

# PCS 대역과 W-CDMA 대역 겸용 광대역 이중 편파 안테나 설계 및 구현

## Design and Implementation of Dual-Polarized Broadband Antenna for PCS Band and W-CDMA Band

이 원 희 · 장 영 철\*

Won-Hui Lee · Young Chul Jang\*

### 요 약

본 논문에서는 PCS 대역과 W-CDMA 대역 겸용 광대역 이중 편파 안테나의 설계 및 구현을 위해 L자 형태의 급전과 원형 단일 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 안테나의 특성 해석을 위해 상용 고주파 시뮬레이션 툴인 HFSS를 이용하였다. 설계된 안테나는 제작하여 HP8753D 네트워크 분석기에 의해 측정되었다. 설계된 측정된 임피던스 대역폭은 560 MHz(VSWR<1.5), 평균 이득은 6.56 dBi로 측정되었다. 두 개의 포트 사이의 격리도 특성은 최소 -14 dB에서 최대 -40 dB로 측정되었다. 이와 같은 결과로 제안된 안테나는 이동 통신 응용 및 증계기 안테나로 적합하다고 판단된다.

### Abstract

In this paper, a dual polarized broadband antenna fed by L-shaped strip for the Korea PCS band and W-CDMA band is presented. To analyze the characteristics of the designed antenna, we used commercial simulation tool(HFSS). The designed antenna was fabricated and measured using HP8753D vector network analyzer. The measured impedance bandwidth(VSWR<1.5) is 560 MHz and the measured average gain is 6.56 dBi. The measured isolation characteristic between two ports is -14 dB(min.)~ -40 dB(max.). These results are proper for the mobile communication application and repeater antenna.

Key words : A Dual Polarized Antenna, PCS Band and W-CDMA Band, Broad Bandwidth, L-Shaped Feed

### I. 서 론

기지국 및 증계기용 안테나는 주로 다이폴 구조와 마이크로스트립 구조가 주로 사용되고 있다. 그중 마이크로스트립 구조의 안테나는 제작이 용이하고 대량 생산이 가능하며 견고하고 부피가 작고 가볍다는 장점이 있다. 그러나, 10% 미만에 불과한 좁은 대역폭과 낮은 효율을 갖는 단점으로 인해 개발

초기에는 그리 각광을 받지 못하였다<sup>[1]</sup>. 이러한 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 여러 가지 방법들이 제시되었다<sup>[2]</sup>. 일반적으로 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가시키기 위한 방법으로는 기판의 유전율을 낮추는 방법과 기판의 두께를 증가시키는 방법이 있다. 그러나 실제 기판의 유전율을 낮추는 데에는 한계가 있으며, 기판의 사용에 따른 제작 비용이

포항공과대학교 미래정보기술사업단(Educational Institute of Future Information Technology, POSTECH)

\*KTFT(KTFT)

· 논문 번호 : 20080709-086

· 수정완료일자 : 2008년 9월 8일

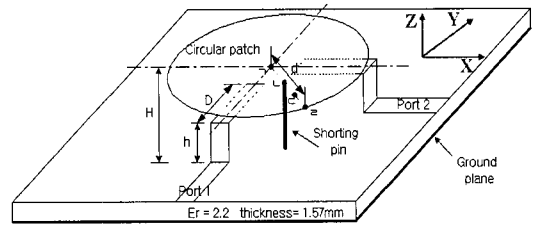
증가할 뿐만 아니라 유전 손실이 발생하게 된다. 또한, 기관의 두께가 두꺼워질수록 대역폭이 늘어나기는 하나, 표면파가 증가하게 되어 효율이 떨어지게 되고 패턴의 왜곡을 일으키게 된다. 그 밖의 대역폭 증가의 방법으로 패치의 형태를 변형시키는 방법(reactive load, bow-tie slot), 기생 소자를 추가하는 방법(parasitic patch, shorting pin), 적층형 방법(stacked patch, air gap 이용) 등이 있다. 그러나 이들 구조는 동일 평면 또는 다른 층으로의 물리적 크기를 증가시켜야 하고, 여러 장의 패치를 사용하는 것에서 오는 제작 비용의 증가와 배열 안테나를 구현하기 위한 복잡한 튜닝 작업을 하여야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 3차원 급전 구조를 갖는 마이크로스트립 안테나<sup>[3]</sup>와 패치에 U자형 슬롯이 있는 마이크로스트립 안테나<sup>[4],[5]</sup>가 제안된 바 있다.

기지국 및 중계기용 안테나의 경우, 수신 특성을 개선하고 공간을 적게 차지하며 제작 및 설치 비용을 절감하기 위하여 다이버시티(diversity)의 개념을 도입하기도 한다. 다이버시티란 사전적으로는 다양성을 뜻하지만, 통신에서의 의미는 신호를 공간적, 주파수적, 시간적, 편파적으로 분리하여 수신함으로써 여러 수신 신호의 차이를 비교하거나 적절한 신호만을 추출해 내어 페이딩(fading) 효과를 줄이는 방법으로 이해할 수 있다. 예를 들어 차량용 TV 안테나의 경우 이동하면서 TV를 시청하므로 페이딩 현상에 매우 심한 제약을 받는다. 따라서, 차량의 뒷 유리 양쪽에 안테나를 두 개 이상 설치하여 페이딩 현상을 개선할 수 있다.

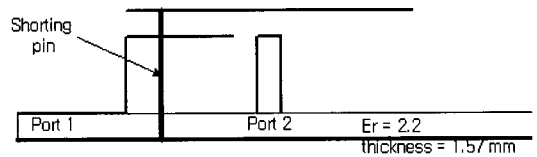
본 논문에서는 두꺼운 유전체 기관(두께  $\approx 0.1 \lambda$ )을 갖는 마이크로스트립 안테나의 급전에 적합한 구조인 L자 형태의 스트립 급전 구조<sup>[6]</sup>를 이용하여 단일 패치로 PCS와 W-CDMA 두 대역을 만족시키는 광대역 안테나를 제안하며, 하나의 안테나 구조로 다이버시티를 이룰 수 있는 이중 편파 특성을 갖는 중계기용 안테나를 설계하고 구현하였다.

## II. 설계한 안테나의 구조

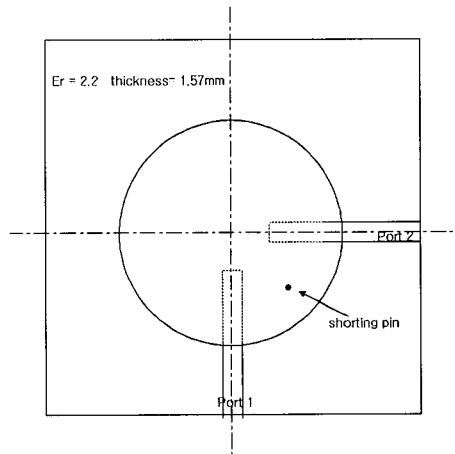
설계한 안테나는 유전율 2.2인 유전체 기관 위에 두 개의 L자 형태의 스트립 라인 급전선이 90°의 차이를 갖고 존재하며, 그 위로 원형의 패치가 형성되



(a) 기본 구조  
(a) Basic structure



(b) 측면도  
(b) A side view



(c) 평면도  
(c) A plane figure

그림 1. 설계된 안테나의 구조  
Fig. 1. A structure of designed antenna.

어 있다. 또한 급전선 사이로 패치와 접지면을 연결하는 단락 핀(shorting pin)이 존재한다. 설계된 안테나의 구조를 그림 1에 도시하였다.

## III. 시뮬레이션

### 3-1 안테나의 설계 목표

현재 서비스 중인 PCS의 경우 1,750 MHz에서 1,870 MHz까지가 사용 주파수 대역이다. 또한, 2007년 3월에 시작한 3세대 영상 통화 서비스는 W-CD-

표 1. 안테나 설계 사양

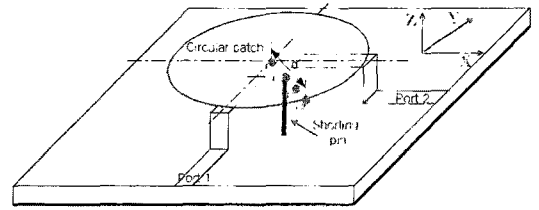
Table 1. Specification of designed antenna.

구분	규격
주파수 범위	1,750~2,170 MHz
대역폭	420 MHz
입력 반사 계수	-15 dB 이하
이득	5 dBi
포트간 격리도	-15 dB 이하

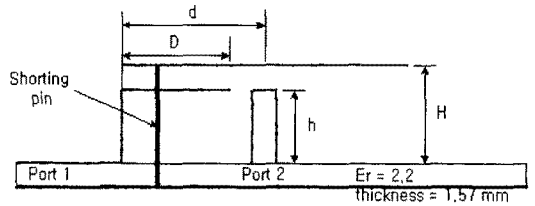
MA로 위성 통신 서비스를 위한 주파수를 제외한다면 1,920 MHz에서 2,170 MHz까지의 주파수 대역을 갖는다. 이들 두 주파수 대역에서 이중 공진이 아닌 광대역으로 동작하기 위해서는 최소 420 MHz의 주파수 대역폭(입력 반사 계수 -15 dB 이하)을 확보해야 하므로 안테나 설계 시 주파수 대역폭은 최소 420 MHz로 사양을 설정하였고, 안테나가 광대역화되면서 안테나의 이득이 줄어드는 현상 때문에 안테나의 이득은 5 dBi로 설정하였다. 이중 편파 안테나를 구현하기 위해서는 각 포트를 90°로 설계하였으며, 포트와 포트간의 격리도는 -15 dB 이하로 설정하였다. 안테나 설계 시 사용한 시뮬레이션 툴은 Ansoft사의 3차원 구조 해석용 시뮬레이터인 HFSS를 사용하였다. 안테나 설계 시 설정한 설계 사양을 표 1에 제시하였다.

### 3-2 광대역 설계를 위한 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 안테나는 많은 설계 요소들을 가지고 있다. 먼저 L자 형태를 갖는 급전선의 폭과 길이 즉, L자 형태의 수평 부분과 수직 부분을 들 수 있고 L자 형태의 급전선과 급전선 사이의 간격, 복사 패치의 크기, 복사 패치와 접지면 사이의 간격, 그리고 단락 핀의 위치 등이 그것이다. 안테나를 설계한 순서로는 먼저 단일 포트로 급전하여 여러 요소들을 변화시켜가며 임피던스 정합을 한 후 포트를 하나 더 만들어 90°의 차이로 배열을 하고, 각각의 포트에 독립적으로 급전을 하여 임피던스 정합을 하였다. 단순히 L자 형태의 급전선을 두 개 배열하였을 때는 원하는 격리도 특성이 나오지 않아 포트와 포트 사이에 단락 핀을 삽입하여 대역폭과 격리도 특성을 개선시킬 수 있었다. 시뮬레이션 결과, 단락 핀을 삽입했을 때와 삽입하지 않았을 때의 안테나의



(a) 기본 구조  
(a) Basic structure



(b) 측면도  
(b) A side view

그림 2. 최종 설계된 안테나의 구조

Fig. 2. A structure of the last designed antenna.

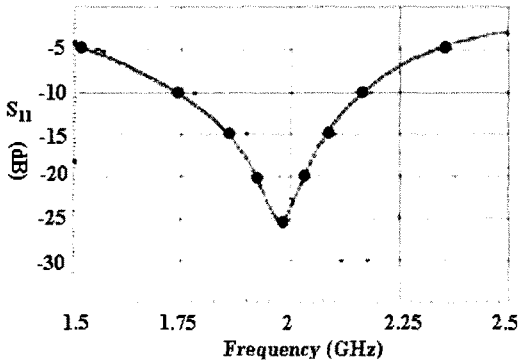
표 2. 시뮬레이션에 의해 최적화된 안테나 크기

Table 2. Optimized antenna size by simulation.

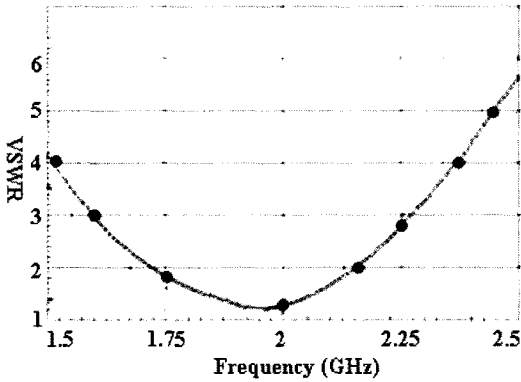
구분	크기(mm)
급전선 수평 부분(D)	18
급전선 수직 부분(h)	18
패치-유전체간 거리(H)	26
패치의 반지름	30
단락 핀의 높이	27.57
단락 핀의 지름	2

변화를 살펴보면, 대역폭과 공진 주파수의 변화폭은 크지 않았지만 격리도 특성은 단락 핀을 삽입했을 때가 단락 핀을 삽입하지 않았을 때보다 약 5~6 dB 정도 개선됨을 알 수 있었다. 시뮬레이션을 통해 최적화된 안테나의 구조와 크기를 그림 2와 표 2에 나타내었고, 시뮬레이션 특성 결과는 그림 3에 나타내었다. 단락 핀의 튜닝 위치는 그림 2의 (ㄱ)~(ㄴ)의 위치이다. 시뮬레이션 결과 (ㄷ)의 위치에 단락 핀을 설치하였을 때 가장 격리도 특성이 좋았다. 그 격리도 특성 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타내었다.

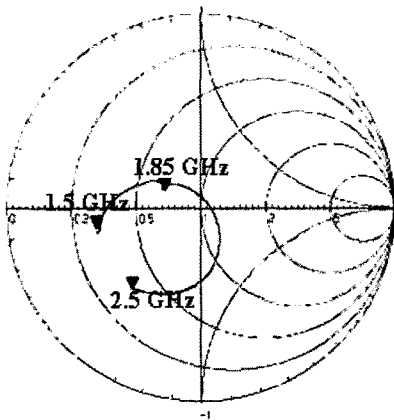
시뮬레이션 결과, 400 MHz 이상의 넓은 대역폭을 가지며 -15 dB 이하의 비교적 높은 포트 간 격리도 특성을 보였다. 시뮬레이션 시 유전체 기판은 두께



(a) 입력 반사 계수  
(a) Input reflection coefficient



(b) 정재파비  
(b) VSWR



(c) 입력 임피던스  
(c) Input impedance

그림 3. 최종 시뮬레이션 결과  
Fig. 3. The last simulation results.

는 1.57 mm, 유전율 2.2를 갖는 테프론 기판으로 설정하였고, 급전선과 복사 패치는 두께 0.3 mm의 동

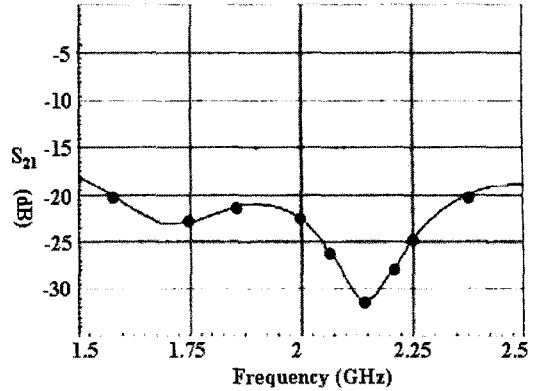


그림 4. 포트간 격리도 특성 시뮬레이션  
Fig. 4. Isolation characteristic of port 1 and 2(The simulation results).

판으로 설정하였다.

#### IV. 제작 및 측정 결과

최초에 고안한 안테나는 3차원 급전 구조를 갖는 사각형 마이크로스트립 패치 안테나와 L자 형태의 급전 구조를 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 결합한 형태의 안테나였으나, 제작·측정 결과 대역폭 자체는 설계 목표와 일치하였으나, 포트 간 격리도 특성이 만족스럽지 않아 L자 형태의 급전 구조를 갖는 원형 마이크로스트립 패치 안테나로 구조를 변경하였다. 그림 5에는 사각형 패치 안테나에 원형 패치 안테나와 동일한 위치에 단락 핀을 삽입하고, 격리도 특성을 측정한 결과를 나타내었다. 그리고 그

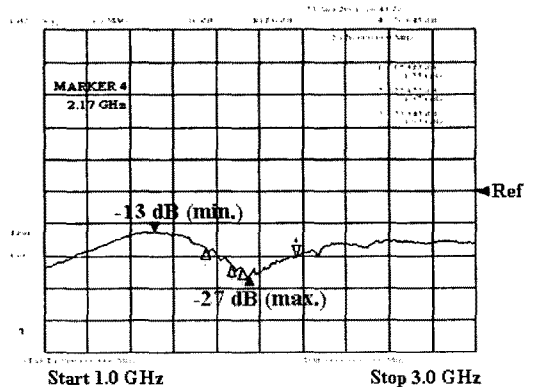


그림 5. 포트간 격리도 특성의 측정 결과(사각형 패치)  
Fig. 5. Isolation characteristic of port 1 and 2(The measurement results of rectangular patch).

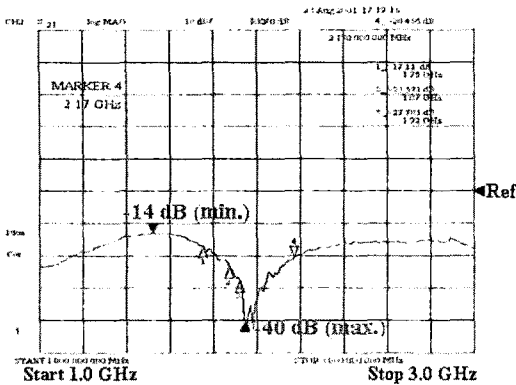


그림 6. 포트간 격리도 특성의 측정 결과(원형 패치)  
 Fig. 6. Isolation characteristic of port 1 and 2(The measurement results of circular patch).

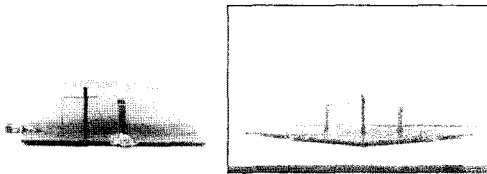


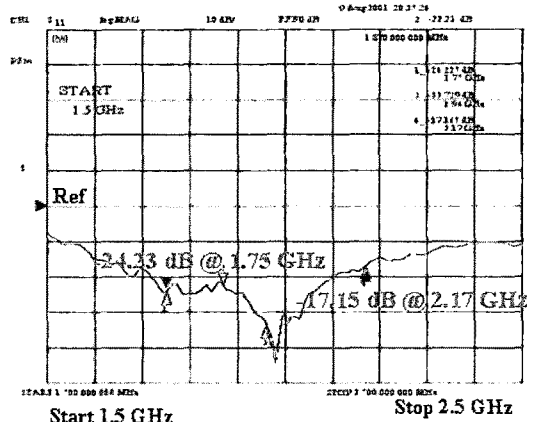
그림 7. 제작된 안테나  
 Fig. 7. Fabricated antenna.

림 6에는 원형 패치 안테나에 단락 핀을 그림 2의 (c) 위치에 삽입하여, 격리도 특성을 측정한 결과를 나타내었다. 그림 5와 그림 6을 비교하면 원형 패치 일 때 격리도 특성이 향상됨을 확인할 수 있다.

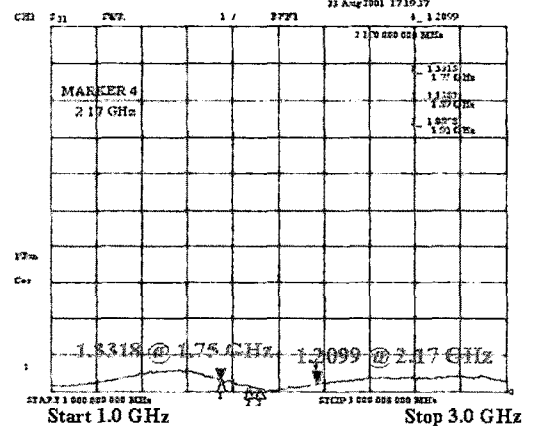
제작한 안테나는 HP사의 8753D 벡터 네트워 분석기(vector network analyzer)를 이용하여 입력 반사 계수와 정재파비 및 입력 임피던스를 측정하였으며, NSI사의 니어 필드(near field) 무반향 챔버(anechoic chamber)를 사용하여 복사 패턴 및 이득을 측정하였다. 측정 시 중심 주파수는 1.96 GHz로 설정하고 1.5 ~ 2.5 GHz의 주파수 범위로 측정하였다. 그림 7에는 최적화하여 제작·측정한 안테나의 사진을 나타내었다.

그림 8은 최적화된 안테나의 측정 결과이다. 입력 반사 계수, 정재파비(VSWR), 입력 임피던스의 측정 결과 임피던스 대역폭은 560 MHz(VSWR<1.5)로 광대역 특성을 만족하며, 임피던스 정합이 잘 이루어진 것을 확인할 수 있었다.

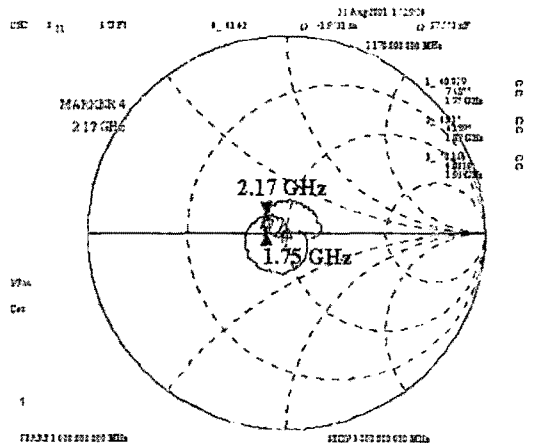
그림 9와 그림 10은 제안된 안테나의 방사 패턴



(a) 입력 반사 계수  
 (a) Input reflection coefficient



(b) 정재파비  
 (b) VSWR



(c) 입력 임피던스  
 (c) Input impedance

그림 8. 최적화된 안테나의 측정 결과  
 Fig. 8. Measured results of optimized antenna.

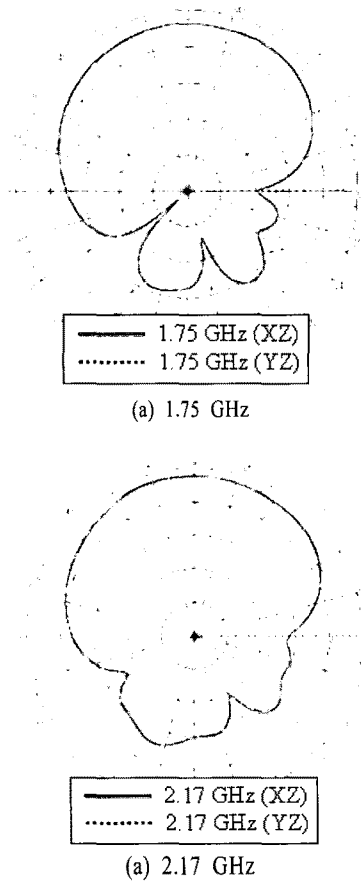


그림 9. 포트 1의 방사 패턴 측정 결과  
Fig. 9. Radiation pattern at port 1(Co-polarization).

측정 결과를 나타내었다. 제안된 안테나의 구조는 단락 핀으로 인해 대칭 구조가 아니므로 그림 2에 XYZ의 좌표 평면을 표시하고, 방사 패턴의 면을 정의하였다.

그림 9에는 포트 1의 낮은 쪽 주파수인 1.75 GHz와 높은 쪽 주파수인 2.17 GHz에서의 X-Z 평면과 Y-Z 평면의 방사 패턴을 나타내었고, 그림 10에는 포트 2의 낮은 쪽 주파수인 1.75 GHz와 높은 쪽 주파수인 2.17 GHz에서의 Y-Z 평면과 X-Z 평면의 방사 패턴을 나타내었다. 그림 9와 그림 10에서 포트 1과 포트 2는 물리적으로 상호 대칭적이며, 이론적으로 동일한 방사 패턴이 나와야 한다. 그러나 그림 9와 그림 10에서의 방사 패턴은 서로 약간의 차이를 보이고 있다. 이는 본 논문의 안테나 구조의 급전부가 L 형태의 3차원 구조이므로, 제작상 정확히 크기

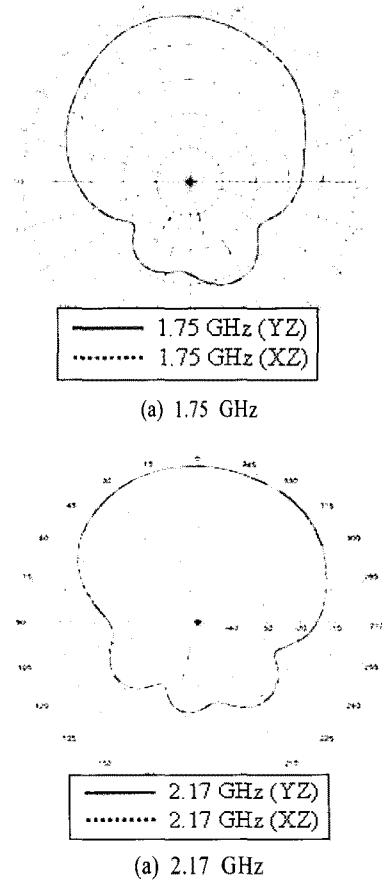


그림 10. 포트 2의 방사 패턴 측정 결과  
Fig. 10. Radiation pattern at port(Co-polarization).

표 3. 각각의 포트에서 측정된 이득  
Table 3. Measurement of antenna gains.

Co-pol. gain	Port 1	Port 2
1,750 MHz	5.610 dBi	6.491 dBi
1,870 MHz	6.039 dBi	7.238 dBi
1,920 MHz	5.920 dBi	7.317 dBi
2,170 MHz	6.195 dBi	7.704 dBi

와 구성 위치를 서로 완벽히 같도록 할 수 없기 때문에 생기는 오차라고 생각한다. 즉, 3차원 급전부의 제작상 오차로 인해 임피던스 정합이 약간의 차이를 발생하였기 때문에 방사 패턴이 왜곡되었다고 사료된다.

표 3에는 포트 1과 포트 2에서 측정된 이득 값을 자세히 나타내었다. 안테나의 이득을 측정하는 방법

은 전자파 무반향실에서 기준 혼 안테나의 이득을 1 미터법으로 측정된 다음 측정하고자 하는 안테나의 이득을 측정된 후 각각의 데이터를 비교하여 이득을 계산한다.

표 3에서 포트 1에서 측정된 평균 이득은 약 5.94 dBi이었으며, 포트 2에서 측정된 평균 이득은 약 7.18 dBi이었다. 이러한 각 포트에서의 이득 측정 결과로 제안된 안테나는 PCS와 W-CDMA 겸용 중계기 안테나로 적용하기 매우 적합함을 알 수 있다.

## V. 결 론

단일 패치만으로 PCS와 W-CDMA의 두 대역에서 동작할 수 있는 안테나를 제안하였다. 또한, 제안한 안테나를 설계·제작 및 측정하였다. 제안한 안테나의 설계에는 Ansoft사의 HFSS를 사용하였으며, 실제 제작 및 측정에는 HP사의 8753D 네트워크 분석기와 NSI사의 전자파 무반향실을 이용하였다. 안테나의 특성 측정 결과, 입력 반사 계수  $-15$  dB 미만의 주파수 대역폭은 PCS와 W-CDMA의 전 대역을 모두 만족하였으며, 측정된 안테나의 이득은 포트 1에서는 평균 약 5.94 dBi, 포트 2에서는 약 7.18 dBi를 얻을 수 있었다. 또한, 각 포트와 포트 사이에 단락 핀을 삽입함으로써 최소  $-14$  dB, 최대  $-40$  dB의 포트간 격리도를 얻을 수 있었다. 본 논문에서 제안한 안테나는 PCS 및 W-CDMA의 두 대역을 모두 만족시키는 광대역 특성을 가지며, 단일 패치를 사용하였으므로 제작 비용을 줄일 수 있다는 장점을 갖는

다. 향후 본 논문에서 제안한 안테나를 이용하여 현재 상용화된 PCS와 W-CDMA 겸용 중계기 안테나로 적용이 가능하리라 생각한다.

## 참 고 문 헌

- [1] K. R. Carver, J. W. Mink, "Microstrip antenna technology", *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. AP-29, pp. 2-24, 1981.
- [2] D. M. Pozar, "Microstrip antennas", *Proc. IEEE*, vol. 80, pp. 79-91, Jan. 1992.
- [3] Naftali Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna", *IEEE AP-S*, Atlanta, Georgia, pp. 1108-1111, Jun. 1998.
- [4] K. F. Lee, K. M. Luk, F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. O. Lee, "Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna", *IEEE Proc*, vol. 144, pp. 354-358, Oct. 1997.
- [5] Y. L. Chow, Z. N. Chen, K. F. Lee, and K. M. Luk, "A design theory on broadband patch antenna with slot", *IEEE Antennas & Propagations Symposium*, pp. 1124-1127, 1998.
- [6] C. L. Mak, K. M. Luk, K. F. Lee, and Y. L. Chow, "Experimental study of a microstrip patch antenna with an L-shaped probe", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 48, no. 5, pp. 777-783, May 2000.

이 원 희



2000년 2월: 건국대학교 전자·정보통신공학과 (공학석사)

2003년 2월: 건국대학교 전자·정보통신공학과 (공학박사)

1998년 3월~1999년 2월: 건국대학교 전자·정보통신공학과 교육조교

1999년 9월~1999년 12월: 전자부품연구원 고주파재료연구센터 위촉연구원

2002년 8월~2008년 1월: LG전자 CTO 디지털어플라이언스연구소 책임연구원

2008년 1월~현재: 포항공과대학교 미래정보기술사업단 책임연구원 (Post Doctoral Fellow)

[주 관심분야] Dielectric Loaded Resonator, Measurement of Dielectric Constant, Design of Microstrip Antennas, Design of Microwave Oven, Microwave Plasma Applications, Artificial Dielectrics, Metamaterial Applications

장 영 철



2000년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 2월: 건국대학교 전자·정보통신공학과 (공학석사)

2002년 1월~현재: (주)KTFT 선임연구원

[주 관심분야] 초고주파 회로설계, 이동 통신 시스템 등