

광대역에서 일정한 준 등방성 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나

Broadband U-Shaped RFID Tag Antenna with Near-Isotropic Characteristic

이상운 · 정학주 · 추호성* · 박익모

Sangwoon Lee · Hak-Joo Jung · Hosung Choo* · Ikmo Park

요 약

본 논문에서는 UHF 대역에서 동작하는 광대역에서 일정한 준 등방성 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나를 제안하였다. 제안한 태그 안테나는 복사부에 해당하는 U-형태의 반파장 다이폴 안테나 본체에 상용 태그 칩과의 공액 정합이 용이하도록 사각형태의 급전부를 연결하였다. 또한, 본체 하단 중앙에 직사각형 슬릿을 삽입하여 동작 대역폭 안에서 태그 안테나가 일정한 준 등방성 특성을 가지도록 하였다. 태그 안테나는 VSWR<2를 기준으로 슬릿이 없을 경우 860.5~954.5 MHz의 대역폭과 슬릿이 있을 경우 864.5~954 MHz의 대역폭을 가졌다. VSWR<5.8을 기준으로 슬릿이 없을 경우와 슬릿이 있을 경우 각각 835.5~979.5 MHz의 대역폭과 837~981.5 MHz의 대역폭을 얻었다. 정합 주파수 대역 안에서 슬릿이 없는 태그 안테나의 최대 이득편차와 최소 이득편차는 각각 3.86 dB와 3.33 dB로 약 0.53 dB 차이를 가졌고, 슬릿이 있을 경우에는 최대 이득편차와 최소 이득편차가 각각 3.60 dB와 3.54 dB로 약 0.06 dB 차이의 매우 일정한 이득편차 특성을 가졌다.

Abstract

In this paper, we proposed a broadband U-shaped RFID tag antenna with near-isotropic characteristic at UHF band. The proposed tag antenna is composed of the U-shaped half wavelength dipole and a rectangular shaped feed. The rectangular shaped feed that is located inside U-shaped dipole is connected for conjugate impedance matching with the commercial tag chip. A better constant gain deviation characteristic in the operating frequency band is achieved by inserting a rectangular slit in the lower center of the U-shaped antenna body. On the condition of VSWR<2, the tag antenna had the measured bandwidth of 10.36 %, from 860.5 to 954.5 MHz, and 9.84 %, from 864.5 to 954 MHz, for antenna without slit and with slit, respectively. On the condition of VSWR<5.8, the tag antennas had the measured bandwidth of 15.78 %, from 835.5 to 979.5 MHz, and 15.89 %, from 837 to 981.5 MHz, for antenna without slit and with slit, respectively. The difference between the maximum and minimum gain deviations of tag antenna without slit in the operating frequency band is 0.53 dB since the maximum and minimum gain deviations are 3.86 dB and 3.33 dB, respectively. Whereas the difference between the maximum and minimum gain deviations of tag antenna with slit in the operating frequency is 0.06 dB since the maximum and minimum gain deviations are 3.60 dB and 3.54 dB, respectively.

Key words : U-Shaped Antenna, Rectangular-Shaped Feed, Broadband, Constant Gain Deviation, Near-Isotropic Characteristic, RFID, Tag Antenna

이주대학교 전자공학부(School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University)

*홍익대학교 전자전기공학부(School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University)

· 논문 번호 : 20090325-032

· 수정완료일자 : 2009년 4월 27일

I. 서 론

최근 유통·물류 분야에서 원거리 인식에 대한 요구가 증가함에 따라 RFID 시스템의 여러 주파수 중 원거리 인식이 가능한 UHF 대역이 많은 관심을 받고 있다. 이러한 UHF 대역 RFID 시스템의 구성은 사물에 부착되어 사용되는 태그와 이를 인식하는 리더 시스템으로 구분되며, 태그는 구동에 필요한 에너지를 리더 시스템에서 송출된 전자기파로부터 공급받는다^{[1]~[3]}. UHF 대역 RFID 시스템의 인식거리를 향상시키기 위해서는 리더 시스템에서 송출 전력을 높이면 되지만, 각 국가의 규정에 따라 송출 전력을 엄격히 제한하고 있으므로 제한된 송출 전력 안에서 RFID 시스템의 인식거리는 극히 제한적일 수밖에 없다. 그러므로 최적화된 인식거리를 갖기 위하여 태그 안테나는 높은 복사효율을 가져 원거리 인식이 용이해야 하고, 수신한 최대의 전력을 손실 없이 태그 칩으로 전달할 수 있도록 태그 칩의 복소 임피던스와의 공액 정합이 필수적이다^[4]. 또한, 국가마다 할당된 대역폭이 다른 UHF 대역에서는 전 세계에서 사용이 용이하도록 광대역 특성을 가진 안테나^{[5]~[8]}가 필요하며, 이와 더불어 태그의 방향과 무관하고 주파수 변화에 무관하게 리더 시스템이 태그를 잘 인식할 수 있는 태그 안테나가 요구된다. 하지만 대부분의 RFID 태그 안테나로 활용중인 다이폴 구조의 상용 태그 안테나는 복사 패턴의 널(null)로 인하여 리더 시스템이 태그가 놓인 방향에 따라 인식 영역이 급격히 감소하는 문제점이 지적되고 있다^{[11]~[14]}. 최근 이러한 문제점을 해결하기 위해 U-형태의 다이폴 태그 안테나^[9]와 유도 결합 급전 구조를 가지는 폴디드 다이폴 안테나^[10]가 등방성 복사 특성을 가지는 안테나로 제안되었으나, 대역폭이 매우 좁아 사용이 국한되는 단점을 가지고 있다. 또한, 이중 T-매칭 급전 구조를 가지는 bent 다이폴 태그 안테나^[15]와 사각 형태의 급전 구조와 결합된 기생 소자를 가지는 U-형태의 태그 안테나^[16]가 광대역 특성에서 준 등방성 복사 패턴을 가지는 RFID 태그 안테나로 제안되었다. 이들 안테나는 최대 이득과 최소 이득의 차이인 이득편차 특성이 주파수 변화에 따라 급격히 변하므로 주파수에 따른 인식거리의 차이가 많이 나게 된다.

본 논문에서는 광대역에서 일정한 준 등방성 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나를 제안한다. 일반적으로 무선 통신 시스템에서 활용되는 대부분의 안테나들은 50 Ω 이나 75 Ω 에 정합되도록 설계되어 있지만, RFID 태그 안테나로 적용되기 위해서는 복소 임피던스 특성을 갖는 태그 칩과의 공액 정합을 고려하여 급전부 설계가 필요하다. 따라서 복사부에 해당하는 U-형태의 반파장 다이폴 안테나에 사각형태의 급전부가 결합된 태그 안테나를 설계하고, U-형태 다이폴 안테나 하단 중앙에 슬릿이 삽입되지 않은 경우와 삽입된 경우에 대한 각각의 특성을 비교하고자 한다. 제안한 슬릿이 없는 경우와 슬릿이 있는 경우의 U-형태의 태그 안테나는 태그 칩과의 임피던스 공액 정합으로 광대역 특성을 가지도록 하였고, 리더 시스템에서 태그를 인식할 때 방향과 무관하고 주파수 변화에 무관하게 안정적인 인식거리를 가지도록 설계하였다.

II. 안테나 구조

본 논문에서 제안한 광대역에서 일정한 준 등방성 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나 구조를 그림 1(a)에 나타내었다. 제안된 태그 안테나는 복사부에 해당하는 U-형태의 반파장($\lambda/2$) 다이폴 안테나 본체(L_1, L_2)에 상용 태그 칩과의 공액 정합이 용이하도록 사각형태의 급전부(L_3, L_4)가 결합된 구조로써, 사각형태의 급전부를 본체 안에 위치시켜 급전부에 의한 크기를 최소화하였다^{[9],[16]}. 사각형태 급전부 상단 중앙에 915 MHz에서 약 $16-j131 \Omega$ 의 복소 임피던스 성분을 가지는 Alien사의 Higgs 상용 태그 칩을 연결하였다. 복사부에 해당하는 U-형태의 다이폴 안테나의 양측 단에 흐르는 전류는 서로 반대 방향을 가지므로 복사 패턴에 널이 발생하는 부분이 서로 상쇄된다. 따라서 U-형태의 다이폴 안테나 하단에 준 점전원(point source)이 형성되어 360° 전방향으로 전자기파가 고루 복사되어 등방성에 가까운 복사 패턴을 형성하게 된다^[9]. 또한, 사각형태의 급전부는 안테나의 입력 리액턴스를 인덕티브한 성분을 갖도록 하여 커패시티브한 성분을 가지는 태그 칩과 공액 정합이 이루어져 광대역 특성을 가지도록 하였다. 주파수 변화에 따른 이득편차 특성을

III. 안테나 특성

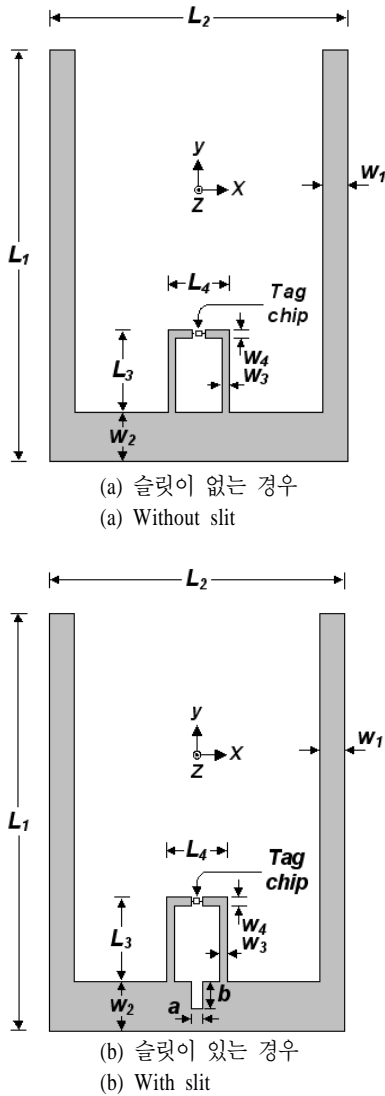
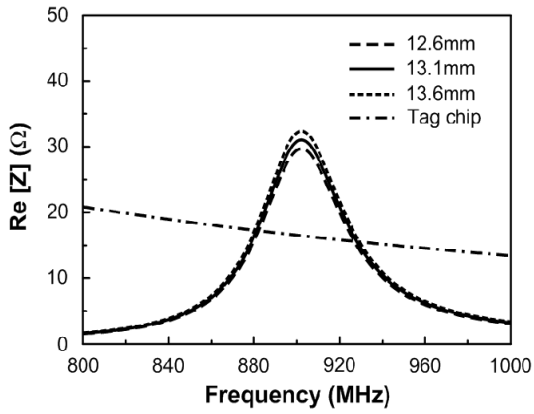


그림 1. 제안된 태그 안테나의 구조
Fig. 1. The structure of the proposed tag antenna.

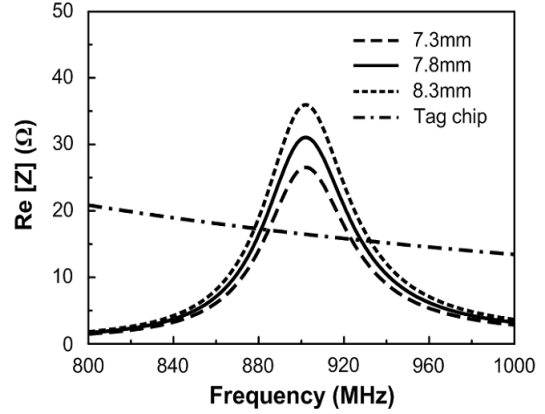
개선하고자 U-형태의 반파장 다이폴 안테나 하단 중앙에 직사각형 슬릿을 삽입한 구조를 그림 1(b)에 나타내었다. 제안된 태그 안테나는 슬릿의 삽입으로 인하여 주어진 대역폭 내에서 최대 이득편차 특성과 최소 이득편차 특성의 차이를 줄여 주파수 변화에 무관한 더욱 더 안정적인 인식거리를 가지도록 하였다. 태그 안테나의 최적화는 비유전율이 3.38이며, 0.2032 mm의 두께를 가지는 RO 4003 기판에 Zeland사의 EM 시뮬레이터인 IE3D를 사용하여 설계하였다.

제안된 태그 안테나에 대한 특성을 살펴보기 위하여 슬릿이 없는 태그 안테나의 사각형태 급전부 상하 길이 변화에 따른 임피던스 및 반사손실 특성 변화를 그림 2에 나타내었다. 상하 길이 L_3 를 12.6 mm에서 13.1 mm, 13.6 mm로 증가했을 때, 입력 저항은 중심 주파수 부근에서 매우 작은 폭으로 증가하였고 입력 리액턴스는 주파수와 무관하게 일정한 간격으로 증가하는 것을 알 수 있다. 안테나와 태그 칩과의 임피던스 공액 정합한 반사손실 특성의 경우 낮은 쪽 정합주파수 f_L 은 881 MHz에서 879 MHz, 878 MHz로 감소하였고, 높은 쪽 정합주파수 f_H 는 944 MHz에서 937 MHz, 933 MHz로 감소하였다. 이러한 반사손실 특성 변화는 상하 길이 12.6 mm의 경우 안테나의 입력 리액턴스와 태그 칩의 복소 리액턴스가 낮은 주파수 부근에서 두 부분이 근거리에서 정합되어 낮은 정합주파수만 형성되었고, 13.1 mm의 경우 일정한 간격으로 세 부분이 정합되어 이중 정합 주파수를 형성됨을 알 수 있다. 그리고 13.6 mm의 경우 높은 주파수 부근에서 두 부분이 근거리에서 정합되어 높은 정합 주파수만 형성되었다.

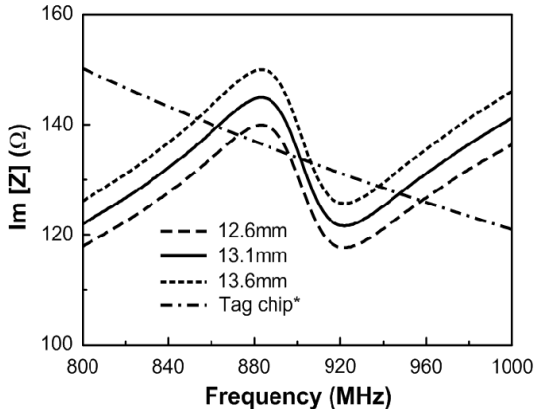
다음은 사각형태 급전부 좌우 길이 변화에 따른 임피던스 및 반사손실 특성 변화를 그림 3에 나타내었다. 좌우 길이 L_4 를 7.3 mm에서 7.8 mm, 8.3 mm로 증가한 결과, 입력 저항은 중심 주파수 부근에서 큰 폭으로 증가하였고, 입력 리액턴스는 주파수와 무관하게 일정한 간격으로 증가하였다. 안테나와 상용 태그 칩과의 공액 정합된 반사손실 특성의 경우 낮은 쪽 정합 주파수 f_L 은 885 MHz에서 879 MHz, 872 MHz로 상하 길이 변화보다 크게 감소하였고, 높은 쪽 정합 주파수 f_H 는 938 MHz에서 937 MHz, 935 MHz로 상하 길이 변화보다 작게 감소하였다. 이러한 특성 변화는 급전부 상하 길이 변화와 유사한 특성 변화를 가지며, 좌우 길이 7.3 mm의 경우 안테나의 입력 리액턴스가 낮은 쪽 주파수에서 크게 변화하면서 태그 칩과의 공액 정합되는 두 부분이 더욱 근거리에서 정합되어 낮은 정합 주파수 특성만 향상되었다. 따라서 제안된 태그 안테나는 사각형태의 급전부에 의하여 인덕티브한 성분을 가지므로 태그 칩의 복소 임피던스에 공액 정합되어 리더 시스템으로



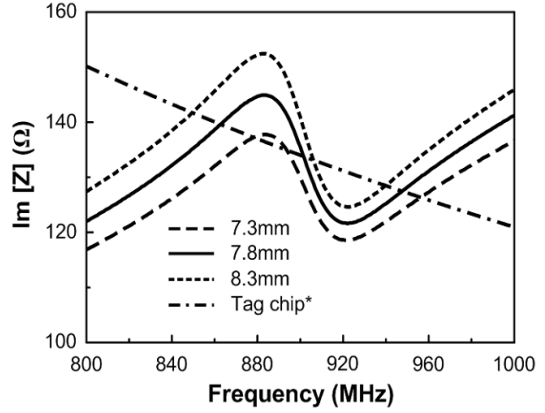
(a) 입력 저항
(a) Input resistance



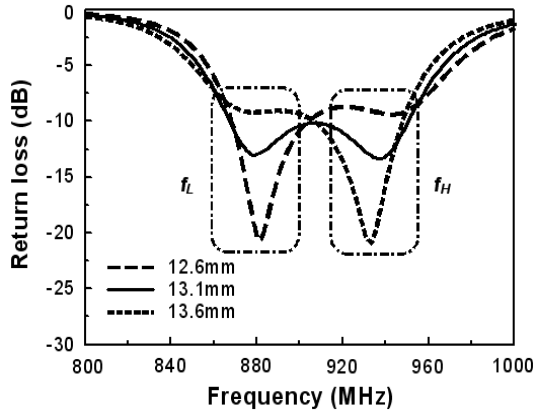
(a) 입력 저항
(a) Input resistance



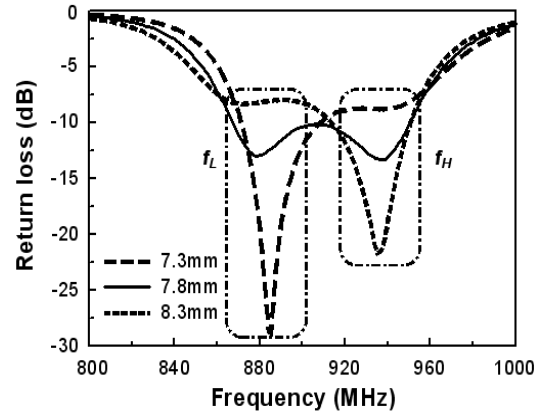
(b) 입력 리액턴스
(b) Input reactance



(b) 입력 리액턴스
(b) Input reactance



(c) 반사손실
(c) Return loss



(c) 반사손실
(c) Return loss

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

Fig. 2. Variation of antenna characteristic with respect to the length(L_3) of the feed.

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

Fig. 3. Variation of antenna characteristic with respect to the length(L_4) of the feed.

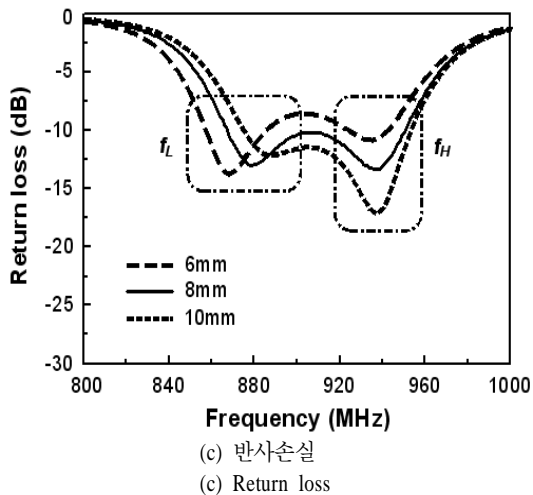
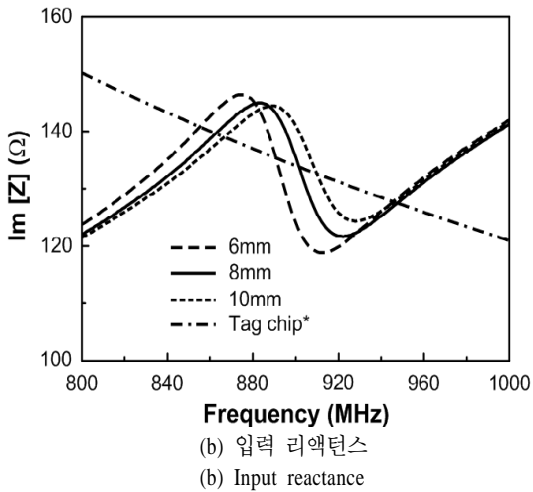
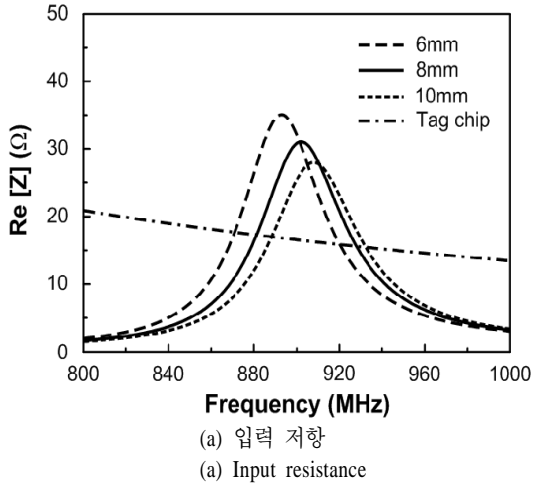


그림 4. 안테나 하단 선폭(w_2) 변화에 따른 특성 변화
Fig. 4. Variation of antenna characteristic with respect to the width(w_2) of the antenna.

표 1. 최적화된 슬릿이 없는 태그 안테나의 설계 변수
Table 1. The design parameters of the optimized tag antenna without slit.

Parameters	Without slit (mm)
L_1	68.0
L_2	48.0
L_3	13.1
L_4	7.8
w_1	4.0
w_2	8.0
w_3	1.0
w_4	1.0

부터 수신한 최대 전력을 태그 칩으로 전달할 수 있다.

안테나의 복사부에 해당하는 U-형태의 다이폴 하단 선폭 변화에 따른 임피던스와 반사손실 특성 변화를 그림 4에 나타내었다. 선폭 w_2 를 6 mm에서 8 mm, 10 mm로 증가함에 따라 입력 저항은 중심 주파수 부근에서 감소하였으며, 입력 리액턴스는 상하 변화의 폭이 크게 줄었다. 반사손실 특성의 경우, 낮은 정합 주파수 f_L 는 868 MHz에서 879 MHz, 887 MHz로 높아진 반면에 높은 정합 주파수 f_H 는 935 MHz에서 937 MHz, 937 MHz로 거의 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 이러한 반사손실 특성 변화는 태그 칩과 정합되는 높은 쪽 주파수의 입력 리액턴스는 일정하게 유지되는 반면 낮은 쪽 주파수의 입력 리액턴스는 높은 쪽 주파수로 증가하므로 정합 특성은 향상되지만, 안테나의 대역폭은 감소하게 된다. 이러한 특성 변화를 바탕으로 최적화된 슬릿이 없는 태그 안테나에 대한 설계변수는 표 1과 같다.

그림 5에는 최적화된 슬릿이 없는 태그 안테나의 주파수에 따른 반사손실과 이득편차 특성을 비교하였다. 태그 안테나의 반사손실 측정은 제작한 안테나를 대칭이 되도록 이등분한 후 모노폴 안테나처럼 접지면 위에 수직으로 세워 측정하였다. 시뮬레이션 대역폭과 측정 대역폭은 각각 실선과 점선으로 나타내었으며, 시뮬레이션 대역폭과 측정 대역폭은 매우 유사함을 알 수 있었다. 최적화된 슬릿이 없는 태그 안테나와 태그 칩을 공액 정합한 반사손실 특성은 $VSWR < 2$ 를 기준으로 시뮬레이션 대역폭은 867.5

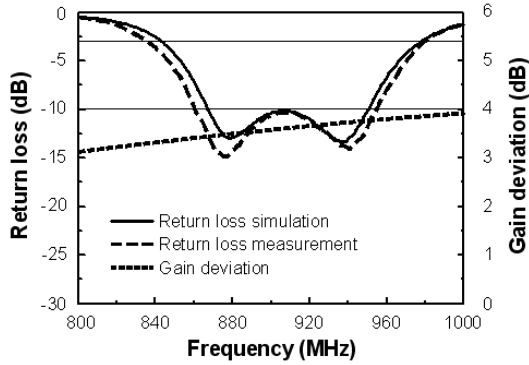
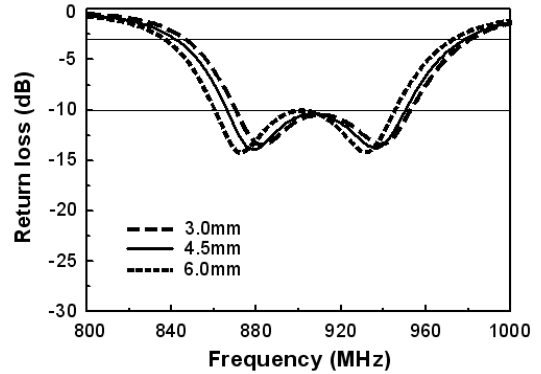


그림 5. 최적화된 슬릿이 없는 태그 안테나의 반사손실과 이득편차 특성 비교

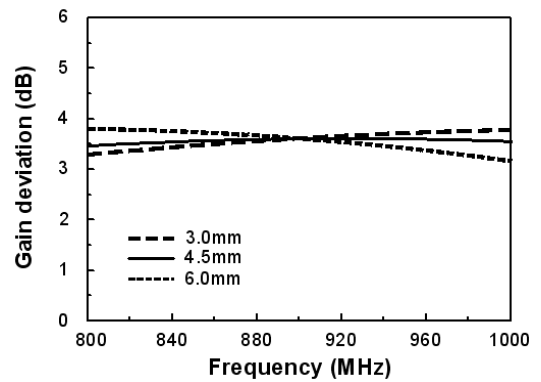
Fig. 5. The return loss versus gain deviation of the optimized tag antenna without slit.

~950.5 MHz로 약 9.13 %를 가지고, 측정 대역폭은 860.5~954.5 MHz로 약 10.36 %의 대역폭을 가진다. 또한, 태그 안테나의 이득편차는 360° 전방향의 최대 이득과 최소 이득의 차이로서, 대역폭 안에서 3.77 dB 이하의 이득편차 특성을 가졌다. 그리고 $VSWR < 5.8$ 을 기준으로 한 대역폭에서 시뮬레이션 대역폭은 843~978 MHz로 약 14.83 %를 가지고, 측정 대역폭은 835.5~979.5 MHz로 약 15.78 %의 대역폭을 가진다. 또한, 주어진 대역폭 안에서 이득편차 특성은 최대 이득편차는 3.86 dB와 최소 이득편차는 3.33 dB로 약 0.53 dB 차이를 가졌다.

다음으로 주파수 변화에 따라 더욱 더 안정적인 인식거리를 갖기 위하여 U-형태 반파장 다이폴 안테나 하단 중앙에 직사각형의 슬릿을 삽입하여 그에 따른 특성 변화를 살펴보았다. 슬릿의 길이(b) 변화에 따른 반사손실 특성과 이득편차 특성을 그림 6에 나타내었다. 길이 b 를 3.0 mm에서 4.5 mm, 6.0 mm로 증가시킨 후 변화된 입력 임피던스를 태그 칩과 임피던스 공액 정합으로 이중 정합 주파수를 형성하여 이득편차 특성을 살펴보았다. 그 결과, 반사손실 특성은 $VSWR < 2$ 를 기준으로 3.0 mm의 경우 870.5~952.5 MHz로 약 9.00 %의 대역폭을 가지고, 4.5 mm의 경우 866~950 MHz로 약 9.25 %의 대역폭을 가진다. 또한 6.0 mm의 경우 860.5~945.5 MHz로 약 9.41 %의 대역폭을 가짐으로서 슬릿의 길이가 증가하여도 유사한 대역폭을 가졌다. 이득편차 특성은 길이가 증가함에 따라 낮은 주파수 대역에서의



(a) 반사손실
(a) Return loss



(b) 이득편차
(b) Gain deviation

그림 6. 슬릿 길이(b) 변화에 따른 안테나 특성 변화
Fig. 6. Variation of antenna characteristic with respect to the length(b) of slit.

이득편차 특성은 증가하는 반면 높은 주파수 대역에서의 이득편차 특성은 낮아져 주파수에 무관한 고른 이득편차 특성을 형성하였다. 이러한 특성 변화를 바탕으로 최적화된 슬릿이 있는 태그 안테나에 대한 설계변수는 표 2와 같다.

그림 7에는 슬릿이 있는 경우에 대한 최적화된 태그 안테나의 주파수에 따른 반사손실과 이득편차 특성을 비교하였다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과는 각각 실선과 점선으로 나타내었으며, 두 결과가 매우 유사함을 알 수 있었다. 최적화된 슬릿이 있는 태그 안테나와 태그 칩을 공액 정합한 반사손실 특성은 $VSWR < 2$ 를 기준으로 시뮬레이션 결과 866~950 MHz로 약 9.25 %의 대역폭을 가지고, 측정 결과 864.5~954 MHz로 약 9.84 %의 대역폭을 가진다.

표 2. 최적화된 슬릿이 있는 태그 안테나의 설계 변수
Table 2. The design parameters of the optimized tag antenna with slit.

Parameters	With slit (mm)
L_1	67.5
L_2	48.0
L_3	16.1
L_4	4.8
w_1	4.0
w_2	8.0
w_3	1.0
w_4	1.0
a	1.0
b	4.5

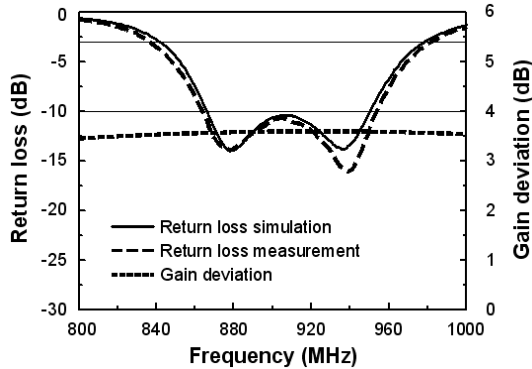
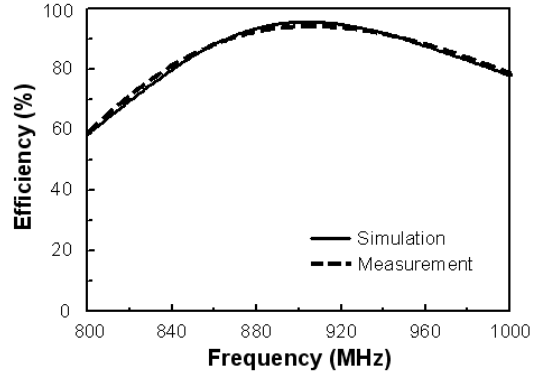


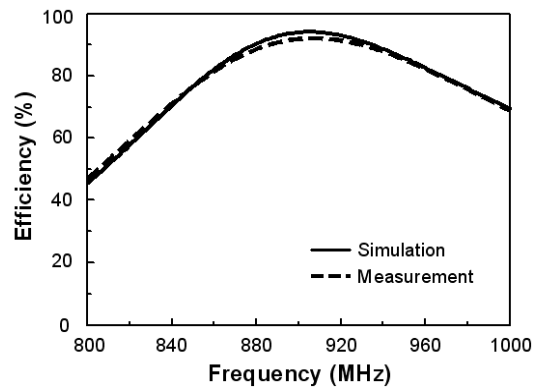
그림 7. 최적화된 슬릿이 있는 태그 안테나의 반사손실과 이득편차 특성 비교

Fig. 7. The return loss versus gain deviation of the optimized tag antenna with slit.

또한, 주어진 대역폭 안에서 3.60 dB 이하의 이득편차 특성을 갖는다. 그리고 $VSWR < 5.8$ 을 기준으로 한 대역폭에서 시뮬레이션 결과 842.5~978 MHz로 약 14.89 %의 대역폭을 가지고, 측정 결과 837~981.5 MHz로 약 15.89 %의 대역폭을 가진다. 또한, 주어진 대역폭 안에서 최대 이득편차는 3.60 dB에서 최소 이득편차는 3.54 dB로서 최대 이득편차와 최소 이득편차의 차이가 약 0.06 dB로 거의 일정한 이득편차 특성을 갖는다. 따라서 제안된 슬릿이 없는 경우와 슬릿이 있는 경우의 태그 안테나 모두 전 세계에서 요구하는 RFID 시스템의 UHF 대역폭인 860~960 MHz를 모두 수용하므로 단일 RFID 태그 안테나로



(a) 슬릿이 없는 경우
(a) Without slit



(b) 슬릿이 있는 경우
(b) With slit

그림 8. 최적화된 태그 안테나의 복사효율 특성

Fig. 8. The efficiency of the optimized tag antenna.

사용이 가능하고, 리더 시스템이 태그를 인식할 때 슬릿이 있는 태그 안테나는 주파수 변화에 무관하므로 더욱 더 안정적인 인식거리를 가질 것으로 사료된다.

그림 8에는 최적화된 태그 안테나의 복사효율 특성을 나타내었다. 태그 안테나의 복사효율은 자유공간 내에서 측정한 입력 저항과 안테나가 복사하지 못하도록 도체로 차폐한 후 측정한 입력 저항과의 변화량을 이용하는 Wheeler Cap 측정 방법^[17]을 사용하여 측정하였다. 각각의 구조에 따른 시뮬레이션 결과와 측정된 결과는 실선과 점선으로 나타내었고, 두 결과 매우 유사함을 알 수 있다. $VSWR < 2$ 대역폭 안에서 슬릿이 없는 태그 안테나의 시뮬레이션 결과와 측정 결과는 각각 89.8 % 이상과 88.4 % 이상의

표 3. 주파수에 따른 인식거리 측정 결과(슬릿이 없는 경우)

(단위: m)

Table 3. Measured readable range of the antenna with respect to the frequency(without slit).

(unit: m)

	$\phi=0^\circ$		$\phi=90^\circ$		$\theta=90^\circ$	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
870 MHz	7.31	5.56	8.04	7.51	7.69	5.29
890 MHz	7.92	5.35	8.29	7.55	8.38	5.30
910 MHz	9.34	6.10	9.56	8.52	10.23	6.40
930 MHz	10.60	6.69	10.96	9.89	11.48	7.09
950 MHz	7.68	5.01	7.93	7.32	7.95	5.20

복사효율을 보이며, 슬릿이 있는 태그 안테나는 각각 85.1 % 이상과 84.0 % 이상의 복사효율을 보인다. VSWR<5.8 대역폭 안에서 슬릿이 없는 태그 안테나는 시뮬레이션 결과 81.1 % 이상과 측정 결과 79.4 % 이상의 복사효율을, 슬릿이 있는 태그 안테나 시뮬레이션 결과 72.5 % 이상과 측정 결과 72.9 % 이상의 비교적 높은 복사효율 특성을 가졌다.

그림 9에는 최적화된 태그 안테나 표면에 흐르는 전류 분포를 나타내었다. 슬릿이 없는 경우와 슬릿이 있는 경우 모두 복사부에 해당하는 U-형태 본체 양측 단에 흐르는 전류는 크기가 같고, 180°의 위상차를 가지므로 복사 패턴에 널이 발생하는 부분이 원거리(far-field)에서 상쇄된다. 또한, 수직방향으로 흐르는 급전부 양측 단의 전류도 크기가 같으며,

180°의 위상차를 가져 원거리에서 상쇄된다. 그러나 급전부 상단과 하단에서 수평방향으로 흐르는 전류는 방향은 반대이지만 급전부 하단에 흐르는 전류가 급전부 상단에 흐르는 전류보다 월등히 강해 본체 하단에 준 점전원(point source)이 형성되어 360° 전 방향으로 전자기파가 고루 복사되므로 등방성에 가까운 복사 패턴을 형성하게 된다.

그림 10에는 슬릿이 없는 경우에 대한 최적화된 태그 안테나의 주파수에 따른 인식거리 특성을 나타내었다. 태그 안테나의 인식거리는 전파 무반사실에서 원형 편파를 가지는 리더 안테나를 이용하여 태그 안테나의 방향에 따른 최대 인식거리를 측정하였다. 측정된 인식거리는 870 MHz에서 8.04~5.29 m, 890 MHz에서는 8.38~5.30 m, 910 MHz에서는

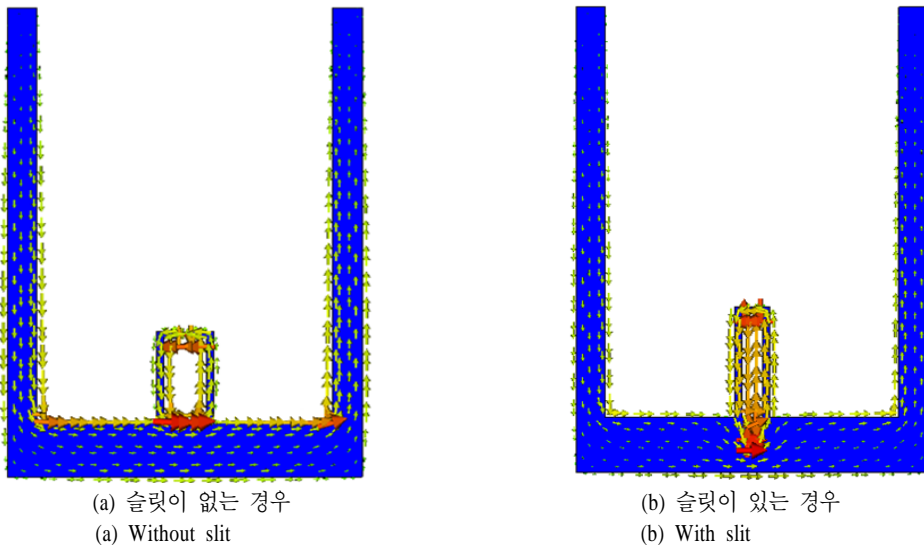


그림 9. 최적화된 태그 안테나의 전류 분포
Fig. 9. Current distribution of the optimized tag antenna.

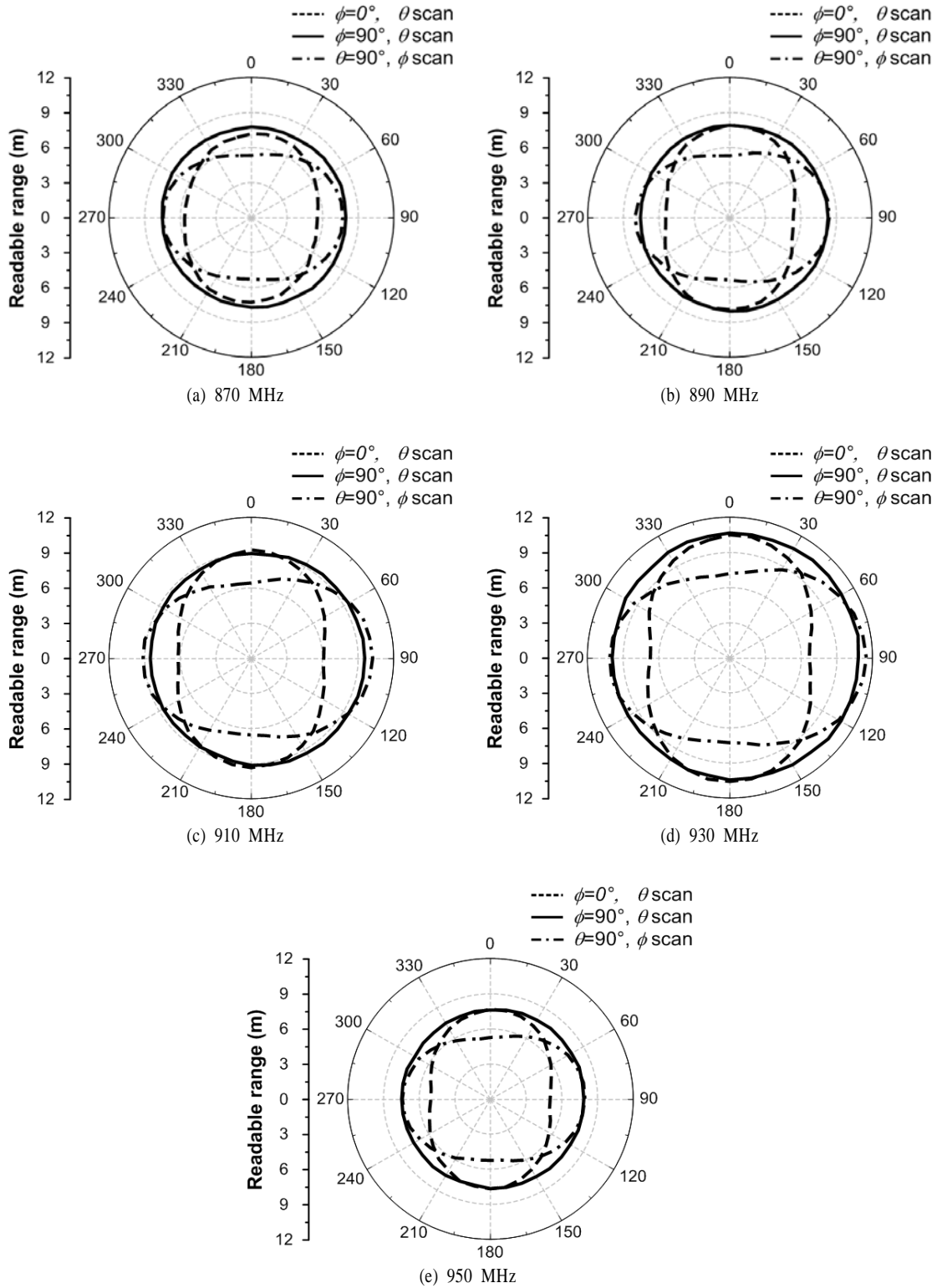


그림 10. 최적화된 슬릿이 없는 태그 안테나의 인식거리 특성
 Fig. 10. The readable range of the optimized tag antenna without slit.

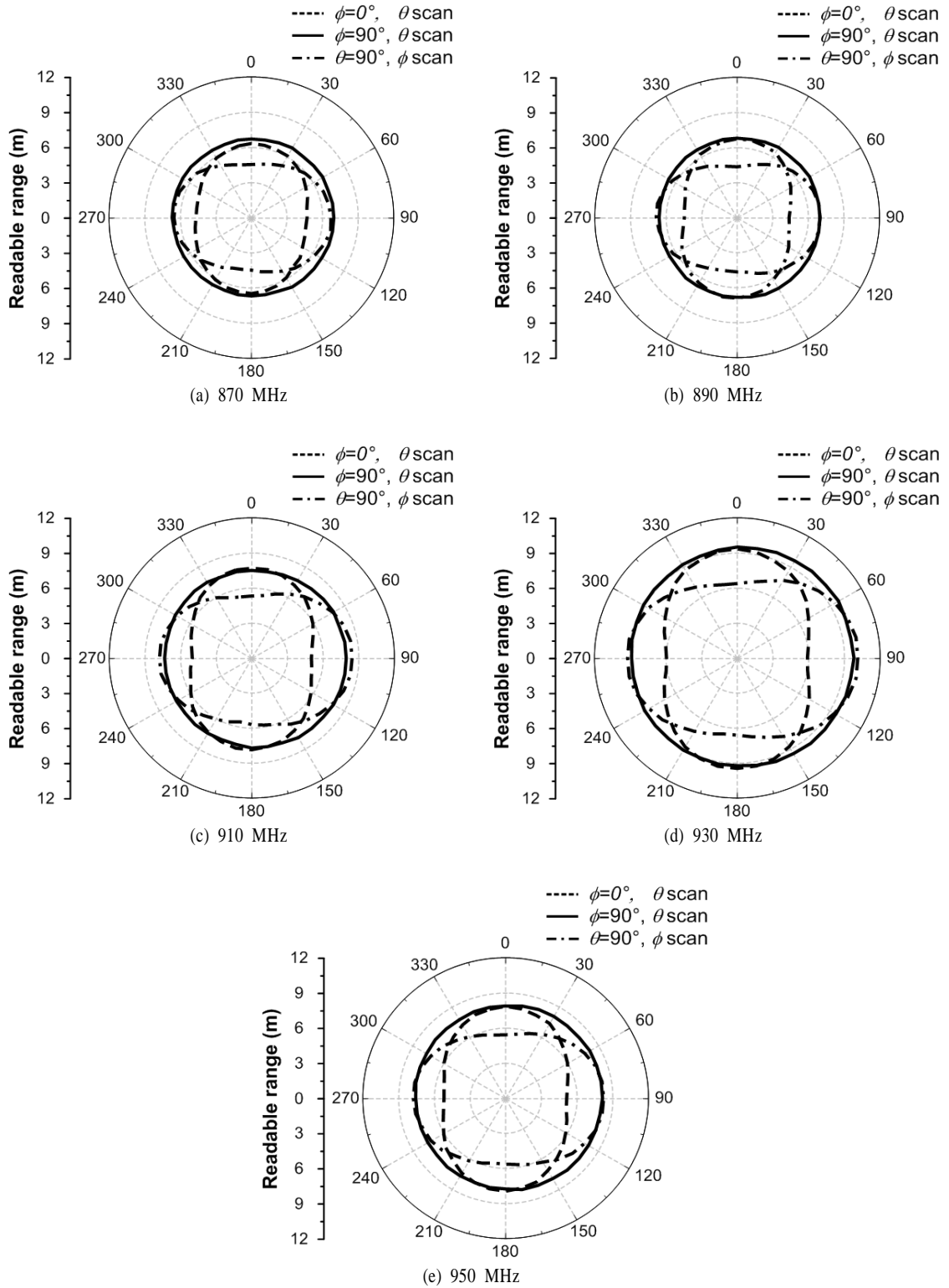


그림 11. 최적화된 슬릿이 있는 태그 안테나의 인식거리 특성
Fig. 11. The readable range of the optimized tag antenna with slit.

표 4. 주파수에 따른 인식거리 측정 결과(슬릿이 있는 경우)

(단위: m)

Table 4. Measured readable range of the antenna with respect to the frequency(with slit).

(unit: m)

	$\phi=0^\circ$		$\phi=90^\circ$		$\theta=90^\circ$	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
870 MHz	6.47	4.64	6.93	6.61	6.77	4.48
890 MHz	6.90	4.39	7.05	6.58	6.98	4.34
910 MHz	7.87	5.01	7.95	7.33	8.42	5.31
930 MHz	9.45	5.89	9.78	8.91	10.11	6.38
950 MHz	7.95	5.13	8.12	7.57	8.22	5.43

10.23~6.10 m, 930 MHz에서는 11.48~6.69 m, 그리고 950 MHz에서는 7.95~5.01 m의 인식거리를 가진다. 슬릿이 없는 태그 안테나의 주파수에 따른 인식거리 측정 결과를 표 3에 요약하였다. 제안된 태그 안테나는 리더 시스템에서 태그를 인식할 때 동작 주파수 안에서 비교적 고른 인식거리를 갖는다.

그림 11에는 최적화된 슬릿이 있는 태그 안테나의 방향에 따른 최대 인식거리를 측정된 결과이다. 측정된 인식거리는 870 MHz에서 6.93~4.48 m, 890 MHz에서는 7.05~4.34 m, 910 MHz에서는 8.42~5.01 m, 930 MHz에서는 10.11~5.89 m, 그리고 950 MHz에서는 8.22~5.13 m의 인식거리를 가진다. 슬릿이 있는 태그 안테나의 주파수에 따른 인식거리 측정 결과를 표 4에 요약하였다. 따라서 제안된 광대역에서 일정한 준 등방성 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나는 리더 시스템에서 태그를 인식할 때 동작 대역폭 안에서 주파수 변화에 무관하게 안정적인 인식거리를 갖는다.

IV. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역에서 주파수 변화에 무관하게 안정적인 인식거리를 갖고자 광대역에서 일정한 준 등방성 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나를 제안하였다. 제안된 태그 안테나는 복사부에 해당하는 U-형태의 반파장 다이폴 안테나에 상용 태그 칩과의 공액 정합이 용이하도록 사각형태의 급전부가 결합된 구조로써, 급전부 상단 중앙에 상용 태그 칩을 연결하였다. 또한, U-형태의 다이폴 안테나 본체에 직사각형 슬릿을 만들어 동작 대역폭 안에서 일정한 준 등방성 특성을 가지도록 하였다. 제

안된 슬릿이 없을 경우와 슬릿이 있을 경우의 태그 안테나는 상용 태그 칩과의 공액 정합으로 UHF 대역폭을 모두 만족하는 광대역 특성을 얻었다. 슬릿이 없는 태그 안테나의 경우 동작 대역폭 안에서 최대 이득편차와 최소 이득편차의 차이가 약 0.53 dB를 가졌고, 인식거리를 측정된 결과 870 MHz에서 8.04~5.29 m, 890 MHz에서는 8.38~5.30 m, 910 MHz에서는 10.23~6.10 m, 930 MHz에서는 11.48~6.69 m, 그리고 950 MHz에서는 7.95~5.01 m의 인식거리를 가졌다. 그리고 본체에 삽입한 슬릿에 의해 동작 대역폭 안에서 최대 이득편차와 최소 이득편차의 차이가 약 0.06 dB로 매우 일정한 이득편차 특성을 가졌으며, 인식거리 측정 결과 870 MHz에서 6.93~4.48 m, 890 MHz에서는 7.05~4.34 m, 910 MHz에서는 8.42~5.01 m, 930 MHz에서는 10.11~5.89 m, 그리고 950 MHz에서는 8.22~5.13 m로 안정적인 인식거리를 가졌다. 따라서 제안된 태그 안테나는 RFID 시스템의 UHF 대역폭인 860 MHz에서 960 MHz 안에서 일정한 준 등방성 특성을 가지므로 모든 국가에서 통용 가능한 RFID 태그로 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] K. Watanabe, H. Aono, S. Ozaki, K. Yoshimura, K. Saito, K. Kudo, and A. Watanabe, *Ubiquitous Radio Frequency Identification*, Nikkei BP, 2004.
 [2] R. Riesco, *RFID and Contactless Smart Card Applications*, Wiley: New York, 2005.
 [3] V. D. Hunt, A. Puglia, and M. Puglia, *A Guide to Radio Frequency Identification*, Wiley: New York, 2007.

- [4] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd Ed., Wiley: New York, 2003.
- [5] W. Choi, H. Son, C. Shin, J. Bae, and G. Choi, "RFID tag antenna with a meandered dipole and inductively coupled feed", *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, vol. 9, no. 14, pp. 619-622, Jul. 2006.
- [6] C. C. Chang, Y. C. Lo, "Broadband RFID tag antenna with capacitively coupled structure", *Electron. Lett.*, vol. 42, no. 23, pp. 1322-1323, Nov. 2006.
- [7] W. Lee, K. Chang, and Y. Yoon, "Small RFID tag antenna with bandwidth-enhanced characteristic", *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 1359-1362, Jul. 2006.
- [8] 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.
- [9] 이상운, 조치현, 이기근, 추호성, 박익모, "등방성 복사 특성을 가지는 U-형태의 RFID 태그 안테나", *한국전자과학회논문지*, 19(5), pp. 523-532, 2008년 5월.
- [10] H. Jang, B. Lee, "UHF-band inductively-coupled RFID antenna with near-isotropic radar cross section patterns", *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 1209-1212, Jun. 2007.
- [11] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [12] L. Yang, S. Basat, and M. Tentzeris, "Design and development of novel inductively coupled RFID antennas", *Proc. IEEE AP-S Symp.*, pp. 1035-1038, Jul. 2006.
- [13] S. L. Chen, K. H. Lin, "A folded dipole with a closed loop for RFID applications", *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 2281-2284, Jun. 2007.
- [14] Y. Choi, U. Kim, and J. Choi, "Design of a dipole tag antenna enclosed by a short-stub for UHF RFID application", *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 1-4, Jul. 2008.
- [15] C. Cho, H. Choo, and I. Park, "Broadband RFID tag antenna with quasi-isotropic radiation pattern", *Electron. Lett.*, vol. 41, pp. 1091-1092, Sep. 2005.
- [16] 이상운, 조치현, 이기근, 추호성, 박익모, "기생 소자를 가지는 U-형태의 광대역 RFID 태그 안테나", *한국전자과학회논문지*, 20(1), pp. 75-82, 2009년 1월.
- [17] 조치현, 추호성, 박익모, 강진섭, "유전자 알고리즘을 사용한 안테나 고차 변압 회로 구성과 변압 회로를 사용한 Wheeler Cap 효율 측정법", *한국전자과학회논문지*, 17(8), pp. 753-759, 2006년 8월.

이 상 운



태그 안테나 설계

2007년 2월: 남서울대학교 전자공학
학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 아주대학교 전
자공학부 석사과정
2009년 4월~현재: (주)가람솔루션
안테나 사업부 전임연구원
[주 관심분야] 소형 안테나, RFID

정 학 주



2009년 2월: 순천향대학교 정보기
술공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 아주대학교 전
자공학부 석사과정
[주 관심분야] RFID 태그 안테나
설계

추 호 성



1998년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학사)

2000년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학석사)

2003년 5월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학박사)

2003년 6월~2003년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (Post Doctor)

2003년 8월~현재: 홍익대학교 전자전기공학부 조교수
[주 관심분야] 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계, RFID용 태그 및 리더 안테나

박 익 모



1984년: 뉴욕주립대학교 전기전자공학과 (공학사)

1989년: 일리노이대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (공학석사)

1994년: 일리노이대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (공학박사)

1994년~1996년: LG전자기술원

1996년~현재: 아주대학교 전자공학부 교수

[주 관심분야] 초고주파 및 테라헤르츠파 수동소자 (안테나 포함) 설계 및 해석