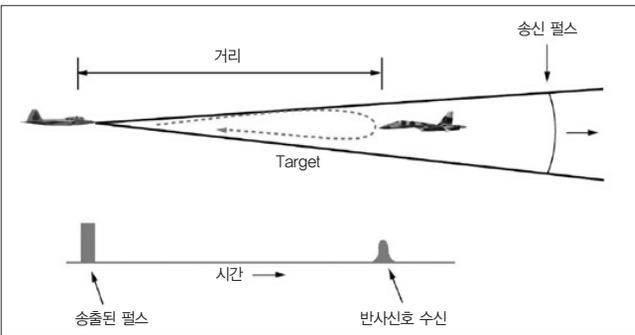


항공기 실전원리(2)

항공기의 눈, 레이더

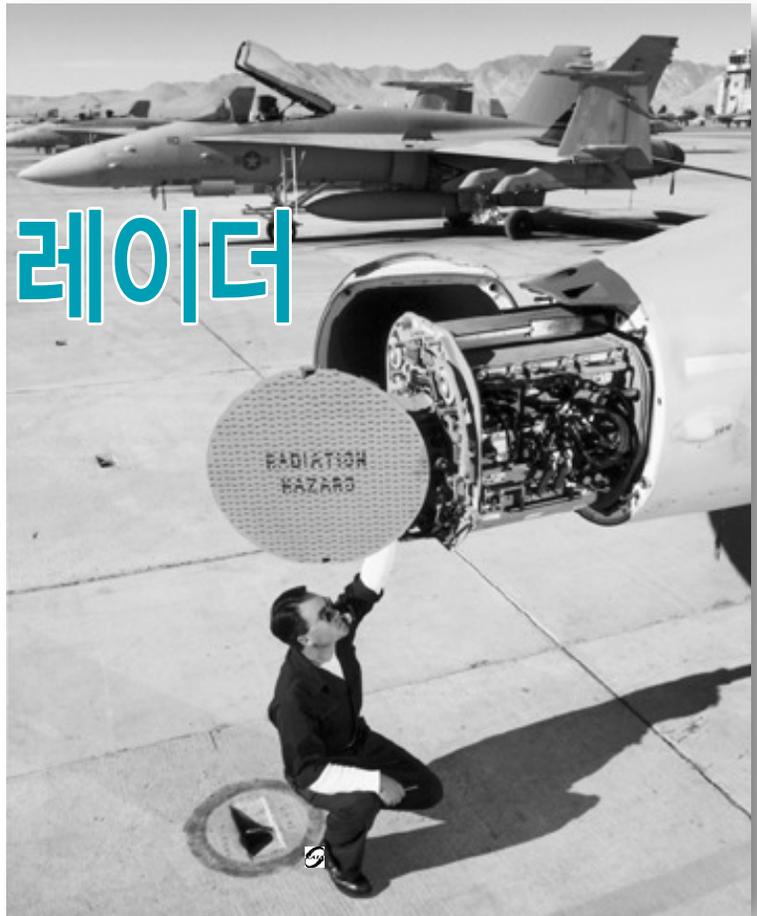
레이더(RADAR)는 RAdio Detecting And Ranging의 약어로 전파를 이용하여, 물체가 어디 있는지 위치를 탐지하고 거리를 측정하는 장치다. 물체의 위치 탐지와 거리 측정은 전파의 직진성과 반사특성으로 가능하다. 전파는 전자기파의 일종으로 빛과 같이 일정한 속도로 직진하려는 특성을 지니며, 이 직진성은 파장이 짧을수록 강해진다. 또한 전파는 물체에 부딪히면 물체로부터 재 방사되어 반사되는 특성을 지니고 있다.

레이더는 안테나로부터 전파에너지를 공중에 빔 형태로 방사시켜 적기로부터 반사된 전파를 분석하고 적기를 탐지한다. 반사파의 방향을 정밀하게 분석한다면 안테나의 방향으로 적기의 방향도 알아낼 수 있고, 또 반사파의 높낮이로 적기의 고도까지 알아낼 수 있다. 뿐만 아니라 전파 속도가 일정하다는 특성을 이용하면 반사파의 도달시간을 측정하여 적기와의 거리까지 산출해 낼 수 있다.



레이더의 거리측정 원리

레이더에서 전파에너지를 발생시키는 송신기(Transmitter)의 전파발전은 고주파의 마그네트론의 자극을 통해서 얻어지며, 전파는 동기기(Synchronizer)와 변조기의 변조를 거쳐 도파관(Wave Guides)으로 전달된다. 이때 전파 빔은 넓은 파장대의 증폭을 위하여 진행파관(TWT: Travelling Wave Tube)을 거치고, 최종적으로는 안테나를 통해 빔 형태로 방사된다. 따라서 송신기의 성능이 곧 레이더 출력력을 좌우하며, 송신기의 전력공급기가 대량의 열을 방출시키고 부피도 크기 때문에 송신기에 의해 레이더의 크기와 성능이 어느 정도 결정된다고 볼 수 있다.



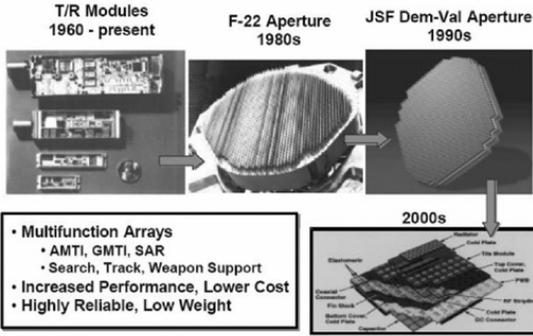
레이더에서 전파를 최종적으로 송출하는 장치는 안테나이다. 초기의 항공기 탑재 레이더 안테나는 빔을 집속할 수 있도록 포물선형(Parabolic)으로 설계되었으나, 1970년대 이후 군용기는 평판배열(Planar Slotted Waveguide Arrays)형 안테나를 주로 탑재하게 되었다.

평판배열 안테나는 평판에 줄지어 홈을 판 형상을 지니고 있고, 각 홈들의 뒷면에는 도파관이 결합되어 있다. 홈마다 연계된 도파관의 에너지 통제를 통해 평판 안테나 전면의 방사에너지 분포의 조절이 가능하기 때문에 안테나 이득, 빔 폭, 사이드로브 등의 통제가 쉽다는 것이 평판배열 안테나의 특징이다. 사이드로브(Side lobe)는 안테나의 메인 빔 주위로 빔이 새는(Spillover) 것을 말하며, 사이드로브 통제로 평판배열 안테나는 높은 효율로 안테나 이득(gain)을 얻을 수 있다는 것이 장점이다.

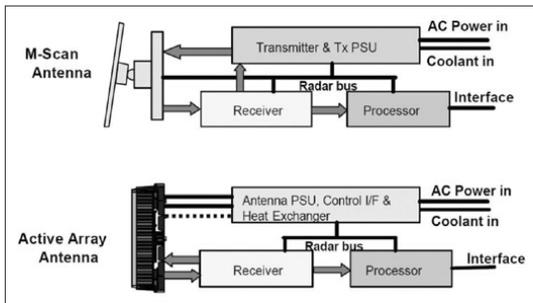
전자주사식 레이더

최근의 군용기 탑재 레이더 안테나는 평판배열 안테나를 사용하는 기계 주사식에서 전자 주사식으로 진화해가고 있다.

기계주사(mechanically scanned) 방식은 레이더 빔을 회전시키기 위해서 안테나의 축을 기계적으로 회전시키는 방식이다. 반면 전자주사(electronically scanned) 방식은 안테나를 고정시킨 채 전자적으로 레이더 빔을 편향시키는 방식을 말한다.



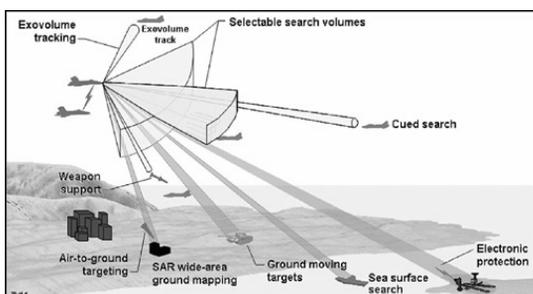
위상배열 안테나의 발전



기계식 주사 레이더와 전자식 주사 레이더의 구조 비교

전자적으로 빔을 편향시키기 위해 위상배열레이더의 안테나에는 수백에서 수천 개의 변위기(Phase Shifter) 및 송수신소자(T/R module)가 배열된다. 이 변위기 및 송수신소자에서는 전파빔이 방사되고, 방사되는 각각의 빔이 다른 위상(Phase: 파동의 주기적인 위치와 상태)을 가지게 되어 상호간의 영향과 간섭으로 빔이 편향된다. 이렇게 빔의 위상을 변화시키는 것을 이상(Phase Shift, 移相)이라고 하며, 각 소자마다 이상을 컴퓨터로 제어하여 위상배열레이더는 원하는 방향으로 빔을 편향시킬 수 있게 된다.

위상배열 레이더 중에서 주류를 이루고 있는 AESA(Active Electronically Scanned Array) 레이더는 전자적으로 빔을 편향시키고 주사하기 때문에 안테나를 기계적으로 회전시키는 기계식 레이더와 비교하여 다음과 같은 여러 가지 장점을 가지게 된다.



AESA 운용 개념

1. 빠른 빔 편향 속도

기계식 레이더의 경우 빔의 방향을 바꿀 때 유압모터를 사용하여 안테나를 회전시킨다. 안테나를 정밀모터를 사용하여 구동시키기 때문에 방위각(Azimuth) 전체를 스캔하는 데는 약 1초 정도의 시간이 소요된다. 반면 AESA 레이더는 컴퓨터의 연산 후 순간적으로 빔을 편향시키기 때문에 기계식 레이더와 비교할 수 없는 빠른 빔 편향 속도를 가지게 된다.

2. 복수 빔 제어를 통한 다모드 동시 운용

AESA 레이더는 각각의 송수신 소자를 제어하여 복수의 빔을 동시에 형성할 수 있다. 따라서 복수의 빔에 대하여 상이한 모드 운용이 가능하다.

3. 신뢰도 향상

AESA 레이더는 기계식 레이더나 수동 위상배열 레이더의 주요 부품인 유압모터, 대형 파워 서플라이, 진행파관(TWT) 등이 필요 없기 때문에 신뢰도가 향상된다. 그리고 일부 송수신 소자의 고장이 레이더 전체적인 성능에 거의 영향을 미치지 않고, 송수신 소자의 고장 수만큼 레이더 효율이 저하되기 때문에 한꺼번에 레이더가 정지하는 일은 발생하지 않는다.

4. 포착하기 어려운 목표에 대한 지속적 감시와 추적

AESA는 클러터나 재밍 때문에 포착이 어려운 표적에 대해서 필요한 정보를 얻게 될 때까지 지속적으로 빔을 조사하여 정보 획득이 가능하다. 이는 빠른 빔 편향능력을 활용하여 다수 목표에 대한 동시 탐색과 추적을 병행이 가능하고, 개별 송수신 소자를 제어하여 목표에 따라 특성이 다른 빔을 조사할 수 있기 때문이다.

5. 중량 감소

기계식 레이더는 복잡한 기계적 구동장치를 필요로 하지만 AESA는 이러한 구동장치가 불필요하다. 따라서 그만큼 시스템의 경량화가 가능하게 되고, AESA 자체의 구조적 단순함으로 인하여 기계식 레이더에 비하여 전반적인 경량화가 가능하다.



AESA 레이더 중 하나인 AN/APG-79

6. 스텔스성 향상

기계식 레이더의 안테나는 안테나가 회전하면서 각도에 따라 높은 전파 반사체 역할을 하게 되므로 전투기의 스텔스성을 감소시킨다. 그러나 AESA는 기수 정면에서 약간 경사지게 고정되어 탑재되므로 전투기의 전면 레이더단면적(RCS: Radar Cross Section)을 낮추는 데 큰 역할을 하게 된다.

7. 탐지거리와 탐지범위 확대

AESA는 개별 송수신소자의 출력이 높지 않더라도 레이더 전체적으로는 높은 평균출력을 유지할 수 있다. 그리고 안테나를 회전시키기 위한 구동 공간이 불필요하므로 동일한 크기의 레이더 돔에 더 넓은 면적의 안테나를 설계할 수 있게 된다. 레이더 안테나 크기는 레이더 탐지능력에 직접적인 영향을 미치기 때문에 AESA는 동일한 면적의 기계식 레이더에 비해 약 30%~50% 정도 증가된 탐지거리를 갖게 된다.

8. 동시 다목표 교전능력 향상

일반적인 기계식 레이더는 복수 목표를 동시에 추적하고 미사일을 유도할 때 탐색 중 추적모드, 즉 TWS(Track While Scan) 모드를 사용한다. 이 TWS 모드는 복수 목표에 대한 탐색과 추적을 기계식 안테나가 회전하면서 병행하기 때문에 개별 목표에 대한 갱신시간이 길다는 단점이 있다. 반면 AESA의 목표정보 갱신시간은 기계식 레이더와 비교하여 극히 짧기 때문에 복수의 목표에 대해 AMRAAM급 미사일을 효과적으로 운용할 수 있다. ☺

<< 참고문헌 : 전투기의 이해 >>