
I .전파기초이론

1. 전파통신의 기초

1-1. 전파의 개요

■ 전파란?

전파는 볼 수도 들을 수도 만져 볼 수도 없는 존재이지만 우리사회의 다양한 분야에서 널리 이용되고 있다. 마치 인간의 오감으로 느낄 수 없지만 누구나 존재를 인정하는 공기와 같다고 할 수 있다.

전파는 직진하거나, 반사되기도 하고, 흡수 또는 굴절되기도 하면서 수신 안테나에 도달한다. 이런 현상은 날씨, 태양, 시간, 계절에 따라 변화가 매우 크다. 지구 반대쪽에서 발사한 전파가 어느 날 갑자기 들리기도 하고, 근거리의 전파가 수신이 되지 않아 통신에 어려움을 겪는 이유도 전파의 변덕스런 특성 때문이다.



[그림 1-1] 전파의 개념

전파와 음파의 차이점은 전파는 전기적 에너지로 진공 중에서도 진행할 수 있지만 음파는 음향 에너지로 반드시 기체, 액체, 고체 등의 전달매체가 있어야만 가능하므로 진공 중에서는 진행을 할 수 없다. 따라서 진공상태의 우주공간에서는 음성으로 전달이 불가능하다. 반면, 전파와 음파는 모두 파동 에너지를 가지고 있으며 파의 반사, 흡수, 굴절 등의 공통적 특성을 가지고 있다.

여기서 반사란 빛, 음파, 전파 등이 어느 매체에서 다른 매체로 진행했을 때 그 곳에서 일부가 원래 방향 혹은 다른 방향으로 진로를 변경하는 것을 말하고, 흡수란 전파나 음파가 물질 속을 통과할 때 에너지나 입자가 물질 속으로 빨려 들어가 그 강도가 감소하는 것을 이야기 한다. 또한, 굴절은 빛, 음파, 전파가 한 매질에서 다른 매질로 들어갈 때 그 경계면에서 방향이 달라지는 현상을 말한다.

■ 전파의 정의

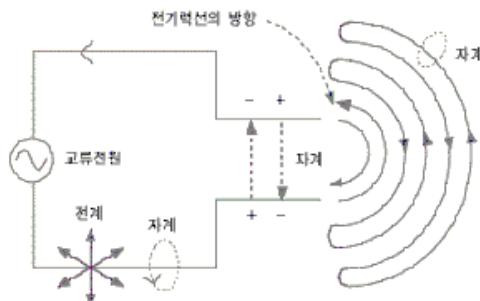
전파(電波)는 단어 그대로 전기의 물결(파동)이라고 할 수 있으며 “전자파 중 적외선 이상의 파장을 갖는 것”이라고 표현한다.

■ 전파의 발생원리

전파는 전기에 의해 발생하는 것이기 때문에 우선 전류의 흐름원리를 이해하는 것이 중요하다. [그림 1-2]과 같이 교류전원에 전선을 연결하면, 전원에서는 항상 전기적인 힘을 발생시키며 그 힘이 전선을 따라가며 전류를 흐르게 한다. 이것을 전도전류라 하고, 전도전류 주위에는 전계와 자계가 생기게 된다.

전계는 전선에 있는 양전자에서 음전자로 향하는 힘으로 전선 주위에서 사방으로 퍼지며 자계(전자들이 이동하면서 생기는 주위의 전기적인 힘)는 전계가 있는 곳에서 항상 전계와 직각을 이루면서 존재한다.

전선을 따라 흐르는 전류는 전선이 끊어진 부분에서 전기적 힘이 어디론가 사라지게 되는데 이 때 없어지는 힘은 공간상으로 퍼지게 되며 이것이 바로 전파가 되는 것이다.



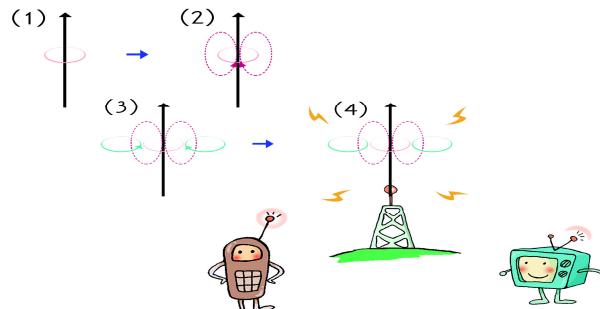
[그림 1-2] 전파의 발생원리

전파가 발생하는 것을 알아보기 전에 우리는 먼저, 과동과 관련된 다음의 용어를 이해하는 것이 필수적이다.

- **파장** : 마루에서 마루까지의 거리 또는 골에서 골까지의 거리
- **마루** : 과동이 진행하면서 그 위치가 변할 때 가장 높은 곳
- **골** : 변화하는 위치가 가장 낮은 곳
- **진폭** : 마루의 높이나 골의 깊이
- **주기** : 한 번의 진동에 소요되는 시간. 즉, 마루에서 마루 또는 골에서 골 까지 이르는데 소요되는 시간

다음의 [그림 1-3]는 전파의 발생 및 전파(Propagation)를 나타내고 있으며 다음과 같은 단계로 전파가 전파된다.

- 단계 (1) : 도선에 전류가 흐르면 자계가 발생 한다.
- 단계 (2) : 자계가 발생하면 자계를 중심으로 전계가 형성된다.
- 단계 (3) : 형성된 전계는 시간에 따라 변하기 때문에, 전계를 중심으로 다시 자계가 형성된다.
- 단계 (4) : 이 자계에 의하여 다시 전계가 발생하고, 전계에 의하여 자계가 다시 발생한다.



[그림 1-3] 전파의 발생 및 전파전파

위와 같은 반복되는 과정을 거쳐서 전자파는 공간으로 직진, 반사, 회절 등을 하면서 멀리멀리 전파(Propagation)되어 1초에 30만 km의 빛의 속도로 나가게 된다. 우리가 사용하고 있는 휴대폰도 이 전파를 받아 통화를 하는 것이고, 라디오, TV도 같은 개념이다.

교류전원에 전선을 연결하면 전원에서는 항상 전기적인 힘을 발생시키며 그 힘이 전선을 따라가며 전류를 흐르게 한다. 이것을 전도전류라고 하며 전도전류 주위에는 전계와 자계가 생기게 된다. 전계는 전선에 있는 양전자에서 음전자로 향하는 힘으로 전선 주위에서 사방으로 퍼지며 자계(전자들이 이동하면서 생기는 주위의 전기적인 힘)는 전계가 있는 곳에서 항상 전계와 직각을 이루면서 존재한다.

전선을 따라 흐르는 전류는 전선이 끊어진 부분에서 전기적 힘이 어디론가 사라지게 되는데 이 때, 없어지는 힘은 공간상으로 퍼지게 되며 이것이 바로 전파가 되는 것이다. 실제적으로는 전하를 진동시켜서 전파를 발생한다.

1-2. 전파의 품질 결정요소

■ 주파수허용편차

◆ 주파수허용편차란?

발사에 의하여 점유하는 주파수대의 중심주파수와 지정주파수 사이에 허용될 수 있는 최대편차 또는 발사의 특성주파수와 기준주파수 사이에서 허용될 수 있는 최대편차를 말하며 백만분율 또는 헤르츠(Hz)로 표시한다.

< 용어정리 >

- 지정주파수 : 무선국에서 사용하는 주파수마다의 중심주파수
- 기준주파수 : 지정주파수에 대하여 특정한 위치에 고정되어 있는 주파수
- 특성주파수 : 주어진 발사에서 용이하게 식별되고, 측정할 수 있는 주파수

◆ 주파수허용편차는 왜 측정하는가?

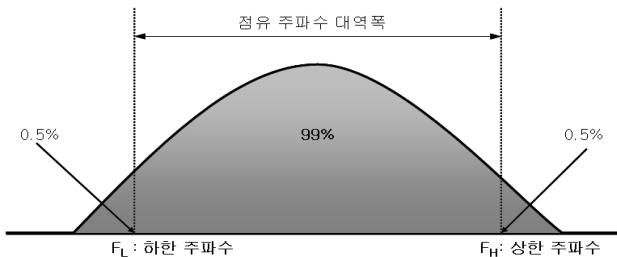
현재의 주파수 스펙트럼 체계는 동시에 많은 사람들이 한정된 주파수를 세분화하여 협대역으로 사용하는 체계이며, 현재 통신체계에서는 송신주파수의 근소한 편차로 인해 통신품질의 저하를 초래하여 더욱더 혼신을 발생시킬 우려가 있고,

송신 주파수를 결정하는 발진기는 높은 안정성이 요구되나, 사용 상태나 환경이 나쁘면 큰 주파수 변동이 생긴다. 이 때문에 송신 주파수 허용편차를 측정해야 한다.

주파수 측정은 물리적인 주파수 측정이지만 무선기기의 특성상 지정된 값에서 편차만을 문제 삼기 때문에 단순히 무선 주파수 혹은 고주파 측정이라고 말하지 않고 주파수 허용편차라고 말한다.

■ 점유주파수대역폭

◆ 점유주파수대역폭이란?



[그림1-4] 점유주파수 대역폭

점유주파수대역폭은 변조의 결과로 생기는 주파수대역폭의 하한주파수 미만의 부분과 상한주파수를 초과하는 부분에서 각각 발사되는 평균전력이 따로 정하는 경우를 제외하고 각각 0.5퍼센트와 같은 주파수대역폭을 말한다.

◆ 점유주파수대역폭은 왜 측정하는가?

현재의 많은 무선기기는 주파수대를 세분한 채널을 통신로로 하는 주파수분할방식에 의해 운용되고 있다. 이 때문에 각각의 무선기기는 발사 전파의 스펙트럼을 정해진 주파수 대역폭의 범위 내에 놓고 통신을 해야 한다. 만약 점유주파수대역폭을 초과하는 전파가 발생하면 다른 통신에 큰방해가 되는 것은 말할 필요도 없다. 이러한 이유로 점유주파수대역폭은 무선기기의 중요한 특성이며 측정을 해야 한다.

* 무선통신에서의 점유주파수대역폭은 자동차주행의 도로폭에 비유할 수 있다.

■ 불요방사

◆ 불요방사란?

불요방사는 송신기로부터 발사되는 전파 중에서 원하지도 않고 필요하지도 않은 전파의 발사를 의미하며 다른 무선국에 간섭이나 방해를 일으키는 요인으로 작용할 수 있으므로 최대한 저감하여야 한다. 즉, 송신기에서 발사되는 불필요한 전파의 발사인 불요방사는 일반적으로 두 가지로 구분하며 각각 대역 외 방사(Out-of-Band Emission)와 스펜리어스 방사(Spurious Emission)로 나누며 중심 주파수로부터 필요 대역폭의 ±250%를 경계로 구분한다.

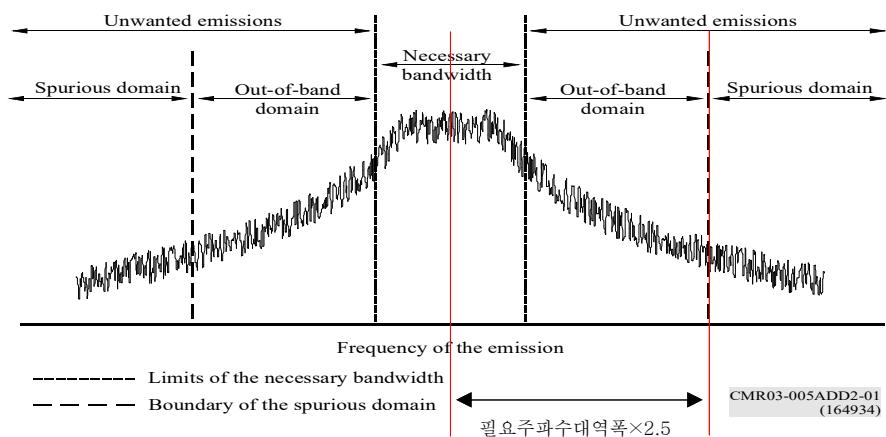
- o 스펜리어스 방사(Spurious Emission) : 필요 주파수 대역폭 바깥쪽의 주파수에서 발생하는 방사로 정보의 전송에 영향을 미치지 아니하고 그 레벨을 저감시킬 수 있는 것으로 고조파 방사, 기생방사, 상호 변조 및 주파수 변환 등에 의한 방사를 포함하고 있으며 대역 외 방사는 제외된다.
- o 대역 외 방사(Out-of-Band Spectrum Emission) : 필요 주파수 대역폭 외곽에 존재하며 변조로 인해서 생긴 방사 전력밀도 스펙트럼(또는 스펙트럼 이산성분으로 이루어질 때는 전력 스펙트럼) 부분을 말한다. 다만, 이 경우 불요방사 성분인 스펜리어스는 제외된다.

대역 외 방사 스펙트럼은 대역 외 방사 전력과 다른 의미를 가지고 있다. 즉, 대역 외 방사 스펙트럼은 필요 주파수 대역폭 밖에 새로이 존재하는 스펙트럼 부분이다. 반면, 대역 외 방사전력은 필요 주파수 대역폭 외곽에 존재하지만 동일한 대역 내 개개 주파수에 대한 전력의 총 합계치를 말한다.

◆ 불요방사는 왜 측정하는가?

송신기에서 발사되는 전파는 본래의 반송파 이외에 주파수 변환회로 또는 증폭기의 비직선성이나 내부변조 등으로 인해 발생하는 불요파를 함유하고 있으며, 이 불요파는 어느 기준치를 초과할 경우 타 통신망에 혼신을 유발시켜 다른 통신에 큰 방해가 되고 통신을 할 수 없는 상황까지 발생되므로 관리가 필요하다.

FIGURE 1
Out-of-band and spurious domains



[그림1-5] 신호 및 불요방사의 영역구분

■ 공중선전력

◆ 공중선전력이란?

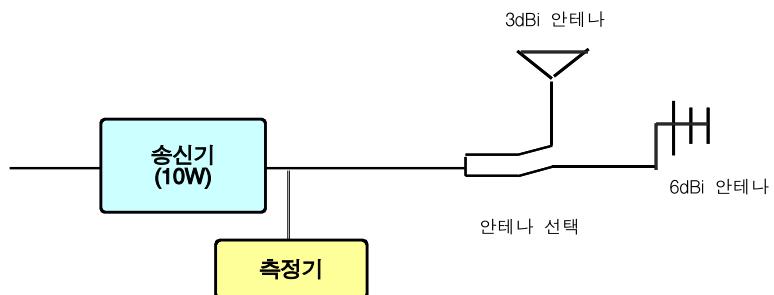
공중선전력은 송신기로부터 공중선계의 급전선에 공급되는 전기신호의 전력으로 평균전력, 첨두포락선전력, 반송파전력, 규격전력을 말한다.

< 용어정리 >

- 평균전력(PY) : 정상동작상태에서 송신장치로부터 송신공중선계의 급전선에 공급되는 전력으로서 변조에 사용되는 최저주파수의 1주기와 비교하여 충분히 긴 시간동안에 걸쳐 평균한 것
- 첨두포락선전력(PX) : 정상동작상태에서 송신장치로부터 송신공중선계의 급전선에 공급되는 전력으로서 변조포락선의 첨두에서 무선주파수 1주기 동안에 걸쳐 평균한 것
- 반송파전력(PZ) : 무변조상태에서 송신장치로부터 송신공중선계의 급전선에 공급되는 전력으로서 무선주파수의 1주기 동안에 걸쳐 평균한 것
- 규격전력(PR) : 송신장치의 종단증폭기의 정격출력
- 등가등방복사전력(EIRP, Effective Isotropically Radiated Power) : 공중선에 공급되는 전력과 공중선 절대이득(동방성안테나 기준)의 곱
- 실효복사전력(ERP, Effective Radiated Power) : 공중선에 공급되는 전력과 공중선 상대이득(다이폴안테나 기준)의 곱

◆ 공중선전력은 왜 측정하는가?

전파는 가능한 많은 사람에게 널리 이용되어야 하지만 그 공간을 공유하는 성질 및 주파수대역의 유한성 때문에 각 무선국이 점유하는 공간은 필요 최소한으로 한정된다.

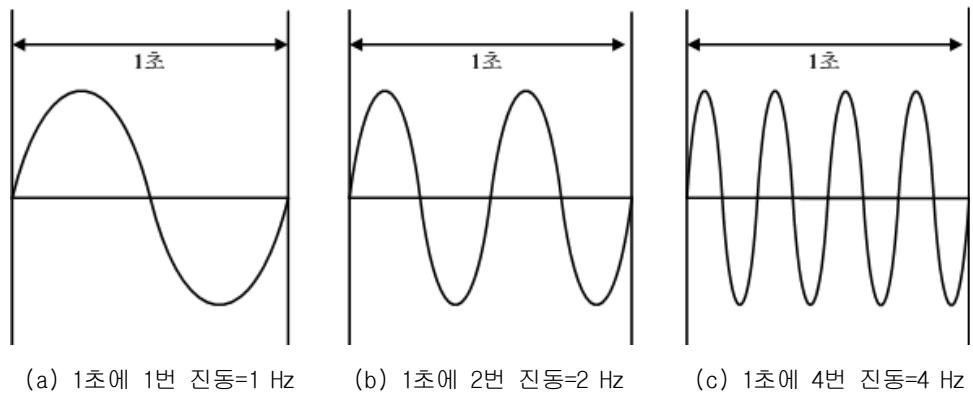


[그림1-6] 10W 무선설비 공중선전력 측정

1-3. 주파수

주파수는 전파가 움직이는 보이지 않는 길이며 전파의 특성을 통신, 의학 등에 이용하기 위해 파장 또는 진동수를 기준으로 정한 이용자의 약속이며 단위는 헤르쯔(Hz)를 사용하며 1 Hz는 1초 동안 1회 진동한 것을 말한다.

예) 이동전화 800 MHz → 1 초에 8 억번 진동
무선흐출 320 MHz → 1 초에 3.2 억번 진동



[그림 1-7] 주파수와 진동

■ 주파수의 대역과 대역폭

GBS(Global Broadcast Service)가 50~60 MHz를 이용하여 방송을 한다고 가정하는 경우 GBS의 주파수 대역은 50~60 MHz이며 주파수 대역폭(Bandwidth : 두 주파수 간의 간격)은 10 MHz이다.

(1) 안테나의 역할

- 수신 안테나 : 공간을 진행하고 있는 전파를 감지하여 효율적으로 감지된 전파를 흡수(수신)하는 기능
- 송신 안테나 : 장비(기지국)에서 발생시킨 전력을 전파로 변환하여 무선 공간에 효율적으로 복사(방사)하는 기능

(2) 주파수와 안테나의 관계

- 파장(λ)=전파의 속도(C)÷주파수(f)
- 주파수가 높을수록 안테나의 길이가 짧아진다.

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

(3) 주파수 대역별 이용분야

- 가청 주파수 : 수(Hz) ~ 20,000 (Hz)
- 음성 주파수 : 300 ~ 3,400 (Hz)

■ 주파수와 파장

주파수는 1초 동안에 진동한 횟수, 즉, 초당 진동수를 의미한다. 주파수의 단위는 Hz(헤르츠)이며 기호로는 f를 사용하며, 파장이란 전파가 한번 진동할 때 진행하는 거리를 말하며 기호로는 λ 로 쓴다.

(1) 전파의 진행속도

자유공간 내에서 전자파의 전파 속도는 빛의 속도와 같기 때문에 주파수와 파장을 곱한 것이 전파 속도이며 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\nu_p = \text{주파수}(f) \times \text{파장}(\lambda) = \text{광속}(C) = 3 \times 10^8 \text{ (m/sec)}$$

즉, 전파의 파장은 주파수에 반비례하기 때문에 주파수가 높은 전파는 파장이 짧고, 주파수가 낮은 전파는 파장이 길다.

(2) 주파수에 의한 전파분류

전파는 그 파장에 따라 장파, 중파, 단파 등으로 나눌 수 있으며 이렇게 분리된 전파는 각각 여러 가지 특성을 지니게 되는데, 각 주파수 성질의 크기순으로 배열한 것을 주파수 스펙트럼이라고 한다. 주파수 스펙트럼은 몇 가지 대역으로 나눌 수 있으며 주파수 대역에 따라 그 활용방법 및 사용 용도는 매우 다르다.

우리의 음성은 주로 전파의 종류 중 초장파(VLF)에 속하며 장파(LF)는 선박, 항공기의 통신 등으로 이용된다. 중파(MF) 및 단파(HF)는 주로 AM/FM 등의 라디오 방송으로 활용되며 초단파(VHF)와 마이크로파는 TV 방송, 이동전화, Microwave 위성통신, 우주통신 등에 사용된다.

특히, 마이크로파 중에서도 30 GHz가 넘는 밀리미터파와 서브밀리미터파는 차세대 통신분야에 활용될 수 있는 무한한 개발 가능성을 가지고 있는 주파수 자원을 포함하고 있다.

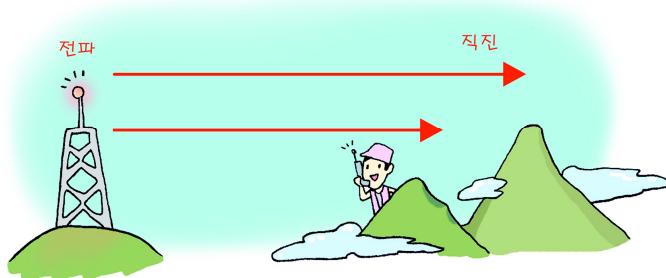
명칭	주파수대역	약칭	이용분야
초장파	3~30 kHz	VLF	해상통신
장파	30~300 kHz	LF	무선전화
중파	300~3,000 kHz	MF	국제단파통신
단파	3~30 MHz	HF	아마추어무선
초단파	30~300 MHz	VHF	FM, TV, 무선허출
극초단파	300~3,000 MHz	UHF	이동전화, PCS, 이리듐
마이크로파	3~30 GHz	SHF	인공위성
밀리미터파	30~300 GHz	EHF	우주통신, 차량 레이더
서브밀리미터파	300~3,000 GHz	SEHF	전파천문학

[표 1-1] 주파수에 의한 전파의 분류

1-4. 전파의 성질

■ 전파의 직진성

사전적인 의미의 직진은 [그림 1-8]과 같이 최단거리를 이동하는 것이라 할 수 있다. 전파는 빛과 유사한 성질을 가지고 있으며 이러한 직진성은 전파에 국한하지 않고 파동 전반에 공통적으로 나타나는 성질이다. 실질적인 예를 들면 많은 경로의 전파가 휴대폰의 안테나를 통해 도착되게 되는데, 이 때, 휴대폰은 통화하기에 유리한 가장 강한 전파를 잡을 수 있는 메커니즘을 가동하여 통화로를 설정하게 된다.



[그림 1-8] 전파의 직진성

■ 전파의 간섭성

연못에 돌멩이 두 개를 동시에 던져 넣으면, 돌멩이가 물속에 떨어진 곳으로부터 두 개의 동심원이 퍼져 나간다. 이 때, 파동이 겹쳐지는 곳을 살펴보면, 다음과 같은 현상이 발생한다.

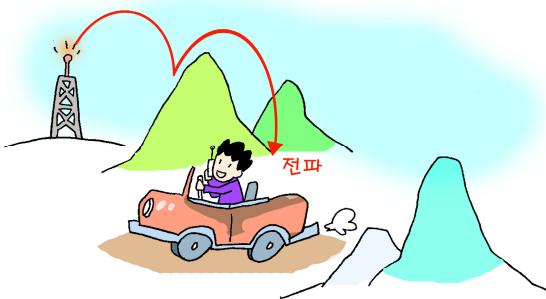
역위상의 경우는 한쪽 물결의 마루와 다른 물결의 골이 겹쳐지는 곳에서는 양쪽 물결(파동)이 서로 상쇄하여 합쳐진 물결은 그 마루와 골이 작아진다. 동위상의 경우는 마루와 마루가 겹쳐지는 곳은 마루가 한층 더 높아지고, 골과 골이 겹쳐지는 곳은 골이 더 낮아진다.

즉, 전파도 동일 주파수에 대한 2개 이상의 파동이 동위상인 경우에는 합성현상이 발생하고, 역위상인 경우에는 간섭현상을 일으키게 된다.

■ 전파의 회절성

전파는 빛과 같이 직진하지만 전파가 도달할 수 없는 산이나 건물 뒷면에서도 라디오나 TV가 수신되고 휴대폰 통화도 되는 것은 전파의 회절성 때문이다. 즉, 과동(전파의 흐름)이 진행하다가 장애물을 만나면 장애물을 돌아 뒤쪽까지 도달하는 현상을 말한다.

흔히 휴대폰을 사용할 때 건물이나 산 등에 가려 기지국 안테나가 보이지 않는 곳에서 통화하는 경우가 훨씬 더 많다. 만약 전파가 회절성 없이 직진성만 가지고 있다면, 휴대폰 통화는 물론 이동전화의 대중화는 상당히 어려움에 봉착했을 것이다. 그러므로 전파의 회절성은 이동통신에 있어서 없어서는 안되는 아주 중요한 특성이라 할 수 있다.



[그림 1-9] 전파의 회절성

■ 전파의 반사성

철창으로 만들어진 울타리 속에 있을 때 빛은 철창 사이로 비추어 들어오지만, 라디오는 수신이 잘 안되는 현상이 발생한다. 그 이유는 다음과 같다.

고스트(Ghost) 현상은 텔레비전 화상이 이중, 삼중으로 겹쳐져 보이는 현상으로, 방송국에서 날아온 전파가 빌딩 등과 같은 전파 반사체에 의해 반사된 전파와 합쳐져 나타나는 현상이다. 이러한 현상과 유사한 현상으로 무선 이동통신에서 발생하는 다중경로 페이딩(Multi-Path Fading)은 전파의 반사현상으로 통화에 지장을 준다.



[그림 1-10] 전파의 반사성

■ 전파의 전반사 현상

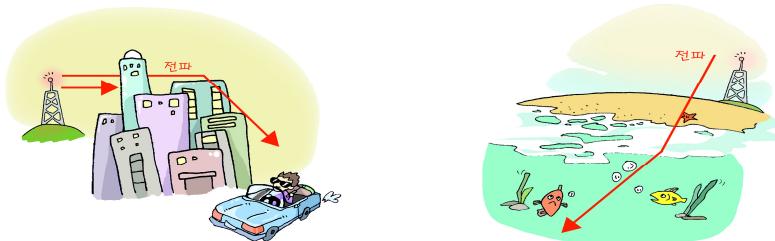
마르코니의 대서양 횡단 무선통신이 성공하고 난 후, 사람들은 다음과 같은 새로운 의문이 생겼다. “지구는 둑근 구면인데, 어째서 직진파인 전파가 보이지 않는 멀리까지 도달할 수 있는가?”

이러한 의문에 대한 해답으로 학자들은 2 종류의 전파경로가 있으며 지구의 구면을 따라가는 전파경로 및 하늘에서 반사되는 전파경로로 구분할 수 있고, 하늘에서 반사되는 전파경로는 전자로 이루어진 전리층이라는 도체의 성질을 가진 부분이 있기 때문에 형성되는 전파경로이다.

■ 전파의 굴절성

빛이 다른 물질에 침입하여 투과할 때에는 본래의 방향과는 약간 다른 방향으로 진행하며 또한, 진행 속도가 달라지게 된다.

[그림 1-11]은 전파가 물속으로 입력되는 현상을 보여주고 있으며 전파가 공중에서 물속으로 투과할 때에는 사람이 물속을 들여다 볼 때에 물체가 휘어져 보이는 것과 같은 굴절현상이 발생하고 물속에서의 진행 속도는 공기에서의 속도보다 느려지게 된다.

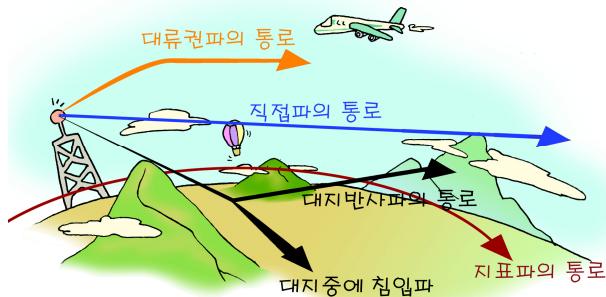


[그림 1-11] 전파의 굴절성

1-5. 지상파의 전파

■ 지상파

- (1) 지표파, 직접파, 대지 반사파, 회절파 등을 총칭한다.
- (2) 대지에 의하여 영향을 받는 전파의 종류이다.
- (3) 지상파의 전계강도에 영향을 미치는 요소
 - o 송신기출력, 송신공중선의 특성, 주파수 등
 - o 도전율과 유전율
 - o 대기의 기상상태
- (4) 대지의 도전율은 완전도체도 아니고 부도체도 아닌 중간위치이다.
- (5) 전파는 에너지의 손실을 받아 열로 발산하기 때문에 지상파는 낮은 주파수 대에서 수백 km 정도의 중거리 통신과 높은 주파수대에 있어서의 가시거리 통신에 사용된다.
- (6) [그림 1-12]에 지상파의 통로를 예시한 바와 같이 지상파는 직접파, 대지 반사파, 대류권파 성분들 중에서 한 가지 또는 2개 이상이 합성되어 수신 전계를 형성한다.



[그림 1-12] 지상파의 전파

■ 직접파

직접파는 대지면에 접촉 없이 송신 공중선으로부터 직접 수신 공중선에 도달하는 전파로 도달 거리는 수평선(또는 지평선)에 의해서 제한을 받으므로 송신 공중선과 수신 공중선의 높이를 높일수록 가시거리(Line of Sight)가 멀어진다.

■ 대지 반사파

- (1) 대지 반사파란 전파가 대지나 바닷물에 입사하여 일부분은 대지 속 또는 바닷물 속으로 들어가서 그 에너지가 열로 소모되고 남은 에너지는 반사되어 대기 중으로 다시 돌아가는 과이다.
- (2) 대지의 전기정수가 지역에 따라서 일정치 않고, 도전율이 완전도체와 같지 않기 때문에 광학적 반사를 하지 못한다.
- (3) 실제로 높이 약 1,000 m 이하에서 수 km 거리의 초단파(약 30 MHz이상) 통신에 있어서 수평편파는 대지에서 반사할 때에 위상이 180° 반사되고, 수신점에 도달할 때 위상이 늦어진다.

1-6. 전리층의 구성 및 특징

■ 전리층(Ionosphere)이란?

지구의 대기층 중 80~400 km 사이의 몇 개의 이온화된 가스층을 포함하는 부분을 전리층이라고 한다. 전리층 생성의 원인은 주로 태양의 자외선 방사인데, 대기의 조성은 높이에 따라 변하고 또 전리에 과장 선택성이 있기 때문에 D 층(90 km 이하), E 층(90~160 km), F 층(160 km 이상)으로 구분된다.

야간에는 전자 밀도가 현저히 감소하여 D 층은 소멸하나 E 층이나 F 층은 어느 정도 전리상태를 유지한다. 전파는 주파수가 높을수록 높은 상공까지 전달되나, 그 반사고도 이하의 전리층은 전파의 흡수층으로 작용한다. 또 전리층 내에는 각종의 전류가 수평 방향으로 흘러, 지자기의 시간적 변화를 일으키는 하나의 원인이 되고 있다.

■ 전리층의 특징

(1) D 층

지상 50~90 km 상공에 존재하고 전자밀도가 가장 낮고 주간에만 존재한다. 즉, 일출시 생성되고 정오에 전자밀도가 가장 높게 되며 일몰시에는 전자밀도

가 감쇄하며 공기 밀도가 크므로 재결합이 심하게 일어나 소멸된다. LF 전파는 반사하고 MF 이상의 전파는 투과하지만 많은 감쇄를 주기 때문에 흡수층이라고도 한다.

(2) E 층

지상 100 km 상공에 존재하고 높이는 계절에 따라 변화한다. 태양과 가까울 때는 자외선이 지구표면에 가까이 내려오므로 조금 낮아진다. 정오경에 전자밀도가 가장 높고 MF의 전파를 반사하며 HF 이상의 전파는 투과하나 야간에는 LF를 반사시킨다. E층 반사파는 약 1,000 km 이내의 통신에 사용된다.

(3) Es 층

E 층과 같은 고도, 즉, 약 100 km 높이에 위치하며 전자밀도는 F 층보다 크며 6~8월 중에 야간보다 주간에 발생되며 발생지역은 국지적이고 발생 주기가 불규칙하다. 그리고 단파통신에는 방해가 일어나며 초단파는 반사가 잘 일어난다.

(4) F₁ 층

지상 약 200~300 km 지점에 존재하며 주야 계절에 따라 변화를 보이며 낮에 전자밀도가 크고 밤은 소멸되어 F₂ 층과 일체가 되며 전자밀도는 겨울보다 여름이, 저위도에서 전자밀도가 크다. 또한, 중파 및 저단파 대역을 반사하며 주야에 따라 사용 가능 주파수가 변화된다.

(5) F₂ 층

지상 약 200~400 km 높이에 주야 계절에 따라 넓은 범위로 변화를 하며 여름에 높고 겨울에는 낮으며 야간은 F₁ 층과 하나가 되어 F 층을 형성한다.

전자밀도는 낮에는 겨울이 여름보다 전자밀도가 크고 밤에는 여름이 겨울보다 전자밀도가 크다. 따라서 전자밀도가 높기 때문에 단파통신에 유효하게 이용되지만 초단파 이상은 통과된다.

1-7. 전파전파에 의한 제현상

■ 델린저 현상(Dellinger Phenomena)

1935년에 전파가 태양폭발과 관계가 있다고 발표하여 이름 지어진 이상전파현상으로 최근에는 SWF(Short Wave Fadeout)라고도 부른다.

주간반구를 통로로 하는 단파통신이 수 분 ~ 수 시간에 걸쳐서 소실하는 것으로, 혹점부근에서 발생하는 단파장 복사선이 폭발시에 이상적으로 증가하기 때문에 전리층하부(D, E 영역부근)의 전자밀도가 증가하여, 전리하는 부분이 하강하기 때문에 통과하는 전파의 흡수가 증대하는 것이다.

이와 같이 D 영역에서 급격하게 이상 전리증가가 일어나는 현상을 SID(Sudden Ionospheric Disturbance)라 부르고 있다.

■ 덕트(Duct)

특별한 기상상태에서 대기중의 굴절 감소율이 매우 큰 충이 형성되어 그 가운데를 초단파 또는 마이크로파가 초굴절을 나타내면서 별로 감쇠되는 일이 없이 먼 곳까지 전해지는 경우가 있다. 이를 덕트라 하며 지표면 근방에서 형성된 것을 접지성 덕트, 대기중의 어느 고도에 형성된 것을 S형 덕트라 한다.

덕트는 기온의 역전 및 수증기의 감소가 심한 경우에 형성되기 쉽다. 예를 들면 온난하고 건조한 기류가 냉습한 해면상으로 흘러나가는 경우라든가 육상에서는 야간에 냉각이 극심한 경우에 형성되기 쉽다.

■ 자기폭풍

지구자계의 강도 및 방향은 규칙적인 일 변화를 하고 있지만, 일 변화의 범위를 넘어서 급격히 변동되는 일이 있다. 이 현상을 자기폭풍이라고 한다. 그 원인은 태양에서 어떤 기회에 대전미립자가 돌출되어 지구의 양극에 닿아 전리층에 영향을 미치기 때문인 것으로 추정된다.

페이딩(Fading)

전파전파 통로상의 매질 변동에 의해 수신감도가 급속히 변동하는 현상을 페이딩이라 한다. 그 변동주기는 보통 수 분의 1초 내지 수 분 정도의 것이 많다. 그 이상 주기가 긴 변동은 레벨변동이라고 통상 호칭한다. 일반적으로 페이딩은 동일통로에서 주파수가 높을수록 그 주기도 빠르다.

페이딩은 그 원인에 따라 간섭성 페이딩, 신치레이션 페이딩, 산란성 페이딩, 편파성 페이딩, 흡수성 페이딩 및 도약성 페이딩 등으로 분류된다. 또, 진폭의 변동을 유발하는 페이딩 외에 음성 또는 신호파형에 왜곡을 일으키는 선택성 페이딩이라 불리는 것도 있다.

1-8. 안테나 기초지식

안테나란

전기적인 신호를 전파로 바꾸어 주거나 그 반대의 기능을 수행하는 장치를 의미한다. 송신의 경우에는 송신기에서 보내고 싶은 전기적인 신호를 전파로 바꾸어 멀리까지 보내게 되며 또한, 멀리서 송신된 전파를 수신하면 그 전파를 전기적인 신호로 바꾸어 수신기에 전달하여 주기도 한다.

안테나의 특성

(1) 임피던스

임피던스는 전류가 흐르기 어려움을 나타내는 양이다. 송·수신기와 동축케이블, 그리고 안테나 모두 각각의 임피던스 값을 가지고 있다. 이 세 임피던스 값이 일치할 때에 가장 효과적으로 전파가 전해지게 된다. 보통 송·수신기와 동축케이블의 임피던스는 50Ω 으로 고정되어서 생산된다. 그러나 안테나의 임피던스는 50Ω 이 아닌 경우가 많다. 그러므로 안테나의 임피던스가 50Ω 에 가깝도록 조정을 해주어야 하며 이러한 조정을 Matching이라고 한다.

정재파비(SWR)는 바로 이 임피던스가 일치한 정도를 나타내는 값으로 1이상의 값을 가지며 SWR이 1에 가까우면 더욱 효과적으로 전파를 보낼 수 있고 송·수신기의 손상이 적어진다.

(2) 이득

이득은 안테나의 성능을 의미하는 것으로 안테나에 일정한 출력이 보내져도 안테나의 성능에 따라 더 높은 출력의 전파를 보낸 것과 같은 효과가 발생하게 되는데 이러한 효과를 나타내는 것을 이득이라고 한다. 단위는 dB이며 이득이 높은 안테나를 사용하면 작은 출력으로도 멀리 있는 무선국과 효과적인 교신을 할 수 있다.

(3) 지향성

안테나가 특정한 방향으로 전파를 더 많이 보내는 성질을 지향성이라고 한다. 지향성이 있는 안테나를 지향성 안테나라고 하며 지향성이 없이 모든 방향으로 동일하게 전파를 보내는 안테나를 무지향성 안테나라고 한다. 안테나는 전파를 입체적으로 보내지만 입체적인 지향성은 생각하기 어려우므로 우리는 편의상 수평면에서의 지향성과 수직면에서의 지향성을 생각한다.

안테나의 용도에 따라 지향성이 있는 안테나를 사용하거나 지향성이 없는 안테나를 사용한다. 지향성 안테나를 사용하는 가장 대표적인 예는 전파의 발신지를 탐지하는 것이다. 목적하는 방향으로 전파를 더 많이 보내도록 하기 위해 지향성 안테나는 방향을 바꾸어줄 필요가 있다. 수평 방향을 바꾸어주는 장치를 로테이터(Rotator), 수직 방향을 바꾸어주는 장치를 엘리베이터(Elevator)라고 한다.

■ 안테나 엘리먼트(Antenna Element)

안테나의 여러 부분 중에서 실제로 전파를 송신하거나 수신하는 부분을 엘리먼트라고 한다. 안테나의 실질적인 부분이며 전기가 잘 통하는 도체로 이루어져 있다.

■ 공진

안테나가 어떤 특정한 파장의 전파를 가장 효과적으로 보내고 받는 현상을 의미한다. 안테나의 길이가 파장의 1/2의 정수배일 때 안테나는 공진하게 된다. 이 때, 이 전파의 주파수 중에서 가장 낮은 주파수를 안테나의 공진 주파수라고 한다.

■ 로딩코일(연장코일)

안테나에 코일을 삽입하면 안테나의 공진 주파수가 높아지게 된다. 즉, 안테나의 길이가 파장의 1/2보다 짧아도 동일한 주파수의 전파에 공진할 수 있게 된다. 이렇게 안테나의 길이를 연장시켜 주는 코일을 로딩코일이라고 한다.

반대로 안테나에 콘덴서를 삽입하면 안테나의 공진 주파수가 낮아지게 된다. 즉 안테나의 길이가 파장의 1/2보다 길어도 동일한 주파수의 전파에 공진할 수 있게 되며 이렇게 안테나의 길이를 단축시켜 주는 콘덴서를 단축 콘덴서라고 한다. 로딩코일은 설치장소보다 안테나의 길이가 너무 길 때에 이용된다. 그러나 안테나를 단축하면 이득이 감소한다.

■ 트랩(Trap)

한 안테나로 여러 주파수의 전파를 이용하려고 할 때에 사용되는 코일을 트랩이라고 한다. 코일도 안테나처럼 공진 주파수를 가지고 있으므로 코일이 삽입 될 경우 그 주파수에 해당하는 전파에도 공진하게 된다. 그러므로 한 안테나를 여러 주파수에 공진시켜 사용할 수 있다.

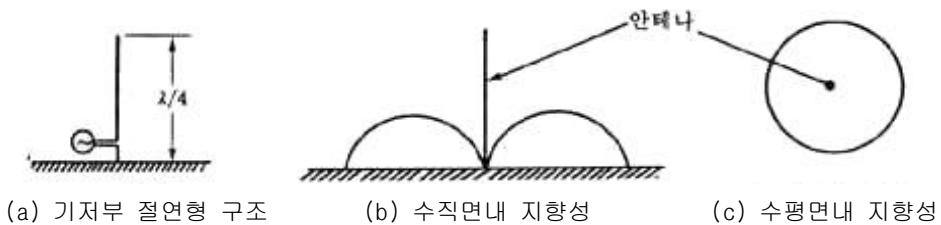
■ 동축 케이블

안테나에 전기 에너지를 공급해 주는 선缆을 급전선이라고 하며 이 급전선 중에서 외부도체와 내부도체로 이루어져 있는 선缆이 동축 케이블이며 외부도체와 내부도체의 축이 일치하기 때문에 동축 케이블이라는 명칭을 사용하게 되었다. 동축 케이블은 고유 임피던스와 크기, 재료, 성능에 따라 여러 가지 규격을 갖고 있으며 보통 RG8이라는 굵은 동축 케이블과, RG58이라는 가는 동축 케이블을 주로 사용한다. 이 두 동축 케이블은 모두 임피던스가 50 Ω이다.

■ 안테나의 종류

(1) 수직접지 안테나 (모노폴 안테나)

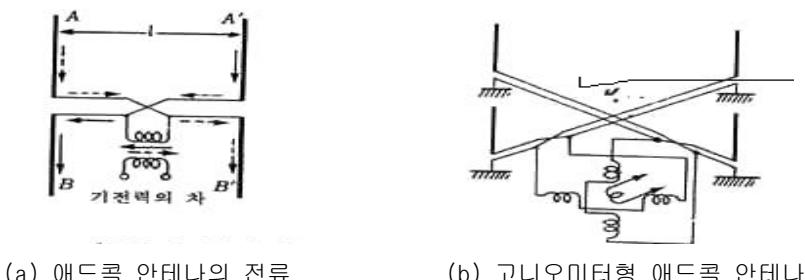
안테나에 사용되는 $\lambda/4$ 도선을 대지에 수직으로 설치하고 끝단을 직접 접지하는 방식(기저부 접지형)과 송신기를 통하여 접지하는 방식(기저부 절연형)의 구조를 갖는 안테나를 말한다. 수직접지 안테나는 기저부 절연형을 주로 사용한다.



[그림 1-13] 수직접지 안테나

(2) 애드록 안테나

2개의 수직 안테나를 조합 배열한 안테나로 방향 탐지 또는 무선 표지용으로 중장파에 대해 사용된다. 이는 수평편파 성분에 대해 관계가 없으므로 전리층의 영향에 따르는 야간 효과의 영향을 받지 않는다는 특성이 있다. 원리는 2쌍의 수직 안테나를 코일로 조합한 것으로 지면에 수직이 되는 방향의 전파에서는 2쌍의 안테나의 유기 전압이 상쇄되므로 코일에는 전류가 흐르지 않게 된다. 이 방향과 다른 곳에서 전파가 올 때에는 2쌍의 안테나의 유기 전압에 위상차가 생기면서 전류가 흐르게 되어, 안테나 전체로는 8자형의 지향성을 갖게 된다.

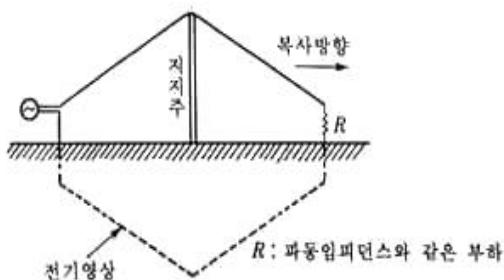


[그림 1-14] 애드록 안테나

(3) 역 V 형 안테나

2개의 도선을 수직면 내에 역 V 자형으로 하여 그 일단에서 급전하고 다른 쪽은 부하를 통하여 접지한 지향성의 진행파 안테나이다.

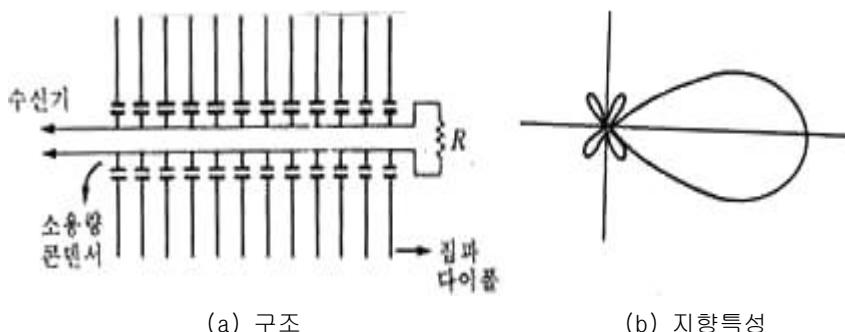
롬빅 안테나와 유사하나 차이점은 수직평파용 송·수신안테나이며 도선을 길게 할 수 없기 때문에 단파의 높은 주파수 대역에서 사용한다.



[그림 1-15] 역 V 형 안테나

(4) 어골형 안테나

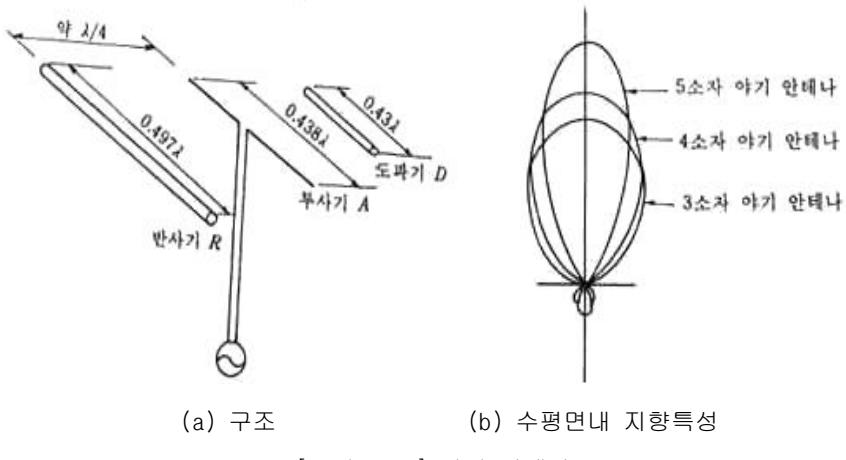
평행 2선식 급전선의 양측에 많은 비공진 소자(집파 다이폴)를 미소용량(애자)의 정전용량 이용)을 통하여 소결합시킨 형태로 종단에 파동 임피던스와 같은 종단저항을 접속하여 진행파형으로 동작시킨다. 집파 다이폴의 배열간격은 $\lambda/12$ 이며 길이는 3~5 m 정도로 하고 양쪽에 각각 수십 개의 집파 다이폴을 설치한다. 물고기의 뼈 모양을 한 형상이므로 어골형 안테나라 한다.



[그림 1-16] 어골형 안테나

(5) 야기 안테나

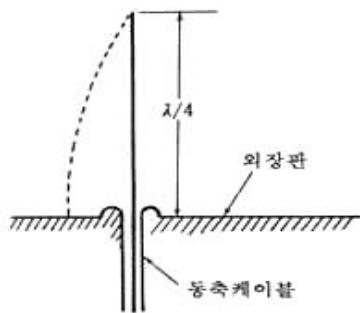
급전소자(DE, 투사기 또는 복사기)와 무급전 소자(parasitic element, 반사기와 도파기)로 구성된 안테나이다. 안테나 전방의 전계강도와 이득이 큰 단향성 안테나로 구조가 간단하면서도 이득이 크나 협대역이라는 단점이 있다.



[그림 1-17] 야기 안테나

(6) Whip 안테나

수직도선을 동축 급전선에 접속하고 이동체(차량, 선박, 항공기)의 외장판을 접지로 사용한 안테나로 자동차, 항공기, 모터보트(선박)등의 이동통신용 지주에 부착하여 기지국용으로 사용한다.

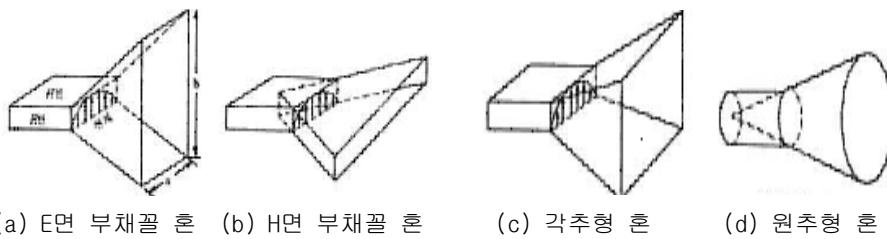


[그림 1-18] Whip 안테나

(7) 혼 안테나

도파관의 한 쪽 끝에서 여진 시키고 다른 쪽을 개방시키면 도파관을 전파하는 에너지는 개구단에서 공간으로 방사된다. 이 때, 도파관과 공간은 임피던스 정합이 되어있지 않기 때문에 에너지의 일부가 반사되어 모든 에너지가 공간으로 복사되지 않는다.

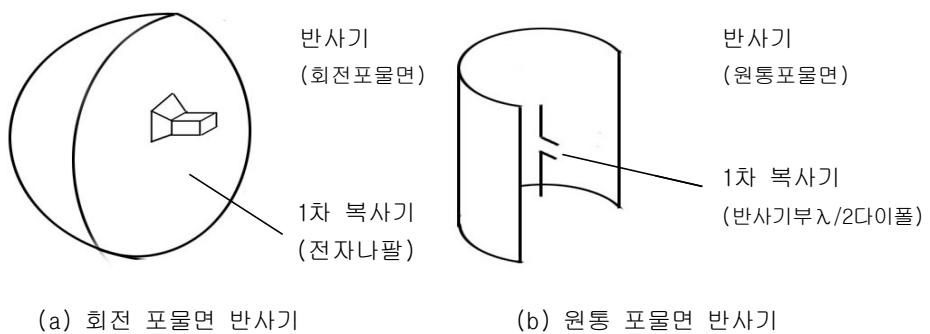
따라서 메가폰과 같이 도파관의 개구를 서서히 넓혀서 도파관과 공간을 정합시킨 개구부에서 전파를 복사하도록 한 안테나이다. 마이크로파 대역의 기본 안테나, 파라볼라 안테나 등의 여진용, 전파 시험용으로 사용된다.



[그림 1-19] 혼 안테나

(8) 파라볼라(Parabola) 안테나

포물면 반사기와 그 초점에 1차 복사기의 구조를 설치한 안테나로 극초단파대 이상의 마이크로파 대역의 안테나 중에서 가장 많이 사용되는 안테나이다. 극초단파(마이크로파) 고정통신용, 선박용 레이더(Radar), 위성통신용 등에 사용된다.



[그림 1-20] 파라볼라 안테나

2. 무선 송수신기

2-1. 송신기의 개요

■ 송신기의 종류

(1) 전파형식에 의한 분류

전파형식이란 발사하는 전파의 특성을 표시하는 방식을 말하며 기본적으로는 주반송파의 변조 방식(진폭 변조, 주파수 변조, 펄스 변조 등), 주반송파를 변조시키는 신호의 특성, 전송 정보의 형태(전신, 전화, TV 등)로 분류하고 이것을 종합하여 기호로 표시한 것을 전파형식이라고 한다.

이와 같이 송신기는 반송파를 변조하는 형태에 따라 AM, FM, PM 송신기로 크게 나누며 [표 1-2]과 같이 전송형식에 따라 A1A, A2B, H2A, H2B, F1A, F3C 등으로 나누어 그에 따른 명칭을 사용하는 송신기로 분류하는 방법이 있다.

구 분	진폭변조	각도변조	펄스변조	비 고
전신	A1A	F1A	P1A	변조 주파수 사용 않는 전신
	A2A	F2A	P2A	변조 주파수 사용하는 전신
전화	A3E	F3E	P3E	전화
	J3E	-	-	SSB 전화
팩시밀리	A4	F4	-	모사 전송
TV	ASC	-	-	
	F3	-	-	

[표 1-2] 전파형식에 따른 분류

(2) 사용 주파수에 따른 분류

무선통신에는 낮은 주파수에서부터 높은 주파수에 이르기까지 다양한 주파수를 사용하고 있다. 주파수에 따른 명칭으로는 장파 · 중파 · 단파 · 초단파 및 극초단파용 송신기가 있으며 일반적으로 전파의 성질상 단파대 이하에서는 AM 방식에 의한 송신기가, 초단파대에서는 FM 방식에 의한 송신기가, 마이크로파대에서는 PM 방식에 의한 송신기가 주로 사용되고 있다.

(3) 용도에 의한 분류

무선국의 업무종별로 분류하는 방식 중 크게 나누어 고정되어 있는 고정국 송신기와 이동하는 이동국 송신기로 나눌 수 있으며 또한 업무에 따라 방송용·일반업무용·공중통신용·실험용 및 개인을 위한 아마추어용 등 여러 가지 종류로 분류할 수 있다.

송신기의 조건

- (1) 발사 주파수의 안정도가 높을 것
- (2) 불필요한 스팸리어스 방사가 적을 것
- (3) 점유 주파수 대역폭이 최소한일 것
- (4) 일그러짐, 잡음의 발생이 적을 것
- (5) 출력이 변동하지 않고 항상 안정이 될 것
- (6) 전력효율이 높을 것
- (7) 외부의 온도나 습도의 변화에 영향을 받지 않을 것
- (8) 고장이 적고, 조정 및 보수가 용이할 것

2-2. AM 송신기

발진부

(1) 송·수신기용 발진기의 조건

- o 주파수의 안정도가 높고 고주파가 적을 것
- o 전원전압이나 온도 및 습도의 변화에 대해서 발진출력이 일정할 것
- o 주파수의 미세조정이 용이할 것
- o 자려발진기에서는 주파수 변화에 대한 발진출력의 변화가 적을 것
- o 부하변동에 영향을 받지 않을 것
- o 후단에 연결되는 증폭부를 여진 하는데 필요한 출력을 가질 것
- o 주파수를 변환할 때 조작이 간단하고 확실해야 하며 또한 신속히 이루어질 것

(2) LC 발진기(LC Oscillator)

① 콜피츠(Colpitts) 발진기

2개의 직렬 캐퍼시터와 1개의 인덕터의 병렬공진 회로를 되먹임 회로로 하면서 직렬 정전용량기의 한쪽 전압을 되먹임 전압으로 하여 구성되는 발진기

② 하틀리(Hartley) 발진기

AC 회로에서 발생하는 주파수를 결정하기 위하여 텁 코일을 사용하여 입력으로 되돌리는 전자 발진기 회로

③ LC 발진기에서 일어나기 쉬운 이상현상

LC 발진기에서 일어나기 쉬운 이상현상은 블로킹(Blocking) 현상, 인입현상(Pull-in-Phenomenon) 및 기생진동(Parasitic Oscillation) 등이 있다. 이 중 블로킹 현상과 기생진동은 전력증폭단 등에서도 발생하여 송신전파의 질을 악화시킬 뿐 아니라, 기기를 손상시키는 원인이 된다.

블로킹 발진은 그리드 회로의 시정수로 인하여 발진이 반복되는 현상을 말한다. 이 회로는 외부에서 동기를 줄 수 있으므로 텔레비전의 동기회로 등에 사용된다. 이것을 방지하려면 R, C의 값을 적당히 조절하여야 한다. 인입현상은 LC 발진기에 다른 주파수 전원으로부터 출력이 결합되면 LC 발진기의 주파수가 그 영향을 받아서 외부의 주파수에 끌려가는 것을 말한다.

기생진동(Parasitic Oscillation)이란 무선 송신기에서 규정 주파수 이외에 방사되는 주파수의 전파를 스판리어스 방사라고 하는데 그 중에서도 발진 또는 증폭기의 주 진동회로 이외의 회로에서 정규의 주파수와 관계없는 낮은 주파수(VLF)나, 높은 주파수(VHF)의 발진을 말한다. 정규적인 공진회로 이외의 부분에서 발진조건이 만족되어 예상하지 않은 주파수의 발진이 일어나는 경우가 있다.

이것은 단파대 이상의 주파수에서 대역폭이 넓어지고, 출력파형이 찌그러져서, 방사전파에 잡음이 생기고 음이 찌그러지며 동조점이 일치하지 않는 경우 등이 있다.

☞ 기생진동 발생시 일어나는 현상으로는 불필요한 전력이 소비되고 출력파형이 일그러진다. 방사전파에 잡음이 발생하고 다른 주파수가 발생되므로 대역폭이 넓어지며 동조점이 불안하다.

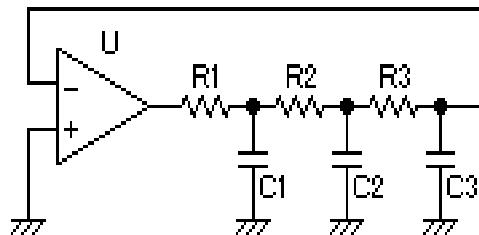
(3) RC 발진기(RC Oscillator)

컬렉터 측의 출력전압의 위상을 180° 바꾸어 입력측 베이스에 정궤환되어 발진하는 발진기이며 입력 임피던스는 크고, 출력 임피던스가 작은 증폭회로이다.

발진 주파수 및 증폭 이득은 다음의 식으로 주어진다.

$$\text{발진 주파수} : f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}} \text{ (Hz)}$$

$$\text{이득} : A_v \geq 29$$



[그림 1-21] 이상형 RC 발진회로

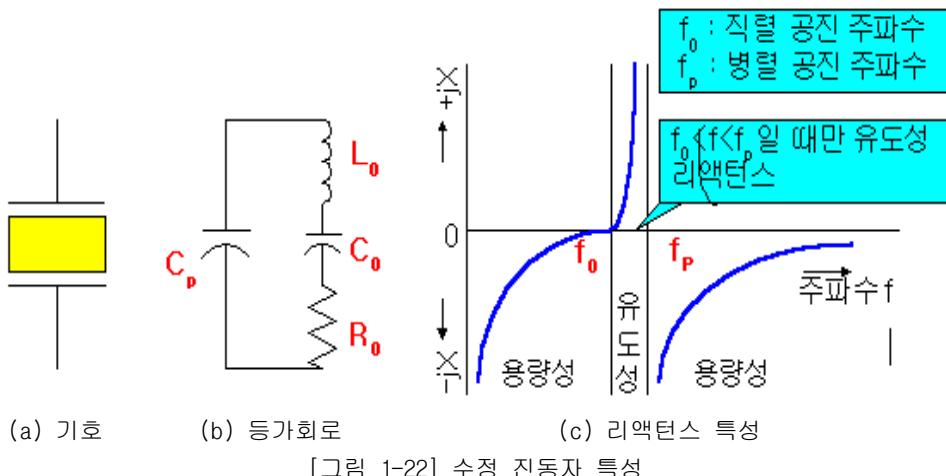
(4) 수정 발진기(Crystal Oscillator)

① 수정 발진회로

수정, 로셀염, 전기석, 티탄산바륨 등의 결정에 압력을 가하면 표면에 전하가 나타나 기전력이 발생하는 것을 압전효과라고 하며 이를 이용하여 얇은 수정片面을 만들고 그 양면에 금속 전극을 부착한 것을 수정진동자라고 한다.

수정 진동자가 발진소자로 사용되는 이유는 리액턴스가 유도성이 되는 주파수 범위가 좁아 수정 발진기의 발진 주파수가 매우 안정하기 때문이다.

② 수정 진동자



[그림 1-22] 수정 진동자 특성

③ 수정 발진기의 특징

- 주파수 안정도가 좋다.($1/1,000,000$ 정도)
- 수정 진동자의 Q가 매우 높다.($1/10,000 \sim 1/1,000,000$)
- 수정 진동자는 기계적으로나 물리적으로 안정하다.
- 발진조건을 만족하는 유도성 주파수 범위가 대단히 좁다.
- 송신기의 발진부에는 주파수 안정도가 양호한 발진회로가 요구되는데, 지금 까지의 LC 발진기는 $1/1,000$ 정도의 주파수 안정도 밖에는 얻기 어려워 $1/10,000 \sim 1/1,000,000$ 정도의 주파수 안정을 갖는 수정 발진 회로가 가장 많이 사용된다.

압전기 효과 : 수정편에 압력을 가하면 수정편의 양면에는 정(+), 부(-)의 전하가 발생한다. 또, 장력을 가하면 반대의 전하가 발생하는데 이러한 현상을 압전기 효과(Piezo Electric Effect)라고 한다.

■ 완충 증폭부(Buffer Amplification Part)

완충 증폭기(Buffer Amplifier)는 발진부 다음에 두는 것으로 뒤에 있는 증폭기나 전건조작 등으로 인한 부하의 변동이 발진부에 미치는 영향을 방지하고 다른 부분의 상태에 관계없이 언제나 일정하게 발진시키기 위하여 사용하는 것이다.

그러므로 발진부와 완충 증폭기의 결합은 소결합(Loose Coupling)으로 하고 완충 증폭기의 그리드 전류는 흐르지 않든가 또는 흘러도 어느 정도 작게하여 발진부를 최대한 안정도록 유지시킨다.

발진부와 완충 증폭기의 전원은 독립된 곳에서 공급하여 전압변동의 영향을 없애고, 전파를 발사하지 않을 때라도 이들은 동작시켜 두는 편이 좋다. 완충 증폭기는 증폭이 목적이 아니므로 A급(또는 AB급)으로 안정하게 동작시키고 또한 바이어스를 깊게 걸어 그리드 전류가 되도록 흐르지 않게 하므로 효율은 낮다.

■ 주파수 체배부(Frequency Multiplying Part)

수정 발진기에 사용하는 수정의 고유 주파수는 그 두께에 반비례하므로 발진 주파수를 높게 하기 위해서는 두께를 얇게 하여야 하는데 너무 얕게 하면 기계적으로 내력이 감소되어 곤란하게 되므로 직접 발진되는 수정 발진자의 최고 기본 주파수는 대략 10 MHz 전후가 된다.

실용적으로 사용되는 것은 5 MHz 정도나 그 이하, 또는 높은 주파수를 필요로 하는 송신기에는 발진출력을 증폭함과 동시에 C급으로 찌그러진 파형을 만든 다음 플레이트 회로에 나타나는 제 2 고조파나 제 3 고조파를 빼냄으로 주파수를 2배, 3배로 체배할 수 있는 것이다. 이 때, 플레이트 회로에는 필요한 고조파에 동조하는 공진회로를 놓으면 된다.

■ 전력 증폭부(Power Amplification Part)

전력 증폭기는 중간 증폭기부터의 고주파 입력을 강력하게 증폭하여 안테나에 고주파 전력을 공급하는 것이다. 3극관은 플레이트와 그리드간의 용량성 캐패시던스가 크므로 고주파 회로의 증폭관에 사용하면 자기발진이 생기게 된다. 자기발진을 방지하기 위해서는 중화회로를 사용하여야 하며 특히 전력 증폭부의 요구사항으로는 스퓬리어스가 적어야 하고 전력효율이 좋아야 한다.

전력효율을 높이기 위해서는 C급으로 동작시켜야 하나 C급을 사용하면 스퓬리어스 방사는 따르게 마련이므로 Q를 크게 하든가 차폐(Shield)를 완전히 하여 고조파나 기생진동 등의 방지조치를 취하여야 한다. 하나의 진공관으로 출력이 부족할 때 특히 트랜지스터의 경우에는 푸시풀 접속 또는 병렬접속을 하는 경우가 많다.

2-3. AM 수신기

■ 개요

슈퍼헤테로다인 수신방식은 안테나 회로에 유기된 고주파 신호를 수신기내의 국부발진기에서 발진한 고주파 신호와 혼합 겸파하여 두 고주파 신호의 차인 중간 주파수로 바꾸어 증폭, 겸파하여 수신하는 방식이다. 전파의 선택도를 높이기 위하여 동조회로를 많이 사용하고 보다 약한 전파를 수신하기 위하여 겸파하기 전에 충분히 증폭을 행하고 있다.

일반적으로 높은 주파수보다 낮은 주파수를 증폭하는 것이 쉽고, 특히 슈퍼헤테로다인 수신기에서는 높은 고주파인 도래 전파의 주파수를 낮은 중간 주파수로 바꾸어 증폭하므로 증폭이 용이하며 감도를 높일 수 있고, 발진을 일으킬 염려가 적어 우수한 특성을 가지며 현재 수신기에서 대표적으로 사용되고 있는 수신방식이다.

즉, 수신기란 공간을 전파해오는 수많은 전파를 안테나에 유기시켜, 그 중에서 희망하는 신호만을 선택한 후 증폭, 복조하여 원래의 신호로 재생시키는 장치이다.

■ 수신기의 조건

- (1) 안정도가 좋을 것
- (2) 폐이딩에 대한 대책이 충분할 것
- (3) 도래 전파가 미약한 경우에도 수신할 수 있도록 감도가 우수할 것
- (4) 잡음이 가능한 적을 것
- (5) 타 통신에 혼신을 받지 않기 위해 선택도가 충분할 것
- (6) 전화인 경우에는 충실도가 좋을 것
- (7) 구조가 견고하고 취급이 간단할 것

■ 수신기의 종류

- (1) 스트레이트 수신기(Straight Receiver)
-

-
- (2) 다이오드 수신기(Diode Receiver)
 - (3) 재생형 수신기
 - (4) 초재생형 수신기
 - (5) 오토다인형 수신
 - (6) 리플렉스형 수신기(Reflex Type Receiver)
 - (7) 슈퍼헤테로다인 수신기

슈퍼헤테로다인 수신기(Super Heterodyne Receiver)

(1) 구성 원리

슈퍼헤테로다인 수식방식은 안테나 회로에 유기된 고주파 신호 중 필요한 주파수만을 동조회로로 선택한 다음 고주파 증폭부에서 증폭시켜 국부발진기에서 발진한 고주파 신호와 주파수 변환부에서 혼합하여 중간 주파수로 바꾼 다음 충분히 증폭(IF : 455 kHz)하고, 다시 겸파하여 얻은 신호파를 저주파 증폭부에서 증폭시켜 다음 단으로 전달하는 것이다.

제 2 국부발진기는 무변조 신호인 A1 전파를 수신할 때 비트 주파 발진기(BFO : Beat Frequency Oscillator)로 사용하는 것이다. 증폭이 용이하고 감도를 올릴 수 있을 뿐만 아니라 선택도가 좋으므로 대부분 이 방식을 사용하고 있다.

(2) 슈퍼헤테로다인 수신기의 특징

- o 근접 주파수 선택도가 양호하다.
 - o 수신 주파수에 관계없이 감도와 선택도가 거의 일정하다.
 - o 수신 주파수에 의한 대역폭 변화가 없고 임의의 대역폭을 얻을 수 있다.
 - o 충실도가 높다.(통과 대역폭을 조정하기 때문에 높은 충실도를 얻을 수 있다)
 - o 감도가 양호(저잡음의 고주파 증폭기와 낮은 중간 주파수를 사용하므로 감도가 안정적)
 - o 단일 조정법을 사용할 수 있다.
 - o 수신기 출력변화가 적다.(AGC 회로 사용으로 출력의 변화가 적다)
 - o 영상 주파수 혼신을 받기 쉽다.
 - o 주파수 변환에 따른 혼신 방해와 잡음이 많다.
 - o 회로가 복잡하고 조정이 어렵다.
 - o 높은 주파수 대역에서는 국부 발진기의 주파수 안정도가 낮아진다.
-

(3) 영상 주파수 혼신을 경감시키는 방법

- o 고주파 증폭단을 부가하여 선택도를 높인다.
- o 동조회로의 Q를 높인다.
- o 중간 주파수를 높게 설정한다.
- o 안테나 회로에 웨이브 트랩(Wave Trap)을 설치한다.
- o 중간 주파수 증폭회로에 수정 필터(X-tal Filter)를 사용한다.
- o 이중 슈퍼헤테로다인 방식으로 한다.
- o 고주파 증폭부, 주파수 변환부를 차폐한다.

(4) 선택도의 개선

- o 동조회로의 선택도 Q 를 높게 한다.
- o 고주파 증폭단을 부가한다.
- o 중간 주파수 증폭단을 늘린다.
- o 공중선 회로를 소결합 한다.
- o 고주파 증폭회로를 부가 한다.
- o 중간 주파수 증폭단의 대역폭은 필요 이상으로 넓게 하지 않는다.

수신기의 종합특성

(1) 감도(Sensitivity)

감도란 얼마나 미약한 전파를 수신할 수 있느냐 하는 정도를 표시하는 것으로 주로 종합이득과 내부 잡음에 의하여 결정되며 약한 전파를 수신 할수록 감도가 좋다고 할 수 있다.

감도를 향상시키는 방법은 고주파 증폭기에 사용하는 진공관이나 트랜지스터는 내부 잡음이 적고, 상호 컨덕턴스가 큰 것을 사용하고, 고주파 동조회로의 Q 를 크게 하며 내부 잡음이 적은 주파수 변환관을 사용한다. 또한, 중간 주파수 증폭기의 대역폭은 필요 이상으로 넓게 하지 않으며 공중선 결합회로 및 각 단 증폭부의 이득이 충분하여야 하고, 수신기 각 부분의 조정상태가 정확해야 하며 사용하는 부품이 양호해야 하고 접촉 저항 등이 없어야 한다.

(2) 선택도(Selectivity)

선택도란 희망신호 이외의 신호를 분리할 수 있는 능력을 표시하는 것으로 주로 증폭회로의 주파수 특성에 의하여 결정된다. 선택도는 크게 근접 주파수 선택도, 실효 선택도, 영상 주파수 선택도 및 스펜리어스 응답 등으로 나눌 수 있다.

선택도를 올리기 위해서는 동조회로의 Q 를 크게 하고, 대역폭은 최소한으로 작게 하여 대역 외의 차단특성을 날카롭게 하여야 한다.

(3) 충실도(Fidelity)

충실도라 함은 전파된 통신내용을 수신하였을 때 본래의 신호를 정확하게 재생시키는 능력을 표시하는 것으로 충실도를 좌우하는 것은 주로 주파수 특성, 왜곡, 잡음 등이다.

(4) 안정도(Stability)

안정도란 일정 진폭, 일정 주파수의 신호 입력을 가하였을 때 재조정을 하지 않고 장시간에 걸쳐서 일정한 출력을 얻을 수 있느냐의 능력을 말한다. 수신기로는 감도, 선택도 등을 포함하는 종합특성이 안정할 것이 요구된다.

여기서 중요한 것은 국부발진 주파수 안정도이다. 이것의 안정이 불량하게 되는 원인은 초기 변동, 전원전압의 변동, 온도 및 습도의 변화, 기압의 변화, 기계적 진동 및 충격 등이며 장시간에 걸쳐서는 부품의 노후에 의한 성능 열화도 있다.

■ 수신기의 각 부 원리와 동작

(1) 고주파 증폭회로(High Frequency Amplification Circuit)

고주파 증폭부의 성능은 수신기 감도를 좌우한다. 특히 SNR에 크게 영향을 주므로 첫 번째 증폭부로 저잡음 고주파 증폭회로를 사용해야 한다.

고주파 증폭부의 역할은 공중선에는 매우 많은 전파가 유기되므로 이것을 직접 주파수 변환회로에 도입하면 영상 주파수가 방해를 받기 쉽기 때문에 영상

주파수 선택도의 개선에 필요하고 공중선 회로와의 정합으로 미약한 전파를 효율 좋게 수신하기 위해서는 공중선 회로와의 정합이 필요하나, 고주파 증폭부에서는 비교적 쉽게 정합회로를 설계할 수 있으며 수신기 잡음은 대부분 주파수 변환부에서 발생하므로 이 전단에서 어느 정도 증폭하여 두면 그만큼 전체의 SNR은 개선된다.

또한, 국부발진기와 공중선 사이에 증폭기가 첫 번째 증폭단에 들어갈 것이므로 국부발진 전파가 공중선에 결합되는 비율이 작게되며 증폭 단수가 하나 붙게 된 것이므로 그 증폭도 만큼 감도는 향상된다. 그러나 고주파 증폭부에서의 이득을 너무 많이 기대할 수는 없다.

(2) 주파수 변환부(Frequency Conversion Part)

슈퍼헤테로다인 수신기에서 주파수의 변환 목적은 수신신호에 대한 증폭과 선택작용을 용이하게 하기 위하여 수신 주파수를 중간 주파수로 변환하는 것이다. 그러므로 수신신호를 국부 발진기의 발진 주파수와 혼합하는 회로가 필요하다.

이 역할을 담당하는 것이 주파수 변환부이며 회로적으로 보면 혼합회로(Mixer)와 국부발진(Local Oscillation) 회로로 분리되어 있다. 주파수 변환회로의 조건은 주파수 변환기의 변환이득이 커야하고, 잡음 발생이 적고, 동작이 안정해야 하며 국부발진 세력이 외부에 누설되지 말아야 하며 국부 발진회로는 적절한 출력을 안정하게 공급하고 주파수가 양호해야 하고, 고조파 함유량이 적어야 한다.

(3) 중간 주파수 증폭부(IF Amplification Part)

중간 주파수 증폭회로는 슈퍼헤테로다인 수신기의 전체 이득의 과반을 담당하고, 근접 주파수 선택도를 결정하는 중요한 역할을 한다. 슈퍼헤테로다인 수신기에서는 수신 주파수를 중간 주파수로 변환(AM의 경우 455 kHz)하여 증폭함으로 우수한 성능을 얻을 수 있다.

중간 주파수를 높게 설정하면 인입현상이 개선되고, 영상 주파수 관계를 개선되며 주파수 특성을 개선(충실도 향상)할 수 있다. 중간 주파수를 낮게 설정하면 감도 및 안정도가 개선되며 단일 조정(Tracking)을 용이하게 하고 근접 주파수 선택도를 개선할 수 있다.

(4) 검파부

검파부는 피변조파로부터 본래의 신호를 검출해 내는 부분을 말하며 넓은 의미로는 복조라고도 한다. 따라서 이와 같이 사용되는 장치를 검파기 또는 복조기라고 한다. 검파기의 필요조건은 일그러짐이 적어야 한다.

(5) 수신기의 부속 회로

① 자동이득제어회로(AGC : Automatic Gain Control Circuit)

무선통신에서는 페이딩(Fading)이나 무선전파의 특성에 의하여 수신전파의 입력 레벨이 변동하게 된다. 입력이 변동함에 따라서 출력도 변동하게 되므로 통신의 질이 저하하기 때문에 출력변동을 방지하기 위하여 수신기의 이득을 자동적으로 제어하는 회로를 자동이득제어회로(AGC)라고 한다.

② 지연이득제어회로(Delayed AGC Circuit)

AGC 회로를 사용하면 수신기의 최대 감도는 저하되기 때문에, 이것을 방지하기 위하여 미약한 입력전파에 대하여는 AGC 작용을 하지 않도록 하여 이득을 최대로 취하도록 하고 일정한 레벨 이상의 전파를 수신했을 때만 AGC가 동작하도록 한 것을 DAGC 회로라고 한다.

③ 자동선택도제어회로(ASC : Automatic Selectivity Control Circuit)

수신기에서 수신전파가 강할 경우에는 선택도를 저하시켜서 통과 대역폭을 넓게 하여 충실도를 향상시키고, 수신전파가 약할 때는 선택도를 높게 하여 혼신의 염려를 없애기 위한 조작을 자동적으로 행하는 회로를 말한다.

④ 자동주파수제어회로(AFC : Automatic Frequency Control Circuit)

AFC는 발진 주파수의 편차를 검출하고 이것으로 발진기의 발진 조건을 기계적 또는 전기적으로 제어하여 발진 주파수가 항상 일정한 값으로 유지하도록 하는 장치이며 송신기나 수신기 어느 쪽이나 사용된다. AGC 장치는 검출부로 주파수 판별기(Frequency Discriminator)와 제어부로 구성되어 있으며 SSB를 비롯하여 FM, TV, 레이더 등에 사용되고 있다.

2-4. SSB 통신방식

■ SSB 통신방식의 특징

- (1) 점유 주파수 대역폭이 1/2로 축소된다.
- (2) 적은 전력으로 양질의 통신이 가능하다.
- (3) 송신기 소비전력이 적다.
- (4) 선택성 페이딩(Fading)의 영향이 적다.
- (5) SNR이 개선된다.
- (6) 비화성을 유지할 수 있다.
- (7) 송신기가 소형, 경량이다.
- (8) 송수신기의 회로가 복잡하다.
- (9) 높은 주파수 안정도를 필요로 한다.
- (10) 가격이 비싸다.
- (11) 수신기에 국부 발진기 및 동기장치가 필요하다.
- (12) 반송파가 없어 AGC 또는 AVC 회로를 사용할 수 없다.

■ DSB와 SSB 통신방식의 관계

- (1) 점유 주파수 대역폭(Occupied Frequency Bandwidth)

점유 주파수 대역폭은 신호 주파수(f_s)에 대하여 일반적으로 DSB 방식에서는 $2f_s$ 인데 비하여 SSB 방식에서는 f_s 만으로 할 수 있으므로 점유 주파수 대역폭은 1/2로 된다.

따라서 전파 규정에 있어서도 DSB 무선전화의 경우 점유 주파수 대역폭이 6 kHz 임에 비하여 SSB에서는 3 kHz로 정하고 있다. 이상과 같이 SSB는 대역폭이 좁으므로 선택도가 좋아지며 주파수 이용도를 2배로 늘릴 수 있다.

- (2) 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio)

신호 대 잡음의 비율, 즉, SNR이란 Signal-to-Noise Ratio의 약자이며 아날로그 통신에서는 SNR, 디지털 통신에서는 E_b/N_0 로 표현된다.

따라서 SSB(A3J) 통신방식이 100% 변조를 행하는 경우 DSB 통신방식에 비하여 수신 출력에서 어느 정도의 SNR이 개선되는가는 매우 중요하다. 따라서 SSB 파는 DSB 파에 비하여 대역폭이 절반이기 때문에 잡음은 대역폭에 비례하므로 수신기에 들어가는 잡음도 절반이 된다. 여기서, 대역폭 관계로 약 3 dB 개선된다는 것을 알 수 있다.

필터(Filter)

필터는 원하는 형태의 신호 파형만 통과시키고 원하지 않는 파형들을 걸러 내는 전자회로의 한 종류로 일반적으로 인덕턴스 L 및 캐패시턴스 C의 조합으로 된다.

또한, 주파수가 매우 높은 초단파(VHF) 대역에서는 레헤르선이나 동축선을 소자로 하는 필터를 사용하며 그보다 주파수가 높은 마이크로파 대역에서는 도파관 필터가 사용된다.

필터의 기능상으로 분류하면, 어느 주파수 이하의 신호를 통과시키는 LPF(low pass filter), 어느 주파수 이상의 신호만 통과시키는 HPF(high pass filter), 어느 주파수 대역의 신호를 통과시키는 BPF(band pass filter)와 어느 주파수 대역의 신호만을 정지시키는 BEF(band elimination filter)가 있다.

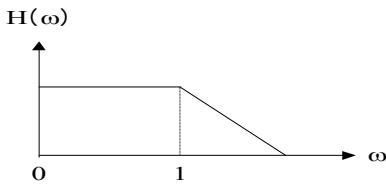
따라서 SSB 파를 만드는 모든 방법에서 불요측파대와 반송파를 제거하기 위하여 필터를 필요로하게 된다. 평형 변조기만을 가지고 반송파를 완전히 억제하는 것은 실제로 곤란하며 보통 희망 측파대에 대한 감쇄비는 5~15 dB 정도가 된다.

(1) 필터의 정의 및 원리

필터는 특정한 주파수 대역의 신호를 될 수 있는 한 손실 없이 전송하고, 다른 불필요한 주파수 대역의 신호를 저지할 목적으로 사용한다.

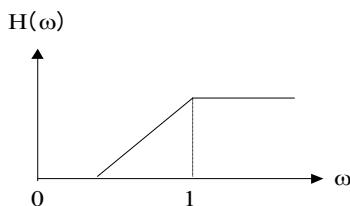
(2) 필터의 분류

- o 저역(통과) 필터(LPF : Low Pass Filter) : 어떤 주파수보다 낮은 주파수만을 통과시키는 필터를 말한다.
-



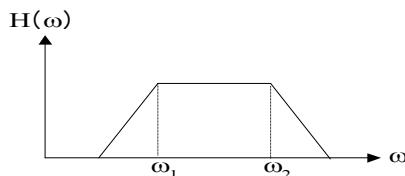
[그림 1-23] 저역 필터 특성

- 고역(통과) 필터(HPF : High Pass Filter) : 어떤 주파수보다 높은 주파수만을 통과하는 필터를 말한다.



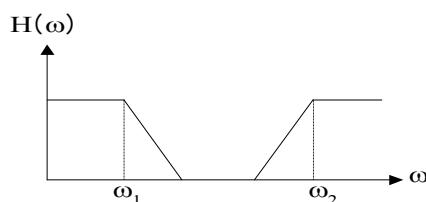
[그림 1-24] 고역 필터 특성

- 대역(통과) 필터(BPF : Band Pass Filter) : 어느 주파수부터 다른 어느 주파수까지의 대역만을 통과하는 필터를 말한다.



[그림 1-25] 대역 필터 특성

- 대역 저지 필터(BEF : Band Elimination Filter) : 어느 주파수부터 다른 어느 주파수까지의 대역을 저지시키는 필터를 말한다.



[그림 1-26] 대역 저지 필터 특성

(3) 구성 부품에 의한 분류

위상 편이기에 의한 경우에도 불요파의 감쇠비가 30 dB 정도이므로 당연히 출력측에 필터를 설치하게 된다. SSB 파는 보통 단파대를 사용하므로 적용 주파수 대역 및 특성을 고려하면 LC 필터, 메커니컬 필터 및 수정(X-tal) 필터 등이 있는데 이들은 동작 주파수, 대역폭 또는 주파수 차단특성 등이 각각 다르다.

(4) 필터의 구비 조건

- o 차단 특성이 예리할 것
- o 감쇠대역의 감쇠량이 클 것
- o 통과대역의 손실이 적을 것
- o 통신에 필요한 충분한 전송대역을 가지고 있을 것
- o 통과대역의 주파수 특성이 평탄할 것
- o 통과대역에 있어서 영상 임피던스는 순저항이 되고 그 편차가 적을 것
- o 임피던스가 변조 작동에 있어 변하지 않을 것
- o 병렬·직렬 접속을 해도 타 통신로에 손실을 주지 않을 것
- o 입·출력 임피던스가 타 회로와 정합이 잘 될 것
- o 온도변화에 의한 특성변화가 적을 것

■ 선택성 페이딩(Selective Fading)의 영향

단파를 원거리 전송 할 때에 일어나는 현상으로, 3개의 성분(반송파, 상·하 측파대)이 각각 불규칙하게 변화하고, 양측파대가 소멸되는 현상이 보인다. 따라서 선택성 페이딩을 받으면 반송파 및 상·하 측파대를 합성한 포락선은 송신파형의 포락선과는 달라지게 된다. 따라서 DSB 파를 검출한 출력은 당연히 왜곡된다.

SSB 방식의 경우는 점유 주파수 대역폭이 $1/2$ 이고 DSB 검파형식과는 다르기 때문에 선택성 페이딩에 의해서 발생하는 왜곡은 매우 적어지며 DSB 방식에 비해서 평균 3 dB 정도 유리하다고 알려져 있다.

■ SSB 전파의 분류

(1) 전 반송파 SSB 방식

전 반송파 방식의 스펙트럼은 진폭변조파(AM)에서 한쪽의 측파대만 제거하고 반송파를 전전력으로 방사하는 방식이다. 송신측에서 평형 변조기를 써서 양측 파대만을 얻은 것을 다시 대역 필터로 한쪽 측파대를 제거한 후 새로이 반송파 진폭을 측파대와 같이 최대 진폭의 크기로 첨가하여 송출한다. 반송파 진폭이 측파대 보다 크면 전력소비가 많고, 너무 적으면 찌그러짐이 증가한다. 이 방식은 송신전력이 커져 가장 비경제적이나 보통 AM 수신기로 수신할 수 있는 이점이 있다.

(2) 저감 반송파 SSB 방식

저감 반송파 방식은 반송파를 어느 정도까지 저감해서 낮은 레벨로 하여 한쪽의 측파대와 함께 보내는 방식이다. 수신측에서는 필터를 통하여 음성신호와 저감 반송파(파일럿 파)를 분리한다.

(3) 억압 반송파 SSB 방식

억압 반송파 방식은 반송파는 가능한 억압하고 한쪽의 측파대만을 송출하므로 방사전력은 모두 신호성분으로 여겨도 무방하다. 수신 장치에서 반송파에 해당하는 주파수를 수신기의 국부 발진기에서 발진시켜 첨가하므로 진폭을 측파대의 진폭보다 충분히 크게 할 수 있어 찌그러짐이 극히 적어진다. 또 수신측에서 반송파 주파수와 동일한 주파수를 발진시키지 않으면 명료도가 나빠지므로 최대 10 Hz 이상 벗어나지 않도록 유지시켜야 한다.

■ SSB 수신기

(1) SSB 수신기의 구성

싱글 슈퍼헤테로다인 수신기와 더블 슈퍼헤테로다인 수신기의 특징을 비교하면 다음과 같다.

첫째는 두 수신기의 차이점은 SSB 복조기가 다르고, 또한 국부 발진 주파수 (Local Oscillation Frequency)를 송신측과 일치시키기 위하여 사용하는 동기 조정 회로(Speech Clarifier Circuit)가 있는 점이 다르다.

둘째로 SSB 수신기의 복조방식은 SSB 송신기의 변조방식을 역으로 생각하여 하측파대 만을 뽑아내면 된다. SSB 수신기의 국부발진 주파수가 SSB 송신의 반송 주파수와 일치해야만 하기 때문에 통화 개시시 송신측에서 정해진 신호파(Tone Oscillator)와 비교하며 0 비트가 되도록 국부발진 주파수를 조정하기 위하여 동기 조정 회로가 있다.

셋째는 SSB의 AGC는 DSB와 달리 기술적으로 곤란한 문제가 있다. 즉, DSB의 경우는 변조신호 유무에 불구하고 반송파가 발사되므로 검파출력에 포함되는 직류전압을 AGC 전압으로 이용하면 된다.

넷째로 SSB의 경우는 반송파는 거의 발사되지 않으며 변조가 발생할 때에만 전파가 도래하고, 또 그 크기도 시시각각 변한다. 따라서 일반 AGC를 사용하면 무변조시 이득이 높아지고 잡음 출력이 크게 된다. 반면에 변조가 깊은 곳에서만 출력이 압축되고 만다. 이상의 이유로 SSB에 AGC는 충전 시정수가 적고, 방전 시정수는 충분히 커야 한다.

(2) 혜테로다인 검파 원리

수신전파의 주파수를 정해진 낮은 주파수(중간 주파수)로 변환 후 검파하는 것을 혜테로다인 변환이라고 하며 주파수 변환은 수신기 내부에 설치된 국부발진기의 출력과 수신전파의 신호를 혼합해 이루어진다. 두 주파수의 차를 만들어내는 방법을 혜테로다인 방식이라고 한다.

2-5. FM 송·수신기

FM 송신기

FM 송신기(Frequency Modulated Transmitter)는 음성신호를 주파수로 변조하여 송출시키는 장치로 발진기, 주파수 체배기, 전력 증폭기 등은 AM 송신기와 거의 비슷하다.

변조방식에 따라 직접 주파수 변조방식과 간접 주파수 변조방식의 두 종류로 분류된다. 리액턴스 소자를 사용하는 것은 직접 주파수 변조방식에 속하고, 벡터(Vector) 합성법이나 세라소이드(Serrasonoid) 변조법은 간접 주파수 변조방식에 해당한다.

(1) 순시 편이 제어 회로(IDC : Instantaneous Deviation Control Circuit)

마이크로폰 입력이 과다해지는 경우 변조기 입력의 변화가 과대해져서 발사 전파의 주파수 대역폭이 규정 값은 넘어 다른 통신에 방해를 줄 염려가 있다. 이것을 방지하기 위하여 순시 편이 제어회로를 사용하고 있으며 일종의 진폭 제한기의 역할을 하는 회로이다.

즉, FM 송신기에서 최대 주파수 편이가 규정치를 초과하지 않도록 음성신호 등의 진폭을 일정 레벨로 제어하는 제어회로이며 FM 변조를 하는 경우 그 주파수 편이는 변조 신호 입력의 크기에 비례하기 때문에 순간적으로 큰 입력이 있으면 허용된 최대 주파수 편이를 초과할 위험이 있다. 이것을 방지하기 위해 최대 주파수 편이에 상당하는 입력 레벨로 잘라 내고, 어떤 큰 입력이 있어도 변조 입력이 이보다 크게 되지 않도록 하는 제어회로이다.

(2) 프리 앰페시스(Pre-Emphasis) 회로

실제 통화하는 경우 인간이 발음하는 음성은 개인차가 있지만 일반적으로 에너지 분포가 400 Hz 전후의 성분이 가장 많고 2 kHz 이상이 되면 현저하게 적다. 이러한 신호로 FM 변조를 행하면 높은 주파수 성분에 의한 변조도는 낮아지기 때문에 수신기 측에서 검파를 하면 주파수 성분이 높은 부분일수록 잡음이 크게 되어 SNR이 나쁘게 된다.

그러므로 변조시 주파수의 높은 쪽을 특히 강하게 변조하여, 높은 주파수에 대한 신호 대 잡음비의 저하를 방지하기 위한 회로, 즉 높은 주파수의 잡음을 개선하기 위하여 프리 앰페시스 회로를 사용하고 있다.

(3) 디 앰페시스(De-Emphasis) 회로

프리 앰페시스 회로를 송신기에 사용하여 고음부를 강조하면, 수신기 출력에서의 SNR은 개선되지만 음성출력은 본래의 음성과 같지 않게 된다. 이를 해결하기 위하여 수신기에서 검파 한 후에 디 앰페시스 회로를 사용하고 있는데, 반대 특성을 갖고 있으며 본래의 신호음으로 환원된다. 즉, 수신측에서 충실한 재생을 하기 위해 이것을 원상으로 되돌리는 과정이 필요하며 이러한 일련의 조작을 디 앰페시스라고 하고, 이 회로를 디 앰페시스 회로라고 한다.

FM 변조방식

(1) 직접 FM 변조회로

직접 FM 변조방식은 LC 발진기와 같은 자려 발진기의 동조회로에 가변 리액턴스 소자(가변 용량다이오드, 리액턴스 트랜지스터 등)를 접속하고, 신호파에 따라서 가변 리액턴스 소자의 용량 또는 인더티스를 변화시킴으로 발진 주파수를 변화시켜 직접 FM 파를 얻는 방법이다.

일반적으로 이 회로에서는 자려 발진기가 쓰이므로 자동 주파수 제어회로를 사용하지 않으면 주파수 안정도는 나쁘나 주파수 편이를 한 번에 크게 얻을 수 있기 때문에 체배할 필요가 없어 변조특성이 좋으므로 FM 방송 등에 널리 사용되고 있다.

직접 FM 방식의 특징은 자려 발진기를 사용하므로 주파수 안정도가 간접 FM 방식보다 불안하며 AFC 회로가 필요하다. 또한, 장치가 비교적 간단하며, 발진 주파수를 어느 정도 높게 해서 체배단 수를 어느 정도 절약할 수 있는 것이다.

(2) 간접 FM 변조회로

간접 FM 변조라 함은 음성신호를, 전치 보상기(Pre-Distortor)를 통과시킨 후에 위상변조를 행하여 등가적인 FM 파를 얻는 변조방식이다. 간접 FM 변조방식은 직접 FM 변조방식과 달리 위상 변조기에서 주파수 피변조파를 얻는 방식으로 신호파를 위상변조기에 넣기 전에 적분회로(전치보상회로)를 통해서 입력하면 출력에 주파수 피변조파가 얹어지는 원리에 의한 것이다. 따라서 이 방식은 수정 발진기를 사용하기 때문에 특별한 AFC 회로를 사용하지 않더라도 주파수 안정도가 좋으므로 소형 FM 무전기에 널리 사용되고 있다.

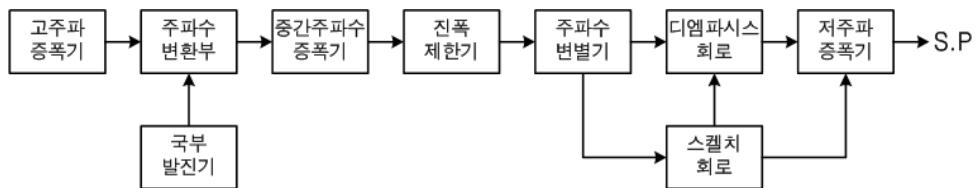
간접 FM 방식의 특징은 X-tal을 사용하므로 주파수 안정도가 높고, AFC 회로가 필요 없으며 장치가 비교적 복잡하다. 또한, PM에서 FM을 얻는 방법으로 전치 보상기 회로가 필요하며, 깊은 변조를 할 수 없기 때문에 상대적으로 큰 주파수 편이를 얻기 어렵다. 따라서 큰 주파수 편이를 요하는 송신기는 많은 주파수 체배단이 요구된다.

■ FM 수신기

(1) AM과 비교한 FM 수신기의 특징

- o FM 과는 많은 측파대를 함유하므로 고주파 및 중간주파수 증폭기의 대역 폭을 넓게 잡아야 한다.
- o SNR이 좋다.
- o 수신기의 출력의 변동이 적다.
- o 진폭 제한기를 사용하므로 잡음, 페이딩의 영향을 줄일 수 있다.
- o 회로 구성이 다른 방식에 비해 복잡하다.
- o 이득이 크다.

(2) FM 수신기의 구성도



[그림 1-27] FM 수신기의 구성도

(3) FM 수신기 보조 회로

- o Limiter(진폭 제한기) 회로
- o Squelch(자동 잡음억제회로)
- o De-Emphasis회로 (적분회로)
- o AFC 회로

(4) FM 수신기의 특성

- o 수신측의 진폭 제한기 및 AGC 작용으로 페이딩 영향이 적다.
- o 수신파 분포가 많아 점유 주파수 대역폭이 넓다.
- o 수신기에 진폭 제한기를 사용하여 잡음이 제거되어 SNR이 좋다.
- o 송·수신기가 복잡해진다.

-
- 점유 주파수 대역폭이 넓으므로 초단파대 이상에서 사용된다.
 - 스켈치 회로가 있어 입력신호가 없거나 적을 때에 내부 잡음을 억제하는 기능이 있다.
 - FM 파는 진폭이 일정하여 이 변조파를 C 급으로 동작시키고, 저전력 변조를 행하므로 소비전력이 적어진다.
 - 수신전계의 변동이 심한 이동 무선통신 방식에 적합하다.
 - 디 엠파시스(De-Emphasis) 회로가 있다.

■ FM 통신방식과 AM 통신방식의 비교

(1) 점유 주파수 대역폭

AM의 대역폭은 $2 \times \Delta f_s$ 이나, FM은 $2 \times (\Delta f + f_s)$ 로 되어 AM 보다 훨씬 넓어진다. 단, Δf_s 는 최고 변조 주파수, Δf 는 최대 주파수 편이, f_s 는 최고신호 주파수이다.

(2) 신호 대 잡음의 비율

FM은 AM보다 대역폭이 넓으므로 광대역 이득에 의하여 SNR이 개선된다. 또, 진폭 제한기에 의해 잡음이 제거되고 스켈치 회로에 의해 무반송파 때 기기 잡음까지 제거시킨다.

(3) 신호 대 혼신의 비율

FM은 스켈치 회로의 조정에 의하여 신호파 진폭이 혼신파 진폭보다 약간이라도 크면, 이 강한 전파가 약한 전파를 완전히 억압하여 출력에 나타나지 않게 하는 성질이 있고, 혼신을 제거하는 능력이 더 커진다.

(4) 페이딩의 영향

FM은 진폭 제한기를 사용하므로 페이딩 등으로 진폭 변화가 있어도 항상 일정한 출력을 유지시켜 AM과 같은 페이딩의 영향을 받지 않는다. 따라서 수신 입력 변동에 대하여 복조신호 레벨을 일정하게 유지시킬 수 있어 레벨 변동의

영향이 없어진다.

(5) 사용 주파수

AM은 대역폭이 좁으므로 어떤 주파수 대역에서도 사용 가능하나, FM은 대역폭이 넓게 취해지므로 초단파대 이상에서 사용해야 한다.

(6) 송신기의 구성

FM은 초단파대 이상을 사용하므로 체배단 수가 많아지며 스판리어스 복사도 많아 혼신방해를 일으키기 쉽다. 직접 주파수 변조방식일 때에는 체배단 수는 적으나 FM 중심 주파수의 변동을 막기 위하여 AFC 회로와 같은 장치가 필요하며 따라서 AM 방식보다 복잡해진다.

그러나 FM에서는 진폭이 일정하여 저전력 변조와 피변조판의 C 급 동작이 가능하며 AM 방식에 비하여 능률을 아주 좋게 할 수 있고 과변조시에도 변조찌그러짐이 생기지 않으므로 고충실도를 얻을 수 있다. AM에서는 대개 고전력 변조를 사용하므로 변조기 소비전력이 크나 FM은 적다.

(7) 수신기의 구성

FM은 VHF 대역 이상을 사용하므로 주파수를 체배하는 부분이 많고, 리미터를 동작시키기 위하여 AM보다 수신기 이득을 높일 필요가 있다. 또한, FM 수신기는 스켈치 회로 등이 요구되므로 AM 수신기보다 회로가 더 복잡해진다.

FM 방식이 AM 방식보다 SNR이 개선되는 이유

무선 수신기에 방해를 주는 공전, 태양잡음, 은하잡음 등의 전파잡음은 대부분 진폭변조에서는 영향을 받고 있으나 FM 수신기에서는 진폭 제한기에 의해 잡음성분을 제거한 후 복조를 실시하므로 잡음이 매우 작아지기 때문에 SNR이 향상된다.

또 전파잡음 중에는 주파수 변조에 영향을 주는 것도 있으나 신호파의 주파수 편이를 크게 하면 거의 신호파에 잡음이 혼입되지 않는다. 따라서 AM 방식에 비하여 FM 방식이 SNR이 좋으나 내부잡음은 큰 차이가 없다.

2-6. FS통신기기

■ FS 통신방식의 의의

FS(Frequency Shift) 통신방식은 발사전파의 주파수를 마크와 스페이스 부호에 따라 중심 주파수에서 각각 정(+), 부(-)로 일정 주파수를 편이시켜서 전송하는 것이다. 수신측에서 FM 수신기와 같이 주파수 변별기나 필터에 의하여 반송 주파수를 중심으로 주파수 편이에 따른 출력을 얻으므로 본래의 신호를 재생시킬 수 있는 통신방식을 말한다.

따라서 이 방식도 일종의 FM이기 때문에 FM이 지니고 있는 이점을 전부 가지고 있을 뿐만 아니라, 전신의 경우 마크, 스페이스에 따른 주파수 편이를 적게 하고 있기 때문에 접유 주파수 대역폭이 좁은 통신을 할 수 있어서 단파 및 마이크로파 대역의 국제통신 회선, 텔레ックス 회선 등의 원거리 고정회선에도 많이 쓰이고 있다. 뿐만 아니라 이 방식을 사용함으로 고속도 통신이 가능하게 되고, 페이딩이나 공전의 영향을 거의 받지 않는 특색이 있다.

■ FS 통신방식의 효과

- (1) 수신기에서는 FM이 가지는 리미터의 사용으로 인한 SNR의 개선 및 선택 성 페이딩의 영향이 매우 감소하기 때문에 진폭변조 전신방식에 비해서 회선의 질을 향상시킬 수 있다.
- (2) FS 방식은 연속적으로 전파를 전송하므로 수신측에서는 AGC 회로를 사용할 수 있다. 이것은 결국 페이딩의 영향도 경감시킬 수 있다. 진폭변조 전신방식의 경우는 AGC를 사용하면 스페이스 기간에 잡음이 크게 되므로 사용할 수 없다. 공간 다이버시티 수신법에 있어서는 진폭변조 전신법과 비슷하게 좋은 효과를 기대할 수 있다.
- (3) FS 통신방식은 통신속도를 빨리하여도 최대 주파수 편이가 별로 커지지 않으므로 측파대의 폭도 넓어지지 않는다. 따라서 고속통신과 다중통신에 사용할 수 있다. 또한 적은 전력을 가지고 양질의 통신이 가능하며 오자율

및 탈자가 통신방식으로 널리 사용된다.

■ FS 송신기의 특징

- o FS 통신방식은 FM의 일종이기 때문에 AM 방식에 비하여 신호 대 잡음의 비(SNR)가 크다.(약 6~10 dB 개선)
- o 통신속도가 빠를 경우 측파대의 대역폭이 AM 방식에서와 같이 측파대가 증가하지 않는다. 그 이유는 최대 주파수 편이가 작기 때문이다.
- o 주파수 다이버시티(Frequency Diversity) 효과가 크므로 페이딩에 의한 오자, 탈자 등이 적다.
- o 페이딩에 대하여 AGC가 용이하며 효과가 크다.
- o 변조전력이 적어도 된다.
- o 키 클릭의 방해가 적다.
- o 평균전력은 AM 송신기 평균전력의 2배이다.
- o 인쇄전신, 다중통신, 고속도 전신에 적합하다.

3. 전원설비

3-1. 통신용 전원장치

■ 통신용 전원장치의 개요

송신기의 전원은 이동용을 제외하고는 일반적으로 교류전원을 정류하여 사용한다. 전원회로에서 중요한 것은, 안정되고 충분한 용량을 가질 것과 공급전압의 전압 변동률(Voltage Regulation) 및 맥동률(Ripple Factor)이 적어야 한다는 것이다.

송신기 전원으로는 교류를 정류하여 사용하는 것이 보통인데 필요한 용량에 따라서 사용 형태가 달라진다. 즉, 출력이 적을 때에는 단상 교류를, 출력이 1 kW 이상인 때에는 3상 교류를, 10 kW 이상인 때에는 3상 고압을 사용하는 것이 보통이다.

특히 발진부의 전원은 주파수의 안정화를 기하기 위하여 독립된 안정회로를 가지고 있는 경우가 많다. 일반적으로 고압이란 600 V 이상의 교류전압 및 750 V 이상의 직류전압을 말하며 특히 7,000 V 이상(직류 및 교류)을 특별고압이라 한다.

■ 통신용 전원장치의 조건

- (1) 확실하고 연속적인 전원을 공급하여야 한다.
- (2) 보안장치를 해야 한다.
- (3) 예비전원 장치가 구비되어야 한다.
- (4) 전압전원의 변동이 없어야 한다.
- (5) 취급이 용이하고 경제적이어야 한다.

■ 통신용 수전설비

- (1) 단로기(DS : Disconnecting Switch) : 유입 개폐기를 절단한 후 안정성을 확보하기 위하여 이중으로 회로를 차단하는 스위치로 무부하 상태에서 개폐해야 한다.
-

-
- (2) 유입 차단기(OCB : Oil Circuit Breaker) : 수리시에 선로를 끊어서 평상시 전압, 전류를 차단하는 장치로 특히 아크(Arc) 방전을 주의해야 한다.
 - (3) 변압기(Transformer) : 전압을 변환하는 장치이다.
 - (4) 계기용 변류기(CT : Current Transformer) : 부하에 직접 접속하여 고전류를 읽을 수 있도록 하는 장치이다.
 - (5) 계기용 변압기(PT : Potential Transformer) : 어떤 전압값을 이에 비례하는 전압값으로 변성하는 계기용 변성기로, 사용 목적에 따라 비접지형과 접지형, 상수에 따라 단상과 삼상으로 분류된다.

정류소자(Rectifier Element)

송신기는 그 출력에 따라서 수천~수만 볼트의 직류 고전압 전원을 필요로 한다. 그러므로 정류기는 중전력 이하의 경우는 열음극 수은증기 정류관(Hot Cathode Mercury-Vapor Rectifier Tube)이, 대전력 용에는 냉음극 정류관(Cold Cathode Rectifier Tube)이 사용되어 왔으나, 최근에 와서는 게르마늄이나 실리콘 소자의 제작기술이 발달하여 대전력용을 제외하고는 대체로 반도체 정류기가 많이 사용되고 있다.

(1) 진공관 정류기(Vacuum Tube Rectifier)

- o 열음극 수은증기 정류기(Hot Cathode Mercury-Vapor Rectifier)
- o 냉음극 정류기(Cold Cathode Rectifier)
- o 텅거 정류기(Tunger Rectifier)
- o 셀렌 정류기(Selenium Rectifier)

(2) 반도체 정류기(Semi-Conductor Rectifier)

- o 게르마늄 정류기(Germanium Rectifier)
 - o 실리콘 정류기(Silicon Rectifier)
 - o 실리콘 제어 정류기(SCR : Silicon Controlled Rectifier)
 - o 트라이액
-

(3) 정류기의 특성 비교

항목 종류	게르마늄	실리콘
최대 전류밀도	약 100 A/cm^2	약 200 A/cm^2
첨두 역내전압	300~400 V	보통 800 V (1,000~2,000 V)
순방향 전압강하	약 0.5 V	약 1 V
최고동작온도(접합부)	75~80 °C	180~190 °C
정격동작온도(접합부)	65 °C	150 °C
온도의 영향	약하다	약하다
정류비	Si 보다 적다	Si 보다 크다
수명	반영구적 (10만 시간 이상)	반영구적 (20만 시간 이상)
용도	보통 저압용	고압용

[표 1-3] 정류기의 특성비교

3-2. 정류기(Rectifier)

■ 정류기의 개요

- (1) 교류(AC)를 직류(DC)로 바꾸는 장치로 입력(AC)→전압변환회로→정류회로→평활회로→정전압회로→출력(DC)의 절차에 따라 입력된 AC가 DC로 변환된다.
- (2) 정류소자는 산화동, 셀렌(Se), 게르마늄(Ge), 실리콘(Si) 및 수은 정류기가 사용된다.
- (3) 전압을 정격으로 유지하려면 정류기를 직렬로 연결하여 사용하고, 전류 용량을 높이려면 정류기를 병렬로 연결하여 사용한다.

■ 정류기의 특성 변수

- ① 맥동률(리플 함유율 : v) : 직류성분 속에 교류성분이 얼마나 포함되어 있는 가를 표시하는 값으로 리플 함유율이라고도 하며 다음의 식으로 나타낸다.

$$v = \left(\frac{\text{교류전압의 출력 값}}{\text{출력 직류전압의 평균 값}} \right) \times 100\%$$

② 전압 변동률(ε) : 부하전류의 변화에 따라 직류 출력전압의 변화 정도를 표시하는 값으로 다음의 식으로 나타낸다.

$$\varepsilon = \left(\frac{\text{무부하시 출력전압} - \text{부하시 출력전압}}{\text{부하시 출력전압}} \right) \times 100\%$$

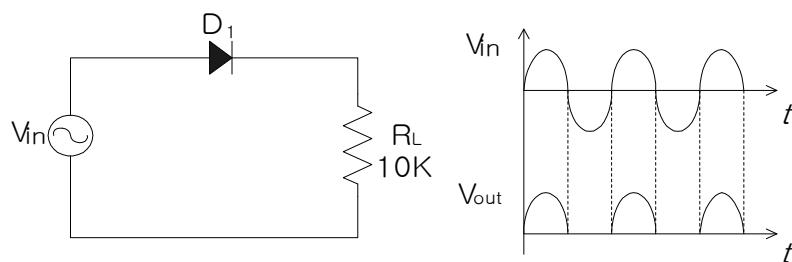
③ 정류효율(η)

$$\eta = \left(\frac{\text{직류 출력전력의 평균 값}}{\text{교류 입력전력의 실효 값}} \right) \times 100\%$$

■ 정류회로

(1) 단상반파 정류회로

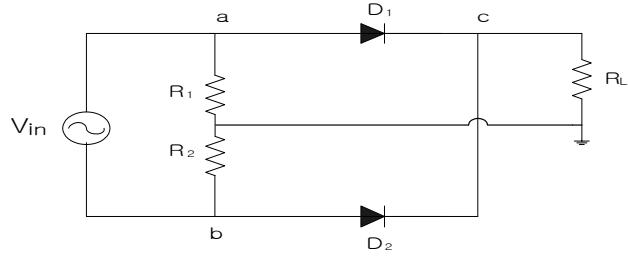
다이오드 등과 같이 정류기능을 가지는 정류소자를 사용하여 교류의 정(+) 또는 부(-)의 반 사이클만 전류를 흘려서 부하에 직류를 흘리도록 한 회로이다.



[그림 1-28] 반파정류회로

(2) 단상전파 정류회로

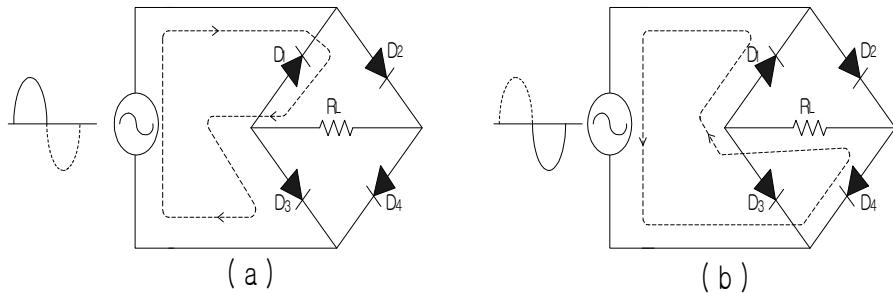
다이오드를 사용하여 교류의 (+), (-) 어느 반 사이클에 대해서 정류를 하고, 부하에 직류전류를 흘리도록 한 회로이며 중간 탭이 있는 트랜스가 필요하다.



[그림 1-29] 단상전파정류회로

(3) 브리지 정류회로

전파정류회로의 일종으로, 다이오드 4개를 브리지 모양으로 접속하여 정류하는 회로이며 중간 템이 있는 트랜스를 사용하지 않아도 된다.



[그림 1-30] 브리지 정류회로

3-3. 축전지(Storage Battery)

축전지(Storage Battery)

1) 축전지의 개념

일반적으로 화학 에너지를 전기 에너지로 변화시키는 방전(放電)과 또 다른 전원으로부터 전기 에너지를 공급하여 화학 에너지로 변화시켜 축적하는 충전(充電)을 반복하는 전지를 축전지 또는 2차 전지라고 한다.

일반적으로 많이 사용하고 있는 건전지와 같은 1차 전지는 충전과 방전이 반복되지 않는다. 축전지에는 납 축전지와 알카리 축전지가 있는데 납 축전지가 널리 사용된다.

축전지는 1개당 기본 전압이 2 V이며 방전됨에 따라 전압이 강하하여 어느 값(방전 정지전압)에 도달하면 갑자기 감소하여 0이 되므로 이 방전정지 전압(Final Discharge Voltage) 이하로 사용하지 않는다.

(1) 납 축전지

납 축전지는 과산화납(PbO_2)을 사용한 양극과 음극에 해면상(海綿狀)의 납(Pb)을 사용한 음극을 비중이 1.2~1.3인 황산(H_2SO_4)에 넣은 것이다. 실제로는 극판 면적의 증가를 위하여 많은 양극과 음극의 극판이 병렬로 연결되어 있으며 각 극판 사이에는 절연물(絕緣物)로 만든 격리판이 들어 있다.

충전된 상태에서는 양극은 이산화납, 음극은 납이지만 방전을 계속하면 양극과 음극은 다 같이 황산납으로 되며, 동시에 물이 생기게 되므로 전해액의 비중이 저하한다.

또 충전된 상태에서 양극은 다갈색, 음극은 납색으로, 방전을 계속하면 양극(兩極)이 다같이 회백색으로 된다. 납 축전지의 기전력은 약 2 V이지만, 방전하는 사이에 서서히 저하하여 1.8 V 정도까지 저하하면 다시 충전을 시켜야 한다.

축전지는 크기에 관계없이 기전력은 같으나, 극판 면적을 증가하여 전지의 조(槽)를 크게 하면 용량이 증가해서 많은 전류를 흐르게 할 수 있다. 충전은 전지의 양 단자에 전원의 양 단자를 연결하고 규정의 전류값을 유지하면서 계속된다. 충전이 진행됨에 따라 양극판은 다갈색으로, 음극판은 납색으로 변화하며 충전전류를 흘리는 상태에서 전압이 2.7~2.8 V로 높아진다. 전해액의 비중이 서서히 증가하여 1.26 정도로 되면 충전종료로 보아도 된다.

충·방전의 반복 횟수가 많은 것은 1,000 회 이상이 되며 사용가능 기간이 긴 것은 몇 년이나 된다. 축전지의 효율은 충·방전할 때의 암페어시(Ah) 또는 와트시(Wh)의 비로 나타내며 암페어시 효율, 와트시 효율이라고 한다. 전자는 대개 90%, 후자는 일반적으로 75%이다. 축전지의 기전력은 주위 온도가 변화해도 거의 변화하지 않는다고 볼 수 있으나, -30 °C 정도의 저온에서는 성능이 저하한다.

(2) 알칼리 축전지

양극에 수산화니켈, 음극에 카드뮴, 전해액으로는 알칼리 용액을 사용한 것을 융너(Jungner)식 알칼리 축전지라고 하며 융너식에 단지 음극에 카드뮴 대신 철을 사용한 것을 에디슨(Edison)식 알칼리 축전지라고 한다. 일반적으로 융너식 알칼리 축전지가 널리 사용되고 있다.

기전력은 약 1.2 V이며 방전 종료시에는 1.1 V로 된다. 암페어시 효율은 약 85%, 와트시 효율은 약 80%이다. 알칼리 축전지는 진동(振動)에 강하며 자기방전(自己放電)이 적고 평균수명이 길어 7~25년 사용할 수 있으며, 또 -20~45°C의 넓은 온도범위에서 사용할 수 있다. 알칼리 축전지 중에서 극판에 니켈·카드뮴을 사용한 것은 극판의 제조법으로 소결법(燒結法)을 사용한 것이 있다.

이것은 내부저항이 작고 완전한 밀봉식으로 만들어져서 소형 경량화되며 저온시의 특성이 좋다. 또 산화은 분말을 은망(銀網)에 도포해서 굳힌 것을 양극판으로 하고, 수산화아연을 음극판으로 하여 전해액으로는 가성칼리(수산화칼륨) 용액을 사용한 알칼리 축전지가 있다.

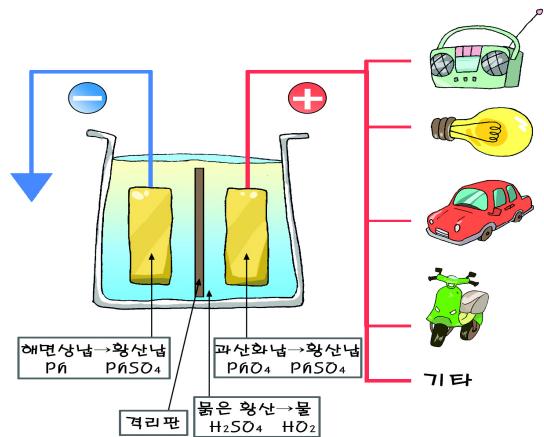
방전 중의 전압은 1.2~1.5 V, 소중량으로 대용량이 만들어지고 급격한 대전류가 흐를 수 있는 등의 특징이 있기 때문에, 가격은 비싸지만 통신병기나 로켓의 전원으로 주목되고 있다.

■ 축전지의 화학반응

(1) 방전 중의 화학변화

축전지에 외부회로가 형성되어 전기가 흘러 나가면 양극판(PbO_2)과 음극판(Pb)이 전해액 중의 황산과 화학 반응하여 서서히 황산납($PbSO_4$)으로 변하고 전해액(H_2SO_4)은 물(H_2O)에 가깝게 되어 간다.

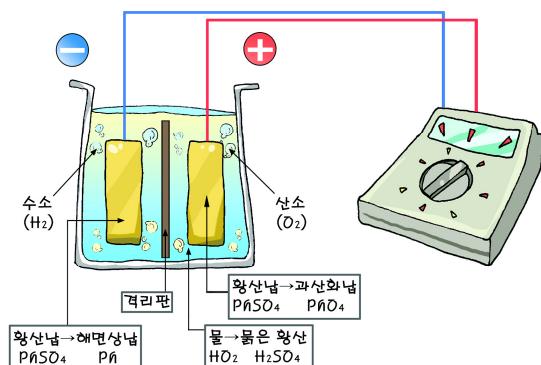
따라서 방전을 계속하면 물질은 완전히 황산납($PbSO_4$)으로 되어 전기를 발생 할 수 없게 된다. 이 상태를 완전 방전상태라고 한다. 전해액의 농도는 축전지의 방전 전기량에 비례하여 변화되므로 비중계로 전해액 비중을 측정함으로 축전지의 방전 상태를 알 수 있다.



[그림 1-31] 방전 중의 화학변화

(2) 충전 중의 화학변화

외부로부터 축전지에 전기를 넣어 주면 황산납($PbSO_4$)으로 되어 있던 양극 활성물질 및 음극 활성물질은 점차로 과산화납(PbO_2) 및 해면상납(Pb)으로 되돌아가며 전해액은 묽은 황산(H_2SO_4)으로 되돌아간다. 충전이 진행되어 전지가 완전충전 상태로 되돌아가면 물이 전기분해 되어 양극에서 산소(O_2)가 음극에서 수소(H_2)가 매우 심하게 발생된다.



[그림 1-32] 충전 중의 화학변화

격리판은 유리섬유, 에보나이트(Ebonite), 플라스틱(Plastic)을 사용한다. 양극판의 단락을 방지하기 위하여 양극판과 음극판 사이에 얇은 격리판을 삽입하면 축전기의 고장을 미연에 방지할 수 있다.

■ 충전의 종류와 방법

(1) 초충전(Initial Charge)

축전지가 최초로 행하는 충전을 초충전이라 하며 전지의 일생을 좌우한다. 충전전류는 암페어시 전류의 20~30%이고 시간은 70~80 시간이다. 막은 황산의 비중은 1.840으로 한다. 증류수와 막은 황산의 비는 3:4 또는 4:1로 한다.

초충전시 2 V 정도에서 급상승한 후 서서히 상승하여 2.3~2.4 V에서 다시 급상승한 후 일정치(2.6~2.8 V)로 나타난다. 충전개시 후 50~70 시간이 지나면 단자 전압 및 비중이 일정치에 달하게 되고 가스가 왕성하게 발생하면 초충전은 완료된다.

(2) 평상충전(Normal Charge)

규정전압 및 규정전류로 충전한다. 전해액 비중이 변화하지 않는 범위 내에서 행하는 충전이다.

(3) 속충전(Quickly Charge)

전압이 2.4 V 정도가 될 때까지는 평상전류의 2배로 충전하는 것을 속충전이라 한다.

(4) 과충전(Over Charge)

과충전은 전해액 내에서 생기는 기포로 백색 황상연을 씻어내는 것으로 평상충전이 끝난 다음 평상전류의 1/2로 계속 충전하는 것이다. 규정용량 이상으로 방전하였거나, 방전 후 즉시 충전하지 않았을 때 하는 충전이다.

(5) 균등충전(Equality Charge)

극판의 연결상태나 전지의 연결상태의 차이로 생기는 용량 부족을 보충하기 위해서 행하는 충전이다.(충전전압 : 2.4 ~ 2.5 V)

(6) 부동충전(Floating Charge)

부하를 연결한 상태로 방전된 만큼 충전을 행하는 방식이다. 표준 부동전압은 2.15~2.17 V가 가장 좋다. 그 특징을 보면 항상 완전 충전상태에 있어 언제든지 그 능력을 발휘할 수 있고, 전지의 수명이 길어진다. 축전지 및 충전기 용량이 간단하고, 고장이 적고 취급이 편리하다.

전지를 사용할 때 주의 사항

(1) 축전지의 용량이 감퇴하는 원인

- o 전해액의 부족
- o 전해액의 비중 과·소
- o 백색 황산납의 생성
- o 극판의 부식과 균열
- o 충·방전 전류의 과대
- o 자기방전
- o 국부 및 성극 작용

(2) 극판의 백색황산이 묽게되는 원인

- o 장시간 방전상태로 방치했을 때
- o 자기방전이 심할 때
- o 불충분한 충전 횟수가 많을 때
- o 전해액 부족으로 극판이 공기 중에 노출되었을 때
- o 전해액이 불순할 때

(3) 기타 축전지의 고장 원인

- o 온도저하, 자기방전, 방전전류 과대, 비중의 과대, 극판의 노출 등에 의한 백색 황산연의 생성
- o 과대전류의 충방전에 의한 수축과 팽창 또는 고온(45 °C 이상)으로 사용했을 때 극판의 휘어짐

-
- 과대전류의 통과나 극판의 휘어짐으로 인한 화학반응 물질의 탈락
 - 극판의 휘어짐으로 인한 극판의 단락
 - 전해액 중에 불순물이 있거나 전해액이 너무 진할 때 극판의 부실
 - 전해액 중에 불순물이 있을 때 생기는 국부방전 등

부동전원 방식

(1) 단순부동

정류기의 전압을 일정하게 조절해 놓은 상태에서 부하전류가 증가하면 축전지로부터 방전이 증가하고, 부하전류가 감소하면 축전지에 전류가 흘러서 방전을 보상하는 방식이다.

(2) 정밀부동

부하는 항상 정류기로부터 공급하고, 축전지는 정류기의 출력측에 있는 자동 전압 조정 장치에 의해 충전하는 방식이다.

(3) 부동전원 방식의 장점

- 정전시 절체 시간의 지연이 없다.
 - 축전지 수명이 연장된다.
 - 축전지 용량이 적어도 된다.
 - 부하변동에 따른 전압 변동에 대해서 안정화를 기한다.
 - 정류기의 맥동을 축전지가 흡수하여 맥동률을 좋게 한다.
 - 주전지의 안전한 전압유지를 위해서 주전지에 직렬로 단전지(End Cell)를 삽입하여 쓴다.
-