

소형 원형편파 UHF RFID 대역 융합형 안테나 설계

채규수

백석대학교 정보통신학부

A Design of a circularly polarized small UHF RFID antenna

Gyoo-Soo Chae

Division of Information & Communication Eng., Baekseok University

요약 본 논문에서는 UHF 대역의 RFID 리더기에 적용 가능한 소형 융합형 원형편파 안테나가 제시되었다. 안테나는 플라스틱 재질의 지지구조물($\epsilon_r=2.2$, 두께=5mm)에 방사용 도전체를 표면에 인쇄하는 방법으로 제작 되었다. 안테나의 급전 부는 FR-4 기판($t=1.0\text{mm}$, $\epsilon_r=4.7$)을 사용하여 제작하였다. 안테나와 급전부에 대한 시뮬레이션 이 CST를 이용해서 이루어졌고, 이 결과에 따라 안테나와 급전부가 제작되었다. 동작 주파수 대역에서 안테나 특성은 -12dB 반환 손실을 얻었고, 3.46dBic의 방사이득이 예측되었다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 2개의 안테나 샘플 이 제작되었고, 이를 이용해서 안테나 특성을 측정하였다. 측정된 결과는 제안된 안테나가 소형기기에 적용하기에 적합할 것으로 예상되며, 향후 안테나 파라미터 최적화 과정을 거쳐 상용제품에 적용 가능한 융합형 안테나가 설계 될 것이다.

• **Key Words** : 표면 인쇄형 안테나, 집지 단자, 역-에프형 안테나, RFID, UHF, 원형편파, 융합형

Abstract A circularly polarized small UHF RFID reader antenna is presented. The antenna is composed of four elements and printed on the plastic substrate($\epsilon_r=2.2$, $t=5\text{mm}$). Each element is fed by a probe which is sequentially connected to the feed line. The feed line is manufactured on the FR-4 substrate($t=1.0\text{mm}$, $\epsilon_r=4.7$). The simulation results shows that the antenna can be achieved a return loss of 12dB, gain of 3.46dBic over the UHF band of 902 - 928MHz. According to our simulation results, two prototype antennas are manufactured and measured. The obtained antennas operate in UHF RFID bands and can be adapted for various portable applications. In addition, a parametric study is conducted to facilitate the design and optimization processes.

• **Key Words** : Printed antenna, Shorted-strip, Inverted-F antenna, RFID, UHF, Circularly polarized, Convergence

1. 서론

RFID기술은 오래전부터 상용화를 위한 노력들이 지속적으로 진행되고 있으나 지금껏 널리 사용되지 못하고 있다. 지난 2000년부터 ISO에서 표준화가 추진되고 있으며 최근에 새롭게 관심을 끌고 있다. 최근에는 첨단 유비

쿼티스 시대를 앞당기는 핵심기술로 RFID와 USN이 집중 조명을 받고 있다. 이러한 유비쿼티스 컴퓨팅센서(Ubiquitous Computing Sensor)기술이 기업경영, 공급망 관리, 유통관리, 지식관리 등 거의 모든 분야에서 혁신적인 기술발전을 주도하게 될 것이다.

이 논문은 2014년도 백석대학교 대학연구비에 의하여 수행되었음.

*교신저자 : 채규수(gschae@bu.ac.kr)

접수일 2014년 12월 4일 수정일 2015년 1월 14일 게재확정일 2015년 2월 20일

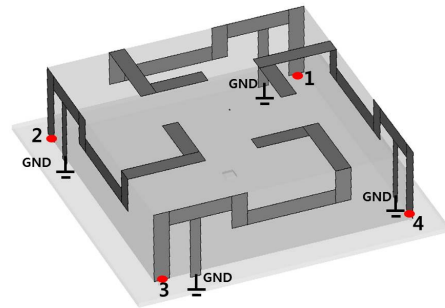
상품이나 물류와 관련하여 기존에 널리 사용되고 있는 바코드 방식과 달리, RFID는 비 접촉 방식으로서 포장, 대상 표면의 재질, 환경변화 등의 여부에 관계없이 항상 인식이 가능하다. 또 마이크로칩이 내장되어 있어서 바코드 보다 훨씬 많은 정보를 교환할 수 있으므로, 물류 재고관리, 도난 방지 등에 적용할 수 있다. 또한, 스마트 카드 등과 연계하여 사용하면 보안통제와 같은 더욱 다양한 분야에 응용할 수 있다.

최근에는 모바일 RFID 분야가 강조되고 있어 소형 리더기 개발이 요구되고 있다. 리더기를 소형화 하는데 방해요소가 안테나이다. RFID 시스템의 동작 주파수는 다양하고 UHF 대역 동작 주파수는 우리나라와 북미(902-928MHz)와 유럽(865-867MHz)으로 크게 구분되어 사용되고 있다. 현재까지 출시된 UHF 대역의 리더기는 다이폴이나 헬리컬 형태의 안테나를 사용하여 큰 안테나 때문에 소형화에 어려움을 겪고 있다[1,2,3,4,5]. 특히 모바일 리더기는 안테나는 리더기의 위치에 따라 고른 특성을 유지하기 위해 높은 이득과 원형편파 방사 요구 된다. 선형편파를 가지는 태그 안테나가 다양한 방향으로 위치하기 때문에 리더기 안테나가 원형편파 특성을 가져야 한다[6,7,8,9]. 최근 휴대용 리더기가 출시되고 있고 외장형 안테나 모듈이 장착되어 있다. 내장형 소형 안테나는 주로 역-에프형 패치 안테나가 사용되고 있으며 선형편파 특성을 가지고 있다[10,11,12,13]. 패치안테나는 대역폭이 좁고 사이즈가 큰 단점이 있다 [14,15,16,17,18]. 이러한 패치 안테나의 한계를 극복하기 위해 원형편파 안테나에 대한 연구가 소개 되었고 이를 적용한 제품들이 출시되었다. 원형편파 안테나로는 주로 QFHA(Quadrifilar Helical Antenna)와 OFHA(Octafilar Helical Antenna) 가 소개 되었다[1,2]. QFHA는 주로 GPS용 안테나로 개발되어 최근에 UHF 대역의 RFID 안테나로 개발되어 상용 제품도 출시되었다[6]. 그러나 이 안테나의 단점은 외부로 돌출되는 안테나의 크기가 커서 휴대하기에 불편하다는 것이다.

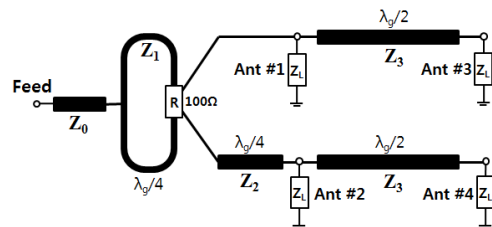
최근에 휴대가 간편한 RFID 리더기의 수요가 많아 원형편파를 사용하고 부피가 작고, 저가의 안테나가 많이 요구되고 있다[6,7,8,9]. 본 논문에서는 4개의 접힌 역-에프형 안테나를 사용하여 각각의 위상차를 이용하여 원형편파를 발생시키는 소형 안테나를 제안하였다.

2. 안테나 설계 및 측정

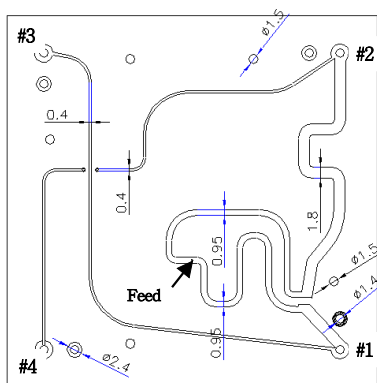
본 논문에서 제안되는 소형 원형편파 안테나를 설계하기 위하여 기존에 소개된 UHF RFID안테나들을 살펴 보았다[1,2,3]. 대부분의 안테나는 역-에프형 구조를 사용하고 방사부를 PCB에 제작하여 급전부 기판위에 고정하는 형태로 제작되었다[6,7,8,9]. 이러한 구조의 장점은 가볍고 본 결과 그림 1에서 제안된 안테나의 구조가 제시되어 있다. 각 안테나는 소형화를 위해 구부러진 방사부를 가지며 역-에프형 구조를 사용하고 있다. 안테나 방사부의 전체 길이는 급전부로부터 101.7mm이고 3mm의 폭으로 설계하였다. 그리고 급전부에서 18mm 되는 위치에서 임피던스 정합을 위한 접지 구조를 가지는 전형적인 역-에프형 안테나 구조이다. 이 방사부는 50(W)×50(L)×15(H)mm 크기의 플라스틱 구조물위에 양각 인쇄되었고 안테나 구조물 아래에 급전부가 위치하고 있고, 그림 2에 나타난 급전부는 60(W)×60(L)mm 크기의 FR-4 회로기판($t=1.0\text{mm}$, $\epsilon_r=4.7$)에 원형편파 급전 방법에 따라 설계되었다[6]. 4개의 급전 부는 1번 급전 부를 기준으로 지연선을 통해 90°의 위상차를 가지도록 설계되어 4개의 방사부로부터 원형편파를 발생 시키는 구조이다.



[Fig. 1] The geometry of the proposed circularly polarized antenna



[Fig. 2] The geometry of the proposed feed network



[Fig. 3] Feed line design using Auto CAD

그림 3에서는 그림 2에서 제시된 급전부 설계 이론에 따라 실제 Auto CAD로 설계한 도면을 보여주고 있다. 급전부에서 윌킨슨 전력 분배기와 위상 지연선을 사용하여 각 급전부의 위상차이가 90°가 되도록 설계하였다[6].

$$Z_3 = Z_L \tag{1}$$

$$Z_2 = Z_L/2 \tag{2}$$

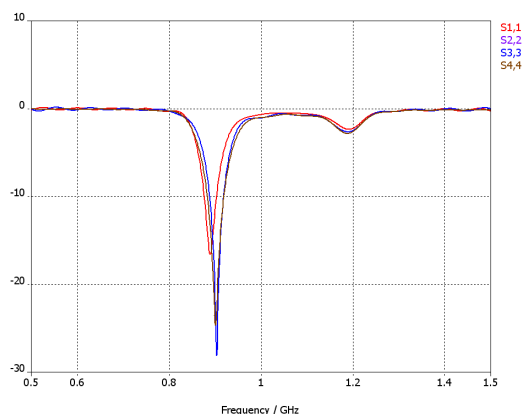
$$Z_1 = \sqrt{Z_0 Z_L} \tag{3}$$

$$R = Z_L \tag{4}$$

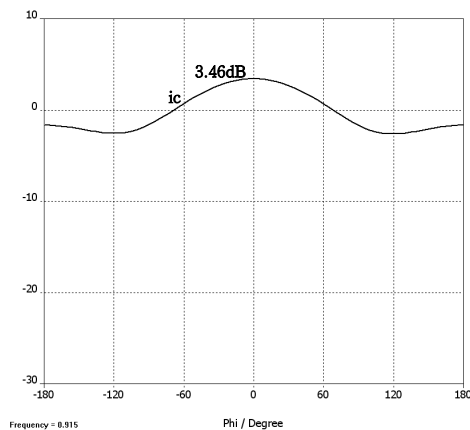
위에서 제시된 식 (1)-(4)를 이용하여 각 지연선의 임피던스를 계산하면, $R = Z_L = 100\Omega$, $Z_1 = 70.7\Omega$, $Z_2 = 50\Omega$, $Z_3 = 100\Omega$ 이다. FR-4 회로기판($h=1.0\text{mm}$, $\epsilon_r=4.7$)에 각각의 지연 라인과 윌킨슨 전력 분배기의 임피던스를 설계한 결과 $50\Omega(1.8\text{mm})$, $70.7\Omega(0.95\text{mm})$, $100\Omega(0.4\text{mm})$ 으로 설계되었다. 전력분배기와 180°, 90° 지연선에 사용된 $\lambda_g/2(86\text{mm})$, $\lambda_g/4(43\text{mm})$ 의 길이는 중심 주파수 912MHz($\lambda_0=329\text{mm}$)를 기준으로 하였다. 각 급전 부의 위상차에 따라 안테나는RHCP 방사 특성을 갖게 된다.

안테나의 방사 특성을 시뮬레이션하기 위해 CST를 이용해서 그림 1의 안테나 구조를 설계하였고, 급전 부는 이상적인 특성을 가정하여 각 급전부에서 직접 위상차를 입력하여 시뮬레이션한 결과가 그림 4에 나타나 있다. RFID 동작 주파수 912MHz 근처에서 -10dB 이상의 양호한 특성이 예측 되었다. 안테나 이득은 그림 5와 같이 3.46dBic로 예측되었고 원형편파 방사 특성을 보여주는 축비(Axial Ratio)가 그림 6과 같이 예측되었다. 그림 6에서 제시된 축비 시뮬레이션은 급전선을 실제 설계한 결

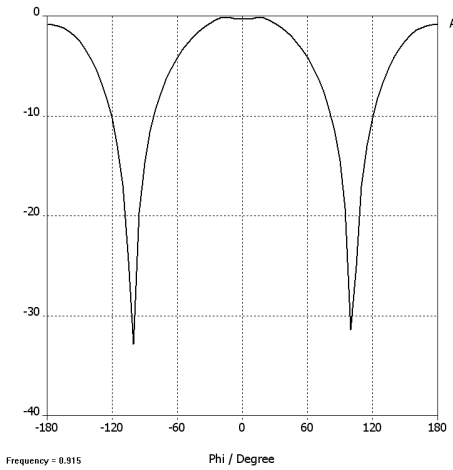
과가 반영되지 않았고 각 급전 부에 정확히 90°위상차를 입력해서 얻은 결과로 실제 측정 결과와는 다소 상이할 수 있다. 그림 7에서는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 그림 2와 3에서 제시된 급전부 설계에 따라 실제 PCB에 제작된 급전부를 보여주고 있고, 그림 8에서는 실제 플라스틱 구조물에 인쇄되어 제작된 안테나가 나타나 있다. 본 논문에서는 급전부에 대한 S파라미터 특성은 제시 하지 않았다. 좀 더 정확한 결과 제시를 위해 1번 급전부를 기준으로 동작 주파수에서 각 급전 부까지 신호의 위상차에 대한 실험이 필요하나 추후에 실험을 실시할 것이다. 본 논문에서는 안테나 방사부에 초점을 두고 결과를 제시하고자 한다. 안테나의 공진 특성 개선을 위해 접지부로 연결되는 임피던스 정합을 위한 정합용 스트립의 위치와 안테나 방사부의 길이 조절을 통해 최적의 안테나 특성을 얻을 수 있었다.



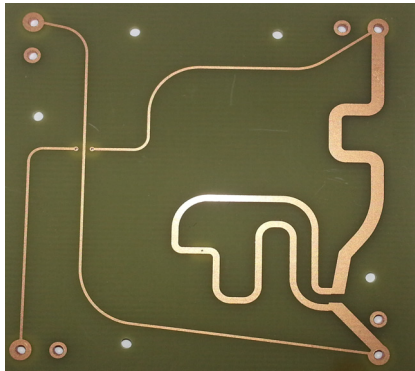
[Fig. 4] Simulation result for S Parameter



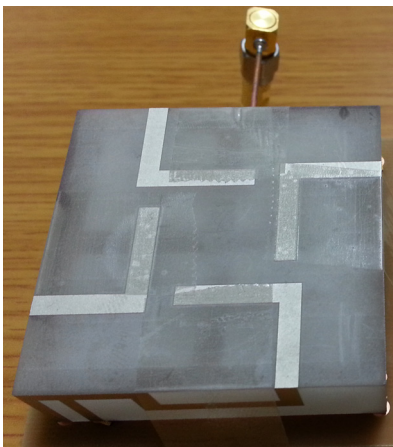
[Fig. 5] Simulated antenna radiation pattern



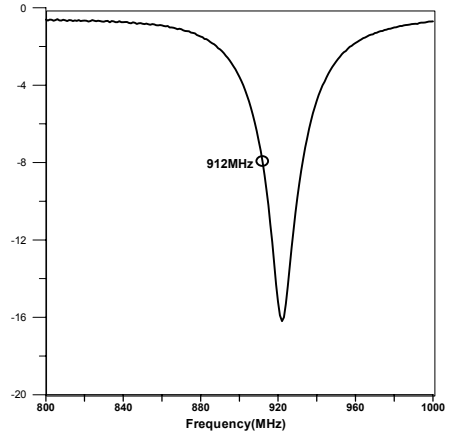
[Fig. 6] The manufactured feed network



[Fig. 7] The manufactured feed network



[Fig. 8] The manufactured antenna



[Fig. 9] The return loss of the proposed antenna

그림 9에서는 제작된 안테나를 사용하여 측정된 안테나 S 파라미터가 나타나 있다. 시뮬레이션으로 예측한 결과와 거의 유사한 특성을 얻었다.

3. 결론

본 논문에서는 900MHz(UHF) 대역의 RFID 리더기에 적용 가능한 소형 원형편파 안테나 제작에 관한 연구 결과가 소개되었다. 안테나는 기본적으로 역-에프형 방사체를 가지며 방사부는 플라스틱 재질의 지지구조물에 도전체를 표면에 인쇄하는 방법으로 제작되었다. 제시된 방법은 기존에 PCB 기판에 인쇄하는 방법보다 크기가 줄어들고 제작 과정이 단순하여 상용 제품 생산이 용이한 장점을 가지고 있다. 안테나의 급전 부는 원형편파를 발생시키기 위한 위상차 급전 구조가 제시되었고 FR-4 기판($t=1.0\text{mm}$, $\epsilon_r=4.7$)을 사용하여 제작하였다. CST를 이용하여 안테나와 급전부에 대한 시뮬레이션을 수행하였고, 안테나와 급전부가 각각 제작되었다. 동작 주파수 대역에서 안테나 특성은 -12dB 이하 손실과 3dBic 이상의 방사 특성이 예측되었다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작된 샘플을 이용해서 안테나 특성을 측정하였으며, 측정된 결과를 보면 본 논문에서 제안된 안테나 구조가 소형기에 적용하기에 적합할 것으로 예상된다. 향후 안테나 파라미터 최적화 과정을 거쳐서 모바일 RFID 리더기 제품에 적용 가능한 안테나가 개발될 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2014년도 백석대학교 대학연구비에 의하여 수행되었음.

REFERENCES

- [1] S. H. Zainud-Deen, H. A. Malhat and K. H. Awadalla, "Octafilar Helical Antenna for Portable UHF-RFID Reader," *Int. Journal of Identification and Wireless Sensor Networks*, Vol. 1, No. 2, pp. 13-20, 2011.
- [2] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, "Helical antenna for handheld UHF RFID reader," *Proc. IEEE Int. Conf. RFID*, pp. 166-173, 2010.
- [3] S. A. Yeh, H. M. Chen, Y. F. Lin, Z. Z. Yang and C. H. Chen, "Circularly polarized crossed dipole antennas for handheld RFID reader," *Proc. Int. AEM2C Conf.*, pp. 134-138, 2010.
- [4] Zhi Ning Chen, Xianming Qing and Hang Leong Chung, "A Universal UHF RFID Reader Antenna," *IEEE Trans. Microwave Theory and Technic.*, vol. 57, no. 5, May 2009.
- [5] Leena Ukkonen, Lauri Sydänheimo, and Markku Kivikoski, "Read Range Performance Comparison of Compact Reader Antennas for a Handheld UHF RFID Reader," *Proceedings on IEEE International Conference on RFID*, TX, USA, pp. 63-70, March 26-28, 2007.
- [6] Wang-Ik Son et al., "Design of Compact Quadruple Inverted-F Antenna with Circular Polarization for GPS Receiver," *IEEE Trans. Antennas. Propag.*, vol. 58, no. 5, May 2010.
- [7] L. Soo-Ji, L. Dong-Jin, J. Hyeong-Seok, T. Hyun-Sung, and Y. Jong-Won, "Planar square quadrifilar spiral antenna for mobile RFID reader," *Microwave Conference (EuMC), 2012 42nd European*, pp. 944-947, 2012.
- [8] P. Wang, G. Wen, J. Li, Y. Huang, L. Yang and Q. Zhang, "Wideband circularly polarized UHF RFID reader antenna with high gain and wide axial ratio beamwidths," *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 129, pp. 365-385, 2012.
- [9] Amin, Y., Q. Chen, H. Tenhunen, and L.-R. Zheng, "Performance-optimized quadrate bowtie RFID antennas for cost effective and eco- friendly industrial applications," *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 126, pp. 49-64, 2012.
- [10] S. H. Yeh, and K. L. Wong, "Dual-band F-shaped monopole antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN application," *IEEE Antennas and propagation Society International Symposium*, vol. IV, pp. 72-75, 2002.
- [11] C. M. Su, H. T. Chen, and K. L. Wong, "Printed dual-band dipole antenna with U-slotted arms for 2.4/5.2 GHz WLAN operation," *Electron. Lett.*, vol. 38, No. 22, pp. 1308-1309, 2002.
- [12] R. L. Li, G. DeJean, M. M. Tentzeris, and J. Laskar, "Development and analysis of a folded shorted-patch antenna with reduced size," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 52, pp. 555-562, 2004.
- [13] A. A. Kishk, K. F. Lee, W. C. Mok, and K. M. Luk, "A wide-band small size microstrip antenna proximately coupled to a hook shape probe," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 52, 59-65, 2004.
- [14] K. D. Katsibas, C. A. Balanis, P. A. Tirkas, and G. R. Birtcher, "Folded loop antenna for mobile hand-held units," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. 46, pp. 260-266, 1998.
- [15] E. Lee, P. S. Hall, and P. Gardner, "Dual band folded monopole/loop antenna for terrestrial communication system," *Electron. Lett.*, Vol. 36, No. 22, pp. 1990-1991, 2000.
- [16] Gyoo-Soo Chae, Joong-Soo Lim, and Min-Nyun Kim, "Compact Planar Antennas with a Parasitic Shorted-Strip for Dual-Band WLAN," *Microwave and Optical Tech. Lett.*, Vol. 50, No. 4, pp. 1124-1126, 2008.
- [17] R. L. Li, G. DeJean, E. Tsai, E. Tentzeris and J. Laskar, "Novel small folded shorted-patch antennas," *IEEE Antennas and propagation Society*

International Symposium, Vol. 4, pp. 26-29, 2002.

- [18] Gyoo-Soo Chae, "Design of dual-band compact antenna with a deformed ground plane," *Journal of academia-industrial technology*, Vol. 8, No.4, pp. 815-820, 2007.

저자소개

채 규 수(Gyoo-Soo Chae)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과(공학사)
- 1995년 2월 : 경북대학교 전자공
학과(공학석사)
- 2000년 12월 : Virginia Tech. 전
기공학과(공학박사)

· 2001년 1월 ~ 2003년 2월 : Amphenol Mobile, RF
manager

· 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수
<관심분야> : 안테나 설계, 초고주파 이론