

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제21권 제3호, 2016년 5월 (JBE Vol. 21, No. 3, May 2016)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2016.21.3.404>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

# 철탑의 반사 효과에 따른 FM CP-Ring 안테나의 방사 패턴 고찰 및 현장 적용 방안

최 수 철<sup>a)</sup>, 조 기 량<sup>b)†</sup>

## Study and Adaptation of FM CP-Ring Antenna Radiation Pattern Transmission Facility

Soocheol Choi<sup>a)</sup> and Kiryang Cho<sup>b)†</sup>

### 요 약

본 논문에서는 우리나라 FM(Frequency Modulation) 방송국에서 송신용 안테나로 사용하고 있는 CP(circularly polarized)-dipole 안테나와 CP(circularly polarized)-ring 안테나에 대해 실제 전계 강도 측정을 통한 안테나의 전파 방사 패턴을 조사하고, 현장 적용에 대해 비교 고찰하였다. 비교 결과, 송·중계소가 방송국의 방송 서비스 지역의 한 가운데에 위치하는 경우에는 CP-dipole 안테나(4방향)가 유용하며, 후방에 있는 철탑의 반사 효과로 인해 지향 특성을 갖는 CP-ring 안테나는 지향 방향의 조절을 통하여 타 지역으로의 전파 월경 방지는 물론 주요 서비스 방향으로 5~9dB 높은 전파를 방사할 수 있었다. 특히, 송·중계소가 서비스 구역의 한 쪽 방향에 위치하여 3방향으로 전파를 방사하는 경우가 많은 우리나라에서는 CP-ring 안테나를 사용하여 안테나의 지향 방향을 인구 및 도로 밀집 지역으로 집중하여 방송 수신 환경을 개선시킬 수 있다.

### Abstract

In this paper, we investigate the radio wave radiation pattern to measure the actual field strength for the transmission antenna dipole antenna and the CP-ring antenna being used in our country as FM station, and the comparison was for field application. Compare results, If the transmitting station and the relay station which is located in the middle of a service area has been a useful CP-dipole antenna (four directions). CP-ring antenna having a directivity because the reflection effect of the tower was able to adjust the orientation to prevent the spread of menstrual another service area in the main direction was able to radiate high propagation 5~9dB. Especially, If the transmitting station and the relay station is located on one side of the service area for radiating radio waves in three directions by using the CP-ring antennas focus the orientation of the antenna in populated areas and road area can improve the broadcast reception environment.

Keywords : CP-ring antenna, CP-dipole antenna, radio wave radiation pattern, four direction CP-dipole

a) 한국방송공사(KBS)

b) 전남대학교(Chonnam National University)

† Corresponding Author : 조기량(Kiryang Cho)

E-mail: krcho@jnu.ac.kr

Tel: +82-061-659-7236

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0072-7387>

· Manuscript received March 1, 2016; Revised March 15, 2016; Accepted March 15, 2016.

## I. 서론

FM(Frequency Modulation) 방송은 88MHz~108MHz의 초단파 주파수 대역에서 주파수 변조(FM) 방식을 사용하여 전파를 방사하고 있다. 535~1605KHz의 중파 주파수 대역을 사용하는 AM(Amplitude Modulation) 방송에 비해 잡음이나 혼신이 매우 적고, 음질이 좋아 Hi-Fi 방송이나 스테레오 방송에 적합하여 신호를 충실히 원음 그대로 재생할 수 있어서 시사나 교양뿐만 아니라 음질을 중요시하는 음악 FM에도 사용되고 있다.

한편, 안테나는 송·중계소에서 전송하고자 하는 신호를 RF(Radio Frequency) 신호로 만들어 공간으로 방사하는 최종 소자로서 방송망 설계 시에 송신 출력과 더불어 중요하게 고려해야 한다. 동일한 출력의 안테나라도 파라미터가 다른 안테나를 사용하게 되면 서비스 구역의 전파 분포도 다르게 된다.

따라서, 일부 국가에서 출력으로 허가나 규제를 하는 것이 아니라 등가 등방성 실효 복사 전력 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)를 통해 규제[1~3]하는 것도 이러한 이유 때문이다.

우리나라에서는 주파수 자원의 한계(가용 주파수가 고갈되어 신규 FM 방송국 개설 신청 시에 신규 할당이 어려운 상황)로 방향별 설치가 가능한 CP-dipole 안테나를 주 안테나로 설치하고 있으나 실제 운용은 CP-ring 안테나로 송신하고 있어서 철탑 영향을 고려한 CP-ring 안테나의 효과적인 전개 패턴 형성 방법에 대한 고찰이 필요하다.

본 논문에서는 현재 우리나라에서 FM 방송용으로 주로 사용하고 있는 CP-dipole 안테나와 CP-ring 안테나[4~6]에 대해 제조사에서 제공하는 전개 강도의 방사 패턴을 기본으로 한 전파 분포 실측 자료와 기간 송신소별 철탑 설치 현황을 연계 분석하여 실제 안테나의 패턴 현황을 고찰하고, 주요 도심 지역 서비스를 강화하는 방송망 최적화를 통하여 FM 방송의 수신 환경에 대한 개선 방안을 모색하고자 한다.

## II. FM 송신 안테나

### 1. CP-dipole 안테나

CP-dipole 안테나는 수평 다이폴 소자와 수직 다이폴 소자 그리고 반사판으로 구성되어 있다. 이 안테나의 수평 다이폴 소자에서는 수평 편파, 수직 다이폴 소자에서는 수직 편파의 전파가 방사되며, 이 두 소자에서 방사되는 두 편파 사이의 위상을 조절하여 원형 편파를 형성하여 공간으로 방사된다.



그림 1. CP-dipole 안테나  
Fig. 1. CP-dipole antenna

CP-dipole 안테나는 그림 1과 같이 4각의 자립식 철탑의 면에 설치하며, CP-ring 안테나에 비해 부피가 커서 많은 설치 면적을 차지하게 된다. 하지만 부피가 큰 만큼 전력 정격(power rating)이 커서 FM 다매체 송신으로 인하여 안테나의 설치 공간이 부족할 경우에 여러 매체를 결합하여 CP-dipole 안테나를 하나의 안테나(combine)로 사용하는 경우도 있다.

CP-dipole 안테나의 방사 패턴은 4방향으로 설치하면 각각의 면에 설치된 개별 다이폴 안테나는 철탑 앞면으로 단일 지향 패턴을 가지며, 방향별로 설치된 안테나의 빔이 합성되어 그림 2와 같이 무지향성에 가까운 수평 방사 패턴 [7]을 나타낸다. 또한, 원하는 이득과 경사(tilt)를 얻기 위해 2~4베이(bay)를 수직으로 배열하여 사용한다.

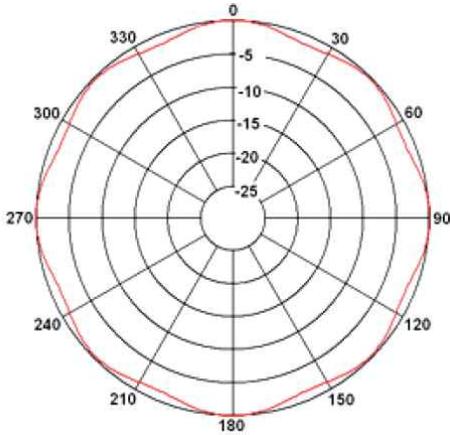


그림 2. 4방향 CP-dipole 안테나의 수평 방사 패턴  
Fig. 2.. Horizontal radiation pattern of 4-Directional CP-dipole antenna

## 2. CP-ring 안테나

CP-ring 안테나의 내부 안테나 소자는 그림 3과 같이 제조사 별로 다양한 형태를 가지며, 일반적으로 안테나 보호와 정상적인 송신 전계 레벨을 자연재해로부터 보호하기 위하여 ice cover를 씌워 사용한다.

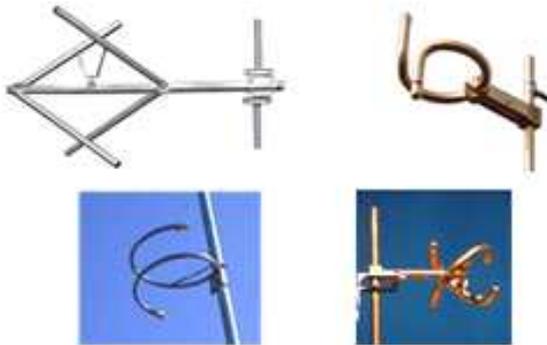


그림 3. CP-Broadband, CP-ring 안테나 종류  
Fig 3. CP-Broadband antenna, CP-ring antenna Type

더불어, CP-dipole 안테나와 동일하게 원형 편파의 전파가 방사된다.

그림 4는 CP-ring 안테나의 수평 방사 패턴<sup>[8]</sup>을 나타낸 것으로써 그림 2의 CP-dipole 안테나와 동일하게 무지향성에 가까운 방사 패턴을 가지며, 또한 원하는 이득과 경사를

얻기 위해 2~6베이 정도를 수직으로 배열하여 사용한다.

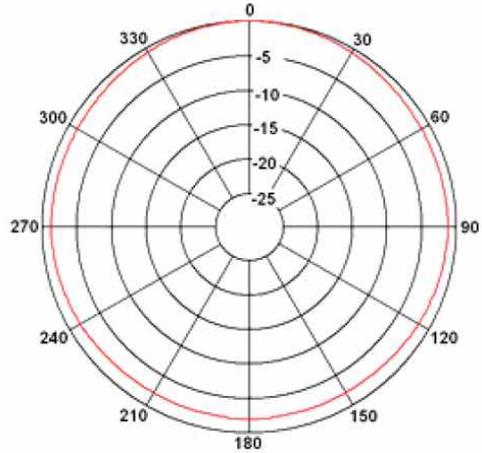


그림 4. CP-ring 안테나의 수평 방사 패턴  
Fig. 4. Horizontal radiation pattern of CP-dipole antenna

CP-ring 안테나는 각 소자의 급전 형태에 따라 변성기 타입과 디바이더 타입으로 구분하고 있으며, 변성기 타입이 많이 설치되어 있다.

변성기 타입은 안테나 소자의 간격을 이용하여 경사를 조정한다. 예를 들어, 소자 사이의 수직 간격이 사용 주파수의 약 1λ일 경우에는 경사가 0°이고, 1λ보다 간격이 좁을수록 빔의 경사가 숙여지며, 반대로 간격이 넓어지면 빔의 경사가 들리게 된다.

디바이더 타입의 경우에는 TV(Television)나 CP-dipole의 경우와 마찬가지로 분기 케이블(branch cable)의 위상으로 경사를 조정한다.

CP-ring 안테나는 4각 자립식 철탑의 모서리에 설치(side mount)하며, CP-dipole 안테나에 비해 가볍고, 철탑 공간을 적게 차지하지만 송출 매체가 많아질 경우에는 개별 안테나의 설치로 인하여 설치 가능한 철탑 모서리 공간이 부족해지는 어려움이 생긴다.

## III. FM 송신 안테나의 전계 강도 측정

### 1. 측정 장비 및 방법

기존의 FM 전계 강도 측정은 표준 안테나를 이용하여 기준 높이에서 고정하여 측정을 실시한다. 이러한 고정 측정 방법으로 안테나 패턴을 측정하면 측정 포인트 수가 많아지고, 측정 지점 사이에 이동 시간이 추가되어 현장에서는 상당한 어려움이 따른다.

반면에 이동 측정을 이용하면 측정 대상 송신소를 중심으로 일정 거리를 원형으로 차량 이용을 통해 측정하므로 빠른 시간에 안테나 패턴을 파악할 수 있다.

표 1. FM 수신(오미)안테나 사양

Table. 1. FM receiving(omni) antenna specification

ITEM	Data values
Frequency band	FM88~108Mhz, VHF174~240Mhz
Gain(dB)	2dB
VSWR	30
Connector	F Type
Impedance(ohm)	75

이에 따라, FM 안테나의 방사 패턴 측정은 FM 전계 강도 측정 장비인 FM-MC4를 이용하여 이동 측정을 실시하였다. 또한, GPS(Global Positioning System)를 이용하여 실시간 측정 경로를 표시하고, 50m 간격으로 측정하도록 설정하여 차량이 정지한 때에 중복 측정을 방지하도록 하였다. 표 1은 전계 강도 측정을 위한 수신 안테나의 사양이다.

## 2. 관악산 측정 결과

FM 방송망의 최적화 대상인 A송신소(관악산)에서는

표 2. FM 안테나 현황(관악산)

Table. 2. FM antenna status(Gwanaksan)

Media	Frequency (MHz)	Output	Main antenna	Stand-by antenna
1RFM	97.3	10K	2D-16P (0:90:180: 270)	6BAY
2RFM	106.1	10K		6BAY
1FM	93.1	10K		6BAY
2FM	89.1	10K		6BAY
EFM	104.5	10K		6BAY
MBC	95.9	10K		6BAY

1R(표준)FM, 2R, 1FM, 2FM, EFM, MBC표준 등 6매체를 결합하여 CP-dipole 안테나를 통해 송출하고 있으며, 각 매체별로 6베이의 CP-ring 안테나를 예비 안테나로 운용하고 있다. 표 2는 A송신소의 FM 안테나 현황, 그리고 그림 5는 FM 안테나의 설치 도면을 나타낸 것이다.

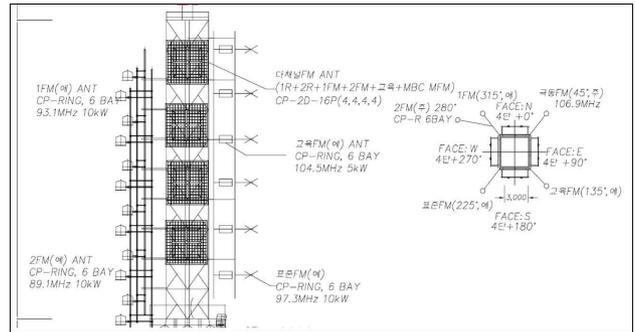


그림 5. FM 안테나(CP-dipole)설치 도면(관악산)

Fig. 5. FM antenna mounting drawing(Gwanaksan)

CP-dipole 안테나와 CP-ring 안테나와의 전계 강도 측정에 따른 방사 패턴 비교를 위하여 1R(표준)FM은 CP-dipole 안테나를 통해 송출하고, 1FM은 315° 방향으로 설치된 CP-ring 안테나의 6베이를 통해 송출하는 것으로 하였다. 그림 6은 A송신소의 1FM 전계 강도 측정을 위한 측정 경로를 나타낸 것이다.



그림 6. FM 전계 강도 측정 경로(관악산)

Fig. 6. FM field strength measurement route(Gwanaksan)

FM 전계 강도 측정 결과는 측정 데이터를 엑셀 데이터의

형태로 변환하여 분석하였으며, 모든 측정 지점은 방위각으로 환산하였다. 이 측정 데이터를 엑셀의 차트 기능을 이용하여 도시한 다음, 측정값에 추세선 기능을 이용하여 각각의 측정 지점에 대한 전계 분포의 차이를 그림 7에 나타내었다.

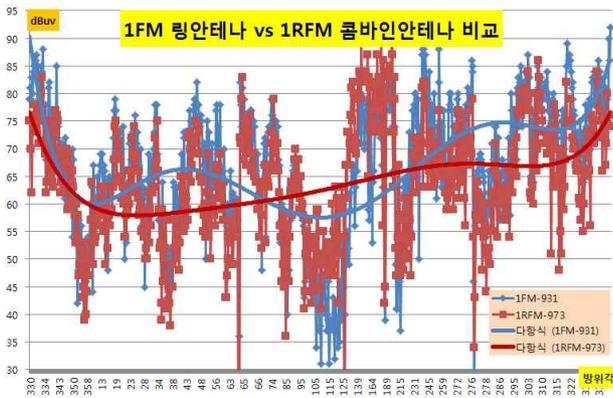


그림 7. CP-dipole 안테나와 CP-ring 안테나의 전계 강도 비교  
Fig. 7. Comparison for field strength of CP-dipole antenna & CP-ring antenna

그림에서 두 안테나에 대한 전계 강도 측정 결과를 비교해 보면 1FM CP-ring 안테나의 전계 분포(청색)와 1R(표준)FM CP-dipole 안테나의 전계 분포(적색)에 차이가 있음을 확인할 수 있다.

제조사에서 제공되는 데이터에서는 4방향 CP-dipole 안테나와 6베이 CP-ring 안테나의 수평 방사 패턴은 무지향성으로써 거의 동일하지만, 실제로 A송신소에 대해 전계 강도를 측정한 결과에서는 CP-ring 안테나가 설치된 각도인 315°(서울 도심 방향)를 중심으로 한 3방향(45°, 225°, 315°)에서는 CP-dipole 안테나에 비해 우수하였으나, 설치 반대 방향인 135°에서는 CP-dipole 안테나에 비해 열세를 보였다.

이 결과로부터 CP-ring 안테나는 설치 반대 방향(후면)에 위치한 강철 재질의 철탑 구조물이 반사판으로 작용하여 안테나의 설치 전면 방향에서는 전계를 강화하는 역할을 하는 반면에 안테나의 후면 방향에서는 전계를 차단하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

### 3. 화악산 측정 결과

B송신소(경기 가평군 북면 화악리)에서는 1R(표준)FM, 음악 FM, 교육 FM의 3매체가 결합되어 CP-dipole 안테나를 사용하여 송출하고 있으며, 2RFM이 CP-ring 안테나를 통해 송출되고 있다. 또한 각 매체별로 6베이나 2베이의 CP-ring 안테나를 예비 안테나로 운용하고 있다. 표 2는 B송신소의 FM 안테나 현황을 나타내고 있다.

표 3. FM 안테나 현황(화악산)  
Table. 3. FM antenna status(Hwaaksan)

Media	Frequency (MHz)	Output	Main antenna	Stand-by antenna
1RFM	99.5	5K	2D-8P (0:90:180: 270)	6BAY
음악 FM	91.1	5K		2BAY
교육 FM	106.5	3K		2BAY
2R	98.7	3K	6BAY	2BAY

B송신소의 경우에는 송출 안테나의 형태별 전계 강도 분포의 비교 분석을 위하여 1R(표준)FM을 320° 방향의 예비 안테나인 CP-ring 6베이로 송출하여 그림 8과 같이 화악산을 중심으로 한 측정 경로를 통하여 전계 강도를 측정하였다.

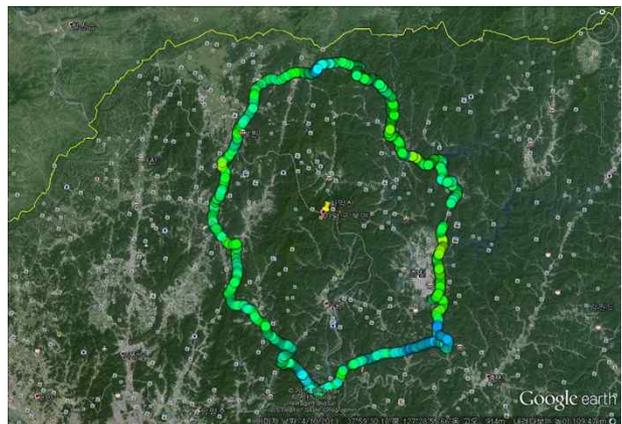


그림 8. FM 전계 강도 측정 경로(화악산)  
Fig. 8. FM field strength measurement route(Hwaaksan)

이 예에 대해서도 A송신소의 예와 동일하게 전계 강도의 측정 결과를 엑셀 프로그램을 이용하여 그림 9에 나타내었다.

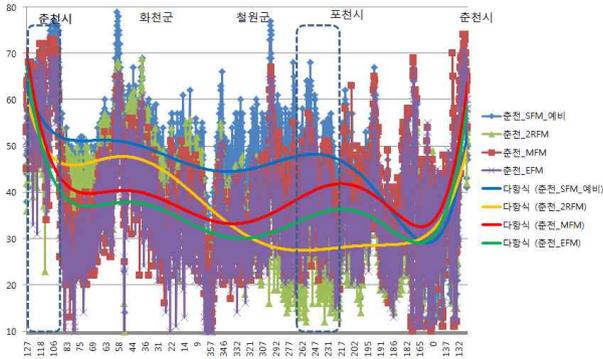


그림 9. CP-dipole 안테나와 CP-ring 안테나의 전계 강도 비교(화악산)  
 Fig. 9. Comparison for field strength of CP-dipole antenna & CP-ring antenna(Hwaaksan)

분석 결과 CP-ring 안테나로 송출한 1R(표준)FM이 콤팩트 안테나인 CP-dipole 안테나로 송출한 다른 매체에 비해 철탑 설치 방향을 중심으로 한 3방향 지역인 화천, 철원, 포천에서 전계 강도가 우세하고, 설치 반대 방향인 춘천, 가평 일부 지역에서 열세함을 나타내었다. 이는 A송신소 전계 강도 분포에 대한 측정 결과와 동일하다. 이 결과 또한 CP-ring 안테나가 설치된 후면 방향의 철탑 구조물이 반사판 역할을 하여 전면 방향으로 전계를 강화하는 반면에 후면 방향에서는 전계를 차단하는 것으로 판단된다.

#### 4. 비교 측정 결과 및 고찰

안테나 제조사에서 제공되는 4방향 CP-dipole 안테나와 CP-ring 안테나의 수평 방사 패턴은 그림 2, 4와 같이 무지향성으로써 거의 동일하다. 그러나 CP-ring 안테나의 경우, 실제로 측정한 전계 강도의 결과를 근거로 한 수평 방사 패턴은 그림 7, 9의 결과에서 알 수 있듯이 안테나의 설치 방향에 따라 차이를 나타내고 있다. 즉, 전계 강도 분포 측정 결과를 비교 분석해 보면, CP-ring 안테나의 경우에 설치 방향과 더불어 좌우의 3방향에서는 CP-dipole 보다 우위를 보이거나, 설치 반대 방향에 대해서는 CP-dipole 안테나에

비해 열세를 나타낸다. 이 측정 결과로부터 CP-ring 안테나는 철탑 구조물이 반사기 역할을 하여 안테나 설치 전면을 포함한 3방향으로는 전계 강도를 강화하는 역할을 하고, 안테나 후면 방향으로 철탑 구조물이 전파에 대해 스크린 작용을 하는 것으로 보인다.

그림 7과 그림 9에서 얻은 CP-ring 안테나의 전계 강도 측정 결과에서 알 수 있듯이 철탑에 설치된 실제 CP-ring 안테나의 수평 방사 패턴은 그림 10과 같이 타 지역으로 전파가 월경하는 것을 방지하기 위하여 사용되는 CP-ring 안테나의 후면에 반사판을 설치한 경우의 방사 패턴[8]과 거의 동일하다.

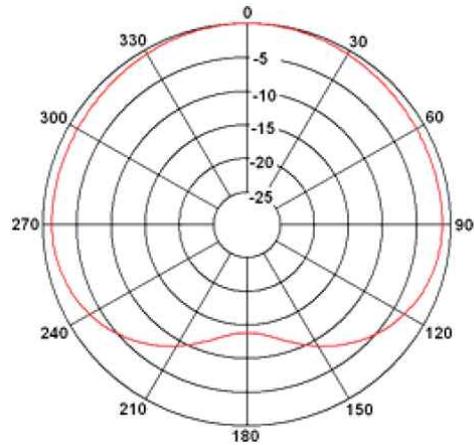


그림 10. 반사판을 가지는 CP-ring 안테나의 수평 방사 패턴  
 Fig. 10. Horizontal radiation pattern of CP-dipole antenna including reflector

결과적으로, CP-ring 안테나 자체는 무지향성을 나타내고 있으나, 철탑의 모서리에 설치하면 철탑의 영향으로 인하여 무지향성을 나타내지 않음을 알 수 있다.

이들 안테나의 방사 특성을 고려하면, 철탑 면에 설치된 CP-dipole 안테나는 전면 방향으로 전파를 고르게 방사한다. 따라서 송·중계소가 서비스 지역의 한 가운데에 위치하고 있다고 하면, 4방향으로 CP-dipole 안테나를 설치하여 360° 전 방향에 대한 수신 환경을 개선할 수 있다.

반면에, 철탑의 모서리에 설치하여 안테나 설치 방향을 중심을 포함한 좌우의 3방향에서 CP-dipole 안테나에 비해 우위를 보이는 CP-ring 안테나는 대부분의 송·중계소가

서비스 지역의 한 쪽으로 치우쳐 위치하고 있는 우리나라와 같은 상황에서는 CP-dipole 안테나에 비해 적합하다고 판단된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 안테나의 방사 패턴이 주 서비스 지역인 인구 밀집 지역 또는 차량 통행이 많은 도로망에 잘 분포되어 있는지 조사하기 위하여 우리나라의 FM 방송국에서 송출용 안테나로 사용하고 있는 CP-dipole 안테나와 CP-ring 안테나에 대한 방향에 따른 방사 패턴을 A 송신소(관악산)와 B 송신소(화악산)를 대상으로 하여 실제 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. CP-dipole 안테나는 철탑 면에 설치하므로 설치된 전면 방향으로 전파를 고르게 방사한다. 따라서 송·중계소가 방송 서비스 지역의 한 가운데에 위치하고 있다고 하면, 4방향 CP-dipole 안테나가 CP-ring 안테나에 비해 유용할 것으로 판단된다.
2. CP-ring 안테나는 후방에 있는 철탑의 반사 효과 때문에 CP-dipole 안테나에 비해 안테나 설치 전면 및 측면 방향에서는 전계 강도가 강화되고, 안테나 설치 후면 방향에 대해서는 CP-dipole 안테나에 비해 열세를 보이는 지향성 패턴을 나타낸다. 이와 같은 CP-ring 안테나의 지향 방향을 조정하면 타 지역으로의 전파 월경 방지는 물론 주요 서비스 방향으로 5~9dB 높은 전파를 방사할 수 있다.
3. 더불어, 우리나라 송·중계소는 서비스 구역의 한가운데 위치하기 보다는 한 쪽으로 치우쳐져 있어서 3방향

으로 전파를 방사하는 경우가 많다. 또한 청취자의 주거 형태 또한 주요 도심 지역에 집중되어 있기 때문에 CP-dipole 안테나를 사용하는 경우보다 CP-ring 안테나를 사용하여 안테나의 지향 방향을 인구 및 도로 밀집 지역으로 집중하는 것이 유용할 것이다.

4. 우리나라의 방송망에서는 초기의 설계대로 전파가 제대로 방사가 되는지, 대상 서비스 지역의 인구 분포, 도심 현황 및 음영 지역 분포 등의 변동 상황을 주기적으로 측정하고, 조사하여 안테나의 방사 패턴을 조정해야 할 것이다. 특히, 방송망 최적화를 위한 안테나의 방사 패턴 변경에 대한 허가 변경이 선행되어야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌 (References)

- [1] Korea Radio Promotion Association, "Study on low power frequency and the frequency used to improve public sector institutions", 2003
- [2] [www.kcc.go.kr/download.do?fileSeq=15468](http://www.kcc.go.kr/download.do?fileSeq=15468)
- [3] ETSI EN 300 220, "Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters(ERM) ; Short range devices(SRD) ; Radio equipment to be used in the 25MHz to 1000MHz frequency range with power levels ranging up to 500mW ; Part 1 : Technical characteristics and test methods", Apr. 2006.
- [4] Hosseini, M. and S. Bashir, "Circularly polarized radiation by 22 Hosseini and Bashir a dipole antenna over an innovative artificial ground plane," Loughborough Antennas and Propagation Conference, 453 - 456, Loughborough, UK, Mar. 2008.
- [5] Yang, F. and Y. Rahmat-Samii, "A low profile single dipole antenna radiating circularly polarized waves," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 53, No. 9, 3083 - 3086, 2005.
- [6] Johnson, R. C. and H. Jasik, Antenna Engineering Handbook, 2nd edition, McGraw-Hill, NY, 1984.
- [7] [http://www.highgain.co.kr/admin/Uploaded\\_Files/HG-FCD-108.pdf](http://www.highgain.co.kr/admin/Uploaded_Files/HG-FCD-108.pdf)
- [8] [http://www.highgain.co.kr/admin/Uploaded\\_Files/HG-FCR-108\(1\).pdf](http://www.highgain.co.kr/admin/Uploaded_Files/HG-FCR-108(1).pdf)

---

저 자 소 개



**최 수 철**

- 1995년 8월 : 여수수산대학교 산업대학원 졸업(공학석사)
- 2013년 8월 ~ 현재 : 전남대학교 공학대학 전자통신공학과 박사과정
- 1989년 2월 ~ 현재 : 한국방송공사
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-2869-8215>
- 주관심분야 : 방송제작 시스템 및 디지털방송 송신시스템



**조 기 량**

- 1982년 2월 : 광운대학교 통신공학과 졸업
- 1992년 8월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 공학석사
- 2002년 3월 : 일본 오카야마대학 자연과학연구과 공학박사
- 현재 : 전남대학교 공학대학 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-0072-7387>
- 주관심분야 : 음성신호처리, 파동·압전 문제의 수치해석, 최적제어