

700MHz 대역 와이어 그리드 코너 반사기 안테나 설계

Design of 700-MHz Wire-Grid Corner Reflector Antennas

노준우, 안병철*

Jun-Woo Noh, Bierng-Chearl Ahn*

충북대학교 대학원 전기전자정보컴퓨터학부 전파통신공학전공

Department of Radio and Communications Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk, Korea

Abstract

In this paper, we present a design of 700-MHz wire-grid corner reflector antennas. The position and length of a driven dipole are adjusted for resonance at 700MHz with corner angles of 60 and 90 degrees, reflector widths of 1 and 1.4 wavelengths, and reflector heights of 0.6 and 1.4 wavelengths. Reflection coefficient and gain versus frequency, gain patterns at the resonant frequency of the designed antennas are presented. The designed corner reflector antennas have 9-12dBi gain, 40-75° E-plane beamwidth, 40-55° H-plane beamwidth, and 20-30dB F/B ratio.

Keywords: Corner reflector, Wire grid, Wideband, Dipole

요 약

본 논문에서는 와이어그리드를 이용한 700MHz 코너 반사기 안테나 설계를 제시하였다. 코너각 60°, 90°, 반사기 폭이 1, 1.4파장, 높이는 0.6, 1.4파장일 경우 급전 다이폴의 위치와 길이를 조정하여 700MHz에서 공진하도록 하였다. 설계된 코너 반사기 안테나의 주파수에 따른 반사계수와 이득, 공진 주파수에서의 이득패턴을 제시하였다. 설계된 코너 반사기 안테나는 700MHz에서 9-12dBi의 이득, 40-75°의 전계면 빔폭, 40-55°의 자계면 빔폭, 20-30dB의 전후방비 특성을 가진다.

Keywords: 반파장 다이폴, 광대역, 와이어 그리드, 코너 반사기

1. 서 론

반사기 안테나는 고효율, 광대역, 단순구조 등의 장점으로 통신, 레이더, 전파천문학 등의 용도로 널리 사용된다[1]. 포물면 반사기 안테나에 비해 코너 반사기 안테나는 구조가 더욱 간단하며 10-17dBi 이득 구현하는 데에 적합하다. 코너 반사기 안테나는 하면 주로 1GHz 이하의 주파수에서 통신, 방송수신 등의 용도로 사용된다[2]. 평면 반사기 대신에 와이어 그리드 반사기를 이용하여 무게를 감소시키고 외부설치 시 풍압을 감소시킨다.

코너 반사기의 기본형은 직선도선 다이폴로 급전되는 것이며 대역폭 증대를 위해 급전소자로 슬리브 다이폴, 보우타이 다이폴, 지수주기 다이폴 등이 사용된다. 선형배열 뒤에 코너 반사기를 설치하여 배열축과 수직인 면에서의 지향도를 증가시킬 수 있다.

본 논문에서는 700MHz 대역에서 동작하는 와이어그리

드 코너 반사기 안테나를 설계하고 특성을 분석하였다. 방사소자로 직선도선 다이폴을 사용하였다. 코너 반사기와 크기와 코너 각도에 따른 다이폴의 길이와 위치를 최적화하고 설계 주파수에서의 이득패턴과 주파수에 따른 반사계수와 이득변화를 해석하였다. 코너 반사기 안테나 설계와 해석에는 널리 사용되고 있는 CST사의 Microwave Studio를 이용하였다.

2. 안테나 설계

코너 반사기의 꼭짓점에서 거리 S 만큼 떨어진 위치에 반파장 다이폴 (길이 LD , 직경 DD)이 배치된다. 코너 반사기는 다음 방법으로 설계한다. 우선 코너 반사기의 내각을 결정해야 한다. 보통 60°와 90°가 널리 사용되며 임의의 각도도 가능하다. 코너 반사기의 내각에 따라 다이폴 위치와 이에 따른 코너 반사기의 폭 L 을 적절한 값으로 설계한다. 코너 반사기의 폭 L 은 $2S$ 에서 2파장(λ) 사이로 한다. L 이 증가함에 따라 지향도가 증가한다. 코너 반사기

* 교신저자 : bician@cbu.ac.kr

의 높이는 다이폴 길이의 1.5배에서 1.5파장 사이로 한다. 코너 반사기의 높이가 증가함에 따라 지향도가 약간 증가한다. 코너 반사기의 폭과 높이가 클수록 전후방비가 증가한다. 반사기 와이어그리드 간격을 적절히 하여 (0.05파장에서 0.2파장) 전파 누설에 의한 후방 방사가 크지 않도록 한다.

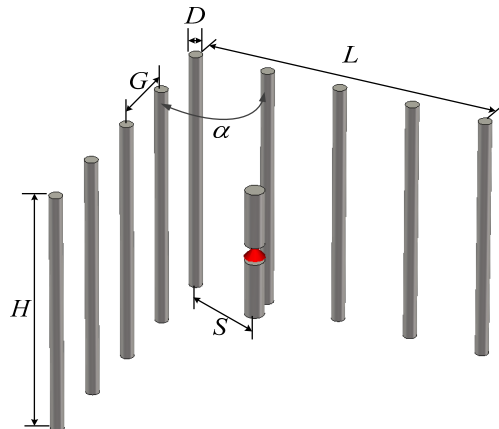


그림 1. 코너 반사기 안테나 구조 및 설계변수

우선 코너 반사기가 없을 경우의 700MHz에서 동작하는 다이폴을 설계하였다. 설계된 다이폴의 길이는 145mm, 직경은 길이의 1/8(18mm)이며 중간 갭은 직경과 동일하게 하였다. 다이폴 급전은 내부 임피던스가 50 Ω 인 이상적인 전압원(Microwave Studio에서 discrete port)으로 하였다. 그림 2는 설계한 다이폴의 입력단에서의 반사계수를 보인 것이다. 반사계수가 -10dB 이하인 주파수 대역폭(임피던스 대역폭)은 약 100MHz로서 중심 주파수의 14%이다.

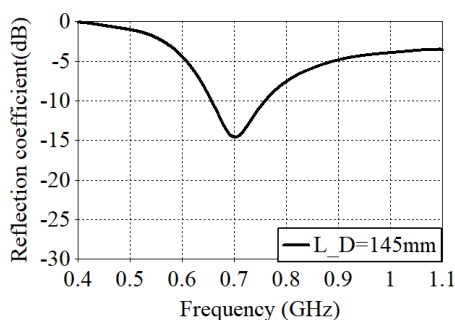


그림 2. 다이폴 만의 반사계수 특성

2.1 코너 반사기 안테나 설계 1

위에서 얻은 다이폴을 이용하여 700MHz에서 동작하는 코너 반사기 안테나(설계 1)를 설계하였다. 설계 치수는 다음과 같다.

$\alpha = 90^\circ$, $L = 1\lambda$, $H = 0.6\lambda$, $G = \lambda/6$, $D = 0.03\lambda$, $S = 0.37\lambda$. 그림 3은 설계된 코너 반사기의 형상이다.

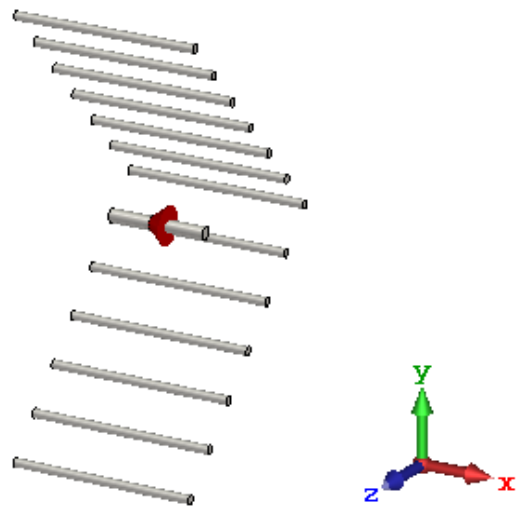


그림 3. 코너 반사기 안테나 설계 1의 형상

코너 반사기의 영향으로 다이폴의 중심 주파수가 변한다. 따라서 그림 4와 같이 다이폴 길이 L_D 를 137mm로 조정하여 700MHz에서 동작하게 하였다. 다이폴 직경은 18mm로 고정하였다. 위와 같은 방법으로 설계된 코너 반사기 안테나 설계 1의 임피던스 대역폭은 독립된 다이폴과 유사한 값인 100MHz이다.

코너 반사기 안테나 설계 1의 700MHz에서의 이득패턴 특성은 그림 5와 같다. 이 안테나는 최대 이득은 9.8dB, 전후방비 23dB, 전계면 빔폭 72.5°, 자계면 빔폭 52.6°의 특성을 보인다.

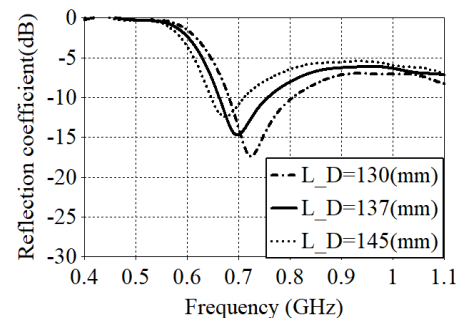
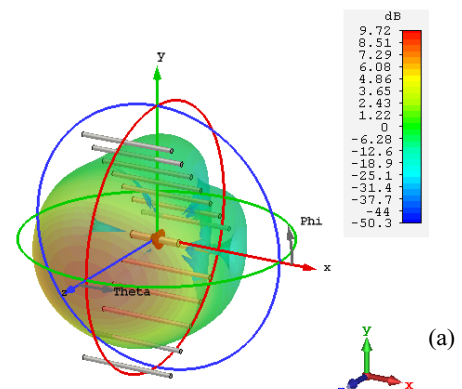


그림 4. 코너 반사기 안테나 설계 1의 다이폴 길이에 따른 반사계수



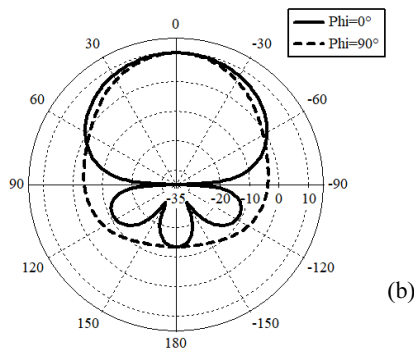


그림 5. 코너 반사기 안테나 설계 1의 이득패턴 (a) 삼차원 패턴, (b) 극좌표 패턴(실선: 전계면, 점선: 자계면)

코너 반사기 안테나 설계 1의 700MHz에서의 주편파 이득패턴과 교차편파 이득패턴 특성은 그림 6과 같다. 주편파 이득패턴의 경우는 자계면($\text{azimuth} = 0^\circ, -90^\circ < \text{elevation} < 90^\circ$)에서의 부엽이 전계면($\text{elevation} = 0^\circ, -180^\circ < \text{azimuth} < 180^\circ$)에서의 부엽보다 모든 각도에서 더 큰 것을 확인할 수 있다. 교차편파 이득패턴에 있어서 전계면과 자계면 상에서는 매우 값이 작으며 대각선 방향으로 최대가 발생한다. 교차편파 최대 이득은 -4.0dBi 이다.

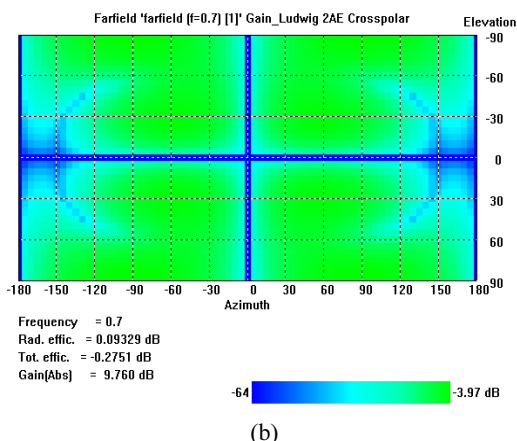
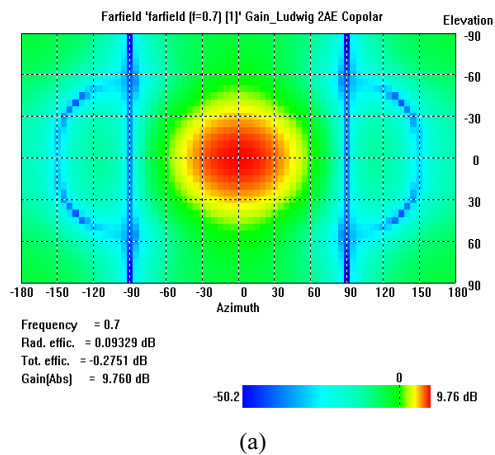


그림 6. 코너 반사기 안테나 설계 1의 이차원 (azimuth/elevation 형식) 이득패턴. (a) 주편파, (b) 교차편파

그림 7은 설계 1 안테나의 500-1000MHz 범위에서의 이득변화를 도시한 것이다. 설계 1 안테나는 500-1000MHz에서 5.3-10.6dBi의 이득을 가진다.

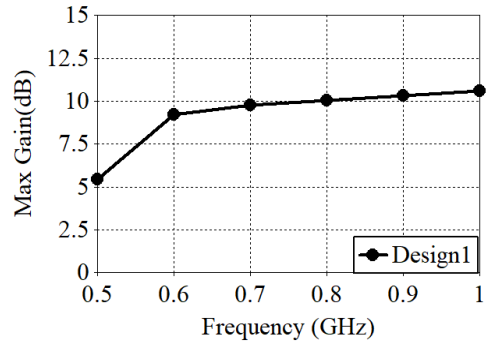


그림 7. 코너 반사기 안테나 설계 1의 주파수에 따른 이득

2.2 코너 반사기 안테나 설계 2

설계 1 안테나의 특성을 향상시키기 위해 코너 반사기 도선의 높이를 1.4파장으로 증가시켰다. 나머지 설계변수는 그대로 하였다. 위에서 얻은 다이폴을 이용하여 700MHz에서 동작하는 코너 반사기 안테나(설계 2)를 설계하였다. 다이폴 길이와 직경은 설계 1과 동일하게 하고 다이폴의 위치를 0.44파장으로 하여 임피던스 정합을 얻었다. 설계 2의 치수는 다음과 같다.

$\alpha = 90^\circ$, $L = 1\lambda$, $H = 1.4\lambda$, $G = \lambda/6$, $D = 0.03\lambda$, $S = 0.44\lambda$. 그림 8은 설계된 코너 반사기의 형상이다.

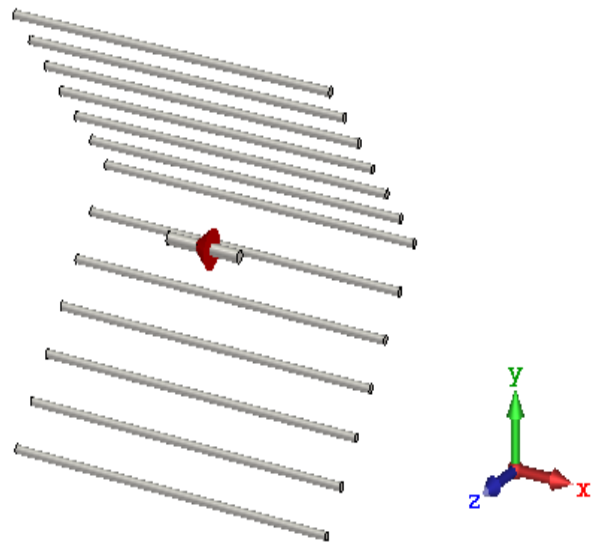


그림 8. 코너 반사기 안테나 설계 2의 형상

그림 9는 설계 2의 입력 반사계수이다. 대역폭은 260MHz 설계 1보다 증가하였다. 그림 10은 설계 2 안테나의 700MHz에서의 이득패턴이다. 이 안테나는 최대 이득은 약 12.3dB, 전후방비 23dB, 전계면 빔폭 40.9°, 자계면 빔폭 44.9°의 특성을 보인다.

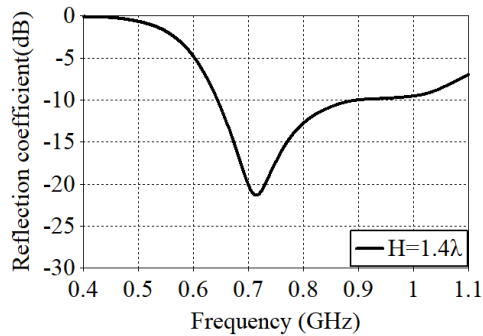


그림 9. 코너 반사기 안테나 설계 2의 반사계수

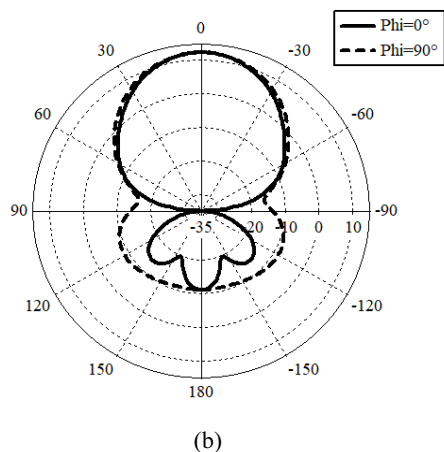
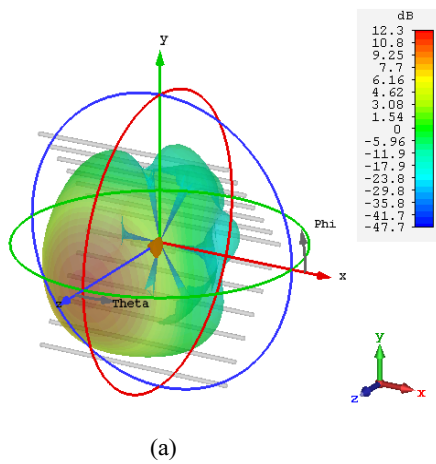


그림 10. 코너 반사기 안테나 설계 2의 이득패턴 (a) 삼차원 패턴, (b) 극좌표 패턴(실선: 전계면, 점선: 자계면)

그림 11은 코너 반사기 안테나 설계 2의 2차원 이득패턴이다. 주편파 이득패턴의 회전 대칭성이 설계 1의 경우보다 증가하였다. 교차편파 최대 이득은 -5.2dBi이다.

그림 12는 설계 2 안테나의 500-1000MHz 범위에서의 이득변화를 도시한 것이다. 설계 2 안테나는 500-1000MHz에서 9.8-12.3dB의 이득을 가진다.

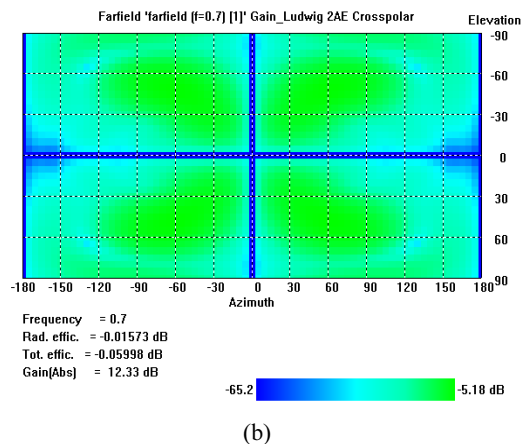
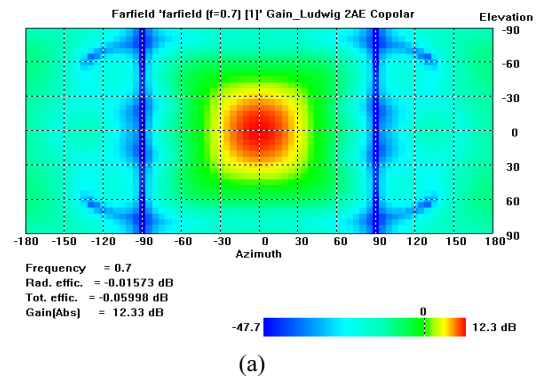


그림 11. 코너 반사기 안테나 설계 2의 이차원 (azimuth/elevation 형식) 이득패턴. (a) 주편파, (b) 교차편파

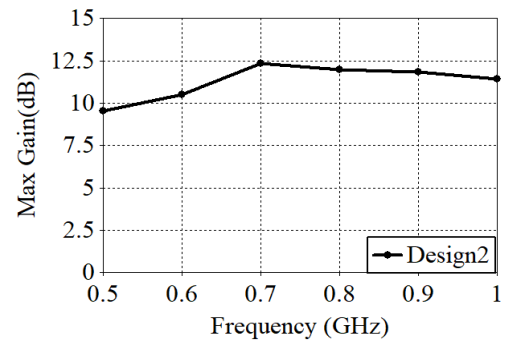


그림 12. 코너 반사기 안테나 설계 2의 주파수에 따른 이득

2.3 코너 반사기 안테나 설계 3

마지막으로 코너 각이 60°일 경우 설계 2와 유사한 특성을 가지는 안테나를 설계하였다(설계 3). 코너 각이 감소함에 따라 코너 반사기의 폭과 높이를 모두 4/3파장으로 하였다. 다이폴의 길이와 직경은 설계 2와 동일하게 하고 코너 반사기 꼭짓점에서 다이폴까지의 거리를 0.6파장으로 조정하였다. 설계 3 안테나의 치수는 다음과 같다. $\alpha = 60^\circ$, $L = 4\lambda/3$, $H = 4\lambda/3$, $G = \lambda/6$, $D = 0.03\lambda$, $S = 0.6\lambda$. 그림 13은 설계된 코너 반사기의 형상이다.

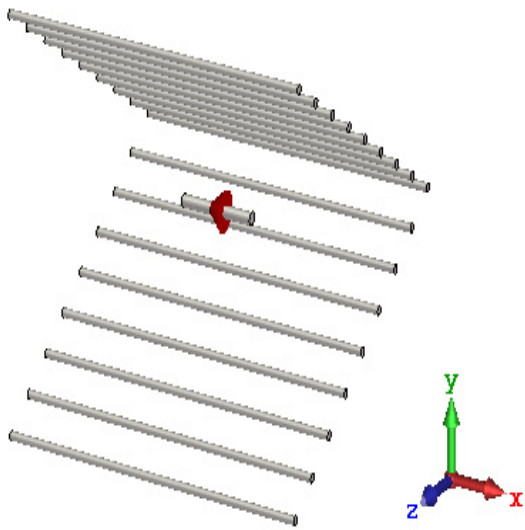


그림 13. 코너 반사기 안테나 설계 3의 형상

그림 14는 설계 3의 입력 반사계수이다. 임피던스 대역 폭은 안테나 설계 1, 2에서 보다 더 넓은 430MHz이다.

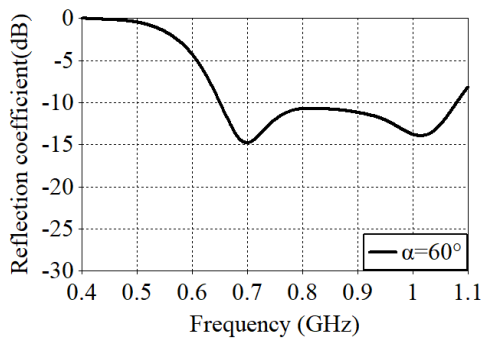
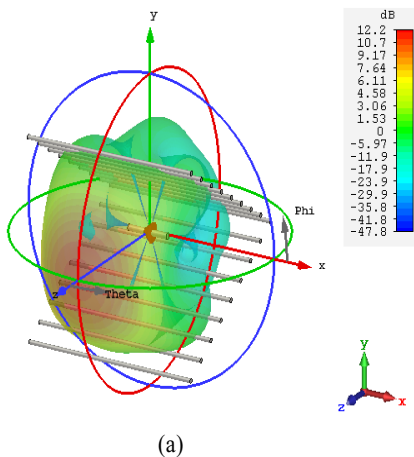
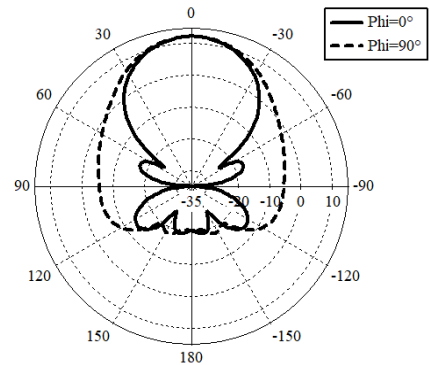


그림 14. 코너 반사기 안테나 설계 3의 반사계수

코너 반사기 안테나 설계 3의 700MHz에서의 이득패턴 특성은 그림 15와 같다. 이 안테나는 최대 이득은 약 12.2dB, 전후방비 30dB, 전계면 빔폭 49.8°, 자계면 빔폭 44.3°의 특성을 보인다.



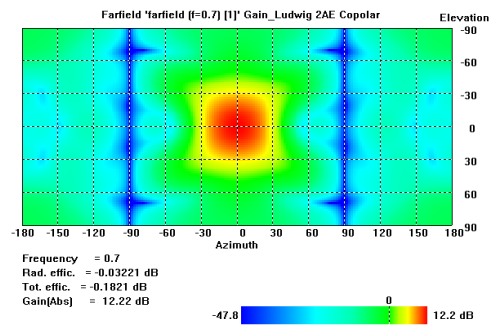
(a)



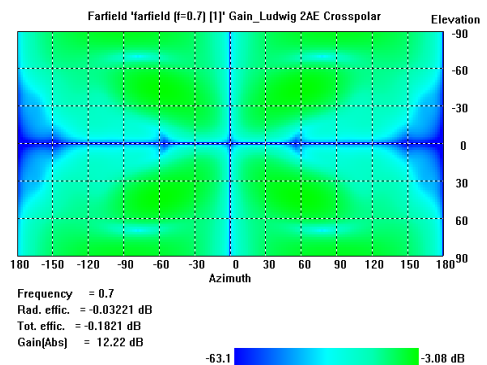
(b)

그림 15. 코너 반사기 안테나 설계 3의 이득패턴 (a) 삼차원 패턴, (b) 극좌표 패턴(실선: 전계면, 점선: 자계면)

코너 반사기 안테나 설계 3의 700MHz에서의 주편파 이득패턴과 교차편파 이득패턴 특성은 그림 16과 같다. 주편파 이득패턴의 회전 대칭성은 설계 2보다 감소하였다. 교차편파 최대 이득은 -3.1dBi이다.



(a)



(b)

그림 16. 코너 반사기 안테나 설계 3의 이차원 (azimuth/elevation 형식) 이득패턴. (a) 주편파, (b) 교차편파

그림 17은 설계 3 안테나의 500-1000MHz 범위에서의 이득변화를 도시한 것이다. 설계 3 안테나는 500-1000MHz에서 9.0-12.2dB의 이득을 가진다.

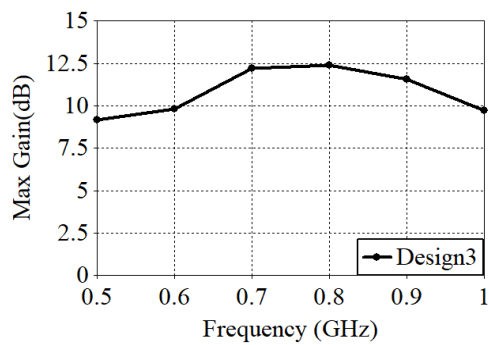


그림 17. 코너 반사기 안테나 설계 3의 주파수에 따른 이득

4. 결 론

본 논문에서는 700MHz 대역 와이어 그리드 코너 반사기 안테나를 설계하였다. 코너 각 90°인 경우 반사기 크기가 작은 경우(설계 1), 큰 경우(설계 2), 코너 각 60°이며 반사기가 큰 경우(설계 3)를 상용 소프트웨어를 이용하여 설계하고 특성을 분석하였다. 500-1000MHz에서 설계 1의 최대 이득은 약 10dBi, 설계 2와 설계 3의 이득은 약 12.5dBi였다. 전후방비는 설계 1과 설계 2가 23dB, 설계 3이 30dB를 보였다. 반사계수가 -10dB 이하인 대역폭은 100MHz, 260MHz, 430MHz로서 코너 각이 60°일 경우 가장 넓은 대역폭 특성을 보였다. 본 논문의 결과는 UHF 대역 통신 및 방송 수신 안테나로서 제안된 코너 반사기안테나는 간단한 구조로 이득 및 대역폭 개선의 용도로 유용하게 사용될 수 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] A. D. Olver et al., Microwave Horns and Feeds, IEEE Press, 1994.
- [2] J. Volakis, Ed., Antenna Engineering Handbook 4th Ed, McGraw-Hill, 2007.

저 자 약 력

노준우

njwwow@naver.com

2016년 2월 충북대학교 정보통신공학과에서 학사

2016년 8월~ 현재 충북대학교 전자통신공학과 석사과정 재학

<주 관심사 : 안테나 설계>

안병철

bician@cbu.ac.kr

1992년 미국 미시시피대학의 전기전자공학과 박사

1993년~ 1994년 국방과학연구소 연구원

1995년~ 현재 충북대학교 정보통신공학부 교수

<주 관심사 : 안테나, 고주파회로, 무선시스템>