

기생소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나

이상운*, 이기근*, 주호성**, 박익모*

*아주대학교 전자공학부

**홍익대학교 전자전기공학부

e-mail : ipark@ajou.ac.kr

U-Shaped Broadband RFID Tag Antenna with a Parasitic Element

Sangwoon Lee*, Keekeun Lee*, Hosung Choo**, Ikmo Park*

*School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

**School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University

Abstract

본 논문에서는 UHF 대역에서 동작하는 기생소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나를 제안하였다. 제안한 태그 안테나는 복사부에 해당하는 U-형태의 반파장 다이폴 안테나 상단 중앙에 역방향으로 U-형태의 기생소자를 삽입하였고, 태그 칩과의 공액정합이 용이하게 하기 위해 급전부 하단 중앙에 상용 태그 칩을 부착하여 본체에 결합하였다. 제안된 태그 안테나는 VSWR < 2를 기준으로 887 ~ 937 MHz의 대역폭과 대역폭 내에서 3.61 dB 이하의 이득편차 특성을 가졌다. 그리고 VSWR < 5.8를 기준으로 한 대역폭은 860 ~ 967 MHz로 전 세계 UHF 대역폭을 모두 수용하였으며, 대역폭 내에서 5.41 dB 이하의 이득편차 특성을 가졌다. 또한 최소 이득편차 특성이 대역폭 중심 주파수에 나오도록 하여 주파수에 따른 이득편차 특성 변화를 최소화하였다.

I. 서론

RFID 시스템의 여러 주파수 대역 중 UHF 대역은 유럽 (865~868 MHz), 북미 (902~928 MHz), 일본 (950~956 MHz) 등 국가별로 상이한 주파수를 할당하였으며, 한국은 908.5~914 MHz 대역을 사용하고 있다 [1-3]. 이와 같이 국가별 승인된 UHF 대역의 주파수가 다르기 때문에 국가 간의 상호 연동성이 제공

되기 위해서는 광대역 특성을 갖는 태그 안테나가 요구된다 [4-7]. 그리고 유연적인 사물에 사용되는 태그 안테나의 부착 방향이 일정하지 않으므로 복사특성의 널 (null) 방향 부근에서 인식이 급격히 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 태그 안테나는 등방성 복사특성을 가져 위치나 방향에 무관한 인식을 가지는 것이 바람직하다. 또한 주파수 변화에 따른 이득편차 특성 변화를 최소화하여 주파수와 무관하게 고른 인식거리를 확보하는 것이 좋다. 태그 안테나는 구동에 필요한 에너지를 리더기로부터 얻으므로 태그 칩으로 최대 전력을 전달하기 위해서는 안테나와 태그 칩의 임피던스 공액정합이 필요하며, 태그 칩의 입력 리액턴스는 매우 커패시티브한 성분을 가지므로 태그 안테나는 인덕티브한 성분을 가지도록 설계해야 한다 [3].

본 논문에서는 UHF 대역에서 동작하는 기생소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나를 제안하였다. U-형태의 RFID 태그 안테나 [8] 만으로 광대역 특성을 얻을 수 있으나 이득편차의 최소 지점은 대역폭 중심 주파수가 아닌 대역폭 외 높은 쪽 주파수에서 나오므로 주파수에 따른 인식거리의 차이가 생긴다. 이에 안테나의 복사부에 해당하는 본체 상단 중앙에 역방향으로 U-형태의 기생소자를 삽입하여 최소 이득편차 특성이 대역폭 중심 주파수에 나오도록 개선하여 주파수에 따른 이득편차 특성 변화를 최소화 되도록 설계하였다.

II. 안테나의 구조

그림 1은 제안된 기생소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나를 도식화하였다. 제안된 태그 안테나는 복사부에 해당하는 본체와 사각 형태의 급전부로 구성되어 있다. 본체는 U-형태의 반과장 ($\lambda/2$) 다이폴 안테나이며 본체 상단 중앙에 역방향으로 U-형태의 기생소자를 삽입하였다. 사각 형태의 급전부는 태그 칩과의 공액 정합이 용이하게 하기 위해 급전부 하단 중앙에 Alien사의 Higgs 칩을 이용하여 본체에 연결하였다. 상용 태그 칩은 약 16-j131 Ω 의 입력 임피던스 값을 가진다. 안테나의 입력 리액턴스를 인덕티브한 성분을 갖도록 만들어 태그 칩의 커패시티브한 성분을 충분히 상쇄하여 임피던스 공액정합으로 광대역 특성을 가지도록 하였다. 안테나는 비유전율(ϵ_r)이 3.38이고 0.2032 mm의 두께를 가지는 RO 4003 기판 위에 단일 평면 구조로 인쇄하였다. 안테나의 최적화는 Zeland사의 EM Simulator인 IE3D를 사용하였다.

그림 2는 사각형태의 급전부 상하 길이 변화에 따른 반사손실 특성을 살펴보고자, L_3 를 5.3 mm에서 6.3 mm까지 0.5 mm 간격으로 증가시켜 보았다. 상하 길이의 작은 변화로 안테나와 태그 칩의 임피던스 정합되는 대역폭이 크게 달라지는 것을 알 수 있었다. 다음으로 사각형태의 급전부 좌우 길이 L_4 를 16.5 mm에서 17.5 mm까지 0.5 mm 간격으로 증가시켜 반사손실 특성을 살펴 본 결과, 상하 길이 변화와 동일한 특성을

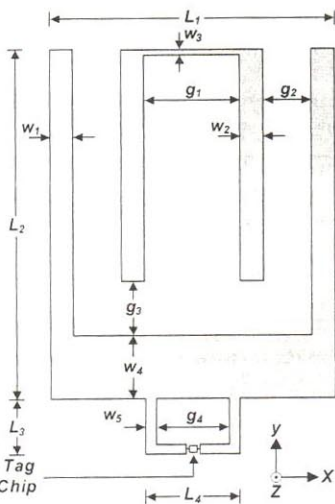


그림 1. 기생소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나의 구조

가졌다 (그림 3). 위 결과로 급전부 상하·좌우 길이를 조절함으로써 안테나와 태그 칩과의 임피던스 공액 정합에 용이할 것으로 사료된다. 그림 4는 안테나의 복사부에 해당하는 본체 하단 선폭의 변화에 따른 임피던스 특성 변화를 나타내었다. 선폭 w_1 를 6 mm에서 8 mm, 그리고 12 mm로 증가함에 따라 입력 저항은 선폭이 넓어짐에 따라 크게 감소하였고, 입력 리액턴스는 변화의 폭이 크게 줄었다. 본체 하단 선폭 조절로 인하여 안테나의 입력 저항은 태그 칩의 저항과 두 부분에서 만나고, 입력 리액턴스는 태그 칩의 리액턴스와 세 부분에서 만나 광대역 특성을 가진 태그 안테나를 설계 할 수 있다. 또한 이득편차 특성 변화를 살펴보고자, U-형태 반과장 다이폴과 기생소자 간의 가로 간격(g_2)과 세로 간격(g_3), 그리고 기생소자 상단의 선폭(w_3)이 각각 좁히고 줄여보았다. 그 결과 대역폭은 좁아지지만 최소 이득편차 지점은 대역폭 안으로 내려오는 것을 알 수 있었다. 이러한 특성 변화를 바탕으로 최적화된 기생소자를 가지는 U-형태 광대역 RFID 태그 안테나의 설계변수는 $L_1=48\text{mm}$, $L_2=63\text{mm}$, $L_3=5.8\text{mm}$, $L_4=17\text{mm}$, $w_1=4\text{mm}$, $w_2=4\text{mm}$, $w_3=1\text{mm}$, $w_4=10\text{mm}$, $w_5=1\text{mm}$, $g_1=16\text{mm}$, $g_2=8\text{mm}$, $g_3=10\text{mm}$, $g_4=15\text{mm}$ 이다.

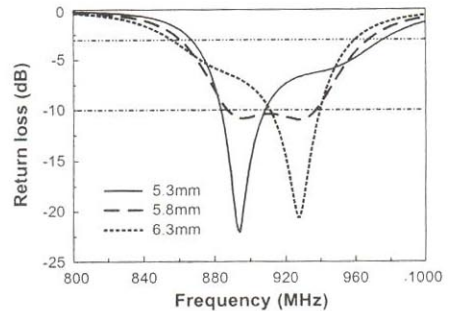


그림 2. 사각 형태의 급전부 상하 길이(L_3) 변화에 따른 반사손실 특성 변화

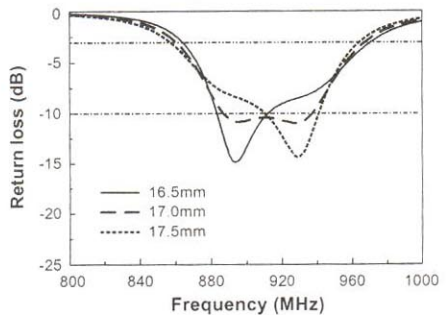


그림 3. 사각 형태의 급전부 좌우 길이(L_4) 변화에 따른 반사손실 특성 변화

그림 5는 기생소자가 없는 U-형태의 태그 안테나에 대한 최적화된 반사손실과 이득편차 특성을 나타내었다. VSWR < 2를 기준으로 868.5 ~ 950.5 MHz로 약 9.02%의 대역폭과 5.44 dB 이하의 이득편차 특성을 가졌다. 그리고 VSWR < 5.8를 기준으로 한 대역폭은 845 ~ 979 MHz로 약 14.69%의 대역폭과 6.77 dB 이하의 이득편차 특성을 얻었다. 그러나 최소 이득편차 특성은 대역폭 외 높은 주파수에서 나오는 것을 확인할 수 있다. 따라서 주파수에 따른 인식거리 차가 생기기므로 고른 인식거리를 요구하는 태그 안테나로 사용하기에는 적합하지 않다.

그림 6은 최적화된 기생소자를 가지는 U-형태의 태그 안테나의 주파수에 따른 반사손실과 이득편차 특성을 비교하였다. 태그 칩에 공액 정합되었을 때, VSWR < 2를 기준으로 887 ~ 937 MHz로 약 5.48%의 대역폭을 가졌다. 또한 태그 안테나의 이득편차는 360° 전방향의 최대와 최소 이득의 차이로, 대역폭 안에서 3.61 dB 미만의 이득편차 특성을 가졌다. 그리고 VSWR < 5.8을 기준으로 한 대역폭에서는 860 ~ 967 MHz로 약 11.71%의 대역폭을 가지고, 5.41 dB 미만의 이득편차 특성을 가졌다. 따라서 UHF 대역에서 국가

간의 상호 연동성이 가능한 태그 안테나로 사용이 가능할 것으로 사료된다.

그림 7은 최적화된 태그 안테나에 대한 복사효율 특성을 나타내었다. VSWR < 2 기준으로 한 대역폭 내에서는 88.6% 이상의 복사효율 특성을 가지며, VSWR < 5.8 기준으로 한 대역폭 내에서는 74.6% 이상의 복사효율 특성을 갖는다. 그림 8은 최소 이득편차 지점인 914 MHz에서 xz-평면, yz-평면, xy-평면으로 본 복사패턴 특징을 나타내었다. 모두 등방성 복사 패턴 특성을 확인 할 수 있었으며, 최대 1.44 dBi의 지향성을 가졌다.

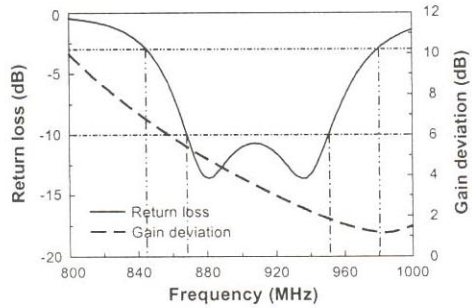


그림 5. 기생소자가 없는 U-형태의 태그안테나의 반사 손실과 이득편차 특성 비교

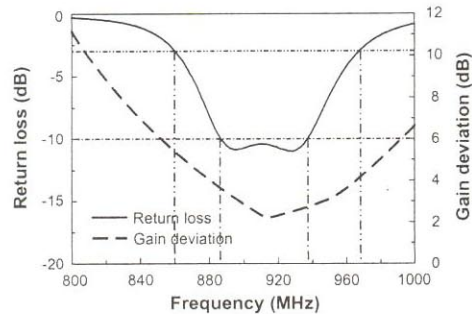


그림 6. 최적화된 기생소자를 가지는 U-형태의 태그안테나의 반사손실과 이득편차 특성 비교

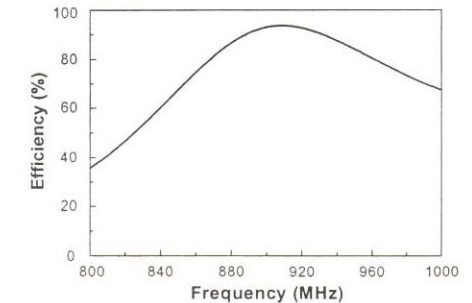
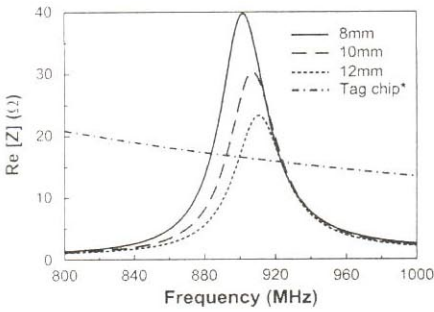
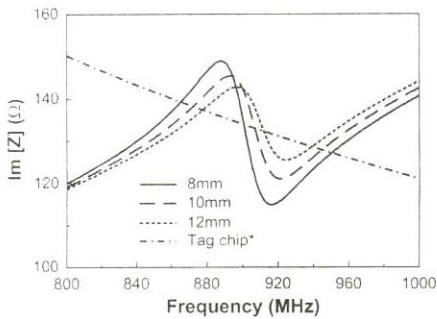


그림 7. 최적화된 태그 안테나의 복사효율 특성

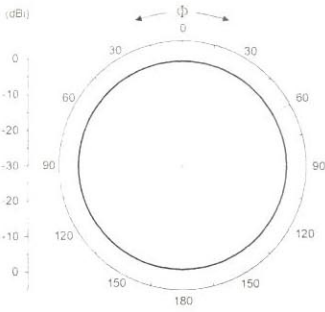


(a) 입력 저항

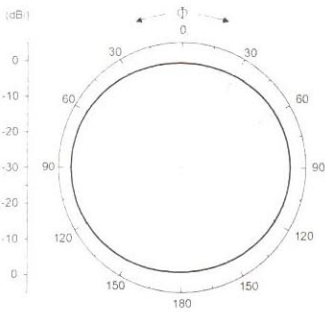


(b) 입력 리액턴스

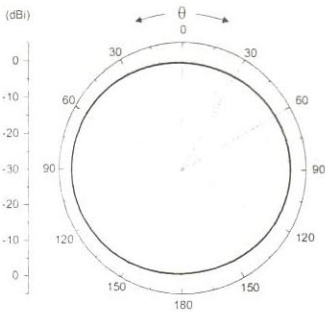
그림 4. 안테나 본체 하단 선폭(w_4) 변화에 따른 임피던스 특성 변화



(a) xz-plane ($\phi=0$ deg)



(b) yz-plane ($\phi=90$ deg)



(c) xy-plane ($\theta=90$ deg)

그림 8. 최적화된 태그 안테나의 복사패턴 특성

III. 결론

본 논문에서는 기생 소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나를 설계하였다. 제안한 태그 안테나는 U-형태의 반파장 다이폴 안테나 상단 중앙에 역방향 U-형태의 기생소자가 삽입된 본체와 사각형태의 급전부로 구성되어 있다. 안테나와 태그 칩과의 임피던스 공액 정합으로 UHF 대역폭인 860 MHz에서 960 MHz를 모두 수용한 광대역 특성을 얻을 수 있었으며, 대역폭 중심 주파수에 최소 이득편차 특성을 가져 주파수에 따른 이득편차 특성 변화를 최소화하였다.

참고문헌

- [1] K. Watanabe, H. Aono, S. Ozaki, K. Yoshimura, K. Saito, K. Kudo, and A. Watanabe, *Ubiquitous Radio Frequency Identification*, Nikkei BP, 2004.
- [2] V. D. Hunt, A. Puglia, and M. Puglia, *A Guide to Radio Frequency Identification*, Wiley, 2007.
- [3] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd Ed., Wiley, 2003.
- [4] C. Cho, H. Choo, and I. Park, "Broadband RFID tag antenna with quasi-isotropic radiation pattern," *Electron Lett.*, vol. 41, pp. 1091-1092, Sept. 2005.
- [5] H. Son, G. Choi, and C. Pyo, "Design of wideband RFID tag antenna for metallic surfaces," *Electron Lett.*, vol. 42, no. 5, pp. 263-265, Mar. 2006.
- [6] C. C. Chang and Y. C. Lo, "Broadband RFID tag antenna with capacitively coupled structure," *Electron Lett.*, vol. 42, no. 23, pp. 1322-1323, Nov. 2006.
- [7] S. Lim, Y. Oh, H. Lim, Y. Lee, and N. Myung, "Analysis and design of a UHF RFID tag antenna with a split ring resonator," *Proc. IEEE iWAT*, pp. 446-449, Mar. 2008.
- [8] 이상운, 이기근, 추호성, 박익모, "등방성 복사패턴을 가지는 RFID 태그 안테나," 한국전자과학회 추계 학술대회 논문집, pp. 627-630, 2007년 9월.