

항공기 탑재형 밀리미터파 레이더 개발동향

글 / 김태식 kts@kari.re.kr, 문상만, 김현경,
오규창

한국항공우주연구원 항공사업단 항공체계실 비행선그룹

1. 서론

레이더(Radar)는 **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging의 머리글자를 모은 약어로, 그 어원에서도 알 수 있는 바와 같이 좁은 빔폭을 갖는 지향성 안테나를 통하여 전자파를 방사하여 임의의 물체에서 반사되는 반사파를 수신함으로써 송수신간의 시간차를 측정하여 표적까지의 거리를 계산할 수 있다. 이와 같이 전자파를 이용하여 표적까지의 거리와 안테나의 방향을 탐지하는 전자장치를 레이더라고 한다. 레이더는 사람의 시계가 확보되지 않는 악천후시나 야간에도 움직이는 물체나 장애물을 관측할 수 있기 때문에 항공기 또는 선박의 유도나 안전 확보 등에 중요한 역할을 하고 있다.

레이더의 기본원리는 1888년에 독일의 물리학자 Heinrich Hertz(1857~1894)에 의해서 제안되었고, 그 후 그의 실험을 바탕으로 배를 탐지하기 위한 연구가 1904년경부터 독일에서 이루어졌다. 따라서 레이더의 기원이 언제부터라고 정확히 말하기는 어려우나 1930년대 중반에 미국을 비롯하여 유럽의 몇몇 나라에서 거의 동시에 독자적으로 연구가 이루어졌다. 1930년대에 HF, VHF, UHF대역에서 동작하는 바이스태틱(Bi-Static) 지속파 레이더(Continuous Wave Radar), 모노스태틱(Mono-Static) 펄스레이더(Pulse Radar), 사격통제용 레이더가 개발되고, 1940년대에는 L, S-대역의 공중감시용 레이더와 X-대역의 탑재용 레이더가 개발되었으며 MTI(Moving Target Indication)레이더와 모노펄스 추적레이더도 개발되어 오늘날에도 중요한 레이더 기술로 자리매김하고 있다. 1950년도에는 위상변조, 선형FM,

정합필터, 표적탐지, 이동표적지시 등의 이론적인 면에서 큰 진전이 있었으며 최초의 합성개구면 레이더(SAR : Synthetic Aperture Radar)가 개발되었다. 1960~70년대에는 전자적으로 조향되는 위상배열 안테나, 디지털 신호처리, 대전자전(ECCM) 등의 기술 출현과 자동탐지 및 자동추적 등의 기술이 현저하게 진보되었다. 1980년대에는 반도체기술의 혁신적인 개발로 능동 위상배열레이더가 개발되고 또한 컴퓨터의 급격한 성능개선이 디지털 신호처리 기술을 가져와 다기능, 다표적 위상배열 레이더가 출현하였다. 1990년대에는 HMIC (Hybrid Microwave IC), MMIC(Monolithic Microwave IC)등의 RF 부품기술의 발전으로 더욱 정교한 레이더 개발되었으며 컴퓨터를 사용한 데이터통신, 이동통신, 위성통신 등의 급진적인 발전에 의해 마이크로파 주파수 대역의 과밀화로 밀리미터파 레이더에 대한 연구가 시작되었다.

지금까지, 선진국에서는 통신분야에 준하는 활발한 연구로 1,000여종 이상의 레이더가 개발되었으나 국내에서는 국방 분야의 정보획득, 전장감시 등에 핵심장비임에도 불구하고 통신기술 대비 연구개발 투자 및 인력양성 등의 소홀로 인해 해안 감시 레이더, 지상레이더 등의 일부 기술분야에 국한되어 수종의 레이더만 개발한 경험을 보유하고 있다. 특히, 항공기 탑재용 레이더는 연구개발이 전무한 상태이다.

1990년대 이후의 밀리미터파 기술은 자동차 충돌방지에 대한 관심 증가로 많은 연구가 이루어졌으나 아직까지 부품의 고가로 인해 자동차에는 적용하기 곤란하고 기상관측, 과학기술 계측, 항공기 탑재용 레이더로 많은 연구가 진행되고 있다. 충돌감지장치로는 표1과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있으며 이들 성능을 비교하면 광레이더(LIDAR : Light Radar)는 기상에 따른 대

기감쇠가 너무 커 항공기용으로 활용이 곤란하며, 밀리미터파 레이더는 마이크로파에 비해 짧은 파장으로 인해 대기감쇠가 크지만 광대역을 사용할 수 있어 매우 정밀한 위치측정 및 도플러 속도측정이 가능하고 대기산란 클러터(Clutter) RCS(Radar Cross Section)가 커 대기/기상관측 성능이 우수하고 안테나 크기가 작아 시스템의 소형화가 가능하여 충돌감지, 구역기상 관측 등의 다기능을 수행할 수 있는 최적의 항공기 항행 안전 보조시스템으로 판단된다.

대부분의 항공기사고는 그림 1과 같이 이착륙, 이륙 후 고도상승 및 착륙접근 비행시 악천후로 인한 시계불량이나 조종사 실수로 발생한다. 그래서 공항을 이용하는 민간항공기의 경우 이착륙 유도시스템으로 ILS (Instrument Landing System)나 MLS(Microwave Landing System) 등의 관제시스템을 채용하고 있다. 그러나 이러한 시스템은 공항관제시스템에서 비행체로 정보를 제공하는 수동적인 방법으로 관제시스템의 고장, 관제사의 실수 등으로 대형사고 유발가능성이 내재되어 있으며, 실제로 대한항공의 광 추락사고가 발생하였다. 이러한 시설이 갖추어져 있지 않은 활주로를 많이 이용하는 소형항공기, 헬기, 무인기의 경우 항상 충돌 위험에 노출되어 있으며, 이들 항공기는 대부분 기상레이더도 장착되어 있지 않으므로 순항 중에도 기상악화로 인한 추락위험이 민항기보다 월등히 높다. 그림 2는 미국 및 캐나다의 헬기사고 및 충돌에 의한 추락사고에 대한 통계이다. 따라서 민항기를 포함한 소형항공기, 헬기 등의 능동적인 비행 안전을 확보할 수 있는 방안이 필요하며 최선의 방안은 레이더를 장착하는 것이다.

그런데 지금까지의 레이더는 대부분 마이크로파로 부피 및 무게가 커 공력/비행성능을 저하시킬 뿐만 아니라 고가여서 장착에 어려움이 많았다. 그러나 최근 밀리미터파의 기술발전으로 레이더의 경량/소형화가 가능하고 항공안전에 대한 국제적인 관심 고조로 향후에는 밀리미터파 레이더를 장착하는 것이 일반화 될 것으로 사료된다.

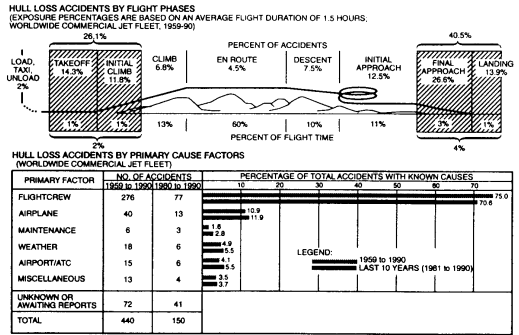


그림 1. 제트 민항공기의 비행단계별 사고율과 원인

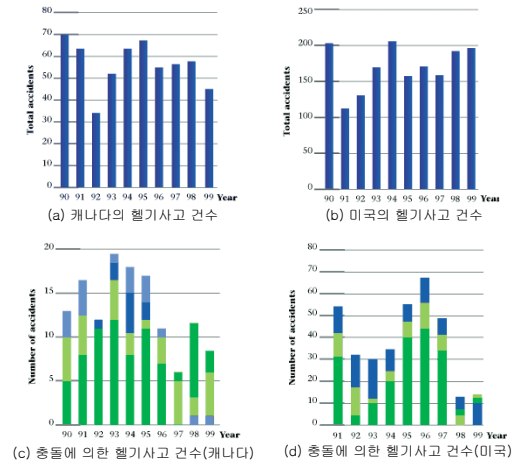


그림 2. 미국, 캐나다의 헬기사고 통계

표 1. 레이더 종류에 따른 성능 비교

Condition	Microwave Radar	Light Radar (LIDAR)	MMW Radar
Wave Length	cm(10^{-2} m)	μ m(10^{-6} m)	cm(10^{-3} m)
Detection Range	High	Low (1Km이하)	Medium (10km이하)
Size/Weight	Large	Relatively Small	Small
Angular Resolution	Large	Very small	Small
Atmospheric Effects	Less degradation	Degraded	Some degradation
Technology	Mature	Growth	Emerging

2. 레이더의 분류

레이더는 전파 형식 및 사용 주파수 그리고 안테나의 빔 조향 방법, 신호처리 방법 등에 따라 다양하게 분류 할 수 있다. 이렇게 다양하게 분류되는 것은 제작 방법 및 사용 장소에 따라 적절히 시스템이 조율되기 때문이다.

2.1 레이더 전파 형식에 따른 분류

레이더는 발사하는 전파 형식에 따라 연속파 레이더 (CW 레이더 : Continuous Wave Radar)와 펄스레이더로 분류 할 수 있다. CW 레이더는 변조

되지 않은 정현파를 송수신에 사용하는 도플러 레이더와 반쪽 주파수를 가하는 FM-CW 레이더가 그 대표적이다. 이러한 CW 레이더는 표적의 이동에 따른 도플러 주파수의 변화를 감지함으로써 표적의 상대 속도를 측정할 수 있고 FM-CW의 경우 거리까지 측정할 수 있다. 펄스 레이더는 송신기에 짧은 펄스의 전파를 만들어 복사하고, 되돌아오는 신호의 정보를 분석하여 탐지 물체의 특성을 파악한다. 이러한 펄스 레이더로는 펄스파에 변조를 가하지 않는 무변조 펄스 레이더와 펄스를 압축하여 송신하는 펄스 압축 레이더가 그 대표적이다. 그리고 펄스 레이더는 최근 각광 받는 방식의 레이더로써 표적의 거리, 방향, 그리고 표적의 상대 속도까지 알 수 있는 장점이 있다.

2.2 주파수에 따른 분류

주파수에 따라 파장의 크기가 달라짐으로 인해 안테나의 크기, 대기 감쇠특성, 매질의 투과 특성 및 전파의 물체 반사특성이 크게 차이가 난다. 따라서 표 2와 같이 레이더는 그 사용 주파수에 따라 활용도가 다양하기 때문에 주파수에 따라 레이더를 구분하기도 한다.

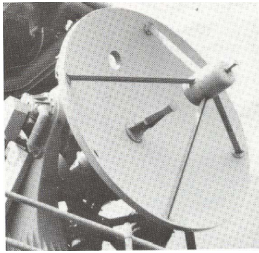
표 2. 레이더 주파수 대역 및 사용 예

주파수 대역 명칭	주파수 범위 구분	사용 예
HF	3~30 MHz	OTH 레이더
VHF	30~300 MHz	초장거리 탐색
UHF(P)	0.3~1 GHz	초장거리 탐색
L	1~2 GHz	장거리 탐색, 항공로 교통관제
S	2~4 GHz	중거리 탐색, 공항의 항공관제 장거리 기상(200nmi)
C	4~8 GHz	장거리 추적 항공기 탑재 기상탐지
X	8~12 GHz	단거리 추적, 미사일 유도 해상 레이더, 항공기 요격 항공기 탑재 기상 레이더
Ku	12~18GHz	지도작성 인공위성의 고도계
K	18~27GHz	거의 사용하지 않음(수증기의 공 명파장과 너무 접근)
Ka	27~40GHz	초정밀 고분해용 지도작성 단거리 추적, 공항의 항공기 감시
V,W	40~110GHz	기타, 원격탐사
MMW	110~300GHz	실험용, 원격탐사

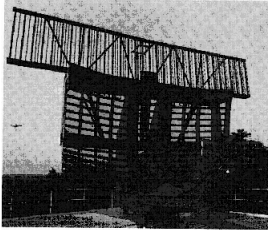
S, C, X 대역 레이더는 주로 군용으로 표적 탐지, 추적에 이용되며 민간용으로는 항행용으로 쓰이고 있으며, 항공기 탑재용으로는 X 대역 레이더가 종종 사용되고 있다. 하지만, X-대역도 소형항공기나 헬기에 장착하기에는 크기 및 무게가 너무 커 많은 제약을 받고 있으며, 현재 이러한 단점을 보완하고자 마이크로파 대역 이상의 Ka 대역 레이더가 항공용으로 각광 받아 이에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다.

2.3 안테나 빔 조향 방법에 따른 분류

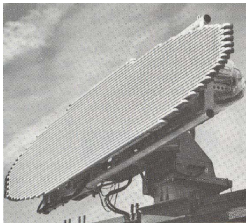
레이더는 안테나 빔 조향 방향 및 스캔 방법에 따라서도 다양하게 분류되어 진다. 그 종류에는 1D (Dimension), 2D, 2.5D, 3D 레이더 및 SAR 로 분류되어 진다. 1D 레이더는 하나의 포인트만 지향하고 있어 기계적 회전이 없는 레이더로서 주로 속도 측정에 쓰이는 CW 레이더가 주된 예이다. 2D 레이더로는 안테나의 방사 패턴이 부채꼴(Fan) 모양인 안테나를 이용하여 주 관심 방향으로 빔을 조사하며 이를 기계적으로 1축 회전하는 방식이다. 주로 탐지 및 조기경보용 레이더로 사용되며, 방위각 스캔(Scan)을 한다. 2.5D 레이더는 간혹 2D 때로는 3D 레이더라고도 하며 고각은 스위치 소자를 이용하여 일정 범위를 스캔하고 방위각은 2D 레이더와 같이 안테나가 회전하면서 표적의 정보를 획득한다. 2.5D 레이더의 안테나 방사패턴은 2D의 팬빔보다는 다소 좁다. 3D 레이더는 고차원적인 고성능 레이더로써 안테나의 회전이 거의 없거나 고정이며 안테나의 개별 소자를 각각 전자적으로 조작하여 빔 조향하는 방법이다. 이는 안테나 소자의 스위칭 속도에 따라 다표적에 대해 탐지 추적을 할 수 있다. 또한 안테나의 형태는 펜슬(pencil) 빔으로써 이득이 높고 각도 정확도도 매우 향상된 레이더이다. SAR는 안테나의 배열 어레이(Array) 특성을 이용하여 지형 지물의 형태나 움직임에 대한 정보를 획득하는 레이더이다. 주로 항공기에 탑재하여 이동하면서 데이터를 수집하고 이를 이용하여 큰 어레이를 이용한 레이더와 같은 성능을 내도록 신호처리하여 정보를 획득한다. 그림 3에서는 빔 조향에 따른 레이더 분류에 대한 예를 나타내었다.



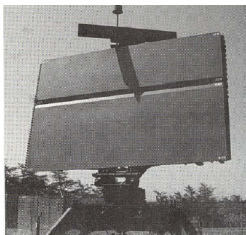
(a) 1D 레이더(CW)



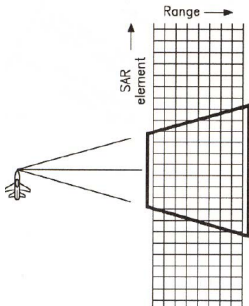
(b) 2D 레이더



(c) 2.5D 레이더



(d) 3D 레이더



(e) SAR

그림 3. 빔 조향에 따른 레이더 분류의 예

2.4 신호처리 방법에 따른 분류

레이더는 신호처리 방법에 따라서 분류 할 수 있는데 크게 코히어런트(Coherent)와 넌코히어런트(Non-coherent), 그리고 이들의 절충형인 수신단 코히어런트(Coherent on receiver) 레이더로 분류 된다. 코히어런트 방식의 레이더는 송신기의 송신 신호원의 위상과 시간을 수신기에서 정확히 알고 있고 동기가 맞추어져 있으며, 이를 이용하여 정보를 획득함으로써 이동물체의 위치 및 진행 방향에 대한 정확하고 정밀한 정보를 얻을 수 있다. 하지만, 장비의 가격이 고가이고 고급 기술의 개발이 힘든 단점이 있다. 이와 반면에 넌코히어런트 방식의 레이더는 가격면에서 저가이고 상업용으로 많이 쓰인다. 따라서 정보의 질에서는 코히어런트 방식 보다는 다소 저급의 정보를 획득하며 특히, 이동물체에 대한 정보 획득이 거의 불가능한 단점이 있다.

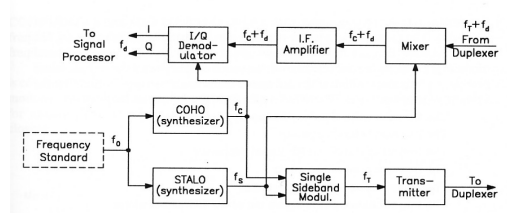


Figure 2-3. Frequency Generation in a Coherent Radar.

(a) 코히어런트 방식의 레이더 개념도

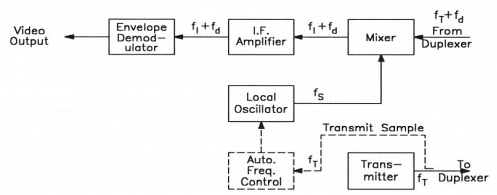


Figure 2-7. Frequency Generation in a Non-Coherent Radar.

(b) 넌코히어런트 방식의 레이더 개념도

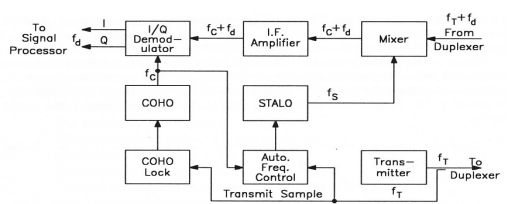


Figure 2-6. Frequency Generation in a Coherent-On-Receive Radar.

(c) 수신단 코히어런트 방식의 레이더 개념도

그림 4. 레이더 신호처리 방식에 따른 분류의 예

그러므로 위 둘의 절충형으로 수신기에서만 코히어런트 방식을 사용하여 이동 물체 탐지의 MTI기능 및 정보획득에 대한 효과를 높이는 레이더가 개발되고 있는 추세인데, 이러한 방식을 수신단 코히어런트 방식의 레이더라 한다. 그림 4에서는 레이더 신호처리 방식에 따른 분류에 따른 개념도를 나타내었다.

3 헬기 탑재형 레이더의 해외개발 현황

지금까지 선진국에서 개발된 레이더는 1,000 여 종 이상으로 헬기 탑재형 레이더로써 밀리미터(mm) 파에 대한 기술개발이 상당한 수준에 도달하였으며, 대표적인 상업용 레이더로 캐나다의 “Amphitech”사가 이미 다중모드 레이더인 “OASys Radar”의 시제 개발 및 성능인증 시험을 완료한 상태로 알려져 있다. 이 레이더는 항공기의 운항 상태에 따라 이/착륙 모드, 순항모드, 기상레이더 모드 등 다양한 모드로 운용되어 충돌방지, 지면근접경보장치(GPWS : Ground Proximity Warning System), 지형통제비행(CFIT : Controlled Flight into Terrain), 이착륙 유도장치, 구역 기상레이더(LWx : Local Weather Radar) 등 다양한 기능을 수행하는 다기능 레이더이다.

그 외, 군용 헬기 장착용으로 개발된 레이더로는 “Lynx” 헬기용 “Seaspray 7000” 다중모드 탐지 레이더, “MH-47E Chinook” 헬기용 “AN/APQ-174A” 레이더, “AH-64D Longbow Apache” 헬기용 레이더, “Mi-28/N Night Havoc” 헬기용 레이더, “Ka-31” 헬기용 레이더 등이 있다.

“Lynx” 헬기에 탑재된 “Seaspray 7000” 다중모드 탐지 레이더는 요격 미사일 표적 조사(Target Illuminator)를 위해 X-대역(8~10 GHz) 주파수를 사용하여 경량 고성능 레이더로 약천후에도 소형 표적을 탐지할 수 있도록 빠른 주파수 변경(Frequency Agile)이 가능하고 요격 미사일

의 표적 조사를 위해 모노펄스 표적추적 기능을 수행하며, 안테나 안정화를 위해 2-축 안정화 장치를 적용한 레이더이다.

“MH-47E Chinook” 헬기에 탑재된 Raytheon 사의 “AN/APQ-174A” 레이더는 부대, 포, 야전 보급품의 수송을 기본 임무로 하며 의학적 소개, 항공기 복구, 낙하산 투하, SAR, 재난 구조, 화재진압, 건설 등의 임무 수행에도 적합하게 지형 추적 비행(Terrain- Following Flight), 지면과의 거리 측정(Air-to- Ground Ranging) 및 Ground Mapping 기능을 수행하는 레이더로도 활용하고 있다.

“AH-64D Longbow Apache” 헬기에는 마스트 장착형 밀리미터파 사격통제 레이더(FCR : Fire Control Radar)가 장착되며, 이 레이더는 주파수에 비해 상대적으로 큰 안테나를 사용하여 매우 좁은 빔폭과 극저부엽(ELSA : Extremely Low Sidelobe Antenna)을 구현하고 낮은 침투 출력의 반도체 송신기를 사용하여 LPI(Low Probability of Intercept) 특징을 갖는 레이더이다. 또한, 10km의 가까운 탐지거리로 인해 기존의 레이더 경고 수신기(RWR : Radar Warning Receiver)로는 탐지가 불가능하고 고이득 안테나와 저잡음 수신기를 가진 채널화된 ESM 수신기만이 탐지가능하다. 이는 35GHz 대역 주파수가 대기 중의 수증기나 산소에 의해 감쇠가 급격히 증가하고 대부분 기존의 RWR이 커버하는 주파수 대역 밖이기 때문으로 알려져 있다.



(a) Amphitech사의 OASysRadar 다중모드 레이더



(b) Lynx 헬기용 Seaspray 7000 다중모드 탐지 레이더



(c) MH-47E Chinook 헬기용 AN/APQ-174A



(d) AH-64D Longbow Apache 헬기용 레이더



(e) Mi-28/N Night Havoc 헬기용 레이더



(f) Ka-31 헬기용 레이더

그림 5. 헬기 탑재 레이더의 해외 개발 현황

러시아 “Mi-28/N Night Havoc” 헬기는 미국의 Apache와 대비되는 헬기로 마스트 장착 밀리미터 파 레이더와 FLIR(Forward Looking Infra Red) 센서를 탑재하였다. 러시아 Kamov의 “Ka-31” 헬기에 탑재된 레이더는 저고도 및 해상 선박을 포함하여 고정익/회전익 대공표적의 장거리 탐지(수평선 까지)와 탐지표적의 추적을 위해 레이더를 장착하고 있으며, 이 레이더는 대잠수함 전투체계 대신 표적탐지, 표적인식 및 해상 및 대공 상황을 함상 또는 지상의 CP에 전달할 수 있는 고성능의 반도체 레이더이다. 6m × 1m 평면 배열 안테나를 기체 밑 부분에 장착하였으며 안테나의 크기나 탐지거리로 판단하면 장거리 탐지에 충분한 고출력을 사용한 것으로 보이고 이를 근거로 주파수는 X-Band인 것으로 판단된다.

이들 레이더가 탑재된 형태를 그림 5에 나타내었다.

4. 충돌방지 밀리미터파 항행레이더

4.1 RCS(Radar Cross Section) 연구동향

앞에서 설명한 바와 같이 헬기의 사고의 많은 부분이 충돌에 의한 사고이며 이러한 충돌 물체 중에서 가장 위협적인 것은 악천후시나 태양의 직광에 의한 시계불량에 의한 조종사 미인지 충돌물체라 할 수 있으며 특히 전력선의 경우에는 기상상태와 상관없이 조종사가 인지하기는 거의 불가능하다. 전력선의 RCS는 매우 작은 값으로 레이더를 이용하여 전력선을 탐지할 수 있으면 거의 모든 충돌 물체를 탐지할 수 있다고 해도 과언이 아니다. 따라서 헬기용 항행 레이더 개발시 국내 곳곳에 설치된 전력선에 대한 정확한 밀리미터파 RCS 예측과 이에 대한 안전성 확보에 관한 연구가 필요하다. 전력선은 구조물이 복잡하고, 레이더의 주파수가 높은 특성으로 인해 밀리미터파 대역에서의 RCS 예측은 측정에 의한 방법으로 수행되며, Physical Optics 또는 Geometrical Optics 등의 기법을 통해 계산되기도 한다. 현재로서는 미국의 Michigan 주립대학을 중심으로 연구가 진행되고 있으며 전력선의 측정 뿐 아니라 아스팔트, 나무 등에 대한 분석도 수행되고 있다. 나무나 아스팔트는 전력선에 비해 규모가 크기 때문에 원거리에서

도 큰 RCS 값을 보여 전력선의 검출을 어렵게 만드는 요소이다. 이러한 특성으로 인해 단순히 전력선의 RCS 측정보다는 RCS 값이 큰 주변 사물로부터의 전력선 검출기법에 대한 연구가 부각되고 있다. 방향성이 없는 주변사물들과는 달리 전력선의 RCS는 특이한 편파 특성을 갖는데, 이 특성을 이용한 것이 바로 Polarimetric 검출기법이다. 이 방법은 편파성분이 서로 다른 파(수직, 수평편파)를 물체에 입사하여 되돌아오는 파를 편파특성별로 분류하고, 이에 대한 상관관계를 통해 RCS 특성을 분석하는 방법이다. 일반적으로 밀리미터파 대역에서 전력선의 RCS는 Clutter-원하지 않는 물체의 반사파로 일종의 잡음으로 간주할 수 있음-가 있는 환경과 그렇지 않은 경우 각각 15~20°/ 10~15° 정도의 입사각에서까지 검출이 가능하지만 Polarimetric 검출기법을 이용하면 Clutter가 있는 환경에서도 20~40°의 입사각에 대해서도 검출이 가능하다는 것이 실험을 통해 밝혀졌다. 이 기법은 SAR에서 많이 적용되고 있다.

4.2 밀리미터 대역 레이더 부품 연구 개발 동향

항공기 및 헬기 탑재형 레이더는 소형화가 요구되는데 기존의 장착 레이더와 같은 기능을 갖고 크기면에서는 소형화가 되기 위해서는 사용 주파수의 상향 조정으로 부품 자체의 소형화를 이루어야만 한다. 이러한 소형화 추세로 인하여 예전엔 군용 및 실험적으로만 사용하였던 밀리미터 대역으로의 주파수 이동이 불가피하게 되었다. 밀리미터 대역에서의 레이더 부품 소자는 현재까지는 군용으로 개발되어 아직 고가인 품목이 많지만, 점차 개발이 활발히 이루어져 저가로 되어가고 있는 추세이다. 이러한 개발 분위기에 힘입어 레이더 제작비용을 절감하여 상업용 레이더 개발에 박차를 가하고 있다. 또한, 개발되어 있는 밀리미터 대역 부품보다 성능이 개량된 고출력 신호원(마그네트론 : 첨두 전력 2.5KW : 영국의 E2V사 제품, 반도체 고출력 증폭기 : 4W)이 개발됨에 따라 밀리미터이면서도 탐지거리는 개발 용도에 맞게 점차 증가되고 있다. 다른 RF 부품 역시 점차 개발됨에 따라 가격은 저하되고 성능은 향상되어 상업용으로 그 활용도가 점차 증가하는 추세이다.

4.3 충돌 방지 밀리미터파 항행 레이더 개발

항공기에 장착되어 항행 임무를 수행하는 레이더의 기능은 크게 탐지 및 회피로 나눌 수 있다. 탐지는 물체 탐지와 기상 관측을 의미하며, 회피는 이러한 탐지에 대한 대응으로써 항행 안전성을 위해 필연적으로 연동되어야 한다. 현존하는 시스템 중에 "Amphitech"사의 "OASys" 레이더에서는 항행에 위협을 주는 전력선을 주 탐지 물체로 설정하였으며, 이의 회피를 위한 기능으로 간단한 전시기모 모델을 제안한 바 있다. 또한, 회피 방안으로는 헬기의 비행경로에 레이더가 먼저 선행하여 충돌 위험을 확인하고 헬기는 위협지역을 벗어나는 시나리오를 내장하여 헬기의 충돌 방지 시스템을 구축하였다. 이와 같이 헬기 탑재용 항행 레이더는 헬기의 눈이 되어 주며 나아가길 길을 알려주는 역할로 자리매김을 하고 있다. 또한, 다기능의 접합으로 장거리의 기상상태도 확인하고 헬기의 항행시 나타날 수 있는 돌풍 및 기상 악화를 미연에 확인함으로써 헬기의 운행 안전성을 더욱 상승시켰다. 이러한 기능들의 조합은 밀리미터파를 이용한 부품의 소형화로 구현 가능하다.

표 3은 탐지 거리와 항행 속도에 따른 위험도에 대한 예를 표로 나타내고 있으며 이러한 위험 표시에 대한 경고 표시기(Indicator)의 예를 그림 6에 나타내어 항공기 운행시 표시하도록 하였다. 그림 7에서는 이러한 항행 안전성을 위협하는 물체가 전방에 존재시 취해야 하는 비행 시나리오에 입각하여 레이더가 비행경로 예측을 위한 탐지 물체 확인하는 과정을 보여준다. 그림 8은 항공기 항행시 전방 비행 경로상의 기상상태를 나타내 주는 기상모드 레이더의 탐지표시를 나타내었다. 이들 모두 밀리미터 대역을 사용하여 하나의 레이더로의 구현이 가능한 추세이다.

표 3. 탐지거리에 따른 위험도 예

Time to obstacle (based on 20 sec limit*)						
Range:	500 ft	1000 ft	1500 ft	2000 ft	2500 ft	3000 ft
	152 m	305 m	460 m	610 m	760 m	915 m
75 KTS	4	8	12	16	20	24
100 KTS	3	6	9	12	15	18
125 KTS	2	5	7	9	12	14
150 KTS	2	4	6	8	10	12



그림 6. 탐지 물체의 거리에 따른 위험 경고 표시 예

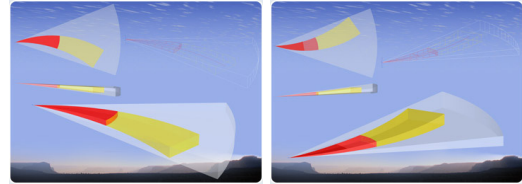
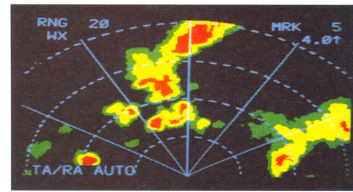


그림 7. 항행 안전성 향상을 위한 비행경로 예측 예



2. Display of a weather radar employed on commercial airliners. Color coding indicates intensity of precipitation and turbulence.

그림 8. 항행 안전성을 위한 기상 예측 예

5. 레이더의 기술발전 전망

레이더 기술은 서론에서 전술한 바와 같이 오랜 역사와 함께 기술개발이 끊임없이 이루어져 왔으며, 그 결과로 레이더의 종류도 무수히 많고 그 적용 장소 및 용도에 따라 다양하게 사용되고 있다. 그 중에 소형항공기 및 헬기 탑재용 레이더는 그 크기와 무게의 제약으로 인해 지금까지 장착이 곤란하였으나, 이러한 문제를 해결하고자 마이크로파 대역에서 밀리미터파 대역으로 사용 주파수의 이동이 동요되고 있는 실정이다. 하지만, 사용주파수의 상승으로 레이더 부품 가격의 상승 및 기술의 난항이 예상되었던 어려운 시점을 이제 뛰어넘고 있다. 선점하고 있던 군용 기술이 몇 년 전부터 지속적으로 상업용 기술로의 전이가 일어나고 있고, 이러한 상업용 부품 수급이 원활해지고 고가이던 레이더 부품의 가격이 하락하고 있으며, 업체간의 경쟁으로 인하여 고품질, 고성능의 부품이 요구되어 점차 경쟁적으로 출시되고 있다. 이러한 분위기에 힘입어 현재는 장착 허용 면적이 다소 좁은 헬기에 레이더를 장착하여 항행 안전성을 확보하려는 움직임이 일고 있다. 이러한 분위기는 추후 소형 민항기, 무인항공기 및 우주 비행체에 항행 안전성 확보를 위한 레이더의 장착이 필수적일 것이라고 예상되며,

이에 따라 장착 비용이 저렴하면서 고품질의 성능을 갖는 레이더만이 그 명맥을 유지 할 수 있을 것이다. 또한, 소형이면서 다양한 기능을 겸비한 레이더가 출시 될 것이며, 이러한 레이더는 물체의 탐지라는 단순목적에서 벗어나 충돌 방지 및 회피, 기상 관측 및 경보, 표적인식 및 추적 등의 다목적 다기능을 겸비한 레이더로써 점차 개발 될 것이다.

6. 결론

항공기 탑재형 밀리미터파 레이더는 밀리미터 대역을 사용함으로써 크기의 소형화와 무게의 경량화가 이루어져 기존의 헬기나 소형항공기에도 추가 탑재가 가능하여 비행안전성을 획기적으로 높일 수 있는 대안으로 부상하고 있다. 또한, 밀리미터 대역의 레이더 부품의 개발이 활발히 이루어져 고가였던 부품가격의 하락으로 상업용 레이더 개발이 이루어지고 있으며, 많은 기업의 참여로 부품의 성능 또한 높아지고 있는 추세이다. 밀리미터파 대역 레이더는 현존하는 레이더 이상의 성능에 크기는 더욱 작아지는 이점까지 있으며, 여기에 부가적 기능을 겸비한 레이더야말로 현재 급부상하는 항공기 탑재형 레이더로써 새로운 전환기를 맞이하고 있다.

참고문헌

1. Bassem R. Mahafza, "Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB," Chapman & Hall/CRC, 2000
2. "Helicopter accident statistics",
<http://www.amphitech.com/oasys/story.html>
3. Kamal Sarabandi, Moonsoo Park "Millimeter-wave radar phenomenology of power lines a polarimetric detection algorithm" IEEE Transaction on antennas and Propagation, Vol. 47, No.12, December 1999
4. 이상설, 강정수, 레이더 공학, 보성문화사, 1995
5. <http://www.amphitech.com/english/s1/photos.html/>
6. <http://www.naval-technology.com/projects/lynx/>
7. <http://www.army-technology.com/projects/chinook/>
8. <http://www.army-technology.com/projects/apache/>
9. http://www.military.cz/russia/air/helicopters/Mi_28/mi28en.htm
10. <http://www.aeronautics.ru/ka31.htm>