

레이다의 이해

금성정밀(주) 전자설계실
선박개발팀 이문엽

1. 머리말

1930년 미국의 해군연구소(U.S. Naval Research Laboratory)에서 군사적인 목적으로 비행기의 접근을 탐지하기 위한 최초의 원시적인 레이다가 개발된 이래 레저, 어선용 선박레이다, 착륙관제용 항공레이다, 군사용 특수레이다, 기상레이다 등 산업 각부문에서 우수한 성능과 다양한 목적의 레이다가 개발되어 사용되고 있다. 그러나 장비 성능이 아무리 우수하더라도 레이다의 특성을 정확히 이해하지 못한 상태에서 운용을 한다면 백퍼센트 장비운용 효과를 얻을 수 없을 뿐만 아니라 영상해석의 실수로 오히려 피해결과를 가져올 수도 있다.

이에 본고는 사용자가 보다 효율적인 장비운용을 할 수 있도록 레이다 기본동작 원리와 시스템 설명을 통해 레이다 장비에 대한 이해를

돕고자 한다.

2. 레이다 동작원리

레이다(RADAR)란 용어는 "전파에 의한 탐지 및 거리측정(Radio Detection And Ranging)"이라는 말의 두문자를 조합한 합성어이다. 물체의 존재와 위치를 탐지하기 위한 수단으로 직진성이 있는 전파를 공중으로 방사하는데 레이다는 기본적으로 전파의 두가지 특성을 활용하고 있다. 전파는 광속과 동일한 속도인 1초에 300,000Km의 일정한 거

리를 진행하며 진행도중에 전기적 양도체에 부딪히면 반사된다.

레이다 송신기에서 안테나를 통해 공간으로 방사된 전파는 진행도중 선박, 항공기, 지형지물 등을 만나면 그 전파의 일부가 물체표면에서 반사된다. 이 반사파가 안테나를 통해 수신기에 들어오게 되는데 송신기에서 전파를 송신한 시점과 반사되어 들어온 시점의 시간경과를 측정하고 이를 거리로 환산하여 시각으로 판독할 수 있게 한다. 표적까지의 거리는 다음의 식으로 환산

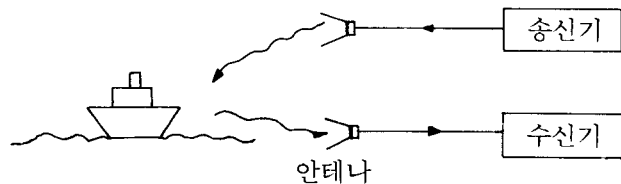


그림 1. 레이다의 원리

할 수 있다.

$$\text{거리 } R = \frac{Ct}{2}$$

C : 광속 300,000km

t : 경과시간

3. 레이더의 구성

레이더의 기본구성은 그림2와 같다.

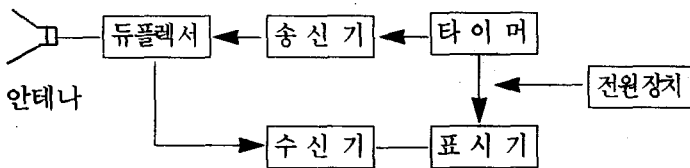


그림2. 레이더의 구성

타이머(Timer, Synchronizer) : 송신전파와 수신전파의 시간간격을 정확히 측정하기 위한 기준펄스를 만든다.

송신기(Transmitter) : 타이머에서 기준펄스를 받아 고출력의 송신펄스를 만들어 안테나로 보낸다.

듀플렉서(Duplexer) : 1개의 안테나로 송신과 수신을 동시에 하기 위하여 송신펄스가 나갈 때는 안테나를 송신기에 접속하며 송신펄스가 없는 시간에는 안테나를 수신기에 접속하여 반사전파를 받아들일도록 하는 전자적 스위치이다.

안테나(Antenna) : 전파를 공간으로 발사하거나 받아들이는 기계 구조물이다.

수신기(Receiver) : 표적

에서 반사된 미약한 전파를 증폭하여 필요한 제원을 산출하여 표시기로 보낸다.

표시기(Indicator) : 표적의 거리, 방향, 각도, 크기, 속도 등을 운용자가 볼 수 있게 시각적으로 표시하는 장치

전원장치(Power Supply)

: 레이더 각 부분에 필요한 전원을 공급한다.

4. 레이더의 종류

레이더는 전파형식, 주파수, 사용목적에 따라 아래와 같이 분류된다.

가. 전파형식에 따른 분류

- 1) 펄스(Pulse)레이더 : 펄스 송신
- 2) 지속파(CW)레이더 : 무변조 지속파를 송신
- 3) 주파수변조지속파(CW-FM)레이더 : 계속 주파수가 변화하는 무변조지속파를 송신

나. 주파수에 따른 분류

- 1) VHF 레이더 : 30 ~ 300MHz
- 2) UHF 레이더 : 300 ~ 1GHz
- 3) L-Band 레이더 : 1

- ~ 2 GHz
- 4) S-Band 레이더 : 2 ~ 4 GHz
- 5) C-Band 레이더 : 4 ~ 8 GHz
- 6) X-Band 레이더 : 8 ~ 12.5 GHz
- 7) Kn-Band 레이더 : 12.5 ~ 18 GHz
- 8) K-Band 레이더 : 18 ~ 26.5 GHz

다. 사용목적에 따른 분류

1) 탐지(Search) : 표적의 탐지와 위치를 측정하기 위한 레이더

2) 포착(Acquisition)레이더 : 표적을 탐지하여 그 제원을 추적레이더로 제공해 주기 위한 레이더

3) 추적(Tracking)레이더 : 표적이 움직이는데 따라 계속 추적을 하면서 위치나 거리를 측정하는 레이더

4) 착륙관제(GCA)레이더 : 비행장에서 항공기의 이착륙을 유도하는 레이더

라. 기 타

1) 이동표적지시(MTI)레이더 : 산, 나무, 물, 구름 등의 고정물체는 화면에 나타내지 않고 이동표적만을 지시하는 레이더

2) 삼차원(3-D)레이더 : 일반적인 탐지레이더는 거리와 방향만을 측정할 수 있으나 안테나를 특수형태로 구성하여 고도까지 동시

에 측정하는 레이다

3) 고도 측정 (Height Finding) 레이다 : 고도각과 거리를 측정

5. 레이다 시스템의 이해

1) 레이다의 최대 탐색 거리

일반적인 선박용 레이다는 고주파펄스를 송신하는데 송신된 펄스에 의해 표적에서 반사되는 반사파는 그 다음 펄스가 수신되기 이전, 즉 펄스반복주기 이내에 수신되어야만 정확한 표적까지의 거리를 나타낼 수 있다. 따라서 레이다가 최대 탐색할 수 있는 거리는 전파가 PRT시간내에 왕복할 수 있는 거리로서 이를 최대 탐색 거리 (Maximum Unambiguous Range)라고 한다.

$$\text{최대 탐색 거리} = \frac{C}{2} \times \text{PRT}$$

C : 광속

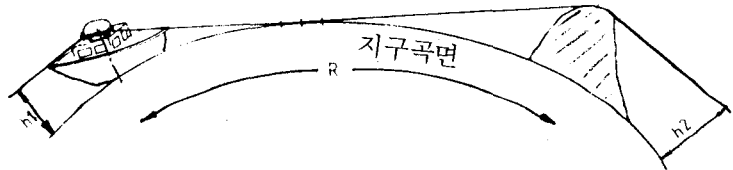
PRT : 한개의 펄스가 나옴 후 다음 펄스가 나올때까지의 시간 경과

최대 탐색 거리는 레이다가 실제로 표적을 탐지할 수 있는 최대 탐지거리 (Maximum Detectable Range)와는 다른 값으로서 최대 탐지 거리는 송신기의 출력, 수신기의 감도, 기상조건 등에

따라 달라진다.

2) 레이다의 최대 탐지 거리

레이다 자체의 탐지 능력이 아무리 크더라도 레이다는 지구가 둥글기 때문에 제한된 탐지 거리를 가지며 그보다 먼 물체는 화면에 나타낼 수 없다. 이 거리는 안테나가 설치되어 있는 높이와 표적 물체의 높이에 의해 결정된다.



h₁ : 레이다 설치 높이
 h₂ : 표적의 높이
 최대 탐지거리 R_{max}
 = 2.2(h₁ + h₂)

그림 3. 최대 탐지 거리

3) 레이다의 탐지 능력

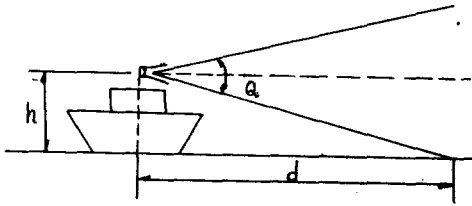
최대 탐지 거리 내에 물체가 있더라도 이를 화면에 포착하여 지시하기 위해서는 레이다의 탐지 능력이 어느 수준 이상이 되어야 하는데 이 탐지 능력은 안테나의 길이와 구조, 송신 출력의 크기, 송신 펄스의 지속 시간, 수신기, 앞단의 구조, 안테나의 회전수, 초당 송신 회수 등 여러 요소에 의해 결정된다. 이중 가

장 중요한 요소는 안테나의 길이, 송신 출력, 수신기 앞단의 구조 등 세가지이다. 개략적으로 탐지 능력은 안테나 길이의 제곱과 송신 출력에 비례한다. 그러나 화면에 나타나는 물체의 크기가 이 탐지 능력에 비례되어 표시되는 것은 아니며 2배 정도의 차이에서는 거의 화면 차이를 느낄 수가 없을 정도이다. 실제적인 레이다 최대 탐지 거리는 탐지 능력의

4제곱근에 비례하므로 최대 탐지 거리를 2배로 늘리려면 이 탐지 능력은 16배 증가시켜야 한다.

4) 최소 탐지 거리

최소 탐지 거리는 근거리 표적을 탐지하는 척도로서 전파 발사시 형성되는 빔의 수직 폭이 클수록 가까운 물체를 쉽게 탐지할 수 있다. 그러나 수직 폭이 너무 크면 전파의 세력이 거리가



$$d = \frac{h}{\tan \frac{\theta}{2}}$$

d : 최소탐지거리
Q : 수직빔폭
h : 레이더 설치높이

그림4. 최소탐지거리

멀어짐에 따라 급격히 약해지므로 레이더 공급업체에서 수직빔폭을 기술적 경험치나 통계적 레이더에 의해 결정 적절히 공급하고 있다.

5) 거리 분해능

얇은 수직판의 물체라도 레이더 화면에 나타나는 영상은 뒤로 길게 나타나게 되는데 이는 송신펄스가 비록 좁지만 폭을 가지기 때문이다. 전파는 0.1 μ s에 약 30m의 속도로 진행하므로 송신펄스폭이 0.1 μ s인 레이더의 영상은 30m의 반인 15m만큼 뒤로 길게 나타난다. 실제표적에서 방위각이 같고 거리가 15m 이내로 근접된 물체는 레이더 화면에서 펄스폭의 영향으로 1개로 붙어서 나타나게 된다는

사실을 잘 알고 영상을 판독해야 한다.

가변거리환을 사용해서 표적의 거리를 측정할 경우 정확한 거리측정을 위해 가변거리환을 표적의 앞부분에 맞추어야 한다.

6) 방위분해능

안테나에서 전파빔을 발사할 때 전파빔은 안테나의 수평빔폭 특성에 의해 실제 표적의 위치보다 영상은 옆으로 2° ~ 3° 정도 크게 나타난다. 화면에 나타난 해안선의 방위각을 측정할 경우 방위선을 육지끝에서 육지 쪽으로 수평빔폭의 반만큼 이동하여 측정해야만 실제 방위각이 된다. 같은 거리상에 수평빔폭이내로 근접된 2개의 물체는 레이더 화면상에 1개로 나타난다는 사

방위선을 이동

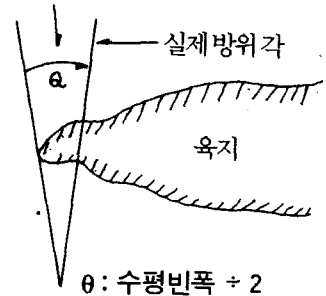


그림5. 해안선의 방위각 측정

실을 주지하고 장비를 사용해야 한다.

7) 표적종류에 따른 반사파의 강도

전파가 물체를 만나면 흡수 또는 반사가 되는데 전기적 양도체인 금속류는 흡, 목재보다 반사가 잘된다. 또 전파가 물체표면과 직각으로 부딪힐 때 전파반사량이 가장 크고 물체표면과 경사지게 될 경우 전파는 다른 방향으로 반사되어 레이더로 되돌아오는 반사량은 극히 미약해진다. 이런 관계로 전파의 반사량은 물체의 재질과 모양에 따라 달라지므로 물체가 크다고 해서 영상이 반드시 화면상에 크게 나타나는 것은 아니며 작은 물체라도 더 크게 나타날 수 있다.