

# 보안 검색시스템의 기술동향과 전망

차영균·김도경 (삼성에스원)

## I. 서 론

### 1. 배경

초기 산업에의 보안 검색시스템은 테러의 위협으로부터 안전을 보장하기 위해 공항, 핵심시설 등에서 개인 프라이버시를 보호하면서 보안 위해 물품을 검색하기 위한 목적이었다.

2001년 9·11테러 이후 미국을 시작으로 자국의 보안을 강화하기 시작하면서 검색장비의 수요가 폭발적으로 증가하게 되었다. 9·11테러에서 보았듯이 급격히 발달한 과학기술을 바탕으로 개발된 대량살생무기(WMD)를 취득한 테러조직이 이를 이용하여 대량시설물 파괴와 불특정 다수의 인명살상이 자행되고 있는 추세이다. 미국과 우방국가인 한국은 9·11테러 이후 아프가니스탄, 이라크 등의 과병으로 국제테러단체의 공격의 대상으로 적지 않게 거론되어 이에 대한 국내 잠입 테러 용의자 및 해외 주요 공관의 검문, 검색이 더욱 요구되는 시점이며, 이로 인해 검색장비의 중요성도 커져가고 있다.

## 2. 산업보안에서의 필요성

산업현장에서는 치열해진 글로벌 경쟁 하에서 세계 각 국은 기업 및 국가 경쟁력의 핵심요소인 첨단기술 확보에 총력을 기울이는 수단으로 타국의 첨단기술을 수집하는데 혈안이 되어있다.

기업들은 테러위협과 유형의 자산을 도난으로부터 보호하기 위한 목적으로 운영하기도 하지만, IT기술발전으로 기업의 핵심자산이 유형의 물리적 자산에서 무형의 정보자산의 중요성이 증가하였다.

기업의 핵심 무형의 정보자산을 보조기억장치(CD, 외장형HDD, USB 등)를 이용하여 비인가 반출을 탐지하기 위한 목적으로도 보안 검색시스템이 널리 활용되고 있는 것이다.

한국은 지정학적인 위치뿐만 아니라 기술 수준적 측면에서도 미국, 일본 등 선진국과 중국, 인도 등 후발국의 중간에 위치하고 있다. 이런 상황에서 한국의 발전된 기술을 부당한 방법으로 취득하려는 주변국의 산업스파이 행위도 기승을 부리며 매년 증가추세에 있다.

더구나 이러한 기술유출 사건의 대부분은 전·현직원에 의해 벌어지고 있다고 하니 산업 현장에서의 검색장비의 역할도 첨단 산업기술을 지켜내는 것 뿐만 아니라 국가경쟁력을 지키는데 절대적인 역할을 한다 할 수 있다.

## II. 검색시스템 개관

### 1. 개요

검색시스템이란 주요 특정지역 또는 해당시설과 인명에 대한 안전을 확보하기 위하여, 일정 지역 또는 시설에 대해 위해물품(폭발물, 총기류, 흉기 등)을 탐지하거나 반입되는 것을 사전에 방지 및 제거하여 제반 안전점검을 실시하는데 활용되는 모든 장비를 말한다.

일반적으로 산업현장에서 사용되어지는 검색시스템은 사람이나 휴대품, 화물을 기기에 통과시켜 그 결과를 모니터에 영상으로 표시해 주거나 램프나 음향으로 표출한다.

사람의 생명과 안전을 위협하는 위해물품 반입 및 산업기밀을 유출하는 행위를 검색요원이 육안으로 확인하지 않아도 쉽게 구별해 낼 수 있도록 도와주는 것이다. 대표적인 기기로는 X-Ray 검색기와 금속탐지기를 들 수 있다.

### 2. 검색시스템 분류 및 용도

#### 가. X-Ray

X-Ray검색기는 검색 대상물에 X-Ray 방사선을 방사하여 검색대상물의 투시된 내부 이미지를 영상이미지로 재현하여 모니터에 표시해주는 장비이다.

X-Ray검색기는 X-Ray 발생부, 투시화면부, X-Ray 터널, 조작패널, 컨베이어 벨트로 크게 5가지 부문으로 구성되어 있으며, 용도에 따라 소형, 중 소형, 중형, 중대형, 대형, 차량용, CTX용으로 구분할 수 있다.

#### 나. 금속탐지기(Metal Detector)

금속탐지기는 탐지기 내부에서 발생한 '자기장'의 흐름이 특정 금속물질에 방해받았을 때 발생하는 방해인식을 이용한다.

자기장의 흐름이 금속물질의 형태, 부피 등으로 방해받았을 때 알람경보음과 금속물질이 있는 위치를 LED표시기 등으로 나타내 준다.

크게 문형금속탐지기와 휴대용 금속탐지기로 구분 할 수 있다.

#### 다. 차량하부 검색기

차량 하부에 차량 출고 시에는 없었던 외부물질 부착 또는 차량하부 변경 등의 비정상적인 부분을 스캔방식으로 촬영하여 자동으로 탐지하는 시스템이다.

종류로는 고정된 차량 출입구의 땅속에 설치하는 매립방식이 있고 임시로 설치된 차량 출입구의 지표면에 설치하여 사용하는 이동방식이 있으며 정착되어 있는 차량 밑을 이동하면서 검색할 수 있는 무선방식이 있다.

#### 라. 폭발물 탐지장비

신체나 휴대가방, 차량 및 컨테이너 등에 위장하여 은닉한 폭약은 물론 마약까지 탐지할 수 있는 장비이다.

유형으로는 특정한 위치에 고정되어 검색할 수 있는 고정용과 검색원이 이동하면서 검색할

수 있는 휴대용이 있고, 사람을 대상으로 검색하는 대인용이 있다.

### III. 기술동향

#### 1. X-Ray

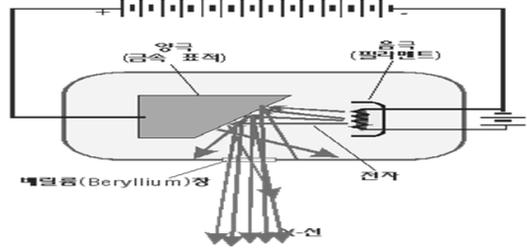
X-Ray 검색장비는 소형의 수하물 검색장비와 대형의 화물 검색장비로 구분되며 보안위해 물품 및 비인가 반출, 은닉된 물품 등을 화물의 개봉없이 X-Ray를 투과하여 실시간으로 내용물을 식별해 낼 수 있는 장비로 그 검출 방식 및 동작원리에 따라 폭발물 탐지장비, 일반형 장비 등으로 구분이 가능하나, 본 항목에서는 일반형 장비를 기준으로 하여 설명코져 한다.

1895년 독일의 과학자 Rontgen에 의해 발견이 되었으며, 2극 진공관의 음극선을 이용한 형광실험을 통하여 X선의 연구로부터 급격하게 실용화가 되었다.

X-선 발생장치의 원리는 고전압을 진공관 양극에 인가하여 X-선을 발생시키며, 일반적인 화물검색기는 14만 볼트의 전압을 양극과 음극에 걸어준다.

X-Ray 검색장비의 동작은 켄베이어 상에 이동하는 수화물을 X-Ray를 발생시켜 빔을 감지기로 흡수하여 영상으로 나타내어 준다.

검색되어진 수하물의 실질적인 원자 행태인 두 개의 영상 처리를 디지털화하여 유기물과 무기물로 분류되어지며, 물체의 밀도는 색채와 체



<그림 2> X-선 발생장치 원리

도를 결정한다.

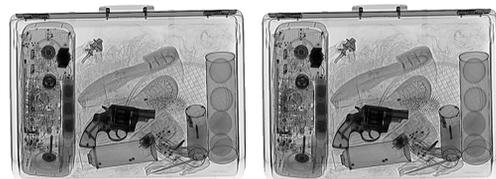
저밀도의 유기물/무기물은 희미하고 옅은 색으로 보이며, 고밀도의 유기물/무기물은 어둡고 진한 색으로 보인다. 유기물과 무기물의 물질구분은 두 물질에 X-Ray가 방사될 때의 반응이 다르게 나타남으로 확인 할 수 있다.

<그림 3>은 모니터에 표출되는 흑백영상 및 컬러영상이다.

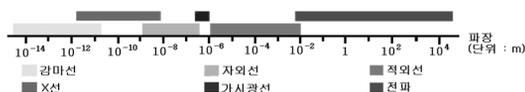
흑백영상은 X-Ray가 투과되는 물체에 따라 그레이레벨 값으로 나타나며, 물체에 따라 다음과 같은 색으로 표시된다.

- ① 고밀도 물체(철관 등) : 검정색
- ② 저밀도 물체(종이 등) : 흰색

칼라영상 표시는 기본적으로 3가지 그룹으로 나누어진다. 유기물질(오렌지색), 유기물과 무기물의 혼합물질(녹색), 무기물질(청색)로 나누어지며, 이 3가지 그룹 외에 두께와 밀도가 초과하여 투과하지 못하는 모든 물질은 검정색으로 표시된다. 유기물과 무기물은 다음과 같이 분류된다.



<그림 3> X-Ray 투시된 흑백과 컬러 영상



<그림 1> 파장에 의한 분류

① 유기물질 : 오렌지색

유기물질의 범위는 원자번호 11 이하의 가벼운 요소이다.

공통 원소에는 수소, 탄소, 질소, 산소 등이 있으며 화학적 결합에 관계없이 오렌지색으로 표시된다.

예) 폭발물, 종이직물, 물, 나무 등

② 혼합물질 : 녹색

혼합물질의 범위는 원자번호 11에서 18사이의 중간 정보의 무게를 가진 요소이다.

예) 알루미늄, 염소, 소금 등

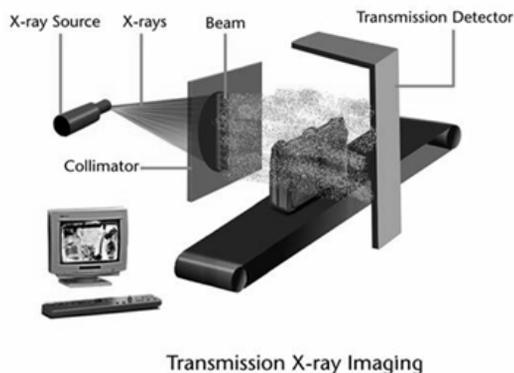
③ 무기물질 : 청색

혼합물질의 범위는 원자번호 18이상의 더 무거운 요소이다.

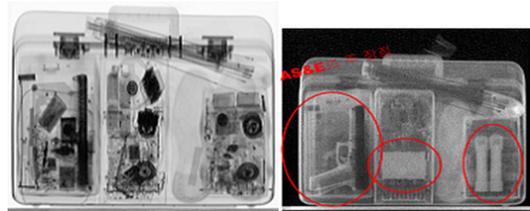
예) 금속, 철, 니켈, 아연, 주석, 납, 금 등

또한, 검출방식에 따라 관통식과 산란식으로 분류가 된다.

관통식(Transmission X-Ray)은 X-Ray빔이 검색대상물품을 관통하여 반대편 검출기에 도달하여 이를 영상으로 표현하는 방식이다. <그림 4>는 관통식 X-Ray 검색기의 동작원리를 보여주고 있다.



<그림 4> 관통식 X-Ray 원리



<그림 5> 관통식과 산란식 영상비교

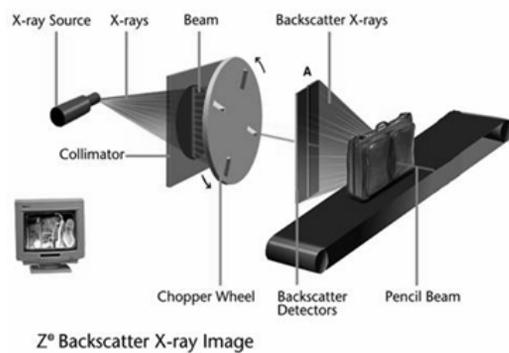
관통식은 산란식에 비해 강한 방사선으로 대상물체를 직접 투시하여(철판: 25mm 투시) 물체의 내부 세밀한 부분까지 투시가 가능하다.

산란식 (Back Scatter X-Ray)은 X-Ray 생성기에서 방사한 X-Ray 빔이 검색대상물품의 표면에서 반사, 굴절되어 같은 방향에 있는 검출기에 도달하여 이를 영상으로 표현하는 방식이다.

<그림 6>은 산란식 X-Ray 검색기의 동작원리를 보여준다. 영상표현은 밀도를 구분하여 흑백영상으로 나타내 준다.

이 장비는 관통식에 비해 낮은 방사선을 사용하여 인체에 피폭선량을 최소화하여 피부에 은닉된 위험 및 위해물품을 편리하게 검색할 수 있는 검색기이나 사람의 신체가 그대로 노출되므로 인권침해의 문제가 제기되고 있다.

또한 관통식에 비해 고가의 장비로 미국에서



<그림 6> 산란식 X-Ray 원리

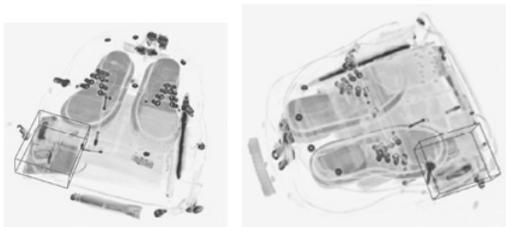
는 상용기술로 사용을 하고 있으나 국내에서는 활성화가 되지 않은 기술이다.

## 2. 3D X-Ray

검색물을 3D 영상으로 구현하며, 한 번의 검색으로 필요한 모든 데이터를 수집한다.

시간 당 300개 이상 검색이 가능하며 가방 안의 내용물을 자동으로 분리하고 분석함으로써, 일반적인 X-Ray 방식의 장비와 비교시 검색능력이 대폭 향상되어 폭발물, 무기류, 밀수품, 마약 등 탐지 성능이 매우 우수하다.

하지만 기존방식에 비해 검색에 소요되는 시간이 많이 소요되고, 검색 대상물체를 360도에서 투시를 해야 하기위해 기술의 집약도 높은 관계로 도입가격도 높게 형성되어 있다.



〈그림 7〉 X-Ray 3D 검색원리



〈그림 8〉 3D X-Ray

또한, 일정크기 이상의 대형화물에 적용하기는 어렵다.

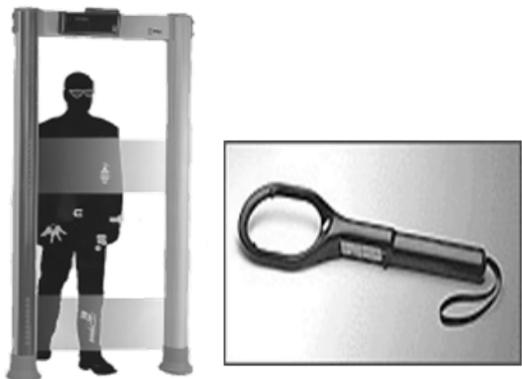
국내 도입현황을 살펴보면 보안등급이 높거나, 정밀검색이 필요한 곳 일부만 운영을 하고 있는 수준이다.

## 3. 금속탐지기

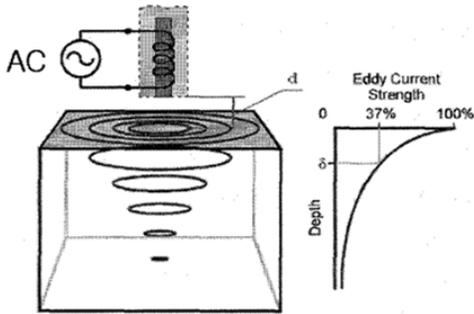
금속탐지기는 공항, 항만, 주요관공서 등에 설치되어 각종 금속성 위해물품을 전자장을 발생시켜 신체에 은닉한 금속 물체를 탐지하여, 그 결과를 부저 또는 램프를 이용하여 알람을 표출하는 장비이다.

미국과 유럽은 금속 탐지기를 보는 시각이 차이가 있으며 미국은 자국내 테러방지가 최우선이고 유럽은 2차 세계대전이나 보스니아 내전 등으로 아직도 수없이 널려있는 지뢰 탐지에 더 관심이 있는 것 같다. 따라서 그 연구 분야도 미국은 핸디형과 문형 금속탐지기 위주로 진행된 반면 유럽은 지뢰 탐지기 분야로 발전하였다.

우리나라는 두 분야 모두 매우 중요한데 국가나 주요 관공서, 민간 부분의 안녕 뿐 아니라 비무장 지대나 군사보호 시설 주변에 산재한 지뢰



〈그림 9〉 문형과 휴대형 금속탐지기



〈그림 10〉 금속탐지기 탐지원리

또한 장차 심각한 문제가 될 수 있다.

그러나 본 연구는 군사 부분인 지뢰 탐지분야를 제외하고, 문형과 휴대형 금속탐지기의 동향을 살펴보고자 한다.

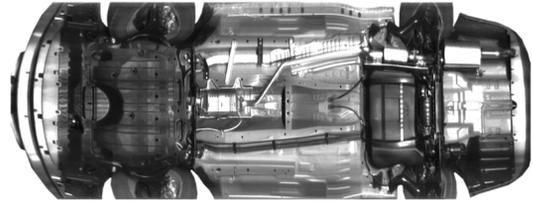
금속탐지기는 다양한 종류가 있는데 가장 널리 사용되는 것이 와전류를 이용한 방법이다.

그 외에 X-Ray나 초음파, 전자파 레이더 등을 이용한 방법이 있으나 와전류 탐상법이 가장 빠르고 간편하게 널리 사용되고 있다.

와전류 탐상법은 <그림 10>에서와 같이 코일에 교류전류를 가하여 발생하는 자력선이 금속을 만나면 변화하는 원리를 이용한 것이다. 금속의 종류나 크기, 형상에 따라 코일에 반응하는 정도가 달라지는데 금속 탐지기의 성능에 따라 감지할 수 있는 금속의 종류나 크기가 결정된다.

#### 4. 차량하부 검색시스템

차량 운전자의 감시 및 접근통제에 효과적이며 반복해서 출입하는 동일 차량에 대해 데이터베이스의 기록된 영상과 현재의 영상을 대조하여 이상유무를 파악하여 모니터로 표출한다. 차량을 정지시키지 않고 차량하부를 검색할 수 있으며, 실시간으로 차량하부 영상을 사진영상과



〈그림 11〉 차량하부검색 영상

같은 고해상도의 영상을 제공받아 검색이 가능하다.

또한, 신뢰성 및 정밀 검색을 위한 영상의 0.5cm부분까지 확대 및 축소가 가능하다.

### IV. 향후 발전 방향

#### 1. 중성자(Neutron)

기존의 X-ray나 이온 폭발물 검출기 등의 폭발물 검색은 100%의 신뢰를 갖지 못함에 따라 신기술 개발이 요구 됐으며, 이러한 배경 하에 중성자 기술은 가장 경쟁력 있는 기술로 부각되었다.

방사능 노출에 대한 위협으로 인체검색은 불가능하나, 소화물 검색에 있어서 기존의 X-ray 투시방법 보다 투과력이 우수하여 X-ray와 상호 보완적으로 사용되어야 할 것이다.

중성자 분석기술은 크게 세가지로 분류되고 있다.

첫번째, 열중성자 분석 장치 (Thermal Neutron Analysis)는 중성자가 원자핵과 충돌할 때 원자핵에 흡수될 수 있는 확률이 있는데, 중성자가 원자핵에 흡수되면 그 원자핵의 고유성질을 나타내는 감마선이 원자핵에서 방출된다. 이 감마선의 에너지와 강도를 측정하면 검사되는 물질 내에 존재하는 특정 원소의 양과 종류를 추정 할

수 있다. 질소의 감지가 용이하여 주로 폭발물 탐지에 많이 사용 될것이다.

두번째, 고속중성자 분석 장치 (Fast Neutron Analysis)는 TNA를 개량한 방법으로 보다 많은 정보를 얻을 수 있다.

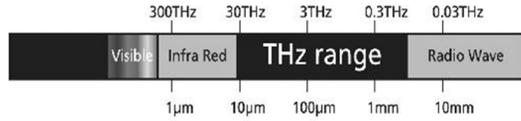
또한 TNA에 의한 감마선보다 FNA에 의해 상호작용하여 발생하는 감마선 종류가 훨씬 많을 뿐 아니라 강도가 강하기 때문에 TNA에 비해서 보다 쉽게 측정 가능하며, 대략적인 공간분포를 산출할 수 있을 것이다.

세번째로, 펄스 고속 중성자 (Pulsed Fast Neutron Analysis)는 펄스 중성자를 이용하는 것 이외는 FNA와 유사하다. 낮은 영역의 에너지를 가진 중성자를 이용할 수 있으며, 중성자의 2차원적인 위치정보 획득과 함께 시간정보를 포함한 3차원적인 영상재구성방법을 이용한다.

## 2. 테라헤르츠파 (Terahertz = THz)

효율적인 발생과 측정이 어려워 지금까지 사용되는 전자기파 스펙트럼 영역 중에서 가장 접근이 어려웠던 테라헤르츠 주파수 대역은 전파와 광파의 중간적인 성질을 가지고 있다.

테라헤르츠 전자기파는 X선과는 달리 인체에 해를 주지 않으면서 비금속성과 무편광된 물질에서 투과하고 금속에서 반사하는 특성을 가지고 있으며, 그 에너지는 분자들의 비틀림, 회전, 진동에너지와 공명을 잘 일으키므로 물질 고유의 독특한 흡수 스펙트럼을 확인할 수 있다. 즉, 테라헤르츠 대역에는 수많은 물질들이 갖는 고유한 특성들이 존재하므로, 테라헤르츠분광기술은 물질들의 특성 측정과 식별에 매우 유용하다. 이러한 특성은 보안, 감시 분야에서 폭발물, 독극물, 마약 등의 위해물질의 탐지에 활용 될 수



〈그림 12〉 테라헤르츠 주파수 영역

있을 것이다.

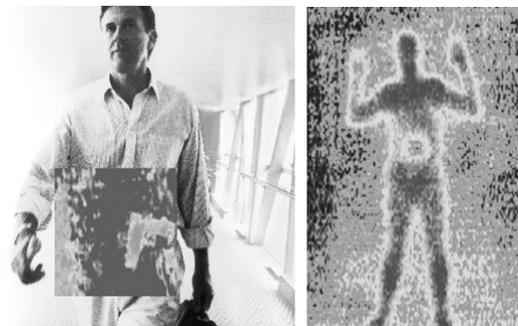
특징을 살펴보면 진동수 0.1~10THz (1THz = 10<sup>12</sup>Hz), 파장 30 μm~1 mm영역에서 속하는 전자기파를 말한다.

가시광선, 적외선보다도 긴 파장을 가지고, 이들이 투과하지 못하는 종이, 나무, 옷감, 플라스틱 등의 물질을 투과하며, 물에는 흡수, 금속에는 반사가 된다.

빛을 물질에 비추고 반사 빛을 추적하여 물질의 내부 이미지를 그려낼 수 있을 뿐 아니라 물질 내에 분포하고 있는 다양한 물질을 판독할 수 있다.

마약, 우편물, 플라스틱 폭탄 등 현재 문제 되는 모든 검색 대상을 정확히 식별이 가능하며 강한 투과력을 지닌 X선과 유사하나, 이보다는 에너지가 낮아 인체에 무해하여 사람과 화물 모두에게 조사가 가능하다.

단적인 예로 공항의 보안 검색대에서 사용하는 X선은 그 위험성 때문에 인체에는 사용하지는 못한다.



〈그림 13〉 테라헤르츠 투시 영상

### 3. Millimeter Wave

전자파는 주파수 대역에 따라 용도와 이름이 다른데, 이 중 파장이 mm인 부분, 즉 주파수 30Ghz의 고주파 부근부터를 Millimeter wave라 한다.

EHF(extremely high frequency)는 무선 주파수 스펙트럼 중에서 SHF보다 높은 주파수대의 명칭을 말하며, 주파수대 번호는 11, 범위는  $0.3 \times 10^{11} \sim 3 \times 10^{11} \text{Hz}$  (즉 30~300GHz, 파장은 1~10mm임)로 파장에 의한 구분은 밀리미터파(millimetric wave)에 속한다. EHF를 번역해서 부를 적절한 용어가 없어 흔히 밀리미터파라고 부르지만 이것은 주파수대의 공식명칭은 아니다.

EHF의 특징은 살펴보면, 통신 주파수 대역의 획기적 확장 및 초광대역 전송이 가능하다.

안테나와 송수신 장치의 소형화 및 경량화가 가능하며 빛의 성질에 가까운 강한 직진성을 가지고 있다.

비나 눈과 같은 강수, 구름이나 안개와 같은 수증기의 입자 등에 흡수되거나 산란되는 등 영향을 많이 받는다.

<그림 14>는 MicroWave (300Mhz ~ 300Ghz)의 대역 별 명칭을 나타낸 것이다.

Millimeter Wave 카메라는 안전하고 자연적인 에너지만 사용하며, 이 센서는 악수할 때의 느낌처럼, 물체에서 자연적으로 방출되거나 반사되는 3mm 파장의 에너지도 탐지한다. 이 파장에서 옷은 투명하게 나타나나, 옷 속에 감춰진 폭발물, 무기류 같은 고밀도 물체는 신체의 자연 방열을 가로막고, 이 부분의 뚜렷한 윤곽을 보여준다.

사람이 Millimeter Wave 카메라 앞에 서면, 패널 뒤쪽에서 통제되는 온도에 대항한 그들의

기타	300 Mhz
L-band	1 Ghz
S-band	2 Ghz
C-band	4 Ghz
X-band	8 Ghz
Ku-band	12 Ghz
K-band	18 Ghz
Ka-band	26 Ghz
U-band	40 Ghz
	60 Ghz

<그림 14> Millimeter Wave 주파수대역



<그림 15> Millimeter Wave 검색된 영상

방열을 측정한다. 고밀도의 물체를 소지하고 있으면, 그 물체는 인체의 자연 에너지를 가로막으므로, Millimeter Wave 카메라는 물체에서 반사된 온도 탐지 시 열 대조를 통해 의심이 가는 물체의 또렷한 이미지를 보여준다.

### 4. 결론

국가기관의 중장기 계획 기술조사에 따르면 보안 검색시스템은 비약적인 발전을 할 것으로 전망하고 있다.

향후 몇 년 이내에도 인원과 물품을 별도 검색하는 체계이겠지만 X-RAY Back scatter &

mm과 기술의 상용화가 가능할 것으로 판단되어진다.

그리고 탐지 가능 수준은 신체 은닉한 보안위해 물품을 금속은 1.5cm 이상, 비금속(폭발물 등)은 100mg이상 되어야 탐지가 가능할 것으로 예상 되어진다.

'13년 전후에는 인원과 물품을 동시에 통합 검색하는 것이 가능할 것이다.

mm과 & Terahertz 검색기술은 초기 도입단계로, 신체에 은닉한 보안 위해물품 중 금속은 1cm이상, 비금속(폭발물 등)은 50mg이상 되어야 탐지가 가능하며 프라이버시를 보호하면서 보안 위해물품만 3D로 전사가 가능할 것이다.

장기적으로는 mm과 & Terahertz 검색기술은 상용화 기술수준으로 발전되어 움직이는 검색 대상을 자연스럽게 실시간 검색 및 일대 다중 감시기 가능할 것이며, 은닉한 보안위해 물품(금속, 비금속 특정물품 자동검색)에 대해 지능형 검색이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 최혁, 항공화물 보안확보 방안에 관한 연구, 한국항공대학교 2008. 08.
- [2] 공공안전 첨단측정 기술 개발, 한국표준과학연구원, 2008.
- [3] 보안장비 활용 오석균, 김길선, 2007.
- [4] standard Guide for Installatin of walk -through metal detector, SID.ASTM C1238 1997
- [5] Hand-Hel Metal Detectors for Use in Concealed Weapon and Contraband Detection, NIJ Standard-0602.02.
- [6] <http://analogic.com/solutions-security>

저자소개



차 영 균

2006년 2월 고려대학교 정보보호 박사 수료  
 1991년 2월 고려대학교 전산과학 석사  
 1999년 1월~현재 삼성에스원 SI사업  
 1991년 4월~1998년 12월 삼성SDS 멀티캠퍼스  
 1988년 12월~1991년 3월 (주)사니 전산실

주관심 분야 : 보안



김 도 경

2010년 3월 고려대학교 컴퓨터정보통신공학 재학  
 2002년 3월 경남정보대학  
 2003년 3월~2009년 현재 삼성에스원

주관심 분야 : 물리적 보안