

두 입력단자를 갖는 이중대역 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나 설계

Design of Dual-Band, Dual-Polarized Microstrip Patch Antenna with Two Input Ports

정해영 · 이광천* · 이성준* · 최익권**

Hae-Young Jeong · Kwang-Chun Lee* · Sung-Jun Lee* · Ik-Guen Choi**

요 약

본 논문은 두 개의 프로브 급전 단자만을 갖는 이중대역 이중 편파 마이크로스트립 패치 안테나를 제시한다. 급전 단자간 격리도와 교차 편파를 개선하기 위하여 패치와 급전 프로브간에 고리 모양 간격(annular gap)을 갖는 급전 구조를 설계하였으며, 제작된 안테나의 두 급전 단자간 격리도와 교차 편파는 반사 손실이 -10 dB 이하인 1.84 GHz~1.93 GHz 대역에서 각각 21 dB 이상, 22.2 dB 이상 그리고 2.62 GHz~2.81 GHz 대역에서는 각각 27 dB 이상, 19 dB 이상으로 우수한 급전 단자간 격리도와 교차 편파 특성을 가짐을 측정을 통해 확인하였다. 이득은 각 주파수 대역에서 약 6.9 dBi이다.

Abstract

This paper presents a dual-band, dual-polarized microstrip patch antenna with simple dual-probe feed. The inter-port isolation and cross-polarization are greatly improved by designing feed structure with annular gap between patch and feed-probe. Measured results show that the antenna's inter-port isolation and cross-polarization in each -10 dB return loss bandwidth of 1.84 GHz~1.93 GHz and 2.62 GHz~2.81 GHz are greater than 21 dB, greater than 22.2 dB and greater than 27 dB, greater than 19 dB, respectively. The antenna gain is about 6.9 dBi in both frequency bands.

Key words : Dual-Band, Dual-Polarized, Dual-Probe Feed, Microstrip, Annular Gap

I. 서 론

이동 통신 서비스가 고품질, 고전송율화함에 따라 이동 무선 채널에서 발생하는 다중 경로 페이딩에 대처하기 위한 여러 방안들 중 하나로 시간, 주파수 및 공간 영역 상에서 다양한 형태의 다이버시티 기법을 이용하는 방안들이 연구되어 왔다. 그 결과 3세대 이동 통신 시스템(IMT-2000) 무선 접속 규격의 하향 링크에서는 기지국에 여러 개의 송신 안테나를

사용하는 전송 다이버시티(transmit diversity) 기법이 대두하게 되었으며 이 기법은 조만간 시스템에 실제적으로 적용될 예정이다. 또한 향후 4세대 이동 통신 시스템(systems beyond IMT-2000)에서는 기지국뿐 아니라 이동 단말국에도 다중 안테나를 사용하는 MI-MO(Multi-Input Multi-Out) 전송 다이버시티 기법이 적용되리라 예상된다. 이와 같은 전송 다이버시티 기법을 위해서는 다수의 안테나가 기지국과 이동 단말국 모두에 설치되어야 한다. 그러나 기지국 특히

충북대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungbuk National University)

*한국전자통신연구원 RF기술연구팀(RF Technology Research Team, Electronics and Telecommunications Research Institute)

**충북대학교 전기전자컴퓨터공학부(School of Electrical & Computer Engineering, Chungbuk National University)

· 논문 번호 : 20051005-113

· 수정완료일자 : 2005년 11월 8일

이동단말국에서는 안테나 설치 공간이 한정되어 있기 때문에 공간은 작게 차지하면서 동일한 효과를 얻을 수 있는 편파 다이버시티 안테나에 대한 연구 개발이 필요하다. 또한 이동 통신 서비스의 다양화에 따라 단일 안테나로 다수의 이동 통신 서비스를 제공할 수 있는 광대역 안테나에 대한 연구 개발도 필요하다.

이러한 광대역 다중 편파 안테나들은 다수의 급전 단자가 밀집하게 되기 때문에 필연적으로 급전 단자간 격리도와 편파간 교차 편파가 나빠져서 이를 극복하기 위한 기법이 현재까지 문헌에 많이 발표되고 있으나 대부분의 연구가 대역별 단일 편파를 갖는 안테나^[1]나 단일 주파수의 다중 편파 안테나^{[2],[3]}에 관한 것이고 본 논문에서 제시하는 것과 같이 다중 대역의 각 대역에서 두 개의 편파 특성을 갖는 다중 대역 다중 편파 안테나는 격자 구조를 이용한 이중 대역 이중 선형 편파 안테나^{[4],[5]}가 지금까지 문헌에 보고되고 있는 정도다. 이 안테나는 격자 구조를 이용한 두 패치를 적층한 구조로 하층 패치는 개구면 결합 급전 방식에 의해, 상층 패치는 전자기 결합 급전 방식에 의해 급전 단자간 격리도를 향상시킴과 함께 각 대역에서 교차 편파 특성이 우수한 두 개의 편파를 갖도록 하고 있다. 각 주파수대의 반사 손실이 -10 dB 대역폭(1.22 GHz~1.29 GHz, 9 GHz~9.8 GHz)에서 급전 단자간 격리도는 22 dB 이상, 18 dB 이상이다. 한편 각 중심 주파수에서 편파간 교차 편파는 4×4 배열 안테나의 경우 16 dB 이하, 20 dB 이하이다. 하지만 급전 단자수가 4개로 급전 회로 배치의 복잡성 등 제작의 어려움이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결함과 동시에 우수한 급전 단자간 격리도와 교차 편파 특성을 갖도록 두 점 프로브 급전방식의 이중 대역 이중 편파 안테나를 설계, 제작하였다. 설계 주파수는 3세대, 4세대 이동 통신 시스템 주파수 대역 내 1.9 GHz와 2.72 GHz로 하였다.

II. 안테나 설계

제안하는 이중 대역 이중 편파 안테나는 주파수 대별 마이크로스트립 복사 소자를 적층하고 아래 접지면에서부터 편파별로 두 개의 프로브만으로 사용하여 급전하는 급전 구조를 가지고 있다. 이와 같은

이중 급전 방식은 두 급전 단자간 격리도가 나쁘기 때문에 높은 급전 단자간 격리도를 요구하는 경우에는 적절치 않은 방식으로 알려져 있다. 그러나 실제 안테나에 적용시 급전 회로가 간단해지는 큰 장점을 가지기 때문에 본 연구에서 채택하였으며 낮은 두 급전 단자간 격리도는 급전 프로브와 패치 간에 고리 모양 간격을 삽입한 급전 구조를 이용하여 개선하였다.

2-1 적층 마이크로스트립 복사 소자 설계 및 수직/수평 편파 급전 위치 결정

아래 그림 1은 제안된 안테나의 단면도이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 아래 유전체 기판 D_1 위에 1.9 GHz 대역 복사 소자가 위치하고 위 유전체 기판 D_2 위에 2.72 GHz 대역 복사 소자가 위치한다. 두 복사 소자는 모두 정사각형으로 우선 1.9 GHz에서 공진하는 복사 소자 크기는 유전체 기판 D_1 만 있는 것으로 가정하고 전송 선로 모델 해석 방법^[6]에 의해 하층 복사 소자 크기를 결정하였다. 마찬가지로 2.72 GHz에서 공진하는 상층 복사 소자 크기도 유전체 기판 D_2 만 있는 것으로 가정하고 전송 선로 모델 해석 방법에 의해 복사 소자 크기를 결정하였다. 이렇게 결정되어진 복사 소자 크기 값을 초기값으로 하여 상하층 복사 소자가 같은 축상에 위치하도록 한 후 상용 시뮬레이터 HFSS를 이용하여 상하 패치의 크기를 최적화하였다. 설계시 유전체 기판 D_1 , D_2 모두 두께 4.72 mm이고 유전율 2.5인 Taconic사의 TLX9 기판을 사용하였다.

아래 그림 2는 안테나를 위에서 내려다 본 조감도이다. 급전 프로브 위치를 결정하기 위하여 그림 2에서 X축을 따라 급전점의 위치를 바꿔가면서 입력 임피던스가 50 Ω이 되는 급전점을 찾았다. 이와 같

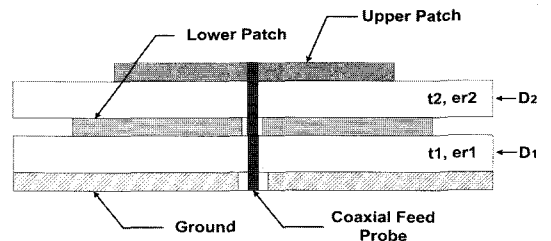


그림 1. 적층 마이크로스트립 안테나 단면도
Fig. 1. Sectional view of stacked microstrip antenna.

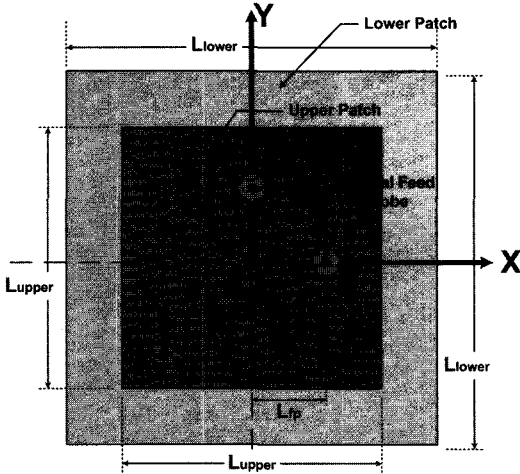


그림 2. 수직/수평 선형 편파를 발생하는 두 급전점
Fig. 2. Feed point locations for vertical/horizontal linear polarizations.

이 하여 한 방향으로 급전점의 위치(P_1)를 결정한 후 다른 수직 방향에서 급전점의 위치(P_2)를 두 복사 소자와 안테나 구조의 대칭성에 의해 구했다.

2.2 급전 단자간 격리도 및 교차 편파 특성 개선

그림 2에서 보이는 이중 급전의 적층 안테나는 급전 단자간 격리도가 낮다. 이를 개선하기 위하여 급전 프로브와 패치 간에 고리모양 간격을 갖는 급전 구조를 적용하므로써 대역폭 증가 효과를 얻음과 함께 교차 모드에 의한 임피던스 왜곡 현상을 일부 보완함으로써 교차 편파 및 급전 단자간 격리도가 개선될 것이라는 가정 하에 고리모양 간격 구조를 설계하였다. 이 구조는 기존에 동축 프로브 급전시 프로브에 의한 인덕턴스를 상쇄시켜 대역폭을 증가시키는 커패시턴스 보상 기법^[7]으로도 사용되는 구조이다.

상용 시뮬레이터를 이용하여 최종적으로 설계된 고리모양 간격을 갖는 안테나 구조는 그림 3과 같고 안테나 치수는 표 1에 표시하였다. L_{lower} 는 1.9 GHz 대역의 하층 복사 소자 길이이고 L_{upper} 는 2.72 GHz 대역의 상층 복사 소자의 길이이다. L_{fp} 는 급전점의 위치이며 D_o 는 고리모양 간격의 외부 직경, D_i 는 고리모양 간격의 내부 직경을 나타낸다.

그림 4는 고리모양 간격이 있을 때 반사 손실과 단자간 격리도 개선을 확인하기 위해 시뮬레이션한 결

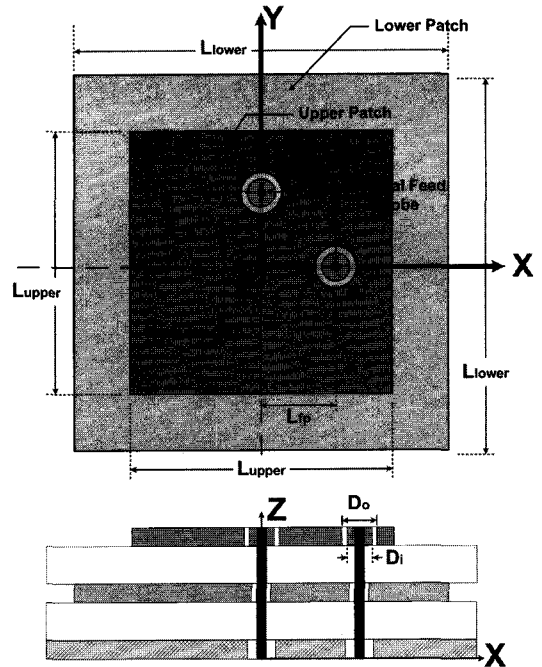


그림 3. 고리모양 간격을 이용한 안테나 구조
Fig. 3. Antenna structure with annular gap.

표 1. 그림 3의 안테나 치수

Table 1. Dimension of antenna in Fig. 3.

(단위: mm)

L_{lower}	L_{upper}	L_{fp}
41.2	29.86	9.96
D_o	D_i	
4.9	4.4	

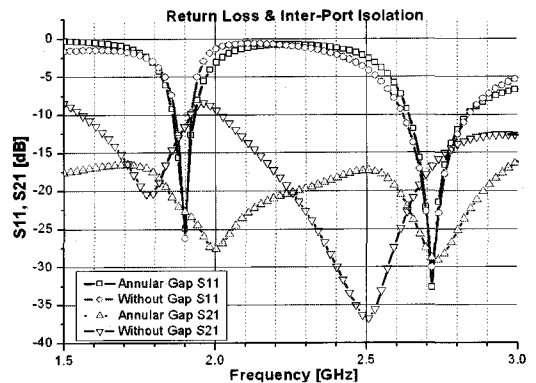
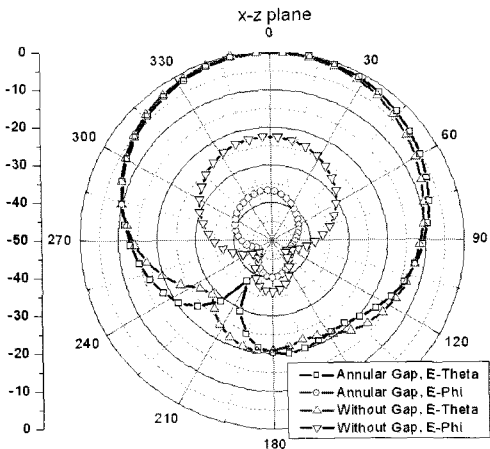


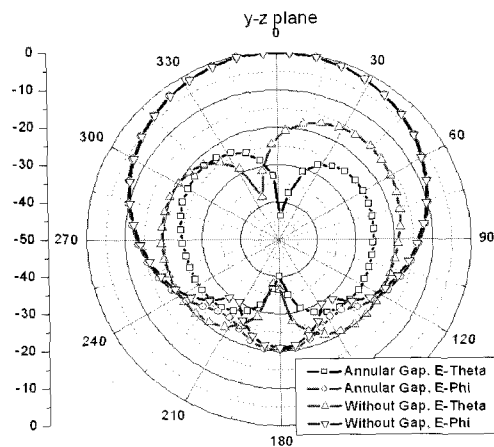
그림 4. 반사 손실 및 급전 단자간 격리도
Fig. 4. Return loss(S_{11}) and inter-port isolation(S_{21}).

과를 보여주고 있다. 이 그림에서 보는 바와 같이 반사 손실 -10 dB 대역폭은 고리모양 간격이 있는 경우 1.9 GHz 대역에서 74 MHz로 고리모양 간격이 없는 경우보다 25 MHz 증가하였고 2.72 GHz 대역에서는 210 MHz로 고리모양 간격이 없는 경우보다 6 MHz 감소하였다. 이는 초기 설계 결과 2.72 GHz 대역 대역폭이 1.9 GHz 대역 대역폭에 비해 충분히 컸기 때문에 1.9 GHz 대역 대역폭을 증가시키는데 중점을 두어 설계하였기 때문이다. 급전 단자간 격리도는 1.9 GHz 대역에서 21.3 dB 이상, 2.72 GHz 대역에서 21.4 dB 이상으로 고리모양 간격이 없는 경우와 비교해서 약 12 dB 개선되었음을 볼 수 있다.

그림 5, 그림 6은 교차 편파 특성을 나타낸 것이

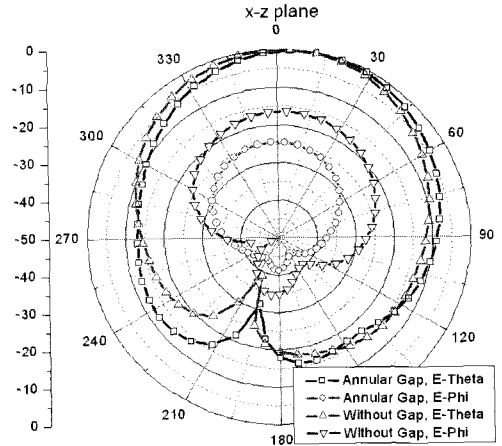


(a) $\Phi=0(x-z$ 평면)

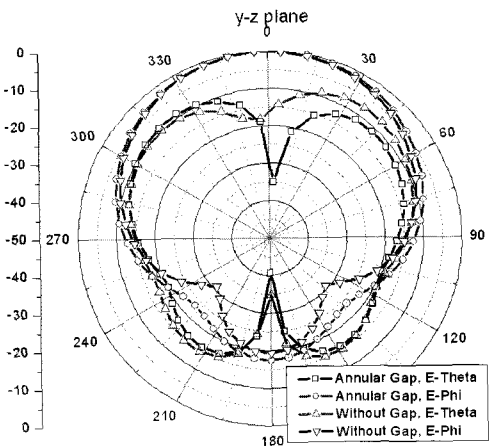


(b) $\Phi=0(y-z$ 평면)

그림 5. 단자 $1(P_1)$ 급전시 1.9 GHz 방사 패턴
Fig. 5. Radiation pattern of 1.9 GHz at port 1.



(a) $\Phi=0(x-z$ 평면)



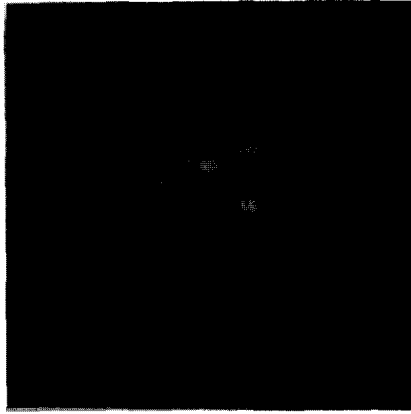
(b) $\Phi=0(y-z$ 평면)

그림 6. 단자 $1(P_1)$ 급전시 2.72 GHz 방사 패턴
Fig. 6. Radiation pattern of 2.72 GHz at port 1.

다. 고리 모양 간격이 있는 경우 1.9 GHz에서 브로드 사이드 방향 교차 편파는 $x-z$ 평면, $y-z$ 평면 모두 약 36.9 dB이고 2.72 GHz에서는 약 24 dB이다. 고리모양 간격이 없을 때와 비교해서 1.9 GHz에서는 14.5 dB, 2.72 GHz에서는 7.6 dB 개선되었음을 확인할 수 있다.

III. 제작 및 측정

안테나는 두께 4.72 mm이고 유전율 2.5 인 Taconic사의 TLX9 기판을 사용하여 제작하였다. 안테나 접지면의 크기는 무한한 접지면의 안테나 특성에 근접하도록 실험을 통해서 100 mm \times 100 mm로 하였다.



(a) Top view .



(b) Side view

그림 7. 제작된 안테나 사진
Fig. 7. Picture of manufactured antenna.

제작된 안테나는 그림 7과 같다.

HP사의 HP8720C 회로망분석기(vector network analyzer)를 이용하여 반사 손실, 급전 단자간 격리도를 측정한 결과가 그림 8에 시뮬레이션 결과와 함께 나타내었다.

측정된 반사 손실 -10 dB 대역폭은 1.9 GHz 대역에서 81 MHz, 2.72 GHz 대역에서 195 MHz로 시뮬레이션 결과와 유사함을 알 수 있다. 한편 급전 단자간 격리도는 반사 손실 -10 dB 대역폭 내에서 두

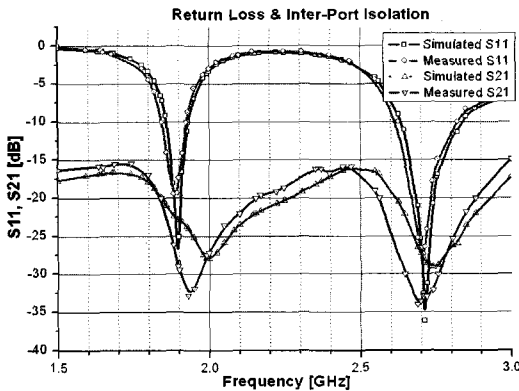
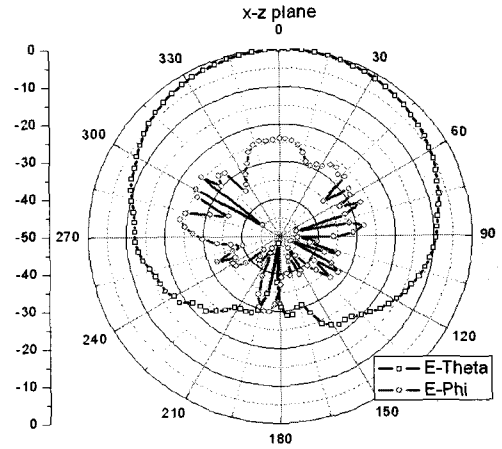
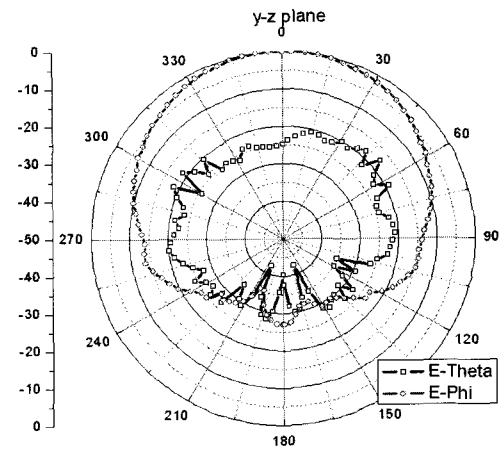


그림 8. 측정된 반사 손실 및 급전 단자간 격리도
Fig. 8. Measured return loss(S_{11}) and inter-port isolation(S_{21}).



(a) $\phi=0$ (x-z 평면)

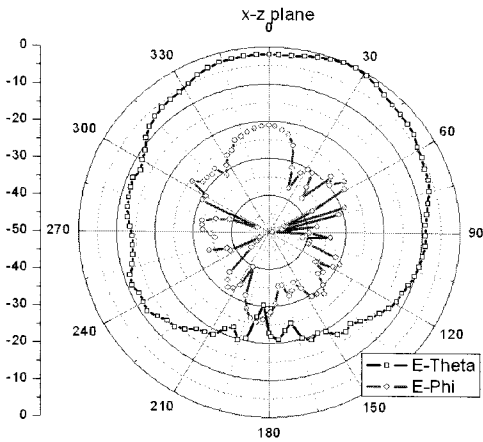


(b) $\phi=0$ (y-z 평면)

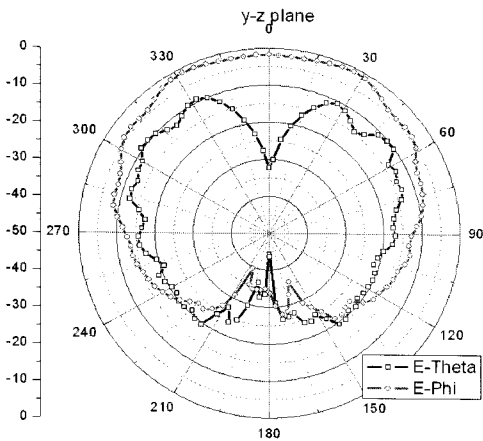
그림 9. 단자 1(P_1) 급전시 측정된 1.9 GHz 방사 패턴
Fig. 9. Measured radiation pattern of 1.9 GHz at port 1.

급전 단자간 격리도는 1.9 GHz 대역에서 21 dB 이상, 2.72 GHz 대역에서 27 dB 이상으로 시뮬레이션 결과보다 우수한 특성을 나타내었다.

방사 패턴은 한국전자통신연구원의 전자파 무반사실에서 1.9 GHz와 2.72 GHz 주파수의 반사 손실 -10 dB 대역폭 내 주파수에 대해 각각 측정하였다. 그림 9와 그림 10은 단자 P_2 에 50 Ω 부하를 달고 단자 P_1 에서 측정한 결과중 대표적으로 중심 주파수인 1.9 GHz와 2.72 GHz에서의 방사 패턴, 교차 편파 특성을 보여주는 것이다. -10 dB 대역폭 내 교차 편파는 1.9 GHz 대역에서 22.2 dB 이상, 2.72 GHz 대역에서 19 dB 이상이다. 이득은 1.9 GHz에서 6.98 dBi, 2.72 GHz에서 6.91 dBi이다.



(a) $\phi=0$ (x-z 평면)



(b) $\phi=0$ (y-z 평면)

그림 10. 단자 1(P_1) 급전시 측정된 2.72 GHz 방사 패턴
Fig. 10. Measured radiation pattern of 2.72 GHz at port 1.

측정 결과는 반사 손실 -10 dB 대역폭 내 모든 주파수에서 거의 동일하며 또한 단자 P_1 에 50Ω 부하를 달고 단자 P_2 에서 측정한 결과 역시 위 그림과 같이 단자 P_2 에 50Ω 부하를 달고 단자 P_1 에서 측정한 결과와 동일하다.

IV. 결 론

두 개의 급전 단자만을 갖는 이중 대역 이중 선형 편파 안테나를 설계 제작하였다. 제작된 안테나는 두 개의 마이크로스트립 패치 안테나를 적층한 구조

를 가지고 있으며 급전 방식은 동축 프로브 급전 방식을 채택하고 있다. 상층 패치와 급전 프로브간에 고리모양 간격을 적절히 배치함으로써 대역폭을 향상시킴과 동시에 고차 모드에 따른 임피던스 왜곡을 보완함으로써 두 개의 동축 프로브 급전 방식이 갖고 있는 문제점인 급전 단자간 격리도와 편파간 교차 편파 특성을 개선하였다.

제작된 안테나는 반사 손실 -10 dB 대역폭인 1.84 GHz~ 1.93 GHz 대역에서 이득은 6.98 dBi, 급전 단자간 격리도는 21 dB 이상 그리고 교차 편파 특성은 22.2 dB 이상이다. 또한 반사 손실 -10 dB 대역폭인 2.62 GHz~ 2.81 GHz 대역에서 이득은 6.91 dBi, 급전 단자간 격리도는 27 dB 이상 그리고 교차 편파 특성은 19 dB 이상으로 우수한 특성을 갖는다.

본 논문에서 제시하는 두 단자 급전의 이중 대역 이중 편파 안테나 설계 기법은 향후 이동 통신 시스템에 적용되리라 예측되는 MIMO(Multi-Input Multi-Output)나 스마트 안테나(smart antenna)를 채택하는 이동 통신 기지국 배열 안테나의 안테나 소자 제작에 활용 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Murakami, W. Chujo, I. Chiba, and M. Fujise, "Dual slot-coupled microstrip antenna for dual frequency operation", *Electronics Letters*, vol. 29, no. 22, pp. 1906-1907, Oct. 1993.
- [2] Tzung-Wern Chiou, Kin-Lu Wong, "Broad-band dual-polarized single microstrip patch antenna with high isolation and low cross polarization", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 50, no. 3, pp. 399-401, Mar. 2002.
- [3] Misao Haneishi, Megumi Konno, "Dual-polarized planar antenna fed by dog-bone slots", in *IEE 11th Int. Conf. on Antenna and Propagation*, pp. 45-48, Apr. 2001.
- [4] S. D. Targonski, D. M. Pozar, "Dual-band dual polarised printed antenna element", *Electronics Letter 12th*, vol. 34, no. 23, pp. 2193-2194, Nov. 1998.
- [5] D. M. Pozar, S. D. Targonski, "A shared-aperture dual-band dual-polarized microstrip array", *IEEE*

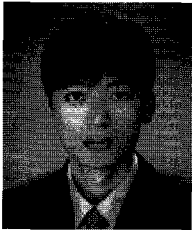
Transactions on Antennas and Propagation, vol. 49, no. 2, pp. 150-157, Feb. 2001.

[6] R. Munson, "Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 22, no. 1, pp. 74-

78, Jan. 1974.

[7] P. S. Hall, J. S. Dabele, and P. M. Haskins, "Microstrip patch antennas on thick substrates", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 458-462, Jun. 1989.

정 해 영



2004년 2월: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 (공학사)
 2004년 3월~현재: 충북대학교 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나, 초고주파 회로설계

이 성 준



2001년 2월: 한양대학교 전자전기공학부 (공학사)
 2003년 2월: 포항공과대학교 전자공학과 (공학석사)
 2004년 6월~현재: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 RF 기술연구팀 연구원

2003년 2월~2004년 5월: LG전자 CDMA 단말연구소
 [주 관심분야] 안테나, 전자장

이 광 천



1986년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학사)
 1988년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)
 1988년 2월~현재: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 RF 기술연구팀 팀장

[주 관심분야] 이동통신 RF 시스템 기술, 안테나 기술

최 익 권



1974년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학사)
 1976년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학석사)
 1986년 8월: 미국 오하이오 주립대학교 전자공학과 (공학박사)
 1994년 3월~현재: 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수

1993년 9월~1994년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 조교수

1987년 9월~1993년 8월: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 전파공학연구실 실장

1986년 9월~1987년 8월: 미국 메사추세츠 주립대학교 Antenna Laboratory 연구원

1982년 10월~1986년 8월: 미국 오하이오 주립대학교 Elector Sience Labortory 연구조교

1976년 3월~1979년 6월: 육군 3사관학교 교수부 물리학 교관

[주 관심분야] DBF 배열안테나, 위상배열안테나, 휴대단말용 소형안테나