

휴대형 RFID 리더용 소형 준-야기 안테나 설계

이종익¹ · 여준호^{2*} · 백운석³

Design of a compact quasi-Yagi antenna for portable RFID reader

Jong-Ig Lee¹ · Junho Yeo^{2*} · Woon-Seok Baek³

¹Department of Electronics Engineering, Dongseo University, Busan 47011, Korea

²School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

³Department of Computer and Communication Military Science, Dongyang University, Yeongju 36040, Korea

요 약

본 논문에서는 UHF 대역 휴대형 RFID 리더용 소형 준-야기 안테나 설계 방법에 대해 연구하였다. 안테나는 유전체 기판에 인쇄된 다이폴 투사기와 반사기로 이루어지며 마이크로스트립 선로로 급전된다. 안테나를 소형화하기 위해 다이폴과 반사기를 구부리고, 급전 마이크로스트립 선로와 코플래너스트립 선로 간 발룬은 코플래너스트립 선로에 내장형으로 구성하였다. 제안된 안테나 구조의 파라미터들이 안테나 특성에 미치는 영향을 분석하고 UHF RFID 용 주파수 대역(902-928 MHz)에 적합하도록 파라미터 값들을 조정하였다. 제작된 안테나의 크기는 70 mm × 75 mm이고, 특성을 실험한 결과 VSWR < 2인 대역은 892-942 MHz, UHF RFID 대역 내 이득 > 3.5 dBi, 전후방비 > 6.6 dB 이었다.

ABSTRACT

In this paper, we considered a design method of a compact quasi-Yagi antenna for portable UHF RFID readers. The antenna consists of a dipole driver and a reflector printed on a dielectric substrate, and it is fed by a microstrip line. In order to reduce the antenna size, the dipole and reflector are bent and the balun between the feeding microstrip line and coplanar strip (CPS) line is integrated within the CPS line. The effects of the geometrical parameters of the proposed antenna on the antenna performance are examined, and the parameters are adjusted to be suitable for the operation in UHF RFID band (902-928 MHz). The size of the fabricated antenna is 70 mm × 75 mm, and the experiment results reveal a frequency band of 892-942 MHz for a voltage standing wave ratio < 2, a gain > 3.5 dBi, and a front-to-back ratio > 6.6 dB over the frequency band for UHF RFID.

키워드 : 준-야기 안테나, RFID 안테나, 휴대형 RFID 리더, 소형안테나, UHF 안테나

Key word : quasi-Yagi antenna, RFID antenna, portable RFID reader, compact antenna, UHF antenna

접수일자 : 2015. 09. 14 심사완료일자 : 2015. 10. 12 게재확정일자 : 2015. 10. 26

* **Corresponding Author** Junho Yeo(E-mail:jyeo@daegu.ac.kr, Tel:+82-53-850-6642)

School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.1.15>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

RFID (Radio Frequency IDentification; 무선인식) 기술은 전자파를 이용한 비접촉식 인식방법으로 보안, 도난방지, 물류, 교통, 금융 등 우리 생활과 산업의 광범위한 분야에서 활용되고 있다. RFID 시스템의 기본적인 구성은 태그(tag)와 리더(reader)이며 태그는 일련번호를 포함한 정보를 담고 있는 칩과 RF 신호를 송수신하기 위한 안테나로 구성된다. 태그는 칩과 임피던스 정합이 되어야 하고 소형화와 장착환경에 적합하도록 다양한 형태를 취할 수 있다. RFID용 주파수는 125 kHz, 13.56 MHz, 433 MHz, 860-960 MHz, 2.45 GHz 및 5.8 GHz 등이다[1].

고정형 리더용 안테나는 태그의 배치방향에 무관하게 인식이 잘 되도록 원편파 특성을 갖도록 한다. 고정형 리더는 배치 환경이 특별히 공간적인 제약을 받지 않는다면, 안테나의 사이즈가 다소 크더라도 충분히 이득이 높거나 광대역 특성을 갖는 성능이 우수한 안테나가 바람직하다. 그러나 휴대형 리더는 편파나 이득특성에 못지않게 휴대가 간편하도록 소형화 혹은 경량화가 중요한 요구조건이 된다[2].

휴대형 RFID 리더용 안테나의 여러 가지 특성 중에서 가장 중요한 것은 휴대와 조작성 용이하도록 안테나의 크기를 최소화하면서 그에 따른 성능 열화를 최소화하는 것이다. 휴대형 UHF RFID 리더용 평면 다이폴 안테나에 대한 연구에서 다이폴에 근접한 영역에 기생소자를 두고 다이폴 뒤편에 반사기를 두어 3-4.7 dBi의 이득과 900-960 MHz의 임피던스 대역을 얻은 연구가 있었는데, 안테나의 크기는 90 mm × 90 mm 이었다[3]. 3소자 야기 안테나는 광대역 특성과 높은 이득을 보이나 안테나의 크기가 100 mm × 100 mm 정도로 증가되는 단점이 있다[4]. 그 외 다양한 연구들이 있었으나, 특성이 개선되면 안테나의 사이즈가 커지고 설계가 복잡해지는 등의 단점이 있었다. 기존 대부분의 연구들에서 안테나의 최소 크기는 90 mm × 90 mm 정도이었다.

본 연구에서는 UHF 대역 휴대형 RFID 리더용 소형 평면 안테나 설계 방법에 대해 연구하였다. 안테나는 다이폴 투사기(driver)와 반사기(reflector)로 구성된 2소자 준-야기(quasi-Yagi) 안테나이다. 다이폴과 반사기는 코플래너 스트립(CPS)으로 연결되고, 안테나는

마이크로스트립(MS) 선로로 급전된다. 안테나의 형상은 FR4 기판에 인쇄된다. 안테나의 크기는 90 mm(길이) × 90 mm(폭) 이내로 제한하고, UHF RFID 주파수 대역(902-928 MHz)에서 동작하도록 설계하였다.

다이폴과 반사기를 구부려 안테나의 폭을 감소시키고 CPS 선로와 MS 선로 간 발룬(balun)은 CPS에 내장형으로 구성하여 소형화한다[5]. 안테나는 배열 축 방향으로의 이득이 3 dBi 이상, 전후방비가 6 dB 이상이 되도록 설계하였다. 제안된 안테나 구조의 파라미터들이 안테나 특성에 미치는 영향을 분석하고 국내를 포함한 북미 UHF RFID용 주파수 대역(902-928 MHz)에 적합하도록 파라미터 값들을 조정하였다.

안테나를 제작하고 반사계수, 복사패턴, 이득 등의 특성 실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 연구결과의 타당성을 검증하였다. 그리고 제작된 안테나의 태그 인식성능을 테스트하고 상용 리더 안테나와 비교하여 RFID 리더용 안테나로의 적용 가능성을 점검하였다.

II. 본 론

2.1. 안테나 구조

그림 1은 제안된 준-야기 안테나 구조이다. 1.6 mm 두께의 FR4 기판(비유전율 = 4.4, 손실 탄젠트 = 0.025)의 한 면에 다이폴과 반사기가 인쇄되고, CPS로 연결되어 있다. 안테나는 MS로 급전되고 발룬은 CPS에 내장되고 별도의 공간을 필요로 하지 않아서 소형화에 유리한 구조이다[5].

그림 1(b)에서 MS와 CPS 간 발룬은 CPS 선로 중앙으로 삽입된 직사각형 패치로 구성된다. 패치는 MS 선로의 신호선과 동일면에 위치하며, 폭은 W_b , 길이는 L_b 이고 패치의 한 쪽 끝 모서리 부분에서 단락 핀으로 CPS 선로와 연결되어 있다[5].

다이폴은 소형화를 위해서 미앤더(meander)형으로 구부렸고, 반사기는 U-형으로 구부려서 안테나의 폭을 줄일 수 있다. 소형화에 따른 이득감소 및 대역폭 감소 등의 단점이 있으나 안테나의 사이즈를 90 mm × 90 mm 이내로 줄일 수 있으므로 휴대형 RFID 리더용으로 적합하다.

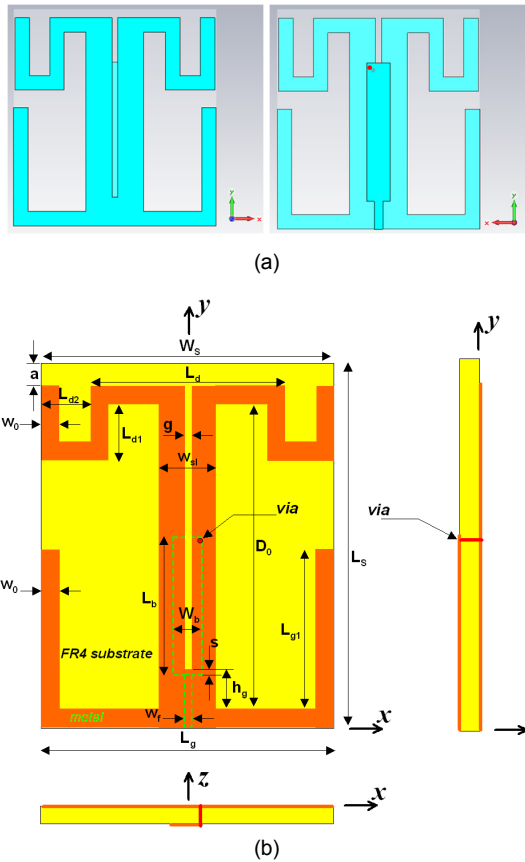


Fig. 1 Geometry of proposed antenna. (a) front side and back side (b) top view and side view.

2.2. 안테나 설계

제안된 그림 1의 안테나의 특성과 일반적인 2소자 준-야기 안테나의 특성을 비교하기 위해서 UHF RFID용 주파수 대역(902-928 MHz)에서 동작하는 2가지 안테나 구조를 그림 2와 같이 고려하였다. 그림 2(a)는 평면 다이폴($L_{d1} = L_{d2} = 0$)만으로 구성된 것이고, 그림 2(b)는 구부림이 없는 다이폴과 반사기로 구성된 준-야기 안테나 구조($L_{d1} = L_{d2} = L_{g1} = 0$)이다. 여러 가지 파라미터값들에 따른 안테나의 특성은 상용 EM 문제 해석 툴(CST Microwave Studio)을 이용한 시뮬레이션을 통해 점검하였다.

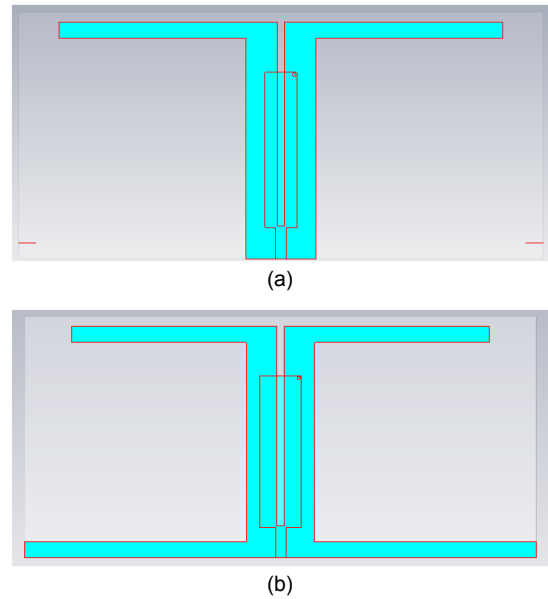


Fig. 2 Typical planar dipole antenna. (a) dipole (b) 2-element quasi-Yagi antenna

Table. 1 Parameters of antenna designed for UHF RFID reader (proposed antenna of Fig. 1)

parameter	value[mm]	parameter	value[mm]
W_s	70	w_0	5
L_s	75	g	2
L_d	45	w_{sl}	20
L_{d1}	20	W_b	8
L_{d2}	12	L_b	47
L_g	70	s	0.5
L_{g1}	36	a	3
h_g	5	w_f	3
D_0	62		

Table. 2 Parameters of antenna designed for UHF RFID reader (dipole antenna of Fig. 2(a))

parameter	value[mm]	parameter	value[mm]
W_s	150	L_g	20
L_d	122.5	L_{g1}	0
L_{d1}	0	W_b	9
L_{d2}	0		

Table. 3 Parameters of antenna designed for UHF RFID reader (quasi-Yagi antenna of Fig. 2(b))

parameter	value[mm]	parameter	value[mm]
W_s	150	L_g	150
L_d	120	L_{g1}	0
L_{d1}	0	W_b	12
L_{d2}	0		

시뮬레이션을 통해 설계된 안테나의 파라미터 값들은 표 1 - 표 3에 제시된 바와 같다. 표 2와 표 3의 파라미터 값들 중 별도로 제시하지 않은 것들은 표 1에서 제시된 값들과 동일한 값들이다.

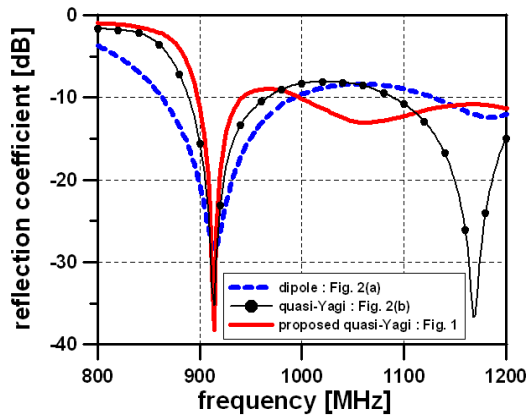


Fig. 3 Reflection coefficients of the antennas designed for RFID reader

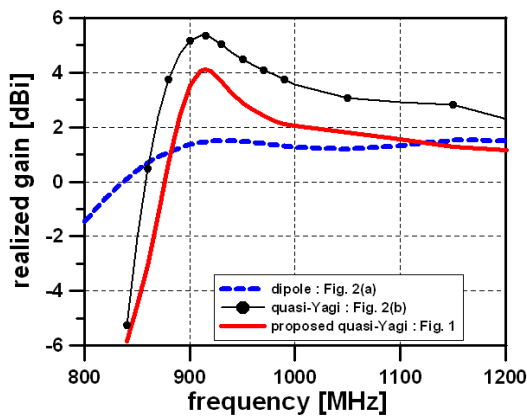
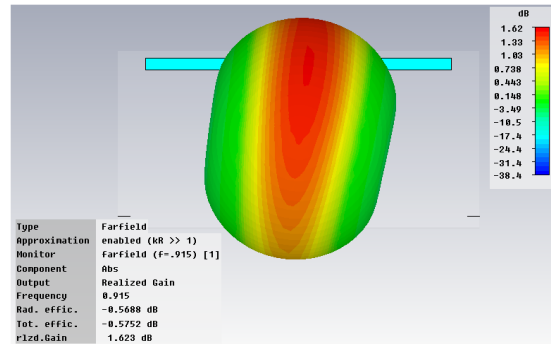
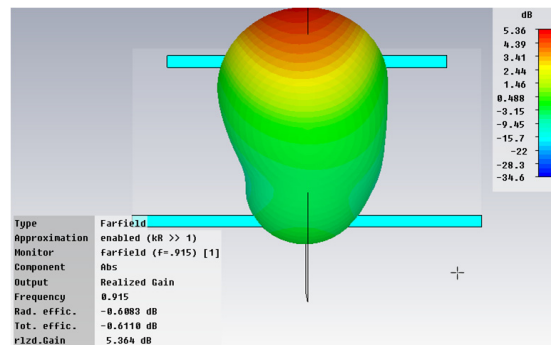


Fig. 4 Realized gains of the antennas designed for RFID reader (y-axis direction)

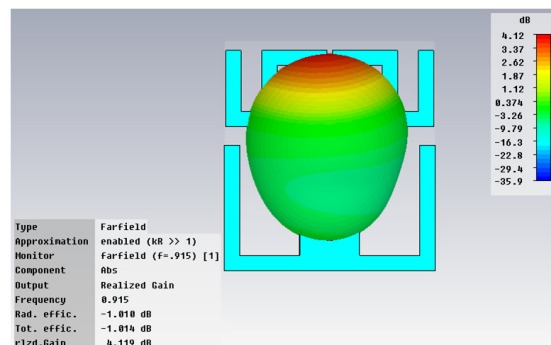
전형적인 평면 다이폴인 그림 2(a)의 다이폴 길이 $L_d = 122.5$ mm는 주파수 915 MHz에서의 자유공간 파장에 비해 0.374 파장에 해당되고, 제안된 그림 1의 구조에서 안테나의 폭 $W_s = 70$ mm는 그림 2(b)의 폭 $W_s = 150$ mm에 비해 절반 이하로 줄어든 것이다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5 Radiation patterns of the antennas designed for RFID reader ($f = 915$ MHz). (a) dipole (Fig. 2(a)) (b) quasi-Yagi (Fig. 2(b)) (c) proposed antenna (Fig. 1)

3 가지 안테나들의 반사계수와 이득특성은 그림 3과 그림 4에 제시되어 있다. 전압정재파비(VSWR; voltage standing wave ratio)가 2 이하인 주파수 대역은 각각 898–946 MHz (그림 1 구조), 862–1,000 MHz (그림 2(a) 구조), 888–972 MHz (그림 2(b) 구조)이며 UHF RFID용 주파수 대역(902–928 MHz)을 포함한다.

그림 4에서 보는 바와 같이 RFID용 주파수 대역 내에서 안테나들의 이득은 3.5–4.1 dBi(그림 1 구조), 1.4–1.5 dBi(그림 2(a) 구조), 5.0–5.3 dBi(그림 2(b)의 구조)이다. 다이폴에 반사기를 추가한 그림 2(b)의 구조에서 이득이 5 dBi이상으로 유지되고, 제안된 구조에서는 3.5 dBi 이상으로 유지된다.

그림 5는 주파수 $f = 915$ MHz에서 안테나들의 복사패턴을 계산한 것이다. 그림 5(a)와 같이 다이폴은 y축 방향으로 지향성이 약간 개선되기는 했으나 전형적인 다이폴의 복사패턴을 보인다. 그림 5(b)에서는 반사기를 추가했을 때 y축 방향으로 지향성이 개선되는 것을 볼 수 있다. 그림 5(c)는 제안된 소형 안테나 구조의 복사패턴이며, 양호한 특성으로 볼 수 있다.

2.3. 안테나 제작 및 측정결과

제안된 그림 1의 구조를 RFID 리더용으로 설계한 안테나를 FR4 기판(비유전율 = 4.4, 손실 탄젠트 = 0.025, 두께 = 1.6 mm) 상에 그림 6과 같이 제작하였으며, 파라미터 값들은 표 1에서 제시된 바와 같다.

그림 7은 회로망분석기(N5230A, Agilent社)를 이용하여 제작된 안테나의 반사계수를 측정한 것이며, $VSWR < 2$ 인 대역은 892–942 MHz 로서 시뮬레이션 결과(898–946 MHz)와 잘 일치함을 볼 수 있다.

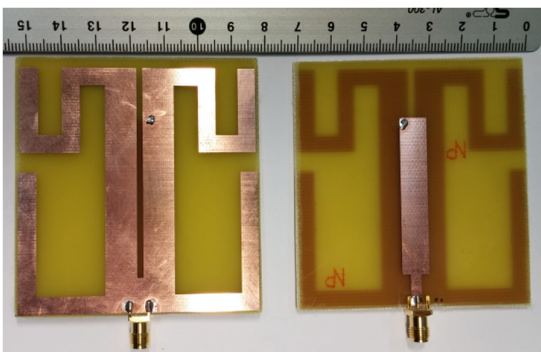


Fig. 6 Fabricated antenna

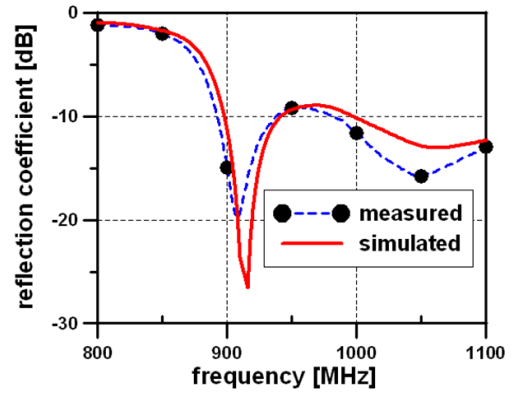


Fig. 7 Reflection coefficient of the fabricated antenna

그림 8은 제안된 안테나의 표면전류분포를 나타내며, 다이폴과 반사기의 전류가 좌우 상호 대칭적인 것을 볼 때, 안테나에 내장된 발룬이 제대로 동작하고 있음을 알 수 있다.

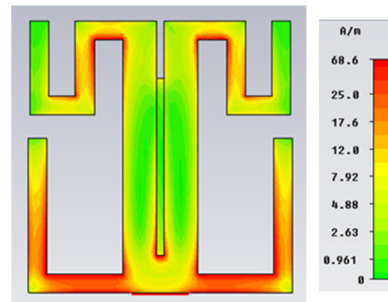


Fig. 8 Surface current distribution on the proposed antenna ($f = 915$ MHz)

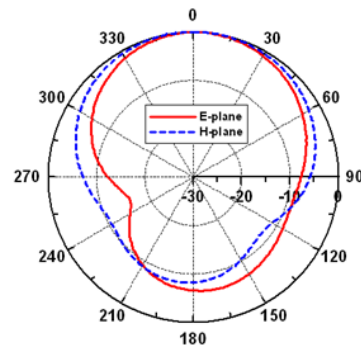


Fig. 9 Radiation pattern of the fabricated antenna ($f = 915$ MHz)

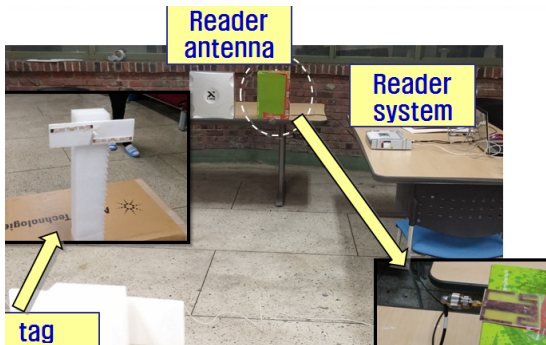


Fig. 10 Experimental setup for tag identification performance

그림 9는 제작된 안테나의 복사패턴 측정결과이다. 배열 축(y축)에 근접한 방향으로 최대복사가 일어나고 전후방비가 6.6 dB이상으로 유지되는 것을 볼 수 있다.

제작된 안테나의 태그 인식성능은 이득에 따라 달라질 수 있다. 안테나의 태그 인식거리는 리더기에 안테나를 장착한 후 태그 인식이 가능한 거리를 의미하며, 기존 상용 안테나와 본 연구에서 설계된 안테나의 인식성능을 실험적으로 비교해 보았다.

그림 10은 태그 인식성능을 위한 실험시스템 구성 사진이다. 제작된 리더기 안테나의 태그인식 성능을 비교하기 위해 본 연구에서 사용된 상용 리더기는 LS산전사의 IU9003 모델이며, 리더기에 장착된 상용 안테나의 이득은 9 dBic(직선편파 이득 6 dBi)이고 크기는 330 mm × 330 mm × 50 mm이다. 테스트에 사용된 태그는 Alien社 제품을 이용하였고, 상용 안테나의 인식거리 502 cm, 본 연구에서 설계된 안테나의 인식거리 384 cm 이었다. 자유공간에서 인식거리와 이득 관계를 고려해 볼 때, 상용 안테나와의 이득 차이는 약 2.3 dB에 해당되므로 제작된 안테나의 이득은 약 3.7 dBi 정도 되는 것으로 추정할 수 있다. 이는 그림 4의 이득 시뮬레이션에서 예측된 결과(RFID 주파수 대역 내 3.5-4.1 dBi)와 잘 일치하는 것이다. 이상의 결과들을 볼 때, 측정결과가 시뮬레이션 결과와 잘 일치하므로 연구결과의 타당성을 확인할 수 있고, 본 연구에서 제안된 안테나가 휴대형 RFID 리더 안테나로서 적합한 크기와 성능을 갖는 것을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 UHF 대역(902-928 MHz) 휴대형 RFID 리더용 준-야기 안테나 설계방법에 대해 연구하였다. 안테나는 FR4기판에 인쇄된 다이폴과 반사기로 이루어지며 마이크로스트립 선로로 급전된다. 안테나를 소형화하기 위해 다이폴과 반사기를 구부리고 발룬을 안테나에 내장형으로 구성하였다. 제작된 안테나의 특성을 실험한 결과 VSWR < 2인 대역은 892-942 MHz, 안테나의 이득 3.5 dBi 이상, 전후방비 6.6 dB 이상으로 시뮬레이션 결과와 잘 일치하였다. 제작된 안테나를 상용 RFID 리더에 연결하고 태그 인식성능을 점검하여 양호한 성능을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] K. Finkenzeller, *RFID handbook*, Chichester: UK: Wiley, 2003.
- [2] L. Ukkonen, L. SydÄnheimo, and M. Kivikoski, "Read range performance comparison of compact reader antennas for a handheld UHF RFID reader [supplement, applications & practice]," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 45, no. 4, pp. 24-31, Apr. 2007.
- [3] R.C. Hua and T.G. Ma, "A printed dipole antenna for ultra high frequency (UHF) radio frequency identification (RFID) handheld reader," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 12, pp. 3742-3745, Dec. 2007.
- [4] P.V. Nikitin and K.V.S. Rao, "Compact Yagi antenna for handheld UHF RFID reader," *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, pp. 1-4, Jul. 2010.
- [5] J. Yeo and J.-I. Lee, "Broadband compact series-fed dipole pair antenna with simplified integrated balun," *Microw. & Opt. Tech. Lett.*, vol. 56, no. 8, pp. 1731-1734, 2014.



이종익(Jong-Ig Lee)

1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1998년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
1998년 3월 ~ 12월 : 금오공과대학교 연구교수
1999년 3월 ~ 현재: 동서대학교 전자공학과 교수
※관심분야 : 평면 안테나, 전자파 산란



여준호(Junho Yeo)

1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 8월 : 미국 Pennsylvania State University 전기공학과 (공학박사)
1994년 3월 ~ 1999년 6월 : 국방과학연구소 연구원
2003년 9월 ~ 2004년 6월 : 미국 Pennsylvania State University 박사 후 과정
2004년 8월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원 RFID 시스템연구팀 선임연구원
2007년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 부교수
※관심분야 : AMC, EBG, FSS 설계 및 안테나 응용, RFID 및 광대역 안테나, 전자파 산란



백운석(Woon-Seok Baek)

1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1997년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
1988년 2월 ~ 1995년 8월 : 국방과학연구소 선임연구원
1995년 9월 ~ 2000년 1월 : 동양대학교 정보통신공학과 조교수
2000년 2월 ~ 2010년 12월 : ㈜우리텔텔레콤 전무이사
2011년 1월 ~ 현재 : ㈜엘엔비 이사
2014년 3월 ~ 현재 : 동양대학교 컴퓨터정보통신군사학과 부교수
※관심분야 : EMI/EMC, 평면 안테나, 전자파 산란