

논문 2007-44TC-3-13

RFID 및 무선 LAN용 이중대역 도체스트립 개방루프 안테나

(Dual-band Open Loop Antenna using Strip-conductor for the RFID and Wireless LAN Application)

임 정 현*, 강 봉 수**, 김 흥 수***, 좌 정 우**, 양 두 영**

(Jung-Hyun Lim, Bong-Soo Kang, Heung-Soo Kim, Jeong-Woo Jwa, and Doo-Yeong Yang)

요 약

본 논문에서는 도체스트립을 이용하여 910 MHz와 2.45 GHz 대역에서 공진특성을 갖는 RFID 리더와 무선 LAN용 이중대역 개방루프안테나를 제안하였다. 안테나의 입력임피던스는 안테나를 구성하는 도체스트립 선로의 길이와 폭을 변화시켜서 50 요를 갖는 금전선과 정합시켰다. 또한 안테나의 이득과 지향성은 도체스트립의 선로길이를 변화시키고 도체스트립에 teeth 모양의 홈을 만들어 향상시켰다. 제작된 안테나의 크기는 75 mm×100 mm이고 반사손실과 이득특성은 910 MHz에서 -11.92 dB, 3.02 dBi 그리고 2.45 GHz에선 -21.31 dB, 4.08 dBi를 갖는다.

Abstract

In this paper, the dual-band open loop antenna using a strip conductor for the RFID reader and Wireless LAN Application, which has a resonant frequency at 910MHz and 2.45 GHz, is proposed. Input impedance of antenna is matched with the feed line of 50 ohm by varying the length and width of strip conductor making up the antenna. The gain and directivity of antenna is enhanced as tuning the length of strip, and as also grooving the teeth shapes on the strip conductor. The size of fabricated antenna is 75 mm×100 mm. The return loss and the gain of fabricated antenna are -11.92 dB, 3.02 dBi at 910 MHz and -21.31 dB, 4.08 dBi at 2.45 GHz, respectively.

Keywords : RFID reader, WLAN, dual-band open loop antenna, strip conductor

I. 서 론

모든 사물이 지능화되고 구조화되는 유비쿼터스 네트워크 환경에서 RFID^[1]와 무선 LAN은 정보전달 매체의 핵심적인 기술로 인식되고 있으며 그 중요성이 점점 더 부각되고 있다. 최근의 RFID 발전 동향은 휴대폰이나 PDA에 리더기 모듈을 장착하여 필요한 관련정보를 습득하는 모바일 RFID로 옮겨가고 있는 실정이다. 이

는 한국이 디지털 모바일 인프라가 잘 구축되어 있어 어느 나라보다 상용화되기 쉽고, 그에 따른 전망도 밝기 때문이다. 또한 무선 LAN의 경우 노트북 PC와 PDA 등을 사용해 장소에 상관없이 컴퓨터 망에 연결시키는 수단으로 이용되고 있다^[2]. RFID와 무선 LAN은 두 가지 모두 이동성, 휴대성 및 간편성 등이 요구되고 있고 이에 발 맞춰 국내 여러 업체들이 모바일 RFID와 무선 LAN을 개발하고 있다. 하지만 모바일 RFID는 아직 제품을 소형화하는 집약적인 기술이 부족하여 상용화하는 단계에는 이르지 못하고 있다.

RFID시스템은 크게 리더와 태그로 구성되고 사용하는 용도에 따라 고정형과 이동형으로 분류할 수 있다. 고정형 리더에 사용되는 안테나는 크기에 큰 제약을 받지 않기 때문에 태그 인식거리와 검출 정확도를 높일

* 학생회원, ** 정회원, *** 평생회원, 제주대학교
통신공학과

(Cheju University, Dept. of Telecommunication
Engineering)

※ 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의
연구결과로 수행되었음

접수일자: 2006년12월28일, 수정완료일: 2007년3월14일

수 있도록 높은 이득을 갖는 배열형 구조로 설계되고 있다^[3~4]. 그러나 이동형 리더에 사용되는 안테나는 모바일 환경에 적합하도록 크기를 소형화해야 하고, 신뢰할 수 있는 동작성능과 용도에 맞는 방사패턴 및 이득을 가져야 한다. 무선 LAN에 사용되는 안테나의 경우 2.45 GHz대역에서 휴대용 단말기와 액세스 포인트간 통신을 위한 무선 LAN카드와 더불어 저렴한 비용과 대량생산, 경량화, 그리고 접적회로에 함께 구현할 수 있는 안테나 개발이 요구된다.

RFID 리더와 무선 LAN용으로 주로 사용되는 안테나의 종류로는 평판스트립(planar strip) 안테나, 미엔더(meander) 안테나, 프랙탈(fractal) 안테나, 마이크로스트립(microstrip) 안테나, 헬릭스(helix) 안테나, 와이어(wire) 안테나 등 다양한 유형의 안테나가 있다^[5~7]. 이 중에서 주로 사용되는 안테나는 평판스트립 안테나 또는 프랙탈 형태의 안테나로서 다른 유형의 안테나보다 제작이 용이하고 안테나를 회로 기판 상에 효율적으로 접적할 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 이동형 RFID 리더 안테나와 무선 LAN에 적용이 가능한 안테나로써 상·하 역 대칭 개방루프 구조를 갖는 도체스트립 안테나를 설계하고 제작한다. 도체스트립 안테나는 HFSS(high frequency structure simulator) ver. 10의 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 설계한다. 안테나의 형태는 안테나를 구성하는 기판 중심부에 RF모듈을 배치할 수 있도록 평판형 개방루프구조로 제안한다. 또한 안테나의 이득과 지향성을 향상시키기 위해 개방루프 구조에 teeth 모양의 홈을 삽입하고 제시된 안테나 구조의 특성을 분석한다. 그리고 안테나를 구성하는 설계 파라미터인 스트립선로의 길이와 폭들을 조절하여 910 MHz와 2.45 GHz의 이중대역(dual-band; UHF & WLAN)에서 사용이 가능한 모바일 RFID 리더 및 무선 LAN용 안테나를 설계하고 제작한다.

II. RFID 및 무선 LAN용 이중대역 도체스트립 개방루프 안테나 설계

1. 이중대역 도체스트립 개방루프 안테나

가. 안테나 구조

그림 1은 본 논문에서 제안한 이중대역 공진특성을 갖는 상하 역 대칭 개방루프 구조를 이용한 도체스트립 안테나이다. 안테나 구조는 접적회로 안에 내장시킬 수

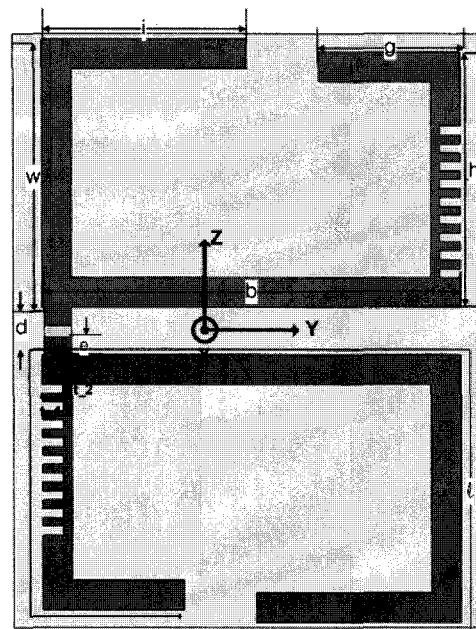


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. Structure of proposed antenna.

있는 평판구조로써 크기가 작고 가벼운 형태를 갖는다. 이 안테나는 RFID 국제표준 주파수대역인 910 MHz 대역을 포함하는 UHF 대역과 무선 LAN용 주파수인 2.45 GHz대역에서 동작한다. 앞에서 언급하였듯이 이중 대역에서 사용가능한 안테나를 설계하기 위해서는 두개의 대역에서 동시에 공진특성을 만족하도록 안테나의 길이를 설정해야한다. 따라서 제안된 개방루프안테나의 실효길이는 기본주파수인 910 MHz에서 약 반파장이 된다^[8].

제안한 안테나에서 910 MHz의 대역을 결정하는 안테나의 설계 파라미터는 h 와 w 이고, 이들을 합한 실효 길이는 88.15 mm로 반파장 안테나의 길이 87 mm에 근사함을 알 수 있다. 도체스트립 개방루프에서 스트립선로 길이 b 는 상하로 나란히 놓여 있기 때문에 전류방향이 반대로 형성되어 안테나의 실효길이에는 거의 영향을 주지 않는다. 그러나 스트립선로 길이 g 와 i 는 910 MHz대역에서는 전기적 길이의 변화가 그다지 크지 않으므로 UHF 대역의 공진 특성에 많은 영향을 주지 않지만 무선 LAN대역인 2.45 GHz대역에서는 공진 특성과 방사특성을 커다란 영향을 미친다. 따라서 제안된 구조의 안테나를 설계할 때에는 이중대역에서 공진 특성과 방사특성을 유지할 수 있도록 스트립선로 길이 g 와 i 를 적절히 조절해야 한다. 안테나의 형태를 개방루프 구조로 구성함으로써 기판 중심부에는 접적회로에 사용되는 RF모듈이 배치될 수 있도록 구성한다.

나. 안테나 구조에 따른 특성 변화

제안한 안테나 구조에서 안테나의 입력임피던스를 동축 케이블의 임피던스인 50Ω 에 정합시키기 위해 Z 축 방향의 스트립선로 길이 h , Y축 방향의 스트립선로 길이 g 와 상·하단 개방루프에서 Y축 방향의 스트립선로 길이 b 사이의 간격 d 를 파라미터로 두어 이를 값으로 조정하고, 이를 값의 변화에 따라 요구되는 안테나의 입력 임피던스 특성을 도출한다. 또한 스트립선로 길이 h 와 w 의 비를 조절하고 스트립선로 h 의 가장자리를 따라 teeth 모양의 흄을 내어 의도하는 방향으로 방사 패턴과 안테나의 이득을 향상시킨다.

그림 2는 안테나 구조에 있어서 Z축 방향의 스트립선로 길이 h 의 변화에 따라 달라지는 반사손실 특성을 나타낸 그림이다. 또한 안테나의 입력임피던스를 급전선의 특성임피던스인 50Ω 에 정합시키기 위하여 스트립선로 길이 h 를 3 mm 단위로 증가시킬 때 나타나는 반사손실 특성이다. 선로의 길이 h 가 증가함에 따라 910 MHz와 2.45 GHz 대역에서의 공진점은 점점 낮은 쪽으로 이동한다. 이는 스트립선로 길이 h 는 이중 공진 대역을 결정하는 주된 변수로 선로의 길이가 증가함에 따라 전체 안테나의 크기가 커져 공진주파수가 낮은 쪽으로 이동한다.

그림 3은 Y축 방향의 스트립선로 길이 g 에 따라 변화되는 반사손실 특성을 나타낸 그림이다. 스트립선로 길이 g 를 5 mm 단위로 증가시킬 때 나타나는 반사손실 특성이다. 그림 3으로부터 스트립선로 길이 g 의 변화는 910 MHz 대역에서의 공진특성에는 거의 영향을 주지 않지만 2.45 GHz 대역에서 공진되는 주파수에는 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

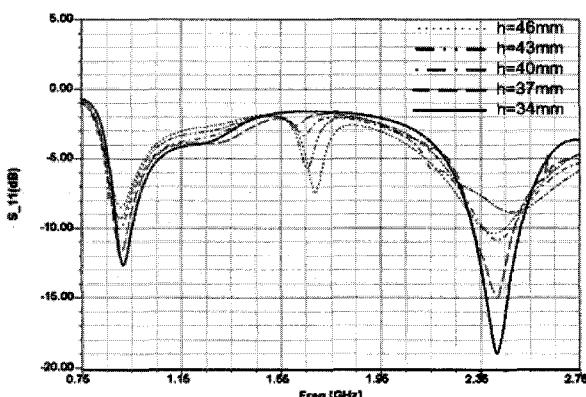


그림 2. 선로 길이 h 변화에 따른 반사손실 값의 변화
Fig. 2. Variance of return loss according to the variance of line length of h .

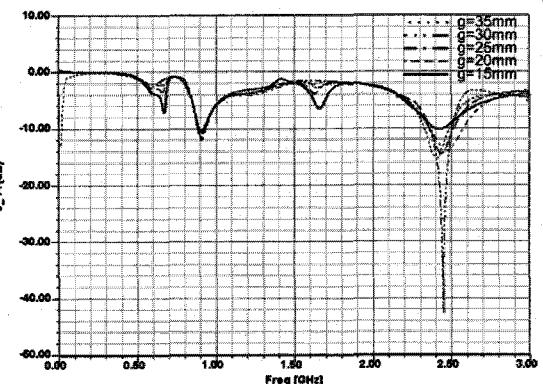


그림 3. 선로 길이 g 에 따른 반사손실 값의 변화

Fig. 3. Variance of return loss according to the variance of line length of g .

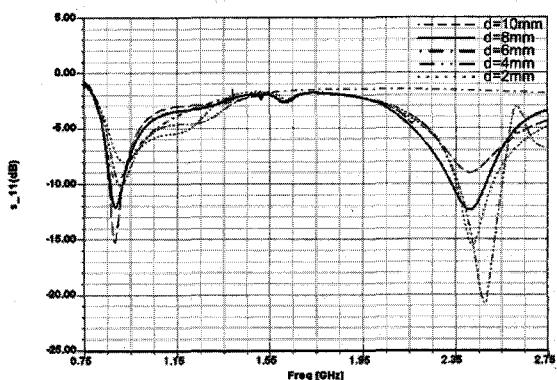


그림 4. 이격거리 d 에 따른 반사손실 값의 변화

Fig. 4. Variance of return loss according to distance of d .

그림 4는 도체스트립 개방루프 구조에서 상하로 놓인 두개의 스트립선로 b 사이의 이격거리에 대응하는 길이 d 를 증가시킴에 따라 얻어지는 반사손실 특성이다. 스트립선로 사이의 이격거리 d 가 증가할수록 안테나의 공진점은 점점 낮은 주파수 쪽으로 이동한다. 이러한 현상은 상·하단 개방루프 간의 결합에 의해 용량성 리액턴스 성분이 감소하기 때문에 발생하는 현상이다.

그림 5는 도체스트립 개방루프에서 Z축 방향의 스트립선로 길이 h 에 삽입된 teeth 모양의 흄의 개수에 따라 변화되는 안테나 이득 특성과 방사특성을 나타낸 그림이다. 이때 teeth의 크기($3.5 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}$)와 간격(1.5 mm)은 일정하게 고정시키고, teeth의 수를 증가시켜가면서 안테나의 지향특성을 파악한다. teeth를 삽입하지 않은 경우 이득은 2.8 dBi 이고 teeth가 3개일 때는 2.9 dBi , 9개일 때는 3.3 dBi , 11개일 때는 2.6 dBi 로 선로의 가장자리 부분에 teeth를 9개 삽입한 경우 teeth를 삽입하지 않은 경우보다 910 MHz에서 안테나의 이득이 약 15% 정도 향상됨을 알 수 있다. 일반적

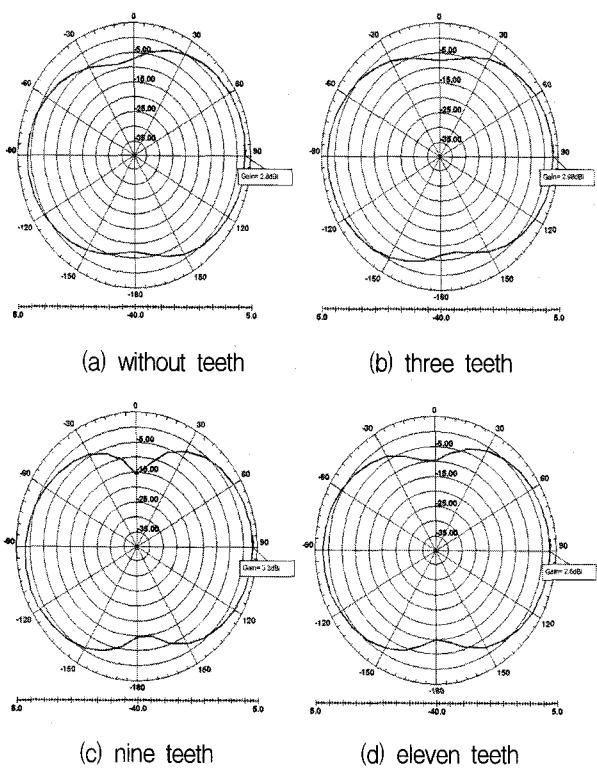


그림 5. teeth모양의 흈의 개수에 따른 이득과 방향성
Fig. 5. Gain and radiation pattern according to the number of groove shaped like teeth.

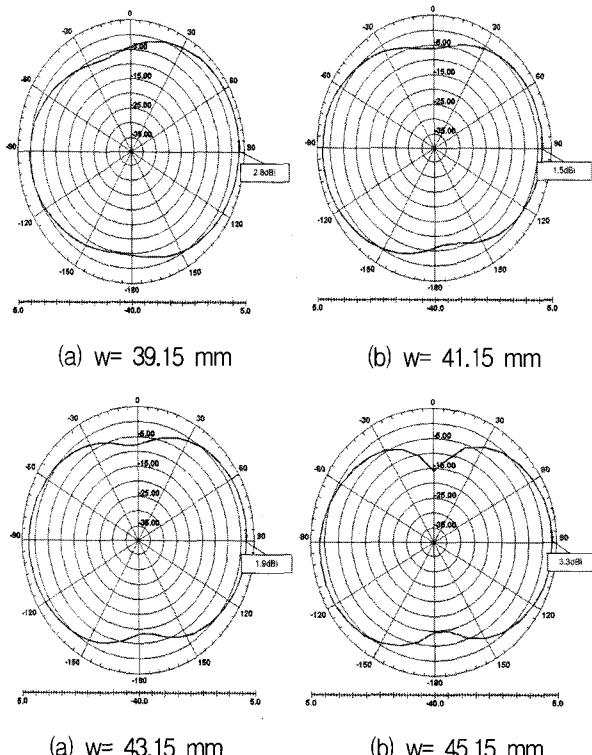


그림 6. 선로 길이 w 에 따른 이득과 방향성
Fig. 6. Gain and radiation pattern accoding to variance of line length of w .

으로 teeth를 삽입하는 것은 안테나와 접지면사이의 커플링과 강한 전류 발생을 유도하기 위해 적용되고 방사파턴의 지향특성에는 영향을 미치지 않는다. 하지만 안테나 구조가 접지면이 없는 형태이기 때문에 teeth를 삽입한 부분은 전류의 흐름을 차단함으로써 teeth를 구성하는 선로 간에 커플링 되는 값이 teeth를 삽입하지 않은 경우보다 더 크기 때문에 이득이 향상되어 나타난 것으로 사료된다.

그림 6은 Z축 방향의 스트립선로 길이 w 를 가변시킴에 따라 얻어지는 이득과 방사특성을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 스트립선로 길이 w 에 따라 안테나의 지향성과 이득특성이 달라진다. 여기서 관측점은 $\phi = 90^\circ$ 인 Y-Z 평면이고. 안테나의 지향성과 최대이득은 θ 가 90° 인 방향에서 나타난다. Z축 방향의 스트립선로 길이 w 를 39.15 mm에서 45.15 mm까지 2 mm단위로 가변시키면서 안테나의 이득과 방사특성을 파악하였다. 선로길이 w 가 39.15 mm일 때 이득은 2.8 dBi이고 41.15 mm일 때 1.5 dBi, 43.15 mm일 때 1.9 dBi, 45.15mm 일 때는 3.3 dBi를 갖는다. w 가 45.15 mm 일 때 910 Mhz에서 3.3 dBi, 2.45 GHz에서 4 dBi로 최대값을 갖는다.

III. 제작 및 측정

표 1은 설계된 도체스트립 개방루프 안테나의 파라미터를 나타낸 것이며, 비유전율 $\epsilon_r=4.7$, 손실탄센트 $\tan\delta=0.0018$, 두께 $t= 0.787$ mm인 기판 상에 제작한다. 제작된 안테나의 전체크기는 75 mm×100 mm이고 금전은 50 Ω 동축 케이블을 사용한다.

그림 7은 제작된 도체스트립 개방루프 안테나의 사진이며 그림 8은 시뮬레이션 값과 측정된 반사손실 값

표 1. 안테나의 설계 파라미터 값

Table 1. Parameter value of antenna for design.

상/하단 개방루프 길이(mm)	ℓ	218
선로 길이(mm)	h	43
	w	45.15
	b	71
	g	24
	i	34.85
개방루프 간격(mm)	e	3
	d	8
teeth의 크기(mm)	t_1	3.5
	t_2	1.5



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

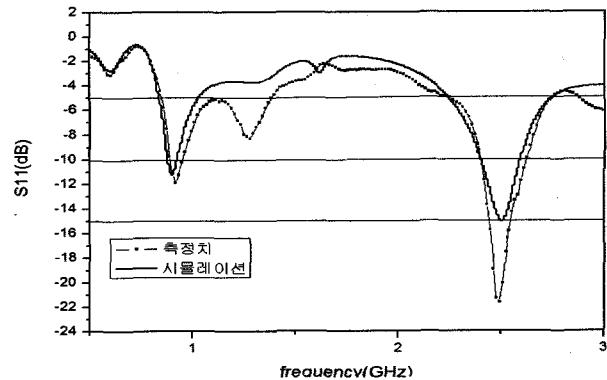
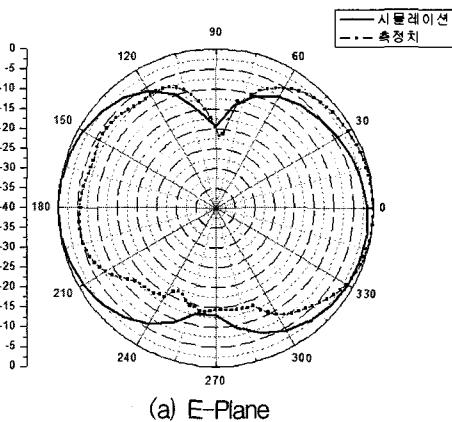
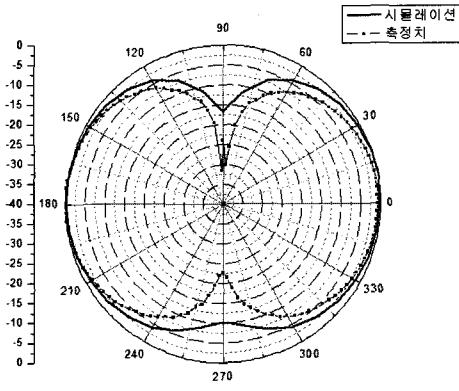


그림 8. 반사손실 시뮬레이션 값과 측정값(dB)
Fig. 8. Return loss of simulation value and measured value.

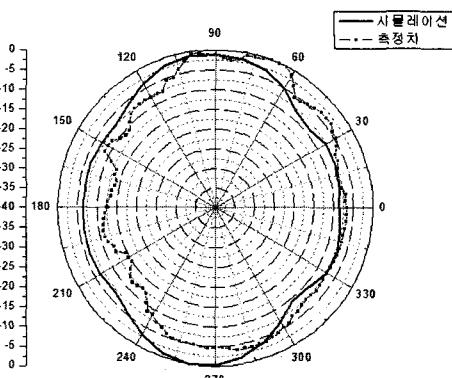


(a) E-Plane

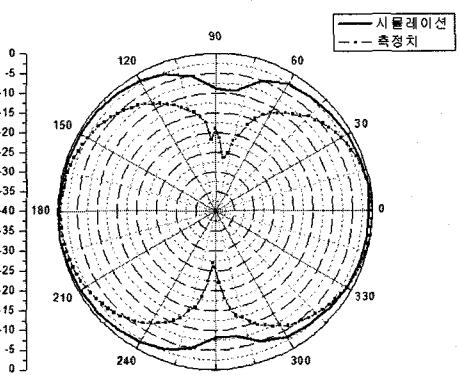


(b) H-Plane

그림 9. 방사패턴 시뮬레이션 값과 측정값 (910 MHz)
Fig. 9. Radiation pattern of simulation value and measured value.(910 MHz).



(a) E-Plane



(b) H-Plane

그림 10. 방사패턴 시뮬레이션 값과 측정값(2.45 GHz)
Fig. 10. Radiation pattern of simulation value and measured value.(2.45 GHz)

을 나타낸 결과이다. 그림으로부터 910 MHz에서의 S_{11} 은 -11.92 dB이고 대역폭은 890~965 MHz, 2.45 GHz에서의 S_{11} 은 -21.31 dB이고 대역폭은 2.4~2.61 GHz로 두 주파수 대역에서 공진되는 특성을 확인 할 수 있다.

그림 9와 그림 10은 시뮬레이션 결과와 실제 제작하여 측정하였을 때 910 MHz와 2.45 GHz에서의 안테나 방사패턴을 나타낸 그림이다.

두 그림의 결과로부터 이중대역의 중심주파수인 910

MHz와 2.45 GHz에서 시뮬레이션 결과와 제작하여 측정한 방사패턴은 부분적으로 조금 차이가 있지만 유사한 방사패턴을 나타내고 있다. 이는 제작된 안테나가 이중 공진대역을 형성하도록 설계되어 있어서 910 MHz RFID의 UHF 대역과 2.45 GHz의 무선 LAN 대역에서 정확한 공진특성과 동일한 방사패턴을 동시에 만족하기가 어렵기 때문이다. 그러나 이 안테나의 방사패턴은 이중대역을 동시에 사용하는 RFID리더와 무선 LAN용으로 적합하다고 여겨진다. 위의 결과들로부터 안테나를 구성하는 도체스트립 개방루프의 스트립선로 간의 길이 w 를 조절함으로써 이득 특성을 높일 수 있고 teeth를 삽입하는 것 또한 안테나의 이득을 향상시킬 수 있다. 따라서 이러한 안테나 설계변수들을 적절히 조절하면 RFID리더와 무선 LAN의 적용 용도에 맞는 안테나의 방사특성과 이득 특성을 얻을 수 있다^[9].

그림 11은 제작한 안테나의 주파수에 따른 이득 특성의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 나타낸 것이다. 안테나의 이득은 $\theta = 90^\circ, \phi = 90^\circ$ 인 방향에서 최대값을

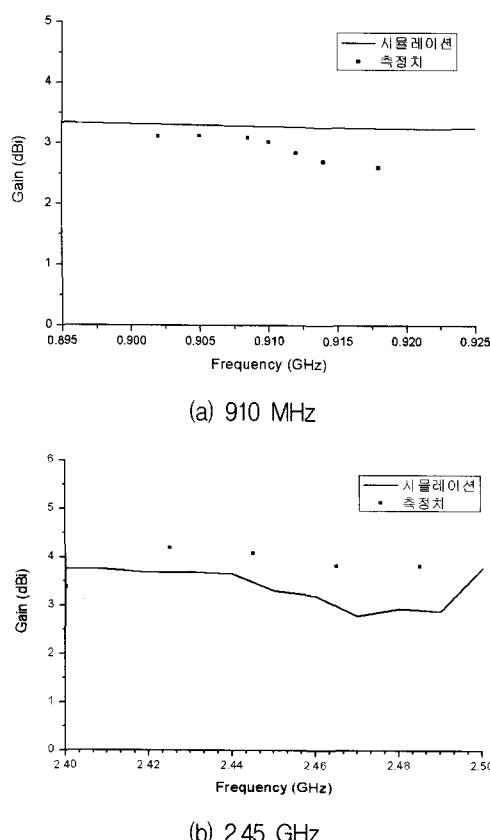


그림 11. 안테나 이득 시뮬레이션 값과 측정값
Fig. 11. Antenna gain of simulation value and measured value.

나타내며 그 값은 각각 905 MHz에서 3.12 dBi, 2.43 GHz에서 4.19 dBi이다.

IV. 결 론

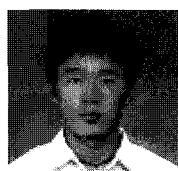
본 논문에서는 개방루프 구조를 이용한 도체스트립 안테나를 제안하고 설계하였다. 안테나의 입력임피던스와 급전선의 특성임피던스 간의 정합은 안테나의 설계파라미터인 Z축 방향의 스트립선로 길이 h 와 w , 간격 d , Y축 방향의 스트립선로 길이 g 를 조절하여 910 MHz와 2.45 GHz에서 동시에 50 Ω이 되도록 결정하였다. 그 결과 반사손실 S_{11} 은 중심주파수 910 MHz에서 -11.92 dB, 대역폭은 890~965 MHz이고 중심주파수 2.45 GHz에서 -21.31 dB, 대역폭은 2.4~2.61 GHz로 두 주파수 대역에서 공진되는 특성을 나타내었다. 안테나의 이득과 방사특성은 Z축 방향의 선로 길이를 조절하고 스트립선로에 teeth를 삽입하여 RFID 리더 안테나와 무선 LAN의 용도에 적합하게 설계하였다. 안테나의 설계파라미터들을 조절하여 얻은 안테나의 크기는 75 mm × 100 mm이다. 본 논문에서 제안한 안테나는 국내 RFID 주파수 대역인 908.5~914 MHz에서 반사손실이 -10 dB이하이고 3.02 dBi의 이득을 가지고 있으며, 2.45 GHz 대역에서도 100 MHz 이상의 대역폭과 4.08 dBi의 이득을 가지므로 RFID리더와 무선 LAN용 안테나로 적합하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이근호 외, “유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 RFID Handbook.” 영진닷컴, pp. 1-9, 2004.
- [2] 이양원. “무선 LAN 통신 기술 및 표준화 기술 동향 분석.” 한국통신학회 학술대회 논문집, 제1권, pp.30-36, 1997년 1월
- [3] S. K. Padhi, N. C. Karmakar and C. L. Law, “Dual polarized reader antenna array for RFID application,” *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 4, pp. 265-268, June 2006.
- [4] Y. Zhang and L. Zhu, “Printed dual spiral-loop wire antenna for broadband circular polarization,” *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Vol. 54, no. 1, pp. 284-288, January 2003.
- [5] K. L. Wong, C. H. Wu and S. W. Su, “Ultrawide-band square planar metal-plate monopole antenna with a trident-shaped feeding

- strip," *IEEE Trans. Antenna Propag.*, Vol. 53, no. 4, pp. 1262-1269, April 2005.
- [6] N. T. Pham, G. A. Lee and F. De Flaviis, "Minimized dual-band coupled line meander antenna for system-in-a-package applications." *IEEE Trans. Antenna Propag.* Vol. 2, pp. 1451-1454, June 2004.
- [7] P. Dehkhoda and A. Tavakoli, "A crown square microstrip fractal antenna." *IEEE Trans. Antenna Propag. Society International Symposium*, Vol. 3, pp. 2396-2399, June 2004.
- [8] I. J. Bahl, P. Bhartia, "Microstrip Antenna" Artech House, pp. 56-61, 1980
- [9] 윤병태, 김용진, 이성수, 김영일. "모바일 RFID의 인식거리," 한국전자과학회지 전자과기술, 제16권 3호, pp.61-66, 2005년 7월

저 자 소 개



임 정 현(학생회원)
2005년 제주대학교
통신공학과 학사졸업.
2006년 ~ 현재 제주대학교
통신공학과 석사과정.
<주관심분야 : RF 회로 및 RFID,
안테나, 마이크로파 능동회로>



김 흥 수(평생회원)
1980년 한양대학교
전자통신공학과 석사졸업.
1990년 한양대학교
전자통신공학과 박사졸업.
1987년 ~ 현재 제주대학교
통신컴퓨터 공학부
통신공학전공 교수.
<주관심분야 : 마이크로파 능동회로, 안테나, RF
회로 설계 기법>



강 봉 수(정회원)
1996년 명지대학교
전자공학과 학사졸업.
1990년 명지대학교
통신공학과 석사졸업.
2004년 제주대학교
통신공학과 박사수료.
<주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 전자파 수치
해석, 안테나 설계>



최 정 우(정회원)
1985년 한양대학교
전자공학과 학사졸업.
1987년 KAIST 전기 및 전자공학
과 석사졸업.
2001년 KAIST 정보 및 통신공학
과 박사졸업.
2002년 ~ 현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부
통신공학전공 조교수.
<주관심분야 : 무선인터넷 BM, 이동통신 프로토
콜, 이동통신 시스템>



양 두 영(정회원)-교신저자
1984년 제주대학교 통신공학과 학사졸업.
1989년 한양대학교 전자통신공학과 석사졸업.
1992년 한양대학교 전자통신공학과 박사졸업.
1992년 ~ 현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신공학전공 교수
<주관심분야 : RF 회로 및 RFID, 이동통신, 위성통신>