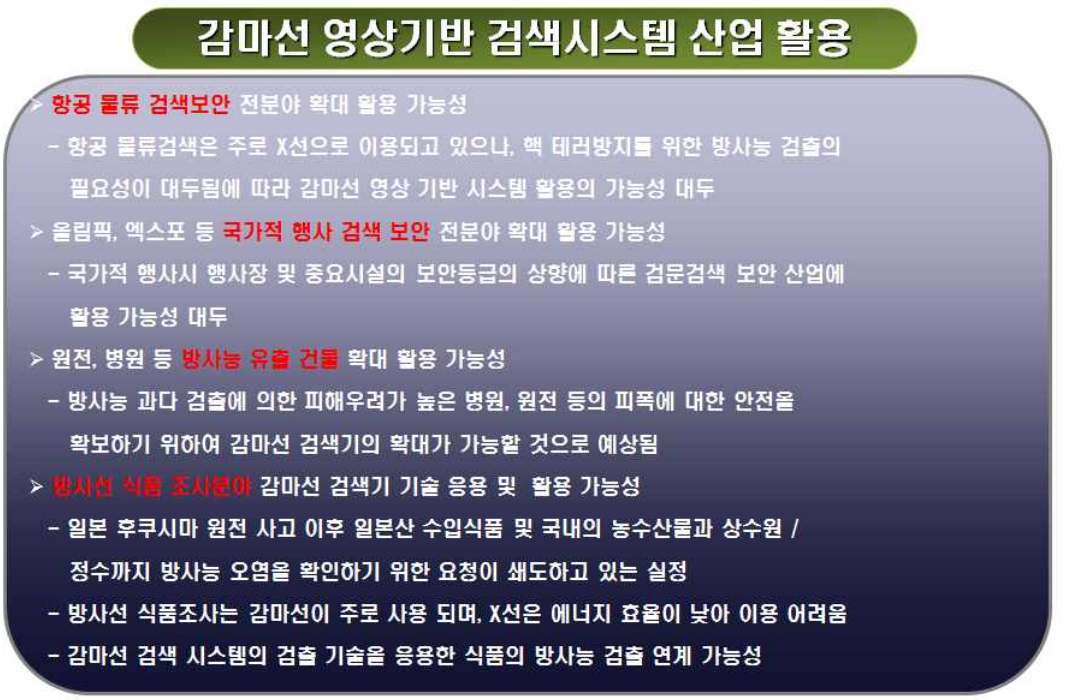
제 1 절	실용화 및 사업화 방안
제 2 절	연계 산업 활용 방안

제 5 장 실용화 및 사업화 방안 수립

제 1 절 실용화 및 사업화 방안

총괄과제	세부과제	목표 성과물	사업화 및 실용화 방안
방사능 검출을 위한 내륙화물감마선 영상기반 검색 시스템 개발	감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발	스테레오 이미지 검출 방식의 검색부	참여 및 위탁업체와 공동 기술개발 후 기술이전 해외 수출시장 경쟁력 향상
		다중 엮임 구조 프레임	
		검색부의 높낮이 조절 모듈	
		은폐 하드탑 구조의 검색부	
		내부장비 점검을 위한 차체 패널 Door	
		Air Bag을 응용한 무진동 차체 구조	
		인간공학적인 판독 작업환경 시스템	
		판독 정확도를 극대화 시킨 인터페이스	
	감마선 병합 검색 시스템 개발	위험물질에 대한 화학 성분분석 시스템	참여 및 위탁업체와 공동 기술개발 후 기술이전 해외 수출시장 경쟁력 향상
		화학분석 영상획득 및 표출 알고리즘	
		검출분석 영상해석 처리 프로세스	
		병합처리 프로세스	
		고해상도 3차원 영상이미지 처리 시스템	
		3차원 영상 및 화학분석 병합처리 시스템	
		위험물의 Library 및 DB	
		검색 모니터링 시스템	
		관제 운영 시스템	
	감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화	감마선 검색 시스템 요소별 성능평가 절차서	세부과제 참여기관 성능인증기관 지정 해외 수출 시장 경쟁력 향상
		영상처리 시스템 성능평가 시스템	
		검출기 성능평가 시스템	
		감마선 검색장비 성능평가기술의 표준화	
		감마선 검색환경 감시 프로그램	
		방사선량 평가 시스템	
		검색환경 안전성 평가 절차서	
		방사선 측정장비의 교정기술기준서	
		방사선 측정장비 교정시스템	
		측정값 및 통계처리 및 불확도 산정 시스템	

제 2 절 연계 산업 활용 방안



○ 검색 이미지 획득을 위한 스테레오 형식의 검출기 개발 기술은 검색분야는 물론 카메라, CCTV 등의 보안산업 및 CT, MRA의 투과검출분야 등과 연계하여 활용 가능함

○ 방사능 검출을 위한 화학분석 시스템은 항만은 물론 항공 및 도로 차량의 보안 검색 분야에서 연계하여 활용 가능함

○ 판독 및 작업환경 인터페이스 기술은 실시간 모니터링 및 데이터 해석 및 DB 통합운영 분야에서 연계하여 활용 가능함

○ 검출 분석 영상 해석 및 처리 프로세스 기술은 감마선 및 X선 뿐만아니라 IT, 비젼 시스템 분야에서 연계하여 활용 가능함

○ 감마선 검출 분석 영상 해석 기술은 이동식 모바일 검색시스템으로부터 고정식 검색시스템 개발에도 연계하여 핵심기술로써 활용 가능함

○ 방사능 검출 및 영상의 병합처리 기술을 이용하여 외국에서 방사능 유출되어 국내로 수입되는 식품등의 방사능 검출도 가능할 것으로 예상됨

○ 검색 데이터베이스 구축 및 관제 기술은 검색장비 및 보안관리분야에 연계하여 활용 가능할 것으로 예상됨

○ 감마선 검색장비의 요소별 성능평가 시스템은 항만, 항공 보안 분야 및 동위원소 검출분야에 연계하여 활용 가능함

○ 감마선 검색환경 안정도 시스템은 방사능 안전관리 분야 및 방사능 의료분야 등에 연계하여 활용 가능함

제 6 장 과제공모를 위한 RFP 및 평가기준 설정

제 1 절	과제공모를 위한 RFP
제 2 절	제안과제 평가방법

제 6 장 과제공모를 위한 RFP 및 평가기준 설정

제 1 절 과제공모를 위한 RFP

1.1 총괄과제 RFP

총괄과제명	방사능 검출을 위한 감마선 영상기반 화물검색 시스템 구축
(1) 과제 최종 목표	
• 대테러 및 대량살상무기 위협으로부터 국가와 국민의 안전확보 기여 - 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발 - 감마선 병합 검색 시스템 개발 - 감마선 검색장비평가 시스템 구축 및 표준화	
(2) 사업의 최종 성과물	
• 감마선 이동식 모바일 화물 검색 시스템 개발 - 검색 퀄리티 향상 및 유지보수가 용이하고 작업속도를 극대화시킨 감마선 영상기반 이동 검색 차량 - 판독의 특징적인 패턴을 인지하고 정확한 분석을 가능하게 하는 프로그램 인터페이스 기술 - 정밀한 판독 이미징을 위하여 진동에 의한 왜곡률을 줄이고 유동적인 검색시스템에 대해 최적의 경로 안내를 제공하여 작업 처리량 속도를 극대화 시킨 구조 설계 기술 • 감마선 병합 검색 시스템 개발 - 대량살상무기(WMD)의 검색하기 위하여 화물 내부의 정확한 화학분석을 통해 위험물 검출을 현실화한 화학분석 영상 기술 - 3D영상처리 기술 및 감마선 투과특성에 의한 화학분석 획득 및 판별할 수 있는 병합기술 - 위험물질 식별이 가능한 화학적 성분분석 알고리즘 - 검색업무를 효율적으로 운영할 수 있는 관제기술 • 감마선 측정장비 계측시스템 개발 - 결과의 판독 및 기록유지 등의 효율적 운영과 검색 결과의 정확도를 극대화시키기 위하여 감마선 화물컨테이너 검색시스템의 요소별 성능평가 기준 및 방법 구축 - 검색 환경의 안전성을 확보하기 위하여 시험평가 기술을 확보하고 이에 따른 방사선 측정 시스템 개발 및 측정기술을 구축 - 감마선 계측기기 교정기술 및 시험평가 기술	
(3) 연구개발 필요성 및 동향	
● 연구개발 필요성 • 항만 컨테이너 보안검색 강화를 위한 감마선 검색 시스템 핵심 자립기술 배양 - 기존 영상기반에서 영상기반 및 방사능 물질 검출을 목적으로 하는 국제적 항만 보안검색 분야의	

패러다임의 변화에 신속하게 대응하기 위하여 감마선 영상기반 검색 시스템을 국산화 개발하여 수입대체 효과를 얻음

- 기존 X-선 검색장비의 한계성을 극복하고 검색운영 효율을 극대화시킨 감마선 이동식 검색시스템의 요소별 핵심기술을 보유함

• 대량살상무기(WMD) 보안검색을 위한 종합적 지원체계 마련

- 수입 및 수출품에 대하여 물류 전 구간에서 발생할 수 있는 보안사고를 사전에 예방하도록 함
- 감마선 영상기반 화물 검색 시스템 개발을 통한 분야별 핵심기술을 축적하고 물류보안 패러다임 변화에 대한 요구에 적극적이고 신속하게 대응하여 대테러 위협에서 국가의 안전을 확보
- 화물컨테이너 검색과 관련한 물류보안 정보시스템의 종합적이고 체계적인 지원을 통하여 이를 수용할 수 있는 제도적 및 기술적 기반을 마련하고 국제 기준에 맞는 물류보안제도를 정립할 수 있는 계기 마련

• 항만 컨테이너 검색기술을 통한 시장경쟁력 확보

- 기술난이도가 높은 감마선 영상기반 검색 시스템을 개발하여 해외 시장을 확보할 수 있는 기회 마련
- 감마선 영상기반 검색 시스템의 요소별 핵심기술을 보유하여 연계산업 시장경쟁력을 확보하도록 함

● 기술동향

[국내]

• 감마선 화물 검색 시스템 구축 기술은 물류보안을 위한 극대화시키기 위한 화물 내부의 정확한 상화 및 방사능 검출을 현실화 하고 화물 검색 Flow를 최적화 시켜 물류지체를 최소화시키기 위한 구조시스템을 개발하는 핵심기술로써 감마선 화물 검색 시스템 구성요소 설계 및 제작 기술, 검색시스템 운영을 위한 통신 네트워크 및 보안기술, 화물검색 프로세스 및 시스템 유지 보수 기술을 포함함

• 항만 터미널에 적용되는 검색장비는 모두 X-ray 방식으로, 고정식 및 조립이동식에 대하여 정한 바는 아직 없으나 2012~2015년에 3대 추가 할 예정이며, 2016~2020년에 8대를 추가로 설치할 예정에 있으나, 검색이 필요한 화물컨테이너를 400 TEU로 예상하는 경우 초고속 컨테이너 검색장비가 약 40대 이상 필요하다는 분석이 나옴

• 이동식 모바일식 X-ray 검색장비는 고정식에 비하여 원하는 곳에 직접 찾아가 검색을 할 수 있어 상황 및 형편에 따라 검색을 바로 수행할 수 있으므로, 물류지체를 해소할 수 있을 뿐만 아니라 필요공간을 절약할 수 있고 자유로운 활동영역의 장점을 갖고 있어 국산화 개발의 필요성 있음

• 국내의 경우 중성자 선원을 이용하여 감마선 발생을 가능하게 하는 설비 제작기술에 많은 관심을 갖고 관련 분야 연구가 지속적으로 진행되고 있음. 특히 중성자 선원을 제어할 수 있는 차폐기술과 중성자 발생기 제작 기술에 대한 연구가 수행중이며, 이 기술은 컨테이너 검색시스템으로의 방사선원의 제어설비로의 응용이 충분히 가능할 것으로 판단됨.

• 감마선 조사기술은 검색 시스템 기술자립을 위한 가장 핵심적인 기반기술임. 현재 조사기술에는 한계가 있고 컨테이너의 많은 부분을 조사하려면 상당한 비용이 더 들게 되며, 이로 인한 물류지체는 지속적으로 증가하게 됨. 물류지체 없이 대량의 컨테이너를 효과적으로 검색하기 위해서 검색시스템 조사 기술의 개발이 절실히 요구되는 상황

• 국내의 경우 설비산업에서 고온 고압 공정에 놓인 배관의 부식 및 침식 정도를 확인하기 위한 파

이프라인의 두께 측정용 감마선 어레이 검출기를 개발하였음. BGO섬광제촤 광다이오드를 이용하여 검출기를 제작하였고 이를 바탕으로 검출기 시험용 측정장치를 제작하였음.

• 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 부족한 상황이나, 정부지원을 통하여 검출기의 방사선 손상연구 및 내방사선 센서를 개발 중에 있으며, 검출기 에너지 켈리브레이션, 양성자 에너지에 따른 검출기의 반응연구, 검출기 위치에 따른 Uniformity 연구를 진행중에 있음.

• 현재 국내에서 섬광체에 대한 연구는 지속적으로 진행중에 있음. 검출기에 사용하는 섬광체는 용도에 따라 요구조건이 상이하므로 개발목적에 맞는 섬광체의 특성파악이 필요하며, 현재 보유중인 장비 및 시설을 이용하여 새로운 섬광체 제작 기술을 보유한다면 감마선 검색장비의 검출기에도 응용이 가능할 것으로 보임.

• 화물검색의 영상처리 기술은 정확한 판독의 문제이므로 매우 중요한 부문이지만 국내 영상처리 기술은 낮으며 기술이 있다 해도 이에 대한 적정성 검토 할 자료가 없으므로 해외기술에 의존하고 있는 실정임.

• 국내의 경우, 고감도 감마선 영상장치와 관련한 연구가 지속적으로 진행되고 있음. 이는 전기적 집속 원리에 따라 집속기를 사용하지 않고 반도체 검출기를 사용하여 광범위한 표지자에 대하여 고분해능 에너지를 식별할 수 있는 기술을 포함함.

• 국내의 경우 컨테이너 검색환경 뿐만 아니라 일본 방사능 유출과 관련하여 방사선이 유출될 수 있는 환경에 관한 방사능 피폭에 대한 환경평가에 관한 관심이 폭발적으로 증가하고 있는 추세임.

• 현재 국내 항만에 설치되어있는 X-ray 검색장비의 경우에도 전문적이고 완벽한 검증을 하지 못하고 문제가 발생시 장비회사의 엔지니어에 의존하여 많은 비용과 시간을 들여서 유지보수를 해야만 하는 상황임. 더욱이 신속한 대응이 어려워 물류지체의 원인이기도 함.

• 검색시스템의 성능평가 및 신뢰도 평가기술을 확보하여 신속한 유지보수 및 지속적인 품질관리의 기준 데이터 확보가 절실히 요구됨.

• 국내의 경우 현재 항만에서 사용하고 있는 X-ray의 검색장비와 검색환경에 대한 방사선 피폭정도는 그 양이 미비하다는 기존문헌이나 시험데이터등을 통하여 안전성을 신뢰하고 검색을 진행하고 있는 형편임.

• 감마선 검색장비를 구축하여 사용함에 있어 사용환경의 안전문제를 해결하기 위하여 정기적인 평가관리는 반드시 필요한 문제이며, 사용환경 관리를 위한 방사선 피폭 관리용 측정기도 정기적인 시험평가의 필요성이 대두됨.

[국외]

• 화물컨테이너 검색의 주요현안이 대량살상무기(WMD)의 적재여부를 탐지하는데 주력함에 따라 검색 패러다임이 밀반입 검출에서 방사능 탐색으로 변화함. 전 세계적으로 대부분 사용하고 있는 X-ray 검색장비로는 방사능 물질을 탐지하는 것이 불가능하므로 이를 해결하기 위하여 미국국토안보부에서 메가포트 구상 (MI, Megaport Initiative)을 실시함

• 현재 컨테이너 검사와 관련해서는 화물검색기와 방사능 물질 검색장비에 관한 기술 및 장비개발 · 설치 등의 시장점유를 둘러싼 경쟁이 치열한 상황이며, 화물검색장비의 경우 1대당 가격이 40~50억 달러에 달하는 시장을 미국 샌디에고에 본부를 둔 SAIC와 스미스 디텍션(Smith Detection)사가 양분하고 있는 실정

• 미국 SAIC사는 현재 감마선 화물컨테이너 검색장비분야 세계 최고의 기술을 보유하고 있으며, 검색 형태별로 모바일 타입은 대당 60~70억 고정형은 대당 약 100억 정도로 알려짐. SAIC의 장비는 현재 미국의 동부지역 전 항만에서 사용되고 있으며, 홍콩, 싱가포르, 캐나다, 멕시코, UK 등의 모든 항만에 설치 되어있으며, 점차적으로 적용이 늘어나고 있음.

• 중국의 경우 팅화퉁팡워이스(Nuctech)사는 1998년 세관당국과 협력시스템을 구축, 'H986 프로젝트'를 수행함. 이는 대형 컨테이너 화물 검색 설비 및 그 보조시스템의 개발에 관한 사업으로 첨단 과학기술을 활용하여 수출입 컨테이너 화물에 대한 X-ray 검사를 통하여 실제화물과 신고화물 일치 여부의 확인을 목적으로 함. Nuctech는 X-ray 화물검색 시스템의 기술은 세계적인 수준에 있으며, 15여개 국가에 100여대 수출하였음. 특히 복사영상 기술분야에 있어 수십년 간의 연구경험과 기술 노하우를 보유하고 있고 핵심기술에 대한 지적 재산권을 보유하고 국내외 기술특허를 취득함

• 감마선 영상 화물컨테이너 검색 시스템 요소기술 분야는 미국이 거의 주도적으로 진행하고 있으며 SAIC 사와 스미스 디텍션 사가 높은 기술력을 보유하고 있음. 특히, SAIC 사의 VACIS Portal형 통합 검색 시스템과 Mobile형 감마선 검색 시스템을 개발하여 미국 세관 및 외국 세관에게 약 170대 이상을 판매하였음

• 미국의 로렌스 버클리 국립연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)산하 플라즈마 이온 발생원 기술그룹(Plasma and Ion Source Technology Group)은 컴팩트 축 타입의 감마튜브를 개발중에 있음. 개발중인 감마 튜브(GT) 형태는 핵분열성 물질의 광분열 조사를 위해 단색 6 MeV 및 12 MeV 감마선을 생성하는 사양으로 소형 저에너지 빔 발생기로 도달할 수 있는 저에너지(수백 keV) 광자 유래 핵반응을 사용하기 때문에 대형 입자 가속기 필요성을 감소시킴.

• 미국의 SAIC 사는 감마선 조사기술의 상당한 기술력을 보유하고 있으며, Portal 형 감마선 컨테이너 검색장비를 개발 완료함. 이는 서로 반대되는 한쌍의 선원과 검출기 집합체를 사용하며, 표준도로 차선보다 넓지 않은 공간에서 컨테이너나 트럭 전체를 이미징 할 수 있음. 필요 공간이 크지 않으므로 감마선 발생원 장치를 복수로 줄로 나란히 설치 할 수 있음. 감마선 조사각을 조절함으로써 숨겨진 구획을 효과적으로 검색할 수 있도록 함.

• 미국 해군연구소에서는 컨테이너 검색을 위한 고해상도 위치 검출 및 정확한 이미지를 획득하기 위한 감도가 향상된 감마선 검출기를 개발하였음. 감마선 조사시 상호작용할 때 물체의 3차원 위치는 서브밀리미터 수준의 정확도를 보이는 단일 게르마늄 스트립 검출기이며, 기술력을 바탕으로 실리콘 스트립 검출기 개발을 연구중에 있음

• 일본의 경우, 원자력 연구개발기구(JAEA Japan Atomic Energy Agency)에서측정프론티어 연구사업을 통하여 고에너지 전자와 레이저를 충돌시켜 발생하는 감마선 빔을 이용하여 두꺼운 철판으로 둘러싸인 물체의 구성요소의 동위체를 검색한 뒤에 그 외치와 형상을 측정하는 기술을 개발하였음

• 미국 SAIC 사의 화물 컨테이너 통합 검색 시스템인 Mobile VACIS 는 검색 프로세스를 간소화 하여 검색시간을 줄이고, 물류지체를 해소하기 위하여 개발한 장비임. 검색이 용이하고 정비가 편리하게 표준 트럭 플랫폼으로 설계함. 검색 공간 및 시간이 충분하지 못하거나 특별 검사를 요할 때 검사 지점으로 빠르게 이동할 수 있으며 사용 준비에 소요되는 시간은 10분 미만임

• 검색 이미지의 영상품질에 따라 판독시 검색결과에 큰 영향을 미치므로 투과영상 처리 기술 및 영상획득 이미지 분석기술은 검색 시스템 개발에 있어 매우 중요한 기술이라 할 수 있으며, 미국을 중심으로 주요 선진국에서 영상처리 기술, 복원기술, 영상최적화 기술 등의 연구가 활발히 진행중에 있음

• 미국은 컨테이너 검색 영상을 통합적으로 디스플레이 할 수 있는 ICIS 뷰어를 개발하였음. 이는 방사선 이미지, 컨테이너 부분별 방사선 분포, 컨테이너 식별을 위한 OCR 데이터 및 그 밖의 정보를 통합된 정보를 가시화 할 수 있는 영상기술을 개발하여 감마선 검색 시스템에 적용하고 있음.

(4) 세부과제 구성내용

[총괄과제] 방사능 검출을 위한 감마선 영상 기반 화물검색 시스템 구축

● 연구내용

• 총괄과제 이하 3개의 세부과제로 구성함

- 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발
- 감마선 병합 검색 시스템 개발
- 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

[세부 1] 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발

● 연구내용

• 항만시설 검색 시스템에서 이동식 검색차량의 수요가 증가함에 따라 수요 만족 대응을 고려한 검색 퀄리티 향상 구조 및 장기 유지가 가능한 구조로 높은 판독력과 빠른 작업 속도가 가능한 감마선 영상기반 이동 검색 차량 개발

• 행동장해 요인을 제거하기 위해서는 정상적인 자세와 안전하게 작업을 하도록 작업장소의 넓이와 필요한 폭 그리고 작업통로의 높이를 확보하고 통로바닥은 장해가 되는 요소를 제거하는 설계

• 원활한 검색 진행 및 판독, 작업 처리량의 속도를 극대화시키기 위한 프로그램 인터페이스 개발

● 중점요소기술

• 스테레오 이미징 방식이 가능한 스테레오 type의 검색부 구동 방식 개발

• 프레임 다중 엮임 구조 기술

• 높낮이 조절 가능한 검색기 조절 모듈 기술

• 내부장비 보호를 위한 은폐 및 코팅기술

• 검색 진행 유도 시스템 개발

• 디지털 인포메이션 가이드 시스템 개발

[세부 2] 감마선 병합 검색 시스템 개발

● 연구내용

• 감마선 화학적 분석영상 기술은 물류보안을 위한 극대화시키기 위한 화물 내부의 정확한 화학분석을 통해 위험물 검출을 현실화한 화학분석 영상 기술을 개발함

• 감마선의 스테레오 검출 영상방식을 통한 3D 영상처리 기술 및 감마선 투과특성에 의한 화학분석 영상을 획득하고 판별할 수 있는 제반기술을 개발함

• 위험 물질을 식별할 수 있는 화학적 성분분석 알고리즘을 개발함

• 영상 분석 판독과 화학적 분석 판독을 병합하여 위해 및 위험물질 판독기능을 개발함

• 물질투과영상으로 1차적으로 육안검사가 가능하게 하고, 2차적으로 육안검사가 불가능한 위험물에 대해 화학적 성분 분석을 통해 검색의 신뢰도를 높이는 병합검색 기술을 개발함

• 검색업무를 효율적으로 할수 있는 관제기술 연구 개발

● 중점요소기술

• 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘 기술

• 감마레이 검출기의 검출기술 및 검출된 화학적 분석영상 획득, 표출에 관한 알고리즘 설계기술
• 검출 분석영상 해석 및 처리 기술
• 3차원 영상 인식 처리 기법 및 고속 병합 검색 기술
• 영상획득 및 화학분석 영상의 병합기술
• 검색 모니터링 시스템 설계 기술

[세부 3] 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

● 연구내용

• 감마 검출기 성능평가 시스템 개발
• 영상처리 시스템 성능평가 기술개발
• 감마선 검색시스템 구동 및 이송부의 성능평가 기술개발
• 감마선 검색시스템 구동 및 이송부의 성능평가 기술개발
• 감마선 화물컨테이너 검색시스템의 특성 및 성능평가 표준화 마련
• 감마선 검색장비 운영환경 감시 프로그램 개발
• 화물컨테이너 검색환경 안전성 평가기술 개발
• 방사선 측정장비에 따른 교정기술 기준서 개발
• 방사선 측정장비에 따른 교정시스템 구축 및 KOLAS 인정항목지정 기반마련
• 측정값 통계처리 및 불확도 산정 시스템 개발
• 방사선 측정장비의 시험평가 기준 마련 및 시험장비 구축

● 중점요소기술

• 영상품질 평가시스템 설계 기술
• 검출기 성능분석을 위한 기하학적 해석 기법
• 진동측정 측정 기술
• 유효선량 정량화 평가 기술
• 방사선량 계측시스템 설계 기술
• 불확도 산정 평가 기술
• 방사능 분석 기법

(5) 과제 운영형태 및 실용화 방안

● 과제 운영형태

• 통합 연구 성과물 도출을 위하여 총괄주관기관 이하 각 세부과제별 협동기관 및 참여기관으로 구성하여 연구개발 수행

● 실용화 방안

• 국토해양부 및 산학연의 적극적인 참여를 유도하여 사업화로 연계될 수 있도록 총괄주관기관 책임자가 실용화 방안 제시
• 주관 총괄 책임자가 각 세부과제별로 구체적인 실용화 방안 제시

(6) 사업기간 및 사업예산

• 총 4년으로 구성하며 총 소요예산 150억으로 진행함
* 세부과제별 소요예산은 기획보고서의 편성예산 참조
* 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 연구과제 운영계획에 따라 변경 가능

1.2 세부과제 RFP

제 1 세부과제명 : 감마선 이동식 모바일 화물검색 시스템 개발
(1) 연구개발 목표
• 항만시설 검색 시스템에서 이동식 검색시스템의 수요가 증가함에 따라 수요 만족 대응을 고려한 스테레오 검출 방식으로 영상의 정확도를 극대화 시키고 장기 유지가 가능한 구조설계로 높은 판독력과 빠른 작업 속도가 가능한 감마선 영상기반 이동식 모바일 검색 시스템 개발
(2) 연구개발 필요성 및 동향
[연구개발 필요성] • 국내 항만 시설의 검색 시스템은 수입에 의존하여 있으며 검색운영 효율을 극대화시킨 감마선 이동식 검색시스템을 구축하기 위해서는 기존 타 회사의 제품과는 차별화된 검색 구조가 필요함 • 차별성을 지닌 이동식 차량을 위해서는 이동성 강화를 위한 견고성과 경량화에 의하여 검색효율 및 판독 분석력을 필요함 • 다양한 작업환경에 신속하게 대응할 수 있는 검색부 설계 및 인간공학적 판독실 환경 개선 필요성 • 판독 과정에 필수적인 프로그래밍 기술은 원하는 서비스를 손쉽게 실행할 수 있도록 지원 • 항만 시설 장비 부식에 대응하기 위한 은폐형 및 코팅 기술 개발 필요함. 작업 장소 특성상 해수면에 의한 염분에 의한 철물의 빠른 부식과 마모로 작업장의 위험성 및 유지비 적으로 손실을 최소화 시킬 수 있는 방안 마련 **[국내 기술 동향]** • 국내의 경우 중성자 선원을 이용하여 감마선 발생을 가능하게 하는 설비 제작기술에 많은 관심을 갖고 관련 분야 연구가 지속적으로 진행되고 있음. 특히 중성자 선원을 제어할 수 있는 차폐기술과 중성자 발생기 제작 기술에 대한 연구가 수행중이며, 이 기술은 컨테이너 검색시스템으로의 방사선원의 제어설비로의 응용이 충분히 가능할 것으로 판단됨 • 검출기의 공간분해능을 개선하면 검색 영상 품질을 높일 수 있으므로 검출기 설계는 실제 검색효율을 높이는 중요한 핵심기술이라 할 수 있음 • 빠른 영상획득을 위해 높은 검출효율을 요구하는 검출기를 개발함이 요구되는데 검출기는 방사선원으로부터 거리가 작을수록, 검출기의 면적이 클수록 피폭의 위험도가 높아지므로 주변환경의 피폭을 최대한 줄이면서 검출 효율을 극대화 시킬 수 있는 기술개발이 요구됨 • 국내의 경우 설비산업에서 고온 고압 공정에 놓인 배관의 부식 및 침식 정도를 확인하기 위한 파이프라인의 두께 측정용 감마선 어레이 검출기를 개발하였음. BGO섬광제촤 광다이오드를 이용하여 검출기를 제작하였고 이를 바탕으로 검출기 시험용 측정장치를 제작하였음. • 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 부족한 상황이나, 정부지원을 통하여 검출기의 방사선 손상 연구 및 내방사선 센서를 개발 중에 있으며, 검출기 에너지 켈리브레이션, 양성자 에너지에 따른 검출기의 반응연구, 검출기 위치에 따른 Uniformity 연구를 진행중에 있음. • 현재 국내에서 섬광체에 대한 연구는 지속적으로 진행중에 있음. 검출기에 사용하는 섬광체는 용도에 따라 요구조건이 상이하므로 개발목적에 맞는 섬광체의 특성파악이 필요하며, 현재 보유중인 장

비 및 시설을 이용하여 새로운 섬광체 제작 기술을 보유한다면 감마선 검색장비의 검출기에도 응용이 가능할 것으로 보임

• 국내의 경우 수출품에 대하여는 검색이 이루어지지 않고 있으며, 수입품에 한해서 한정적으로 이루어지고 있음. 또한 검색장비가 새로 도입되면서 검색시간이 단축되었으나 여전히 검색장비의 스캔속도 및 판독 시간, 직접 개봉하는 수동검색 절차가 통합적으로 운영 되지 못하고 있어 전 항만에서 총 수입품의 1~2%만 검색하고 있는 실정임

[국외 기술 동향]

• 빠른 영상획득을 위해 높은 검출효율을 요구하는 검출기를 개발함이 요구되는데 검출기는 방사선원으로부터 거리가 작을수록, 검출기의 면적이 클수록 피폭의 위험도가 높아지므로 주변환경의 피폭을 최대한 줄이면서 검출 효율을 극대화 시킬 수 있는 기술개발이 요구됨

• 미국의 SAIC 사는 감마선 조사기술의 상당한 기술력을 보유하고 있으며, Portal 형 감마선 컨테이너 검색장비를 개발 완료함. 이는 서로 반대되는 한쌍의 선원과 검출기 집합체를 사용하며, 표준도로 차선보다 넓지 않은 공간에서 컨테이너나 트럭 전체를 이미징 할 수 있음. 필요 공간이 크지 않으므로 감마선 발생원 장치를 복수로 줄로 나란히 설치 할 수 있음. 감마선 조사각을 조절함으로써 숨겨진 구획을 효과적으로 검색할 수 있도록 함

• SAIC사의 Portal 타입 검색 시스템은 최대 8km/h의 속도로 움직이는 컨테이너에 감마선을 정확히 조사할 수 있으므로 물류지체를 최소화 할 수 있음. 컨테이너가 조사 영역을 통과할 때 감마선 산란되고, 트렉터와 운전사가 주사 영역을 통과한 뒤 감마선 발생장치의 셔터가 개방되어 실제 컨테이너에 조사하게 하는 조사제어 기술을 보유하고 있음

• 미국 SAIC 사의 화물 컨테이너 통합 검색 시스템인 Mobile VACIS 는 검색 프로세스를 간소화 하여 검색시간을 줄이고, 물류지체를 해소하기 위하여 개발한 장비임. 검색이 용이하고 정비가 편리하게 표준 트럭 플랫폼으로 설계함. 검색 공간 및 시간이 충분하지 못하거나 특별 검사를 요할 때 검사 지점으로 빠르게 이동할 수 있으며 사용 준비에 소요되는 시간은 10분 미만임. 작은 공간만 있으면 가동할 수 있음. Portal VACIS 는 항구의 게이트와 도로에 알맞게 매우 작은 공간이 필요하도록 규모를 줄여 설계함. 기존의 차량 통제점에 배치해 교통량에 미치는 영향은 최소화하면서 항구 게이트와 도로를 보호할 수 있도록 검색 프로세스를 설계함

• 일본의 경우, 원자력 연구개발기구(JAEA Japan Atomic Energy Agency)에서측정프론티어 연구사업을 통하여 고에너지 전자와 레이저를 충돌시켜 발생하는 감마선 빔을 이용하여 두꺼운 철판으로 둘러싸인 물체의 구성요소의 동위체를 검색한 뒤에 그 외치와 형상을 측정하는 기술을 개발하였음

• 미국 해군연구소에서는 컨테이너 검색을 위한 고해상도 위치 검출 및 정확한 이미지를 획득하기 위한 감도가 향상된 감마선 검출기를 개발하였음. 감마선 조사시 상호작용할 때 물체의 3차원 위치는 서브밀리미터 수준의 정확도를 보이는 단일 게르마늄 스트립 검출기이며, 기술력을 바탕으로 실리콘 스트립 검출기 개발을 연구중에 있음

(3) 연구개발 내용

• 검색 이미징 퀄리티 향상을 위한 3D 이미징 구현을 위한 스테레오 방식 검색부 개발

• 구동 시간 단축이 가능한 검출바의 구동 방식개발

• 검색부 경량화 및 견고성 강화를 위한 소재 및 구조 개발

• 검색바 길이 조절 시스템 개발
• 항만 시설 염분에 의한 부식 대비 Maintenace 개선 차체 은폐형 또는 반은폐형 구조 및 코팅 기술
• 스캔 이미지 퀄리티 향상을 위한 흔들림 방지 무진동 차체 매커니즘
• 장비점검 가능한 차량 기계실 개폐구조 개발
• 인간공학적 판독실 환경 개선 기술 개발
• 판독 인터페이스 UI 개선 설계 개발
• 비, 안개 등 기상 조건 악화 완충에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 시스템
• 가이드 시스템 설치 시간 단축을 위한 구조 개발
• 피검색 차량 이동시 동선 파악과 안전사고 방지를 위한 가이드 시스템 개발
• 검색 시간 단축, 효율 향상을 위한 네트워크 기반 실시간 운전자 안내 시스템

(4) 연구개발 추진방법

[추진전략]

• 세부연구 책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여야 함
• 실용화 및 사업화와 관련한 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고 그 달성도를 증명할 수 있는 시험 적용, 기술 이전 등을 포함한 연구개발 추진
• 세부연구책임자는 세부과제 목표가 과제 연구기간내에 수행될 수 있도록 연구일정을 수립해야 함
• 기 수행되었거나 현재 수행중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 통합 및 활용방안을 연구계획에 포함하여 추진
• 연구 성과물 도출에 소요되는 각종 시험평가는 공인된 시험기관을 활용하여 신뢰성을 높이도록 함
• 실용화 추진을 위하여 총괄책임자와 세부과제의 책임자와의 유기적인 협력을 통하도록 함

[추진체계]

• 본 연구개발은 실용화 중심의 연구개발 사업으로 산학연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 감마선 검색 시스템 관련 선도적 위치에 있는 해외주요 기관 및 전문가의 협조를 구할 수 있음
• 과제 성격에 따라 법/제도 개선, 연구성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력 투입 방안 제시 필요

(5) 최종성과물

• 스테레오 이미징 방식이 가능한 스테레오 방식의 검색 구동부
• 프레임 다중 엮임 구조
• 다양한 수요에 대응하기 위한 높낮이 조절 가능한 검색기 길이 조절 모듈
• 은폐 및 반은폐 하드탑 구조의 검색부
• 내부장비 점검을 위한 차체 패널 Door 구조
• 이동 시 흔들림 없는 검색 영상 이미지가 가능한 Air Bag을 응용한 무진동 차체구조
• 판독실 내부의 최적의 작업환경을 위한 인간공학적인 작업환경시스템
• 판독 정확도, 판독자를 고려한 인터페이스
• 유도, 검색 경로 검색진행 유도 시스템
• 디지털 인포메이션 가이드 시스템
• 구역 설정 센서 폴 설치 시간 단축 구조

(6) 연구기간 및 지원예산

• 총 4년으로 구성하며 총 소요예산 60억으로 진행함

• 1차년도 : 6억 / 2차년도 2,885,790천원 / 3차년도 394,610천원 / 4차년도 2,119,600천원

* 세부과제별 소요예산은 기획보고서의 편성예산 참조

* 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 연구과제 운영계획에 따라 변경 가능

제 2 세부과제명 : 감마선 병합 검색 시스템 개발

(1) 연구개발 목표

• 방사능 검출 및 정확한 영상을 확보하기 위하여 감마선 화학적 분석영상기술을 개발하고 이를 3D 영상 처리 기술과 화학분석 영상을 병합한 감마선 영상기반 화물 컨테이너 검색 시스템을 개발함

(2) 연구개발 필요성 및 동향

[연구개발 필요성]

• 화물 컨테이너 검색 시스템의 위험물질 검색을 위한 목적을 해결하기 위하여 용도에 적합한 고 해상도 영상 분석 기술개발이 시급함

• 검색처리량을 늘리기 위하여 분석시간을 최대한 줄이고, 기존 개발된 하드웨어와 소프트웨어 변경을 최대한 줄여 개발 비용을 최소화하고 영상의 정확도를 높이기 위하여 시스템 공간 분해능을 개선하는 기술 필요

• 최고해상도는 저 감쇠 물체의 영상에서 얻을 수 있으므로 광자 제한 설계를 이용하여 감쇠정도가 증가할 때 얻어진 데이터를 큰 가상 픽셀에 재 저장하여 화소수 밀도와 공간 분해능을 단계적으로 높이는 기술이 필요함

• 화물 컨테이너 검색 시스템의 위험물질 검색을 위한 목적을 해결하기 위하여 용도에 적합한 고 해상도 영상 분석 기술 및 화학성분 분석 융합기술 개발이 시급한 과제임

[국내 기술 동향]

• 화물검색의 영상처리 기술은 정확한 판독의 문제이므로 매우 중요한 부문이지만 국내 영상처리 기술은 낮으며 기술이 있다 해도 이에 대한 적정성 검토 할 자료가 없으므로 해외기술에 의존하고 있는 실정임

• 화물 컨테이너 검색 시스템의 위험물질 검색을 위한 목적을 해결하기 위하여 용도에 적합한 고 해상도 영상 분석 기술개발이 시급한 과제임

• 검색처리량을 늘리기 위하여 분석시간을 최대한 줄이고, 기존 개발된 하드웨어와 소프트웨어 변경을 최대한 줄여 개발 비용을 최소화하고 영상의 정확도를 높이기 위하여 시스템 공간 분해능을 개선하는 기술이 필요함

• 국내의 경우, 고감도 감마선 영상장치와 관련한 연구가 지속적으로 진행되고 있음. 이는 전기적 집속 원리에 따라 집속기를 사용하지 않고 반도체 검출기를 사용하여 광범위한 표지자에 대하여 고분해능 에너지를 식별할 수 있는 기술을 포함함

[국외 기술 동향]

• 미국의 경우 감마선 검색 장비기술에 있어 SAIC 사가 선도적인 기술을 보유하고 있으며, 특히 컨테이너 내용물의 외곽선과 밀도를 나타내는 방사선 이미지를 생성하는 감마선 영상처리 기술은 세계 최고라고 할 수 있음. SAIC은 VACIS라는 감마선 영상을 이용하는 종합 컨테이너 검색 시스템을 개발하였음. 감마선 검색 시스템에서 방출된 선량은 같은 수준의 획득 영상수준 기준으로 X-선 장비에서 방출된 선량의 수분의 1정도로 조사하는 기술을 보유함. 감마선 검색 시스템은 선조사 X-선 시스템과 유사하지만 X-선의 전기기계식 대신에 방사성 동위원소를 사용하여 방사선을 발생시키는 방법임

• SAIC 사의 VACIS는 조사되는 감마선을 컨테이너 길이에 따라 투과하여 전체의 이미지 생성하는데 매우 낮은 방사선 선량을 사용하여 명확한 이미지를 제공하는 고효율 광자 카운팅 기술(미국 특허 6.507.025B1)을 보유함. 특히, 운행하는 트럭에 대하여 검색을 할 경우 움직임에 의해 발생하는 왜곡을 보정하기 위하여 감마선을 조사하는 동안 레이더로 측정하여 레벨링 하는 기술을 보유

• 미국은 컨테이너 검색 영상을 통합적으로 디스플레이 할 수 있는 ICIS 뷰어를 개발하였음. 이는 방사선 이미지, 컨테이너 부분별 방사선 분포, 컨테이너 식별을 위한 OCR 데이터 및 그 밖의 정보를 통합된 정보를 가시화 할 수 있는 영상기술을 개발하여 감마선 검색 시스템에 적용하고 있음

• 미국 캘리포니아 로센스 리버모어 국립연구소는 펄스형상분석기술을 이용하여 물체의 3차원 위치확인을 가능하게 하는 HPGe의 검출기 영상분석 기술을 개발함. 또한 국가안보 차원으로 검색분야 적용을 위한 이미지 복원 알고리즘을 개발하여 해상도 최적화를 위한 이미지 복원기술을 개발중에 있음

• 미국의 해군연구소는 감마선이 두 번의 컴프턴 산란후 세 번째 상호작용을 겪을 때 입사 감마선의 에너지와 방향을 결정할 수 있는데 이 작용을 컴프턴 이미지 획득에 적용하는 기법을 제안하였음. 이 기법을 이용하여 광범위한 에너지 이상에서 대형 고효율 검출기에 사용하는 기술을 개발함

• 독일에서는 은폐된 컨테이너안의 물질의 양과 분포를 감마선 투과영상을 이용하여 비파괴적, 비침습적으로 분석하는 고해상도 감마선 후방산란 영상처리 알고리즘을 개발하기 위한 연구가 진행중이며, 기존 감마선 영상처리의 단점을 극복하기 위한 감마선 조사기술을 활용한 고해상도 감마선 후방산란 영상시스템 개발에 관한 연구를 진행중에 있음. 이 기술은 컨테이너 화물 검색의 위험물질 검색 영상 판독의 응용이 가능할 것으로 보임

• 중국은 정부차원의 대규모 지원을 통하여 X-ray 검색시스템을 이미 개발하였고 전세계로 수출을 하고 있는 실정이며, 현재는 감마선 화물 검사 시스템을 개발하기 위하여 시스템 구축을 위한 각 요소기술에 관한 연구를 진행중에 있으며, 특히 기존 X-ray 검색 기술을 바탕으로 감마선 3차원 검색 및 영상기술 개발을 진행중에 있음

• 미국의 SAIC 사의 방사능 검출기는 1차 조사로부터 경보를 발한 컨테이너에 대하여 2차 검사소로 이동 후 감마선 탐색을 수행한 후 수지형 동위원소 식별기를 사용하여 특정 방사능 물질의 종류와 성분을 파악하는 기술을 보유함

(3) 연구개발 내용

• 위험물질에 대한 화학적 성분분석 알고리즘 연구 개발

• 감마레이 검출기의 검출기술 및 검출된 화학적 분석영상 획득, 표출에 관한 알고리즘 설계기술 연구

• 검출 분석영상 해석 및 처리 프로세스 개발
• 물질투과영상의 이미지 및 화학분석 영상 병합처리 프로세스 연구
• 3차원 영상인식 처리기법 및 고속병합 검색기능 연구
• 3차원영상과 감마레이 화학분석영상의 병합기능 개발
• 국내외 상용화제품 사양 및 성능 기준 분석
• 국내 주력수출품 및 위험물의 library구축 및 DB화
• 업무를 통합적이고 단일화된 뷰에서 제공할 수 있는 검색 모니터링 시스템개발
• 데이터 융합 및 연계를 위한 관제 운영시스템 연구개발

(4) 연구개발 추진방법

[추진전략]

• 세부연구 책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여야 함
• 실용화 및 사업화와 관련한 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고 그 달성도를 증명할 수 있는 시험 적용, 기술 이전 등을 포함한 연구개발 추진
• 세부연구책임자는 세부과제 목표가 과제 연구기간내에 수행될 수 있도록 연구일정을 수립해야 함
• 기 수행되었거나 현재 수행중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 통합 및 활용방안을 연구계획에 포함하여 추진
• 연구 성과물 도출에 소요되는 각종 시험평가는 공인된 시험기관을 활용하여 신뢰성을 높이도록 함
• 실용화 추진을 위하여 총괄책임자와 세부과제의 책임자와의 유기적인 협력을 통하도록 함

[추진체계]

• 본 연구개발은 실용화 중심의 연구개발 사업으로 산학연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 감마선 검색 시스템 관련 선도적 위치에 있는 해외주요 기관 및 전문가의 협조를 구할 수 있음
• 과제 성격에 따라 법/제도 개선, 연구성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력 투입 방안 제시 필요

(5) 최종성과물

• 위험물질에 대한 화학 성분분석 기술개발
• 화학분석영상획득 및 표출관련 기술개발
• 검출분석 영상 해석 처리 프로세스
• 병합처리 프로세스 개발
• 고해상도 3차원 영상이미지 처리 기술
• 고해상 3차원 영상 및 화학분석 기능의 병합기술
• 국내 주력수출품 및 위험물의 library구축 및 DB구축
• 검색 모니터링 시스템개발
• 관제 운영시스템 개발

(6) 연구기간 및 지원예산

• 총 4년으로 구성하며 총 소요예산 50억으로 진행함
• 1차년도 : 6억 / 2차년도 1,600,000천원 / 3차년도 1,600,000천원 / 4차년도 1,800,000천원
* 세부과제별 소요예산은 기획보고서의 편성예산 참조

* 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 연구과제 운영계획에 따라 변경 가능

제 3 세부과제명 : 감마선 검색장비 평가시스템 구축 및 표준화

(1) 연구개발 목표

• 감마선 화물 컨테이너 검색시스템의 성능평가 방법을 구축하여 검색결과의 신뢰성을 확보하며 감마선 검색 시스템의 평가기술에 대한 표준화 구축

• 검색 환경의 안전성을 확보하기 위하여 시험평가 기술을 확보하고 측정장비의 정기적인 평가관리 시스템을 구축함

(2) 연구개발 필요성 및 동향

[연구개발 필요성]

• 검색시스템은 그 수명이 다할 때 까지 여러 가지 수준에서의 성능평가 검사가 필요함.

• 화물 컨테이너의 정확한 검색을 위하여 감마선 검색시스템의 효율성과 신뢰성이 보장되어야 하며, 검색결과의 품질을 확보하기 위하여 검색시스템의 요소별 시험평가 기술 및 방법이 확보되어야 함

• 검색률이 높아짐에 따라 검색시스템이 노후화되면 성능평가 및 정도관리 부문이 체계적인 시스템으로 구축 되어야 할 필요성 증가

• 감마선 검색시스템은 동위원소에 의한 감마선을 이용한 영상 및 방사능 검출을 목적으로 하므로 이를 사용하는 사용자 및 사용환경의 안전성 확보가 매우 중요함

• 해외에서 개발한 감마선 검색시스템은 검색환경 평가결과 방사선에 의한 피폭량이 거의 없다고 알려져 있고 주기적인 평가 프로그램을 구축하여 검색환경의 안전을 확보하고 있음

• 감마선 검색 시스템을 구축하여 운영할 경우, 방사선 동위원소의 사용문제로 인하여 방사선 측정용 기기의 지속적인 관리와 체계가 이루어져야 하며, 이를 위하여 정기적인 시험 및 교정을 통하여 측정기기의 관리가 절실히 요구됨

[국내 기술 동향]

• 국내의 경우 컨테이너 검색환경 뿐만 아니라 일본 방사능 유출과 관련하여 방사선이 유출될 수 있는 환경에 관한 방사능 피폭에 대한 환경평가에 관한 관심이 폭발적으로 증가하고 있는 추세임.

• 방사선 검색환경 피폭과 관련한 측정은 작업환경의 표면오염, 공기중 오염, 개인 피폭(피부오염, 내부오염)으로 구분할 수 있으므로 항목별 오염도 측정에 관한 측정기술을 개발하여 검색환경 안전을 확보해야 함.

• 국내의 경우 현재 항만에서 사용하고 있는 X-ray의 검색장비와 검색환경에 대한 방사선 피폭정도는 그 양이 미비하다는 기존문헌이나 시험데이터등을 통하여 안전성을 신뢰하고 검색을 진행하고 있는 형편임.

• 감마선 측정용 반도체검출기와 알파선 측정용 반도체검출기를 1개의 측정기 회로에 함께 설계하여, 감마선 측정용 반도체검출기에서 측정된 '전 에너지 영역(0.0~3.0MeV)의 감마선량 측정값'에서 '공기중에 존재하는 납-214(0.35MeV) 또는 비스므트-214(0.60MeV)에서 방출된 감마선량에 실험식으로부터 산출된 가중인자를 대입하여 계산된 값'을 빼는 방식으로 공간방사선량에서 라돈자핵종에 의한 영향을 제거한 '유도방사선량'을 도출하는 방법이 연구됨.

• 알파선 측정용 반도체검출기에서 측정된 '알파선 측정값'에 대한 감마선 측정용 반도체검출기에서 측정된 '공기중에 존재하는 납-214 또는 비스므트-214에 의한 감마선 측정값'의 비와 라돈과 라돈 자핵종들 간의 '방사평형인자'와의 비례 관계에 근거한 실험식으로부터 도출된 '환산인자'를 활용하여, 2개의 반도체검출기로부터 측정된 값으로부터 해당지역에 대한 방사평형인자를 도출할 수 있도록 하여, 1대의 측정기 만으로 '공간방사선량율', '라돈농도', '유도방사선량', '방사평형인자' 등 4가지 정보를 실시간으로 출력 할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 환경방사선 측정 방법이 제시됨.
• 현재 국내 항만에 설치되어있는 X-ray 검색장비의 경우에도 전문적이고 완벽한 검증을 하지 못하고 문제가 발생시 장비회사의 엔지니어에 의존하여 많은 비용과 시간을 들여서 유지보수를 해야만 하는 상황임. 더욱이 신속한 대응이 어려워 물류지체의 원인이기도 함.

[국외 기술 동향]

• 폭발물 및 특수 물질, 검출 및 주변환경 확인 시스템에 관한 연구가 지속되고 있는 가운데 미국의 경우 이를 위하여 검사 대상 컨테이너에 근접하여 설치되는 하나 이상의 감마선 센서와 고체 중성자 센서를 지지하고 있는 하우징을 제시함. 센서들로부터 방사능 데이터를 수집하고 그 수집된 데이터를 하나 이상의 동위원소를 나타내는 하나 이상의 저장된 스펙트럼 이미지와 비교하여 존재하는 동위원소를 확인하는 기술을 확보함.
• 감마선 화물검색 시스템의 제조는 거의 전량 미국에서 생산되므로 제조회사에서는 제품을 출시하기 전에 그들이 공표한 사양과 실제 성능이 일치하는지 공장에서 검사를 받게 됨. 이 경우 공장검사는 MEMA에 의해서 개발된 절차에 따라서 이루어짐.
• MEMA 기준으로 표시된 성능사양을 확인하기 위해서는 쉽게 구할 수 없는 특별한 장치가 필요한 경우도 있고, 대부분 장비회사가 보안상의 이유로 측정치를 얻는 방법을 공개하지 않거나 자기 회사의 엔지니어에 의해서만 시행하도록 하는 경우가 대부분임.

(3) 연구개발 내용

• 감마 검출기 성능평가 시스템 개발
• 영상처리 시스템 성능평가 기술개발
• 감마선 검색시스템 구동 및 이송부의 성능평가 기술개발
• 감마선 화물컨테이너 검색시스템의 특성 및 성능평가 표준화 마련
• 감마선 검색장비 운영환경 감시 프로그램 개발
• 화물컨테이너 검색환경 안전성 평가기술 개발
• 감마선 검색환경 측정장비의 시험 및 교정방법 개발
• 방사선 측정장비에 따른 교정기술 기준서 개발
• 방사선 측정장비에 따른 교정시스템 구축 및 KOLAS 인정항목지정 기반마련
• 측정값 통계처리 및 불확도 산정 시스템 개발
• 방사선 측정장비의 시험평가 기준 마련 및 시험장비 구축

(4) 연구개발 추진방법

[추진전략]

• 세부연구 책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여야 함

• 실용화 및 사업화와 관련한 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고 그 달성도를 증명할 수 있는 시험 적용, 기술 이전 등을 포함한 연구개발 추진
• 세부연구책임자는 세부과제 목표가 과제 연구기간내에 수행될 수 있도록 연구일정을 수립해야 함
• 기 수행되었거나 현재 수행중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 통합 및 활용방안을 연구계획에 포함하여 추진
• 연구 성과물 도출에 소요되는 각종 시험평가는 공인된 시험기관을 활용하여 신뢰성을 높이도록 함
• 실용화 추진을 위하여 총괄책임자와 세부과제의 책임자와의 유기적인 협력을 통하도록 함

[추진체계]

• 본 연구개발은 실용화 중심의 연구개발 사업으로 산학연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 감마선 검색 시스템 관련 선도적 위치에 있는 해외주요 기관 및 전문가의 협조를 구할 수 있음
• 과제 성격에 따라 법/제도 개선, 연구성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력 투입 방안 제시 필요

(5) 최종성과물

• 감마 검출기 성능평가 시스템 개발
• 영상처리 시스템 성능평가 방법 개발
• 검색구동부 및 이송부의 성능평가 기술개발
• 감마선 검색장비 성능평가기술분야의 표준화
• 감마선 검색환경 감시 프로그램 구축
• 방사선량 측정 시스템 개발
• 검색환경 안전성 평가 및 시험방법 개발
• 방사선 측정장비의 교정기술기준서
• 방사선 측정장비에 따른 교정시스템 구축
• 방사선 측정장비의 교정 절차서 개발
• 측정값 및 통계처리 및 불확도 산정 시스템 개발

(6) 연구기간 및 지원예산

• 총 4년으로 구성하며 총 소요예산 40억으로 진행함
• 1차년도 : 157,000억 / 2차년도 719,000천원 / 3차년도 910,000천원 / 4차년도 2,214,000천원
* 세부과제별 소요예산은 기획보고서의 편성예산 참조
* 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 연구과제 운영계획에 따라 변경 가능

제 2 절 제안과제 평가방법

기준항목	세부항목
연구개발목표(15점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성 타당성(5점)
	성과목표 및 지표 설정의 명확성 및 적정성 (10점)
연구개발내용(25점)	과제 연구목표와의 부합성 (5점) 총괄과제 및 세부과제 연구개발 내용과의 상호연계성 (5점)
	연구개발내용의 실현 가능성 (10점)
	연구개발내용의 차별성 및 창의성 (5점)
추진전략 및 계획(20점)	연구추진 전략 체계의 구체성 및 타당성 (5점)
	연구 인프라 및 연구지원 시스템의 적절성 (5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성 (5점)
	전문가 활용계획의 적정성 및 타당성 (5점)
연구성과물 활용 계획 구체성 및 달성 가능성 (25점)	연구성과물 활용방안의 구체성 및 적절성 (10점)
	연구성과물의 실용화 (법.제도화 등) 가능성 (10점)
	연구성과물의 기대성과 (5점)
연구진 구성의 전문성(15점)	연구책임자의 전문성 및 해당분야 실적 (10점)
	연구진 전문성 및 구성의 적정성 (5점)
기타	평가위원 과반수 이상이 연구개발 계획서가 과제제안요구서와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

제 7 장 참고문헌

참고문헌

(1) 최재선외 (2007.12), 국가 물류보안체제 확립방안 연구(Ⅱ), 한국해양수산개발원.
(2) 안재진, 수축입물류보안(AEO) 프로그램의 세관간 상호인정 추진방안에 관한 연구, 관세학회지.
(3) 최혁준외(2010.03), 한국수출업체의 물류보안 인식에 관한 실태분석, 통상정보연구.
(4) 허은숙(2008.03), 미국물류보안규범이 우리나라의 공급망 참여자에 미치는 영향과 대응방안, 통상정보연구.
(5) 남풍우(2004.12), 미국컨테이너 보안협정(CSI)의 운용현황과 문제점 연구, 산업경제연구
(6) 박진헌(2004.09), 최근 미국 관세 행정의 정책 변화 연구, 관세청
(7) 김수엽(2009.12), 항만물류보안산업의 발전방안 연구, 한국해양수산개발원
(8) 국토해양부(2008), 국가항만보안계획 수립 등을 위한 연구
(9) 한국과학기술평가원(2007), 물류선진화 기술분석 정의서
(10) 한국해양수산개발원(2007.12), 항만물류선진화를 위한 RFID기술 도입방안
(11) 김인수(2008.11), 컨테이너 화물검색 기술현황, Ebtech.
(12) Frost & Sullivan(2007.03), Container Security-A Market Analysis
(13) 김정훈(2008.12), 전국 컨테이너 항만 물동량에 관한 예측, 해운물류연구
(14) 조성원(2009.06), 미국의 컨테이너 100% 검색제도와 우리나라 공급망 관리 참여자의 영향과 대응방안, 산업경제연구
(15) 김종득외(2007), 미국내 물류보안 동향과 C-TPAT운용에 관한 고찰, 통상정보연구
(16) 남풍우외(2008) 관세법상 수출입안전관리 우수공인업체(AEO) 제도의 효율적 운용방안에 관한 연구, 한국무역상무학회지
(17) 김준호외(2007) 무역안전을 위한 미국의 새로운 Security 강화법의 주요내용과 대응방안

(18) 한국무역협회(2008), 주간무역, 6.16
(19) Banomyong, Ruth(2005), The impact of port and tade security initiatives on maritime supply-chain management, Maritime Policy Management
(20) Barchi, Peleg-Gillai외(2006) Innovators in Supply Chain Security, The Manufacturing Institute, Stanford University.
(21) http://www.blankrome.com
(22) http://www.cbp.gov.
(23) http://www.etnews.co.kr
(24) http://www.lloydslist.com
(25) Sarathy, Ravi(2006), Security and the Global Supply Chain, Transportation Journal.
(26) Turnbull, Laurie(2008), Are ther benefits to 100% container scanning?, Canadian Transportation Logistics.
(27) ZDS(2008), Position Paper on House Resolution No 1:Implementing Recommendations of the 9/11 Commission Act of 2007.
(28) Hee-Jung Im(2009), Applications of prompt gamma ray neutron activation analysis : Detection of illicit materials, Applied Spectroscopy.
(29) Victor J. Orphan(2006), Advanced cargo container scanning technology development, Applied Radiation and Isotopes.
(30) Dennis Slaughter(2003), Detection of special nuclear material in cargo containers using neutron interrogation.
(31) C. E. Grassley, M. Baucus, B. Thomas, C. B. Rangel, "Container security:
Expansion of key customs programs will require greater attention to critical
success factors ", General Accounting Office, US Congress, GAO-03-770, July 25,
2003, www.gao.gov/cgi-bin/getrpt?GAO-030770.
(32) Maritime_Transport_Committee, "Security in maritime transport: Risk facators and economic impact ", Organization for Economic Co-operation and
Development (OECD); Directorate for Science, Technology and Industry,

July,2003, http://www.oecd.org/dataoecd/63/13/4375896.pdf.

(33) NRC, Making the Nation Safer: The Role of Science and Technology in

Countering Terrorism, The National Academies Press, Washington, DC (2002),

pp.

(34) Buffler, A., Brooks, F.D., Allie, M.S., Bharuth-Ram, K., Nchodu, M.R., 2001. Materialclassification by fast neutron scattering analysis. Nucl. Instr. Meth. B. 173/4,

(35) Slaughter, D., et al., 2007. A nuclear car wash: a system to detect nuclear weapons in commercial cargo shipments. Nucl. Instr. Meth. A 579, 349e352.

(36) Overley, J.C., Chmelik, M.S., Rasmussen, R.J., Schofield, R.M.S., Sieger, G.E., Lefevre,H.W.,

2006. Explosives detection via fast neutron transmission spectroscopy

(37) Jones, J.L., Yoon, W.Y., Norman, D.R., Haskell, K.J., Zabriskie, J.M., Watson, S.M., Sterbentz, J.W., 2005. Photonuclear-based, nuclear material detection system for cargo containers.

(38) Gozani, T., 1994. Novel applications of fast neutron interrogation methods. Nucl.Instr. Meth.

(39) J.L. Jones, et. al.(2005), “"Pulsed Photonuclear Assessment (PPA) Technique: CY04 Year-end Progress Report,"" INL Report 05-02583.

(40) Gierlik M *et al.* Comparative study of large NaI(Tl) and BGO scintillators for the EURopean Illicit TRAfficking Countermeasures Kit project *IEEE Nuclear Science Symp. and Medical Imaging Conf.(Puerto Rico,23-29 Oct.2005)*

(41) J. Reijonen, Neutron Generators Developed at LBNL for Homeland Security and Imaging Applications, CAARI 2006, to be published in NIM B 2007

(42) J. Reijonen, Compact Neutron Generators For Medical, Homeland

Security and Planetary Exploration, Invited. Proc. Particle Accelerator Conference ''05, Knoxville TN, USA, May 16 - - 20, 2005

(43) Hall, J., “"Uncovering Hidden Defects with Neutrons"", S&TR, Lawrence Livermore National Laboratory, May 2001, http://www.llnl.gov/str/May01/Hall.html.

(44) J. Reijonen, F. Gicquel, S. K. Hahto, M. King, T-P Lou and K-N Leung(2005), D-D Neutron Generator Development at LBNL, Applied Radiation and Isotopes, 63, 757

(45) T. Kalvas, S. K. Hahto, F. Gicquel, M. King, J. H. Vainionpaa, J. Reijonen, K. - -N. Leung and T. G. Miller, Fast Slit (2006),Beam Extraction and Chopping for Neutron Generator, Rev. Sci. Instrum. 77, 03B904

(46) Schiesel, S. (2003), Their mission: Intercepting deadly cargo, *New York Times*, *20*, Section E, p. 1.

(47) A. Shor, Y. Eisen, and I. Mardor, “"Gamma spectroscopy with pixelated

CZT detectors,"" in *Proc. 13th Int. Workshop on Room-Temperature*

Semiconductor X-Ray and Gamma Ray Detectors, IEEE Nuclear

Science Symp. Conf. Record, Portland, OR, 2003, R16 - 3.

(48) S. Yin et al(2002), “"Direct conversion CdZnTe and CdTe detectors for digital mammography,"" *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 49, pp. 176 - -181, Feb.

(49) Zhang, L., and Lanza, R. C. (1999), “"Coded Aperture Fast Neutron Analysis

for Contraband Detection: Preliminary Results,"" *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*, 3, 353-355.

(50) Chai, J. and H - -Y. Shum, Parallel projections for stereo

reconstruction. In *Proc. CVPR'00*: II 493-500.

(51) Hardin, W(2002), Cargo inspection: imaging solutions wait for government''s call, *Machine Vision Online.*

(52) Koschan,A., D. Page, J.-C. Ng, M. Abidi, D. Gorsich, and G. Gerhar(2004), SAFER under vehicle inspection through video mosaic building," *International Journal of Industrial Robot.*

(53) Zhu, Z, L. Zhao, J. Lei, 3D Measurements in cargo inspection with a gamma-ray linear pushbroom stereo system, *IEEE Workshop on Advanced 3D Imaging for Safety and Security*, June 25, 2005, San Diego, CA, USA

(54) GOZANI, T., "A review of neutron based non-intrusive inspection technologies", in Conf. on Technology for Preventing Terrorism, Stanford, 12-13 March 2002.

(55) BUFFLER, A., "Contraband detection with fast neutrons", Radiation Physics and Chemistry 71 (2004) 853

(56) EBERHARDT, J.E., LIU, Y., RAINEY, S., ROACH, G.J., STEVENS, R.J., SOWERBY B.D. AND TICKNER, J.R., "Fast neutron and gamma-ray interrogation of air cargo containers", (International Workshop on Fast Neutron Detectors, Cape Town, 3-6 April 2006), Proceedings of Science (FNDA2006) 092 (http://pos.sissa.it)

제 8 장 부 록

부 록 1	경제적 타당성 분석 방법 및 근거 1) 경제성 분석 근거 2) 경제적 파급효과 분석 근거
부 록 2	화물 컨테이너 검색 시스템 검색 형태별 구상안
부 록 3	이동형 모바일 감마선 검색장비 디자인 시안

[부록 1] 경제적 타당성 분석 방법 및 근거

1. 경제성 분석 근거

가. 경제성 분석의 기초 개념

○ 경제성 분석[economic analysis]이란 공공사업의 비용과 편익을 사회적 입장에서 측정하고 이에 따라 경제적 수익률(economic rate of return)을 계산함으로써 그 타당성 여부를 결정하는 분석 방식을 말한다. 사회 전체의 입장이 아닌 개별사업의 입장에서 실제의 비용과 편익을 추정하고 이에 따른 재무적 수익률(financial rate of return)을 계산해서 그 타당성을 평가하는 재무분석과 다소 차이가 있음

○ 편익 비용 분석[benefit cost analysis]이라고도 하는데, 어떤 사업을 완수하는 데 소요되는 비용과 사업 완성 후에 예상되는 편익을 계산하여 비교 분석함으로써 그 사업의 경제성을 분석하는 기법임

나. 개발 사업의 경제성 분석 방법

○ 시장 접근법

- 시장접근법은 자발적인 의사로 개발 사업자산을 거래하는 매수자와 매도자 사이에서 교환되어지는 자산의 가격을 비교함으로써 유사한 개발 사업자산의 가치를 가늠하는 평가방법임
- 평가대상개발 사업의 시장이 존재하거나 최소한 아주 유사한 개발 제품의 거래가 선행되어야 하고, 더욱이 이러한 거래가 무수히 일어나(확률변수로서의 가격) 안정적인 가치예측이 가능함
- 기본적 산출방법 : 순매출액(공장도가 기준)×실시요율×년수

○ 비용 접근법

- 비용접근법은 개발 사업이 가져오는 장래의 모든 효용량(service capability)을 재조달하기 위해 필요한 금액을 산정하고 그것을 가지고 개발 사업을 보유하는 것에 따라 얻을 수 있는 장래적 편익이라는 가치로 간주하는 평가방법임. 이는 개발 사업을 개발하는데 소요된 제반 개발비용을 기초로 여기에서 경과기간 동안의 가치하락분을 차감하여 산정하는 방법임
- 이 방식은 평가대상개발 사업을 개발하기까지 소요된 물적, 인적 자원의 가치를 합산한 후 이를 현재가치화하는 방법으로 측정이 비교적 용이하다는 장점이 있는 반면 대상 개발 사업의 수익성에 근거를 두고 있지 않기 때문에 향후 기대수익에 대한 고려가 불가능하다는 단점이 있음

○ 수익 접근법

- 수익접근법은 평가대상의 개발 사업의 수익 창출 능력을 자본화함으로써 무형 자산의 공정 시장 가치에 대한 지표를 제공함으로써 미래지향적이며 이론적으로 가장 근본적인 가치 산정 방식임. 현실적으로 대부분의 개발 사업은 거래시장이 존재하지 않고 개발비용으로는 매각 할 수 없는 것이기 때문에 현재로서는 수익접근법을 사용하는 것이 바람직함
- 일반적인 산출 방식

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\text{현금유입}_t - \text{현금유출}_t}{(1+r)^t}$$

$$= \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \cdots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

단, t: t기, CF_t: t기의 현금흐름, r : 위험(할인률또는시장이자율)

표 8-1. 개발 사업의 경제성 분석 모형 비교

평가방법	수익접근법	비용접근법	시장접근법
정의	평가대상을 활용해서 장래 얻을 수 있는 가치를 산정	평가대상개발 및 사용화에 소요된 비용을 가치로 선정	시장에 있어서 유사한 평가대상의 거래금액을 가치로 산정
장점	미래 예상되는 기대현금흐름의 예측 및 이의 현가화를 통한 가치산정	평가대상의 개발 및 상업화를 위한 개발비용 도출	시장기능을 이용하려면 수급원리에 의한 적정가격(비교가격)도출 용이, 거래에 의해 실제 유통될 수 있는 가격 산출
단점	미래현금흐름의 예측, 기술기여도 분석 등에 자의성 및 오차 개입성	담보 시 주 관심사는 과거 투입 비용이 아닌 향후 기대 수익에 의한 변제 가능성	평가대상의 거래를 위한 시장의 부재 또는 미발달시 시장접근 불가능

다. 개발 사업의 경제성 분석 단계

○ 시장성 분석

- 개발 사업의 Target 제품의 성격(완전히 새로운 상품인지 기존 상품의 대체재인지 혹은 최종재인지 중간재인지의 여부 등)을 규명한 후 이에 맞는 국내외 잠재시장을 조사하는 사전적 비용효과분석(Pre-Cost/Benefit Analysis) 단계임
- 이단계에서는 개발 사업의 제품을 요구하는 충분한 수요자가 존재하는가를 분석하게 됨

○ 재무적 분석(Financial Analysis)

- 생산비 및 생산자 이윤산정, 유통 구조 조사에 따른 유통비용 등을 감안한 제품 단가의 산정을 통해 기업차원에서의 투자손익 분석을 수행하게 되는데 여기에서는 전통적 비용/편익분석방법으로 사용되고 있는 편익/비용분석법 (Benefit/Cost Analysis), 순현재가치법(Net Present Value Method), 내부수익률(Internal Rate of Return) 등의 방법이 이용됨

라. 개발 사업의 경제적 수명

○ 개발 사업의 경제적 수명이란 개발 사업의 수명에 부정적 영향을 미치는 요인들이 발생하여 개발 사업이 경쟁 우위를 잃게 되는 미래의 평균 시점을 의미하는 것으로 개발 사업로 인하여 생산된 제품이 시장에서 경쟁 우위를 지니는 기간으로라고 할 수 있음

○ 일반적으로 개발 사업의 경제적 수명에 대해서는 획일적으로 결정하기는 어려우나 이와 관련되어 참고할 다양한 기준들을 감안하면 건물 건설의 경우는 30년, 공장 설비 구축은 20년 정도가 적정한 것으로 판단함

마. 현금 흐름 추정

○ 수요 예측(E. 얀츠의 수요 예측 기법)

- 첫째, 구매의향조사에 의한 방법으로서 이른바 「설문조사」를 통해 신개발 사업 제품에 대하여 구매 의향을 파악하고, 구매의향을 가진 소비자 비율에 모집단을 곱하여 전체수요를 예측할 수 있음
- 둘째, 대체·유사상품으로부터의 예측방법으로 유사상품이나 대체수요가 상정될 수 있는 경우 설문조사를 원용하여 잠재 수요자층의 기존상품에 대한 신상품으로의 대체 의향률을 파악하여 예측하게 됨
- 셋째, 델파이법 등의 직관적 예측방으로 직접 수요자의 의향을 파악하는 것이 아니라 그 분야 전문가의 직관에 의해 예측을 행하는 것으로 이것은 신개발 사업 상품의 수요예측, 특히 장기 수요 예측 등에 이용할 가치가 높음

○ 비용 추정

- 개발 사업의 현금 유출입을 추정하기 위해 예측된 수요를 생산 공급하는데 요구되는 각종 비용을 추정하여야 함. 이러한 가운데 가장 중요한 요소로는 설비 투자 규모와 원가 분석 등이 이루어지고, 감가 상각비 등이 추정되어야 함

○ 개발 사업의 경제성을 분석하기 위해서는 개발 사업의 상용화를 거쳐 발생될 수

익과 비용의 예측하여 각 사업년도별의 추정 재무제표, 특히 추정 손익계산서를 작성한 뒤, 이를 기준으로 개발 사업의 수명주기를 대상기간으로 하여 각 사업년도별의 현금 흐름(cash flow), 즉 현금 유입과 현금 유출의 차액을 연도별로 추정하게 됨

○ 할인율 산정

- 할인율이라고 하는 요소는 투자가의 자본투자에 대한 대가를 의미함. 자본을 투하한 투자가는 다른 투자 기회를 단념하고 그 특정 투자에 수반되는 리스크를 부담하게 됨. 적정할인율(appropriate discount rate)은 해당 투자안이 가지는 투자위험에 상응하는 할인율을 뜻하며, 그 투자안이 벌어 들여야 하는 최소한의 수익률로서 소요자본의 요구수익률(required rate of return)을 의미한다. 또한, 이것은 투하 자본의 기회비용으로서 자본비용(cost of capital)이라고도 함
- 할인율은 이론적으로는 화폐의 사용에 따른 시간적 희생에 따른 보상율(일반적으로 정기예금 이자율이나 국공채 금리의 무위험 이자)과 투자에 따른 회수불능 의 위험에 따른 보상율(은행 예치등 무위험 투자기회에 비해 기대하는 초과 이익률)의 합계가 됨

할인율 = 무위험이자율 + (시장수익율-무위험이자율) × 위험척도

- 타인 자본에 대한 할인율은 그 이자율 자체라고 할 수 있을 것이지만, 실제적으로는 현재 이자의 비용인정에 따른 감세효과가 있으므로 이를 고려한, 즉 이자율 × (1-법인세율)을 할인율로 하여야 함.
- 타인자본이 여러 종류 사용되고 있거나, 자기자본과 타인자본이 함께 사용되고 있는 경우에는 각각의 할인율에 그 구성비를 곱하여 합산함으로써 전체적인 할인율(가중평균 자본비용)을 구하게 됨

○ 수익접근법에 기초하여 해당 사업으로부터 발생 가능한 미래 현금흐름의 현재가치의 합계액으로서 발생하는 여유현금흐름(FCF : Free Cash Flow)을 추정함
- 여유현금흐름(FCF : Free Cash Flow) = 총 현금유입- 총 현금유출
- 총 현금유입 = 매출액- 매출원가- 판매비와 관리비 = 세전영업이익(EBIT)- 영업이익에 대한 법인세 = 세후영업이익(Net Operating Profit Less Adjusted Taxes

: NOPLAT) + 비현금성 비용(감가상각비 등)
- 총 현금유출 = 자본적 지출(보완 및 신규투자) + 순 운전자본 증가분
+ 기타 자산 증가분

바. 경제성 평가 지표

○ 순현재가치(NPV : Net Present Value)
- 순현재가치란 일정한 투자를 할 때, 매년 투자회수액(즉, 임대료 수입 등에서 재산세, 유지관리비 등 제비용의 지출을 제외한 순수입)들의 현재가치에서 총 초기투자비(즉, 토지구입비와 건설비)를 제외한 현재가치로의 수익을 말함.
- 현재가치(NPV)는 화폐의 시간적 가치와 투자의 위험성을 고려하여 미래화폐의 가치를 적절한 할인율로 감액하여 현재 화폐의 가치로 환산하는 것을 말하는 것임
- 순현가가 0보다 크면 투자를 채택하고, 순현가가 0보다 적으면 투자를 기각함

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \cdots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} - C_0$$

단, CF_t: t기의 현금흐름, r : 위험(할인률 또는 시장이자율)

○ 내부 수익률(IRR : Internal Rate of Return)
- 내부수익률(IRR)은 투자의 결과 발생하는 현금유입의 현가와 현금유출의 현가를 같아지게 하는 할인율로서 장기 투자안의 평균투자수익률을 의미함
- 내부수익률은 순현가를 0으로 하는 할인율을 의미한다. 투자대상 부동산의 예상되는 수익과 그 부동산에 투자하여야 할 지출금액을 같도록 하는 할인율, 즉 순현재가치를 0으로 만드는 수익률로 투자대상과 그 우선 순위를 알려주는 주요 지표가 됨
- 내부수익률이 요구수익률보다 크면 투자를 채택하고, 반대로 내부수익률이 요구수익률보다 적으면 투자를 기각함

$$\frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \cdots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = C_0$$

○ B/C 비율(Benefit-Cost Ratio : BCR)
- B/C 비율(Benefit-Cost Ratio : BCR)은 투자한 자본(비용)에 대한 주어진 기간 동안의 수익(이익)의 비율로서 BCR는 수익(주어진 회계기간 동안 발생된 이익)을 투자된 자본으로 나눈 것이 됨
- BCR이 1보다 클 경우 해당 개발 사업은 경제성을 가진다고 할 수 있음

$$BCR = \frac{\sum_{i=1}^{n} 수익_i}{\sum_{i=1}^{n} 비용_i}$$

2. 경제파급효과 분석 근거

가. 경제파급효과 분석 기초 개념

○ 경제파급효과분석은 산업연관표에서 산업부문별 투입구조가 일정기간 안정적이라는 가정하에 최종수요의 변동이 각 산업부문의 생산활동에 미치는 직·간접파급효과를 계측, 분석하는 것을 말함
- 여기에는 임금 등 부가가치항목이나 투입된 원재료의 가격변동을 독립변수로 하여 그것이 각 산업부문의 생산물가격에 미치는 영향을 파악하려는 가격파급효과분석이 있으며, 상대적인 개념으로 최종수요의 물량변동이 생산, 부가가치, 수입 등에 미치는 영향을 분석하는 물량파급효과 분석이 있음

○ 그리고 기술 개발과 관련하여 기술 개발이 여타 기술로 파급되어 다른 산업의 생산활동을 촉진하게 되는 기술파급효과가 있음

○ 생산 파급효과
- 투입계수는 각 산업 생산물 1단위 생산에 필요한 중간재와 생산요소의 투입 비중을 나타내는 계수를 말함.
- 구하는 방법은 각 산업이 재화와 서비스의 생산을 위하여 다른 산업으로부터 구입한 중간투입액과 부가가치액을 총 투입액(또는 총 산출액)으로 나누어 산출.

- 생산유발계수란 어떤 산업의 최종수요가 1단위 변할 때, 이를 충족시키기 위하여 직·간접적으로 필요한 산업별 생산액을 의미함.
- 투입계수를 활용하여 생산 유발계수를 도출.

○ 소득 파급효과

- 소득승수는 최종수요 1단위가 발생했을 때, 각 산업부문이 이를 충족시키기 위하여 전 산업에 파급시킨 직접 및 간접 소득효과를 나타냄.
- 여기서 소득은 피용자 보수(報酬)로 국내생산에 종사한 피용자가 받는 현금, 현물 급여 및 사용자가 부담하는 사회보험료 및 퇴직금을 포함하는데, 소득세 공제 전의 개념임.
- 소득효과는 가계 소득계수행렬의 행 합계로 구함.

○ 고용 유발효과

- 고용승수를 계산하기 위해선 피고용자수를 산업 생산액으로 나눈 노동력 투입 계수를 도출하고, 노동력 투입계수와 Leontief 역행렬 계수를 곱하여 합한 값이 고용승수(고용효과)가 됨.
- 고용효과는 투자금액 10억당 창출되는 고용자 수를 나타냄.
- 고용계수가 크면 일정 산출액 생산을 위해 노동이 더 많이 필요함을 의미하므로 노동집약적 산업, 고용계수가 작으면 노동절약적 산업, 즉 자본집약적 산업으로 분류됨.

생산 유발 계수 도출 과정

아래의 수급 방정식에서 Leontief의 생산모형을 도출.

$$X+Y-m=x \cdots\cdots (1)$$

여기서 X는 중간수요행렬, Y는 최종수요행렬, m은 수입벡터, x는 생산벡터.

$$X=\begin{bmatrix} x_{11}x_{12} & \cdots x_{1n} \\ x_{21}x_{22} & \cdots x_{2n} \\ \vdots\ \vdots & \vdots\ \vdots \\ x_{n1}x_{n2} & \cdots x_{nn} \end{bmatrix};\ Y=\begin{bmatrix} y_{11}y_{12} & \cdots y_{1n} \\ y_{21}y_{22} & \cdots y_{2n} \\ \vdots\ \vdots & \vdots\ \vdots \\ y_{n1}y_{n2} & \cdots y_{nn} \end{bmatrix};\ m=\begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix};\ x=\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

식(1)에 투입계수 $A=X\,\widehat{x^{-1}}$ (즉, $X=A\,\hat{x}$)를 대입하고, 중간수요와 최종수요행렬 Y를 산업별로 합치게 되면 식(1)은 다음과 같이 표현.

$$\begin{matrix} A\hat{x}+Y-m=x \\ A\hat{x}_t+Y_t-m=x \\ A\hat{x}+y-m=x \end{matrix}$$ 여기서, $t=\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$

$$x=(I-A)^{-1}(y-m) \cdots\cdots (2)$$

여기서 $I=\begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots 0 \\ 0 & 1 & \cdots\ 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots\ \vdots \\ 0 & 0 & \cdots\ 1 \end{bmatrix};\ A=\begin{bmatrix} a_{11}a_{12} & \cdots a_{1n} \\ a_{21}a_{22} & \cdots a_{2n} \\ \vdots\ \vdots & \vdots\ \vdots \\ a_{n1}a_{n2} & \cdots a_{nn} \end{bmatrix};\ y=\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$

식 (2)에 $y^*=y-m$을 대입하면

$$x=(I-A)^{-1}y^* \cdots\cdots (3)$$

식 (3)이 Leontief의 생산모형이다, 식 (3)을 변화율 모형으로 바꾸면,

$$\Delta x=(I-A)^{-1}\Delta y^* \cdots\cdots (4)$$

식 (4)를 이용하면 최종수요가 변동하는 경우, 이 변동이 산업별 생산에 미치는 파급효과를 분석함

위에서 유도한 Leontief 역행렬인 $(I-A)^{-1}$이 생산유발계수행렬임

나. 분석모형

□ 최종 수요 모형

○ 최종 수요 모형은 전통적인 산업연관분석 모형으로 투자, 소비, 수출 등 최종 수요의 변화에 의해 나타나는 파급효과를 분석함

$$\underset{A}{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}} \underset{X}{\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix}} + \underset{F}{\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix}} = \underset{X}{\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix}}$$

- 즉, X를 생산액 벡터, A를 투입계수, 그리고 F를 최종 수요라 하면 다음과 같이 됨. 여기서 레온티에프 행렬 $(I-A)$의 행렬식의 값이 0이 아닐 경우 역행렬이 존재하게 되고, 양변에 $(I-A)^{-1}$를 전치하여 총산출액 X에 대해서 풀어써면 식 (2)가 됨. 결국 이 식(1)은 다음과 같이 됨. 여기서 수요 측면 산업연관모형의 투입 역행렬 $(I-A)^{-1}$ = Q는 일반적으로 생산 유발 계수 행렬 혹은 레온티에프 역행렬 (Leontief inverse matrix)이라고 부르기도 한다. 생산 유발 계수 행렬 $(I-A)^{-1}$는 매우 큰 경제적 의미를 내포하고 있는데 최종 수요의 변화에 대해 새로운 산업간 일반 균형을 만들어 주는 총산출액을 계산할 수 있게 해준다. 투입 역행렬의 원소는 최종 수요로부터 파급 효과를 나타내는 승수적 의미를 가지고 있는데, 이를 케인즈의 투자 승수와 구별하기 위해서 다부문 승수(multi-sector multipliers)라고도 한다. 결국 식 (2)에 의해 생산을 위한 원재료 투입에 의한 각 산업 부문별 생산 유발 효과를 계측할 수 있음.

$$A\,X + F = X \quad \cdots\cdots(1)$$

$$X = (I-A)^{-1}\,F \quad \cdots\cdots(2)$$

단 : $(I-A)^{-1}$: 투입계수의 역행렬

A : 투입계수 벡터

- 특정 부문의 투자는 F 벡터를 만들어 계산하면 됨

○ 생산 부문 외생화 모형

- 특정 산업의 생산 활동이 그 지역 경제 혹은 산업 생산 활동에 미치는 산업연관 효과를 분석하기 위해서는 분석 대상 산업 부문을 외생화함. 이를 위해 이 산업 부문이 내생 부문으로 취급되고 있는 기존의 산업연관표를 이 산업 부문을 외생 부문으로 전환시킨 별도의 산업연관표를 작성할 필요가 있음
- 이와 같이 내생 부문에 포함되어 있던 h산업 부문의 행과 열을 내생 부문에서 제외하여 외생 부문으로 포함시키게 되면,

$$\underset{A}{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}}\underset{X}{\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix}} + \underset{A^h}{\begin{bmatrix} a_{1h} \\ a_{2h} \\ a_{3h} \end{bmatrix}} \underset{X_h}{X_h} + \underset{F}{\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix}} = \underset{X}{\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix}}$$

가 됨. 즉, X를 생산액 벡터, A를 특정 산업 부문이 제거된 투입계수, X_h를 h 산업의 생산액, 그리고 F를 최종 수요라 하면,

$$A\ X\ +\ A^h X_h\ +\ F\ =\ X \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

단 : $(I-A)^{-1}$: h산업 부문이 제거된 투입계수의 역행렬

A^h : h산업의 투입계수 벡터

가 됨. 여기서 레온티에프 행렬 $(I-A)$의 행렬식의 값이 0이 아닐 경우 역행렬이 존재하게 되고, 양변에 $(I-A)^{-1}$를 전치하여 총산출액 X에 대해서 풀면

$$X\ =\ (I-A)^{-1}(A^h X_h + F) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

가 됨

- 식 (4)에서 최종 수요는 불변이라 하고 순수하게 h산업의 생산 변동만을 고려한

다면, 최종 수요가 영(zero)이 되므로 결국 h산업 생산 활동의 산업 생산 파급 효과는

$$X = (I - A)^{-1} A^h X_h \quad \cdots\cdots(5)$$

단 : $(I - A)^{-1}$: h산업 부문이 제거된 투입계수의 역행렬

- 식 (3)이 h산업 부문의 생산이 여타 산업의 총산출에 미치는 파급 효과를 분석하는 모형으로 A는 h산업 부문이 외생화된 새로운 투입계수 행렬이다. 그리고 $A^h X_h$는 h산업 부문의 생산활동에 각 산업으로부터 직접적으로 소요되는 량을 나타내며, 외생화된 산업 부문의 생산으로부터 계산된 최종 수요라고 볼 수 있음
- h산업의 생산 활동(X_h)은 각 산업별 생산 유발 계수 $(I - A)^{-1} A^h X_h$를 통해 각 산업 부문별 생산 유발 효과를 계측할 수 있음

□ 경제 파급 효과 분석 범위

○ 생산 유발 효과
- 생산 유발 효과는 앞서 살펴본 모형들 의해 R&D 지출, 양산 설비 구축, 생산 활동, 설비 설치 및 운영 관리로 인해 발생되는 산업 전반에 걸친 생산 효과가 됨

○ 소득 창출 효과
- 유발된 생산액 중에서 중간재 투입을 제외한 부가가치 유발액이 소득 창출액이 되며, 산출액에 소득 승수를 곱한 것이 됨. 이때 적용되는 소득승수는 최종수요 1단위가 발생했을 때, 각 산업부문이 이를 충족시키기 위하 여 전 산업에 파급시킨 직접 및 간접 소득효과를 나타냄.
- 여기서 소득은 피용자 보수(報酬)로 국내생산에 종사한 피용자가 받는 현금, 현물 급여 및 사용자가 부담하는 사회보험료 및 퇴직금을 포함하는데, 소득세 공제 전의 개념임.
- 각 산업별 부가가치 유발 효과는 각 산업별 생산 파급 효과에 부가가치 계수를 곱한 것이 됨. 즉, 부가가치 벡터를 V라 하고, 부가가치 계수 행렬을 A^v라고 하면,

$$V = A^{v} X \quad \cdots\cdots (6)$$

○ 고용 창출 효과

- 고용창출 효과는 유발된 산출액을 생산하기 위해 산업 전반에서 요구되는 고용량을 말하는 것이며, 이는 유발된 산출액에 고용 승수를 곱하면 됨. 이 때 고용승수는 피고용자수를 산업 생산액으로 나눈 노동력 투입 계수를 도출하고, 노동력 투입계수와 Leontief 역행렬 계수를 곱하여 합한 값이 고용승수(고용효과)가 됨.

- 노동 유발 계수는 각 산업별 생산 파급 과정에서 직·간접적으로 유발되는 노동량을 계량적으로 표시한 것임. 어느 산업 부문의 생산물 한 단위 생산(산출액)에 직접 필요한 노동량, 즉 노동 계수(l^{w}) 뿐만 아니라 생산 파급 과정에서 간접적으로 필요한 노동량까지 포함하는 개념이다. 여기서 노동계수(l^{w})는 취업자수(L)를 산업별 생산액(X)을 나눈 것이 됨.

$$l^{w} = L \; / \; X \quad \cdots\cdots (7)$$

○ 이러한 배경 하에서 경제파급효과 분석은 다음과 같은 절차로 분석함

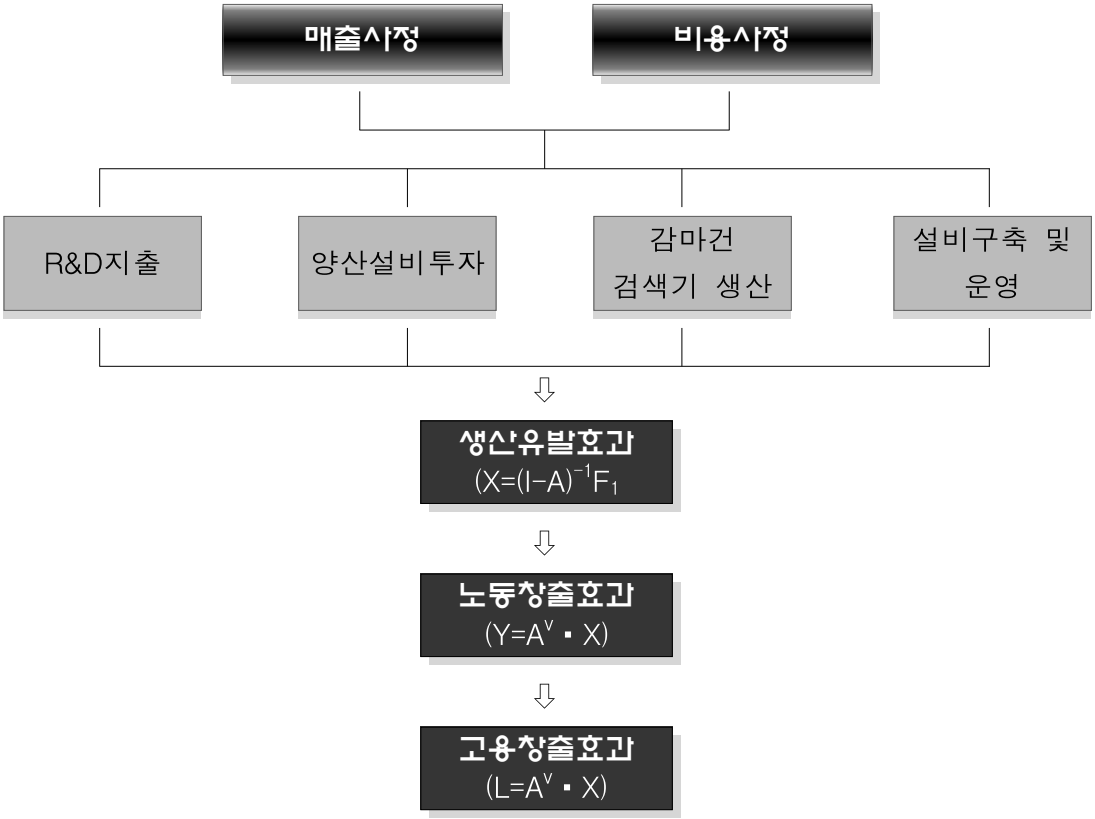


그림 8-1. 경제파급효과 분석 Flow Chart

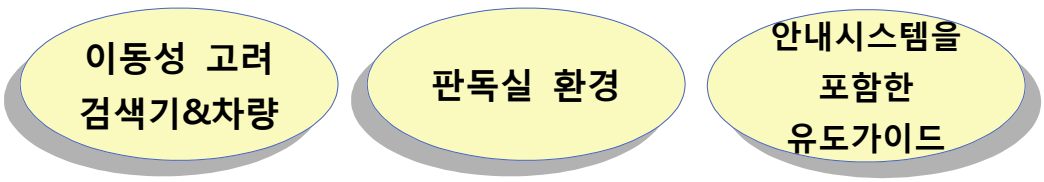
[부록 3] 화물 컨테이너 검색 시스템 검색 형태별 구상안

1. Gamma-ray Inspection System 개발에 대한 Ideation

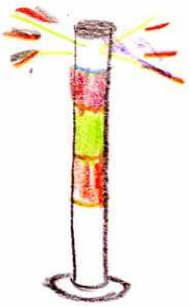
가. Mobile & Gantry.& Portal & Fixed & Portable 솔류션 도출 및 그룹핑

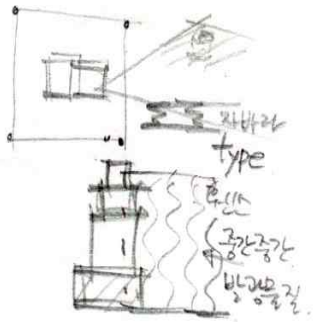
그림 8-2. 솔류션 도출 및 그룹핑 분류

나. Mobile Solution Grouping 및 모델 구상안



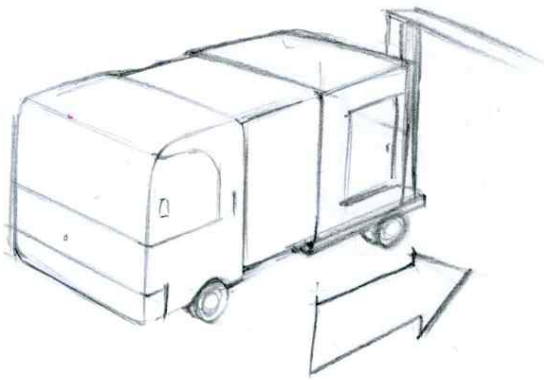
유도 가이드	피검색 차량 이동 시 동선 파악이 용이한 경광등 경보 가이드 시스템

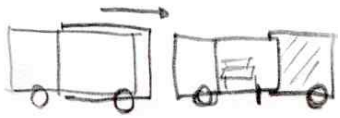


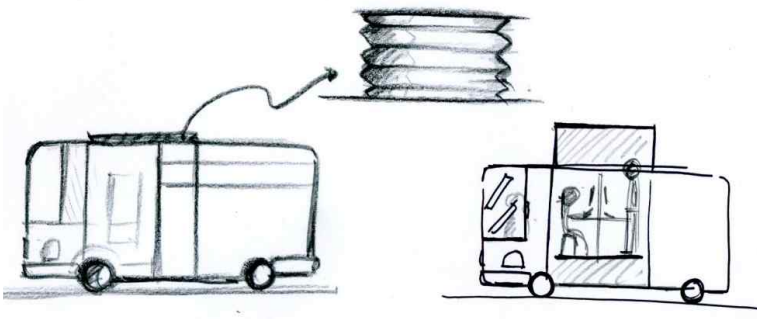


휀스 bar 경광등 -자바라 type 휀스 시스템- Mobile Bar에 경광 시스템
: 경계 표시 및 위험 안내 정보 노출

판독실	판독실 내부 환경 개선을 위한 공간 확장형 구조 개발

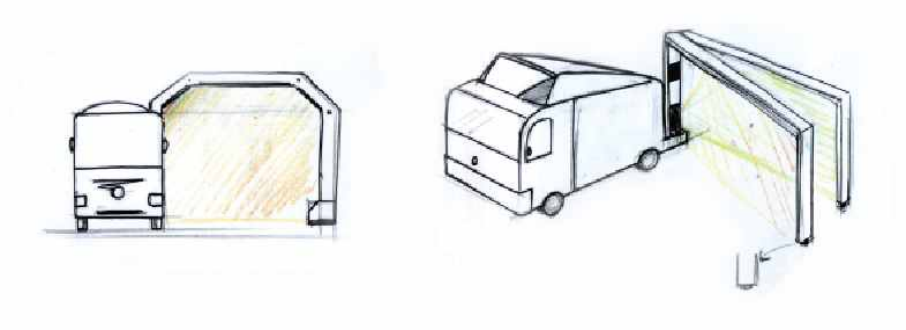


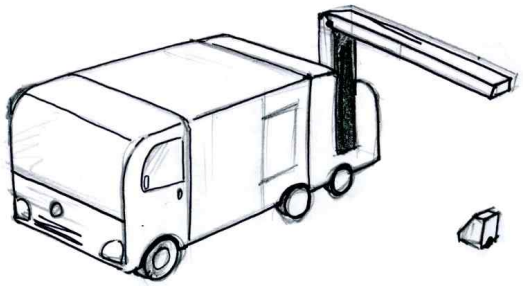




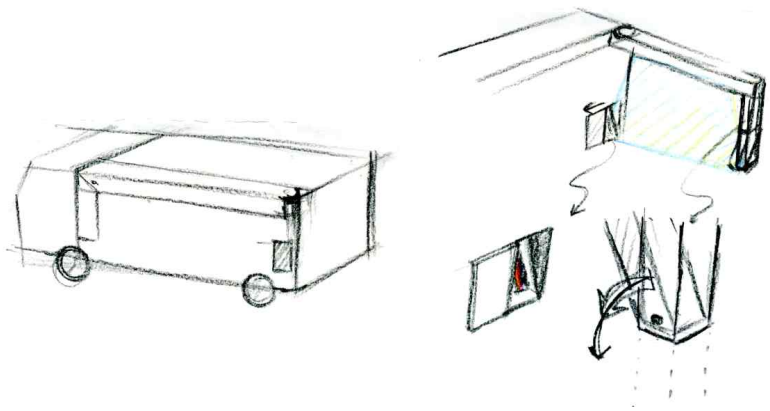
판독 환경 개선을 위한 자바라 내부 확장 시스템

검색기	스캔시스템 구조



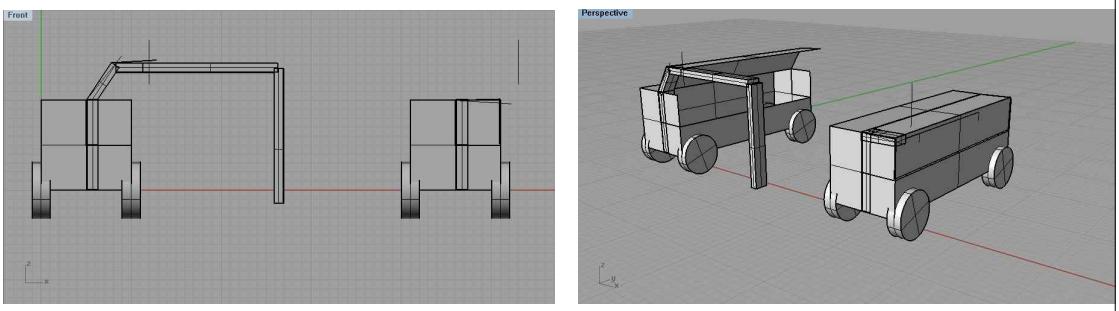


방출기를 원격 Mobile로 기기로 이동 하면서 사용

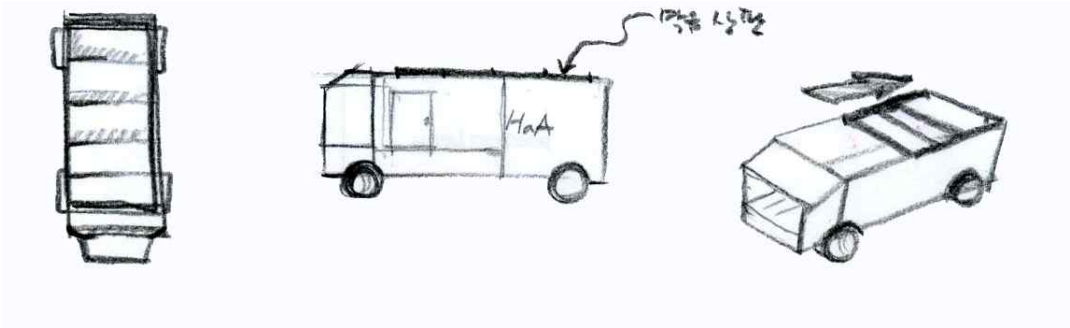


bar 세팅 회전 수 단축.

검색기	구조물 은폐 및 장비 안정성 강화를 위한 개폐형 옆판, 상판, 구조 개발

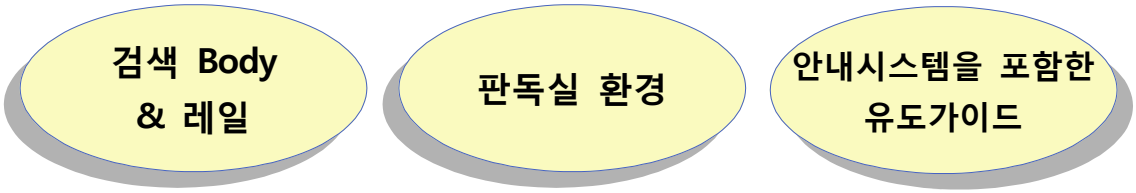


전체 오픈형 구조. 경광등 및 악세사리 부착

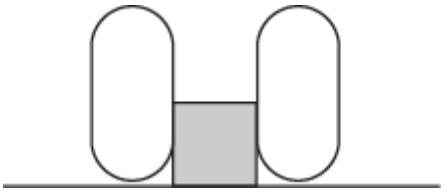


상판 오픈형 구조

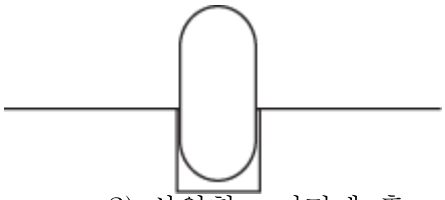
다. Gantry & Portal & Fixed Solution Grouping



- Gantry Rail Type



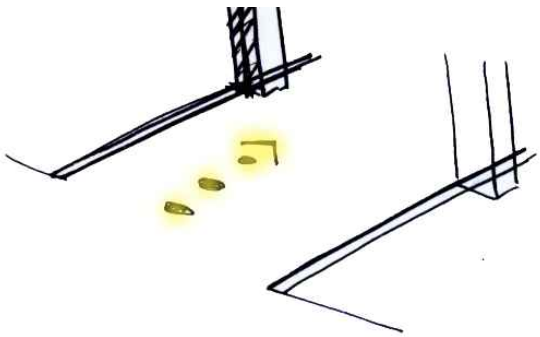
1) 돌출형 : 설치가 용이하나 외부 환경에 보관 및 유지 영향을 미침

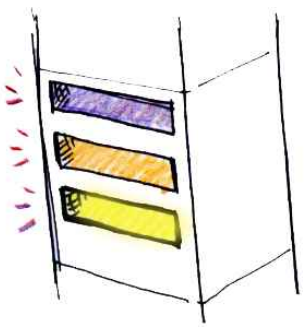


2) 삽입형 : 지면에 홈

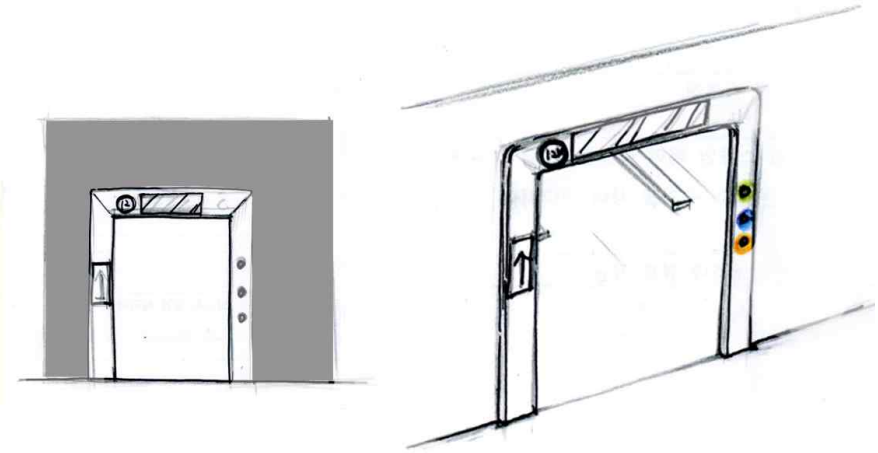
- Gantry & Portal & Fixed Solution Ideation

1	공통	차량 진입 전 위치를 알려주는 가이드라인 개발
	안내 유도	bar에 경광등 탑재 및 지평면에 경광등

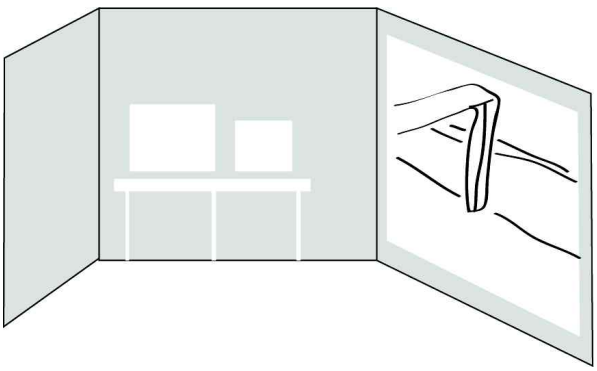


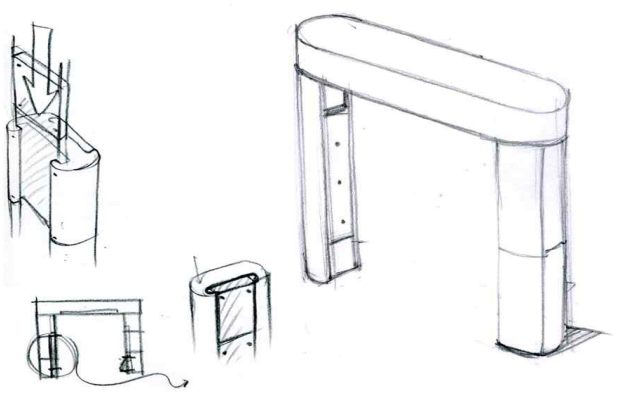
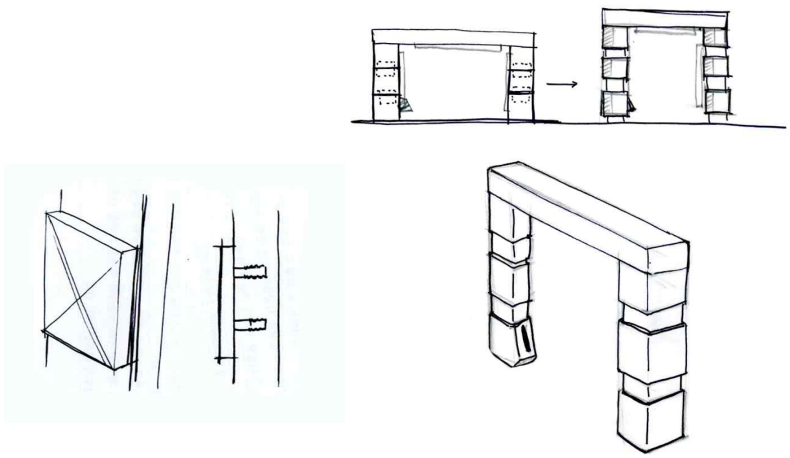


2	공통	기상조건 악화에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 정보 시스템
	유도 안내	하우징 건물에 운전자 안내 시스템 탑재

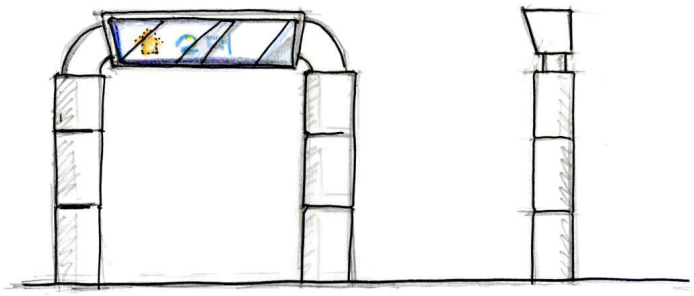


3	공통	검색 현장 모니터링 실감성 확보를 위한 체감성 시스템
	판독실	외부 환경을 근접하게 느낄 수 있는 내부 스크린

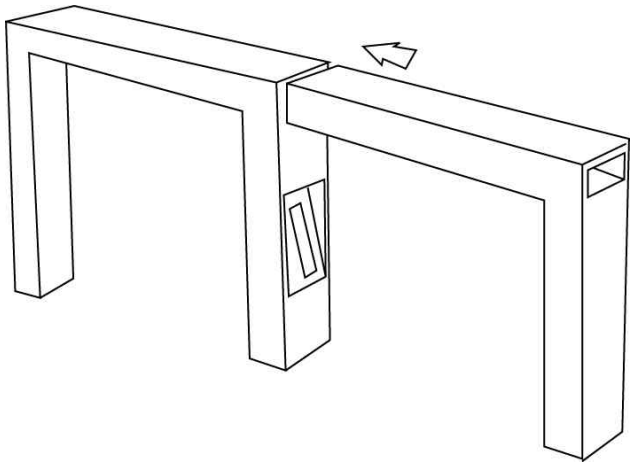


4	공통	효율적 설치 및 설치 운영을 위한 모듈 조립형 Body install Structure개발
	Body	모듈화 구조를 통하여 제작 및 조립의 시간 단축 & 비용절감.
		
		

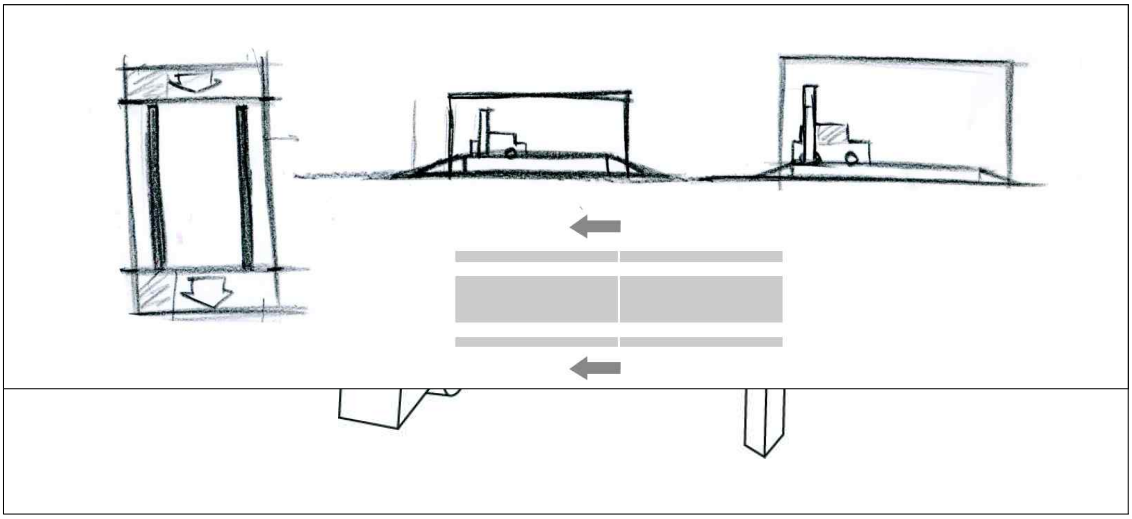
6	공통	기상조건 악화에 따른 시인성을 개선한 운전자 안내 정보 시스템
	Body	Gantry body 상부에 전광판 탑재 / 기울기 조절



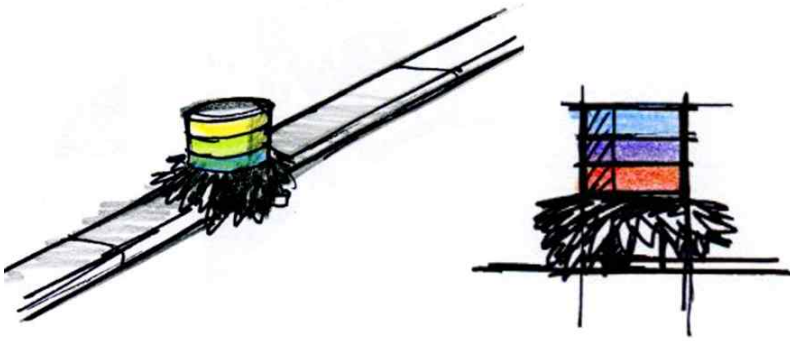
5	공통	효율적 설치 및 설치 운영을 위한 모듈 조립형 Body install Structure개발
	Body	모듈형 gantry body로 직렬 연결이 가능하도록 하여 많은 차량 검색 가능.



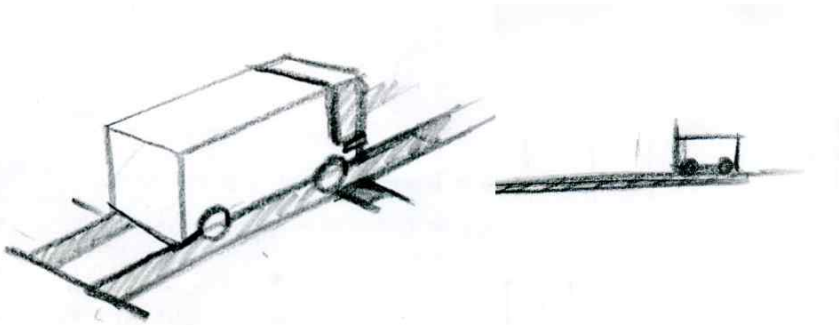
9	Gantry.	조립 해체 이동 설치가 용이한 레일 조립 시스템
	레일	레일 및 로드 모듈형 구조.



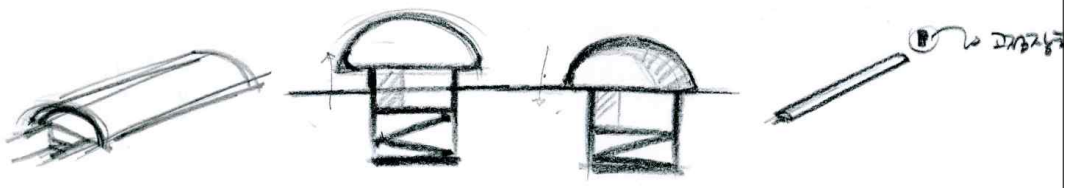
10	Gantry. 레일	비. 눈 등 기상 환경 변화에 대응 가능한 기술 접목 구조 및 시스템 개발 레일 청소 & 경광등 안내 단말기 시스템



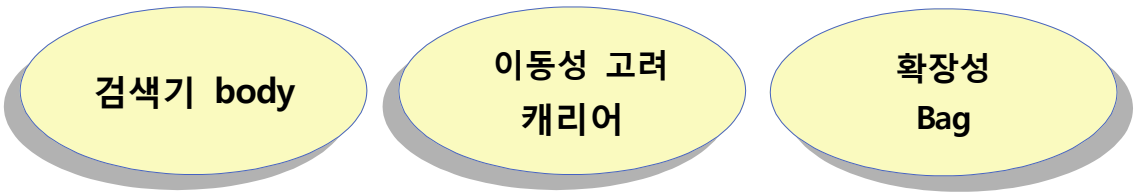
10	Fixed 레일	이동성 고려 및 시간 단축을 위한 컨베이어 레일 이송시스템 컨베이어 벨트 TYPE 이송 시스템



8	Gantry	조립 해체 이동 설치가 용이한 레일 조립 시스템
	레일	야외 & 기상 환경을 고려한 돌출형 레일 구조

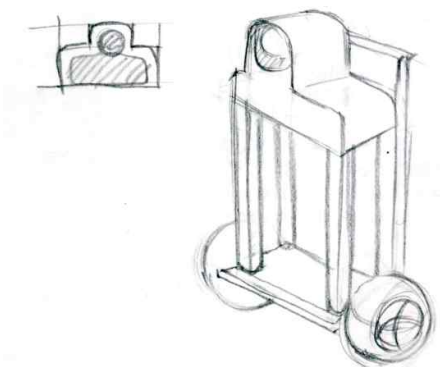


라. Portable Type Solution Grouping

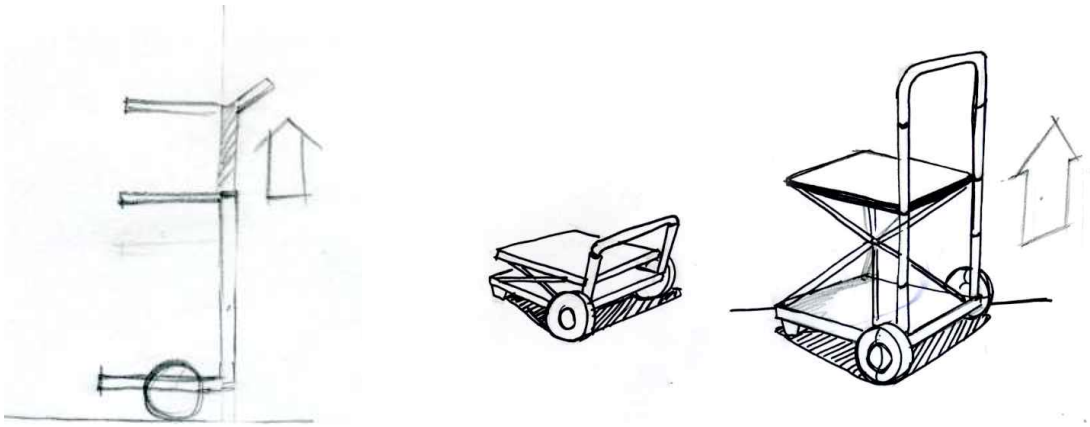


- Portable Solution Ideation

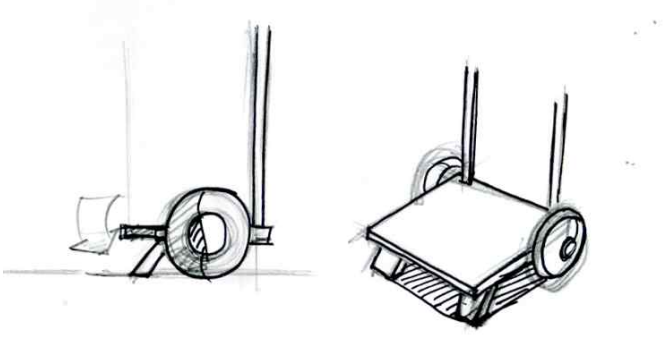
1	Portable	캐리어의 전복방지 및 주행력확보를 위한 저중심 구조 및 wheel 구조
	캐리어	검색기 은폐형 캐리어



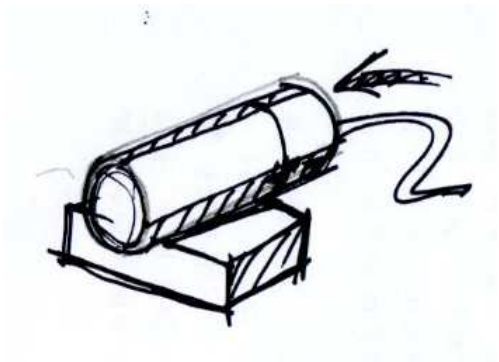
2	Portable	캐리어의 유동적인 높이 자동 조절 구조와 시스템 이동을 고려한 접이형 캐리어 구조
	캐리어	원격 자동 조절 높이 조절 & 접이형



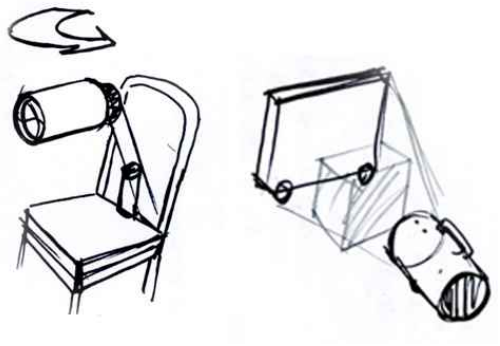
3	portable	캐리어 브레이크 시스템
	캐리어	캐리어 하단 브레이크 구조



4	portable	검색기 wire(네트워크)의 자동 말림 구조
	검색기	태엽 스프링 구조

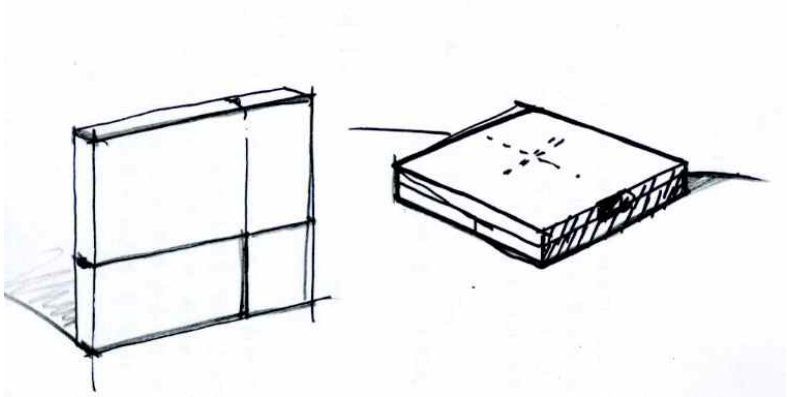


5	portable	방사선 체크와 이미징을 위한 원격 조정 회전 시스템
	검색기	원격 조절 검색기와 패널 360도 회전

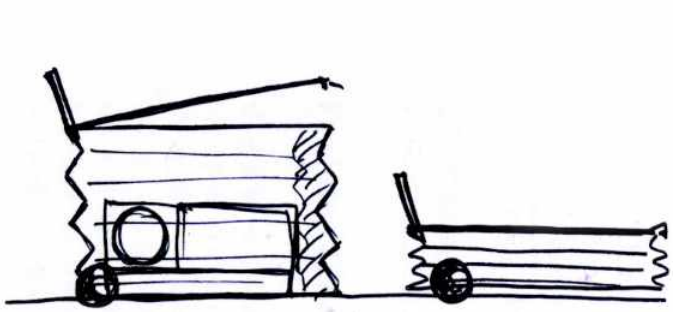


6	porable	성능 정비를 위한 실시간 진단 시스템과 단말기 시스템
	검색기	장비 자체 경광등

7	Porable	이미징 패널의 크기 조절이 유동적인 확장형 패널 구조
	검색기	접이형 패널 확장

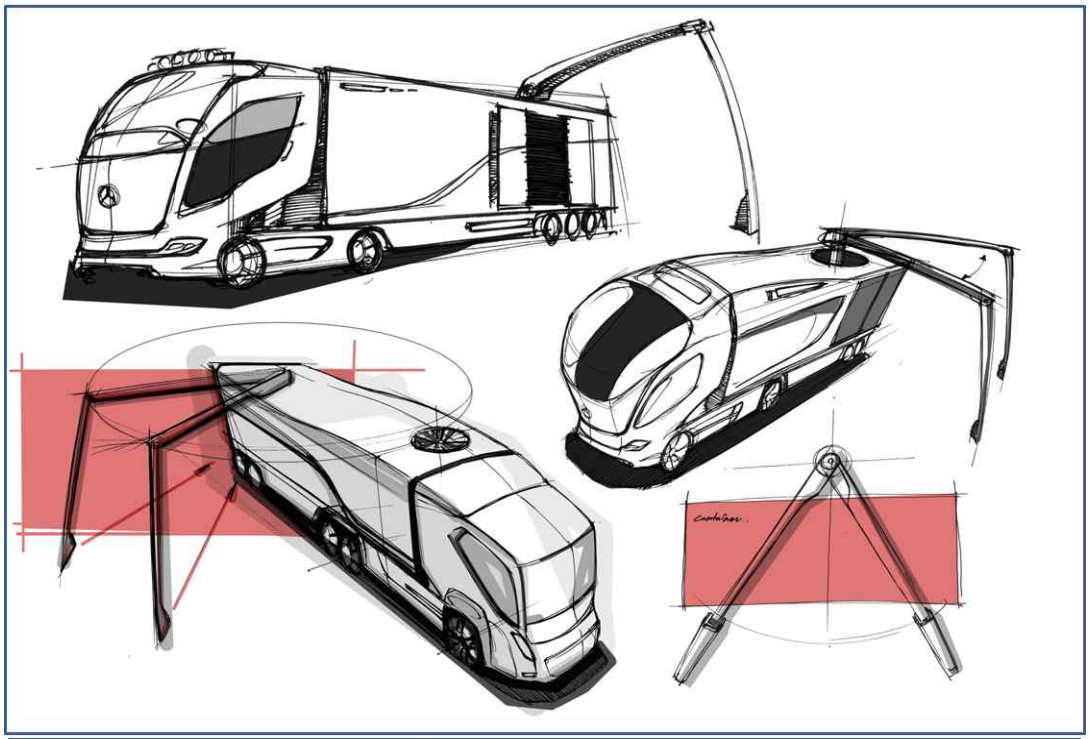


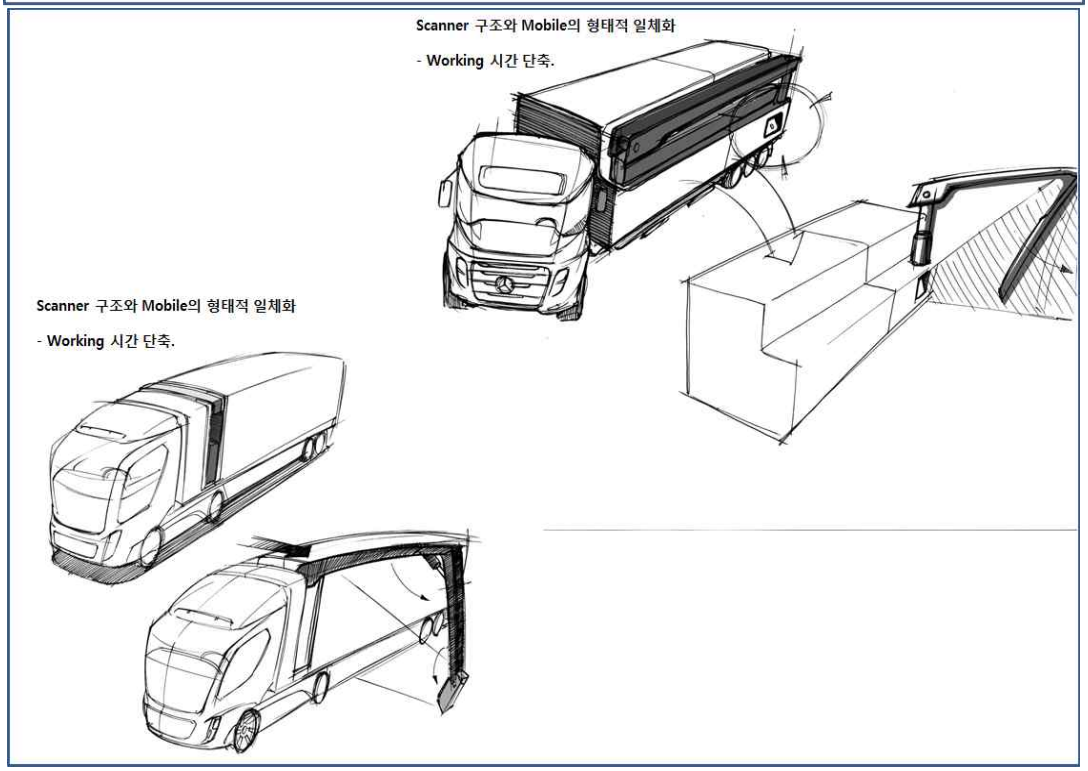
8	portable	이동시간 및 세팅시간 단축을 고려한 Pack & UnPack 구조
	Pack	자바라 구조 확장 pack

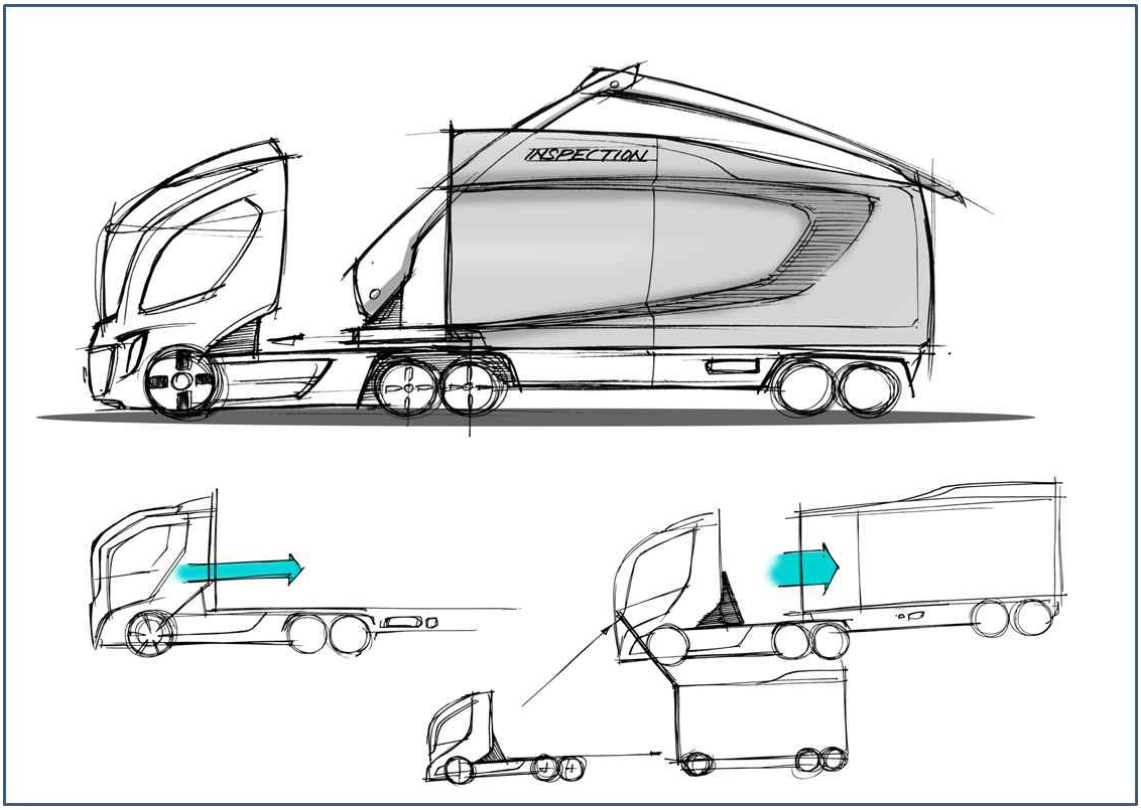


2. Mobiile type

(1) 검색부

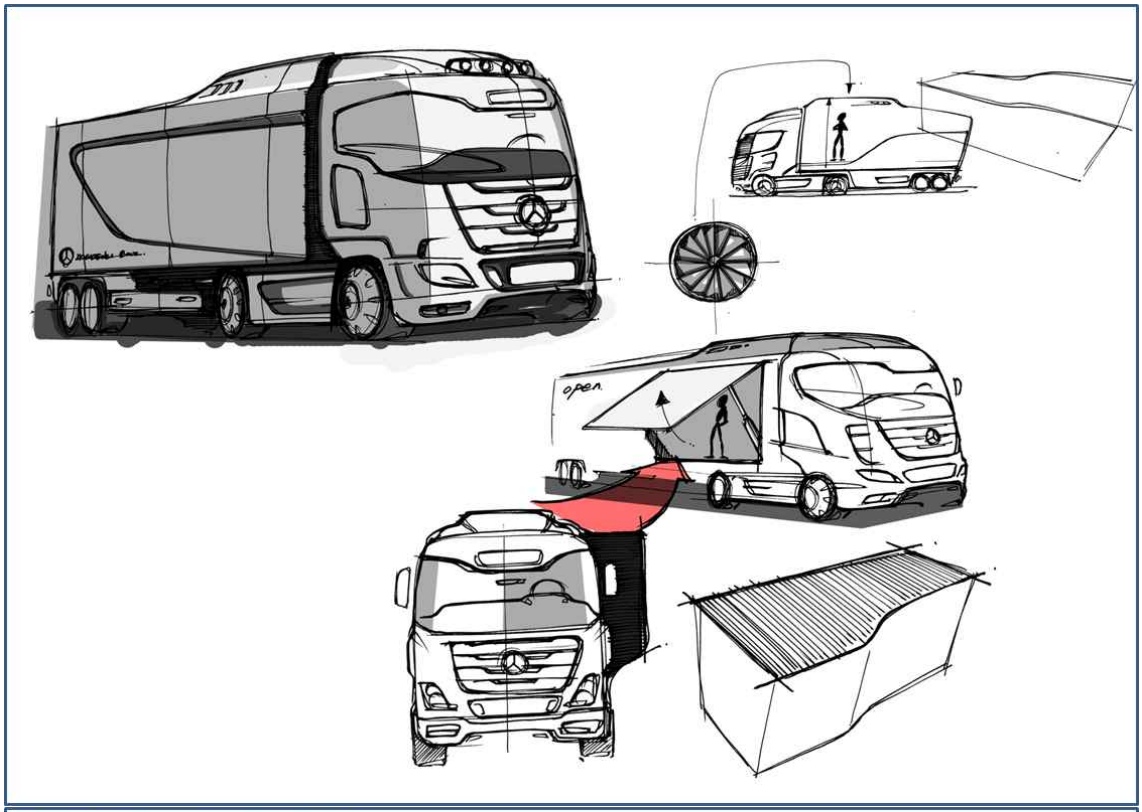


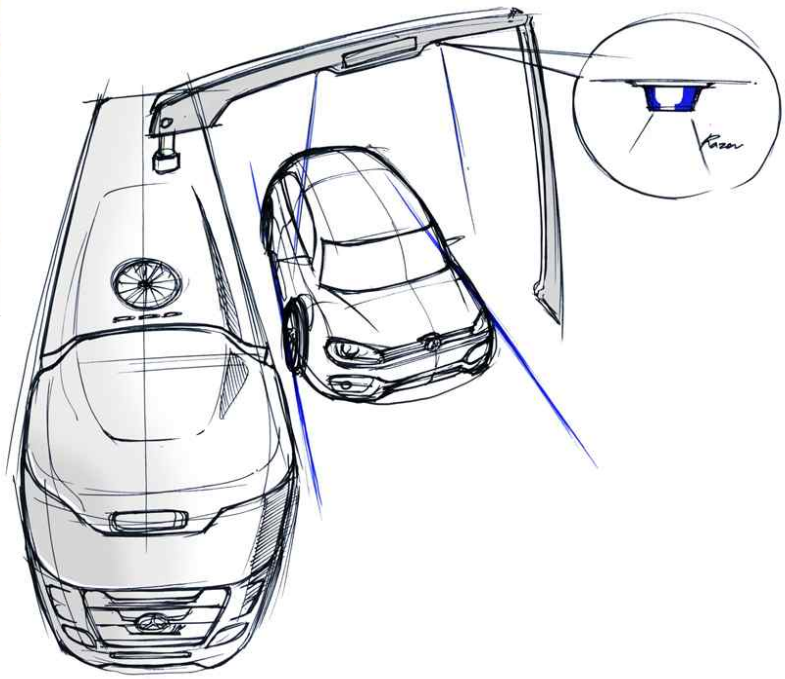




Mobile Type- Detecter 구조물을 보호하기 위한 Cover (Convertible Type)

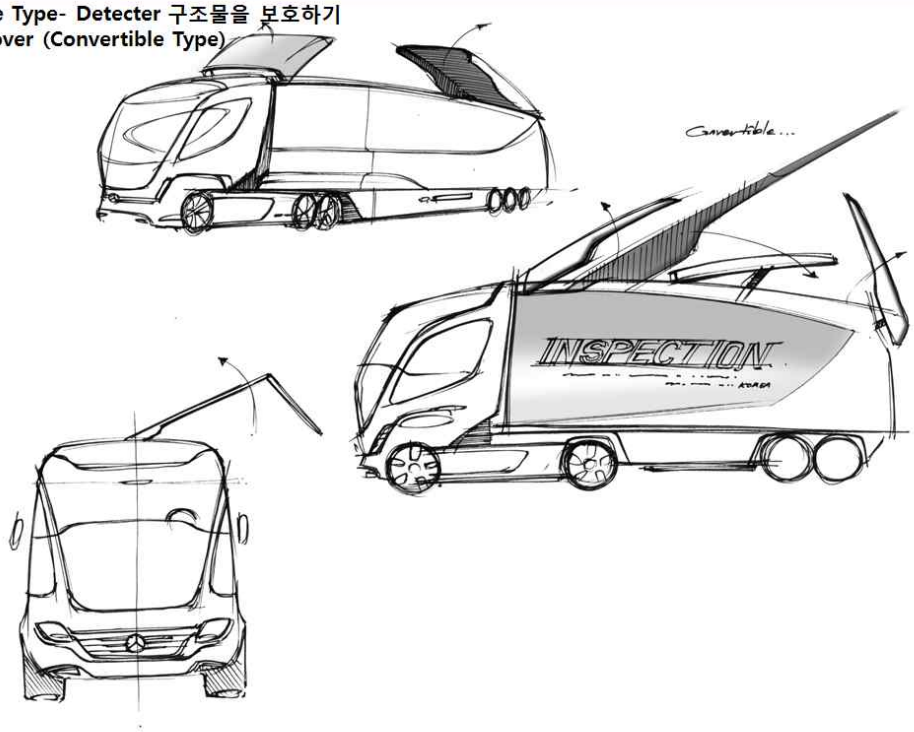
(2) 판독실

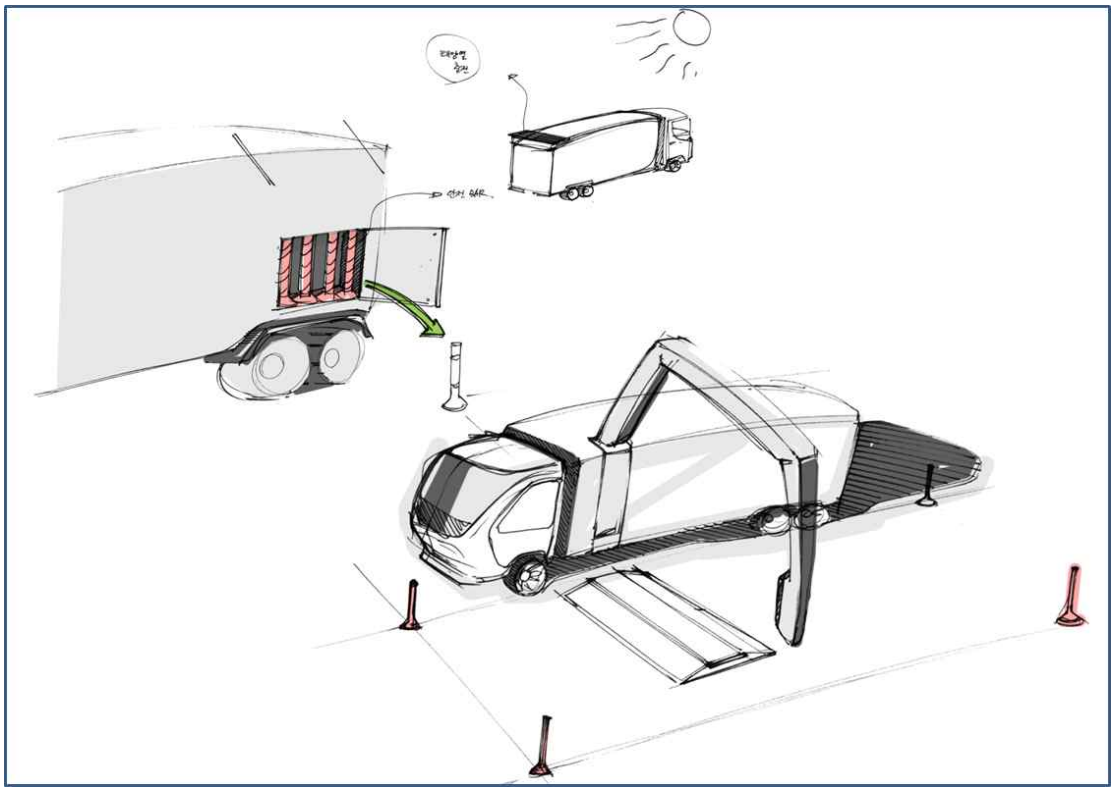




(3) 운영 및 유지 관리

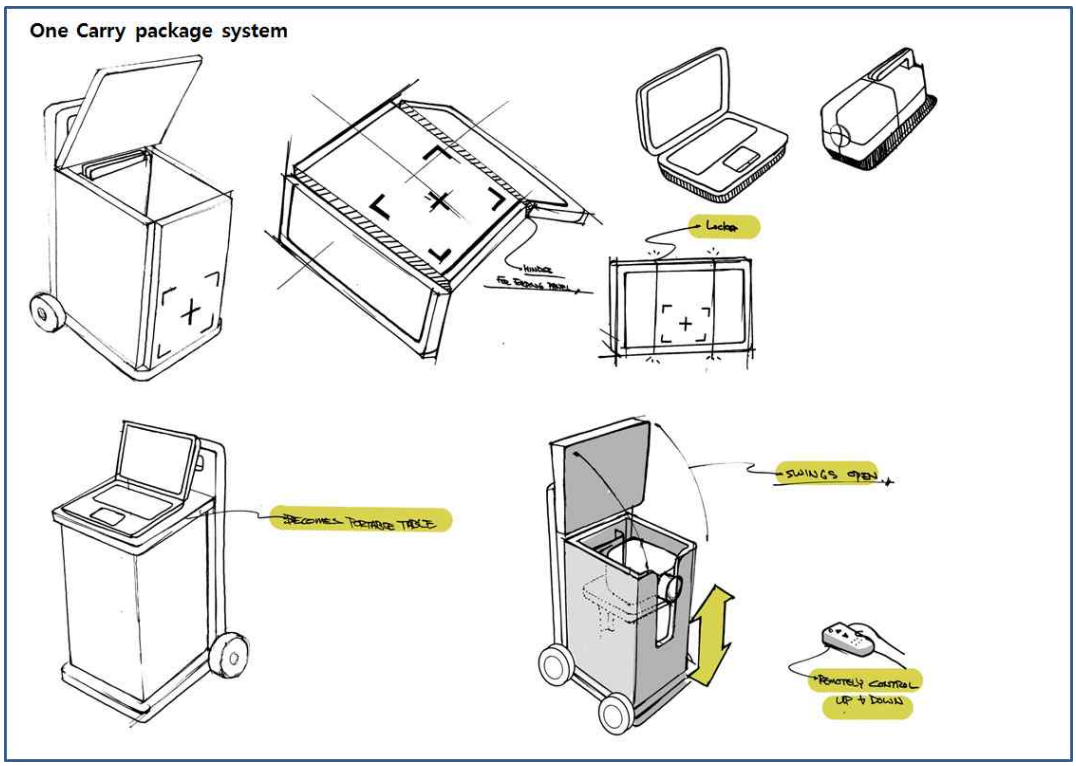
Mobile Type- Detecter 구조물을 보호하기 위한 Cover (Convertible Type)

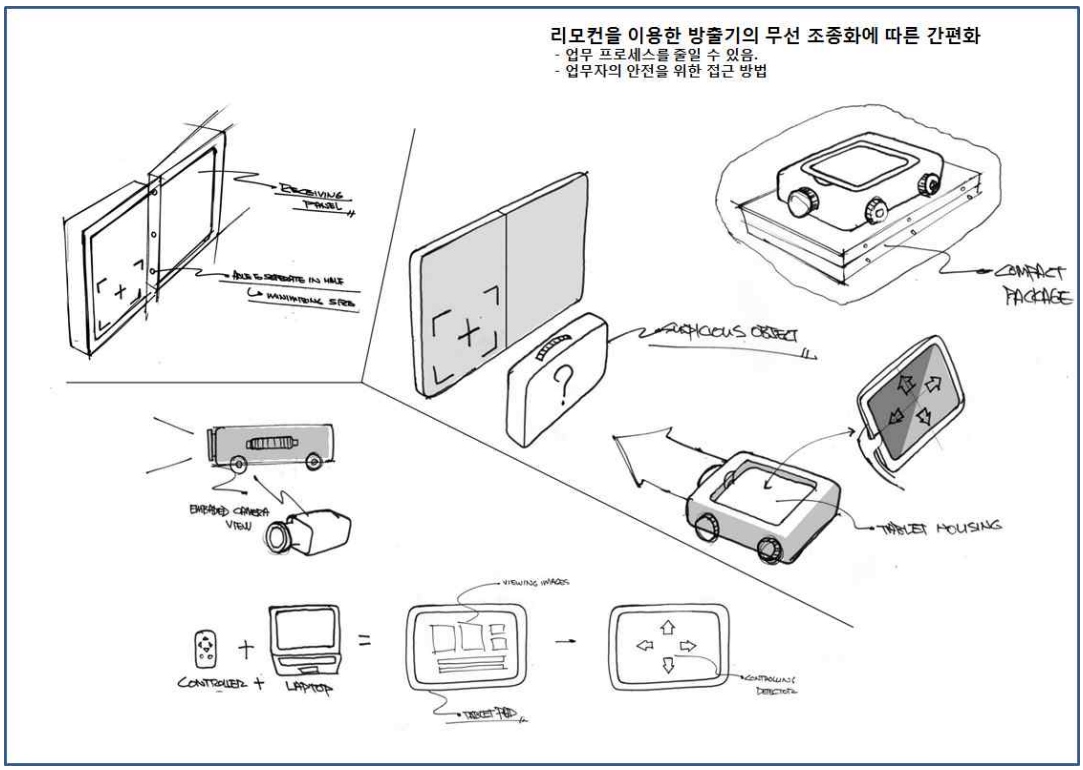


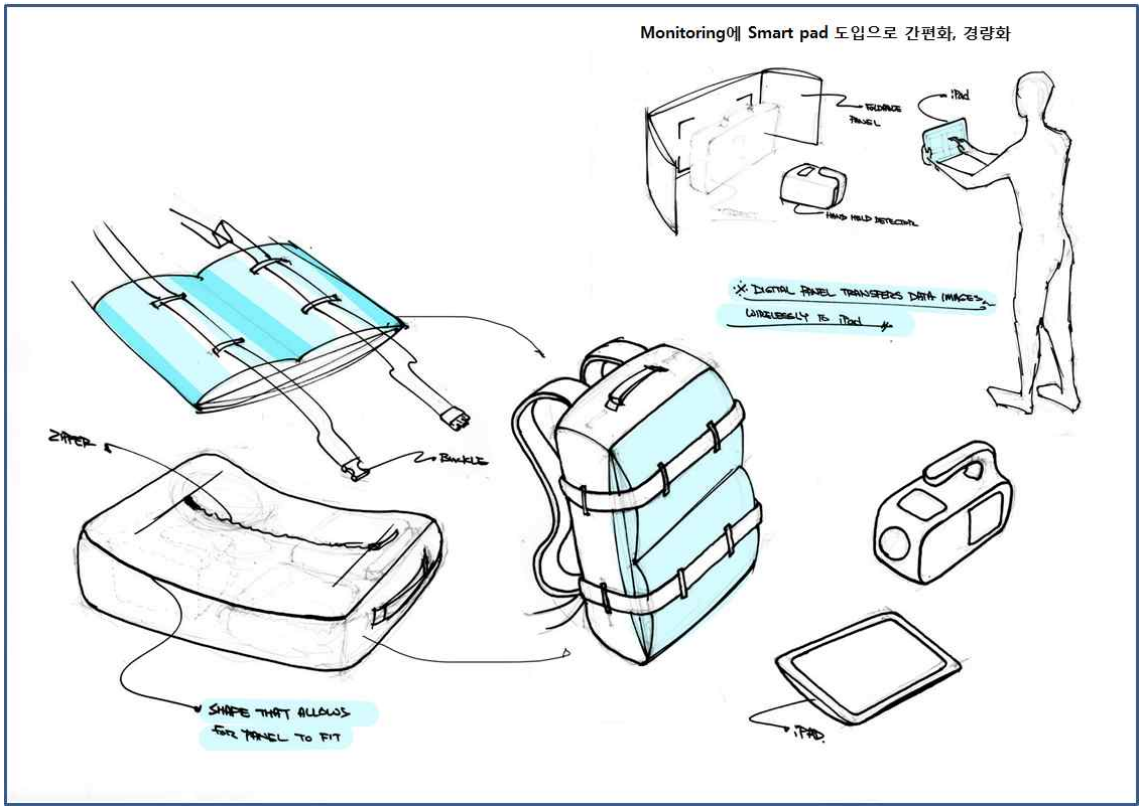


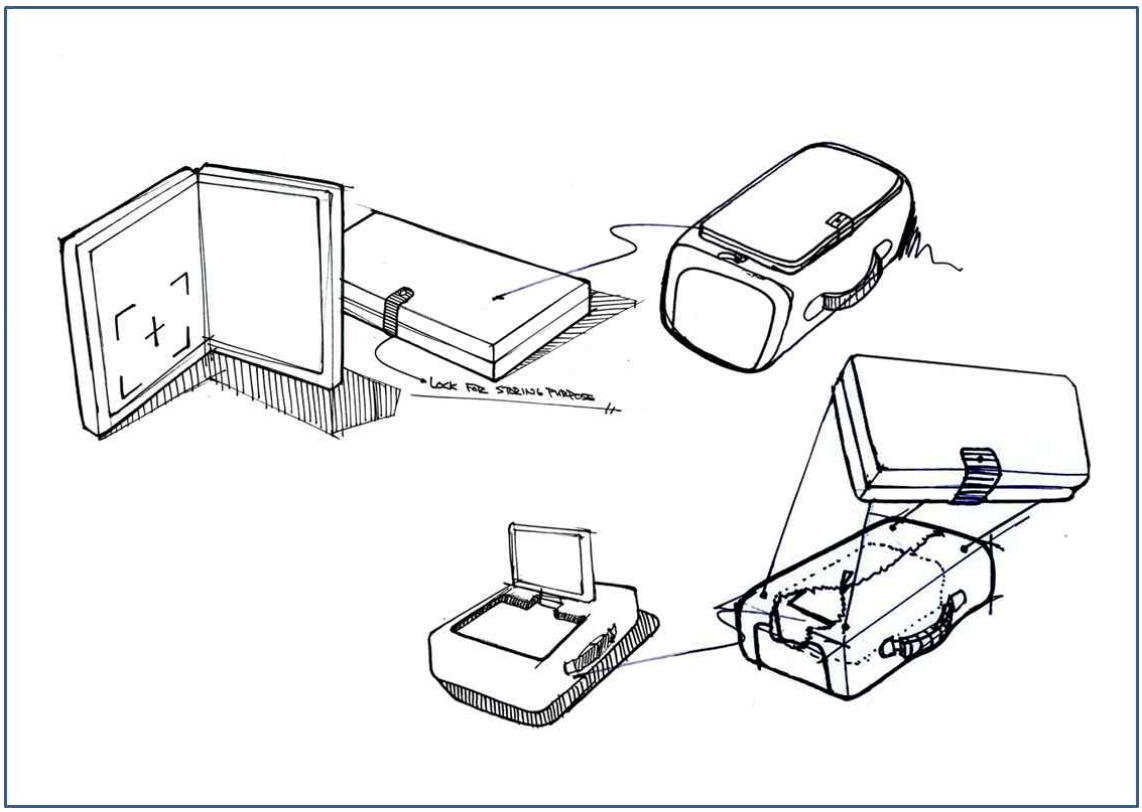
3. Portable Type

(1) 설치 및 구성






Monitoring에 Smart pad 도입으로 간편화, 경량화
iPad
ZIPPER
BUCKLE
SHAPE THAT ALLOWS
FOR PANEL TO FIT
iPAD


LOCK FOR STORING PURPOSE

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 교통체계효율화사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 교통체계효율화사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.