

편파 변환 기능을 갖는 마이크로스트립 안테나

Microstrip Antenna with Switchable Polarization

정 동 근 · 하 천 수*

Dongkeun Jung · Cheunsoo Ha*

요 약

본 논문에서는 복잡한 무선통신 환경에서 편파 다이버시티를 사용하기 위하여 편파 변환 기능을 갖는 개구 결합 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 다층기판의 배면에 급전을 위한 마이크로스트립 선로를 가졌으며, 그 위의 접지면에는 $\lambda_g/4$ 의 간격으로 2개의 슬롯이 위층의 방형 방사 패치의 변과 평행하게 놓여져 있다. 마이크로스트립 급전선로의 종단에 연결한 핀 다이오드를 개방과 단락으로 변환함에 따라 하나의 슬롯이 선택되어 패치에 급전하도록 함으로써 편파를 수평이나 수직으로 변환하는 구조로 하였다. 제작된 안테나의 공진주파수는 수평, 수직편파에서 각각 2.41 GHz, 2.40 GHz로 나타났고 편파 분리도는 19 dB, 23 dB를 보였으며 -10 dB 반사 손실 대역폭은 각각 95 MHz, 100 MHz이었고 이득은 6 dBi로 나타났다.

Abstract

In this paper, a slot-coupled microstrip antenna with switchable polarization is proposed for the polarization diversity applications in the complicated communication environment. The proposed antenna is fed by a microstrip line through one of two slots located with the interval of $\lambda_g/4$ in the ground plane. By switching the PIN diode between opened and shorted termination which is located at the tip of the microstrip line, the switching function between horizontal and vertical polarization was confirmed experimentally. The measured resonant frequencies of the fabricated antenna are 2.41 GHz, 2.40 GHz and the cross polarization levels are 19 dB, 23 dB, the -10 dB return loss bandwidths are 95 MHz, 100 MHz in horizontal and vertical polarization, respectively, and the antenna gain is almost 6 dBi.

Key words : Microstrip Antenna, Switchable Polarization, Slot Coupled, PIN Diode

I. 서 론

최근 휴대전화나 무선 LAN 등의 급격한 보급에 의해 무선통신은 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 이러한 무선통신에 있어서 마이크로스트립 안테나는 작고 가벼우며 구조가 간단해 많이 사용되고 있으며 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다. 무선통신기기의 소형화에 대응하기 위한 안테나의 소형화와 고속 대용량 통신을 하기 위한 광대역화 등의 요구와 함께 다이버시티 기술과 같은 새로운 무선통신

환경에 대응하기 위한 새로운 기능과 성능의 발달도 요구되고 있다.

그래서 본 논문에서는 편파 다이버시티 기술에의 응용을 상정하여 편파 변환 기능을 가진 안테나에 관한 연구를 하였다.

편파 변환은 직선 편파에 있어서 수평 편파와 수직 편파로의 변환과 원편파에 있어서 우선 편파와 좌선 편파로의 변환을 고려할 수 있다. 여기에 대응할 수 있는 마이크로스트립 안테나의 연구로서 다이오드를 사용해 편파 변환 기능을 갖도록 한 연구가

*이 연구는 2003년도 금오공과대학교 교내학술연구비의 지원으로 수행되었음.

구미기능대학 전자과(Department of Electronics, Gumi Polytechnic College)

*금오공과대학교 전자공학부(School of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

· 논문 번호 : 20050114-003

· 수정완료일자 : 2005년 3월 10일

보고되어 있다^{[1],[2]}. 이들 안테나는 방사 패치 위에 다이오드 등의 장치를 배치하여 다이오드의 on, off에 의해 패치에서의 공진 길이를 변화시켜 편파의 변환을 시도하고 있는데 이들 연구에서는 동축 프로브에 의한 배면 급전 방식을 사용하고 있어서 구조가 복잡할 뿐더러 방사 패치 위에 다이오드를 붙여야 하는 제작 상의 어려움이 있다.

본 논문에서 제안하는 모델은 편 다이오드 2개를 이용해 편파 변환을 행한 선행연구^[3]에서처럼 방사 패치 위에는 가공하는 것 없이 패치의 배면에 위치한 급전선로의 종단에 편 다이오드(Toshiba 1SV307)를 두고 그것의 on, off로 급전되는 슬롯을 교체하여 편파 변환을 시도하였다.

안테나 설계를 위한 EM 시뮬레이션은 Flomerics사의 Micro-Stripes 6.0으로 하였으며, 방사 특성은 전파 암실에서 네트워크 분석기를 사용해 측정하였다.

II. 편파 변환 안테나의 구조

그림 1에 제안된 편파 변환 기능을 가진 마이크로 스트립 안테나의 구조를 보였다. 뒷면에 마이크로 스트립 선로를 두었으며 윗면에 방사 패치가 있고, 두 기판의 사이에 각각 접지 도체와 슬롯이 배치되어

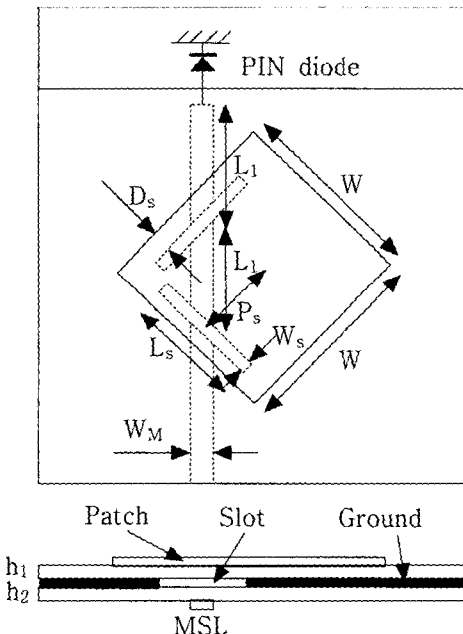


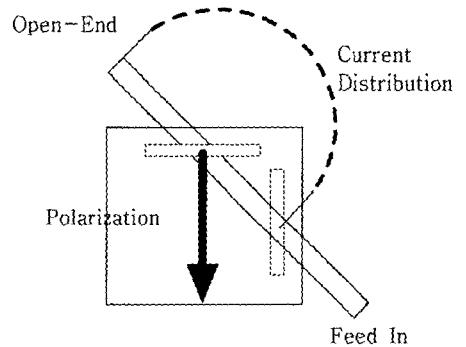
그림 1. 편파변환 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of switchable polarization antenna.

있는 3층 구조로 되어 있다.

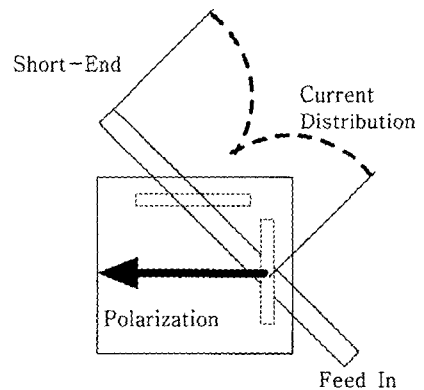
설계한 안테나는 $W=30$, $h_1=h_2=1.6$, $P_f=12.5$, $L_s=14$, $D_s=1.2$, $W_s=1$, $W_M=3$, $L_1=17.4$ mm의 크기를 가지며 유전체 기판으로는 상하 모두에 유리 에폭시 기판 ($\epsilon_r=4.3$)을 사용하였다.

패치의 급전은 마이크로스트립 선로로부터 접지면에 열려 있는 슬롯을 통해 전자적으로 결합되고 있다. 또, 급전하는 슬롯의 변환은 마이크로스트립 선로의 종단을 개방과 단락으로 변환시켜 행하며, 이를 위해 마이크로스트립 선로의 종단에 PIN 다이오드를 연결해 바이어스 전압을 인가한다.

그림 2에 편파 변환 원리를 보였다. (a)는 마이크로 스트립 선로의 종단이 개방되었을 때이고 (b)는 단락되었을 때이다. 종단 개방의 경우 종단에서 $\lambda_g/4$ 거리에서 전류 분포는 최대가 되어 그 점에 있는



(a) 다이오드 개방에 의한 수직 편파 발생
(a) Vertical polarization by open-end



(b) 다이오드 단락에 의한 수직 편파 발생
(b) Horizontal polarization by short-end

그림 2. 편파변환 원리
Fig. 2. Principle of polarization switching.

슬롯에 의해 결합하여 방사 패치에 급전이 되며 그림에 보인 것과 같이 수직방향으로 편파가 발생한다. 이때 $\lambda_g/2$ 점에서는 전류 분포가 최소로 되기 때문에 결합이 거의 일어나지 않아 급전이 되지 않는다. 다음으로 종단이 단락된 경우에는 $\lambda_g/2$ 지점에서 전류 분포가 최대가 되어 그 점에 있는 슬롯에 의해 결합되어 방사 패치에 급전되며 편파는 그림에 보인 것처럼 수평방향이 된다.

이러한 형태로 마이크로스트립 선로의 종단을 개방과 단락으로 변환함으로써 편파 변환을 행한다.

III. 실험 및 결과 고찰

3-1 입력 특성

그림 3, 4에 마이크로스트립 선로의 종단이 개방 및 단락된 경우의 반사 손실과 임피던스 특성 변화를 측정된 결과를 나타내었다.

이 결과를 보면 다이오드를 개방했을 때 2.41 GHz에서 S_{11} 이 약 -33 dB로 나타났고 다이오드가 단락된 경우 2.40 GHz에서 약 -31 dB를 보여 정합이 다소 어긋난 것으로 보인다. 그러나 이 문제는 유전체 기판의 변경이나 슬롯의 길이 및 위치의 최적화에 의해 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

3-2 편파 분리 특성

그림 5에 바이어스 전압을 제거하여 안테나 종단을 개방한 경우의 수신전력(relative power) S_{21} 특성을 최대전력으로 정규화해 나타내었다. 공진주파수

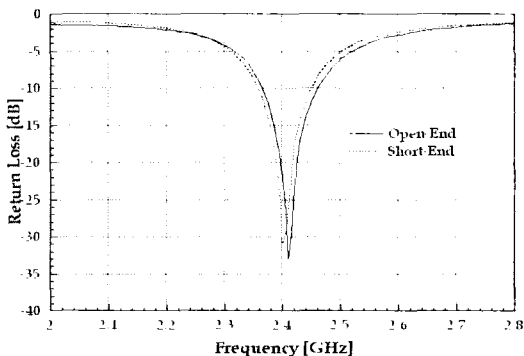


그림 3. 반사 손실
Fig. 3. Return loss of switchable polarization antenna.

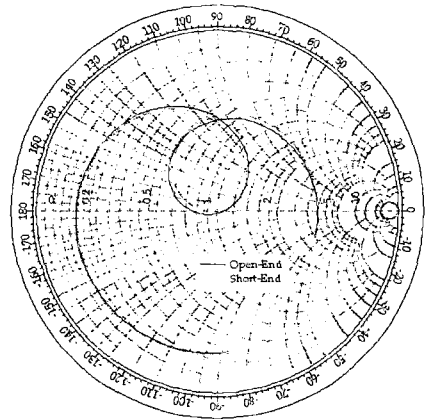


그림 4. 임피던스 특성 변화
Fig. 4. Impedance characteristic.

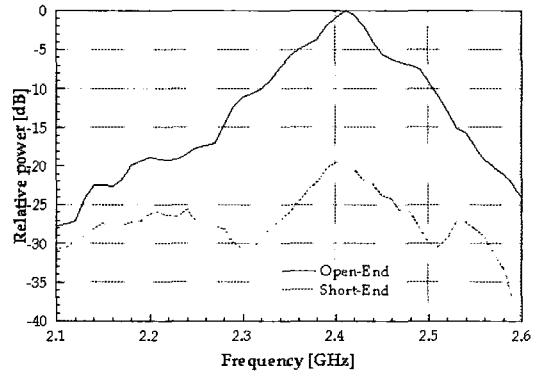


그림 5. 수직 편파시의 S_{21} 특성
Fig. 5. S_{21} characteristic of vertical polarized.

2.41 GHz에서 수직 편파가 가장 잘 방사되고 있는 것을 알 수 있고 교차 편파인 수평 편파는 수직 편파에 비해 약 19 dB 정도 낮게 나타나 편파 분리 특성이 만족되는 것으로 판단된다.

그리고 그림 6은 바이어스 전압을 인가하여 종단을 단락했을 때의 수신 전력 특성을 그림 5에서의 최대 전력으로 정규화 하여 나타내었다. 이 결과 공진주파수 2.40 GHz에서 수평 편파가 가장 잘 방사되고 있는 것을 알 수 있고 교차 편파인 수직 편파는 공진주파수에서 약 23 dB 낮게 나타나 수평 편파에서도 역시 편파 분리 특성이 양호함을 알 수 있다. 또 그림 5와 6의 최대 수신 전력을 비교해 보면 수평 편파 및 수직 편파는 각각 동일한 정도의 전력을 방사하고 있어 편파 변환이 방사효율에 미치는 영향을

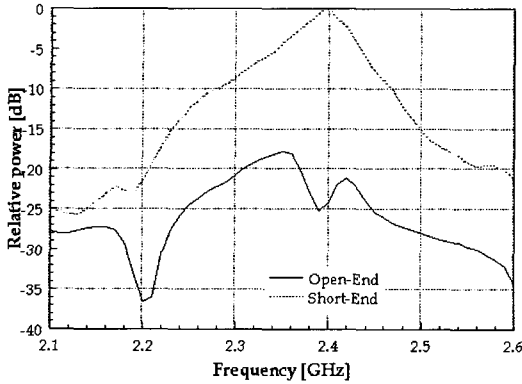


그림 6. 수평 편파시의 S_{21} 특성
Fig. 6. S_{21} characteristic of horizontal polarized.

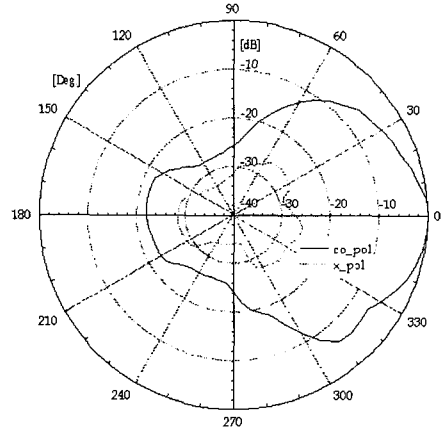


그림 8. 수평 편파시의 방사 패턴
Fig. 8. Radiation patterns of horizontal polarization.

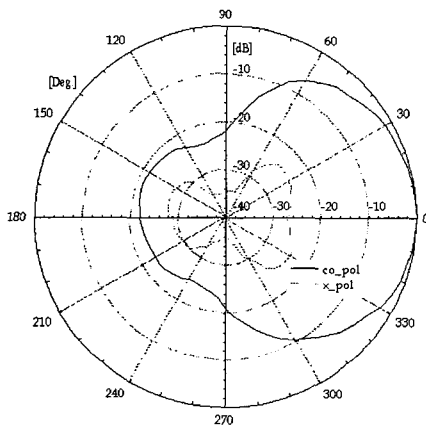


그림 7. 수직 편파시의 방사 패턴
Fig. 7. Radiation patterns of vertical polarization.

무시할 수 있음을 알 수 있다.

3-3 방사 패턴

그림 7, 8에 각각 안테나 종단을 개방한 경우와 단락한 경우의 E-field 방사 패턴을 나타내었다.

각각에 있어서 방사 패턴 측정 주파수는 2.4 GHz이다. 이 결과를 보면 수직 편파, 수평 편파시의 주 편파에 있어서 각각 반치폭이 $\pm 40^\circ$ 정도로 되어 편파변환 전후에 동일한 경향을 보임을 알 수 있다. 또한 정면방향에서 멀어질수록 교차 편파의 영향이 커지며 편파 변환 전후에 있어서의 수신 전력 차이가 감소하는 경향을 볼 수 있다.

한편 그림 9에 제작된 안테나의 사진을 나타내었다. 사진의 왼쪽은 마이크로스트립 선로가 있는 뒷

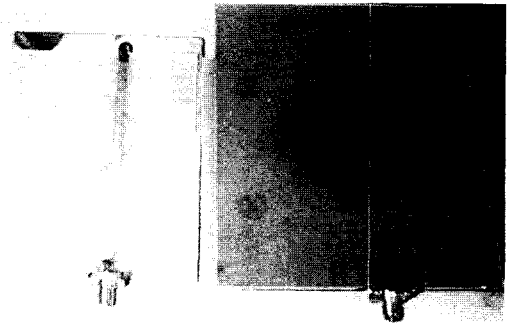


그림 9. 제작된 안테나 사진
Fig. 9. Photograph of fabricated antenna.

면을 보여주고 있는데 아래쪽에 있는 sma 커넥터로부터 급전이 이루어지고 선로의 끝은 PIN 다이오드를 거쳐 접지면에 연결되어 있다. 선로의 아래쪽으로 2개의 슬롯을 볼 수 있다. 그리고 오른쪽은 패치가 있는 면을 보여주고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 슬롯결합 마이크로스트립 안테나에 핀 다이오드를 사용하여 편파 변환 기능을 갖는 안테나를 제안하고 실험을 통해 가능성을 검토하였다.

배면에 있는 마이크로스트립 선로의 종단에 핀 다이오드를 부가하고 바이어스 전원에 의해 개방 및 단락으로 변환함에 따라 급전에 사용되는 결합 슬롯을 선택적으로 취하여 편파의 변환을 시도하였으며, 실험 결과 낮은 교차 편파 특성을 나타내었고 수직

편파와 수평 편파로의 변환이 가능함을 보였다. 향후 패치에 축퇴 분리 구조를 가미해 원 편파를 발생시켜 우선 편파와 좌선 편파로의 변환도 고려할 수 있으며, 이는 복잡한 전파 환경에서 선택적으로 편파를 취해 송수신하기 위한 시스템이나 단말기에 적용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] F. Yang, Y. Rahmat-Samii, "A reconfigurable patch antenna using switchable slots for circular pola-

rization diversity", *Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 12, no. 3, pp. 96-98, Mar. 2002.

[2] E. Nishiyama, K. Takenaka, and M. Aikawa, "Polarization controlled microstrip antenna", *IEICE Trans. Comm.*, vol. J85-B, no. 9, pp. 1519-1525, Sep. 2002.

[3] D. K. Jung, T. Fukusako, N. Kitamura, N. Mita, and C. S. Ha, "Polarization switchable microstrip antenna using PIN diodes", *IEICE Trans. Comm.*, vol. E87-B, no. 1, pp. 152-157, Jan. 2004.

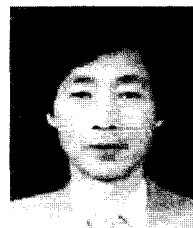
정 동 근



1979년 2월: 금오공고 전자과
 1988년 2월: 금오공과대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 8월: 금오공과대학교 전자공학과 (공학석사)
 2004년 2월: 금오공과대학교 전자공학과 (공학박사)

1979년 2월~1984년 2월: 해군
 1988년 1월~1996년 2월: 오리온전기(주) 선임연구원
 1996년 2월~현재: 구미기능대학 전자과 부교수
 2002년 12월~2003년 1월: 구마모토대학 방문연구원
 [주 관심분야] 초고주파 안테나, 디스플레이장치

하 천 수



1974년 2월: 홍익대학교 전자공학과 (공학사)
 1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
 1984년 3월~현재: 금오공과대학교

전자공학부 교수
 1989년 4월~현재: LG 전자 Digital Display 사업본부 디지털영상제품연구소 기술고문
 2000년 2월~2001년 2월: UCLA 전기전자공학부 방문교수
 [주 관심분야] 안테나, 위성통신시스템, 영상처리장치