

테라헤르츠파 기반 대인 보안검색 기술의 동향과 발전 전망

Terahertz-based Security Screening System Technology

이일민 (I.M. Lee, ilminlee@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 책임연구원/실장
이익수 (E.S. Lee, euisu@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 선임연구원
김무건 (M.G. Kim, mugeonkim@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 연구원
최다혜 (D.H. Choi, choi.dh@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 선임연구원
박동우 (D.W. Park, dwpark@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 선임연구원
신준환 (J.H. Shin, jh.shin@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 선임연구원
김영호 (Y.H. Kim, youngho@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 책임연구원
김정수 (J.S. Kim, jungsookim@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 선임연구원
조진철 (J.C. Cho, hide28@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 박사후연구원
김영훈 (Y.H. Kim, yhk1125@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 박사후연구원
조성우 (S. Jo, swjo@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 연구원
곽동용 (D.Y. Kwak, dykwak@etri.re.kr)	테라헤르츠연구실 책임연구원
박경현 (K.H. Park, khp@etri.re.kr)	미래원천연구본부 책임연구원/본부장

ABSTRACT

Terahertz electromagnetic waves are considered the waves for the next generation of security checking technology. They can penetrate opaque materials, such as plastics, fibers, papers, and leathers. In addition, they are harmless to humans they cannot penetrate human skins. Moreover, because their frequencies are higher than those of millimeter waves, higher resolution and more detailed information is expected than the millimeter wave-based technologies. In this study, we describe the trends and perspectives of terahertz technology as security checking technology that can be directly applied to a human body.

KEYWORDS 대인 보안검색 기술, 테라헤르츠, 테라헤르츠 영상

1. 서론

지금 전 세계는 COVID-19 대유행으로 고통을

받고 있다. 이 시기가 언제 끝나고 예전의 일상을 회복하게 될지 예단하기 이르지만, 이 시기가 끝나면 그간 억눌러왔던 수요까지 포함하여 전 세계의 해

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2022.J.370202>

* 이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원[과제번호 22NPSS-C163380-02], ETRI의 연구운영비 지원사업[22ZB1140, 22ZH1120]의 지원으로 수행되었음.



외여행 수요와 그에 따른 공항 이용객 수는 폭발적으로 증가할 것으로 전망된다. 한편으로는, 국제 정세는 국지적 분쟁과 긴장이 끊이지 않고 있다. 기술의 발전과 궤를 같이하며 테러범들의 기술도 지속적으로 현대화, 고도화되면서, 특히 공항이나 여객기 등에 대한 테러 위협도 신종(비금속, 액체), 첨단, 다양화되어가는 추세이다.

무차별적인 민간 대중 또는 민간 시설 등에 대한 테러는 한 번이라도 발생한다면 돌이킬 수 없는 피해를 주고, 귀중한 인명이 희생될 수 있기 때문에 선제적인 대응이 매우 중요하다. 따라서 이를 예방하기 위한 보안검색은 다소의 불편을 감내하고라도 철저하게 이루어져야 한다. 그러나 반드시 거쳐야 하는 보안검색 절차라 하더라도, 대부분 이용객의 입장에서 보안검색을 위한 긴 대기 시간과 불쾌한 검색 절차는 공항 이용에 있어 가장 불편한 경험으로 여겨지는 것도 사실이다. 실제로 공항 이용객이 입출국 과정에서 느끼는 가장 부정적인 경험이 보안검색 과정이라는 연구결과도 존재한다[1].

이러한 관점에서 기존의 까다롭고 번거로운 보안검색 절차를 보다 단순하고 쾌적하도록 바꾸면서, 한편으로 결코 소홀히 할 수 없는 안전에 대해서는 철저함을 확보할 수 있는 보안검색 신기술에 대한 요구는 점점 높아지고 있다. 특히, 화물이나 수화물을 대상으로 하는 보안검색과는 달리, 공항 이용객이 체감하는 편의성에 가장 밀접하게 연관된다고 할 수 있는, 사람을 대상으로 하는 보안검색, 즉 대인 보안검색 기술에 있어서는 인체에 대한 유해성 시비에서 자유로워야 하고, 민감해질 수 있는 개인의 프라이버시 침해 가능성에 대한 해결방법 역시 제시하여야 한다.

이런 측면에서 여객의 자연스러운 동선 이동을 보장하며, 인체에 무해한 기술을 사용하여 빠르게 보안검색 절차를 완료하는 새로운 보안검색 방식에

대한 수요가 자연스럽게 생기게 되었다. 현재 이 중 가장 앞선 형태는 워크-스루(Walk-Through) 방식의 보안검색 기술이 될 것으로 예측되고 있다[2]. 특히 인체에 무해한 테라헤르츠파를 기반으로 하는 대인 보안검색 기술이 주목을 받고 있다.

본고에서는 차세대 대인 보안검색 기술을 개발하기 위한 동향을 간략하게 살펴보고, 이 가운데 테라헤르츠파 기반의 대인 보안검색 기술에 주목하여 살펴보고자 한다. 이를 위하여 우선 테라헤르츠파가 어떠한 성질을 갖는 전파인지, 테라헤르츠파를 기반으로 하는 기술이 어떠한 특성을 갖는지 매우 간략하게 살펴보고, 이를 기반으로 하는 테라헤르츠파 대인 보안검색 기술의 개발 동향과 전망을 살펴보고자 한다. 나아가 앞으로 테라헤르츠파를 이용하는 기술이 어떠한 비전을 갖는지도 간략하게 살펴보고자 한다.

II. 테라헤르츠파와 보안검색 기술

테라헤르츠파는 전자기파의 일종이다. 대역을 정의하는 관점에 따라 약간의 차이는 존재하지만 대체적으로 주파수 범위가 약 0.1THz에서 10THz 범위에 해당하는 전자기파를 의미한다. 그림 1에서 볼 수 있듯, 테라헤르츠파는 광파와 마이크로파의 사이에 위치하는 전자기파이다. 저주파 대역 일부는 밀리미터파 대역과 일부 겹치는 부분이 존재하고, 이러한 밀리미터파의 관점에서 테라헤르츠파 대역의 일부를 서브밀리미터파라 부르는 경우도 있

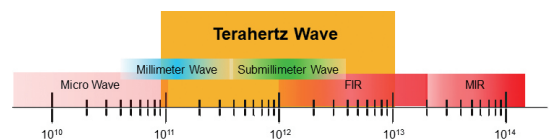


그림 1 테라헤르츠파 및 인접 전파의 주파수 대역

다. 또한 테라헤르츠파 대역의 고주파 영역은 광파에 해당하는 원적외선대역과 겹치는 부분이 존재하기도 한다.

이처럼 다양한 이름으로 불릴 수는 있지만, 기본적으로 테라헤르츠파 대역은 주파수가 1THz에 해당하는 전자기파를 중심으로 그 주변 전파대역을 칭하는 이름이다. 앞서서도 언급한 바와 같이 광파와 마이크로파의 사이에 위치하기 때문에 전파적인 특성도 대체로 이 두 전파 대역 특성의 중간적인 특성을 보인다고 대략적으로 이해할 수 있다.

즉, 테라헤르츠파는 물체에 대한 침투력이 매우 높은 마이크로파보다는 물체에 대한 침투력이 낮다. 반면에 물체의 형상이나 위치 등에 대한 정보의 양과 정확도는 마이크로파에 비하여 월등히 높을 수 있다(그림 2). 광파보다는 답을 수 있는 정보의 양은 적지만, 광파가 투과하지 못하는 물체 중 많은 물체에 대한 투과가 가능하여 그 이면을 볼 수 있다는 장점이 있다. 여기에 더하여, 많은 물질, 특히 가스형 분자에 대한 고유 분광 흡수선이 존재하여, 물질 분석에도 유리한 전파 대역이다.

요약하자면, 테라헤르츠파는 광파가 투과할 수 없는 물질, 즉 우리 눈에는 불투명하게 보이는 종이, 의류, 플라스틱, 가죽 등을 잘 투과하는 성질을 갖고 있다. 반면에 밀리미터파에 비해 파장이 매우 짧기

때문에 이미징했을 경우, 밀리미터파로 보았을 때 보다 감추어진 물체의 형상과 위치, 나아가서는 일부는 그 재질에 이르기까지를 알아내기에 매우 유리한 전파라 할 수 있다.

테라헤르츠파는 또한 사람의 피부를 만날 경우, 피부 깊은 곳까지 침투하지 못하고 피부 표면(표피층)에서 대부분 반사가 일어나게 된다. 그렇기 때문에 의복을 투과하여 사람의 피부에서 반사되는 테라헤르츠파의 성질을 이용하면, 사람이 옷을 입은 상태로 옷 속에 숨겨둔 물체가 있는지를 판단하기에 적합한 전파라 할 수 있다.

또한 테라헤르츠파는 전파 자체의 에너지가 매우 낮기 때문에 방사선과 같이 유해한 작용을 일으키지 않아 인체에 무해한 전파로 알려져 있다. 이와 관련하여 최근 한국전자통신연구원에서는 테라헤르츠파의 인체 안전성을 검토하기 위하여 연세대 세브란스병원의 연구진과 함께 수년간 지속적으로 다양한 측면의 인체 안전성 검증 실험을 수행해 오고 있다(그림 3).

지금까지 주파수 대역, 출력, 전파의 노출 시간 등 여러 조건에 대한 연구 결과, 기존에 알려진 바와 부합하게 테라헤르츠파의 인체 안전성을 뒷받침하는 결과를 얻고 있으며, 세포에 직접 조사하는 경우에도 인체에 별다른 영향을 미치지 못함을 확인하고

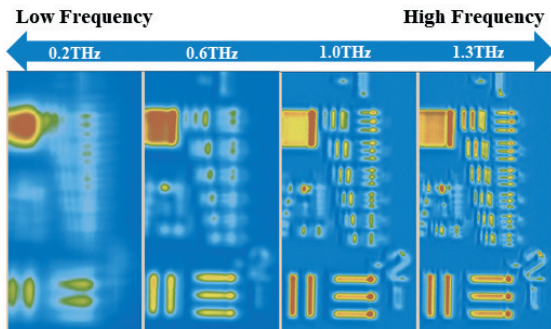


그림 2 주파수 증가에 따른 분해능 차이

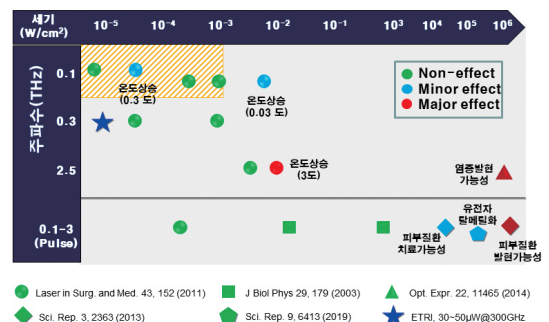


그림 3 테라헤르츠파의 인체 안전성 검증 실험 결과

있다. 앞으로도 이 연구는 점점 더 가혹한 조건으로 확장하면서 테라헤르츠파의 인체 안전성에 대한 보다 철저한 검증이 이루어질 수 있도록 다양한 관점에서 실험을 이어나갈 계획이다.

테라헤르츠파는 인체를 대상으로 사용함에 있어 안전하기 때문에 사람이 옷이나 신발을 벗어서 따로 검사기에 넣을 필요 없이 착용하고 있는 상태 그대로 검사 가능하다. 게다가 높은 해상도를 얻을 수 있기 때문에 옷이나 신발 속의 물체가 흥기인지, 단순한 소지품인지를 판별할 수 있도록 자세한 영상 정보를 얻는 데 매우 적합한 전자기파이다. 따라서, 다음 세대의 빠르고 간편하면서 보다 정확한 보안 검색 기술을 개발하는 데 있어 최적의 전파대역이라 할 수 있다.

본고에서는 테라헤르츠파 기반의 대인 보안검색 기술에 대하여 소개하고, 그 외의 차세대 대인 보안 검색을 위한 기술 동향도 간략히 소개하고자 한다.

III. 차세대 보안검색 기술 동향

1. 현재의 최신 검색 기술

지난 2001년, 미국에서 발생한 9.11 테러 이후, 기존의 금속탐지기와 엑스레이 검사만으로는 보안검색이 불충분하다는 인식과 함께, 금속이 아닌 물질까지 포함하여, 옷이나 신발 속에 숨겨둔 위험 물품이 없는지를 검사할 수 있는 보안검색 신기술에 대한 요구가 지속적으로 높아져왔다. 이런 맥락에서, 2009년 이후 등장한 L3 시스템사의 프로비전(그림 4 참조) 시스템과 같은 밀리미터파 기반의 보안검색 시스템이 전 세계의 공항에 설치되게 되었다[3]. 이 시스템은 의류를 투과할 수 있는 밀리미터파를 사용하기 때문에 단순히 금속 물질을 지나고 투과하는지만 검사가 가능하고, 휴대한 물품이 금속제의 단순한 물건인지, 흥기인지는 사람이 보



출처 Reproduced from [4].

그림 4 원통형 보안검색 시스템 개념도

조적으로 검사를 해야 하는 금속탐지기와 달리, 형상과 재질에 대한 정보를 기반으로 위험물품을 가려낼 수 있는 신기술로 채택되고 있다. 공항 국제선을 이용하는 경우 이 시스템 안에 들어가 검색을 받아본 사람은 체험해 보았을 것이다. 기본적인 시스템의 검사 방법은 원통 안에 들어가 양팔을 위로 반쯤 들어 올린 상태로 사람이 서면, 바 형태의 센서가 사람의 주위를 한 바퀴 돌며 스캔한다. 그 결과 옷 속에 흥기 등을 은닉하고 있지 않은지 검사를 하는 방식이다.

이러한 원통형 검사 방식은 신체의 모든 방향을 두루 돌면서 검사하기 때문에 탁월한 방식이다. 기존의 금속탐지기만을 사용하는 방식과 비교한다면 비금속 재질의 위험물품의 반입도 검사가 가능한 진일보한 방식이다.

그러나 기술적인 면 외에 대상이 되는 승객의 경험적 측면에서 보자면, 기존에는 금속탐지기를 걸어서 통과하기만 하면 됐던 보안검색이 어느 정도 밀폐감이 느껴지는 검사 기계 안에 서서 양팔을 벌려 들고 멈춰선 자세를 취한 채 스캔을 받는다는 점



출처 Reproduced from [4].

그림 5 패널형 보안검색 시스템 개념도

에서는 다소 불편한 경험일 수 있는 방식으로 복잡하게 변화되었다는 점과, 많은 경우 금속탐지기 통과 이후 별도 동선으로 유도되어 검사를 받는 방식이기 때문에, 검색 절차가 복잡하다는 인상을 줄 수 있는 등 개선의 여지가 있는 검사 방법이라고 할 수 있다.

이보다 조금 후에 등장한, 역시 밀리미터파를 사용하는 또 다른 검색 장비로는 Rhode & Schwarz 사의 QPS 시스템과 같은 패널형 시스템이 있다(그림 5 참조)[4,5].

이 시스템은 원통형으로 회전하는 기구물과 같이 기계적인 움직임이 있는 검사기기를 사용하지 않고, 비교적 개방감이 있는 두 개의 패널 사이에서 검사를 받는다는 점에서 조금 더 간편하게 여겨질 수 있는 검사 방식이다. 프로비전 시스템과는 달리 양팔을 위로 들어 올리지는 않지만, 양팔을 약간 벌려 아래로 내리는 자세를 취하게 되어 있다. 짧은 시간 이기는 하지만, 검사가 이루어지는 동안 멈추어 서서 검사를 받는 방식을 취하고 있다.

앞의 두 종류의 보안검색 시스템을 묶어 전신스

캐너 시스템이라 하는데, 현재 공항의 보안검색 시스템 중에서는 가장 첨단에 해당하는 검색 장비라 할 수 있다. 전신스캐너라는 뜻은 실제 기구적인 움직임이 있건 없건 간에 센서의 순차적인 센싱, 즉 스캔을 통하여 전신의 이미지를 얻는 방식이라는 의미이다. 이러한 스캔 방식은 고해상도의 영상을 얻기 위해서는 많은 수의 센서가 요구되는 카메라 방식과 달리 상대적으로 적은 센서 수로도 높은 해상도의 이미지를 얻을 수 있는 방식이라 할 수 있다. 하지만, 스캔하는 시간만큼의 측정 시간이 요구된다는 단점이 있기도 하다. 스캔 시간의 측면에서는 기계식 스캔을 이용하는 방식보다는 전기적 스캔을 이용하는 방식이 보다 유리하다고 할 수 있다.

트루비전(ThruVision)사의 트루비전 시스템과 같은 이동형 카메라 시스템 역시 차세대 보안검색 장비로 최근 주목을 받고 있는 장비이다(참고문헌 [6]의 링크 참조).

이 장치는 이동이 편리하여 설치 장소의 구애를 받지 않는 이동식 시스템이라는 점 외에도, 앞서의 전신스캐너와 조금 차이가 있다. 가장 큰 차이는 앞의 두 회사의 전신스캐너는 테라헤르츠 영상을 찍기 위하여 별도의 테라헤르츠파 발생기를 통하여 대상체에 조명한 테라헤르츠파가 반사된 영상을 찍는 방식을 사용하는 액티브 이미징(Active Imaging) 방식을 채용한 반면, 트루비전 시스템은 별도의 테라헤르츠파 발생기를 두지 않고, 사람의 몸에서 자연 복사되는 에너지 가운데 테라헤르츠파에 해당하는 대역을 검출하는 패시브 이미징(Passive Imaging) 방식을 취한다는 점이다. 간단히 말해, 파원을 두고 찍는 방식을 액티브 방식이라 하고, 별도의 파원을 두지 않고 찍는 방식을 패시브 방식이라 한다.

자연상태에서 방출, 또는 반사되는 전파를 검출한다는 점에서 패시브 방식은 우리가 흔히 사용하는 가시광선 대역이나 적외선 대역의 카메라가 영

상을 얻는 방식과 유사하다고 할 수 있고, 별도의 테라헤르츠파 발생 장치를 필요로 하지 않는다는 점에서 장점이 있는 방식이다.

그러나 패시브 방식의 시스템은 자연상태에서 사람의 신체로부터 방출되는 테라헤르츠파의 세기가 매우 미약하다. 그렇기 때문에 이를 검출하기 위하여 매우 낮은 레벨의 신호까지 검출이 가능하도록 극도로 민감한 센서가 필요하고, 그렇지 않은 경우 자칫 외부의 열잡음에 의하여 영향을 받을 수 있다는 단점이 존재할 수 있다.

이러한 단점을 해결하기 위하여 센서의 중심부는 주변의 열잡음으로부터 영향을 덜 받도록 수십 켈빈 이하의 매우 낮은 온도로 유지하는 방식의 검색 장비도 발표된 바가 있으나[7], 이처럼 극저온을 유지하는 장비는 운영이 까다롭고, 고장 등이 발생할 경우 유지 보수를 거쳐 다시 안정화가 이루어질 때까지 긴 운휴시간이 요구되는 등 운영상 극복해야 할 어려움이 존재할 것으로 예상된다.

2. 차세대 대인 보안검색 기술 동향

미국 교통안전국(TSA: Transportation Security Administration)은 미국 국토안보부(DHS: Department of Homeland Security)의 산하기관으로, 9.11 테러 이후 미국 내 또는 미국을 드나드는 여객기의 운행 안전에 관한 제반 사항을 관리하는 곳이다. 이곳에서는 진화하는 테러 위협에 대응하면서, 보안검색 절차가 지나치게 복잡하고 오래 걸리지 않을 수 있는 새로운 보안검색 기술의 개발과 첨단화를 장려하기 위한 방편으로, 새로운 방식의 첨단 보안검색 기술이 시제품 형태로 개발되면, 실제 공항에 적용하기에 앞서 그 가능성을 테스트해 볼 수 있는 전환 연구 개발 프로그램(Transformative Research and Development Program)을 운영하고 있다. 이 프로그램의 일환으로

최근 ‘빠른 보안검색(Screening at Speed)’이라는 제목의 프로그램이 추진되고 있다. 그 최종 목표는 ‘공항의 보안검색대를 걸어서 통과하고, 따로 짐과 소지품을 분리하지 않을 수 있는 기술에 대한 연구’라 요약할 수 있다(참고문헌 [8]의 링크 내 그림 참조).

공항 안전을 책임지는 기관의 검증과 승인을 받은 이후에야 공항에 설치하고 운용이 될 수 있으며, 국가마다 이러한 역할을 총괄하는 항공 당국 또는 그 산하의 기관이 존재한다. 미국의 경우에는 TSA가 이러한 역할을 하고, 유럽을 포함한 많은 나라는 유엔 산하의 국제 민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)의 규정을 따르고 있다. 대부분 이 두 곳의 규정이 국제적인 규범으로 간주되고 있다.

특히 미국이나 유럽의 경우, 외국에서 출발하는 여객기가 자국에 들어올 경우, 자국의 규정에 맞는 보안검색 절차를 준수할 것을 요구하는 경향이 있기 때문에, 이들 항공 안전 인증기관 간에는 상호 간의 교차 인증 등을 위한 협의와 협업이 이루어지고 있다.

이러한 관점에서, 특히 미국이 차세대 대인 보안검색에 대한 첨단 기술을 도입할 경우, 우리나라를 포함, 전 세계에 이러한 시스템이 도입되고 파급되어야 할 필요성이 생기게 된다. 게다가 차세대 보안검색 방식은 단순화 기술의 첨단화뿐만 아니라 이용자의 편의성과 검사 속도의 개선 등을 추구하는 방향으로 개발이 되고 있기 때문에, 더욱 파급력이 클 수밖에 없을 것이다. 일단 이러한 기술이 어느 국가, 어느 공항에 도입이 된다면, 인접 국가와 치열한 허브공항 경쟁 중인 우리나라의 사정상, 공항 경쟁력 확보의 차원에서라도 편의성과 신뢰성이 확보된 첨단 시스템의 도입이 불가피할 것이고, 경쟁 관계에 있는 다른 나라들도 비슷한 이유로 이러한 시스템의 도입에 나설 것이기 때문이다.

이러한 측면에서 세계 각국은 차세대 대인 보안 검색 기술을 주도하기 위한 연구 개발을 활발히 진행하고 있으며, 우리나라도 이제 이러한 첨단 기술 경쟁에 뛰어 들고 있다.

본고에서는 그중에서 주요한 흐름을 파악하는 데 도움이 될 수 있는 대표적인 사례만을 간략하게 살펴 보도록 하겠다. 다만, 본고에서 소개하는 기술 개발 사례와 방향 외에도 다양하고 많은 시도와 연구 개발이 경쟁적으로 이루어지고 있음을 미리 밝혀 두 고자 한다.

가장 먼저 고려해 볼 세계적인 주요 동향은 소위 위험기반 보안검색(Risk-Based Security)이라 부르는 방법이다[9]. 이 방법의 목표는 사전에 개인의 보안 위험도에 대한 다양한 정보를 수집 분석하여 신뢰 할만한 대상에 대해서는 보안검색의 절차를 단순화 하고, 위험도가 높은 대상에 대해서는 철저한 보안 검색을 거치도록 하는 방식으로, 현재의 보안검색 과 동일한 레벨의 안전성을 확보하면서도 공항 보 안검색의 전체적인 대기 및 소요 시간을 줄이자는 아이디어이다. 위험기반 보안검색은 이미 전 세계 적으로 활발하게 검토 논의되고 있으며, 일부 국가 에서는 가능한 수준에서 점진적으로 도입 운영을 하고 있다. 차세대 보안검색에서 이러한 컨셉의 극 단적인 예로, 국제항공운송협회(IATA: International Air Transport Association)에서는 2011년에 ‘미래 공항 보안검색 청사진(Checkpoint of the Future: Blueprint)’ 이라는 개념을 발표하였다. 이 안에 따르면, 각 여행 객에 대해서는 생체 인증과 사전 개인 정보의 공유 에 따라 미리 위험도 레벨이 ‘저위험도’, ‘통상 위험도’, ‘고위험도’로 분류되고, 각각의 위험도에 따라 가령 고위험도로 분류된 대상은 다양한 모든 검사 단계를 거치는 검색라인으로, 저위험도로 분류된 사람은 단순한 검사만 하면 되는 라인으로 보내 검 사를 한다는 컨셉을 발표하였다(그림 6)[10,11]. 이

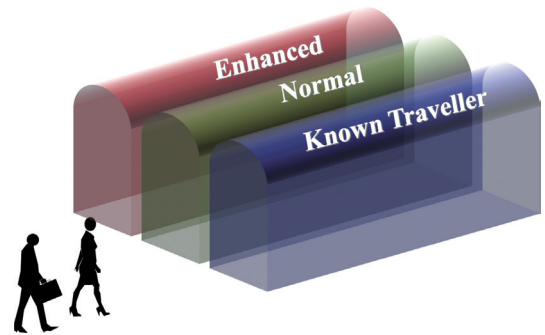


그림 6 위험도별 분리 보안검색 개념도

러한 미래 보안검색에 포함되는 기술은, 현재의 다 양한 보안검색 기술에 덧붙여 개인의 사전 위험도 를 체크하고, 그 정보를 지금 공항 내의 개인과 바로 연동할 수 있는 바이오 인식 기술과 범죄 시행 전의 심리적 불안감 등을 갖고 있지 않은지 등을 체크하 기 위한 이상행동 검사 기술 등이 포함될 수 있을 것 이다.

물론, 이러한 아이디어는 당장 여러 가지 문제점 을 안고 있다. 첫째로는 기술적인 면으로, 사전에 각 개인의 위험도를 정확하게 파악하는 신뢰성 있 는 기술이 존재할 것인가 하는 문제가 있을 것이다. 기술적으로 이것이 가능하다 하더라도 개인의 위험 도를 특정 기관들이 사전에 수집, 분류하고 외국 기 관과 공유하는 것에 대한 법적·인권적 문제가 존재 할 수 있을 것이다. 만약 이러한 문제들이 해결된다 고 하여도, 대다수의 사람은 중간 단계의 검색 절차를 거친다. 반면, 소수의 사람은 간소화된 절차만을 거치는 검색대를, 또 몇몇은 강화되고 복잡한 절차를 거치는 검색대를 이용하는 경우를 생각해 보자. 가령 국적, 인종, 성별, 외모 등에 따른 차별의 가능 성에 대한 시비의 문제나 인권 침해 또는 특권 및 불 평등에 대한 시비 등의 논란이 발생할 수 있을 것이 다. 너무 문제를 확대하여 과장하는 것일 수도 있 으나, 조금 더 나아가자면 이는 전반적으로 공항의

보안검색, 나아가서는 해당 국가의 인권 수준에 대한 부정적 인식을 일으키는 요인이 될 위험성도 존재한다.

그러나 이러한 기술적·법적·인권적·감정적 우려사항과 전제 조건이 존재함에도 불구하고, 위험 기반 보안검색 기술은 안전성과 효율성의 측면에서 그 효과가 높을 것으로 예상되고 있다. 따라서 전 세계적으로 이러한 방식을 도입하기 위하여 여러 가지 예상되는 문제점을 해결하기 위한 노력과 검토는 지속적으로 이루어지고 있다. 최초 제기된 아이디어는 다소 거칠고 폭력적으까지 보일 수 있으나, 기술적 보완을 통하여 좀 더 납득이 가능한 수준으로 다듬는다면, 안전을 위하여 현실화가 가능할 수 있을 것으로 예상된다. 예를 들어, 법적·인권적 문제를 슬기롭게 선결한다는 전제하에 차별성에 대한 부분은 개개인 또는 주변인이 자신이 어떤 등급의 보안 검사를 받고 있는지 가급적 인지하지 못하도록 기술적으로 해결할 수만 있다면, 큰 저항감 없이 효율적 보안검색을 할 수 있는 방안으로 채택될 수도 있을 것으로 예상된다.

또 다른 측면에서 주목할만한 대인 보안검색 기술 동향은, 바로 본고의 주제인 테라헤르츠파를 이용한 보안검색 기술을 개발하고자 하는 움직임이다.

테라헤르츠파는 현재 전신 검색에 사용하고 있는 밀리미터파에 비하여 더 높은 영상 해상도를 기대할 수 있으나, 상대적으로 고주파이기 때문에 관련 기술의 난이도가 더 높다고 할 수 있다. 보안검색에 있어서 높은 해상도의 영상을 확보하는 것이 중요한 이유는 밀리미터파나 테라헤르츠파가 기본적으로 사람이 입고 있는 의류를 통과하여 피부 표면까지를 바라볼 수 있기 때문에, 만약 검사 영상을 사람이 눈으로 보고 판단을 한다면 인권 침해 등의 우려가 생길 수 있다는 점과 연계되어 있다. 즉, 자칫 공항의 보안검색 요원에게 개인의 신체적 프라이버

시를 노출할 위험성을 제거하기 위해서는 인공지능(AI: Artificial Intelligence) 기술을 기반으로 자동으로 형상을 인식하고 판별하되, 사람의 개입을 철저히 배제하는 영상 판독 기술이 전제되어야 하기 때문이다.

이러한 관점에서 아무리 인공지능이 뛰어나다고 하더라도, 판독의 대상이 되는 영상의 품질이 좋지 않다면 판독의 정확도는 일정 한계 이상으로 높아지기 어렵기 때문에, 보다 정확하고 정교한 기초 영상을 획득하는 일이 중요하게 된다. 따라서 여러 물질에 대한 투과도와 영상 해상도를 종합적으로 판단할 때 테라헤르츠파 대역이 보안검색에 최적인 주파수 대역으로 주목을 받고 있다.

이 외에도 시스템의 안정성을 확보하고, 데이터의 처리 속도를 높이면서, 자동 판별의 정확도를 높이는 한편, 전체적인 시스템의 상용화를 고려하여 현실적으로 도입과 운영이 가능한 가격대의 시스템으로 개발을 해야 하기 때문에 다양한 분야의 집중적이고 고도화된 연구 개발 역량이 요구되는 분야라 할 수 있다.

3. 차세대 대인 보안검색 국내 동향

한국전자통신연구원에서는 우리나라의 기술로 차세대 대인 보안검색 시스템을 개발하기 위하여 연구 개발을 하고 있다. 2021년부터 시작된 ‘차세대 대인 보안검색 기술 개발’ 사업은 신발을 벗지 않고도 신발 속에 위험물을 숨기고 있는지 여부를 검사하기 위한 신발 검색 시스템의 개발을 목표로 수행되고 있다. 이 시스템은 사람이 신을 신고 올라선 상태로 테라헤르츠파를 이용하여 신발의 표면뿐만 아니라, 그 내부를 3차원적으로 검사하여 유해물은 은닉하고 있는지 검사할 수 있는 시스템으로 개발될 예정이다.

한편, 이렇게 개발된 기술을 바탕으로 하되 고도화한다면 사람이 복도를 자연스럽게 걸어서 통과하는 동안 필요한 보안검색을 모두 마칠 수 있는 워크-스루 방식의 보안검색도 가능할 전망이다. 이를 위하여 국토교통부는 국내 보안검색 시스템을 개발하기 위한 연구개발 과제를 이미 2021년부터 순차적으로 개시하여 최종적으로는 그림 7에 나타난 것과 같이 차세대의 공항 보안검색 절차를 마련하기 위한 관련 사업을 추진 중이다. 2025년 이후에는 신발 검색 시스템이 개발되어 국내 공항 적용을 시작으로 해외 시장 개척에 나설 전망이고, 워크-스루 검색 시스템도 2023년부터 개발에 착수하여 2027년 상용화를 목표로 사업화를 추진 중이다.

이러한 계획에 따라, 그림 7에 보이는 바와 같이, 신발검색기와 워크-스루 보안검색기, 그리고 휴대수화물을 위한 디지털 엑스선 검색기를 통합하여 차세대 공항 보안검색 시스템이 완성될 예정이다. 이와 함께 국산 보안검색 장비의 인증 기준을 마련하기 위한 사업도 추진되는 등, 국내 항공보안검색 기술과 장비의 국산화 및 첨단화를 위한 계획이 추진 및 실행되고 있다. 이러한 기술 개발에는 테라헤르츠파의 인체 안전성이 근간을 이루고 있으며, 테

라헤르츠 부품과 시스템 및 자동 판독 기술에서 국내 개발 역량이 중요한 근간을 이루고 있다.

III. 결론

지금까지 테라헤르츠파에 기반한 대인 보안검색 기술의 개발 동향에 대하여 매우 간략하게 살펴보았다. 특히 국내의 기술력으로 첨단 보안검색 기술을 개발하기 위한 목적과 이유에 대하여 살펴보았다.

한국전자통신연구원을 중심으로, 국내 연구기관과 대학, 기업이 공동으로 개발되는 테라헤르츠 대인 보안검색 기술 및 그 시스템 기술은 공항뿐만 아니라 다양한 대중교통 시설, 보안이 요구되는 시설, 민간의 보안검색 지점 등에 폭넓게 활용이 가능할 것으로 기대된다.

아울러, 기술 개발 과정에서 세계 최초로 개발될 멀티소스-멀티디텍터 테라헤르츠 패널은 그 자체만으로도 기술적 활용 분야가 무궁하게 펼쳐질 것으로 기대된다. 예를 들어, 다수의 테라헤르츠 발생 장치가 집적된 패널은 향후 6G 또는 그 이후 테라헤르츠파를 기본 주파수로 하는 무선통신 시대가 도래할 경우, 가장 핵심적인 기술 가운데 하나가 될 테라헤르츠 빔포밍을 위한 기반 기술이 될 것이다. 멀티디텍터 패널의 경우, 역시 산업용 비파괴 검사나 테라헤르츠 레이더 센서, 테라헤르츠 카메라 등에 널리 활용이 가능한 기술 개발의 기반이 될 전망이다. 더구나 상용 레벨에까지 도달할 수 있는 테라헤르츠 발생 및 검출 패널은 그 자체로 세계 최초이면서 동시에 세계 최고 수준의 기술적 과제이다.

따라서 테라헤르츠파 기반 대인 보안검색 기술은 향후 테라헤르츠파를 활용하는 다양한 응용분야 전반(그림 8)에 걸쳐 국내 기술의 차별적 우월성을 확보하고, 이를 바탕으로 다수의 국내 기업과 신시장이 창출될 수 있는 기반이 될 것으로 기대된다.

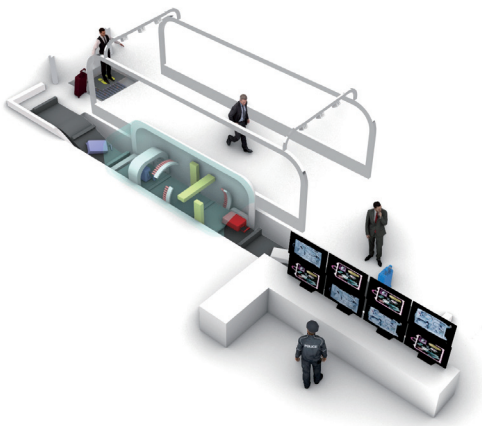


그림 7 국토교통부의 차세대 보안검색 시스템 개념도

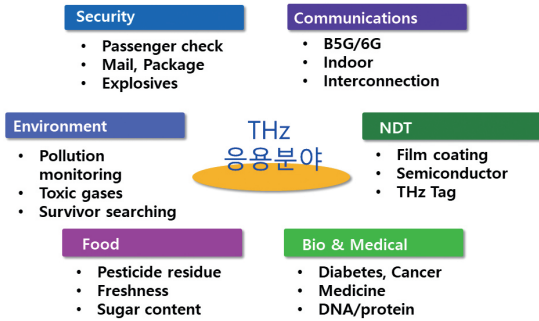


그림 8 테라헤르츠 응용분야

마지막으로, 본 테라헤르츠파 기반 대인 보안검색 기술의 개발을 통하여 우리나라의 테라헤르츠 기술이 세계를 선도할 수 있는 절호의 기회가 마련 될 것으로 기대하며, 성공적인 개발을 통하여 우리 일상생활의 다양한 분야에서 테라헤르츠 기술과 그 혜택을 접하게 될 날이 당겨지기를 희망한다.

용어해설

테라헤르츠파 0.1~10THz(1THz=10¹²Hz)의 주파수를 갖는 전자기파. 적외선과 마이크로파 사이에 위치하며, 비금속 및 비분극성 유전체를 잘 투과함

대인 보안검색 사람을 대상으로 공항 등 주요 시설 및 이용자의 안전을 위하여 흉기, 무기 등 테러의 위험이 있는 금지 물품을 소지 또는 반입하고 있는지를 검사하는 것

워크-스루 보안검색 피검사자의 이동을 방해하지 않고 자연스럽게 통행 상태에서 검사 지점을 걸어서 지나가는 것만으로 보안검색을 완료하는 방식

약어 정리

COVID	Coronavirus Disease
DHS	Department of Homeland Security
IATA	International Air Transport Association

ICAO	International Civil Aviation Organization
THz	Terahertz
TSA	Transportation Security Administration

참고문헌

- [1] G. Nowacki and B. Paszukow, "Security requirements for new threats at international airports," *Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Trans.*, vol. 12, no. 1, Mar. 2018.
- [2] Apex Screening at Speed, Homepage of U.S. Department of Homeland Security, <https://www.dhs.gov/science-and-technology/apex-screening-speed>
- [3] US Testing Equipment, Homepage of L3 Provision2 Seller, <https://ustesting.com/product/provision-2-2/>
- [4] <https://www.cgtrader.com/free-3d-models/character/man/eric0104-woman-walking-aside>
- [5] R&S QPS Quick Personnel Security Scanner, Homepage of Rhode & Schwarz, https://www.rohde-schwarz.com/kr/products/aerospace-defense-security/security-scanner/rs-qps-quick-personnel-security-scanner_63493-332676.html
- [6] Thruvision, Homepage of Thruvision, <https://thruvision.com/products/surface-transport-security-cameras/>
- [7] Cardiff University, "New passenger scanner uses space technology to speed up airport security," Homepage of Cardiff University, 2018.
- [8] Apex Screening at Speed Program, Homepage of U.S. DHS, https://www.dhs.gov/sites/default/files/2021-12/21_1202_st_ApexScreeningatSpeed_February2021.pdf
- [9] S.C.A. Thomopoulos, "Risk-based security: From theory to practice," in *Proc. SPIE Def. + Commer. Sensing*, vol. 11756, Apr. 2021.
- [10] IATA Reveals Checkpoint of the Future, Homepage of IATA, <https://www.iata.org/en/pressroom/2011-press-releases/2011-06-07-01/>
- [11] IATA, "Checkpoint of the future: Blueprint," ver. 2.0, Mar. 2011, http://aci-aviation.com/presentations/Checkpoint_of_the_Future_IATA.pdf