

# 전방 감시정찰 분야에서 초광대역 투과 레이더 기술 동향

조병래\* · 선선구\*

\*국방과학연구소 국방신기술본부

## 목 차

I. 서론	III. 결론
II. 초광대역 투과 레이더 기술 동향	

### I. 서론

레이더는 군사용 목적으로 발명된 이래 장거리 표적의 탐지 및 추적용 레이더 위주로 발전하고 있으나, 현재에는 합성개구면 영상 레이더, 민수분야에서의 차량충돌방지 레이더, 의료용 바이오 영상 레이더 및 무인 차량의 장애물 회피용 영상 레이더 분야에 이르기 까지 그 사용이 널리 확대되고 있는 추세이다 [1-2].

감시정찰 분야에서 은폐된 지형의 특성을 파악하고자 투과 레이더의 필요성이 대두되었다. 초기에는 개구합성레이더를 이용한 개구합성 수풀투과 레이더 (FOPEN SAR, FOliage PENetrating SAR) 연구가 진행되었으며, 수풀에 숨어있는 적을 인지하려하였다. 최근에는 대테러 및 도심 작전을 위해 벽을 투과하여 적의 움직임을 파악하는 시스템, 지뢰를 포함한 폭발성 물질의 탐지 시스템, 움직이는 차량의 야지 주행 성능을 높이기 위한 수풀 투과 지형 영상형성 시스템 등이 연구되고 있다.

전방 감시정찰 분야에 응용되는 투과 레이더의 경우 초광대역 기술을 활용한다. 최근 초광대역 레이더 분야의 연구가 많이 진행되고 있으며, 안테나, 파형발생기, 고속 신호 획득 장치 등의 연구가 진행되고 있다. 투과 레이더는 기존의 레이더 시스템에 비해 짧은 거리의 정보를 획득하기 때문에 초광대역 기술을 이용한 고분해능 식별기술을 적용한다.

본 글에서는 전방 감시정찰 분야에 적용되거나 요

구되고 있는 초광대역 투과 레이더의 필요성 및 기술 개발 동향을 파악하고자 한다.

### II. 초광대역 투과 레이더 기술 동향

#### 2.1 벽투과 레이더

벽투과 레이더는 초광대역 기술 기반의 고분해능 식별기술을 활용하여 지하 땅 속 및 벽돌/콘크리트 뒤에 숨어있는 피사체로부터 반사되는 신호를 분석해 형상을 식별하는 시스템을 지칭한다. 그림 1은 벽투과 레이더 신호처리 및 영상화 기술 개념도를 보여주고 있다. 벽투과 레이더는 송신 안테나로 전자파를 벽 내부 또는 땅 속으로 방사하고 반사 신호를 수신 안테나로

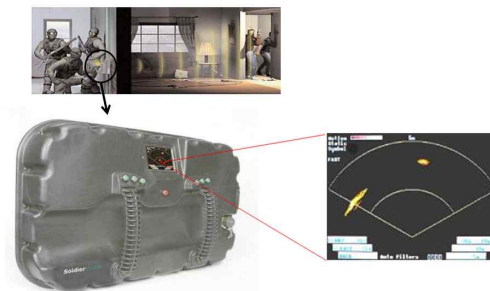


그림 1. 벽투과 레이더 신호처리 및 영상화 기술 개념도



그림 2. Radar Vision의 운용 시험



그림 3. Xaver-800의 운용 시험

획득한 후 은폐물의 신호를 영상화한다. 이 때 반사 신호의 물리적 특성(거리, 유전율 등)을 이용하여 은폐물 또는 터널 등을 분류하거나 정지된 생명체의 호흡, 심장박동 등 인간호흡 정도의 미소 움직임을 탐지하여 벽 뒤 생명체의 상황을 파악한다. 벽투과 레이다에서 영상화를 위한 안테나 설계 개념, 실시간 영상화 알고리즘, 은닉 생명체 탐지/추적 알고리즘 등의 기술이 요구된다.

영상을 획득하여 생명체의 상황을 파악하는 벽투과 레이다 시스템은 미국 'Time-domain' 사의 'Radar Vision', 이스라엘의 'Xaver-800' 제품이 가장 대표적이며 상용화 단계에 있다[3-4]. 그림 2와 3은 'Radar Vision'과 'Xaver-800'의 운용 시험 장면이다. 'Radar Vision'의 운용 주파수는 1~3.5GHz이며 탐지거리는 15m이내, 탐지범위는 120도 내외이다. 'Xaver-800'의 운용 주파수는 3~10GHz이며 탐지거리는 20m이내, 탐지범위는 80도 내외이다.

벽투과 레이다는 대테러 및 도심 작전용으로 새롭게 조명되고 있으며, 최근 아프카니스탄 배치 미 군부대에 "휴대용 투과형 탐지기 이글-5"가 보급되었다[5].



그림 4. 휴대용 투과형 탐지기 이글-5

국내에서도 대테러 및 도심 작전용 무기체제로 벽투과 레이다의 개발을 계획하고 있다.

## 2.2 지뢰탐지 레이다

전 세계적으로 전쟁 후 불발탄 및 대인, 대전차 지뢰가 수많은 인명을 위협하고 있다. 국제 연합(UN)은 지뢰와 폭발성 잔여물에 의한 인도주의적, 사회적, 경제적인 위협을 감소시키기 위해 국가, 비국가 행위자, 위협받고 있는 공동체, 비정부 기구, 기증자, 민간 영역, 국제적이고 지역적인 조직들 및 기타 행위자들과 협력하고 있다. 그림 5는 전 세계적으로 지뢰에 대한 위협도가 얼마나 큰지를 보여주고 있다[6]. 우리나라 또한 여의도의 34배 면적에 해당하는 지역에 지뢰가 매설되어 있으며 제거하는데 들어가는 비용을 4천억~1조 3천억 정도로 예상하고 있다[7].

기존의 지뢰 탐지기는 금속 탐지 센서를 활용한 청각 식별 방식을 채택하고 있다. 금속 탐지 센서는 금속물, 탄피 등에 의한 오 경보율이 높기 때문에 지뢰지대 개척을 위한 운용병의 피로도가 쉽게 증가하여 매설 지뢰를 탐지하는 능력이 현저히 감소한다. 또한 그림 7의 목함지뢰와 같은 비금속 지뢰와 광범위한 지역의 지표면 수풀 속에 살포하는 살포식 지뢰, 물리적 접촉 이전에 원거리 폭발이 가능한 미래형 복합지뢰 등 지뢰기술의 발전으로 기존의 단순 지뢰탐지기가 무력화되어 가고 있다. 이를 극복하기 위한 방법으로 지표 투



그림 5. 전 세계의 지뢰에 대한 위험도



그림 6. 대한민국의 지뢰에 대한 위험도



최근 강화 교통도 빈창호 해수욕장 인근에서 북한에서 유입된 목함지뢰가 발견되었습니다. 장맛비와 태풍으로 떠내려 온 목함지뢰가 있을 수 있으니 휴가철 피서객들은 의심되는 나무상자 발견시에는 절대 건드리거나 가까이 가지 마시고 가까운 경찰서나 군부대로 바로 신고해주시기 바랍니다.



그림 7. 목함지뢰 경고문

과형 레이더 기술(GPR, Ground Penetrating Radar)이 요구되었다.

초기의 지표 투과형 레이더는 차량에 탑재하여 차량 진행 방향의 전방에 대한 전자기파 영상을 획득하여 지뢰를 탐지하는 방법이었다. 미국의 SRI사와 PSI사, 영국의 ERA사 등에서 최초 개발하여 많은 연구 성과를 제시하고 있다. 사용 주파수는 보통 0.3~3GHz 대역을 사용하였다. 안테나는 비발디 안테나, 나선형 안테나 등이 이용되었으며 이는 배열 구조를 형성하기 위함이다. 지표 투과형 레이더를 이용한 전방 전자파 영상을 이용할 경우 지표 표면에 설치된 지뢰와 땅 속에 설치된 지뢰를 동시에 탐지할 수 있는 장점이 있다.

지뢰 탐지 레이더는 그림 9와 같이 개인 휴대형과 차량 탑재형으로 나뉜다. 개인 병사 휴대형 지뢰탐지기는 초광대역 레이더 센서와 자성센서, 중성자센서 등 다중 센서를 이용하여 획득한 데이터를 융합/처리하여 금속 지뢰 뿐 아니라 비금속 지뢰에 대한 탐지 확

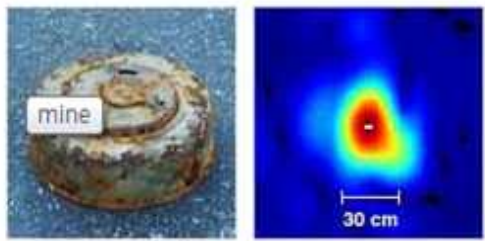
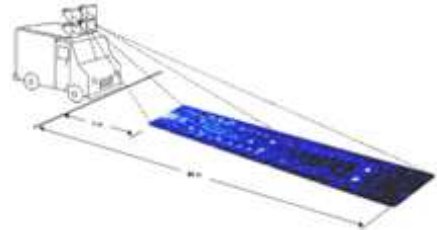


그림 8. 차량탑재 전방관측 지뢰탐지 레이더 운용 개념



그림 9. 지뢰탐지 레이더

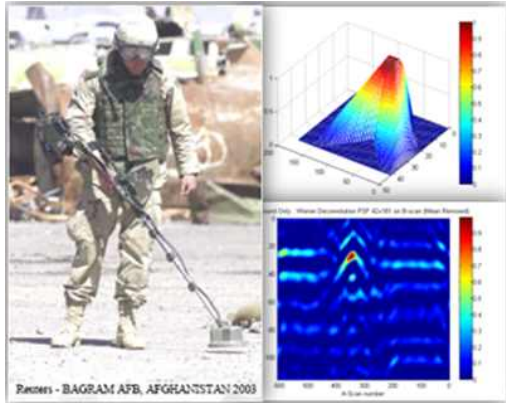


그림 10. 휴대형 지뢰탐지기 운용 개념



그림 11. 무인차량 탑재형 지뢰탐지기 개념도

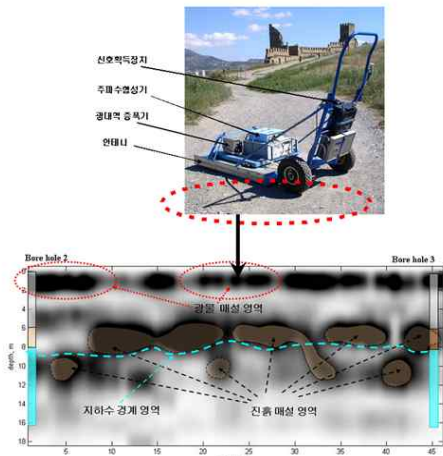


그림 12. 지하 매설물 추출 및 분류 기술 개념도

를 높이기 위한 시스템들이 개발되고 있다(그림 10). 휴대용 지뢰탐지기 개발에는 금속 탐지기 설계 기술, 초광대역 영상 레이더 설계 기술, 영상 융합 신호처리 기술, 영상화 전시 기술, 센서 제어 및 경량화 기술 등

다양한 분야의 기술이 요구된다. 차량 탑재 전방관측 지뢰탐지 레이더는 휴대용 지뢰탐지기보다 넓은 지역을 전방으로 움직이면서 지뢰를 탐색할 수 있는 장점이 있다. 차량 탑재 전방관측 지뢰탐지기는 유인 차량 뿐 아니라 무인 차량에 탑재가 가능하여 항 후 군 작전 중 인명 피해를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다(그림 11).

영상 레이더를 포함한 복합 센서를 이용한 지뢰 탐지기가 개발이 되면 지상 부대의 수색 및 정찰 활동에 운용이 될 수 있으며 평소 미확인 지뢰지대의 지뢰 제거, 불발탄 및 폭발물 탐지 장비로 사용이 가능할 것이다. 또한 민간에서는 지하 매설물의 위치를 탐지하는데 사용이 가능하다(그림 12).

### 2.3 수풀투과 레이더

수풀투과 레이더(FPR, Foliage Penetrating Radar)는 개구합성레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar)의 대표적인 응용 분야로, 수풀 지형에 은폐되어 있는 사물을 분류/식별하는 기술이다(그림 13). 전방 감시정찰 분야에서는 개구합성 수풀투과 레이더(FOPEN SAR,

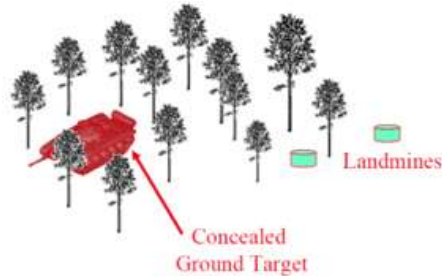


그림 13. 무인 헬기에 탑재된 FOPEN SAR 운용 개념



FOliage PENetrating SAR)를 이용하여 무인 차량의 자율 주행을 도와주는 센서로 응용하였다.

무인차량이 야지 자율주행을 할 때 차량의 전방 및 주변에 대한 지형정보, 즉 장애물, 웅덩이 및 바위와 같은 지형의 만곡에 대한 정보 획득을 위해서 영상센서, 적외선 센서, 레이저 레이더 센서 및 영상 레이더가 복합적으로 사용될 수 있다. 레이더는 다른 센서와 달리 주파수 선택에 따라 수풀을 투과할 수 있는 능력을 가

질 수 있어 다른 센서들의 단점을 보완할 수 있는 장점이 있다(그림 14).

무인차량에 장착될 전방관측 영상 레이더는 미국의 ARL (Army Research Lab) 연구소에서 SIRE (Synchronous Impulse Reconstruction) UWB 레이더 시스템을 연구하고 있으며, 아직 실용화 되지 못하고 있다[8]. 전방관측 영상레이더에 대한 연구는 독일의 DLR 연구소에서 헬리콥터의 이착륙을 보조하는 시스템으로 연구한 SIREV (Sector Imaging Radar for Enhanced Vision) 레이더 시스템이 있다[9]. 또한 국내에서도 초광대역 신호를 이용한 전방관측 영상레이더 연구를 수행하고 있다[10].

마이크로파를 이용하여 수풀을 투과하여 수풀 뒤에 있는 물체를 영상화하기 위해서는 S 밴드(2~4 GHz) 대역의 저주파 신호를 이용하고 정밀한 거리 해상도 및 방위각 해상도를 얻기 위해서는 배열형 수신안테나를 장착하여 광대역 영상레이더를 설계해야 한다[8]. 이는 차량탑재 전방관측 지뢰탐지 레이더와 유사한 구조를 가진다(그림 15).

전방 감시정찰에 사용되는 초광대역 영상레이더는 그림 16과 같이 수풀 속 은폐된 지형의 정보를 가시화하여 야지 지형에서 유무인 차량의 주행성을 높여준다. 전방관측 영상레이더는 초고속 영상형성 알고리즘, 영상 품질 향상 알고리즘 등의 기술이 요구되며, 이를 탑재한 무인차량은 다중 센서 융합 처리 기능을 수행하여야 한다.

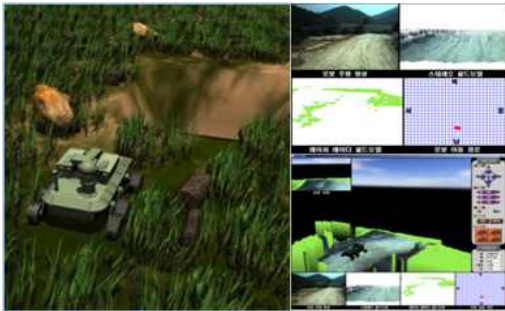


그림 14. 무인차량의 야지 자율주행 개념도



그림 15. 미국의 ARL 연구소에서 연구한 SIRE 시스템

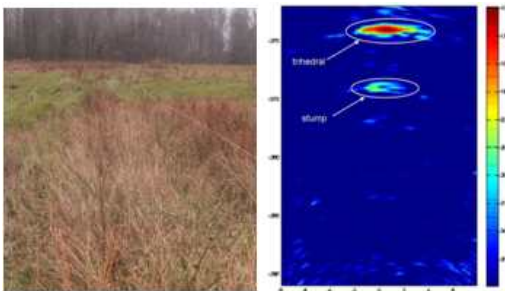


그림 16. 수풀 속 은폐된 나무그루터기 및 코너 반사기를 전자파 영상으로 가시화

### III. 결 론

전방 감시정찰 분야에서 투과 레이더 기술의 적용 및 연구 분야에 대해 기술하였다. 투과성을 높이기 위해 운용 환경에 따른 주파수 선정이 중요하며 또한 초광대역 시스템을 구성하여야 한다. 이런 투과 레이더 기술은 대테러 및 도심 작전, 폭발물 탐지 및 제거, 무인 차량의 야지 환경에서의 자율 주행 등에 적용 가능하며, 이는 군 작전을 수행하는 병사들 뿐 만 아니라 민간인들의 인명 피해를 최소화할 수 있는 기술의 토대가 될 것이다.

또한, 투과 레이더 기술은 매몰 지역의 인원 구조, 지하 매설물의 비파괴 검사 등 민간에서도 기술 적용

이 가능할 것이다.

향 후 레이더 센서의 소형/경량화, 영상화 기술, 다중 센서 융복합 기술, 분류/식별/인지 기술 등의 추가적인 연구들이 진행되면 전방 감시정찰 분야에 많은 응용 및 적용이 될 것으로 판단된다.

### 참고문헌

[1] B. Edde, *Radar principles, Technology, applications*, NJ: Prentice Hall, 1993.

[2] M.I. Skolnik, *Introduction to radar systems*, 3<sup>rd</sup> Ed, McGraw-Hill, 2001.

[3] <http://www.timedomain.com>

[4] <http://www.camero-tech.com>

[5] 국방일보, "미 육군, 휴대용 투과형 탐지기 이글-5 개발", 2010.

[6] ERA Technology, <http://www.ear.co.uk>

[7] 한국 지뢰 제거 연구소, <http://www.landminekorea.org>

[8] M. Ressler, L. Nguyen, F. Koenig, D. Wong and G. Smith, "The Army Research Laboratory (ARL) synchronous impulse reconstruction (SIRE) forward looking radar," Proc. SPIE, vol. 6561, pp. 656105-1~656105-12, 2007.

[9] G. Krieger, et. al. "Sector imaging radar for enhance vision," Aerospace science and technology, vol. 7, pp. 147-158, 2002.

[10] 선선구, 조병래, 박규철, 남상호. "무인 차량 탑재형 전방 관측 영상 레이더 가능성 연구," 한국전자과학회논문지, vol. 21, no. 11, pp. 1285-1294, 2010.

### 저자소개



조병래 (Byung-Lae Cho)

1999년 2월 경북대학교 전자전기공학부 졸업  
2001년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 석사 졸업

2005년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 박사 졸업  
2005년 3월 ~ 2006년 1월 포항공과대학교 전자전기공학과 박사후연구원  
2006년 1월 ~ 현재 국방과학연구소 선임연구원  
※관심분야 : 레이더 신호처리, 영상레이더 등



선선구 (Sun-Gu Sun)

1987년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업  
1989년 2월 한양대학교 전자공학과 석사 졸업

2003년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 졸업  
1989년 2월 ~ 현재 국방과학연구소 책임연구원  
※관심분야 : 레이더 신호처리, 영상레이더, 컴퓨터비전