평판이 삽입된 IBBD 배열 안테나의 복사 특성 분석

Analysis of Radiation Characteristics of Plate-Inserted IBBD Array Antennas

최환기 · 최학근 · 김도경* · 정영배** · 전순익**

Hwan-Gi Choi · Hak-Keun Choi · Do-Kyung Kim* · Young-Bae Jung** · Soon-Ik Jeon**

요 약

본 논문에서는 지능형 안테나 시스템을 위하여 IBBD 배열 안테나의 소자 간격 및 소자 사이에 삽입된 평판의 높이에 따른 격리도를 분석하였다. 배열 소자 사이의 격리도는 두 소자 사이의 배열 간격이 증가할수록 향상되고, 두 소자 사이에 평판을 삽입한 경우가 평판이 없는 경우보다 약 13 dB의 격리도가 향상되는 것을 확인하였다. 또, 평판이 삽입된 4×4 소자 IBBD 배열 안테나를 제작하여 평판의 높이에 따른 복사 특성을 측정하고 분석하였다. 평판의 높이가 증가함에 따라 이득이 약간 감소하나, 복사 패턴 형상에는 거의 변화가 없었다.

Abstract

In this paper, the isolation of the IBBD array antenna is analyzed as functions of the element spacing and the height of the flat plate inserted between array elements for the intelligent antenna system. It is found that the isolation between array elements improves with increasing the array spacing. The array configuration with the plate between the elements is enhanced by about 13 dB more in the isolation than the one without the plate. The plate-inserted 4×4 elements IBBD array antennas are fabricated and the radiation characteristics are measured and analyzed for the various heights of the plate. It is found that the gain decreases slightly with increasing the height of plate but the shape of radiation pattern does not show a remarkable change.

Key words : Isolation, IBBD, Plate-Inserted IBBD, Array Antenna

Ⅰ. 서 론

현재 국내외에서 서비스되고 있는 주요 이동 통신 서비스는 Cellular, PCS, WCDMA, Wi-Fi, WiBro, WiMAX가 있으며, 각 서비스마다 기지국과 중계기 등의 무선국 설치가 필요하다. 이에 방송통신위원회는 이동통신기지국 · 중계기 등 무선국 설치의 중복 투자를 막고 업계의 투자비 절감, 도시 미관 및 자연 환경 훼손 방지, 전파 자원의 효율적 이용 등을 위하여 공용화가 필요하며, 양질의 서비스를 위하여 1개의 기지국 안테나로 모든 이동 통신 서비스를 제공할 수 있는 지능형 안테나(intelligent antenna)[1],[2]의 개발을 추진하고 있다.

지능형 안테나는 다중 송수신(MIMO: Multi Input Multi Output) 안테나[3],[4]를 응용하여 안테나의 전기적 제어를 통해 모든 이동 통신 서비스가 제공될 수

「본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음[2007-F-041-02, 지능형 안테나 기술개발].」

단국대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Dankook University)

*서울산업대학교 IT정책전문대학원(Graduate School of Public Policy and Information Technology, Seoul National University of Technology)

**한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 논 문 번 호 : 20080707-083

· 수정완료일자 : 2008년 10월 8일

있도록 하며, 4세대 이동 통신의 요구사항을 만족시키기 위하여 다양한 모드로 동작하는 안테나 시스템이다. 현재 다중 안테나 신호 처리 기술은 안테나 소자의 배열에 따른 소자 간 상호 결합으로 인한 상관계수의 악화 등을 고려하지 않고 시스템적으로 해결하거나, 베이스 밴드에서의 알고리즘에 의한 신호처리로 접근하고 있기 때문에 실용화의 측면에서 보면 많은 문제점을 가지고 있다[5],[6]. 따라서 이 지능형 안테나를 실현시키기 위해서는 우선적으로 각 안테나의 구성 소자와 배열 안테나 사이의 간섭 신호 또는 신호 귀환을 초래하는 상황이 발생하지 않도록 격리도(isolation)를 확보하여 각각의 안테나가 독립적으로 동작할 수 있게 하여야 한다.

이에 본 논문에서는 안테나 소자 사이의 격리도 향상을 위하여 선형 편파 특성이 우수하고 40 % 이상의 넓은 대역폭을 가지므로 광대역 지능형 안테나의 복사소자로 적합한 IBBD(Integrated Balun Bow-tie Dipole) 안테나[7]~[9]를 대상으로 배열 간격과 소자 사이에 삽입한 평판 크기에 따른 격리도를 분석한다. 또한, 소자 사이에 평판을 삽입한 4×4 소자 IBBD 배열 안테나를 설계 제작하고, 복사 특성을 측정하여 삽입한 평판이 복사 특성에 미치는 영향을 고찰한다.

Ⅱ. 안테나 소자 간의 격리도 분석

일반적으로 배열 안테나의 복사 패턴은 단일 소자의 패턴과 배열 계수(array factor)의 곱으로 구할 수 있으나, 각 소자 간의 격리도가 낮으면 소자 간의 상호 간섭에 의해 원하는 복사 패턴을 얻을 수 없다[10],[11]. 따라서 여기서는 배열 소자의 격리도 향상을 고찰하기 위하여 두 개의 IBBD 안테나로 구성된 배열 안테나의 소자 간격에 따른 격리도와 소자 사이에 평판을 삽입한 경우의 격리도 특성을 분석한다. 격리도는 CST사의 MWS(V. 2006b)를 사용하여 계산한다.

2-1 단일 IBBD 안테나

그림 1은 배열 안테나에서 소자 사이의 격리도를 분석하기 위하여 사용될 단일 IBBD 안테나의 구조를 보여준다. 그림에서 안테나는 구형 반사판 위에

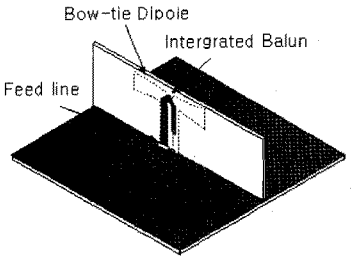
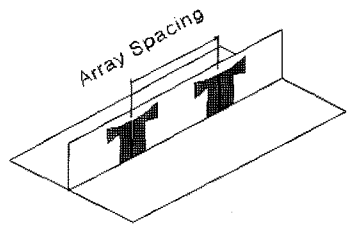


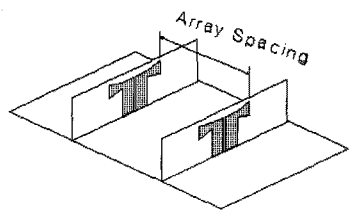
그림 1. IBBD 안테나의 구조
Fig. 1. Configuration of the IBBD antenna.

수직으로 세워지며 급전선은 FR-4기판(ε_r: 4.4, 기판 두께: 1.6 mm, 손실 탄젠트: 0.02)으로 제작된 반사판의 아랫면에 위치한다[7]. 그림 1의 IBBD 안테나의 다이폴 길이는 19.5 mm, 다이폴의 바깥쪽 폭은 9 mm, 안쪽 폭은 6 mm, 접지판으로부터 다이폴 중심까지의 높이는 25 mm이다. 사용 주파수 2.3~3.5 GHz에서 VSWR 1.56:1 이하를 만족하며, 중심주파수 2.9 GHz에서 안테나 이득은 6.3 dBi, E면 및 H면 빔 폭은 각각 65.72°, 80.53°를 갖는다. 복사 패턴 및 VSWR 측정치는 참고문헌 [7]에 수록되어 있다.

2-2 배열 간격에 따른 격리도 분석

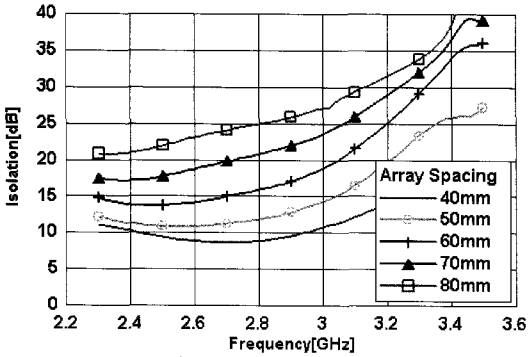


(a) E면 배열
(a) E-plane array



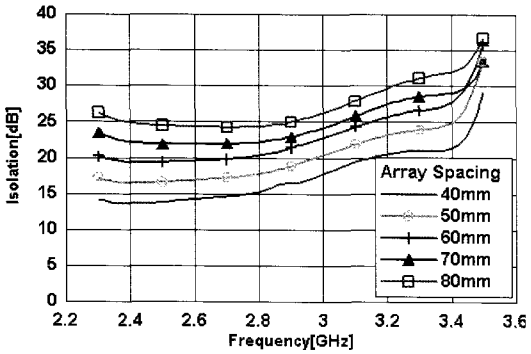
(b) H면 배열
(b) H-plane array

그림 2. IBBD 안테나 배열
Fig. 2. Array of the IBBD antenna.



(a) E면 배열

(a) E-plane array

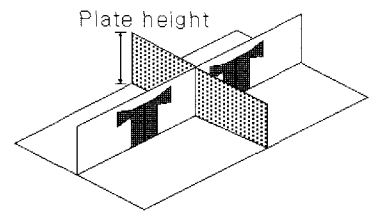


(b) H면 배열

(b) H-plane array

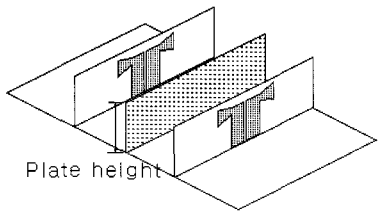
그림 3. 배열 간격에 따른 격리도

Fig. 3. Isolation as a function of the array spacing.



(a) E면 배열

(a) E-plane array



(b) H면 배열

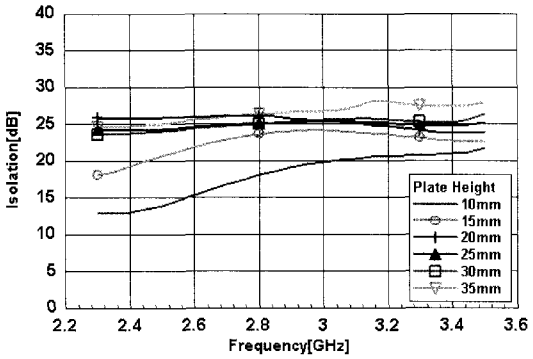
(b) H-plane array

그림 4. 평판이 삽입된 배열

Fig. 4. Plate-inserted array.

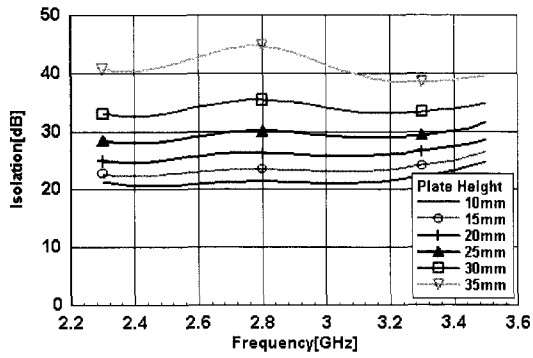
여기서는 IBBD 안테나를 대상으로 하여 E면 배열과 H면 배열에 대하여 배열 간격에 따른 격리도 S_{21}을 분석한다. 그림 2는 격리도 분석을 위한 E면 배열과 H면 배열을 나타낸다. 두 개의 동일한 IBBD 안테나가 하나의 반사판 위에 선형으로 배열된 구조이며, 사용된 반사판의 크기는 130×80 mm이다.

그림 3은 배열 간격을 40 mm(중심 주파수 2.9 GHz에서 0.39 λ)에서 80 mm(0.77 λ) 까지 10 mm 간격으로 변화시키면서 계산한 격리도이다. 그림 3(a)의 E면 배열의 경우 배열 간격 40 mm에서 주파수에 따라 약 8~15 dB의 격리도를 가지며, 배열 간격 80 mm에서 20~40 dB의 격리도를 가지는 것을 확인할 수 있다. 그림 3(b)의 H면 배열의 경우, 배열 간격 40 mm에서 약 13~30 dB의 격리도를 가지며 배열 간격 80 mm에서 23~37dB의 격리도를 가지는 것을 확인할 수 있다. 여기서 두 안테나 소자 사이의 거리가



(a) E면 배열

(a) E-plane array



(b) H면 배열

(b) H-plane array

그림 5. 평판의 높이에 따른 격리도

Fig. 5. Isolation as a function of the plate height.

증가함에 따라 격리도가 증가하며, 높은 주파수 대역에서 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

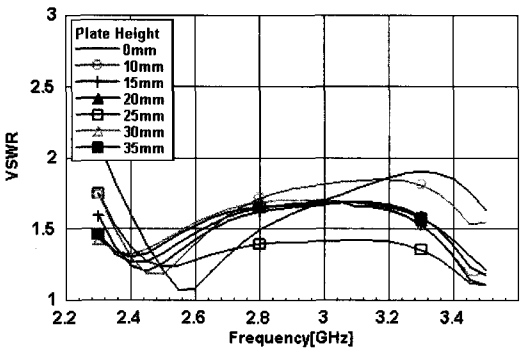
2-3 평판 높이에 따른 격리도 분석

앞에서 두 안테나 소자 사이의 배열 간격이 증가할수록 격리도가 증가하는 것은 확인하였다. 그러나 배열 간격을 증가시키는 것은 안테나 크기가 커지고 안테나 특성이 변화하게 되므로 넓은 대역에서 동작하는 안테나 시스템에 적절하지 못하다. 따라서 여기서는 격리도 향상을 위하여 일정한 배열 간격을 갖는 두 소자 사이에 평판을 삽입하고 평판의 높이에 따른 격리도를 분석한다.

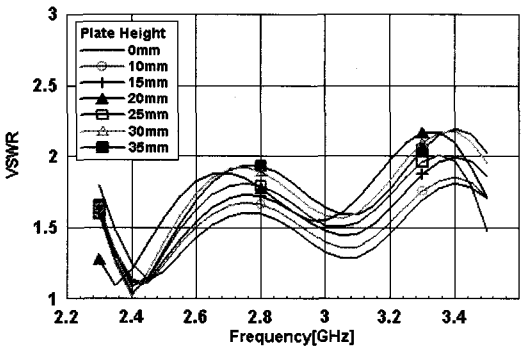
그림 4는 소자 사이에 평판을 삽입한 안테나 배열을 나타낸다. 그림 4(a)는 E면 배열이고, 그림 4(b)는 H면 배열이다. 두 배열 모두 반사판의 크기는 130 ×80 mm이며, 소자 사이의 간격은 50 mm이다. 평판은 FR-4 기판으로 되어 있다.

그림 5는 평판의 높이를 10 mm에서 35 mm까지 5 mm씩 변화시키면서 계산한 격리도를 나타낸다. 그림 5(a)는 E면 배열에 대한 격리도로서 평판의 높이가 증가할수록 격리도가 증가하다가 평판 높이가 약 20 mm 정도를 넘어서게 되면 격리도 증가가 적어지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 평판 높이가 20 mm 이상에서 주파수에 따른 격리도는 큰 변화가 나타나지 않고 있다. 그림 5(b)는 H면 배열에 대한 격리도로서 평판의 높이가 증가할수록 격리도가 증가하며, 평판의 높이가 일정할 때 주파수에 따른 격리도는 큰 변화가 없다.

그림 3과 그림 5에서 E면 배열 시 격리도는 20 mm의 평판을 사용하였을 경우, 24 dB 이상으로 평판이 없는 경우(그림 3(a), 11 dB 이상)보다 약 13 dB

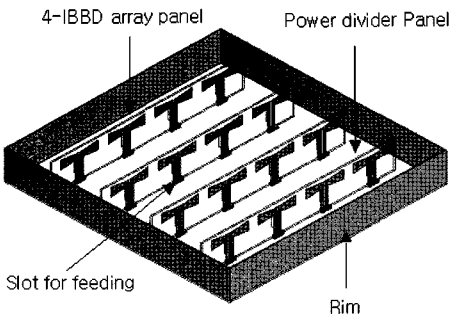


(a) E면 배열
(a) E-plane array

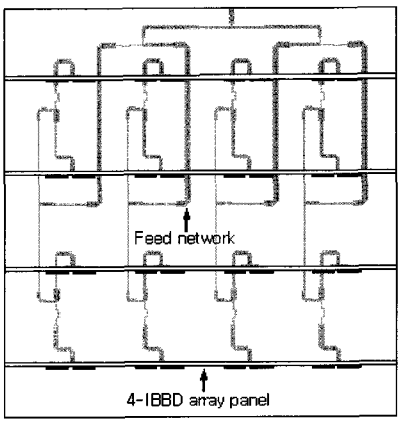


(b) H면 배열
(b) H-plane array

그림 6. 평판의 높이에 따른 VSWR
Fig. 6. VSWR as a function of the plate height.

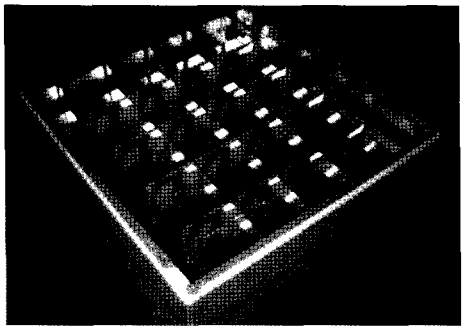


(a) 구조
(a) Antenna configuration

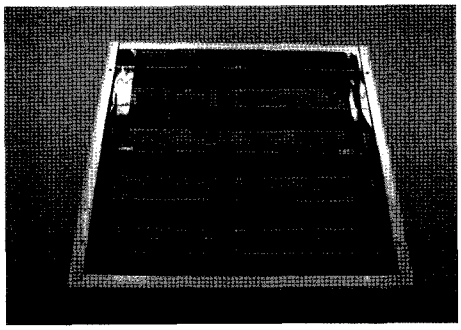


(b) 급전 회로
(b) Feed network

그림 7. 16 소자 IBBD 배열 안테나
Fig. 7. 16-IBBD array antenna.

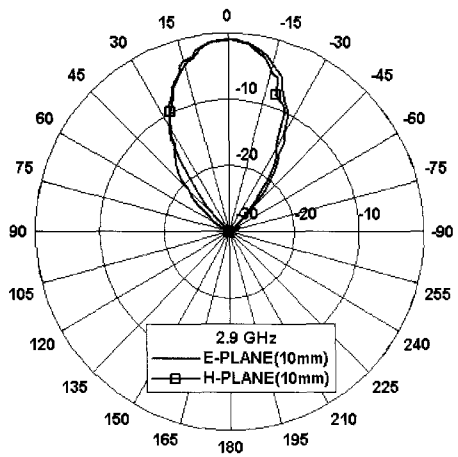


(a) E면 평판
(a) E-plane plate

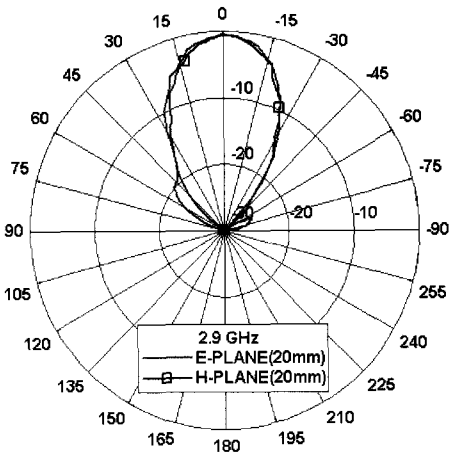


(b) H면 평판
(b) H-plane plate

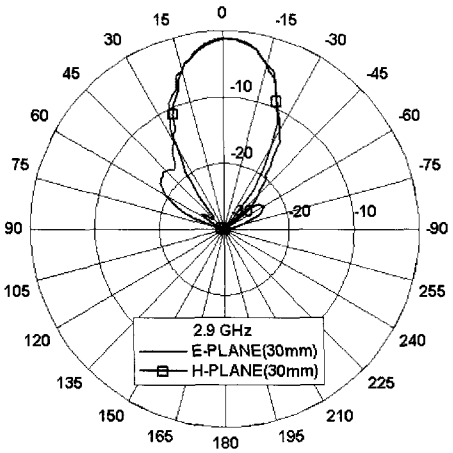
그림 8. 평판이 삽입된 16-IBBD 배열 안테나 사진
Fig. 8. Picture of the plate-inserted 16-IBBD array antenna.



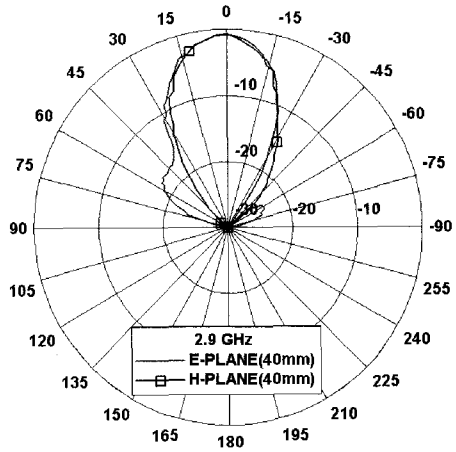
(a) 10 mm



(b) 20 mm



(c) 30 mm



(d) 40 mm

그림 9. E면 평판을 갖는 16-IBBD 배열 안테나의 측정 패턴
Fig. 9. Measured pattern of the 16-IBBD array antenna with the E-plane plate.

증가한 것을 확인할 수 있다. 또한, H면 배열 시 격리도는 평판 높이에 따라 증가하며, 30 mm의 평판을 사용하였을 경우 격리도는 30 dB 이상으로 평판을 사용하지 않았을 경우(그림 3(b), 17 dB 이상)보다 약 13 dB 향상되는 것을 확인할 수 있다.

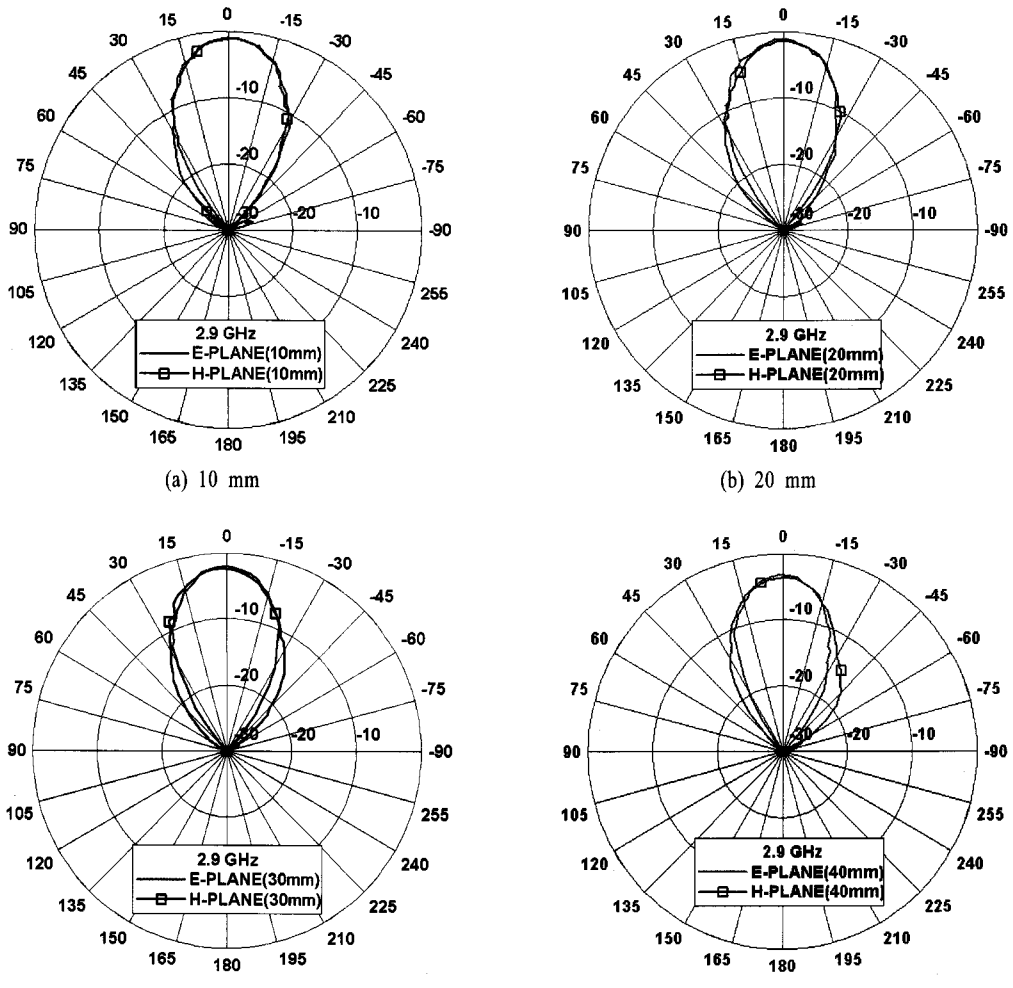
그림 6은 평판의 높이를 10 mm에서 35 mm까지 5 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR과 평판이 없을 때의 VSWR을 비교하여 나타낸 것이다. 그림 6(a)는 E면 배열에 대한 VSWR로 평판 높이에 따라 큰 변화가 없음을 보이고 있다. 그림 6(b)는 H면 배열에 대한 VSWR로 평판의 높이가 증가할수록 조금씩 증가함을 보이고 있다.

Ⅲ. 평판이 삽입된 배열 안테나의 복사 특성

여기서는 배열 소자 사이에 평판이 삽입된 16 소자 IBBD 배열 안테나에서 평판 높이에 따라 복사 특성을 측정하여 평판이 안테나 성능에 미치는 영향을 고찰한다.

3-1 16 소자 IBBD 배열 안테나

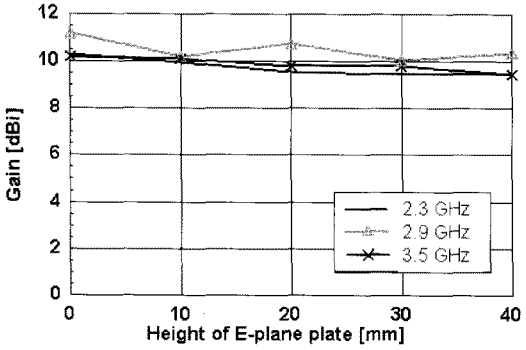
그림 7은 16 소자 IBBD 배열 안테나를 나타낸다. 그림 7(a)는 안테나 구조이고, 그림 7(b)는 급전 회로이다. 배열 안테나는 4개의 소자로 구성된 4개의 안테나 패널이 반사판에 수직으로 세워지고 반사판 뒷



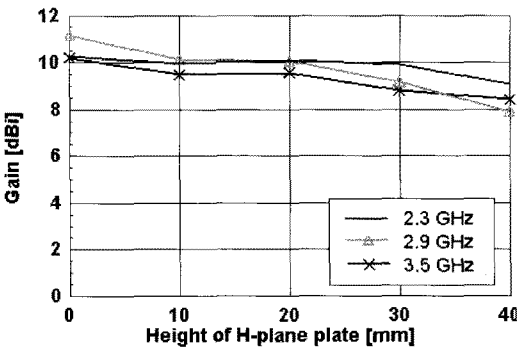
(a) 10 mm (b) 20 mm

(c) 30 mm (d) 40 mm

그림 10. H면 평판을 갖는 16-IBBD 배열 안테나의 측정 패턴
Fig. 10. Measured pattern of the 16-IBBD array antenna with the H-plane plate.



(a) E면 평판
(a) E-plane plate



(b) H면 평판
(b) H-plane plate

그림 11. 평판의 높이에 따른 측정 이득
Fig. 11. Measured gain as a function of the plate height.

면의 급전 회로로부터 급전된다.

배열 안테나의 전체 크기는 262×262×40 mm이며, 안테나의 이득은 전 대역에서 10.3 dBi 이상이며, E면과 H면 빔 폭은 중심 주파수 2.9 GHz에서 각각 30.9°, 27.8°이며, 약 13 dB의 사이드 로브와 약 24 dB의 전후방비를 갖는다[7].

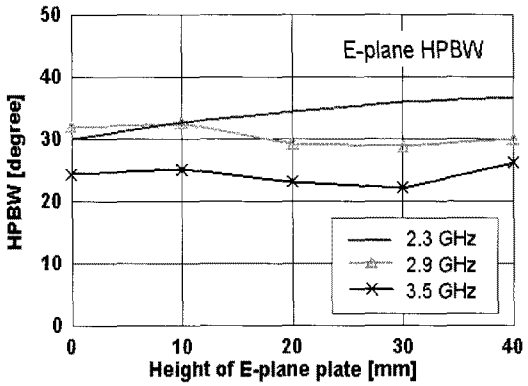
3-2 평판이 삽입된 16 소자 IBBD 배열 안테나

그림 8은 소자 사이에 평판이 삽입된 16 소자 IBBD 배열 안테나의 구조를 나타낸다. 그림 8(a)는 E면 평판을 갖는 안테나이고, 그림 8(b)는 H면 평판을 갖는 안테나이다. 안테나의 크기는 소자 사이에 평판이 없는 그림 7(a)의 IBBD 배열 안테나와 같다.

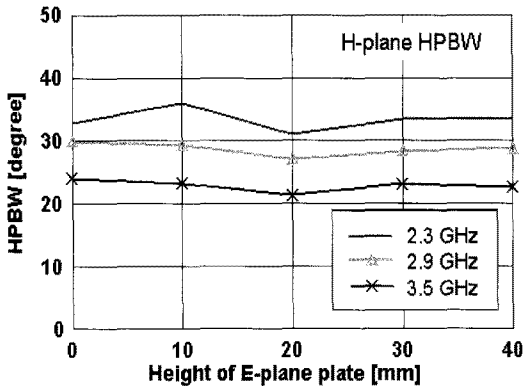
그림 9는 E면 평판의 높이가 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm일 때 측정된 복사 패턴이다. 측정 주파수는 2.9 GHz이다. 복사 패턴의 최대치는 평판이 없는 IBBD 배열 안테나의 측정 이득 10.3 dBi를 기준으로 정규화 하여 나타내었다.

소자 사이에 평판이 있는 경우, 평판이 없는 경우보다 이득이 약간 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 평판으로 인하여 각 소자들의 패턴 결합이 방해를 받기 때문으로 생각된다. 복사 패턴 모양은 평판의 높이에 따라 큰 변화가 없고 왜곡 현상도 나타나지 않는다.

그림 10은 H면 평판의 높이에 따른 측정된 복사 패턴이다. E면 평판이 있는 경우와 마찬가지로 평판에 따라 안테나 이득이 약간 감소하나, 복사 패턴 모

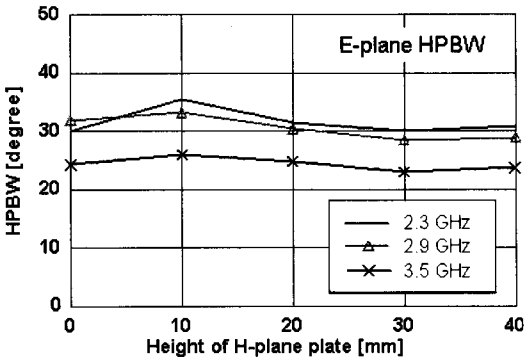


(a) E면 빔 폭
(a) E-plane HPBW

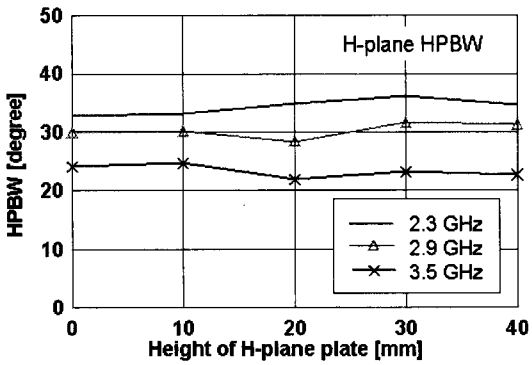


(b) H면 빔 폭
(b) H-plane HPBW

그림 12. E면 평판의 높이에 따른 측정된 빔 폭
Fig. 12. Measured HPBW for the height of the E-plane plate.



(a) E면 빔 폭
(a) E-plane HPBW



(b) H면 빔 폭
(b) H-plane HPBW

그림 13. H면 평판의 높이에 따른 측정된 빔 폭
Fig. 13. Measured HPBW for the height of the H-plane plate.

양은 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다. 또한, 그림 9와 그림 10으로부터 평판의 높이에 따른 이득 감소는 E면 평판보다는 H면 평판을 갖는 경우가 다소 크게 나타남을 확인하였다.

그림 11은 평판 높이에 따른 측정 이득의 변화를 2.3 GHz, 2.9 GHz, 3.5 GHz에서 나타내고 있다. 그림에서 안테나의 이득은 평판 높이가 높아질수록 약간 감소한다.

그림 12는 E면 평판의 높이를 0 mm에서 40 mm까지 10 mm씩 증가시키면서 E면 빔 폭(HPBW: Half Power Beam Width)과 H면 빔 폭을 측정하여 나타낸 것이다. 평판의 높이 변화에 따른 빔 폭은 최대 5° 정도 범위로 평판에 의한 빔 폭 변화가 적게 나타나고 있다.

그림 13은 H면 평판의 높이에 따른 측정된 E면 빔 폭과 H면 빔 폭을 나타낸다. 평판의 높이 변화에 따른 빔 폭은 E면 평판 경우와 마찬가지로 빔 폭 변화가 작은 것을 알 수 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 지능형 안테나 시스템을 위하여 WiBro/WiMAX 대역에서 동작하는 IBBD 배열 안테나의 소자 배열 간격 및 소자 사이에 삽입한 평판의 높이에 따른 격리도를 분석하였다. 또한, 소자 사이에 평판이 삽입된 4×4 소자 IBBD 배열 안테나를 제작하여 평판의 높이에 따른 복사 특성을 측정하고 분석하였다.

단일 소자 간의 격리도는 두 소자 사이의 배열 간격이 증가할수록 향상되며, 두 소자 사이에 평판을 둘 경우 평판이 없는 경우보다 약 13 dB의 격리도가 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 소자 사이에 평판을 삽입한 16 소자 IBBD 배열 안테나의 경우 평판의 높이가 증가함에 따라 이득이 약간 감소하나 복사 패턴 형상에는 변화가 거의 없음을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 분석된 자료들은 지능형 안테나를 설계하는데 참고가 될 것으로 생각되며, 향후 배열 안테나 사이의 격리도 분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] 현성현, 조희남, "스마트 안테나 시스템의 개념 및 구성", HY-SDR Research Center, 한양대학교, 2004년 6월.

[2] 홍준표, 염재홍, 이효진, "차세대 이동 통신에서의 스마트 안테나 기술", 한국전자파학회지 전자파기술, 13(4), pp. 3-12, 2002월 10월.

[3] E. Telatar, "Capacity of multi-antenna gaussian channels", *European Transactions on Telecommunications*, vol. 10, no. 6, pp. 585-595, Nov. 1999.

[4] G. J. Foschini, M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas", *Wireless Personal Communications*, vol. 6, pp. 311-335, 1998.

[5] 민경식, 김동진, 박철근, 문영민, 김영일, "평면

배열 안테나의 소자간 상호 결합 억압 설계", 한국전자파학회논문지, 16(8), pp. 803-809, 2005년 8월.

[6] Sung Jin Kim, Yong Suk Lee, Ho Jin Kim, and Hyeon Woo Lee, "Technical review for 3GPP downlink multiple antenna concepts", *Telecommunication Review*, vol. 12, no. 2, pp. 152-168, Mar. 2002.

[7] 최환기, 최학근, 정영배, 전순익, "WiBro/ WiMAX 대역 IBBD 배열 안테나의 설계", 한국전자파학회논문지, 19(1), pp. 33-39, 2008년 1월.

[8] B. Edward, D Rees, "A broadband printed dipole with integrated balun", *Microwave Journal*, pp. 339-344, May 1987.

[9] A. A. Eldek, A. Z. Elsherbeni, "Modified printed bow-tie antenna for C and X bands wideband phased array systems", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 2B, pp. 429-432, Jul. 2005.

[10] C. R. Anderson, S. Krishnamoorthy, and C. G. Rason, "Antenna isolation, wideband multipath propagation measurements, and interference mitigation for on-frequency repeaters", *Southeast Con. 2004, Proceeding IEEE*, pp. 110-114, Mar. 2004.

[11] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, ch. 3, 7, John Willey, New York, 1981.

최 환 기

2007년 8월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 9월~현재: 단국대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파

최 학 근

1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
1991년 3월~현재: 단국대학교 전자공학과 교수
2006년 7월~현재: 단국대학교 공학교육혁신센터장
1989년 3월~현재: (주)하이게인 안테나 기술고문
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로

김 도 경

2003년 2월: 서울산업대학교 정보산업공학과 (공학석사)
2006년 8월: 서울산업대학교 IT정책전문대학원 산업시스템전공 박사과정 수료
1999년 12월~현재: (주)한국정밀전자 대표이사
[주 관심분야] 이동 통신, RF, 텔레메틱스

정 영 배

1999년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)
2001년 2월: 한국정보통신대학교 전자공학부 (공학석사)
2001년 2월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
[주 관심분야] RF/MW 수동 및 능동부품설계, 위상배열 안테나시스템 설계

전 순 익

1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원 안테나기술연구팀 팀장, 책임연구원
[주 관심분야] 초고주파 수동 및 능동 부품 및 시스템, 안테나시스템, CR시스템 등