

IMT-2000 단말기용 변형된 역 F형 광대역 세라믹 유전체 칩 안테나

Modified Inverted-F Type Wide Band Ceramic Dielectric Chip Antenna for IMT-2000 Handset

이 기 성 · 채 윤 경 · 최 익 권

Ki-Sung Lee · Yoon-Kyoung Chae · Ik-Guen Choi

요 약

본 논문에서는 높은 유전율을 갖는 세라믹 유전체상에 인쇄된 변형된 역 F형의 광대역 세라믹 유전체 칩 안테나를 설계 제작하였다. 이 안테나는 2.0 GHz 대역 IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000) 단말기의 내부에 장착하여 사용하기 위한 것으로 상용 소프트웨어 HFSS를 이용하여 유전체 크기, 유전율 및 인쇄패턴에 따른 안테나 특성을 해석하여 작은 접지면에서 최적의 안테나 특성을 갖도록 설계하였다. 제작된 안테나는 폭 8 mm, 높이 3 mm, 길이 8 mm로 소형으로 특성 측정결과, -10 dB 대역폭은 약 270 MHz로 IMT-2000 단말기에 요구되는 대역폭을 만족하며 또한 최대 방사이득은 2 dBi임을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, a wide band modified inverted-F type antenna printed on a high dielectric ceramic material is designed and fabricated. This antenna is designed to have optimum antenna characteristics analyzing the effects of design parameters such as printed antenna pattern, ceramic dielectric material dimension and dielectric constant on antenna characteristics using the commercial simulation tool HFSS. The fabricated antenna's width, length and height are 8 mm, 8 mm and 3 mm, respectively. Measurement results show that it has -10 dB bandwidth of 270 MHz which satisfies the IMT-2000 bandwidth required for handset and that its maximum radiation gain is 2 dBi.

Key words : Chip Antenna, Modified Inverted-F Type, IMT-2000

I. 서 론

최근 이동통신 기술의 발달과 함께 디지털 셀룰라 이동통신, 개인 휴대통신등 다양한 이동통신 서비스가 제공됨에 따라 휴대용 단말기만 가지고 있으면 언제 어디서나 통신을 할 수 있게 되었다. 향후 IMT-2000서비스가 실현될 경우에는 기존의 이동통신망에서 제공되는 단말 이동성 서비스뿐만 아니라 개인 이동성 및 서비스 이동성을 제공하게 되

고, 음성통신은 물론이고 영상 및 데이터의 실시간 통신도 가능하게 될 예정이다. 이와 같이 다양한 이동통신 기술의 발달에도 불구하고 단말기에 장착되는 안테나는 아직까지도 모노폴 안테나, 헤리칼 안테나, 휩 안테나 등 기존의 외장형 안테나를 사용하고 있어서 단말기의 소형화에 장애가 되고 있다. 또한 이와 같은 안테나들은 단말기에 장착시 동축선과 컨넥터가 추가로 요구되기 때문에 단말기 가격 상승의 원인도 된다.

충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부(Electrical and Computer Engineering School, Chungbuk Nat'l Univ.)

· 논문 번호 : 20020206-011

· 수정완료일자 : 2002년 5월 31일

이런 문제점들을 개선하기 위해 '80년대부터 최근까지 저가의 내장형 안테나에 대한 연구가 많이 진행되고 있는데 이중에 마이크로스트립 안테나^[1-3]와 역 F형 안테나^[4-6]가 실제 휴대단말기의 내장형 안테나로 가장 많이 활용되고 있다. 그러나 마이크로스트립 안테나는 값이 싸고 구현하기 쉬운 장점을 갖고 있지만 안테나의 크기가 다른 안테나에 비해 크며 대역폭이 좁고 전 방향으로 복사하지 못하는 단점을 가지고 있다. 역 F형 안테나는 수평면에서 무지향 복사패턴을 가지며 또한 임피던스 정합이 쉬운 장점이 있으나 대역폭이 좁고 크기가 큰 단점을 갖고 있다. 최근에는 안테나의 크기를 줄이기 위한 방법으로 고유전율의 세라믹 소재를 이용한 유전체 안테나에 대한 연구가^[7-10] 활발하다.

본 논문에서는 IMT-2000단말기에 요구되는 대역폭특성을 갖는 소형의 내장형 안테나를 개발하기 위하여 높은 유전율의 박형 직육면체 세라믹 유전체상에 변형된 역 F형 패턴을 인쇄한 안테나를 개발하였다.

II. 세라믹 유전체 칩 안테나의 기본구조 및 설계 이론

본 논문에서 개발된 세라믹 유전체 칩 안테나는 그림 1과 같이 변형된 역 F형으로 박형의 직육면체 유전체 윗면에 인쇄된 안테나 패턴 P1과 측면에 인쇄된 안테나패턴 P2, P3로 구성된다. 윗면의 패턴 P1은 역 F형 안테나의 경우와 마찬가지로 이상적 다이폴을 근사화하기 위해 사용되는 전송선로 부하형 안테나의 모노폴 형태를 이용하여 역 L자형으로 설계하였으며 전체 길이는 $\lambda/4$ 정도로 하여 자유공간에서 다이폴과 같은 복사패턴을 갖도록 하여 옆면에 인쇄된 복사소자에 급전하도록 하였다. 또, 옆면의 패턴 P3는 전형적인 역 F형 안테나와 달리 접지면에 완전히 연결시키지 않고 약간의 간격을 갖도록 하였다. 접지면은 본 안테나가 장착되는 PCB 기판의 뒷면에 위치하고 있다(본 논문 그림 8 참조). P3와 접지면 간의 간격, P2의 길이, P1의 위치 등 계변수 값을 구하기 위하여 본 논문에서는 이들 계변수와 안테나 특성 사이의 상관관계를 3차원 시뮬레이션 도구인 HFSS를 이용하여 분석함으로써

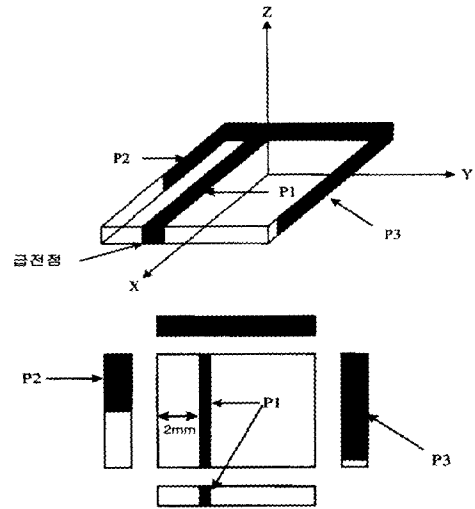


그림 1. 세라믹 유전체 칩 안테나의 구조
(a) 3차원 구조, (b) 윗면도, 측면도
Fig. 1. Ceramic dielectric chip antenna geometry.
(a) 3D geometry
(b) Top view, side view

최적의 설계 변수 값을 구하였다.

III. 세라믹 유전체 칩 안테나 설계

그림 2와 그림 3은 안테나가 $\epsilon_r=20$ 일 때 특성변화를 나타낸 것이다. 그림 2는 그림 1의 오른쪽

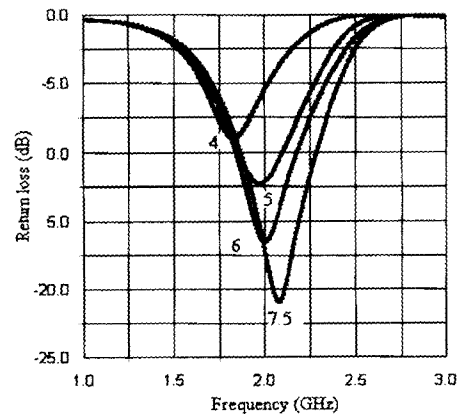


그림 2. P3의 길이가 공진주파수 및 반사손실에 미치는 영향 (P2=4 mm)
Fig. 2. Effects of P3 length on resonant frequency and return loss.

측면 P3의 길이변화가 공진주파수와 반사 손실에 주는 영향을 시뮬레이션을 통해 확인한 결과를 나타내고 있다. 왼쪽 P2길이는 4 mm로 고정시킨 상태에서 오른쪽 P3의 길이를 7.5 mm에서 4 mm까지 1 mm 간격으로 변화시켰다. 길이가 길어질수록 공진 주파수는 올라가고 반사 손실은 작아지며 -10 dB 대역폭은 넓어지는 결과를 볼 수 있다. 이 원인은 P3와 접지면 사이의 캐패시턴스 값이 커지기 때문이라고 판단한다.

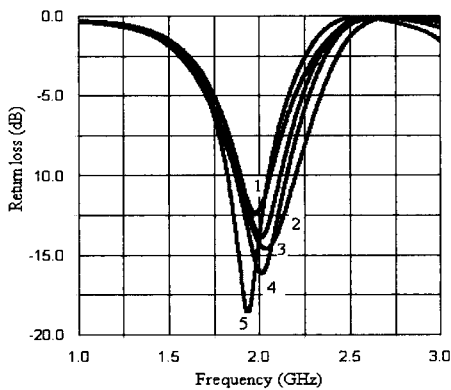


그림 3. 급전위치가 공진주파수 및 반사손실에 미치는 영향(P2=4 mm, P3=7 mm)
 Fig. 3. Effects of feeding position on resonant frequency and return loss.

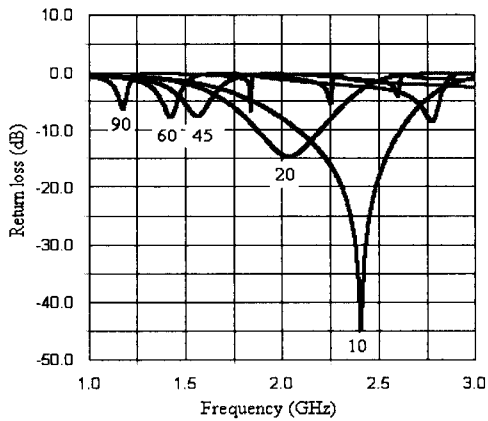


그림 4. 유전율이 공진주파수 및 반사손실에 미치는 영향(P1=11 mm, P2=4 mm, P3=7 mm, 유전체 치수=8 mm×8 mm×3 mm)
 Fig. 4. Effects of dielectric constant resonant frequency and return loss.

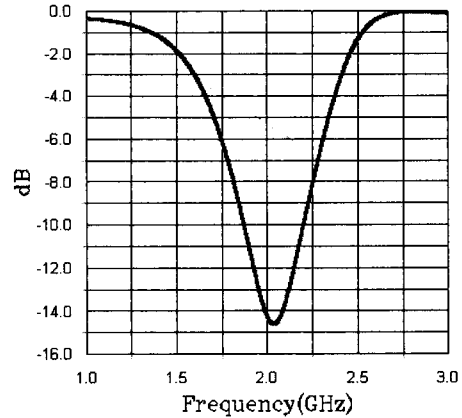


그림 5. 설계된 세라믹 유전체 칩 안테나의 반사 손실
 Fig. 5. Return loss of designed ceramic dielectric chip antenna.

그림 3은 P2와 P3길이를 각각 4 mm와 7 mm로 고정시키고 역 L형 P1의 위치, 즉 급전위치를 변화시킬 때 공진주파수와 반사손실 특성을 나타낸 것이다. 급전위치는 다른 설계변수와 달리 공진주파수 및 반사손실 특성에 커다란 변화를 주지 않지만 P2로부터 2 mm 정도 떨어져 P1이 위치할 때 원하는 2.0 GHz에서 공진 주파수를 가지며 반사손실과 대역폭 특성도 좋다. 그림 4는 설계 변수들, 즉 P2, P3의 길이 및 P1의 위치와 유전체의 크기를 고정시킨 상태에서 유전율에 따른 반사손실 특성변화를 시뮬레이션을 통해 확인한 결과를 보여주고 있다. 유전율이 높아질수록 공진주파수는 낮아지고 대역폭은 좁아지는 결과를 보였다. 그림 5와 그림 6은 지금까지 해석결과를 토대로 비유전율 20인 두께 3 mm, 윗면의 가로, 세로가 각각 8 mm인 직육면체 세라믹 유전체상에 P2길이는 4 mm, P3 길이는 7 mm, P1과 P2사이 간격은 2 mm로 설계한 안테나를 실제 단말기에 내장시켰을 경우와 유사한 상태로 놓고 (그림 7 참조) HFSS 도구를 이용하여 시뮬레이션한 반사 손실 및 복사패턴을 보이고 있다.

그림 5로부터 설계한 안테나의 중심주파수 2.0 GHz, -10 dB 대역폭은 330 MHz로 IMT-2000의 사양을 만족함을 알 수 있다. 또한 그림 6으로부터 설계된 유전체 칩 안테나의 y-z면과 x-z면에서의 복사패턴이 기존 단말기에 사용되는 역 F형 안테나와

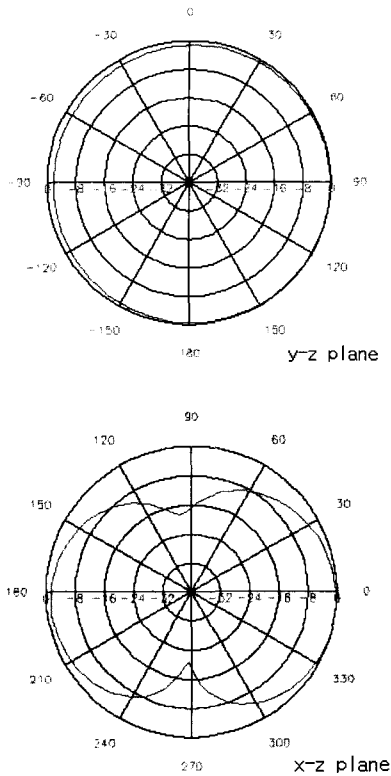


그림 6. 2.0 GHz에서 구한 복사 패턴
Fig. 6. Radiation pattern at 2.0 GHz.

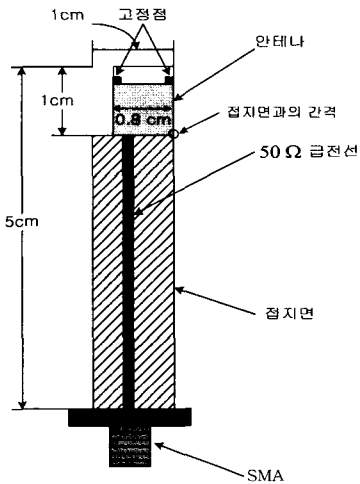


그림 7. 세라믹 유전체 칩 안테나와 인쇄형 회로 기판 구조
Fig. 7. Geometry of ceramic dielectric chip antenna and printed circuit board.

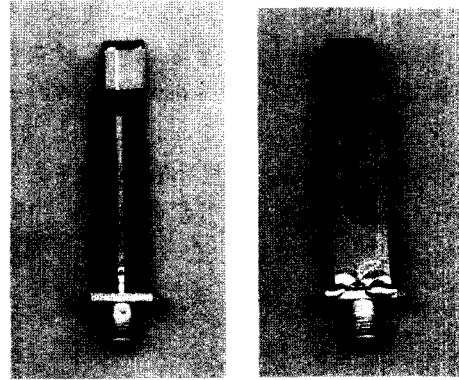


그림 8. 측정을 위해 인쇄형 회로 기판에 부착한 세라믹 유전체 칩 안테나 사진
Fig. 8. Photograph of ceramic dielectric chip antenna mounted on printed circuit board for measurement.

비슷한 패턴을 가짐을 알 수 있다.

IV. 세라믹 유전체 칩 안테나 제작 및 특성 측정

시뮬레이션 결과 분석을 통하여 IMT-2000의 주파수 대역 1.92 MHz~1.98 MHz와 2.11 MHz~2.17 MHz의 대역을 모두 포함하는 광대역 칩 안테나를 Screen Printed Method 방법으로 비유전율이 20인 세라믹 유전체상에 제작하였다. 제작된 IMT-2000 단말기용 유전체 칩 안테나는 그림 7과 같이 가로 1 cm, 세로 5 cm의 좁은 접지면상에 안테나를 장착하여 특성을 측정하였다. 안테나 바로 뒷면은 가로 0.8 cm, 세로 1 cm의 크기로 금속면을 제거하였는데 이는 안테나의 후면 복사를 위한 것이며 두 개의 고정점은 칩 안테나를 기판에 고정시키기 위한 것으로 실제 휴대단말기에도 이와 같은 상태로 장착될 것이다. 접지면은 비유전율이 4.6이고 두께 1mm인 인쇄형 회로기판 FR4를 사용하였다.

그림 8은 실제 특성측정을 위해 그림 7과 같이 인쇄 회로기판에 장착된 안테나의 앞면과 뒷면 사진을 보이고 있다.

반사손실은 HP사의 HP8720C 회로망분석기를 이용하여 측정하였으며 그 결과는 그림 9와 같다. 중

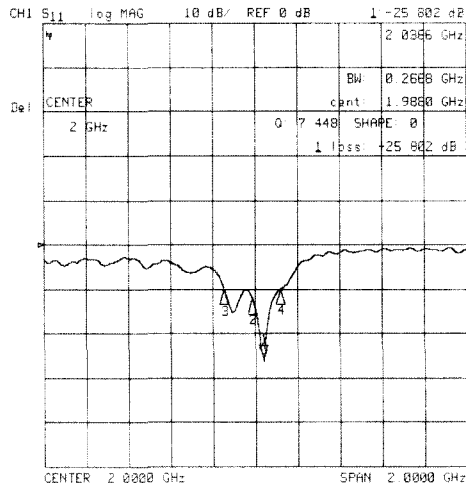


그림 9. 제작된 유전체 안테나의 반사손실
Fig. 9. Return loss of fabricated dielectric chip antenna.

심주파수 2.0 GHz에서 -10 dB 대역폭은 270 MHz로 시뮬레이션 결과값에 비해 약 60 MHz 좁아졌지만 중심주파수에서 반사손실은 개선되어 전체적으로 IMT-2000 사양을 만족시키고 있다. 복사 패턴 측정은 전자파 무반사실에서 측정하였다. 안테나를 원거리장 측정조건에 맞게 위치시킨 후 신호원 안테나와 제작된 피측정 안테나의 중심이 일치하게 피측정 안테나의 방향을 조정한 후 1.92 GHz, 1.98 GHz, 2.11 GHz, 2.17 GHz에서 y-z와 x-z면 복사패턴을 측정하였으며 그 결과는 그림 10과 같다. 이 그림에서 보듯이 y-z면 복사패턴과 x-z면 복사패턴 모두 측정주파수에 따라 조금씩 다른 패턴을 보이고 있으며 또한 그림 6의 시뮬레이션 결과와도 정확히 일치하지 않는데 이는 칩 안테나의 복사특성이 주변환경에 매우 민감하다는 것을 의미하는 것이며 전반적으로는 y-z면 패턴은 무지향성을 보이고 있으며 x-z면 복사패턴은 상대적으로 미약한 널점을 한 방향에만 가지고 있다. 본 유전체 칩 안테나와 타 문헌에 발표된 내장형 안테나의 특성 및 크기를 비교한 것이 표 1에 있다. 이 표에서 알 수 있듯이 본 논문에서 개발된 안테나는 -10 dB 대역폭이 13.5%로 제일 크며 또한 안테나의 최대 치수도 제일 작음을 알 수 있다. 그러나 이득 특성은 참고문

표 1. 타 내장형 안테나와 성능 비교

Table 1. Comparison of present chip antenna with other internal antennas.

	역 F형안테나 ^[12]	유전체안테나 ^{[7],[8],[11]}			제작안테나
중심주파수 (GHz)	2.0	1.91	1.765	2.0	2.0
-10dB BW(%)	12.5	3.97	1.02	12.8	13.5
이득	4 dBi	-7.4 dBi	4.64 dBi	3.4 dBi	2 dBi
크기 (mm)	W: 36	W: 7.5	W: 17.5	W: 2.4	W: 8
	H: 6	H: 0.8	H: 8.3	H: 1.4	H: 3
	L: 40	L: 4.5	L: 17.5	L: 19	L: 8

* 참고문헌 [7]의 안테나 이득 -7.4 dBi는 평균 이득임.

헌[11]에 있는 적층형 유전체 칩 안테나에 비해 약 1.4 dBi 떨어진다.

V. 결 론

본 논문에서는 2.0 GHz 대역 IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000) 단말기용으로 광대역 특성을 갖는 내장형 안테나를 개발하기 위하여 비유전율이 20인 세라믹 유전체상에 인쇄된 변형된 역 F형 패턴의 유전체 칩 안테나를 설계 제작하였다. 이 안테나는 박형의 직육면체 세라믹 유전체의 옆면과 윗면에 변형된 역 F형 형태로 인쇄된 패턴을 가지고 있으며 크기가 작은 접지면에서 최적의 안테나 특성을 갖도록 설계하였다. 설계에는 유한 요소법에 기반한 HFSS를 사용하였다. 제작된 유전체 칩 안테나는 공진 주파수 2.0 GHz를 중심으로 -10 dB 대역폭이 270 MHz인 광대역 특성을 가지고 있어서 IMT-2000용 단말기의 내장형 안테나로 사용될 수 있음을 측정을 통해 확인하였다. 또한 수직면 복사패턴은 무지향성을 보이고 수평면에선 상대적으로 약간의 미약한 널이 한 개만 존재하는 개선된 무지향 특성을 가지고 있다. 그러나 최대방사이득은 2 dBi로 적층형 유전체 칩 안테나에 비해 1.4 dBi 작았다.

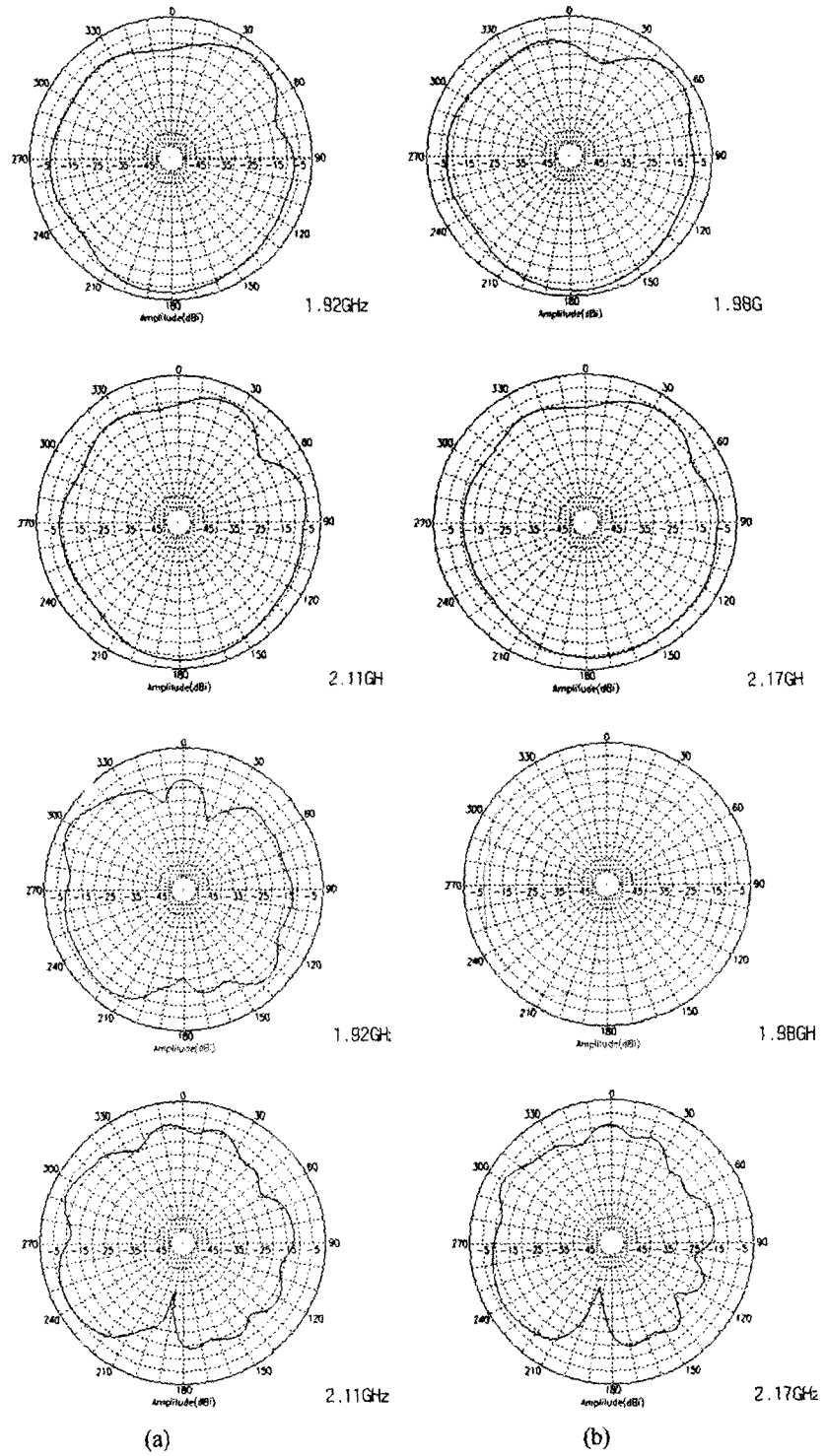


그림 10. 측정된 복사 패턴 (a) y-z 면, (b) x-z 면
 Fig. 10. Measured radiation pattern. (a) y-z plane, (b) x-z plane

참 고 문 헌

- [1] H. Mishima and T. Taga, "Mobile Antennas and Duplexer for 800 MHz Band Mobile Telephone System", *IEEE AP-S Int. Symp. Digest, Quebec*, pp. 359-370, June 1980.
- [2] H. Mishima and T. Taga, "Antenna and Duplexer for New Mobile Radio unit", *Review of the ECL, NTT*, vol. 30, no. 2, pp. 359-370, March 1982.
- [3] K. Fujimoto, et al., *Application in Mobile and Satellite Systems, chap. 19 in Handbook of Microstrip Antennas*, J. R. Janes and P. S. Hall, eds., London: Peter Peregrinus, 1989.
- [4] R. C. Johnson and H. Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, 2nd ed., New York McGraw Hill, pp. 18-27, 21-27, 1984.
- [5] K. Fujimoto, A. Henderson, K. Hirassura and J. R. James, *Small Antennas*, England: Research Studies Press, distributed by Wiley & Sons, pp. 116-127, 1987.
- [6] K. Tsunekawa, "Diversity Antennas for Portable Telephones", *Proc. 39th IEEE Vehicular Tech. conf.*, San Francisco, pp. 50-56, 1989.
- [7] Hyun-Hak Kim, Kyung-Yong Kim, Jong-Hwan Lee and Jong-Myung Woo, "Surface-mounted chip dielectric ceramic antenna for PCS phone", *Antennas, Propagation and EM Theory, 2000 Proceedings. ISAPE 2000. 5th International Symposium on*, pp. 582-585, 2000.
- [8] H. Tanidokoro, N. Konishi, E. Hirose, Y. Shinohara, H. Arai and N. Goto, "1-wavelength loop type dielectric chip antennas", *Antennas and Propagation Society International Symposium 1998, IEEE*, vol. 4, pp. 1950-1953, 1998.
- [9] K. Kamogawa, T. Tokumitsu and M. Aikawa, "Multifrequency microstrip antennas using alumina ceramic/polyimide multilayer dielectric substrate", *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, vol. 44, Issue: 12 Part: 2, pp. 2431-2437, Dec. 1996.
- [10] H. Matsushima, E. Hirose, Y. Shinohara, H. Arai and N. Goto, "Electromagnetically coupled dielectric chip antenna", *Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE*, vol. 4, pp. 1954-1957, 1998.
- [11] 심성훈, 강종윤, 박용욱, 윤석진, 윤영중, 김현재, "IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계", *한국전자과학회 논문지*, 13(3), pp. 301-306, 2002.
- [12] Xiaoxiao He and Xiaowei Zhu, "Planar Inverted-F Antenna Design for W-CDMA", *Microwave Conference, 2001 Asia-Pacific*, pp. 950-953, 2001.

이 기 성



2000년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 3월~현재: 충북대학교 대학원 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, 능동회로, 통신시스템

최 익 권



1974년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학사)
1976년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학석사)
1976년 3월~1979년 6월: 육군 3사관학교 교수부 물리학 교관
1982년 10월~1986년 8월: 美 오하이오 주립대 Elector Science Labortory 연구조교
1986년 9월~1987년 9월: 美 메사츄세츠 주립대 안테나 연구실 연구원
1987년 10월~1993년 8월: 한국전자통신연구소 이동통신 연구단 실장
1993년 9월~1994년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 교수
1994년 3월~현재: 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수
[주 관심분야] 위성이동통신용 안테나 시스템

채 윤 경



1997년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학사)
1999년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학석사)
1999년 2월~현재: 충북대학교 전자공학과 박사과정
[주 관심분야] 위성이동통신용 안테나 시스템, 통신 시스템, 능동회로설계