

900MHz, 2.45GHz RFID 이중 대역

마이크로스트립 패치 안테나

Dual band microstrip patch antenna for RFID application of 900MHz and 2.45GHz

장 세 옥, 카제미푸 알리레자, 김 형 석*
(Se-Wook Jang, Alireza Kazemipour and Hyeong-Seok Kim)

Abstract : In this paper, a dual band microstrip patch Antenna is designed for RFID Application. The antenna shows a good performance at the frequencies, 900MHz and 2.45GHz for the radiation characteristics and input impedance matching, as well. The reflection factor is lower than -25dB and a good directivity higher than 5dB is achieved for both frequency.

Keywords: patch antenna, RFID, Dual-band antenna

I. 서론

RF 기술을 이용한 통신 방법은 음성 통신을 벗어나 문자 및 기호의 전송을 통하여 많은 분야에 적용되고 있다. 물류/유통, 의료, 홈 네트워크, 환경 등에 적용하기 위한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다. RF 기술의 장점인 바코드 시스템에 비해 보다 많은 정보를 저장할 수 있으며 원거리 인식이 가능 RFID (Radio frequency Identification) 하다는 이점 때문에 최근 더욱 주목 받고 있다. RFID에서 송수신을 담당하는 안테나는 최근 이중 대역에서 사용 가능한 시스템 개발 중이고, 저주파 대역에서는 전체 사이즈 또는 안테나가 차지하는 면적이 넓어지기 때문에 이를 개선하기 위해 많은 연구가 진행 중이다. [1]

본 논문에서는 RFID 사용 주파수 인 900MHz 대역과 2.45GHz 대역의 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계 목적으로 하였으며, 안테나의 주요 파라미터인 반사 손실과 이득은 각각 15dB, 5dB 이상으로 두 대역에서 손실 없이 신호의 송수신이 이루어지며 최대한 먼 곳까지 신호를 전달할 수 있도록 정량적 목표치를 설정하였다. 또한 안테나 크기를 줄이기 위해 단락핀 구조를 안테나에 적용하였다.

마지막으로 양호한 방사패턴을 얻을 수 있는데 유리한 구조인 H 형태(H-shaped) 안테나의 기하학적 구조를 사각 패치 안테나 해석 이론에 근거하여 설계하였다. [2]

* 책임저자(Corresponding Author)

장세옥 : 중앙대학교 전자전기공학부 석사과정(sewook1004@nate.com)

카제미푸 알리레자 : 중앙대학교 전자전기공학부 방문 교수

(kazemipour@cau.ac.kr)

김형석 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수 (kimcaf2@cau.ac.kr)

※ 본 연구는 2007년도 산학연 컨소시엄 과제에 의해 이루어진 연구임..

II. 마이크로스트립 패치 안테나의 설계

안테나의 원소로 사용될 패치 안테나의 기판은 유전율 4.4, 두께 1.6mm의 Epoxy 1.6T을 사용하였다. 900MHz, 2.45GHz에서 동작하는 마이크로스트립 패치 안테나의 구조는 그림 1과 같다. W1에서 d만큼 떨어진 점은 단락핀의 위치이며, 다음에 나타나는 점은 급전점을 나타낸다. [3]

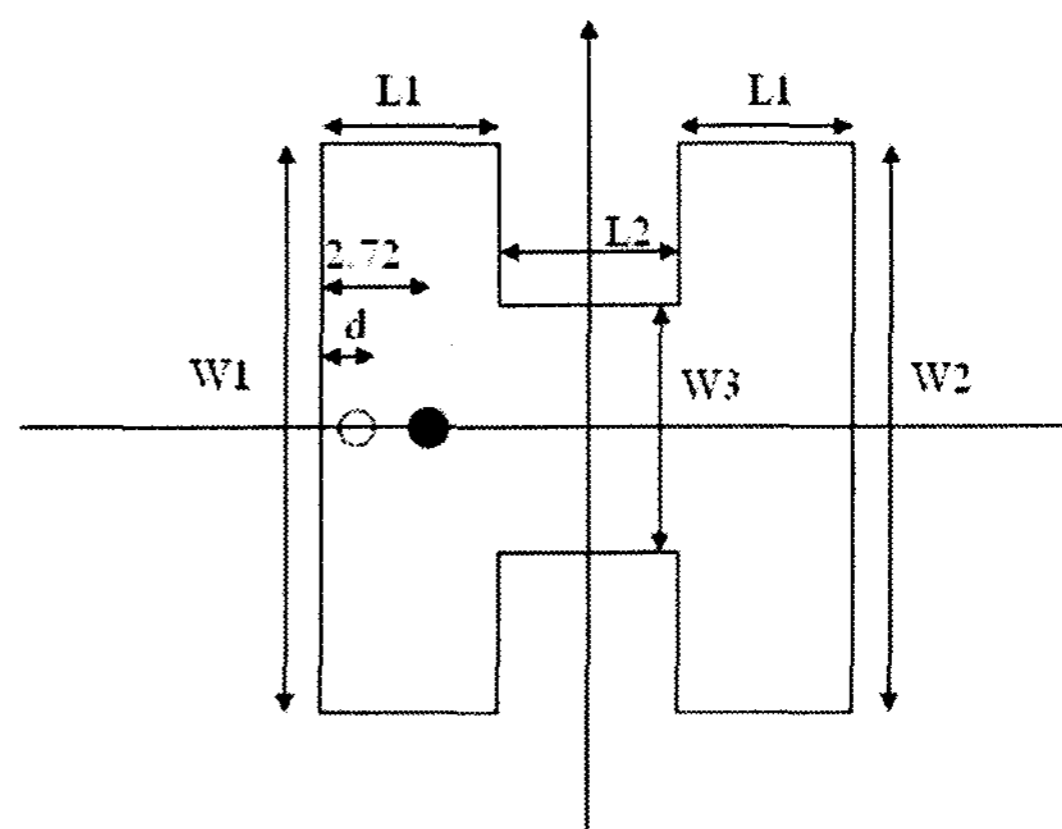


그림 1. 이중 대역 안테나 구조

Fig. 1. The simplified structure of dual band antenna.

안테나의 동작원리는 H형태 패치 안테나 모양으로 공진주파수를 만들었으며, 단락핀을 사용하여 안테나 크기를 소형화 할 수 있었다. 근본적으로 패치 안테나의 공진 모드인 TM01 mode를 만족하기 위해서는 1/2 파장이지만 단락핀에 의해 접지면에 생기는 전기영상을 이용하여 1/4파장의 패치 안테나를 설계하였다. [4]

설계 방법은 H형(H-shaped) 이중대역 안테나의 parameter를 추출하기 전에 먼저 2.45 GHz 패치 안테나의 폭 (W), 길이(L) 을 구한다. 패치 안테나의 폭과 길이는 다음과 같이 구할 수 있다. 식(1)은 패치 폭, 식(2)은 실효 유전율이다. 마이크로스트립 패치 안테나의

실제 길이(L_p)는 fringing 효과로 인해 전기적인 길이(L_{eff})보다 짧아진다. 그 차이를 ΔL 이라 할 때 식(3)과 같이 나타낼수 있으며, 패치의 길이(L_p)는 식(4)와 같다.[5]~[6]

$$W_p = \frac{\lambda_0}{2} \frac{1}{\sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W_p} \right)^{-0.5} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{\epsilon_{re} + 0.300}{\epsilon_{re} - 0.258} \frac{W_p/h + 0.262}{W_p/h + 0.813} \quad (3)$$

$$L_p = \frac{l_0}{2} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

위의 4개의 식을 이용하여 사각 패치 크기를 정한 후, H형 마이크로스트립 패치 형태 변형 하였고, 단락핀을 사용하여 안테나 크기 줄였다. 또한 Parameter 값들을 수정하여 이중대역 900MHz, 2.45GHz 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다.

Parameter 수정 방식은 마이크로스트립 안테나의 임피던스 대역폭의 기준 전압 정재파 비가 1일 경우, 식(5)로부터 대역폭(BW)

$$BW \% = \frac{f_u - f_l}{f_c} \quad (5)$$

$B = \frac{1}{\sqrt{2Q}}$ 이므로 Q에 의해 대역폭이 결정된다.

공진시 안테나에 축적된 에너지는 패치의 폭(W)과 길이(L)에 의해 결정되므로 이러한 Parameter를 조정하여 개선이 가능하다. [7]

안테나 설계에서 단락핀의 반지름은 0.2mm 이며 급전점과 단락핀과의 거리는 1.72mm 차이를 두고 있다. 급전점의 위치는 선형성 보장과 단락핀의 영향을 고려하여 X축 위에서 값을 추출 하였으며 주파수 및 임피던스 매칭은 W1, W2 그리고 L2의 길이를 통해 값을 설정하였다.

그림 2는 W1의 parameter변화로 저주파 보다 고주파에 주파수 및 반사계수의 영향을 나타내며, 그림 3은 W2의 parameter의 증가에 따라 두 대역의 주파수 변화 및 반사계수를 나타낸다. 표 1은 앞서 소개한 파라미터들을 추출하여 최종적으로 설계된 안테나의 Parameter 값들을 나타낸다.

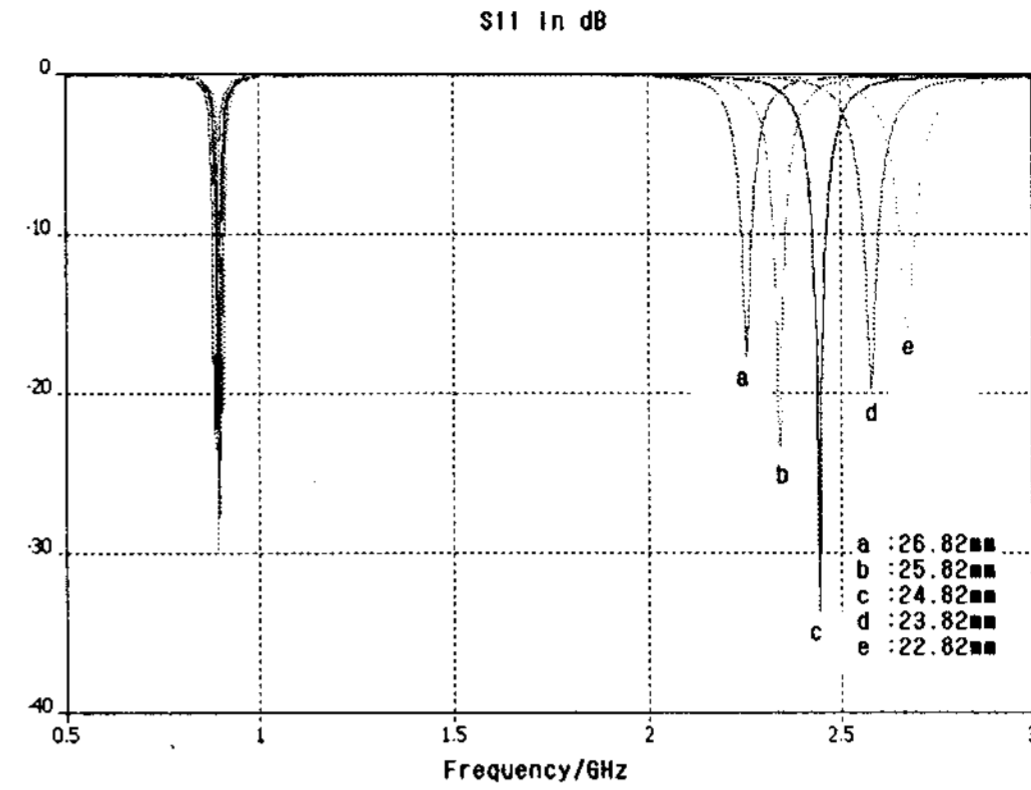


그림 2. W1의 변화에 따른 S11 및 주파수 변화
Fig. 2. The S11 and frequency variation of W1 changes

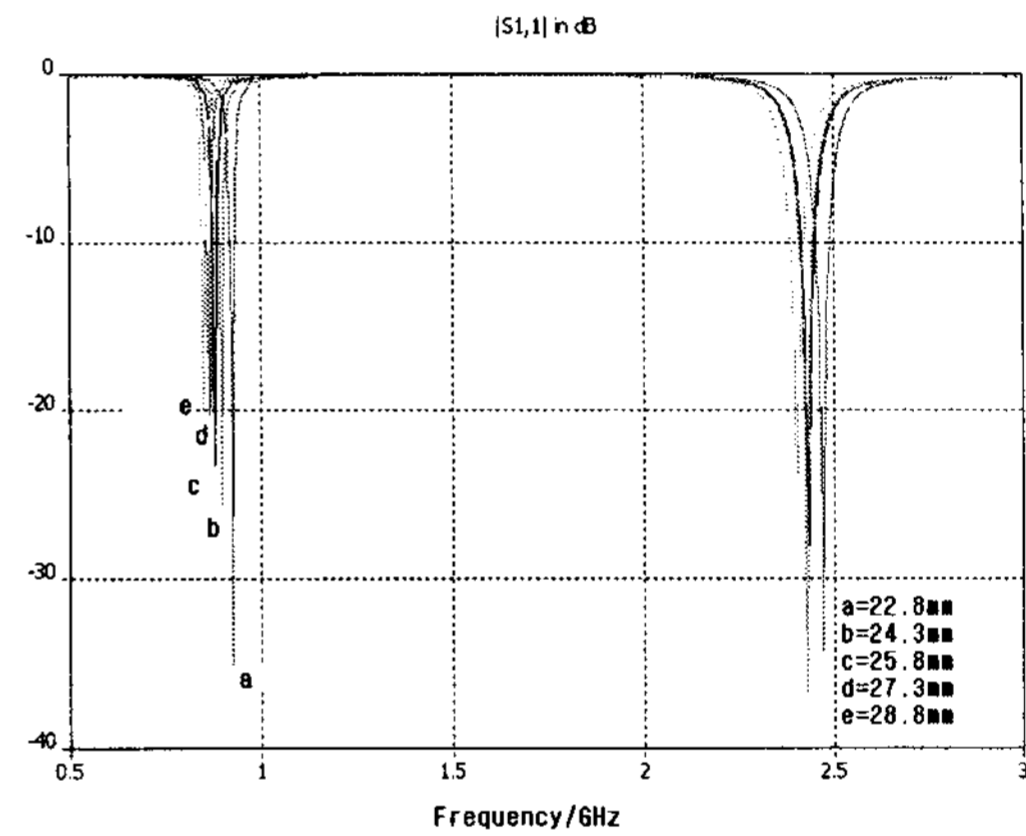


그림 3. W2의 변화에 따른 S11 및 주파수 변화
Fig. 3. The S11 and frequency variation of W2 changes

표 1. 듀얼 밴드 안테나 파라미터

Table 1. The parameter of dual band Antenna

Parameter	Value (mm)
W1	24.82
W2	24.8
W3	12
L1	10.14
L2	8.04
d	1

III. 단락핀 (shorting pin) 의 영향

단락회로를 금속핀으로 구현하는 경우, 단락핀은 접지 면에서 방사패치 길이 't'로 연결된 짧은 전송선으로 모델링 함으로써 분석될 수 있다. 그러므로 단락핀은 안테나 구조에 인덕턴스 L성분과 캐패시턴 C성분이 덧붙여진 것으로 해석된다. 단락핀의 도전율과 관련된 직렬 저항 R 성분과 단락핀과 패치 사이의 거리는 유전 손실과 관련된 병렬 전도성 G 성분이 있지만 R과 1/G 성분은 매우 작아 무시할 수 있다. 따라서 다

음의 식으로 단락편의 인덕턴스와 캐패시턴스를 구할 수 있다. [8]~[9]

$$L = \left(\frac{t\mu}{\pi}\right) \cosh^{-1}\left(\frac{d}{2a}\right) \quad (6)$$

$$C = (t\pi\epsilon) / \cosh^{-1}\left(\frac{d}{2a}\right) \quad (7)$$

식 (6)과(7)에서 t는 단락편의 길이, a는 단락편의 반지름, d는 안테나 패치와의 거리이다. 즉, 단락편의 반지름과 안테나 패치와의 거리를 조정하여 공진주파수를 조정할 수 있다. 안테나 패치와의 거리를 증가시키거나 단락편의 반지름을 감소시키면 인덕턴스 L 성분이 증가하게 되어 공진 주파 수는 낮아지게 되고 안테나 패치와의 거리를 감소시키거나 단락편의 반지름을 증가시키면 캐패시턴스 C 성분이 증가하여 공진주파수는 높아지게 된다. 또한 단락 편의 개수를 증가시키면 일반적으로 인덕턴스 L값보다는 캐패시턴스 C값이 증가하기 때문에 공진주파수는 높아지게 된다. 그림 4은 단락편의 반지름(d) 0.2에서 증가 폭 0.1씩 3번을 걸쳐 공진 주파수의 변화 및 S11의 증가를 나타낸다.

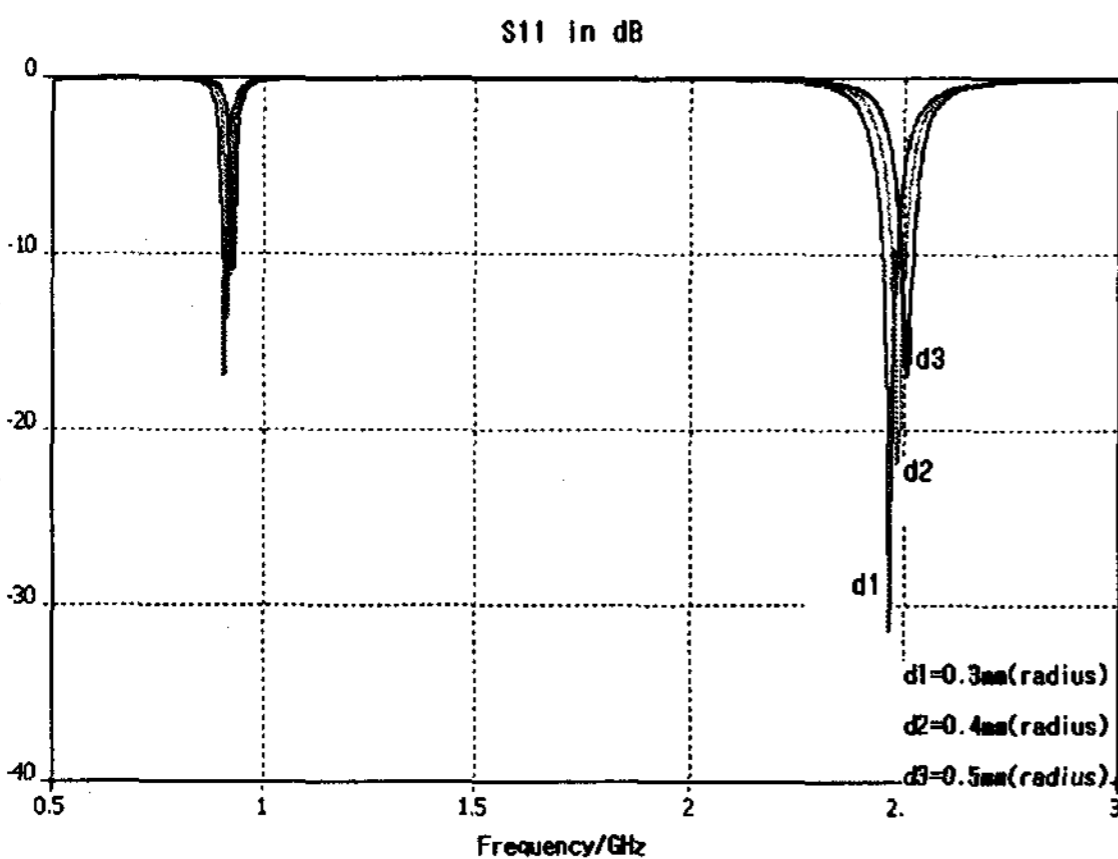


그림 4. 단락편의 반지름 증가에 따른 주파수 변화
Fig. 4. The frequency variation of shorting pin as radius changes.

IV. 모의 실험 및 측정 결과

모의 실험을 통해 결과 예측 및 선행 분석은 CST Microwave Studio로 수행하였다. 그림 5는 이중대역 패치 안테나의 반사계수를 나타낸다. 900 MHz 에서의 반사손실 (S11)은 -27.57dB 이며, 2.45 GHz 에서의 반사손실 (S11)은 -33.69dB 의 손실값을 보였다. 안테나에서 기본적으로 고려되는 중요 파라미터인 반사 손실은 신호의 송수신이 손실 없이 이루어질 것이다.

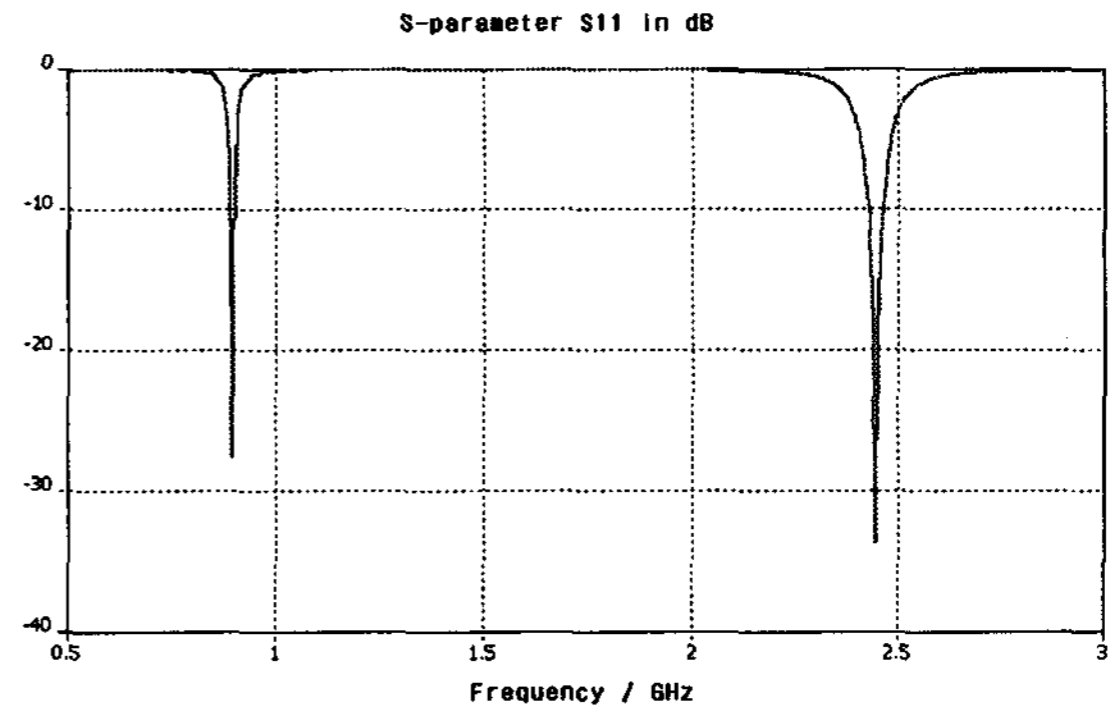
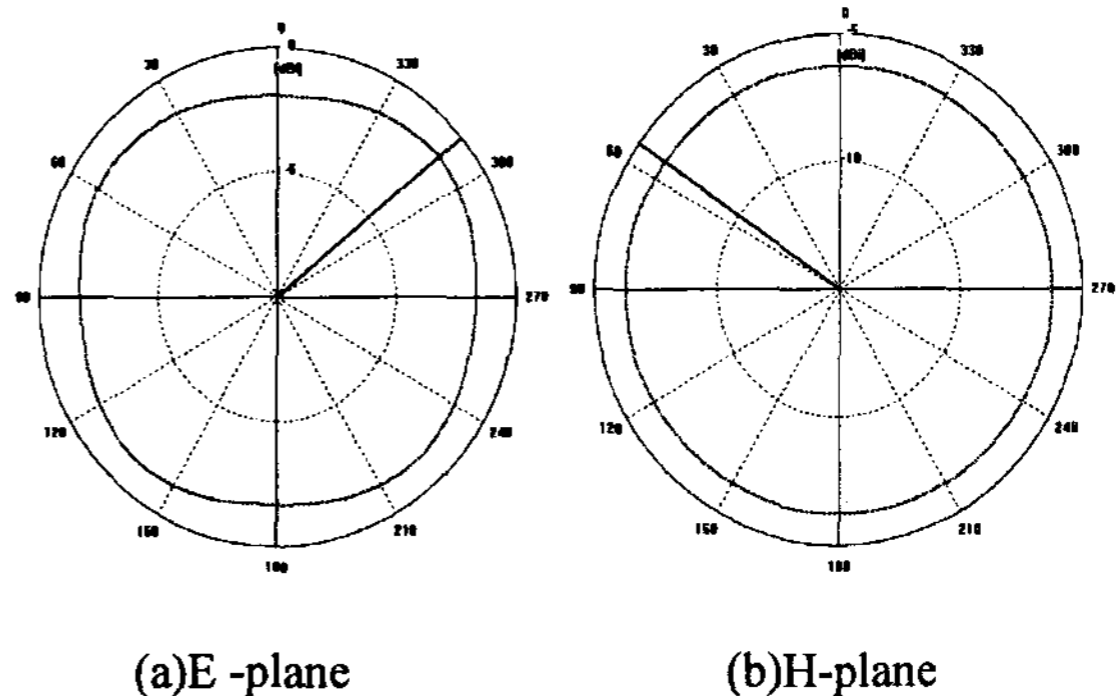


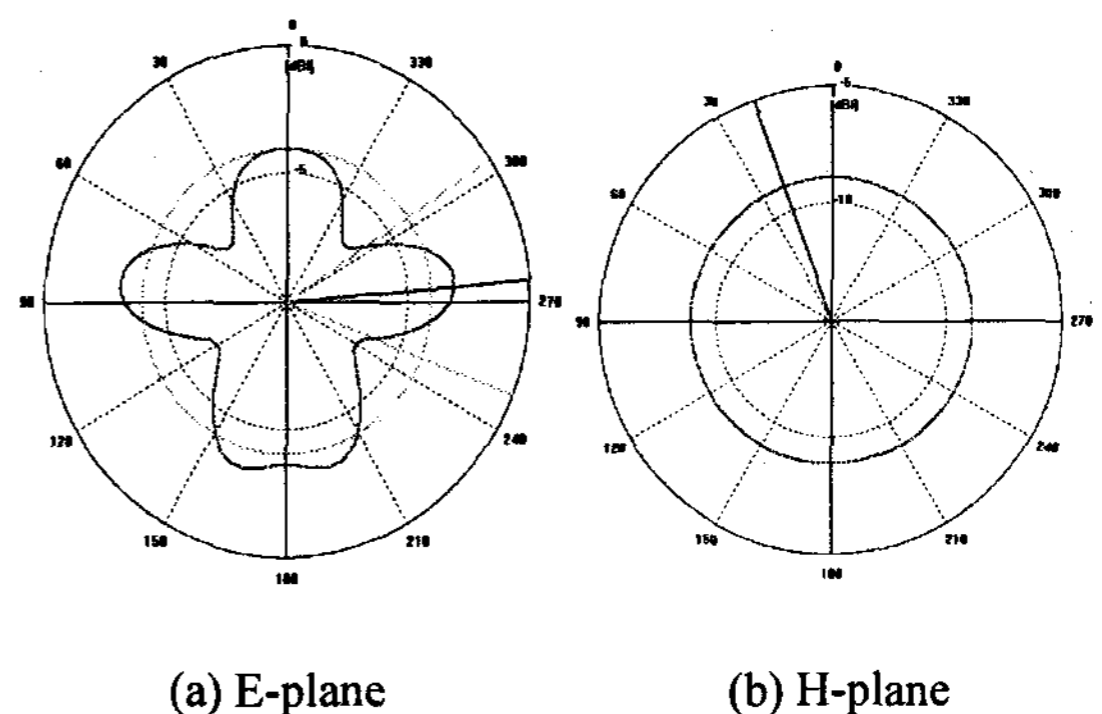
그림 5. 900MHz, 2.45GHz S-parameters 결과
Fig. 5. The results of 900MHz, 2.45GHz S-parameters

그림 6는 900 MHz 대역에서의 반전력 빔폭(HPBW: Half-Power Beamwidth)을 나타낸다. E-plane에서 310도, H-plane에서 55도의 값을 얻었으며 이득(gain)은 5.3 dBi 였다.



(a)E -plane (b)H-plane
그림 6. 900MHz 이중대역 안테나 방사패턴 결과
Fig. 6. The farfield results of 900MHz dual band Antenna.

그림 7은 2.45GHz 대역에서의 반전력 빔폭(HPBW : Half-Power Beamwidth)을 나타낸다. E-plane에서 275도, H-plane에서 20도의 값을 얻었으며 이득은 6.3 dBi 였다.



(a) E-plane (b) H-plane
그림 7. 2.45GHz 이중대역 안테나 방사패턴 결과
Fig. 7. The farfield results of 2.45GHz dual band Antenna.

V. 결 론

본 논문에서는 RFID 주파수 대역인 900 MHz, 2.45 GHz에서 동작하는 이중 대역 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나의 구조는 H-형태이며, 단락핀을 사용 함으로써 L, C 공진을 만들어 주파수 변화 및 패치 안테나의 패치의 폭, 길이를 소형화하여 설계할 수 있었다. 또한 단락핀의 반지름을 통해 주파수 및 반사계수 변화를 보았으며, CST Microwave Studio 시뮬레이션을 통해 두 대역 900MHz, 2.45GHz에서 반사계수는 각각 27.57 dB, 33.69dB 을 얻었다. 반전력 빔폭 (HPBW: Half-Power Beamwidth)은 두 대역 주파수에서 전방향성을 갖고, 5dBi 이상의 이득을 얻을 수 있었다.

단락핀의 영향으로 안테나 패치 크기는 줄었지만, 저주파 대역인 900MHz에서 회절(diffraction)현상으로 반사판 뒤쪽으로 방사를 최소화하기 위해 접지면의 크기가 커진다. 향후 접지면의 크기를 줄이기 위해서 Cavity 타입, 적층 구조 및 hair-pin 구조 등 연구가 필요할 것으로 사료된다.

[감사의 글]

본 연구는 2007년도 산학연 컨소시엄 과제의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

보고서, 전자부품연구원, 2004년

[2] Wong, K. L., and W. S. Chen, "Compact microstrip antenna with dual-frequency operation *Electron, lett.*, 33(8), pp.646-647, 1997.

[3] S.C. Gao, L. W. Li, T. S. Yeo, and M. S. Leong, "A Dual-frequency compact microstrip patch antenna ", *IEEE Trans. Radio Science*, Vol.36, No.6, pp.1669-1682, Dec. 2001.

[4] Davidson, S. E., S. A. Long, and R. F. Richards "Dual-band microstrip antenna with monolithic reactive loading", *Electron, lett.*, 21(21), pp.936-937, 1985.

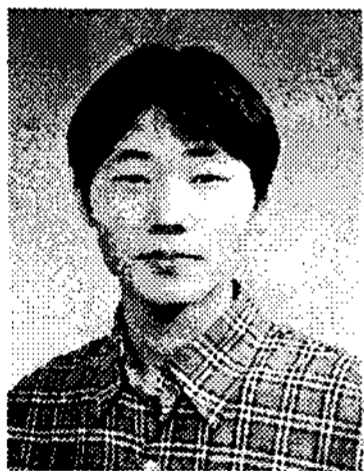
[5] Constantine A. Balanis "Antenna Theory Analysis and Design" John Wiley & Sons Inc, 2005년

[6] E. O. Hammerstad, "Equations for Microstrip circuit Design." Proc. Fifth European Microwave Conf., pp. 268-272, Sep. 1975

[7] Chin Woo Lee, Jong Chul Lee, Seo Youg Yunm, and Mun Soo Lee, "Design of a Miniature Wideband H-shaped Microstrip Antenna WLAN", 대한전자공학회 논문집, 제 41권 TC편 제 3호, pp.15-20, 3월. 2004.

[8] H. Sanad, "Effect of the shorting posts on short circuit microstrip antenna", *IEEE Transaction Antennas and propagation*, Vol.2, No.6, pp.20-24, June. 1994.

[9] Mohamed Danad, "A small size microstrip antenna having a partial short circuit", *IEEE Transaction Antennas and propagation*, Vol.4, No.6, pp.282-285, April. 1995.



장 세 옥

2007년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업. 2007년 ~ 현재 중앙대학교 공과대학원 석사 과정 재학 중. 관심분야는 RF 및 무선통신, RFIC 회로 설계, 안테나 설계



카제미푸 알리레자

1993년 전자전기 공학Tehran university-Tehran, IRAN. 1995년 Physics 공학 석사 Tehran university-Tehran, IRAN. 2002년 전자공학 공학박사 Telecom paris university-paris, FRANCE 2007년~현재 중앙대학교 방문 교수. 관심분야는 Microwave Circuit, Antenna design,



김 형 석

1985년 서울대학교 전기공학 공학사. 1987년 서울대학교 전기공학 공학 석사. 1990년 서울대학교 전기공학 공학박사 1990~2002 순천향대학교 정보기술공학부 부교수. 1997~1998 R.P.I 미국 방문 교수. 2002~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수. 관심분야는 전자장 및 수치해석, RF 및 마이크로웨이브 소자 해석 및 설계, RFID 시스템 연구, IT-SoC 응용 회로, 전력 IT

참고문헌

[1] 전자부품연구원, 2004년도 IT 주요 부품 산업동향