

패턴 변환 루프 구조를 가지는 마이크로스트립 패치 안테나

김용진^{1*}

¹인하공업전문대학 전기정보과

Pattern-Switchable Microstrip Patch Antenna with Loop Structure

Yongjin Kim^{1*}

¹Department of Electrical Information, Inha Technical College

요 약 본 논문은 마이크로스트립 패치 안테나에 루프구조를 추가하여 방사패턴의 변환이 가능한 안테나를 제안한다. 패턴 변환을 위한 루프 구조를 패치 안테나의 급전부와 연결하며, 스위치 on/off 에 따라서 안테나의 방사패턴이 가변되는 구조가 된다. 제안된 안테나의 동작주파수는 2.4GHz이며, 최대이득은 3.2dBi 이다. MIMO (Multi-Input Multi-Output), WLAN등의 무선통신 시스템에서 diversity나 스마트 안테나 시스템에 장착을 목적으로 한다. 제안된 안테나의 patch 사이즈는 28mm x 28mm 이며, ground plane의 사이즈는 40mm x 50mm 이다. 제안된 안테나는 2층의 적층 구조를 하고 있으며, 스위치 on/off 동작에 의해 안테나의 패턴이 가변됨을 시뮬레이션과 측정을 통하여 보였다.

Abstract This paper presents a pattern-switchable microstrip patch antenna with loop structure. The loop structure for switchable radiation beam pattern is connected with feeding line of the microstrip patch antenna. As changing switch on/off state, the radiation beam pattern can be changed. The target frequency is 2.4 GHz and maximum radiation gain is 3.2dBi. The proposed antenna is useful for diversity antenna and smart antenna in modern wireless communication including MIMO (Multi-Input Multi-Output) and WLAN system. The sizes of the rectangular patch and the ground plane are 28mm x 28mm and 40mm x 50mm, respectively. The simulation and experimental results show that the antenna radiation pattern can be changed with switch on/off configuration.

Key Words : Switchable antenna, Pattern reconfigurable antenna, Microstrip patch antenna

1. 서론

무선 이동통신서비스에 대한 소비자의 요구가 다양해지면서 스마트폰과 태블릿 PC등 다양한 이동통신기의 개발이 진행되고 있다. 이러한 새로운 무선 시스템에서 안테나의 중요성은 계속 증가되고 있으며, 이에 따른 연구도 활발히 진행되고 있다. 마이크로 스트립 패치(Microstrip patch) 안테나의 경우, 가벼우면서 인쇄기판으로 제작하기 쉽고, 높이가 낮다는 특성 때문에 이동통신 시스템에 많이 사용되고 있다[1-3]. 통신시스템의 복잡한 동작 환경을 충족시키기 위한 소형, 광대역, 다중대

역, 그리고 재구성 안테나 등의 다양한 안테나 설계 기술이 연구되고 있다 [4-6]. LTE(Long Term Evolution)를 비롯한 최신 이동 통신시스템의 성능 향상을 위하여 재구성(Reconfigurable 혹은 Switchable) 안테나에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 재구성 안테나는 원하는 특성을 전기적 혹은 기계적으로 안테나의 전류패턴이나 구조를 변화 시켜서 안테나의 특성을 제어하는 안테나를 말하며, 주파수, 방사패턴, 편파 재구성 안테나 등이 있다 [7-8]. 본 논문에서는 마이크로스트립 패치안테나에 루프(loop)구조를 장착하여 안테나의 빔 패턴을 제어하는 안테나를 제안한다. 안테나 패턴을 제어하는 대표적인 방법

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구결과임(2012-0003707).

*Corresponding Author : Yongjin Kim

Tel: +82-10-3230-4271 email: yongjink@inhac.ac.kr

접수일 12년 08월 16일

수정일(1차 12년 09월 07일, 2차 12년 09월 21일)

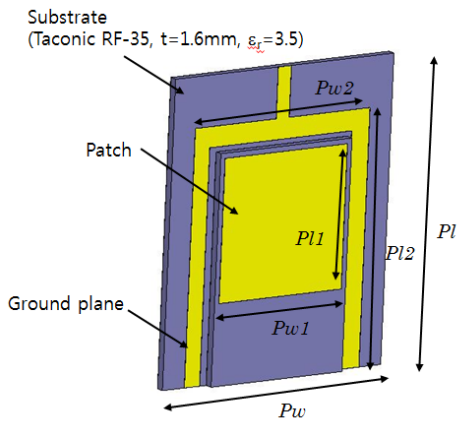
게재확정일 12년 11월 08일

으로는 다수의 안테나의 배열형태의 위상변화를 통하여 제어하는 방법과 단일 안테나 상에서 스위치 소자를 사용하여 제어하는 방법이 있다. 본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나에 feeding line부분부터 시작해서 ground plane으로 들어가는 루프 형태의 방사소자와 스위치 소자를 이용하여 안테나의 방사 패턴을 변화시키는 안테나를 제안한다. Patch 안테나는 2층의 적층 구조를 하고 있으며, 2개의 스위치 on/off 동작에 의해 안테나의 패턴이 가변됨을 시뮬레이션과 측정을 통하여 보였다.

2. 안테나 설계

2.1 안테나 구조 및 동작 원리

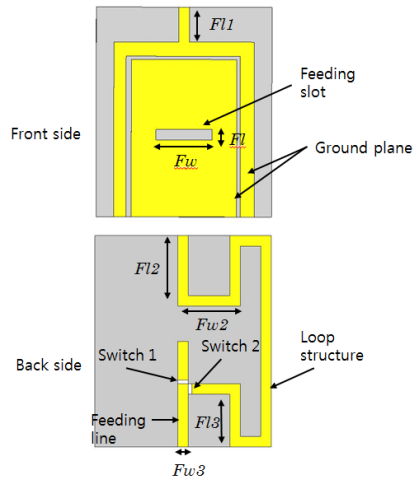
제안된 안테나는 2층 적층 구조 patch 안테나에 급전부에 스위치로 연결되는 루프형태의 구조가 추가된 형태이다. 급전부의 경우는 slot coupled feeding으로 설계되었다.



[그림 1] 제안된 안테나 구조
[Fig. 1] Geometry of the proposed antenna

제안된 안테나 구조는 그림 1에 보였다. 제안된 안테나의 전체 사이즈는 50mm x 60mm이며, 패치의 사이즈는 28mm x 28mm이다. 또한, ground plane의 사이즈는 40mm x 50mm이다. Substrate의 경우, Taconic사의 RF-35 모델이 사용되었으며, 유전율은 3.5($\epsilon_r=3.5$) 이고, 두께는 1.6mm이다. 그림 1의 ground plane층의 세부 안테나 설계 구조는 그림 2에 나와 있다. Feeding을 위한 slot의 사이즈는 16mm x 3mm이며, feeding line은 2.973mm x 30mm이다. 그림 2에 보였듯이 스위치 1과 2는 feeding line에 장착되며, switch 1이 on이 되고 switch 2가 off가

되면 정상적인 마이크로스트립 패치 안테나로 동작되어 -y축 방향으로 지향성이 생기는 안테나로 동작된다. 이와 반대로, 스위치 1이 off가 되고, 스위치 2가 on이 되면 feeding slot으로 유기되는 전류는 차단이 되고 loop structure로 전류가 흐르게 되어 루프안테나로 동작하는 구조를 가지고 있다.



[그림 2] 제안된 안테나의 ground plane층의 세부 구조
[Fig. 2] Detailed geometry of the proposed antenna-ground plane part

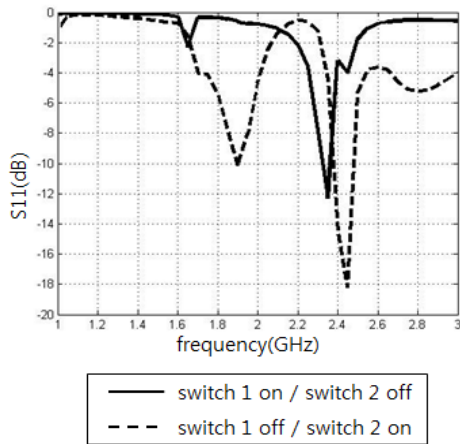
제안된 안테나의 세부 안테나 파라미터는 표 1에 나와 있다. 방사체 patch의 크기는 주파수 2.5GHz 기준으로 약 0.23λ x 0.23λ로 설계되었으며, loop 구조의 전체길이는 약 160mm(1.3λ)로 설계되었다.

2.2 안테나의 시뮬레이션 결과

안테나의 설계를 위하여 3차원 고주파 해석 시뮬레이션 소프트웨어인 HFSS(High Frequency Structural Simulator)를 사용하였다. 각 switch on/off에 따른 시뮬레이션 반사계수 (S11) 결과를 그림 3에 보였다.

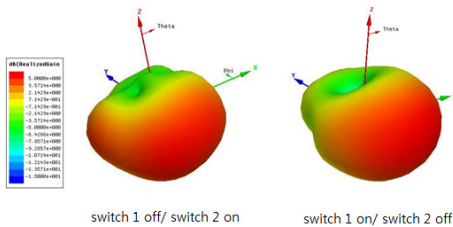
[표 1] 제안된 안테나의 파라미터
[Table 1] Parameters of the proposed antenna

파라미터	길이(mm)	파라미터	길이(mm)
P_l	60	P_w	50
P_{l1}	28	P_{w1}	28
P_{l2}	50	P_{w2}	40
Fl	3	F_w	16
$Fl1$	10	F_w2	17.8
$Fl2$	20	F_w3	2.973
$Fl3$	15		



[그림 3] 안테나의 반사계수 (시뮬레이션)
 [Fig. 3] Reflection coefficients of the proposed antenna (simulation)

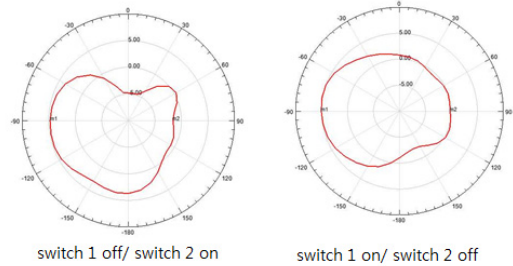
그림 3에 보였듯이, switch 1 on/switch 2 off의 경우는 2.35GHz에서 공진이 일어나며, switch 1 off/switch 2 on의 경우, 2.45GHz에서 공진이 일어났다. 약 100MHz의 공진 주파수 shift가 발생 하지만, 대략적인 주파수 대역은 일치하며, switch on/off에 따라 제안된 안테나의 최대 사용가능 bandwidth는 약 200MHz로 증가하게 된다. Switch 1 off/switch 2 on의 경우, 1.9GHz와 2.45GHz에서 공진하는 dual공진의 특성을 보인다. 3차원 형상으로 보인 방사 패턴의 시뮬레이션 결과는 그림 4에 보였다. 그림 4에 보였듯이, switch 1과 switch 2의 on/off에 따라서 방사 패턴은 변하게 된다.



[그림 4] 제안된 안테나의 3D 방사 패턴 시뮬레이션 결과
 [Fig. 4] 3D Radiation pattern of the proposed antenna (simulation)

Switch 1 on/switch 2 off의 경우 ($f=2.35\text{GHz}$) 전형적인 patch 안테나의 특성을 보이면서 +x축 방향으로 약 1.5dBi 더 방사되는 특성을 보인다. Switch 1 off/switch 2 on의 경우 ($f=2.45\text{GHz}$)는 patch 안테나의 주방사 방향인 -y축 방향으로도 5dBi의 우수한 방사 특성을 보이며, -x

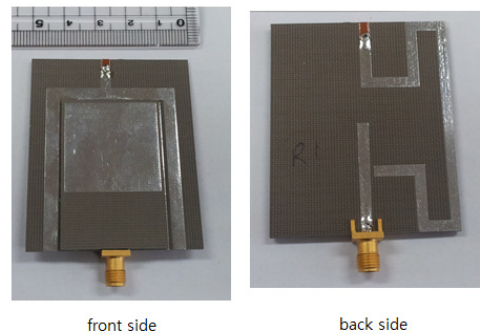
축 방향으로 4dBi 넘는 좋은 방사 특성을 보인다. 이렇게 switch on/off의 동작에 따라서 x-y plane에서 0도부터 -180도까지 전 전 방향에 대하여 +2dBi 이상의 coverage를 가지게 된다. 그림 5는 x-y plane에서의 제안된 안테나의 방사 패턴을 보였다.



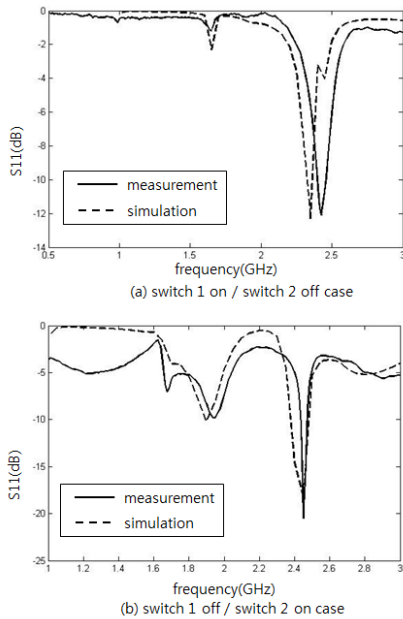
[그림 5] 제안된 안테나의 x-y plane 방사 패턴 시뮬레이션 결과
 [Fig. 5] Radiation pattern, x-y plane, of the proposed antenna (simulation)

3. 안테나 측정 결과

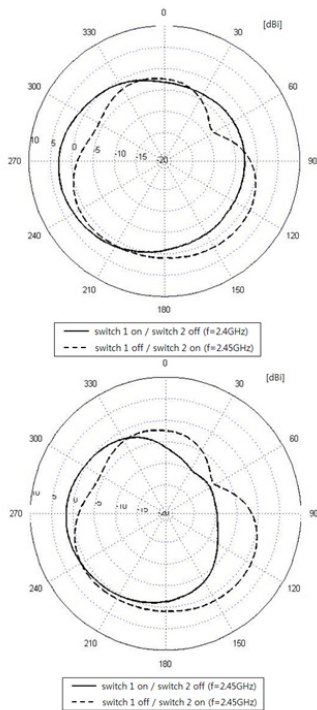
제안된 안테나의 앞면과 뒷면은 그림 6에 제시되었다. 측정을 위하여 급전선로에 SMA 커넥터가 연결 되었으며, 안테나의 S11 특성은 HP8714 network analyzer를 이용하여 측정되었다. 스위치 on/off를 위한 동작에 따른 특성을 확인하기 위하여, switch 1 on/switch 2 off 와 switch 1 off/switch 2 on의 두 가지 경우의 안테나 모델이 제작되었다. 측정된 반사계수 (S11)의 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하여 그림 7에 보였다.



[그림 6] 제안된 안테나의 프로토타입 모델 (switch 1 on/switch 2 off 경우)
 [Fig. 6] Proto-type model (switch 1 on/switch 2 off case)



[그림 7] 제안된 안테나 S11 측정결과
 [Fig. 7] Measured S11 of the proposed antenna



[그림 8] 제안된 안테나 방사패턴 측정결과
 [Fig. 8] Measured radiation pattern of the proposed antenna

측정된 S11 결과와 시뮬레이션 결과는 거의 유사한 패턴을 보였으며, 2.35-2.45GHz 대역 안에서 공진 주파수가 발생했다. 측정된 안테나 방사패턴의 결과 (x-y plane) 는 그림 8에 보였다. 스위치의 on/off의 동작에 따라 안테나 방사패턴의 변화가 확인되었으며, switch 1 off/switch 2 on의 경우에는 90도에서 210도 구간에서 최대 8dBi이상 높은 결과를 보였다. Switch 1 on/switch 2 off (f=2.4GHz)의 경우, 최대이득은 3.2dBi($\theta = 90^\circ, \phi = 260^\circ$)이며, 주파수 2.45GHz에서는 1.78dBi($\theta = 90^\circ, \phi = 256^\circ$)의 이득 값을 얻었다. Switch 1 off/switch 2 on(f=2.4GHz)의 경우, 최대이득은 1.72dBi($\theta = 90^\circ, \phi = 140^\circ$)이다.

4. 결론

본 연구에서는 패턴 변환 루프 구조를 가지는 마이크로 스트립 패치 안테나루프 구조를 제안하였다. 마이크로 스트립 패치에 급전부와 연결되는 loop 구조와 안테나 스위칭 소자를 이용하여 안테나의 방사 패턴을 재구성하는 안테나를 보였다. 제안된 안테나는 2.4GHz 대역에서 동작하며, 스위치 on/off configuration에 따라 방사패턴이 가변되는 구조이다. 반사계수의 시뮬레이션과 측정 결과가 일치함을 보였으며, switch on/off에 따른 공진 주파수 대역이 2.4GHz대역에서 발생하였다. 측정된 안테나의 최대이득은 switch 1 on/switch 2 off로 동작했을 때 3.2 dBi의 이득을 보였다.

References

- [1] Dong-Kug Seo, Byoung-Woo Park, "Analysis of Rectangular Ring Microstrip Antenna", *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 15, no. 1, pp.60-67, 2004.
- [2] Sangjun Ha, Chang-Won Jung, "Beam Steering Antenna Using Microstrip Patch with U-Slot for Wearable Fabric Applications", *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 22, no. 8, pp.754-760, 2011.
- [3] Ju-Hee So, Qusba, A., Dickey, M.D. and Lazzi, G, "Flexible Liquid Metal Alloy (EGaIn) Microstrip Patch Antenna", *IEEE transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 5, pp.2151-2156, 2012.
- [4] Young-Ki Lee, Jae-Hoon Choi, "Design of a Multiband MIMO Antenna for USB Dongle Application", *Journal*

- of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science,, vol. 23, no. 4, pp.441-448, 2012.
- [5] Yongjin Kin, Chang-won Jung, “Design of mobile Radio Frequency Identification (m-RFID) antenna”, Journal of the Korea Academic-Industrial cooperation Society, vol. 10, no. 12, pp.3608-3614, 2009.
- [6] Pei-Yuan Qin, Guo, Y.J., Weily, A.R., “A Pattern Reconfigurable U-Slot Antenna and Its Applications in MIMO Systems”, *IEEE transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 2, pp.516-528, 2012.
- [7] Xue-Xia Yang, Bing-Cheng Shao, Fan Yang, Elsherbeni, A.Z.,and Bo Gong, “A Polarization Reconfigurable Patch Antenna With Loop Slots on the Ground Plane”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 11. pp. 69-72, 2012.
- [8] Jeen-Sheen Row, and Ting-Yi Lin, “Frequency-Reconfigurable Coplanar Patch Antenna With Conical Radiation”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 9. pp. 1088-1091, 2010.

김 용 진(Yongjin Kim)

[정회원]



- 1999년 3월 : 오하이오 주립대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2003년 6월 : 오하이오 주립대학교 (공학박사)
- 2003년 7월 ~ 2007년 3월 : 삼성중합기술원 전문연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 전기정보과 조교수

<관심분야>

소형안테나, 재구성 안테나, RFID/USN, 스마트 안테나 시스템 등