

연구개발계획요구서(RFP)

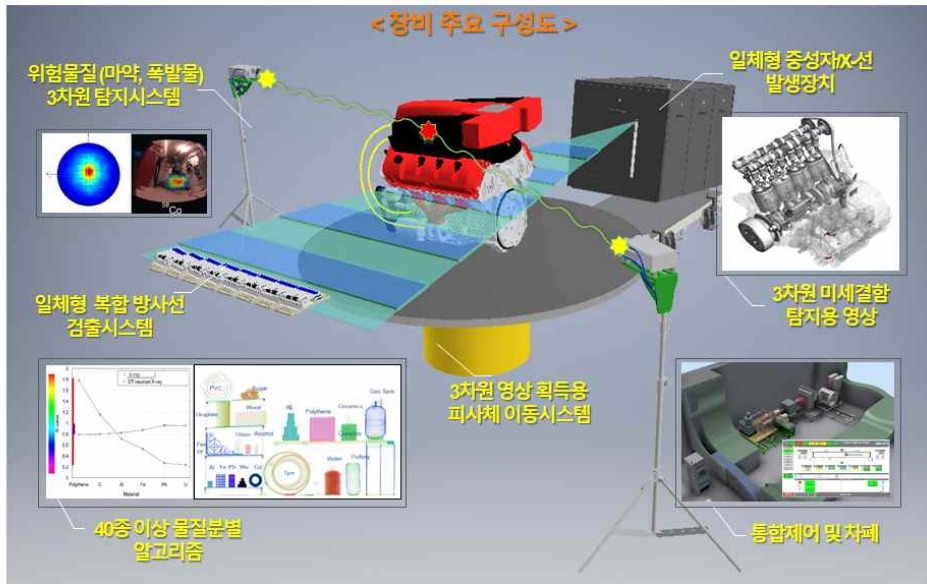
과제명: 중성자 X선 일체형 발생장치 기반 1mm급 3차원 비파괴
검사장비 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- o 일체형(중성자, X선) 발생장치를 이용한 고해상도 3D CT기반의 방사선 영상기술
 - 중성자와 엑스선을 동시에 발생시키는 하나의 장비를 활용해 미사일, 포탄, 장갑차, 전차의 부품 등 군사용 무기체계나 폐기물 드럼과 같은 원전 해체과정에서 발생하는 각종 방사성 오염물질의 내부를 투과시켜 분해능 1 mm 이하의 고해상도 3D 영상을 획득함과 동시에 마약, 폭발물, 방사성 물질, 귀금속 등 40여 종 이상의 물질분별 기능을 통해 내부 형상정보 뿐만 아니라 물질 정보까지도 획득할 수 있는 고해상도 3D CT기반의 방사선 영상기술
 - 나아가 방사성 물질의 3D 위치 검출 기술을 이용하여 피사체 내의 방사성 물질 위치와 세기까지도 측정이 가능하여, 미확인된 물체 내의 형상, 재질 및 방사선 오염위치 정보까지 한 번에 획득할 수 있는 기술

<장비 주요 구성도>



나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

o 기술의 중요성/필요성

- 갈수록 고도화 되는 국방 무기체계 내 중대형 부품들의 3차원 고해상도 방사선 비파괴 검사를 이용한 정량적 품질관리를 통한 국방력 강화 필요 (운용 유지비 절감, 전투력 향상)
- 중성자와 X선 발생을 위해 각각 별도의 장치를 이용하게 되면 각각의 방사선 발생장치의 크기가 상대적으로 크고 무거우며 많은 공간과 전력이 많이 필요함
- 물질구분 및 3D 영상 획득 시 해상도 저하 및 소요시간 증대로 인한 문제점 해결을 위해서는 일체형으로 개발 필요

o 기술개발의 시급성

- 기존의 X선만을 이용한 비파괴 보안 검사는 물질의 밀도차이와 방사선의 에너지 차이에 따른 영상이기 때문에 물질(원자번호)에 따른 정보는 제공하지 못함
- 중성자와 X선을 결합하여 검사하면 물질 구분능력이 대폭 향상되고 선명한 영상을 얻을 수 있음
- 중성자 X선 일체형 발생장치 기반 3차원 고해상도 (1 mm급) 비파괴 검사장비 개발 시 국방무기체계 품질 관리를 통한 국방력 강화, 화학물질·화학탄 등의 정확한 탐지가 가능함
- 국가 보안망 구축, 공항/터미널에서 마약, 화학물질·화학탄, 방사성·핵물질 등의 신속한 탐지로 테러에 대한 인적 물적 피해 최소화하고 귀금속 탐지를 통한 밀수 방지용 일체형 비파괴 검사장비를 조속히 개발할 필요가 있음

다. 연구개발 최종 목표

○ 민·군수용

단계구분	연구개발 항목		목표성능
응용연구	일체형 발생장치	- 중성자	▪ 최소 1×10^8 n/s
		- X선	▪ 최소 60 Gy /min@1m
	영상처리 시스템	- 영상 분해능	▪ 1.5 mm 이하
		- 물질분별 능력	▪ 최소 20 종
		- 3차원 위치탐지 정확도	▪ 50 cm 이하 (x, y, z 각각)
	이송 시스템	- 회전장치 회전속도	▪ 최소 3 rpm
		- 상하 이동거리	▪ 최소 100 mm
시험개발	일체형 발생장치	- 중성자	▪ 최소 1×10^{10} n/s
		- X선	▪ 최소 120 Gy /min@1m
	영상처리 시스템	- 영상 분해능	▪ 1 mm 이하
		- 물질분별 능력	▪ 최소 40 종
		- 3차원 위치탐지 정확도	▪ 10 cm 이하 (x, y, z 각각)
		- 영상 획득시간	▪ 25 분 이하 (중성자, X선 각각)
		- 영상 처리시간	▪ 5 분 이하
		- 스캔시간	▪ 20 분 이하 (중성자, X선 각각)
	이송 시스템	- 회전장치 회전속도	▪ 최소 30 rpm
		- 상하 이동거리	▪ 최소 1,000 mm
		- 검사대상 크기	▪ 최소 Φ 1,000 mm, 높이 500 mm
		- 검사대상 무게	▪ 최소 600 kg
	전체 시스템 크기, 무게		▪ 개발자 제시 (수송 가능)

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 비파괴검사용 X선 발생장치의 경우에 1 MeV 미만의 X선은 주로 X선 튜브로 발생을 시키게 되며, 쉘크 등 국내 업체들에 의해 자체 생산이 되고 있음. 1 MeV 이상의 X선을 사용하는 비파괴 검사장비는 전자가속기를 통해 X선을 발생시킴
- 한국원자력연구원에서는 컨테이너 검색기 개발을 위한 기초연구로서 2 가지 에너지 (9/6 MeV) 전자빔을 동시에 가속할 수 있는 S-band 고주파 전자가속기를 개발, 기술 이전 후 상용화

에 성공하였음

- 한국원자력연구원에서는 전자총, modulator, 고주파 가속관 등 핵심부품을 개발하여 90% 이상의 국산화율을 달성하였음. 또 유기물과 무기물을 구분할 수 있는 방사선 영상 알고리즘을 개발하여 이를 컨테이너 검색기에 적용하는 연구를 진행하고 있음

나. 국외 기술동향 및 전망

- 국외의 경우 미국과 중국의 업체들에 의해 가속기 기반의 비파괴검사장치가 개발, 제작되고 있음. 최근에는 2중 에너지 X선을 활용토록 하면서 검색물의 물질분별이 가능해졌음. 한편, 물질분별 능력을 향상시키고자 검색과정에 X선 이외에 중성자를 활용하려는 시도가 이루어지고 있는데 아직까지 상용화된 제품은 없으며 중국 Nuctech사에 의해 시제품이 개발되어 일부 공항에 설치되었음. 그러나 이 장비는 중성자를 개별 중성자 발생장치(DT 발생기)를 이용하고 있으며 엑스선과 중성자를 동시에 발생시키는 유형은 아님
- 고주파전자가속기는 미국 Varian사의 제품이 세계 시장의 80%이상을 차지하고 있으며, 검출기시스템 전문 업체들이 Varian의 가속기를 이용하여 전체 검색기시스템을 개발하여 세계 시장에 공급해 왔음
- 군사 목적의 10 MeV 이상 고에너지 가속기는 수출입 금지(E/L)품목으로 설정되어 있어 유사기술을 이용한 상용품 개발을 필요로 하는 국가에서는 많은 어려움을 느끼고 있음
- 중국은 중국정부의 적극적인 지원에 힘입어 중국의 각 항만에 100여대의 컨테이너 검색기를 공급하였고, 우리나라를 비롯한 동남아시아, 중동, 유럽에도 수출하고 있음. 중국은 이러한 성과를 바탕으로 대형 미사일과 우주발사체 등을 검사할 수 있

는 장비를 개발하여 상용화하고 대규모 검사시설을 구축하여
활용하고 있음.

3. 연구개발계획

가. 연도별 연구개발 목표

○ 민·군수용

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용 연구	발생장치, 영상, 이송 시스템 설계	- 개념 설계 및 분석 - 일체형 발생장치 설계 - 영상 시스템 설계 - 이송 시스템 설계 - 물질분별 알고리즘 설계, DB 구축	- 일체형 발생장치 설계도 - 영상 시스템 설계도 - 이송 시스템 설계도 - DB 구축 자료
	발생장치, 영상, 이송 시스템 개발	- 일체형 발생장치 및 영상/이송 시스템 개발 - 통합 제어시스템 개발 - 물질분별 알고리즘 개발 - 성능 평가 기술 개발	- 발생장치 및 영상/이송 시스템 개발 자료 - 통합 제어시스템 SW - 물질분별 알고리즘 SW - 성능 평가 계획서
	발생장치, 영상, 이송 시스템 통합	- 알고리즘 적용 시스템 통합 - 시험평가	- 시스템 Prototype - 시험평가 성적서
시험 개발	시스템 수정 보완 및 시험평가	- 시스템 수정 보완 - 시스템 최적화 - 시스템 종합 성능 평가	- 검사장비 시제 - 시험성적서

※ 위 표는 응용/시험 단계에서 요구되는 연구내용의 예시이며, 과제 신청시 본 문서의 [1-다.연구개발 최종 목표] 항목을 참고하여 최종 목표 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에 제시

나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 5년 (응용 3년, 시험 2년)
- 총 연구개발비(정부출연금): 100 억원 이내 (응용연구 75억원, 시험개발 25억원)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

o 민수:

- 마약, 폭발물 등 위험물질 반입 탐지
- 핵폐기물 및 해체원전 폐기물 안전성 검사
- 생활 주변 방사선 안전 진단 시스템
- ESS 등 2차 전지, 문화재 검사

o 군수:

- 국방 무기체계 품질관리 시스템 적용
- 화약, 화학탄 등 화학물질 검사 시스템
- 방사성, 핵물질 탐지 시스템
- DMZ 등의 지뢰 탐지

나. 파급효과

o 기술적 측면:

- 현재 비파괴 검사영상은 판독관의 숙련도에 따라 검색률이 상이하며, 폭발물 등 의심스러운 물건은 비파괴 검사영상으로도 구분이 어려움. 가속기 기반의 중성자 발생장치를 이용할 시 폭발물, 핵물질 자동판독을 통해 검색물질의 데이터베이스화 및 국가정보 네트워크 기술 수준 향상 가능
- 가속기 기반의 중성자 발생장치 및 영상장치 원천기술 확보로 첨단 비파괴 검사장비 개발을 통한 국내 생명, 의료, 화학 등 연구분야 성장동력 제공

o 경제·산업적 측면:

- 물질분별이 가능한 3차원 고해상도 비파괴 검사장비 개발은 현 방사선 투과 검사장비 국산화 대체효과와 기존에 구분하지 못했던 물질들의 분별 및 고해상도 비파괴 검사를 가능하게 하여 추가적인 방사선 기기 수요창출을 기대
- 가속기 기반의 중성자 발생장치 및 고해상도 3D CT기반의 방사선 영상기술 국산화로 국가 보안 및 사회안전망 구축에

기여하고 테러 발생에 대한 경제·사회적 비용 절감

○ 군사적 측면:

- 갈수록 고도화 되는 국방 무기체계 내 중대형 부품들의 3차원 고해상도 방사선 비파괴 검사를 이용한 정량적 품질관리를 통한 국방력 강화 필요 (운용 유지비 절감, 전투력 향상)
- 프랑스, 독일, 미국 등지의 IS에 의한 테러발생이 아시아권으로 점차 확산될 조짐을 보이고 있으며, 국내도 테러대상으로 지목되고 있는 상황에서 물질분별이 가능한 3차원 고해상도 비파괴 검사장비 개발로 국가 보안망 구축에 기여
- 정치적, 종교적 테러의 심화/고도화에 따른 국가적 사회안전망 구축과 항만, 공항, 군사시설, 대중이용시설 등 국가 주요 기간시설 보호

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 중성자 X선 일체형 발생장치 기반 1 mm급 3차원 비파괴 검사 장비 시제
- 개발 장비의 설계 도면과 개발 S/W
- 시험성적서

나. 연구개발 결과 평가항목

* 최종 성능 시험 성적서에는 실제 물질을 사용한 결과를 제출

항목		평가내용
▪ 일체형 발생장치		▪ 시험 (중성자 선속 및 X선 선량 시험)
▪ 영상처리 시스템		
	- 공간분해능	▪ 시험 (ANSI N42.46 규격에 따라 line pair gauge에 의한 공간 분해능 시험)
	- 물질분별 능력	▪ 시험 또는 검사 (검사대상 실물 시료를 이용한 물질 분별 능력시험 또는 시험성적서)
	- 3차원 위치탐지 정확도	▪ 시험 (대상 물질의 3차원 위치 탐지 정확도 시험)
	- 영상 획득시간	▪ 시험 (영상 획득 시간)
	- 영상 처리시간	▪ 시험 (영상 처리 시간)
	- 스캔시간	▪ 시험 (스캔 시간)
▪ 이송 시스템		
	- 회전장치 회전속도	▪ 검사 (회전장치 회전속도 시험 성적서)
	- 상하 이동거리	▪ 검사 (상하 이동거리 시험 성적서)
	- 검사대상 크기	▪ 검사 (검사대상 크기 시험 성적서)
	- 검사대상 무게	▪ 검사 (검사대상 무게 시험 성적서)
▪ 전체 시스템 크기, 무게		▪ 검사 (크기 및 무게 시험 성적서)

T : Test(시험), I : Inspection(검사)

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관: 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
 - ※ 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수(제27조제4항) 단, 기초연구의 경우에는 기업참여가 필수사항이 아님
- 기업분담율: 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격: 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 과제 신청요건: 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요 시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

다. 기타

1) 필요 시설

- 15 MeV급 방사선 차폐 및 제어시설

2) 필요 장비

- 10 kW급 고주파 발생장치
- 디지털 오실로스코프, 회로망 분석기(~12 GHz), 고주파 신호발생기(~12 GHz)
- 3차원 위치분석용 감마선 분광기

3) 기타

- 연구개발계획서 제출 시 주요 용어(예 공간 분해능)에 대한 정의 추가
- 기 출원 특허를 회피한 연구, 개발

7. 참고문헌

- 2016 원자력백서, 미래창조과학부
- X-ray Security Screening, 2014 HSRC

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	손승찬	042-607-6088