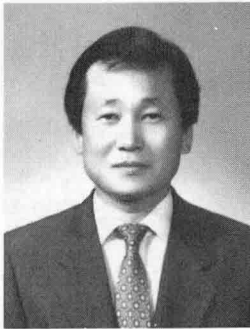


걸프전의 숨은 功臣 레이다 센서의 기술발전추세



林程洙 / 국방과학연구소
선임연구원



레이다 센서를 선진국 수준으로 개발하지 않으면 국방을 포기하는 것과 같기 때문에, 미래 국제사회에서 한 민족과 국가가 생존하려면 반드시 극복해야 할 국방기술의 하나인 레이다 센서에 대하여 감당하기 어렵고 무모할 정도의 투자와 함께, 레이다 관련 종사자들의 피나는 노력만이 선진국과의 격차를 줄이는 길이다

원거리에 위치한 표적의 탐지, 위치측정, 추적 및 대응화기 시스템의 제어등 군사적으로 중요한 역할을 담당하고 있는 레이다가 무력화되면서 걸프전에서 이라크를 완패하게 만든, 「전자파를 이용한 레이다 센서」는 1900년대초에 전자파를 이용하여 실험에 성공한 이후 주로 송신출력관의 제약 때문에 비약적인 발전을 하지 못했다.

1940년대에 영국에서 Cavity Magnetron의 발명으로 지상설치 대형탐색 레이다, 항공기 탑재 레이다가 가능했으며, 1950년대의 펄스 압축기법, 대전전자대책(ECCM : Electronic Counter Counter Measure), 추적기법 및 통계학적 이론의 적용등 이론적 확립 단계를 거쳐서, 1960년대에는 페라이트 위상변위기(Ferrite Phase Shifter)의 개발, 디지털신호처리기 등의 전자부품 발전 덕분에 위상배열레이다가 출현했다.

1970년대와 1980년대는 레이다 기술의 성숙기로 마이크로파 저잡음 트랜지스터, 마이크로파 고출력 트랜지스터의 개발, 새로운 전자부품의 출현과 컴퓨터기술의 발달로 반도체 위상배열레이다가 실용화 되는등의 비약적인 진보를 하여 레이다의 기능, 성능 및 시스템구성에 큰 변화가 생겼다.

한편 이러한 레이다 기술에 대응하는 피탐지 목표물, 즉 위협도 함께 발전하여 자기보호와 임무수행을 위하여 전자파 흡수재(RAM : Radar Absorbing Material)를 이용한 레이다반사단면적(RCS)을 감소시킨 은닉기법(Stealth), 전자전방해책(ECM)사용, 대방사 유도탄(ARM)사용, 기동성 향상, 악천후 상황 이용 및 은폐, 엄폐를 이용한 저공침투등으로 대응하고 있다.

따라서 1989년에 미국의회가 이러한 새로운 위협에 대응하기 위하여 핵심기술(Critical Technology)로서 선정하여 집중투자하고 있는 고감도 레이다인 광대역/초광대역 레이다, Bistatic/Multistatic 레이다, NCTR/ATR(Non

-Cooperative Target Recognition/Automatic Target Recognition)레이다, 위상배열레이다, 라이다(Lidar ; Light Radar), OTH(Over-The Horizon)레이다를 중심으로 관련 기술현황, 응용가능분야 및 개발일정을 알아보려고 한다.

광대역/초광대역 레이다

레이다 복사주파수에 대하여 50% 이상의 대역폭을 갖는 광대역 레이다는 수센티미터 정도의 거리분해능을 얻을수 있기 때문에 다음에 기술할 바이스테틱(Bistatic)레이다, SAR(Synthetic Aperture Radar)등에 응용하여 피아식별장비(IFF : Identification Friend of Foe)의 도움 없이도 피아항공기의 식별은 물론이고 장비의 기종판별이 가능하다.

또한 정밀지도작성, 전차의 종류까지도 판별이 가능하기 때문에 UHRR(Ultra High Range Resolution)레이다를 실현시킬수 있으며 강력한 ECCM기능, 레이다 반사단면적(RCS)이 최대가 되고 불요반사파(Clutter)가 최소가 되는 주파수로서 RCS가 천분의 일 정도로 감소된 은닉기법에 대응할수 있는 레이다이다.

개발일정은 다음과 같다.

- 1991년도
 - 광대역 불요반사파(Clutter)측정 및 데이터 베이스 구축
 - 광대역 송신기 시험
 - 광대역 SAR 구상 평가
- 1992년도
 - 화기제어 레이다로서의 가능성 데모
- 1993년도
 - 초광대역 레이다의 ARTI(Automatic Radar Target Identification)시험
- 1994년도
 - 초광대역 이동표적지시(MTI : Moving Target Indication)시험
 - 초광대역 SAR Testbed 데모

- 1996년까지
 - 멀티밴드 레이다 구성의 데모
 - 광다이내믹 레인지 소자 개발
 - 플랫폼의 환경제한 요소 해결
- 2001년까지
 - 위협탐지 성능 데모
 - OTH레이다 Testbed의 성능확인
- 2006년까지
 - 스텔스 표적용 레이다 데모

Bistatic/Multistatic 레이다

일반적으로 레이다라고 하면 송수신기가 동일장소에 위치한 Monostatic 레이다를 의미하며 Bistatic/Multistatic 레이다라고하면 송수신기가 충분한 거리를 두고 떨어져있는 레이다를 말한다.

하나의 송신기와 하나의 수신기로 구성되는 레이다 시스템을 Bistatic 레이다라고 하고, 하나의 송신기와 여러개의 수신기 혹은 여러개의 송신기와 여러개의 수신기로 구성되는 레이다 시스템을 Multistatic 레이다라고 하는데, 통상 Bistatic 레이다라고 하면 Bistatic/Multistatic 레이다를 의미한다.

이러한 바이스테틱 레이다는 송수신기가 분리되어 있기 때문에 강력한 ECCM 기능을 갖게 되며, 위성에서 송신하고 지상과 함상, 항공기등에서 수신기를 설치하여 대응무기를 유도할 수 있는 등의 다양한 시스템을 구성할 수 있다. 이 경우 레이다망을 구성함으로써 표적의 보다 정확한 위치 측정 및 추적과 유도탄의 유도를 할 수 있다. 한편 또하나의 매우 큰 잇점은 스텔스 표적을 탐지할수 있다는 점이다.

지금까지 개발된 스텔스 기법은 정면 RCS(Head-on RCS)가 줄어들게끔 전파 흡수물질의 사용과 정면으로 반사되지 못하도록 형상을 설계함으로써 천분의 일 정도로 정면 RCS를 줄이고 있다. 그러나 바이스테틱 레이다는 측면 RCS(스텔스 기법을 사용하지 않는

표적일지라도 일반적으로 정면 RCS의 수백배 지 수천배 크다)를 이용하기 때문이다.

이러한 레이더를 실현하기 위해서는 송수신간의 정확한 동기 및 바이스테틱 각도 유지와 함께 불요반사파 및 표적의 바이스테틱 반사 특성의 정확한 파악등의 기술을 해결해야 한다. 개발 일정은 다음과 같다.

- 1991년도
 - 비행표적을 대상으로 바이스테틱 공대공 유도탄 시험
- 1993년도
 - Space Shuttle로부터 지상 표적의 바이스테틱 이미징
 - ARM에 대응할수 있는 바이스테틱 송신기 시험
- 1994년도
 - 바이스테틱 레이더를 이용한 3차원 레이더의 탐지 및 추적 시험
- 1995년도
 - 항공기탑재 바이스테틱 레이더 비행시험
 - 전방 대공 방어용 바이스테틱 관련 장비 데모
- 1996년도
 - NASA의 SIR-C(Shuttle Imaging Radar, 1992년도 개발 완료 예정)를 이용한 SAR 데모
- 1996년도 까지
 - 각종 Mutiple Illumination 기술 개발
 - 상호 간섭 제거 기술 개발
- 2001년도 까지
 - 이동 플랫폼 완성
 - 각종 Multiple Illumination 기술 데모
 - 간섭 제거 기술의 데모
- 2006년도 까지
 - 스텔스 표적용 레이더 데모

NCTR/ATR 레이더

전장 환경이 매우 다양하고 복잡한 양상을 띄고 있기 때문에 실시간으로 표적의 확인,

즉 피아 식별은 물론이고 장비의 종류까지를 정확하게 판별함으로써 아군 및 비군사 목표물(중립국 혹은 민간용)에 대한 공격을 줄일 수 있고 적절한 무기를 선택하여 대응할수 있다.

밀리미터파 레이더, 합성개구면 레이더(SAR/ISAR : Synthetic Aperture Radar/Inverse SAR)를 이러한 목적으로 사용할때 NCTR/ATR(Non-Cooperative Target Recognition/Automatic Target Recognition)레이더라고 한다.

즉 SAR은 항공기, 위성에 탑재되어 저공 비행 표적과 지상 표적을, ISAR은 함정의 확인 및 식별에 이용되며 밀리미터 레이더는 대공 방어 및 Fire and Forget용 유도탄 탐색기에 응용된다.

SAR은 이동 플랫폼에 탑재한 고분해능 레이더이다. 플랫폼의 이동구간이 클수록 각도 분해능을 크게 얻을 수 있는 안테나 개구면이 합성된다. ISAR은 레이더를 고정시키고 표적의 이동 특성으로부터 역으로 안테나 개구면을 합성하는 레이더이다. 광대역을 사용함으로써 거리 방향으로 고분해능을 얻어 매우 정확한 픽셀(Pixel) 단위의 표적 화상을 얻을 수 있다.

해상의 함정이 지나간 몇 시간 후에도 이 흔적으로부터 함정의 종류를 판별할수 있거나, 현재 발굴중인 모래속으로 사라진 전설의 황금도시 “우바르”(오만의 알 카할리 부근)를 모래속까지 관찰이 가능한 챌린저호에 탑재된 SIR-B(Shuttle Image Radar, 1984년도 개발완료, 분해능 20미터 정도)로부터 발견할수 있는 정도의 기술 수준이다.

40 GHz 이상의 주파수를 사용하는 밀리미터파 레이더는 고분해능이고 안테나도 소형이다. 그러나 밀리미터파 기술은 MIMIC(Millimeter Monolithic Intergrated Circuit)기술을 이용하여 94GHz 대역 밀리미터파 송수신기를 제작할 수 있는 수준까지 진보하고 있지만 기술 기반이 매우 취약하고 가격이 비싸다는 점

을 문제점으로 안고 있다.

그러나 현재 DARPA(Defense Advance Research Program Agency)의 후원으로 밀리미터파를 이용한 Fire and Forget형의 다연장 로켓 시스템 종말유도탄두(MLRS-TGW) 및 Longbow(Free Rocket Hellfire)를 개발하고 있다. 개발 일정은 다음과 같다.

· 1991년도

- 초 광대역 SAR 구상 평가

· 1993년도

- ISAR을 이용하여 함정의 자동 식별 데모

- 신형 밀리미터파 탐색기 개발 개시

· 1994년도

- 초 광대역 SAR Testbed 데모

(일정은 비밀)

- 위장 또는 은폐된 표적을 탐지하는 SAR 비행 시험

· 1996년 까지

- NCTR/ATR 레이다용 데이터 베이스 구축 및 알고리즘 개발

· 2001년 까지

- NCTR/ATR 레이다의 실용개발 완료

· 2006년 까지

- 스텔스 표적용 레이다 데모

위상배열 레이다

위상배열 레이다는 기계적 회전에 의하여 안테나빔을 주사하는 대신에 배열로 이루어진 안테나의 단위복사 소자에 공급되는 전력의 위상을 전자적으로 제어하여 안테나빔을 주사하는 전자주사빔 레이다이다.

신뢰성이 높을 뿐 아니라 순간적으로 빔을 주사할 수 있기 때문에 군사적 관심이 강한 지역에 빔을 집중시킬 수도 있고 주사패턴을 랜덤하게 할 수도 있으며, 특정 지역은 빔을 주사하지 않을 수도 있는 등의 전장환경 및 지형조건 등에 신속하게 대응할수 있는 ECCM 성능이 우수하고 융통성이 있는 레이다이다.

하나 혹은 소수의 고출력 송신원으로부터 각 복사소자에 전력을 분배하는 방식의 위상배열레이다는 TWT(Travelling Wave Tube)와 페라이트위상변위기(Ferrite Phase Shifter)가 핵심부품이다.

TWT는 고장율이 높고 조달에 오랜 시간이 소요되며, 하나의 시스템에 수백 내지 수천개가 소요되는 페라이트위상변위기는 단가가 문제점이다.

이러한 위상배열레이다의 시장은 충분히 형성되지 못하고 있으며, 제조기반이 약하기 때문에 미국국방부는 「DPA Title III」라는 계획으로 지원하여 2000년대 이후에도 계속적으로 시장을 형성시키려고 노력하고 있다.

소수의 고출력 송신원 대신에 비교적 저출력의 능동복사소자(Active Element)의 배열로 이루어진 위상배열레이다는 반도체 송수신(T/R: Transmit/Receive)모듈을 사용하는데 L, S, C-대역의 모듈은 실용화 단계이긴 하나 더욱 소형, 경량화 시키고 고전력 효율과 제조단가를 낮추는데 중점을 두고 있다.

미국 국방부에서는 「MANTECH」라는 계획으로 항공기 탑재용 X-대역 송수신(T/R)모듈의 설계, 제조, 평가를 진행중인데 제조성이 좋은 모듈의 설계, 가격효과를 얻을 수 있는 양호한 재료의 개발, 혁신적인 조립공정, 자동 시험기술이 대상이다.

1993년도에 10GHz 대역에서 모듈당 침두출력 50-100와트의 출력을 데모할 예정인데, 가격은 양산시 \$200/모듈이 목표이다.

송수신(T/R)모듈로 구성된 위상배열레이다는 부대정비능력이 개선되고 보급단계와 작업량의 감소로 시스템의 가동율을 높일 수 있으며, 소위 「Graceful Degradation」, 즉 몇개의 송신모듈의 고장이 생겨도 전체 성능 저하는 미미하다는 점을 큰 장점으로 갖는다.

또한 소형 경량화시키고 안테나를 탑재 플랫폼 외부형상에 순응시킨 Conformal Active Phased Array Radar를 RPV(Remote Piloted Vehicle)나 경량위성에 탑재시킨다던가 하나

의 하드웨어로서, 시간분할 혹은 주파수분할로서 레이더기능, 전자전기능(ESM/ECM : Electronic Support Measure/Electronic Counter Measure), 통신기능을 수행하는 다기능 시스템의 구상도 이러한 위상배열레이더이다.

그러나 송수신모듈 제작에 사용되는 반도체의 전력효율이 20-30% 수준이고, 모듈 자체는 10% 정도의 전력효율을 갖고 나머지 90%가 안테나에서 방열되기 때문에 배열안테나 전체가 엄청난 열복사원으로 작용하여 적외선방식의 대방사유도탄(ARM)에 매우 취약하다.

대역폭이 넓으면 넓을수록, 주파수와 전력이 높으면 높을수록 전력효율은 낮아지고 가격은 비싸지는 문제점을 해결해야 하는 것이 앞으로의 과제이다. 개발일정은 다음과 같다.

- 1992년
 - 조기경보기 레이더용 광대역 송수신(T/R)모듈 개발 완료
- 1993년
 - SLAR(Sidelooking Array Radar) 가능성 데모
- 1995년
 - RPV 용 Conformal Array Radar 데모
- 1996년
 - RPV 혹은 경량 위성탑재 위상배열 레이더 시험
- 1996년 까지
 - Conformal Array Radar의 시험
 - 배열 및 탑재 플랫폼의 환경 결정
- 2001년 까지
 - Conformal Array 부엽제어 시험
 - 복잡한 형상용 Conformal Array 가능성 시험
- 2006년 까지
 - 스텔스 표적용 레이더 데모

레이더(Lidar)

레이더(Lidar : Light Radar)는 마이크로파

대신에 빛을 매체로 이용한 레이더로 레이저 레이더(Ladar), 적외선 레이더를 총칭한다. 파장이 매우 짧기 때문에 소형이고 고분해능의 특징이 있으며 높은 추적 정밀도와 우수한 화기제어 성능을 실현시킬수 있다. 원격환경감시, 군비 감축의 준수 여부에 대한 원격감시 등에 사용되며 저공비행 중인 헬기에 장착한 라이다로 전기줄 및 장애물을 회피함으로써 생존성을 높일수도 있다.

분광학적 성질을 이용하여 공장에서 유출되는 폐수에 포함된 화학물질을 원격 분석함으로써 마약 제조 공장의 적발, 마리화나 연기로부터 반사율의 멀티스펙트럴 분석과 형광신호 분석을 이용하여 마리화나 흡연 장소를 실시간으로 감시할수도 있다. 청록 레이저는 우수한 수중 투과 성질 때문에 기뢰 부설 탐지지도 작성에 응용된다.

그러나 다른 한편으로는 파장이 매우 짧기 때문에 산란과 흡수가 심하다. 따라서 각종 환경 조건하에서 투과 성질을 충분히 알 수 있어야 하고 파장을 쉽게 가변할 수 있어야 한다는 문제점이 있다.

개발 일정은 다음과 같다.

- 1991년도
 - 위장, 은폐된 표적을 탐지 대상으로 하는 下向탐지라이더 비행시험
 - 헬기탑재 소형 라이더의 전깃줄 회피 데모
 - 기뢰 탐지 및 회피 시스템 데모
- 1992년도
 - 원격 화학물질 탐지용 가변 CO₂ 라이더 데모
- 1993년도
 - 라이더를 이용한 전략 이동 표적의 조준 데모
 - 다차원 레이저 레이더 실험실 데모
 - 조준선의 대기산란 영향을 배제한 라이더 데모
- 1994년도
 - 표적의 속도/형상을 이용한 피아식별 및 기종확인 데모

- 바람 및 대기요란 탐지를 위한 도플러 레이더 데모
 - 1995년도
- 전자빔 주사 레이더 데모
 - 1996년도 까지
- 화학물질 및 환경 감시용 레이더 데모
- 장애물 회피 및 표적 탐지용 레이더 데모
 - 2001년도 까지
- NCTR/ATR 용 레이더 데모
 - 2006년도 까지
- 소형 전술용 레이더 데모

- AOTH레이더 설계구상 데모
 - 1995년도
- AOTH레이더 Testbed시험

OTH(Over-The-Horizon) 레이더

지금까지 기술한 레이더는 마이크로파 대역 혹은 그이상의 전자파를 사용하기 때문에 표적이 레이더 시계선(Radar Horizon)내에 위치해야만 탐지, 추적등을 할 수가 있으나, OTH레이더는 6-30MHz 단파대 주파수로 전리층 반사를 이용하여 시계선밖(Over-The-Horizon), 심지어는 지구 반대편에 위치한 전략위협을 탐지, 추적 할 수 있는 레이더를 말한다. 이것은 마이크로파통신과 단파통신의 차이점과 같다.

현재 배치 운용중인 레이더가 있긴하지만 전리층의 년, 계절, 시간, 장소에 따른 변동의 정확한 예측 및 파악곤란, 송신주파수가 낮으므로 도플러주파수천이가 매우 적어서 고도의 신호처리기술 필요, 매우 장거리이기 때문에 미약한 신호 검출기술, 단파대통신 대역이므로 주파수할당의 곤란, 고분해능 실현을 위한 대형 안테나 및 초고전력의 짧은펄스 등의 문제를 해결해야한다.

그러나 숲이나 땅속 침투 능력이 우수한 레이더이기 때문에 은폐, 엄폐된 전략표적을 지구반대편에서 탐지 및 추적 할 수 있다는 보다 큰 매력 때문에 많은 투자를 계획하고 있다. 개발 일정은 다음과 같다.

- 1991년도
- 불요반사파(Clutter)의 측정

맺는 말

미국이 현재 추진하고 있거나 향후 계획하고 있는 레이더 센서에 대해서 간략하게 알아 보았다. 영국, 프랑스, 독일을 비롯한 유럽 제국은 물론이고 일본까지도 비슷한 종류의 야심찬 계획을 추진하고 있으나, 국내 레이더 기술은 너무나도 초보적이기 때문에 이러한 선진국의 계획들이 너무나도 환상적이고 만화와 같은 발상이라고 생각되어지는 것이 현실이다.

그러나 이러한 레이더 센서를 선진국 수준으로 개발하지 않으면 국방을 포기하는 것과 같기 때문에, 미래 국제사회에서 한 민족과 국가가 생존하려면 반드시 극복해야할 국방 기술의 하나인 레이더 센서에 대하여 감당하기 어렵고 무모할 정도의 투자와 함께 레이더 관련 종사자들의 피나는 노력만이 선진국과의 격차를 줄이는 길이다.*

참고 자료

- ▲ 「고감도 레더」, 〈방위기술〉, 1992년 1월호
- ▲ 中田俊平, 「센서기술」, 〈방위 안테나〉, 1988년 4월호 및 5월호
- ▲ Richard Hallendorf, 「Multifunction System Technology」, 〈Journal of Electronic Defense〉, 1991년 11월호
- ▲ David Foxwell, 「Satellite Surveillance : Ocean Observation with SAR」, 〈International Defense Review〉, 1991년 8월호 p.811
- ▲ A. Farina and F.A. Studer, 「Radar and Sensor Netting ; Present and Future」, 〈Microwave Journal〉, 1986년 1월호 p.97
- ▲ Bernard Blake, 「OTH Radar as a Verification Tool」, 〈International Defense Review〉, 1991년 10월호
- ▲ 〈조선일보〉, 1992년 3월 26일자[9면]
- ▲ Eli Brookner, 「Aspects of Modern Radar」, Artech House, 1988, p.p 83-84