

셀룰러/PCS/IMT-2000 기지국용 다중대역 평판 안테나 설계 및 구현

The Design and Implementation of a Multi-Band Planar Antenna for Cellular/PCS/IMT-2000 Base Station

오 경 진 · 김 봉 준 · 최 재 훈*

Kyung-Jin Oh · Bong-Jun Kim · Jae-Hoon Choi*

요 약

본 논문에서는 셀룰러/PCS/IMT-2000 서비스를 동시에 수용할 수 있는 기지국용 다중대역 평판 안테나를 설계 및 제작하였다. 설계된 안테나는 두 개의 유전체 층과 폼 물질로 구성되었고 마이크로스트립 패치의 길이 방향과 너비 방향에 노치가 삽입되었다. 안테나의 광대역 특성을 위해서, 공진 개구면을 가지는 개구면 결합 안테나에 폼 물질을 사용하였으며, 패치의 너비 방향에 노치를 삽입하여 이중 공진 특성을 얻었다. 이를 통해, 광대역 특성을 유지하면서 주파수비(f_u/f_l)가 1:2를 넘는 이중 공진 특성을 얻을 수 있었다. 설계된 안테나의 대역 폭은 전압정재파비 1.5 이하로 셀룰러/PCS/IMT-2000 대역을 모두 만족하였고 측정된 안테나의 대역폭은 전압정재파비 1.5 이하로 셀룰러 대역에서 77 MHz, PCS/IMT-2000 대역에서 550 MHz이며, 이득은 전 대역에서 약 5.65 dBi에서 7.4 dBi를 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, a novel dual and wide band aperture stacked patch antenna for Cellular/PCS/IMT-2000 base station is presented. It consists of single microstrip patch having notches along the radiating patch, two dielectric substrates and a foam material. To achieve wide band characteristic, we utilize the coupling effect between the notched patch and the resonant aperture in the ground plane and by properly cutting notches on the patch, an aperture stacked patch antenna could be designed to yield dual frequency operation. By the proper choice of resonant aperture size and height of a foam material, dual and wide band characteristic could be realized the measured impedance bandwidth(1:1.5 VSWR) of designed antenna at lower band(860 MHz) reaches 77 MHz and covers the Cellular CDMA band(824~894 MHz). The measured impedance bandwidth(1:1.5 VSWR) of the designed antenna at upper band(1,960 MHz) is about 550 MHz and covers both the PCS band(1,750~1,870 MHz) and the IMT-2000 band(1,920~2,170 MHz). Good broadside radiation with high gain(5.65~7.4 dBi) characteristics have also been observed.

Key words : Microstrip Antenna, Multi-Band Antenna, Base Station Antenna, Aperture Stacked Antenna

I. 서 론

무선통신 기술의 급속한 발전으로 셀룰러, PCS,

IMT-2000 등의 이동통신 서비스가 활성화되고 있으며 위성을 이용한 디지털 멀티미디어 방송인 위성 DMB 서비스가 실용화 단계에 이르렀다. 이에 따라

*This research was supported by University IT Research Center Project of INHA UWB-ITRC, Korea.

한양대학교 전자통신전파공학과(Department of Electronic & Computer Engineering, Hanyang University)

*한양대학교 전자전기컴퓨터공학과(Division of Electronic & Computer Engineering, Hanyang University)

· 논문번호 : 20040522-07S

· 수정완료일자 : 2004년 7월 30일

단말기나 기지국 통신 장비 등의 소형 및 경량화를 구현하기 위한 무선 접속 방식, 전력 제어 및 간섭, 제어기, 단말기, 네트워크 시스템 기술 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 특히 이동통신의 활성화를 위해서는 기존에 제공되는 서비스와 신규 서비스를 하나의 안테나로 통합할 수 있는 다기능 안테나 개발이 필수적인 요소로 등장하고 있다.

본 논문에서는 셀룰러/PCS/IMT-2000 서비스를 수용할 수 있는 기지국용 다중대역 평판 안테나를 구현하였다. 기지국용으로 널리 쓰이는 마이크로스트립 패치 안테나는 제작단가가 싸고 대량 생산이 가능한 장점이 있지만 협대역 특성을 갖는다. 이런 협대역 특성을 개선하기 위하여 기생소자를 이용하거나^[1], 패치에 리액티브 부하를 이용하거나^[2], 안테나와 접지면 사이의 간격을 높이거나 비유전율이 낮은 기판을 이용하여 광대역 특성을 얻는 방법 등이 있다^[3]. 셀룰러/PCS/IMT-2000 서비스 기지국용 안테나로 사용하기 위해서는 전압정재파비(VSWR) 1.5이하를 기준으로, 셀룰러 서비스 대역에서 8.2%(824~894 MHz), PCS/IMT-2000 서비스 대역에서 22%(1,750~2,170 MHz)의 광대역 특성이 요구된다. 이를 광대역 안테나로 구현하기 위해서는 약 90%의 대역폭이 요구된다. 그러나 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 약 5% 정도이고^[4] 마이크로스트립 안테나 중 가장 대역폭이 큰 경우라 할지라도, 약 50~70%가 최대이므로 광대역으로 구현하기는 힘들다. 따라서, 본 논문에서는 주파수 대역이 인접한 PCS/IMT-2000 서비스 대역에서 광대역 특성을 갖고, 셀룰러 서비스 대역에서 다시 한 번 공진하는 이중 공진 형태로 구현하였다. PCS/IMT-2000 서비스 대역에서 광대역 특성을 얻기 위해 공진 개구면(Resonant Aperture)을 갖는 개구면 결합 마이크로스트립 패치 안테나에 폼 물질(Foam Material)을 사용하였고, 이중 공진을 구현하기 위해 방사패치에 노치를 삽입하였다.

II. 안테나 기본구조 및 설계

2-1 안테나 기본구조

그림 1에 본 논문에서 제안한 셀룰러/PCS/IMT-

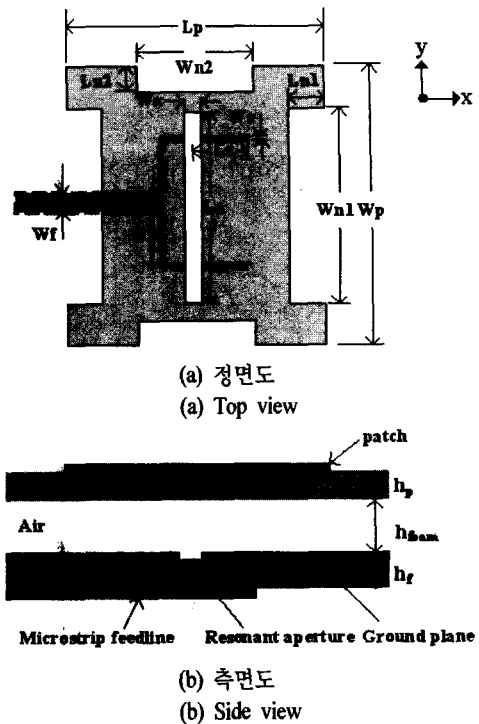


그림 1. 제안된 셀룰러/PCS/IMT-2000 기지국용 안테나
Fig. 1. Proposed Cellular/PCS/IMT-2000 base station antenna.

2000 서비스 기지국용 다중대역 평판 안테나의 구조가 도시되었다.

안테나의 기본 구조는 공진 개구면(resonant aperture)을 갖는 적층형 패치 안테나이다. 이 구조의 안테나는 기존의 개구면 결합 적층형 안테나에서 개구면을 공진기로 설계하여 개구면에 의한 공진과 방사패치에 의한 공진의 결합으로 원하는 주파수 대역에서 광대역 특성을 얻을 수 있다^[6]. 본 논문에서는 셀룰러/PCS/IMT-2000 서비스를 만족하는 안테나를 설계하기 위해서 공진 개구면을 갖는 적층형 패치 안테나의 너비 방향에 노치를 삽입하여 광대역 특성을 유지하면서 이중대역 특성을 얻었다. 또한 안테나의 소형화 및 공진 주파수 조절을 위해 방사 패치 길이 방향에 노치를 삽입하였다. 일반적인 개구면 결합 마이크로스트립 안테나의 경우 급전선으로부터의 커플링은 개구면의 크기를 변화시켜 조절하지만 본 논문에서 제시한 안테나의 개구면은 하나의 공진기로 동작을 하므로, 상대적으로 개구면의 크기 변화

에 제약이 있다. 따라서 안테나의 임피던스 정합을 위해서는 큰 개구면으로 인해 증가한 커플링을 감소시켜야 하는데 이를 위한 방법의 하나로 듀얼 오프셋 급전선을 사용하였다.

2-2 다중대역 안테나 설계

광대역 특성은 유지하면서 이중대역 특성을 얻기 위해서는 개구면의 길이, 접지면과 패치 사이의 간격(h_{form}), 노치 길이(L_{n1} , L_{n2}) 및 듀얼 오프셋 급전선의 오프셋 폭 변화가 주요 파라미터이다. 기본 패치는 셀룰러 서비스의 공진 주파수로 설계하고 패치 너비 방향에 노치를 삽입하여 셀룰러/PCS 이중 공진 특성을 얻었고, 접지면의 공진 개구면을 IMT-2000 서비스의 공진 주파수로 설계하였다. 패치와 접지면 사이의 폼 물질의 높이를 조절하여 개구면에 의한 공진과 방사 패치에 의한 공진의 결합으로 PCS/IMT-2000 주파수 대역에서 광대역 특성을 얻을 수 있다. 다음은 주요 파라미터 변화에 따른 안테나 특성 변화를 시뮬레이션 결과로 나타내었다.

2-2-1 개구면 길이(L_a)에 따른 변화

개구면의 크기는 개구면 결합 안테나에 있어서 안테나의 입력 임피던스를 결정하는 주요 파라미터

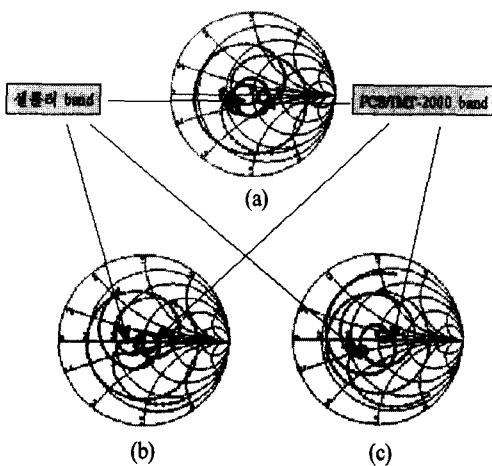


그림 2. 개구면의 길이(L_a)에 따른 임피던스 케적

(a) $L_a=90$ mm, (b) $L_a=100$ mm, (c) $L_a=110$ mm

Fig. 2. Input impedance as a function of aperture length (a) $L_a=90$ mm, (b) $L_a=100$ mm, (c) $L_a=110$ mm.

이다. 그림 2에 개구면의 길이(L_a)에 따른 특성변화를 나타내었다.

개구면의 길이가 커질수록 방사 패치와의 커플링은 더 증가하게 된다. 셀룰러 대역의 공진 루프는 개구면의 길이가 커질수록 커플링이 증가하여 점차 루프의 반경이 증가했다. PCS/IMT-2000 대역에서의 두 개의 공진 루프 중, 높은 공진 주파수의 공진 루프가 커짐을 확인할 수 있다. 또한 개구면의 길이가 커짐에 따라, 두 공진 루프의 거리가 가까워짐을 확인할 수 있다. 이런 식으로 개구면의 길이를 조절하여 두 공진 루프를 스미스 차트의 중심에 놓으면, 광대역 특성을 얻을 수 있다.

2-2-2 듀얼 오프셋 급전선의 오프셋 폭(W_o)에 따른 변화

그림 3에 듀얼 오프셋 급전선의 오프셋 폭(W_o)에 따른 변화를 나타내었다.

오프셋 폭(W_o)의 변화를 통해, 개구면의 길이와 마찬가지로, 방사 패치로의 커플링을 조절할 수 있다. PCS/IMT-2000 대역에서는 오프셋 폭(W_o)이 증가할수록, 커플링은 더 증가하여, 임피던스 케적상에서 개구면의 길이가 증가할 때와 같은 효과를 나타낸다. 반면, 셀룰러 대역에서의 커플링은 감소하는 경향을 보였다.

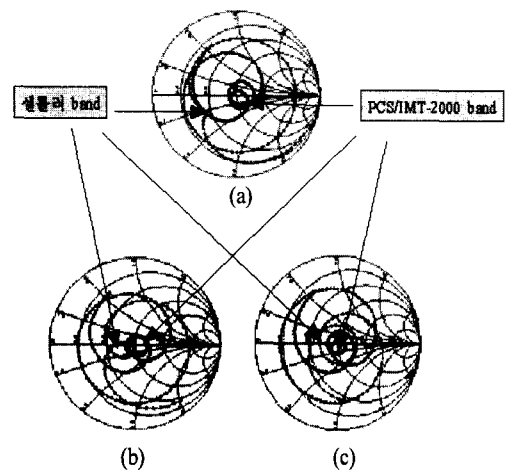


그림 3. 듀얼 오프셋 급전선의 오프셋 폭(W_o)에 따른 임피던스 케적

Fig. 3. Input impedance as a function of dual-offset width.

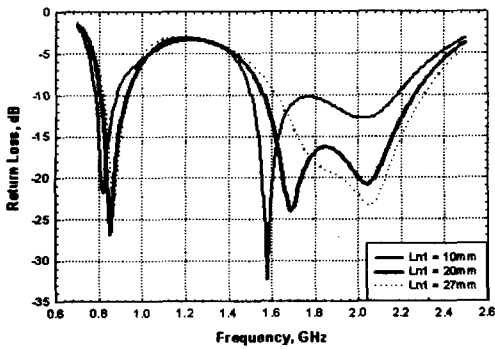


그림 4. 방사 패치 너비방향의 노치 길이(L_{n1})에 따른 반사손실 변화
 Fig. 4. Return loss characteristics a function of notch length(L_{n1}).

2-2-3 방사 패치 너비방향의 노치 길이(L_{n1})에 따른 변화

그림 4에 방사 패치 너비방향에 따른 반사손실의 변화를 나타내었다.

패치 너비방향의 노치 길이(L_{n1}) 조절을 통해 기본 패치의 길이에 의한 공진 주파수와 노치가 삽입된 패치 길이에 의한 공진주파수로 이중 공진 특성을 얻을 수 있었다. 노치 길이(L_{n1}) 조절을 통해 높은 공진 주파수와 낮은 공진 주파수의 비(f_H/f_L)를 조절할 수 있다.

2-2-4 방사 패치 길이방향의 노치 길이(L_{n2})에 따른 변화

그림 5에 방사 패치 길이방향의 노치 길이(L_{n2})에 따른 반사손실을 나타내었다.

패치 길이방향의 노치 길이(L_{n2})의 증가로 인해, 낮은 주파수 대역에서 공진하는 전류의 공진 길이가 증가하게 되어 공진 주파수가 하강하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 패치 길이방향의 노치 길이(L_{n2}) 조절을 통해 이중 공진 특성을 유지하면서 안테나를 소형화 시킬 수 있다.

그림 6에 상용 툴인 Ensemble 8.0을 이용한 주파수에 따른 안테나 표면 전류의 분포를 도시하였다.

그림 6(a)에서의 전류 흐름은 패치 길이방향의 노치 길이(L_{n2})에 의해 낮은 공진 주파수가 결정되므로 노치 길이(L_{n2}) 조절을 통해 셀룰러 대역을 결정한다.

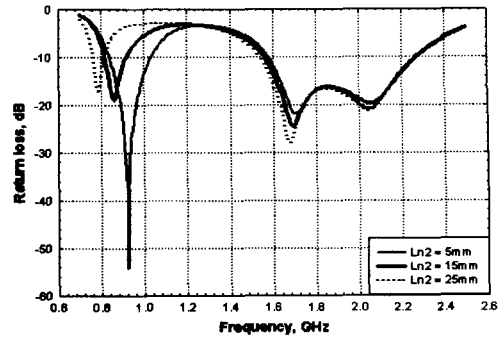


그림 5. 방사 패치 길이방향의 노치 길이(L_{n2})에 따른 반사손실의 변화
 Fig. 5. Return loss characteristics a function of notch length(L_{n2}).

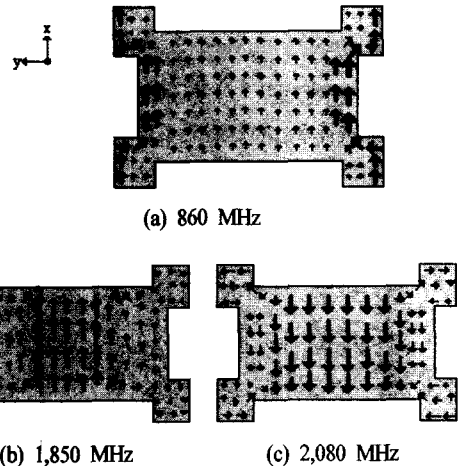


그림 6. 주파수에 따른 표면전류 흐름 분포
 Fig. 6. Surface current distributions on the radiating patch of the proposed antenna.

다. 그림 6(b), (c)의 전류 흐름을 보면 패치 너비 방향에 삽입된 노치 길이(L_{n1})에 의해 높은 공진 주파수와 공진 개구면에 의한 공진 주파수가 서로 커플링 되어 PCS/IMT-2000 대역을 결정한다.

그림 7(a), (b)의 스미스 차트는 최종 설계된 안테나의 셀룰러 대역과 PCS/IMT-2000 서비스 대역에서의 임피던스 궤적이다. 셀룰러 서비스 대역은 노치 구조에 의한 단일 공진루프가 생겼지만 PCS/IMT-2000 서비스 대역에서는 공진 개구면에 의한 공진과 방사 패치의 공진에 의해 두 개의 공진 루프를 확인할 수 있다. 이러한 이중 공진 효과로 인해 광대역

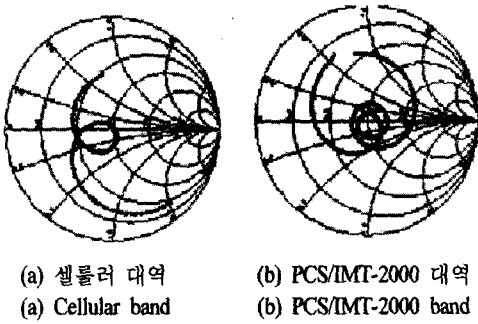


그림 7. 다중대역 기지국용 안테나의 임피던스 궤적
Fig. 7. Impedance loci of multi-band base station antenna.

특성을 가질 수 있다.

III. 제작 결과

최종 제작된 안테나의 방사 패치는 비유전율 4.4, 두께가 1.6 mm인 FR-4 기판을 사용하였고, 급전부의 기판은 비유전율 2.5, 두께가 1.6 mm인 테프론 기판을 사용하였다. 측정결과 전압정재파비(VSWR) 1.5 기준으로 대역폭은 각각 77 MHz(817 MHz~894 MHz)와 550 MHz(1,670 MHz~2,220 MHz)로 셀룰러 및 PCS/IMT-2000 서비스의 대역폭을 만족하였다. 그림 8에 시뮬레이션과 측정 방사손실을 도시하였다.

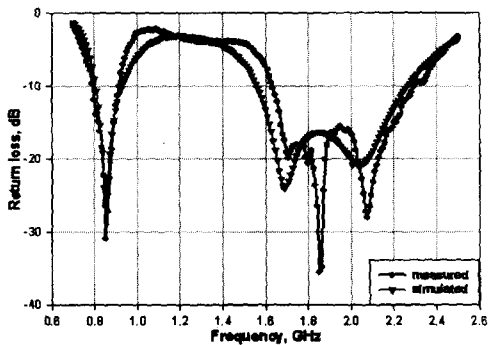


그림 8. 시뮬레이션과 측정 방사손실
Fig. 8. Return loss characteristics of simulated and measured antenna.

(Antenna parameters: $L_p=115$ mm, $W_p=190$ mm, $L_{n1}=20$ mm, $W_{n1}=110$ mm, $L_{n2}=15$ mm, $W_{n2}=45$ mm, $W_o=60.48$ mm, $W_f=4.45$ mm, $W_s=1.24$ mm, $L_a=100$ mm, $W_a=10$ mm.

Dielectric parameters: $\epsilon_{rf}=2.5$, $\epsilon_{rp}=4.4$, $\epsilon_{rform}=1.03$, $h_f=1.6$ mm, $h_{rform}=26$ mm, $h_p=1.6$ mm).

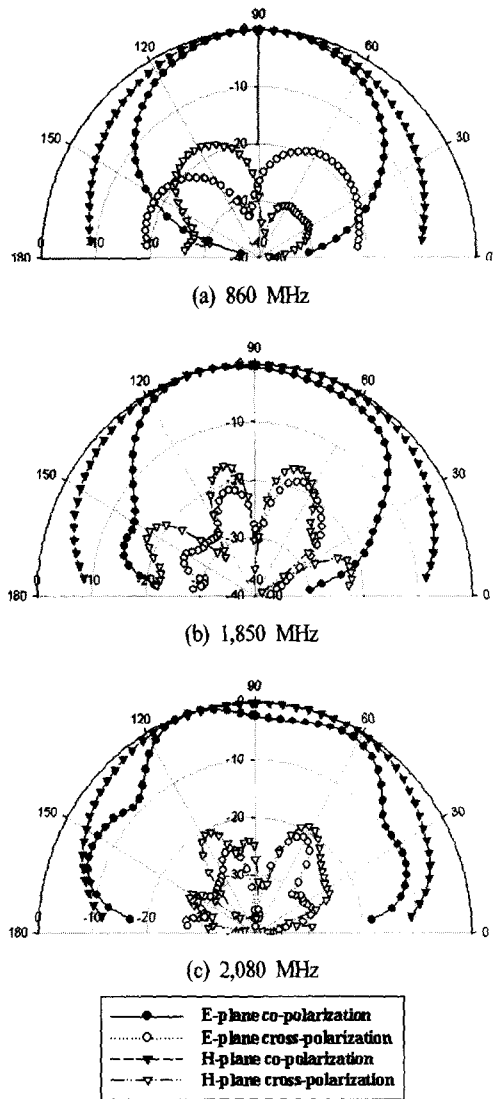
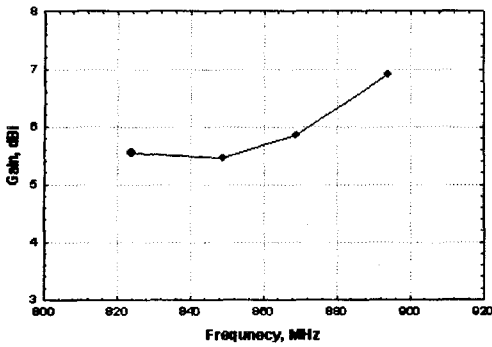


그림 9. 제작된 기지국용 삼중대역 안테나의 복사패턴
Fig. 9. Radiation pattern of manufactured antenna.

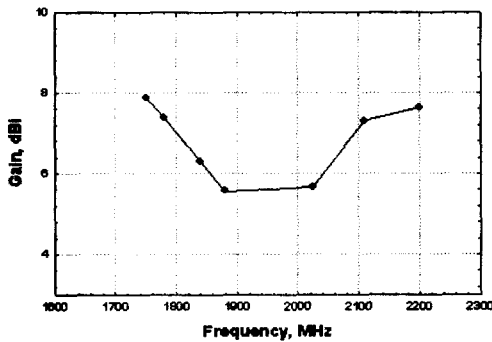
측정결과 셀룰러 대역에서는 시뮬레이션 결과와 일치하지만 PCS/IMT-2000 대역에서는 공진 주파수가 올라가는 현상을 보였다.

그림 9에 기지국용 다중대역 안테나의 측정 복사패턴을 나타내었다.

860 MHz, 1,850 MHz, 2,080 MHz에서의 이득은 각각 5.86 dBi, 7.4 dBi, 5.65 dBi이다. Cross polarization 레벨은 -20 dB 이하로 양호한 특성을 얻었다. 시뮬레이션과는 달리 PCS/IMT-2000 서비스 대역에서 이득이 향상되었지만, 셀룰러 대역에서는 이득이



(a) 셀룰러 대역
(a) Cellular band



(b) PCS/IMT-2000 대역
(b) PCS/IMT-2000 band

그림 10. 제작된 기지국용 삼중대역 안테나의 이득
Fig. 10. Gain of manufactured antenna.

저하되었다. 이는 제작의 여건상 접지면을 충분히 확보하지 못했기 때문인 것으로 판단된다. 전 서비스 대역에서 전후방비(F/B)가 12 dB 이상의 특성을 나타내었지만 일반적인 개구면 결합 안테나에 비하여 좋지 않은 특성을 나타내었다. 이는 접지면의 개구를 공진 개구면으로 설계하여 일반적인 개구면 결합 안테나보다 상대적으로 크게 설계되었기 때문으로 판단된다.

그림 10에 제작된 기지국용 삼중대역 안테나의 주파수 대역별 이득을 나타내었다.

셀룰러 대역에서 최대 6.92 dBi, 대역폭 내에서 1.3 dB 정도의 편차를 보였고, PCS/IMT-2000 대역에서는 최대 7.4 dBi, 대역폭 내에서 1.3 dB 정도의 편차를 보였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 셀룰러/PCS/IMT-2000 서비스 대역을 함께 수용하는 통합 기지국용 평면형 안테나를 설계하고, 제작하여 특성을 분석하였다.

PCS/IMT-2000 서비스 대역에서의 광대역화를 위해, 공진 개구면을 사용하여 개구면에 의한 공진과 방사 패치에 의한 공진의 결합으로 광대역화를 이루었다. 광대역 특성은 유지하면서 이중 공진 특성을 얻기 위해 방사 패치의 너비 방향에 노치를 삽입하였고 안테나의 소형화 및 공진 주파수 조절을 위해 방사 패치 길이 방향에 노치를 삽입하였다.

측정결과 전압정재파비(VSWR) 1.5 기준으로 대역폭은 각각 77 MHz(817 MHz~894 MHz)와 550 MHz(1,670 MHz~2,220 MHz)로 셀룰러 및 PCS/IMT-2000 서비스의 대역폭을 만족하였고, 측정 이득은 각 서비스 대역의 중심주파수에서 각각 5.86 dBi, 7.4 dBi, 5.65 dBi를 나타내었다.

최종 제작된 안테나는 일반적인 개구면 결합 안테나가 다중대역 특성을 얻기 위해 다층 구조로 설계되는 것에 비해 단일 층으로 간단하게 설계되어 다중대역 기지국 안테나 설계 시 많이 활용될 수 있을 것이다.

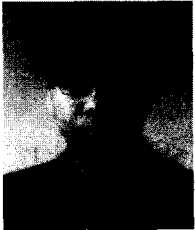
참 고 문 헌

- [1] C. Salvador, L. Borselli, A. Falciani and S. Maci, "Dual frequency planar antenna at S and X bands", *IEE Electron. Lett.*, vol. 31, no. 20, pp. 1706-1707, Sep. 1995.
- [2] G. B. Hsieh, "Dual-frequency rectangular microstrip antenna with an inserted integrated reactive loading", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 32, no. 3, pp. 219-221, Feb. 2002.
- [3] G. Kumar, K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, Artech House, Norwood, MA, 2003.
- [4] R. Garg, P. Bhartia, I. Baha and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, Norwood, 2001.
- [5] S. Maci, G. B. Gentili, "Dual-Frequency Patch Antenna", *IEEE Antennas and Propagation Mag.*, vol. 39, no. 6, Dec. 1997.
- [6] S. D. Targonski, R. B. Waterhouse and D. M.

Pozar, "Design of wide-band aperture-stacked patch microstrip antennas", *IEEE Trans. on Antennas*

and Propagation, vol. 46, no. 9, Sep. 1998.

오 경 진



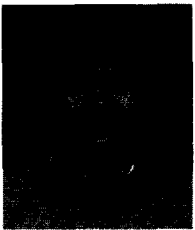
1999년 2월: 한양대학교 전자통신
전파공학과 (공학사)
2001년 2월: 한양대학교 전자통신
전파공학과 (공학석사)
2001년 3월~현재: 한양대학교 전
자통신전파공학과 박사과정
[주 관심분야] 이동통신 안테나 및
차량용 안테나 설계, 마이크로파 회로 설계 등

최 재 훈



1980년: 한양대학교 전자공학과 (공
학사)
1986년: 미국 Ohio State University
전기공학과 (공학석사)
1989년: 미국 Ohio State University
전기공학과 (공학박사)
1989년~1991년: 미국 Arizona State
University 연구교수
1991년~1995년: 한국통신 위성사업본부 연구팀장
1995년~현재: 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
[주 관심분야] 이동통신 및 위성통신 안테나 설계, 마이크
로파 회로 설계 등

김 봉 준



2002년 2월: 한양대학교 전자전기
공학과 (공학사)
2004년 2월~현재: 한양대학교 전
자통신전파공학과 (공학석사)
2004년 3월~현재: LG정보통신
[주 관심분야] 이동통신 안테나 및
차량용 안테나 설계, 마이크로파

회로 설계 등