

이동통신용 기지국안테나의 후방부엽 개선에 관한 연구

민경식*, °임정남*, 김동일*, 정세모**

* 한국해양대학교 전파공학과

** 한국해양대학교 해사수송과학부

A Study on Supression of Back-lobe of Base Station Antennas for Mobile Communication

Kyeong-Sik Min*, °Jeong-Nam Lim*, Dong-Il Kim*, Se-Mo Chung**

* Dept. of Radio Sciences & Engineering, Korea Maritime University

** Division of Maritime Transportation Science, Korea Maritime University

요약

이동통신용 기지국안테나는 현재 약 -20dB의 후방부엽이 존재한다. 이는 인접한 안테나에 전파감쇠 및 장애를 일으키고 있어 후방부엽을 -50dB이하까지 개선시킬 필요가 있다.

본 논문에서는 기존의 Back Plate 구조를 새롭게 변형하여 후방부엽의 레벨을 낮추고자한다. 새로운 구조의 Back Plate는 리플렉터안테나의 원리를 이용하여 ㄷ자 형태로 만들었다. 본 연구 수행의 구체적 방법으로는 범용 소프트웨어인 NEC2를 사용하였고 각 파라미터에 대해 파라미터스터디를 하여 최적의 파라미터를 도출하였으며 -49.58dB의 후방부엽을 갖는 기지국안테나를 설계하였다.

1. 서론

정보의 다양화가 눈부시게 진전되고 있는 현대사회에 있어서, 정보의 중요한 전달 매체인 전파의 수요가 급속히 증가되고 있다. 예를 들면 휴대전화등을 이용하는 이동통신에 있어서 회선수의 증가를 가능하게 하는 마이크로셀/피코셀화에 동반한 기지국의 증가에 대체하기 위해서, 유선보다는 경제성이 높은 무선회선의 고품질 고효율화의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 한편, 준마이크로파를 사용하고 있는 무선호출, 휴대전화등의 기지국용 안테나는 효율에 덧붙여 경제성 및 도시경관등의 사회적 미화를 고려하여야 하므로 안테나의 소형화, 경량화 및 박형화도 강하게 희망되어지고 있다. 또한 전방향에 대하여 랜덤하게 존재하는 이동국 단말기로부터의 전파에 의한 음성, 데이터 및 문자정보를 송·수신하여야 하므로 전파감쇠 및 간섭등에 강한 안테나의 개발이 절실히 요구되고 있다. 이와 더불어 근접한 기지국안테나간에는 후방부엽에 의한 전파간섭 및 장애의 정도가 매우 심각한 것으로 보고되고 있다. 이를 살펴보면, 현재 사용되고 있는 기지국안테나의 경우 후방부엽이 약 -20dB나 되는 실정인어서 이를 -50dB이하까지 개선시킬 필요가 있다.

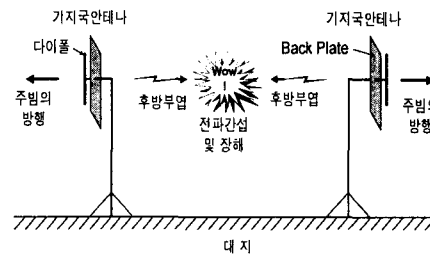


그림 1.1. 이동통신용 기지국안테나

따라서 본 연구에서는 이동통신용 기지국안테나의 후방부엽 억제를 위한 새로운 구조의 안테나 back plate를 설계하고, 파라미터의 최적치를 도출하여 이동통신 기지국안테나의 전후방비 개선에 기여하고자 한다.

특히, 도시형 휴대전화(한국:CT-2, 일본:PHS(Personal Hand-phone System)등)의 경우, 마이크로셀(반경 100m ~ 200m이내)를 사용하므로 기지국간의 거리가 가깝고 무지향성 수직편파 안테나를 사용하기 때문에 기지국안테나의 위치에 따른 전파간섭의 정도는 매우 심하다. 이를 해결하기 위해 현재 안테나의 Back Plate로써 유한급속평판을 사용하고, 그 위에 몇 개의 다이폴로 구성된 안테나를 사용하여 기지국에 설치

함으로써 지향성특성의 향상을 시도하고 있다. 이때, 유한금속평판은 다이폴 어레이의 지판으로도 사용되며 안테나의 전후방비 개선에도 그 역할을 한다. 또한 전방향을 커버하기 위해 같은 형상의 안테나를 둘 또는 셋을 인접시켜 설치한다. 불행히도 전파의 회절현상에 의해 인접한 안테나에 전파장해 및 간섭을 일으켜 통신장애를 야기시키고 심할 때에는 강한 혼신 및 통신두절의 현상까지 일어난다. 이는 인접한 안테나로 부터의 후방부엽에 의한 영향으로 이를 개선하지 않으면 안된다. 후방부엽이 무시할 수 없을 정도의 레벨을 갖는 이유는 유한금속속평판의 크기가 파장에 비하여 매우 작기때문으로 치명적이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는, 이동통신용 기지국안테나의 후방부엽을 억제시키기 위해 안테나의 Back Plate 구조를 새롭게 설계하고[1], 전파회절에 의한 후방부엽의 레벨을 최소화시키고자 한다. 연구 배경에서 언급한 것처럼, 리플렉터 안테나의 원리를 적용하여 유한금속속평판의 구조를 변형시켜 설계함으로써 후방부엽의 억제에 우수한 성능을 보이는 안테나를 설계하고자 하는 것이 본 연구의 최종목표이다.

본 연구의 수행을 위한 구체적 방법으로는, 새로이 설계할 안테나의 Back Plate인 유한금속속평판의 구조를 변형하고 이를 모델화하여 모멘트법을 적용하고 있는 상용 소프트웨어인 NEC2를 이용하여 안테나소자와 Back Plate사이의 상호 결합을 계산한다[2]. 또한 그 파라미터의 최적화를 행하고 그로부터 새로운 Back Plate 구조를 가지는 안테나에 대한 후방부엽을 -50dB이하로 개선코져 한다.

2. Back Plate의 구조

2.1. 자유공간상의 다이폴안테나

자유공간상에서 반파장다이폴안테나의 수직성분은 8자의 형태, 수평성분은 ○자의 형태를 가진다[3].

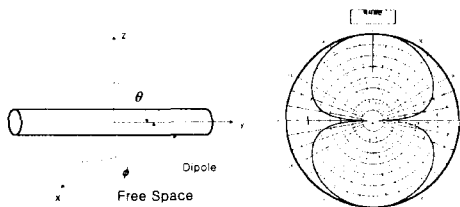


그림 2.1. 반파장 다이폴안테나의 구조와 복사패턴

그림 2.1은 자유공간상의 반파장다이폴안테나와 NEC2프로그램을 사용하여 시뮬레이션한 복사패턴 나타

낸 것이다. 주파수는 300MHz이고 $\phi=90^\circ$ 일 때 $\theta = -180^\circ \sim 180^\circ$ 사이에서 계산된 복사패턴이다.

NEC2를 사용한 복사패턴이 참고문헌[3]에서 소개한 것과 같다는 것을 알 수 있으며, 이후에서는 이 틀을 이용하여 Back Plate를 설계하고자 한다.

2.2. Wire Grid Plate와 구조와 특성

그림 2.2는 Z축에 수직인 Wire Grid Plate와 하나의 반파장다이폴소자로 구성된 안테나모델이다. 이 안테나의 지향성을 살펴보면, 그림 2.3(a)에서와 같이 -180° 방향의 후방부엽이 -12.17dB 이며 전방으로 지향하는 복사패턴을 갖는다. 시뮬레이션에 사용된 주파수는 300MHz이다.

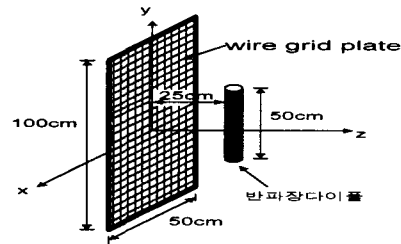


그림 2.2. Wire Grid Plate와 반파장다이폴로 구성된 안테나

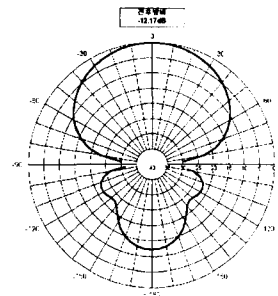


그림 2.3. 그림 2.2 안테나모델의 복사패턴

그림 2.3는 NEC2프로그램을 사용하여 얻은 복사패턴으로 계산된 전후방비는 -12.17dB 임을 알 수 있었다.

2.3. Wire Grid Plate와 4-다이폴어레이 안테나

그림 2.4는 야기-우다안테나의 원리를 이용한 4-다이폴어레이 안테나소자와 Wire Grid Plate로 구성된

안테나모델이다. 야기-우다안테나의 원리를 이용한 이유는 지향성과 고이득을 얻을 수 있기 때문이다[5]. 그림 2.4에서 제시한 안테나 모델을 NEC2프로그램을 사용하여 시뮬레이션한다. 주파수는 300MHz, 다이폴의 길이는 #1= $\lambda/2$, #2= $\lambda/2.5$, #3= $\lambda/3$, #4= $\lambda/3.5$, 다이폴간의 거리는 25cm($\lambda/4$), Back Plate의 크기는 100cm×50cm로 하였다.

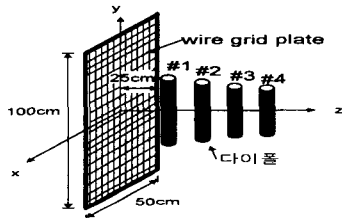


그림 2.4. Wire Grid Plate와 4-다이폴어레이 안테나

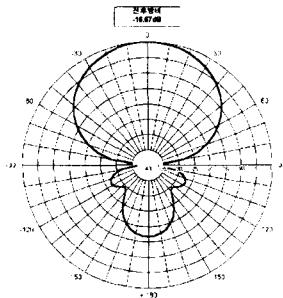


그림 2.5. 그림 2.4 안테나모델의 복사패턴

이 안테나의 계산된 복사패턴은 그림 2.5와 같으며, 그림 2.3과 비교하여 -16.67dB로 4.5dB 개선되었음을 알 수 있다.

안테나소자로부터 복사되는 빔의 방향을 전방으로 하여 강한 지향성을 갖게하고, 전파의 회절현상을 억제하여 후방부엽을 개선하기 위한 방법으로 Back Plate의 구조를 그림 2.6과 같이 π 자형으로 모델링하고, 이를 시뮬레이션하였다. 표 2.1은 시뮬레이션에 사용된 안테나소자들의 파라미터이다.

표 2.1 안테나소자들의 설계파라미터

주파수	300MHz	
다이폴의 길이	#1	54.5cm
	#2	43.5cm
	#3	38.5cm
	#4	33.5cm
다이폴의 지름	0.1cm	
다이폴간의 거리	25cm	
Back Plate의 크기	100cm×50cm×1, 100cm×100cm×2	

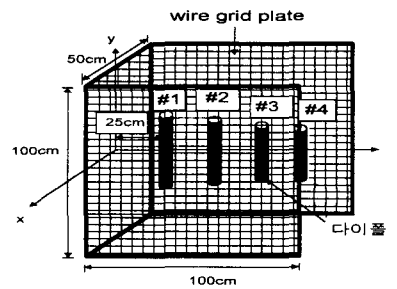


그림 2.6. π 자형 Back Plate와 4-다이폴어레이 안테나

그림 2.7은 그림 2.6으로부터 계산된 복사패턴이다. 그림 2.5와 전후방비를 비교하여 보면, π 자형 Back Plate구조를 가진 안테나의 후방부엽이 -29.24dB로 12.57dB정도 개선되었음을 알 수 있다.

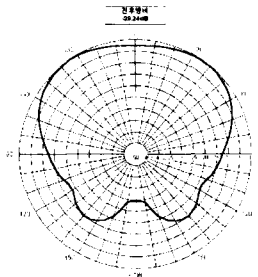


그림 2.7. π 자형 Back Plate와 4-다이폴어레이 안테나의 복사패턴

따라서, 본 연구에서는 야기-우다안테나의 원리와 리플렉터안테나의 원리를 조합한 4개의 다이폴소자와 π 자형 Back Plate로 구성된 안테나를 사용하면 전후방비를 개선할 수 있음을 알았고, 이 안테나의 최적설계값을 구해냄으로써, 본 연구에서 목표로하고 있는 후방부엽 -50dB이하로의 억압을 달성하고자 한다. 이를 위해 우선, 그림 2.6에서 제안한 안테나의 설계파라미터에 대한 최적화를 행한다. 다이폴소자의 길이, 각 소자간의 간격, Back Plate의 크기등이 본 연구에서 구하고자 하는 설계파라미터에 해당한다.

3. 최적 설계

3.1. 다이폴길이의 변화와 주파수특성

본 연구에서는 이동통신용 기지국안테나의 후방부엽을 -50dB이하로 개선하기 위해서 4개의 다이폴소자와 π 자형 Back Plate로 구성된 안테나를 시뮬레이션하

여 4개의 다이폴소자의 최적길이를 구한다.

그림 2.6모델과 표 2.1의 설계파라미터를 중심으로 각각의 다이폴길이를 변화시킴으로서 최적길이를 구한다.

우선, 그림 2.6의 다이폴 #4의 길이를 변화시키고 이외의 #1~#3까지의 길이는 표 2.1의 것을 사용한다. 그림 3.1은 다이폴 #4의 길이를 34.0cm에서 39.0cm까지 변화시켰을 때의 후방부엽레벨을 나타낸 것이다. #4의 길이가 38.5cm일 때 후방부엽의 레벨은 -34.6dB로 비교적 좋은 특성을 나타냈다

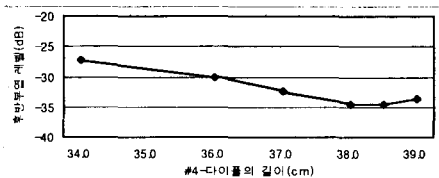


그림 3.1. 다이폴 #4의 길이 변화시의 후방부엽레벨

두 번째로는 다이폴길이 #1, #2, #4는 표 2.1의 것을 사용하고, 다이폴 #3의 길이만을 변화시켜 시뮬레이션을 하였다. 그림 3.2는 다이폴 #3의 길이를 37cm에서 43.5cm까지 변화시켰을 때에 후방부엽의 레벨을 계산한 것이다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼 #3의 길이가 39.0cm에서 -31.57dB로 좋은 특성을 나타내고 있다

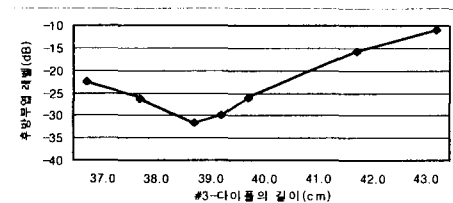


그림 3.2. 다이폴 #3의 길이 변화시의 후방부엽레벨

다음은 그림 2.6에서 다이폴 #2의 길이만을 변화시키고 다른 파라미터들은 표 2.1과 같이 구성되어 있는 안테나를 계산하였다. 그림 3.3은 다이폴 #2의 길이가 42.5cm에서 52.0cm까지 변화되었을 때의 후방부엽레벨을 나타내고 있다. #2의 길이가 43.5cm일 경우 -29.24dB로 비교적 좋은 특성을 나타냈다.

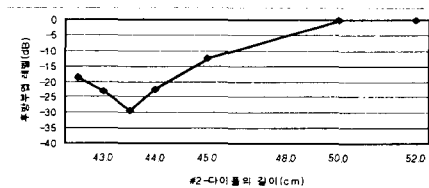


그림 3.3. 다이폴 #2의 길이 변화시의 후방부엽레벨

네 번째로 그림 2.6에서 급전되는 다이폴인 다이폴 #1의 길이만을 변화시켜 후방부엽의 레벨을 계산하였다. 그 외의 파라미터는 표 2.1과 같다. 그림 3.4는 다이폴 #1의 길이 변화에 대한 후방부엽의 레벨을 나타낸다. #1의 길이는 53.0cm에서 60.0cm까지 변화시켰다. 그림에서 나타냈듯이 57.5cm일 때 -32.99dB였다.

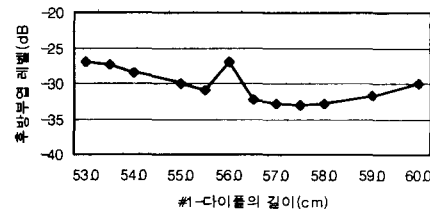
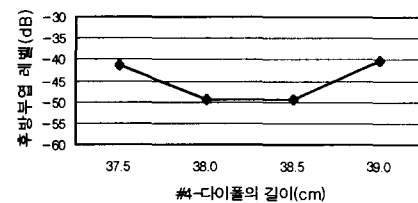


그림 3.4. 다이폴#1의 길이변화시의 후방부엽레벨

다음으로 위에서 계산한 다이폴 #3길이를 39.0cm로 고정시키고 다이폴 #4의 길이를 변화시켰을 때의 후방부엽레벨을 계산하였다. #1과 #2의 길이에 대한 파라미터는 표 2.1을 따랐다. 그림 3.5와 같이 38.5cm에서 -49.58dB로 좋은 특성을 나타냈다. 그림으로부터 알 수 있는 바와 같이 37.5cm에서 39.0cm까지 #4의 길이가 변화하더라도 -40dB이하의 후방부엽 레벨을 유지하고 있으며, 이는 #4의 길이가 제작상의 여유도를 가짐을 알 수 있다. 따라서, 다이폴 #4와 다이폴 #3의 최적길이는 300MHz에서는 각각 38.5cm, 39.0cm였다.

그림 3.5. #3의 길이가 39.0cm로 고정되었을 때



#4의 길이변화에 따른 후방부엽레벨

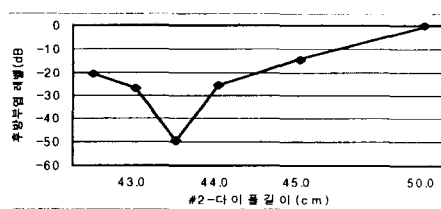


그림 3.6. #3, #4의 길이가 최적일 때, #2의 길이 변화에 대한 후방부엽레벨

여섯 번째로 다이폴 #3과 다이폴 #4를 각각 39.0cm, 38.5cm로 고정하고 다이폴#2의 길이가 42.5cm에서 50.0cm까지 변했을 경우 후방부엽을 계산하였다. #1

의 길이는 파라미터는 표 2.1을 따랐다. 그림 3.6은 다이폴 #2의 길이에 대한 후방부엽레벨을 나타냈다. 300MHz에 대한 #2의 최적길이는 그림 3.3과 마찬가지로 43.5cm로 -49.58dB를 얻었다.

다음으로 #2, #3, #4를 최적길이인 43.5cm, 39.0cm, 38.5cm로 하였을 때 #1의 길이변화에 대한 후방부엽레벨을 계산하였다. 그림 3.7은 #1의 길이를 53.5cm에서 60.0cm까지 변화시켰을 때의 후방부엽레벨을 나타냈다. 그림 3.7의 결과로부터 알 수 있는 바와 같이 #1의 길이가 54.5cm일 때 -49.58dB로 가장 좋은 특성을 나타냈다. 따라서, #1의 최적길이는 54.5cm임을 알 수 있다

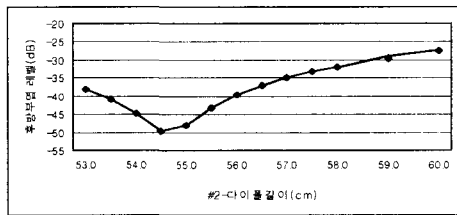


그림 3.7. #2, #3, #4가 최적길이일 때, #1의 길이변화에 대한 후방부엽레벨

그림 3.8은 π 자형 Back Plate와 4개의 다이폴소자의 길이를 위에서 구한 최적길이를 사용하여 설계한 4-다이폴소자로 구성된 안테나의 복사패턴을 나타낸다. -180° 에서의 후방부엽이 -49.58dB로 본 연구의 목적인 -50dB의 후방부엽을 만족하고 있다.

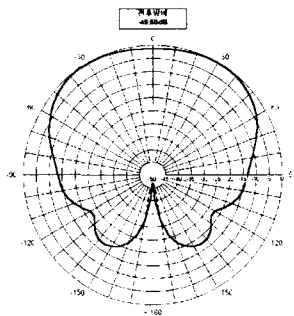


그림 3.8 다이폴길이가 최적일 경우의 복사패턴

위에서 구한 다이폴의 최적길이를 적용시켜 주파수변화에 대한 후방부엽레벨을 계산한다. 그림 3.9는 시뮬레이션결과로 주파수는 300MHz에서 320MHz까지 5MHz의 간격을 두고 계산하였다. 그림에서 나타나듯이 주파수변화에 따른 후방부엽은 중심주파수인 300MHz에서는 좋은 특성을 알수있듯이 이외의 주파수에서는 큰 폭으로 후방부엽이 커져 주파수 의존성이 강함을 알 수 있다.

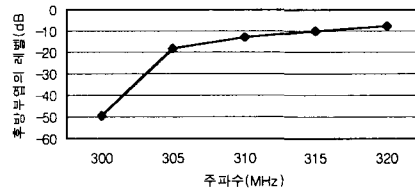


그림 3.9. 주파수에 따른 후방부엽레벨

3.2. 다이폴소자간의 간격변화

본 연구는 기지국안테나의 후방부엽을 -50dB로 개선하기 위해 π 자형 Back Plate와 4-다이폴소자로 구성된 안테나를 설계하고 시뮬레이션하여 파라미터의 최적값을 찾기위해 파라미터스터디를 하였다. 3.1절의 파라미터스터디는 각각의 다이폴소자길이에 대해 최적의 길이를 도출하여 후방부엽을 개선하기 위한 것이었다. 다음으로 안테나설계 파라미터중 하나인 다이폴소자사이의 간격 변화를 행했을 때의 최적치를 구해본다. 그림 3.10에서처럼 #1과 #2간의 거리를 d_1 , #2와 #3간의 거리를 d_2 , #3와 #4간의 거리를 d_3 로 한다. 안테나의 Back Plate의 구조는 그림 2.6를 따르고, 계산에 있어 다이폴의 길이는 최적길이를 사용한다. 우선 d_1 을 계산할 때는 $d_2 = d_3 = 25$ cm로, d_2 를 계산할 때는 $d_1 = d_3 = 25$ cm로, d_3 를 계산할 때는 $d_1 = d_2 = 25$ cm으로 고정했다.

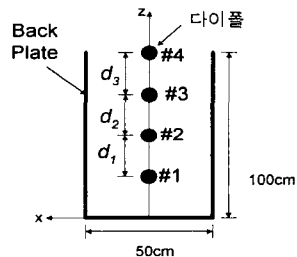
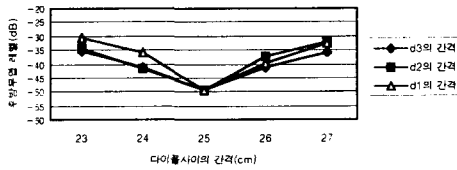


그림 3.10. 위에서 본 안테나의 구조

그림 3.11는 다이폴소자간의 간격 변화에 따른 후방부엽의 레벨을 나타낸 그래프이다. 25cm를 중심으로 좌우로 갈수록 후방부엽이 커짐을 알 수 있다. 또한, 300MHz에서 시뮬레이션한 결과 다이폴소자사이의 간격이 25cm일 때 후방부엽의 레벨이 -49.58dB로 최소치를 나타냈으며, 다이폴소자사이의 간격은 $\lambda/4$ 일 때 최적임을 계산으로부터 알수 있었다.

그림 3.11. 다이폴사이의 간격 변화에 따른



후방부엽레벨

다음으로 다이플소자사이의 간격인 d_1 , d_2 , d_3 를 모두 일정하게 변화시켰을 경우의 후방부엽을 계산한다. 그림 3.12는 d_1 , d_2 , d_3 사이의 간격을 일정하게 하고, 23cm에서 27cm까지 변화시켰을 때 계산한 후방부엽의 레벨이다. 앞에서 계산한 결과와 마찬가지로 25cm 일 때 최적의 값을 나타냈다.

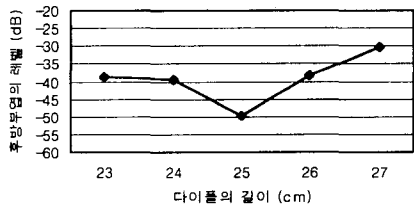


그림 3.12. 다이플소자간의 간격이 일정하게 변화할 때의 후방부엽레벨

그림 3.13은 다이플의 최적길이와 다이플소자간격의 최적값을 설계파라미터로 한 복사패턴이다. -180° 에서의 후방부엽레벨이 -49.58dB 로 본 연구에서 목표로 한 후방부엽레벨을 얻을 수 있었다. 하지만 전방방향인 0° 에서 0dB 가 아닌 -1.1dB 로 최대치를 나타내고 있지 못하기 때문에 아직 개선의 여지가 있음을 알 수 있다.

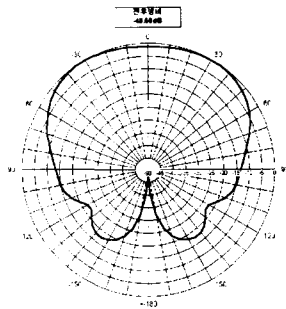


그림 3.13. 다이플의 최적길이와 최적간격을 적용한 안테나의 복사패턴

4. 결론

본 연구에서는 이동통신용 기지국안테나의 후방부엽을 기존의 약 -20dB 에서 -50dB 로 개선하기 위하여 Back Plate의 구조를 평면형에서 π 자형으로 설계하고, 다이플소자도 4-다이플레이어를 적용하였고 NEC2소프트웨어 툴을 사용하여 최적설계파라미터를 구했다. π 자형 Back Plate와 4개의 다이플소자로 구성된 안테나로 다이플소자의 최적값을 구하여 후방부엽의 레벨을 -49.58dB 로 개선하였다. 하지만 0° 방향인 전방의 주빔이 -1.1dB 로 상대적 최대값이 안되고 있어 향후 Back Plate의 크기와 각도의 변화에 대한 주빔의 영향을 고찰하고자 한다.

참고 문헌

- [1] M. ANDO and T. SEKIGUCHI, "Diffracted Fields from Semi Infinte Conducting Plane and Methods for Their Suppression", Trans. IECE, vol. 60-B no.11, (nov. 1977)
- [2] "NEC2 user's manual", <http://www.nittany-scientific.com>.
- [3] 이상철, "안테나 및 전자파전파", 제 2장, pp 32, 형설출판사(1997)
- [4] B. M. Kolundzija, J. S. Ognjanovic, T. K. Sarkar and R. F. Harrington, "Electromagnetic Modeling of Composite Wire and Plate Structures", Artech House(1994)
- [5] W. L. Stutzman, and G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", Ch.7, Wiley(1981)

본 연구는 정보통신부 정보통신연구관리단의 97년도 대학 기초 지원 연구에 의해서 이루어 졌습니다.