

# 모서리 접지면 슬롯과 PIN 다이오드를 이용한 편파 변환 마이크로스트립 안테나

## A Polarization-Switchable Microstrip Patch Antenna Using Corner Slots on Ground Plane and PIN Diodes

박철우 · 이태학 · 최준호 · 윤원상\* · 표성민 · 김영식

Chul-Woo Park · Tae-Hak Lee · Junho Choi · Won-Sang Yoon\* · Seongmin Pyo · Young-Sik Kim

### 요 약

본 논문에서는 모서리 접지면 슬롯과 PIN 다이오드를 이용하여 2.4 GHz에서 활용 가능한 편파 변환 특성의 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 정사각형 구조의 마이크로스트립 패치와 접지면에 위치한 두 쌍의 슬롯과 PIN 다이오드로 이루어져 있다. 제안된 안테나에서는 PIN 다이오드의 스위칭 특성을 이용하여 접지면 슬롯의 전기적 길이를 조정하였고, 이를 통해 선형 편파와 좌회전 편파, 우회전 편파 간의 변환을 구현하였다. 또한 DC 바이어스 회로로 인한 접지면의 분리를 통해서 안테나는 크기 감소 효과를 얻었다. 안테나의 설계 주파수는 2.4 GHz이며, 선형 편파로 동작할 때에는 15 dB의 반사 손실과 59 MHz의 임피던스 대역폭을 가지고, 좌회전 원형 편파와 우회전 원형 편파시 각각 1.17 dB, 1.67 dB의 최소 축비 특성과 28 MHz, 32 MHz의 3-dB 축비 대역폭을 가진다.

### Abstract

In this paper, a switchable circularly polarized microstrip patch antenna using PIN diodes and corner slots on ground plane is proposed at 2.4 GHz. The proposed antenna has a square microstrip patch and ground plane that consists of two pair of slots and PIN diodes. The electrical lengths of the slots are adjusted by using the switching characteristic of the PIN diode, so the polarization of the proposed antenna can be switchable between linear, left-handed(LH) and right-handed(RH). By separating the ground plane for the DC bias, the size reduction effect is also obtained. When the proposed antenna is operated as linear polarization, the return loss and impedance bandwidth are 15 dB, 59 MHz, and when operated as LH and RH polarization, the minimum axial ratio and 3-dB axial ratio bandwidth are 1.17 dB, 1.67 dB, 28 MHz, and 32 MHz, respectively.

Key words : Polarization-Switchable, Coner Slots on Ground Plane, Microstrip Antenna, Circular Polarization, PIN Diode

### I. 서 론

최근 무선 통신 시스템에서 다중 대역과 다중 모

드의 어플리케이션을 소형의 단일 시스템에 집적화 하려는 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 각 어플리케이션들은 각기 다른 주파수 대역과 편파 특성, 방사

\*이 연구에 참여한 연구자는 '2단계 BK21사업' 지원비를 받았음.

고려대학교 컴퓨터전파통신공학과(Dept. of Computer and Radio Communications Engineering, Korea University)

\*삼성탈레스 통신연구소(Communication R&D Center, Samsung Thales)

· 논문 번호 : 20100406-038

· 교신저자 : 김영식(e-mail : yskim@korea.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 6월 10일

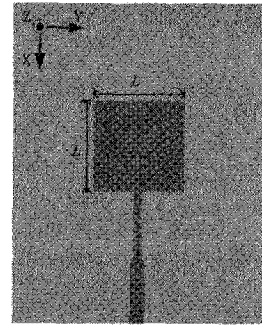
패턴을 필요로 하는데, 이를 위해서는 각 어플리케이션에 맞는 각각의 안테나가 요구된다. 그러나 한 시스템에서 여러 안테나를 동시에 사용한다면 안테나 수에 비례하여 전체 시스템의 크기가 증가하는 문제가 발생된다. 이와 같은 이유로 최근 무선 통신 시스템에서는 다양한 전송 환경에서도 통신을 할 수 있고, 더 많은 서비스를 동시에 제공할 수 있는 단일 안테나 기술을 요구하고 있다<sup>[2]~[4]</sup>.

RFID와 WLAN과 같은 무선 통신 시스템에 있어서 마이크로스트립 안테나는 얇은 두께, 가벼운 무게 그리고 손쉬운 제작으로 인해 많은 연구가 진행되어 왔다<sup>[5]</sup>. 특히 마이크로스트립 패치 안테나는 구조상 PIN 다이오드나 캐패시터, 인덕터와 같은 집중정수 소자를 삽입하기 쉽고, 소형화, 경량화에 유리하기 때문에 재구성 안테나(reconfigurable antenna) 제작에 많이 사용되고 있다<sup>[6]</sup>.

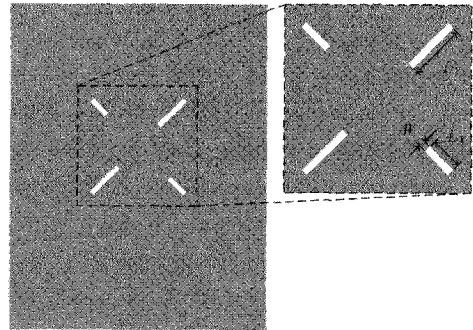
기존의 재구성 안테나들은 마이크로스트립 패치를 활용하여 모서리가 잘린 구조<sup>[7]</sup>나 패치면에 슬롯을 삽입<sup>[8]</sup>함으로써 편파 변환을 구현해 왔다. 그러나 패치면에 슬롯과 PIN 다이오드를 구성하면 바이어스 라인이 필요하게 되고, 이에 따른 인덕터 등의 추가 부품이 사용되게 된다. 따라서 능동 소자와 바이어스 회로의 구성으로 인하여 안테나의 복잡도가 높아지고, 방사 패턴의 왜곡 현상이 발생할 수 있는 문제점을 안고 있다.

보통 접지면에 슬롯을 활용한 결함 접지 구조(Defected Ground Structure: DGS)는 전력분배기<sup>[9]</sup>나 여파기<sup>[10]</sup>에 주로 사용되어진다. 그러나 본 논문에서처럼 안테나에 결함 접지 구조를 활용하여 편파 변환 특성을 구현한 방식<sup>[11]</sup>은 패치면을 이용한 기존의 방식에 비하여 급전 회로에 의한 방사 패턴의 왜곡 현상을 줄일 수 있다. 즉, 접지면 분리를 통하여 DC 전압을 인가하므로 별도의 바이어스 회로가 필요 없게 된다.

본 논문에서는 PIN 다이오드와 접지면 슬롯을 이용하여 편파 변환 특성을 갖는 재구성 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나에서는 정사각형 패치의 모서리 접지면에 편파 변환의 구현을 위하여 사각 모양의 슬롯과 PIN 다이오드를 각각 4개씩 삽입하였다. DC 전압에 의해서 조정되는 PIN 다이오드의 ON/OFF 특성을 이용하여 선형 편파와 좌회전 편파



(a) 패치면  
(a) Patch



(b) 접지면  
(b) Ground plane

그림 1. 제안된 안테나 구조

Fig. 1. Configuration of the proposed antenna.

및 우회전 편파 특성을 나타낼 수 있도록 설계하였다. 또한 각 편파들 간의 변환이 가능하도록 구성하였다.

2장에서는 편파 변환을 위한 기본 안테나의 구조와 동작 원리를 설명하고, 3장에서는 제안한 편파 변환 안테나의 구조와 측정 결과를 제시한다. 그리고 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 안테나 기본 구조

본 논문에서 제안한 편파 변환 안테나의 기본이 되는 원형 편파 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다. 윗면에는 정사각형 마이크로스트립 패치( $L=27.9$  mm)와  $\lambda/4$  변환기를 구성하고, 아랫면에는 두 쌍의 사각 모양 슬롯을 포함한 접지면을 구성하였다. 급전은 단일 급전방식을 사용하였으며, 슬롯은 급전점을 기준으로  $\pm 45^\circ$  대각선 방향에 두 쌍으로 구성되었다. 제안한 안테나 구조에서는 접지面の 두 쌍의 슬

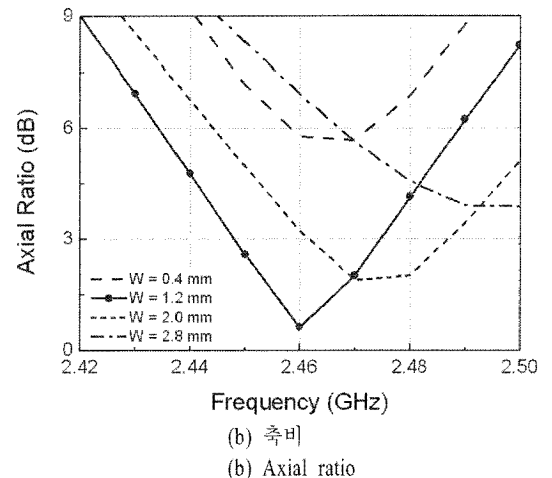
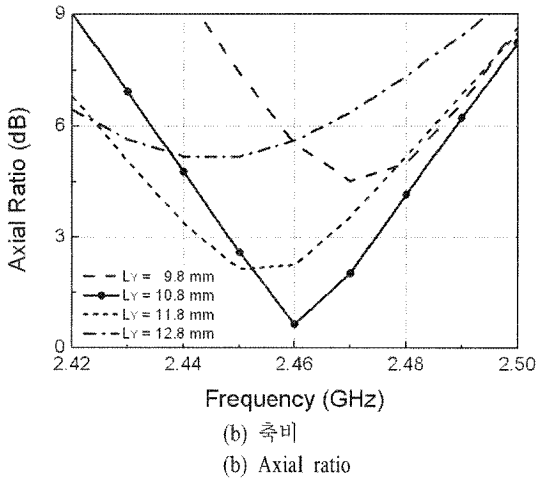
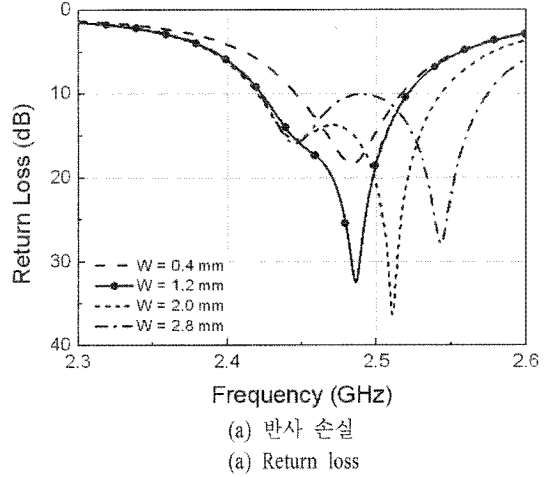
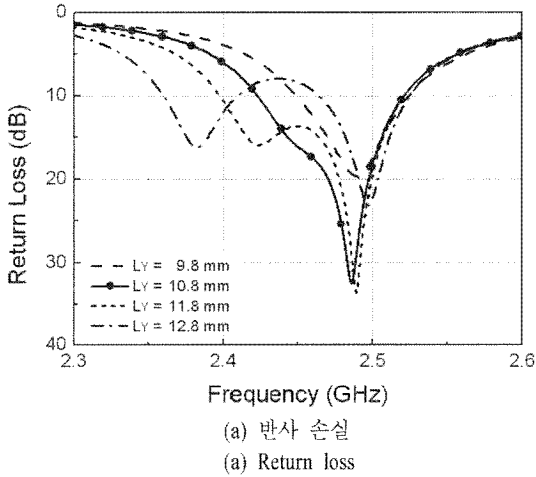


그림 2. 슬롯 길이에 따른 반사 손실과 축비( $L_Y$ )  
Fig. 2. Return loss and axial ratio for various slot lengths( $L_Y$ ).

그림 3. 슬롯 폭에 따른 반사 손실과 축비( $W$ )  
Fig. 3. Return loss and axial ratio for various slot widths( $W$ ).

롯 길이 차에 의해서 대각선 방향으로 두 개의 orthogonal near-degenerate 모드가 생성된다. 접지면의 두 쌍의 슬롯은 정사각 패치면과 접지면의 전류 흐름에 영향을 주고, 이로 인해 공진 주파수가 변화하게 된다. 그림 2는  $L_X$ 를 6 mm로,  $W$ 를 1.2 mm로 고정시킨 상태에서 슬롯의 길이( $L_Y$ ) 변화에 따른 공진 주파수의 변화를 보여주고 있다. 슬롯의 길이  $L_Y$ 가 감소할수록 두 모드의 공진 주파수가 서로 근접해 가는 것을 확인할 수 있다. 반대로  $L_Y$  값이 증가하여 두 쌍의 슬롯 길이 차가 커짐에 따라서 두 모드의 공진 주파수의 차이도 커짐을 그림 2를 통해 확인할 수 있다. 한편,  $L_X$ 는 6 mm,  $L_Y$ 는 10.8 mm로 고정시켰을 때

슬롯의 폭인  $W$ 의 변화에 따른 공진 주파수의 변화를 그림 3에 나타내었다. 길이의 변화와 마찬가지로 슬롯 폭의 변화에 따라 공진 주파수가 이동하는 것을 파악할 수 있다.

원형 편파의 생성을 위해서는 두 모드의 위상 차이가  $90^\circ$ 가 되어야 한다. 따라서 이에 부합하는 최적의 슬롯 길이 차 4.8 mm와 폭 1.2 mm를 선택하여 모의실험을 진행하였다. 모의실험 결과, 우회전 원형 편파가 생성되었음을 그림 4의 전류 분포를 통해 확인할 수 있다. 또한 우회전 원형 편파에서의 슬롯 구조를 좌우 대칭적으로 변화시켰을 때 좌회전 원형 편파가 생성되었음을 알 수 있다. 좌우 슬롯의 전기

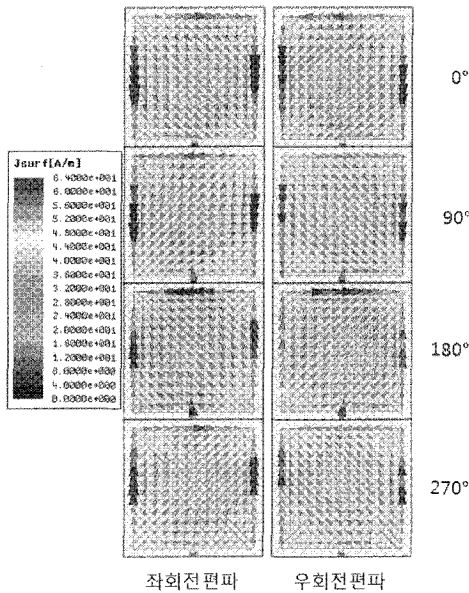


그림 4. 원형 편파의 전류 분포  
Fig. 4. Current distribution of the antenna at CP.

적 길이를 독립적으로 변화시킨다면 좌회전 원형 편파와 우회전 원형 편파 간의 변환이 가능함을 그림 4를 통해 확인할 수 있다.

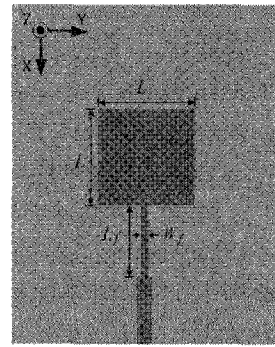
본 논문에서는 이 점에 착안하여 편파 변환 안테나를 설계하였다.

### III. 편파 변환 안테나 설계 및 측정

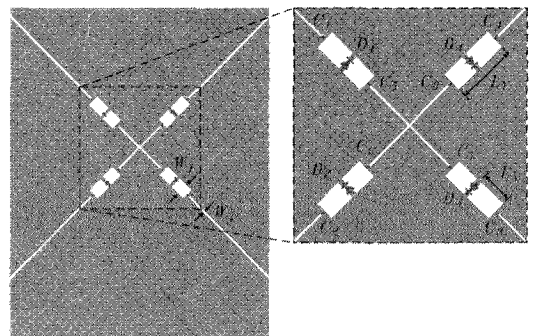
#### 3-1 편파 변환 안테나 설계

본 논문에서 제안한 편파 변환 안테나를 그림 5에 나타내었다. 기본 원형 편파 안테나 구조에서 서로 다른 크기의 슬롯 쌍을 동일 크기의 4개의 슬롯으로 변경하였고, 슬롯의 전기적 길이의 조정을 위하여 PIN 다이오드를 삽입하였다. PIN 다이오드가 OFF 상태가 되면 슬롯의 길이는  $L_T$ 와 같게 되고, ON 상태가 되면 RF 신호가 다이오드를 통과하게 되므로 상대적으로  $L_T$ 보다 작은 슬롯 길이를 가지게 된다. 이처럼 PIN 다이오드를 통해 두 슬롯의 길이 차이를 만들었고, orthogonal near-degenerate 모드를 생성시켰다. 다이오드 모두가 OFF 상태가 되면 모든 슬롯의 크기는  $L_T$ 로 동일하게 되어 좌우 대칭 구조가 형성된다.

바이어스 회로의 구성을 위하여 접지면을 4 개의



(a) 패치면  
(a) Patch



(b) 접지면  
(b) Ground plane

그림 5. 제안된 편파 변환 안테나  
Fig. 5. Configuration of the proposed polarization switchable antenna.

면으로 분리시켰고, 슬롯의 앞뒤로는 RF 신호의 흐름을 위하여 캐패시터( $C_1 \sim C_8$ )를 삽입하였다. 패치면에 DC 바이어스 회로를 구성하는 기존 방식에 비해 접지면 분리 방식은 RF choke나 부가적인 급전선을 필요로 하지 않기 때문에 비교적 쉽고 간단한 구조로 회로를 구성할 수 있다. 또한 접지면 분리를 통한 슬롯의 삽입으로 인해서 안테나는 추가적인 크기 감소 효과를 얻었다. 그림 6에서와 같이 슬롯의 유무에 따라 2.66 GHz에서 2.4 GHz로 260 MHz 만큼 공진 주파수가 감소하였다.

제안한 안테나에서 사용한 PIN 다이오드는 Infineon Technologies사의 BAR64-02W 모델이다. 그림 7에 PIN 다이오드가 가진 고유 R, L, C 값을 이용한 등가 모델을 나타내었다. Diode가 ON인 상태는 그림 (a)와 같고, OFF인 상태는 그림 (b)와 같다. 그림 (a)에서  $L=0.6$  nH,  $R_s=2.1$   $\Omega$ 이며, 그림 (b)에서  $C_T=$

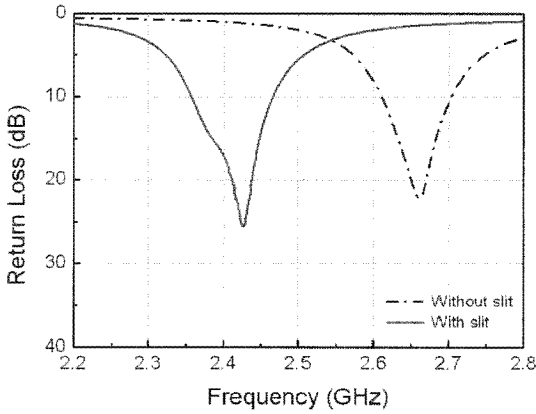


그림 6. 슬릿 유무에 따른 공진 주파수의 이동  
Fig. 6. Resonant frequency shift due to the slit.

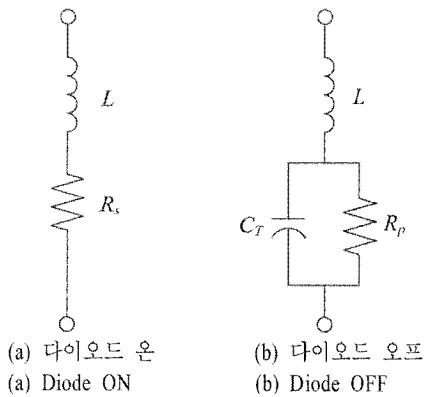


그림 7. 다이오드 등가 모델  
Fig. 7. Equivalent circuit model of a PIN diode.

표 1. 다이오드 상태에 따른 편파 변환 모드  
Table 1. Polarization mode for PIN diode state.

| 다이오드 상태                              | 편파 특성 | 대역폭 (GHz)       | 축비 대역폭 (GHz)    | 이득 (dBi) |
|--------------------------------------|-------|-----------------|-----------------|----------|
| $D_1, D_3$ : Off<br>$D_2, D_4$ : off | LP    | 2.376<br>~2.43  | -               | 2.694    |
| $D_1, D_3$ : Off<br>$D_2, D_4$ : On  | LHCP  | 2.367<br>~2.457 | 2.388<br>~2.412 | 2.784    |
| $D_1, D_3$ : On<br>$D_2, D_4$ : Off  | RHCP  | 2.366<br>~2.457 | 2.388<br>~2.412 | 2.821    |

0.23 pF이다. OFF 상태의 등가 모델에서  $L$ 과  $R_p$ 에 의한 영향은  $C_T$ 에 비해 상대적으로 매우 작으므로 무시될 수 있다. 안테나 설계를 위한 모의실험에서 그림 7의 등가 모델을 사용하여 PIN 다이오드를 lum-

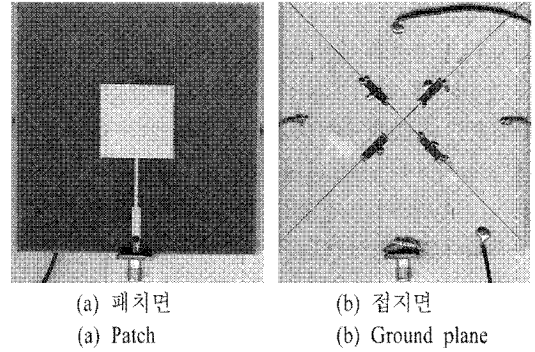


그림 8. 제작된 안테나 사진  
Fig. 8. Photos of the fabricated antenna.

ped element의  $R, L, C$  값으로 대체하였다. RF 신호가 PIN 다이오드를 통과할 때 다이오드 고유의  $R, L, C$  성분으로 인하여 신호의 전기적 길이가 변화하게 되고, 이는 안테나 동작에 영향을 주게 된다. 따라서 위와 같은 등가 모델을 활용한 모의실험 분석방법은 보다 정확한 실험 결과를 예측 가능하게 한다. 그림 9에서의 모의실험과 측정 결과가 매우 유사함을 확인할 수 있다.

각 PIN 다이오드의 상태에 따른 편파 변환 모드와 중심주파수 2.4 GHz에서의 모드별 대역폭과 축비 대역폭, 이득을 표 1에 정리하였다. 모든 다이오드가 OFF 상태인 안테나는 좌우 대칭 구조를 가지므로 선형 편파의 특성을 나타낸다. 이와는 달리 각  $D_1, D_3$ 와  $D_2, D_4$ 의 ON, OFF 특성에 따라 안테나는 좌우 비대칭 구조를 가지게 되고, 원형 편파를 형성하게 된다.  $D_2, D_4$ 가 ON되고  $D_1, D_3$ 가 OFF되면 안테나는 좌회전 편파를  $D_1, D_3$ 가 ON되고  $D_2, D_4$ 가 OFF되면 우회전 편파 특성을 나타낸다.

### 3-2 안테나 제작 및 측정

제안된 편파 변환 안테나를 비유전율 4.4, 두께 1.6 mm의 FR4 기판을 이용하여 2.4 GHz에서 동작하도록 설계하였다. 안테나 접지판의 크기는  $90 \times 90 \text{ mm}^2$ 이며, 제안된 안테나의 설계 변수는 다음과 같다.  $L=26 \text{ mm}, W_f=1 \text{ mm}, L_f=17.2 \text{ mm}, L_r=9.1 \text{ mm}, L_x=4.5 \text{ mm}, W_1=3.1 \text{ mm}, W_2=0.2 \text{ mm}$ . RF 신호의 흐름을 위한 캐패시터( $C_1 \sim C_8$ )는 18 pF을, PIN 다이오드는 앞 장에서 언급된 BAR64-02W를 사용하였다. 제작된 편파 변환 안테나를 그림 8에 나타내었으며,

측정 결과를 그림 9에 나타내었다. 그림 8에서처럼 좌·우 접지면과 위·아래의 접지면을 각각 쌍으로 묶고, 좌·우 면에는 (+) 또는 (-) 전압을 인가하여 다이오드의 ON/OFF 상태를 조정하였다. SMA 커넥터가 접지되어 있는 아래 면의 DC 레벨은 '0' V이므로 위·아래 면은 공통 접지를 시켜주었다.

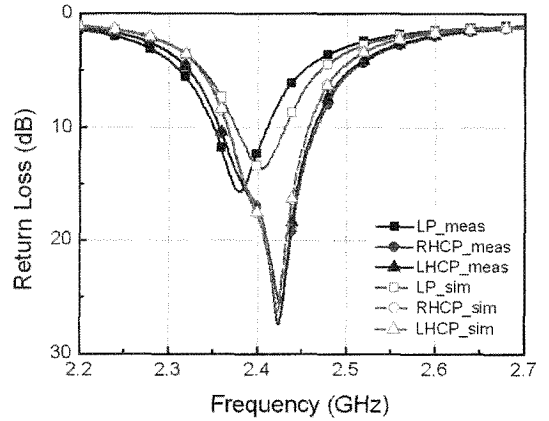
그림 9(a)는 안테나가 선형 편파와 좌회전 편파, 우회전 편파로 동작할 때의 반사 손실을 보여주고 있으며, 그림 9(b)와 (c)는 각 편파에서의 축비와 안테나 이득을 보여주고 있다. 제안한 안테나는 선형 편파로 동작할 때 중심주파수 2.38 GHz에서 15 dB의 반사 손실과 2.351~2.41 GHz(59 MHz)의 임피던스 대역폭을 갖는다. 좌회전 편파로 동작할 때에는 2.356~2.464 GHz의 임피던스 대역폭을 가지며, 중심주파수 2.405 GHz에서 1.17 dB의 최소 축비 특성과 2.389~2.417 GHz의 3 dB 축비 대역폭을 갖는다. 우회전 편파일 때에는 2.357~2.466 GHz의 임피던스 대역폭과 중심주파수 2.395 GHz에서 1.67 dB의 최소 축비 특성과 2.383~2.415 GHz의 3 dB 축비 대역폭을 가진다. 두 그래프의 측정 결과에서 알 수 있듯이 2.389~2.41 GHz의 공통 대역폭 구간에서 선형 편파와 좌회전 및 우회전 원형 편파가 동시에 활용될 수 있음을 확인할 수 있다. 또한 공통 대역폭 구간(2.4 GHz)에서의 이득은 선형 편파, 좌회전 및 우회전 편파시 각각 2.48, 2.74, 3.01 dBi로 모두 동일 주파수 범위에서 활용될 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 10은 안테나가 선형 편파로 동작할 때의 방사 패턴을 보여준다. 그림 10(a)와 10(b)는 각각 xz 평면과 yz 평면의 방사 패턴이며, 두 패턴 모두 낮은 교차 편파 특성을 보여주고 있다.

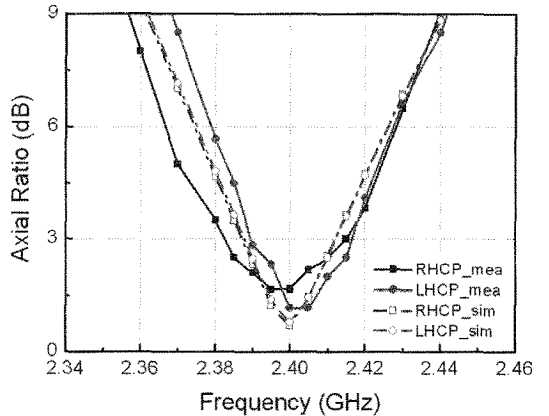
그림 11(a)와 11(b)는 각각 좌회전 원형 편파와 우회전 원형 편파의 spinning 방사 패턴을 보여주고 있다. 접지면에 있는 슬롯의 영향으로 인하여 후엽으로의 방사가 다소 크게 일어나지만 두 패턴 모두 전 방향에서 좋은 축비 특성을 확인할 수 있다.

#### IV. 결론

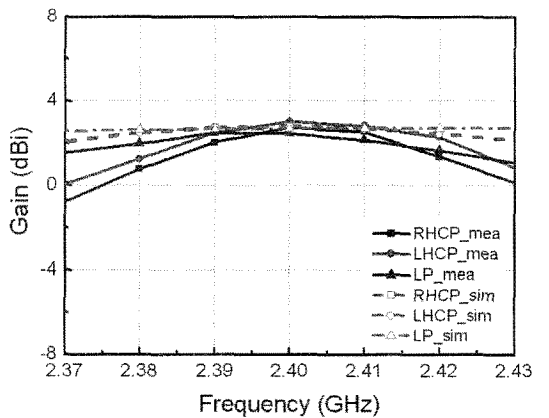
본 논문에서는 모서리 접지면 슬롯과 PIN 다이오드를 이용하여 편파 변환 특성의 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. PIN 다이오드의 스위칭 특



(a) 반사 손실  
(a) Return loss



(b) 축비  
(b) Axial ratio



(c) 안테나 이득  
(c) Antenna gain

그림 9. 제안된 편파 변환 안테나의 측정 결과  
Fig. 9. Measured results of the proposed switchable polarization antenna.

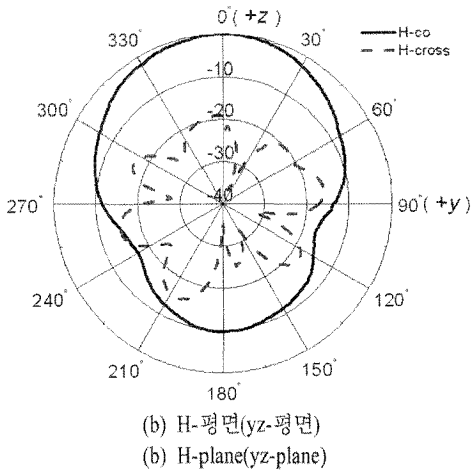
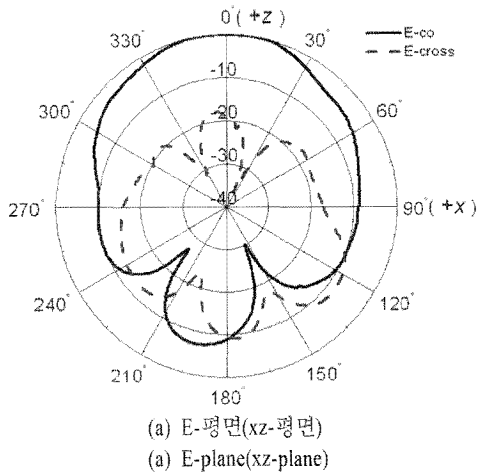


그림 10. 선형 편파의 방사 패턴  
Fig. 10. Radiation patterns of the proposed antenna for linear polarization.

성을 독립적으로 조정하여 단일 안테나에서 선형 편파와 좌회전 편파 및 우회전 편파를 구현하였고, 동일한 주파수 범위에서 각 편파들 간의 변환이 가능함을 모의실험과 측정 결과를 통해 증명하였다. 제안된 안테나는 단일 급전 구조이자, 부가적인 마이크로 회로가 필요 없는 접지면 분리 방식을 활용한 구조로서 구조가 간단하다. 또한 접지면 분리를 통한 슬롯의 삽입으로 인해서 안테나는 추가적인 크기 감소 효과를 얻었다. 제안된 안테나는 원형 편파 특성으로 인해 RFID나 WLAN, 위성 통신과 같은 무선 통신 시스템에서 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 편파 변환을 활용한 주파수 재

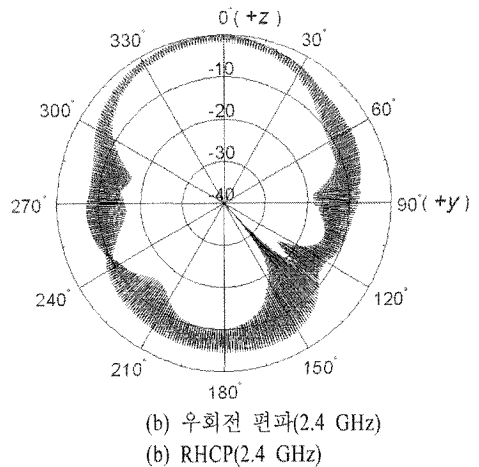
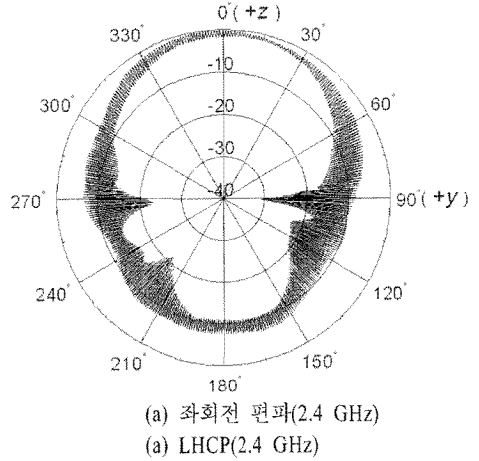


그림 11. 원형 편파의 spinning 방사 패턴  
Fig. 11. Spinning patterns of the proposed antenna for circular polarization.

활용과 다이버시티 특성은 한정된 주파수의 효율적인 운용을 가능하게 하고, 이는 다중 동작 시스템에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

[1] N. Jin, F. Yang, and Y. Rahmat-Samii, "A novel patch antenna with switchable slot(PASS): Dual frequency operation with reversed circular polarizations", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 54, no. 3, pp. 1031-1034, Mar. 2006.  
[2] T. U. Jang, B. Y. Kim, Y. J. Sung, and Y. S. Kim, "Square patch antenna with switchable polarization

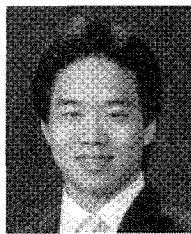
- using spur-line and PIN diode", in *Proc. 2005 Asia-Pacific Microw. Conf.*, Suzhou, China, pp. 1-4, Dec. 2005.
- [3] S. T. Fang, "A novel polarization diversity antenna for WLAN applications", in *Proc. IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp.*, Salt Lake City, USA, pp. 282-285, Jul. 2000.
- [4] F. Yang, Y. Rahmat-Samii, "A reconfigurable patch antenna using switchable slots for circular polarization diversity", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, no. 3, pp. 96-98, Mar. 2002.
- [5] C. A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis and Design*, 2nd Ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [6] M. K. Fries, M. Grani, and R. Vahldieck, "A reconfigurable slot for circular polarized patch antenna", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, no. 11, pp. 490-492, Nov. 2003.
- [7] Y. J. Sung, T. U. Jang, and Y. S. Kim, "A reconfigurable microstrip antenna for switchable polarization", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 14, no. 11, pp. 534-536, Nov. 2004.
- [8] K. H. Chung, Y. S. Nam, T. Y. Yun, and J. H. Choi, "Reconfigurable microstrip patch antenna with switchable polarization", *ETRI Journal*, vol. 28, no. 3, pp. 379-382, Jun. 2006.
- [9] D. J. Woo, T. K. Lee, "Suppression of harmonics in Wilkinson power divider using dual-band rejection by asymmetric DGS", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 53, no. 6, pp. 2139-2144, Jun. 2005.
- [10] A. Boutejdar, A. Batmanov, A. Elsherbini, A. Omar, and E. P. Burte, "A simple method to control the reject band of microstrip low pass filter using a new multi-ring defected ground structures(DGS)", in *Proc. IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp.*, San Diego, USA, pp. 1-4, Jul. 2008.
- [11] 윤원상, 한상민, 이동효, 이경주, 표성민, 김영식, "십자형 접지면 슬롯을 이용한 재구성 가능한 원형 편파 마이크로스트립 안테나", *한국전자파학회논문지*, 21(1), pp. 46-52, 2010년 1월.

박 철 우



2009년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)  
 2009년 9월~현재: 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정  
 [주 관심분야] Reconfigurable Antenna, RF Device and System

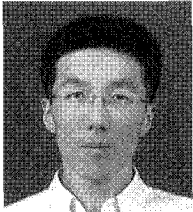
이 태 학



2007년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)  
 2007년 3월~현재: 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석박사 통합과정  
 [주 관심분야] Microwave Filter, Metamaterial-based Antenna



최 준 호



최 해석, 안테나

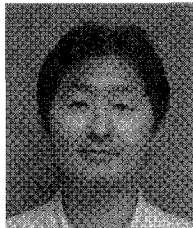
1998년 8월: 고려대학교 전파공학과 (공학사)  
2000년 8월: 고려대학교 전파공학과 (공학석사)  
2000년 9월~현재: 고려대학교 통신시스템기술 박사과정  
[주 관심분야] 전자파 이론 및 수치 해석, 안테나

표 성 민



2002년 2월: 고려대학교 전기전자 전파공학부 (공학사)  
2004년 2월: 고려대학교 전파공학과 (공학석사)  
2004년 1월~2007년 3월: (주)퀵택&큐리텔 내수그룹 중앙연구소 전임연구원  
2007년 3월~2008년 8월: 고려대학교 정보통신기술연구소 연구원  
2008년 9월~현재: 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정  
[주 관심분야] Metamaterial-Based RF Circuit, Device and System

윤 원 상



1997년 2월: 고려대학교 전파공학과 (공학사)  
1999년 2월: 고려대학교 통신시스템학과 (공학석사)  
2007년 8월~현재: 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정  
1999년 3월~현재: 삼성탈레스 통신연구소 전문연구원  
[주 관심분야] Antennas, Active Components for Wireless System, Microwave & RF Front-End System

김 영 식



1978년 3월~1982년 1월: 홍익공업대학 전자과 조교수  
1988년 5월: Univ. of Massachusetts at Amherst (공학박사)  
1988년 5월~1989년 2월: Univ. of Massachusetts at Amherst, Post-Doc.  
1989년 3월~1993년 2월: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선기술연구실 실장  
1993년 3월~현재: 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 교수  
[주 관심분야] RF Front-End System, Antennas