

유도 결합 구조를 응용한 UHF 대역 Near-Isotropic 태그 안테나

Near-Isotropic Tag Antenna in UHF band Using Inductively Coupled Feeding

안준오 · 장형민 · 문효상 · 이범선

Jun-Oh Ahn · Hyung-Min Jang · Hyo-Sang Moon · Bom-Son Lee

요 약

본 논문에서는 유도 결합 구조를 응용하여 등방향 방사 특성에 근접하고 기 상용화된 태그 칩과의 임피던스 매칭과 제작이 용이한 UHF(911 MHz) 대역 RFID 태그 안테나를 설계·제작하였다. 제안된 안테나는 40×46 mm (0.12×0.14 λ)의 크기를 가지고 수직 입사의 경우에 최대 RCS가 -18.5 dBm²이며, 3 dB RCS 대역폭이 9 MHz(1%)이다. 태그 칩과 안테나 임피던스가 단락 상태일 때의 RCS가 방향에 따라 최대 -16.9 dBm², 최소 -21.4 dBm²로 4.5 dB의 차이를 보여, 기존 다이폴 형태의 안테나가 가지는 입사각의 방향에 따른 문제점을 대폭 개선하였다. 또한 설계된 안테나를 제작하여 입사각 각도에 따른 RCS를 측정하였고, 시뮬레이션 결과와 유사함을 확인하였다.

Abstract

This paper presents an UHF band(911 MHz) RFID tag antenna which has near-isotropic radiation pattern and easy conjugate impedance matching characteristics to any commercial chips of usual practice through the application of an inductively-coupled feeding. The proposed antenna of compact size 40×46mm(0.12×0.14 λ) has, at normal incidence, the maximum RCS of -18.5 dBm² and the 3 dB RCS bandwidth of 9 MHz(1%) in case of short chip load. It has the maximum and minimum RCS' of -16.9 dBm² and -21.4 dBm² depending on the incident angles. The difference of about 4.5 dB is relatively small compared with that (about 70 dB) of a pure dipole antenna. The designed antenna has been fabricated and its RCS' have been measured varying the angles of incidence. The measured RCS' have been found to have good agreement with the simulated ones.

Key words : RFID, Tag, RCS, Antenna, Near-isotropic

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 사물에 부착된 태그로부터 전파를 이용하여 사물의 정보(identification) 및 주변 환경 정보를 인식하여 측위, 원격 처리·관리 및 사물 간 정보 교환 등 다양한 서비스를 제공할 수 있는 시스템이다. RFID 시스템은 크게 칩, 태그, 리더, 미들웨어 및 응용 서비스 플랫폼으로 구성되고, 저주파(125 kHz, 135 kHz), 고주파

(13.56 MHz), 극초단파(433 MHz, 860~960 MHz), 마이크로파(2.45 GHz) 등 여러 주파수 대역을 이용하고 있으며, 각기 사용 방법이나 활용 범위가 다르다. 이 중 UHF 대역은 중장거리 신호 전송이 가능하고 대역폭이 넓어 고속 전송이 가능하기 때문에 유통, 물류를 비롯하여 생활 전 분야로 확대되고 있는 상황이다^[1].

RFID 시스템 구성 요소 중, RFID 태그는 각 사물의 고유 정보를 가지고 있는 마이크로 칩(IC)과 이를

경희대학교 전파공학과(Department of Radio Engineering, Kyunghee University)

· 논문 번호 : 20061108-139

· 수정완료일자 : 2006년 11월 28일

리더기로 전송하는 안테나로 이루어져 있다. 특히, UHF 대역의 RFID 시스템은 리더기에서 태그로 전파를 방사하고 태그에서는 고유 정보를 다시 리더기로 전송하는 후방 산란 방식(backscatter)을 이용하고 있다. 이러한 후방 산란 방식의 태그 안테나 설계에서는 안테나의 높은 산란 단면적이 성능에 중요한 요소로 작용한다. RFID 태그 안테나는 물리적 크기가 작고, 제작이 용이하여 제작 단가가 낮아야 하며, 리더기 방사 위치에 따른 인식률의 변화가 작아야 하고, 태그 칩의 임피던스와 안테나 임피던스와의 매칭이 용이한 구조이어야 한다^{[2],[3]}.

보통 태그 칩의 임피던스는 저항(R) 성분과 리액턴스(X) 성분을 가지는데 제작사마다 조금씩 다르긴 하나, 보통 저항 성분은 100 Ω 이하, 리액턴스 성분은 (-)300~(-)100 Ω을 가지고 있는 것으로 보고 되고 있다. 보통 UHF 대역의 RFID 태그 안테나는 다이폴 형태의 변형된 모양을 가지고 있으나, 다이폴 형태의 안테나는 리더기의 방사 방향에 따라 인식이 어려운 널(null) 부분이 존재하여 전방향 인식이 어려운 단점을 보이고 있다^[4].

본 논문에서는 UHF 대역(911 MHz) RFID 태그 안테나의 성능을 결정하는 요소 중 태그 칩과 안테나와의 임피던스 매칭이 용이한 유도 결합(inductively coupled) 구조의 태그 안테나를 제안하였다^[5]. 제작의 용이성을 위하여 폴리에틸렌(PET, $\epsilon_r=3.2$) 위에 전도성 물체를 프린트할 수 있는 구조를 제안하여 대량 생산 및 제작 단가를 낮출 수 있는 장점을 가지게 하였다. 특히 기존 다이폴 형태의 안테나가 가지는 입사파의 각도에 따른 인식 문제점을 개선하여, 등방향 방사 특성에 근접하는 안테나를 제안하였다^[6].

II. 태그의 등가 회로 및 RCS (Radar Cross Section)

RFID 태그는 마이크로칩과 안테나로 구성된다. 태그의 마이크로 칩은 고유한 임피던스를 가지고 있으며, 일반적으로 칩 임피던스의 두 가지 상태 변화에 따라 산란 단면적(RCS: Radar Cross Section)이 변화하게 된다. 즉, 칩이 가지고 있는 고유한 정보는 칩 임피던스의 변화에 따른 RCS의 변화를 통하여 리더기로 정보를 전달한다. 이러한 방법은 진폭 변조(ASK)

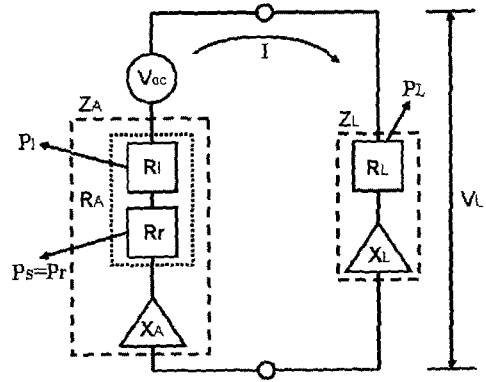


그림 1. 태그의 등가 회로
Fig. 1. The equivalent circuit of tag antenna.

의 일부분으로 간주될 수 있다.

그림 1은 태그의 테브난 등가 회로도이다. V_{oc} 는 태그 안테나가 오픈(open)되었을 때 리더로부터 전파가 방사되어 유기되는 전압으로 칩(회로)임피던스 Z_L 은 $R_L + jX_L$ 로 주어지고, 안테나 임피던스 Z_A 는 $R_A + jX_A$ 로 나타낼 수 있다. 이때 $R_A = R_t + R_r$ 이다.

일반적으로 칩 리액턴스 X_L 은 다이오드를 이용한 정류 회로로 구성되기 때문에 부(-)의 값을 가진다. R_r 은 산란(re-radiation or scattering) 전력 P_s 에 상응하는 방사 저항이고 P_i 은 안테나에서 소모되는 저항을 의미한다. 본 논문에서는 안테나 열로 손실되는 저항 R_t 을 무시할 정도로 작은 값으로 가정한다. P_L 은 칩에 전달되는 전력을 나타내며, 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_L = (1 - |\Gamma_{reader}|^2)(1 - |\Gamma_{tag}|^2)p \frac{P_{in} G_{reader} G_{tag}}{\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2} = (1 - |\Gamma_{reader}|^2)M p \frac{P_{in} G_{reader} G_{tag}}{\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2} \quad (1)$$

P_{in} 은 입력 전력이고, G_{reader} 는 리더의 이득이고 G_{tag} 는 편파 정합이 이루어진 경우의 리더 이득을 나타내며, p 는 태그에서의 편파 부정합 팩터, M 은 태그의 임피던스 부정합 팩터, R 은 리더와 태그 사이의 거리, λ 는 파장을 의미한다. p 와 M 은 0에서 1사이의 값을 가지며 0일 경우는 완전한 부정합, 1일 경우는 완전 정합을 의미한다. 또한 Γ_{reader} 와 Γ_{tag} 는 리더와 태그의 반사계수를 나타내며,

$$\Gamma_{reader} = \frac{Z_{A, reader} - Z_0}{Z_{A, reader} + Z_0} \quad (2)$$

$$\Gamma_{tag} = \frac{Z_{A, tag} - Z_L^*}{Z_{A, tag} + Z_L} \quad (3)$$

와 같다. $Z_{A, reader}$ 는 리더안테나 임피던스, $Z_{A, tag}$ 는 태그 안테나 임피던스, Z_0 는 리더의 전송선의 임피던스, Z_L 은 칩 임피던스, Z_L^* 는 칩 임피던스의 공액 복소 임피던스이다. 칩에 전달되는 전력은 칩 회로를 구성하고 있는 정류 회로, 논리 회로 등을 동작시킬 수 있을 정도로 충분하여야 한다. 만약 칩이 구동할 수 있는 최소 전력($P_{L, min}$)이 주어졌다면, 리더의 인식 거리는 식 (4)와 같다.

$$R_1 = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{(1 - |\Gamma_{reader}|^2)(1 - |\Gamma_{tag}|^2) P \frac{P_{in} G_{reader} G_{tag}}{P_{L, min}}} \quad (4)$$

다이폴 형태를 갖는 태그 안테나의 경우, 안테나 임피던스와 칩 임피던스가 공액 정합(conjugate matching)되었을 경우($\Gamma_{tag}=0$), 리더가 받는 전력 P_{rec} 는

$$P_{rec} = (1 - |\Gamma_{reader}|^2)^2 P^2 \frac{P_{in} G_{reader}^2 G_{tag}^2}{\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^4} \quad (5)$$

와 같으며, 일반적인 형태의 태그 안테나의 경우는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다^[7].

$$P_{rec} = (1 - |\Gamma_{reader}|^2)^2 \frac{P_{in} G_{reader}^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (6)$$

이때 산란 단면적 σ (RCS)는 칩의 임피던스에 따라 달라진다. 태그에서 리더로의 데이터 전달은 칩 임피던스가 일반적으로 두 가지 상태가 변함으로 인해 가능하다. 다이폴 형태의 안테나의 경우, RCS는 칩 임피던스가 단락 상태(σ_{short})일 때 최대가 된다. 또한 칩 임피던스가 매칭 상태일 때($Z_L=Z_{A, tag}^*$)의 RCS(σ_{match})는 단락일 때 RCS(σ_{short})의 약 1/4이 된다. 이는 그림 1의 등가 회로를 이용하면 확인할 수 있다. 그러나 이러한 결과는 다이폴 형태의 안테나가 아닌 경우 반드시 일반적인 사실이라고 하기 어렵다^[8]. 즉, 그림 1의 등가 회로에서 일반적인 형태의 안테나의 경우에 있어서 P_L 의 계산은 유효하나, P_{rec} 는 다이폴 형태의 태그 안테나 계산에만 유효하다. 결론적으로, 식 (6)이 태그 안테나에 대한 P_{rec} 를 계산하는 방법 중 가장 일반적인 식이라 볼 수 있다.

식 (6)에서 보는 바와 같이, 리더에서 받는 전력은 RCS에 비례한다. 리더기 특성이 정해져 있다면, 태그 안테나의 RCS가 매칭과 단락의 두 가지 임피던스 변화에 따라 달라지고 이것에 따라 태그의 특성이 결정된다고 볼 수 있는 것이다.

또한 RCS(σ)는 태그에 입사되는 파의 각도에 따라서도 그 값이 달라진다. 이러한 RCS의 변화는 EM 시뮬레이션이나 측정을 통하여 확인할 수 있다. 만약 리더의 특성이 일정하고, 리더까지 도달하는 최소 전력을 $P_{rec, min}$ 이라 하면 인식거리는 식 (7)과 같다.

$$R_2 = \left[(1 - |\Gamma_{reader}|^2)^2 P^2 \frac{P_{in} G_{reader}^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{rec, min}} \right]^{1/4} \quad (7)$$

태그 안테나의 인식거리는 식 (4)와 식 (7)의 (R_1 , R_2)중 작은 값으로 설정할 수 있다.

태그의 안테나가 $1/\sqrt{LC}$ 에서 공진하고, 동작되는 각주파수가 ω_0 , 안테나 임피던스 $Z_A=R_A+j\omega L=R_L+j/\omega C$ 가 주어질 때, 칩 사이에 걸리는 전압의 크기 $|V_L|$ 은 식 (8)과 같다.

$$|V_L| = |V_{oc}| \sqrt{\frac{1}{4} + Q^2} \quad (8)$$

이때, $Q = \frac{\omega_0 L}{2R_L} = \frac{1/(\omega_0 C)}{2R_L}$ (Q: Quality factor)이다. 만약 높은 Q 값을 가지는 태그를 사용하면, RCS 대역폭은 줄어들고, 낮은 Q 값을 가지는 태그를 사용한다면 대역폭은 증가하게 된다.

III. 제안된 RFID 태그 안테나

3.1 유도 결합 태그 안테나

일반적으로 안테나는 특성 임피던스에 정합 가능하도록 50 Ω을 기준으로 설계된다. 이러한 정합을 위하여 보통 다이폴 형태의 안테나는 파장의 $\lambda/2$ 크기(911 MHz에서 약 16 cm)로 설계된다. 그러나 태그 안테나의 경우에는 일반적인 안테나와 다른 개념으로 설계하여야 한다. 즉, 태그의 마이크로 칩이 가지고 있는 임피던스와의 정합이 가능하고, 높은 산란 단면적(RCS)을 가지도록 설계되어야 한다. 일반적으로 태그 칩은 낮은 저항 성분과 높은 커패시턴스 성분을 가지고 있다. 따라서 태그 안테나의 임피

던스는 이러한 칩 임피던스와 공액 정합(conjugate matching) 되도록 설계하는 게 중요한 요소라 할 수 있다^{[9],[10]}. 그리고 리더기의 방향에 따른 인식의 차이가 없는 태그, 즉, 등방향 방사 특성을 가지는 것이 좋다. UHF 대역에서 사용되는 태그 안테나는 일반적으로 다이폴 형태로 되어 있어 다이폴 안테나의 널(null) 부분에서 인식이 급격히 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그림 2는 본 논문에서 제안하고 있는 유도 결합형 태그 안테나의 구조를 나타내고 있다.

제안된 안테나의 전체 크기는 40×46 mm (0.12×0.14 λ)로 λ/2 보다 작게 설계되었으며, 폴리에틸렌(PET, ε_r=3.2) 위에 전도성 물체를 간단하게 프린트할 수 있는 구조로 설계하여 제작을 용이하게 하였다. 라인의 폭과 두께 및 길이는 등방향 방사 특성을 가질 수 있도록 조절하였으며, 표 1과 같은 값을 가지도록 설계하였다.

또한 태그 칩을 장착할 수 있는 급전 루프 부분과 전파를 방사하는 방사 부분으로 구성된 유도 결합 구조를 응용한 형태로 설계하였는데, 이는 다이폴 형태의 안테나가 가지는 높은 RCS 값을 유지하면서 태그 칩이 가지는 높은 커패시턴스 성분과 공액 정합이 가능토록 인덕턴스 성분을 높이기 위함이다.

태그 칩 임피던스(Z_L)는 2-j146 Ω으로 설계하였다. 그림 3은 본 논문에서 제안한 안테나를 EM 시뮬레이션을 이용하여 계산한 임피던스 특성을 나타내

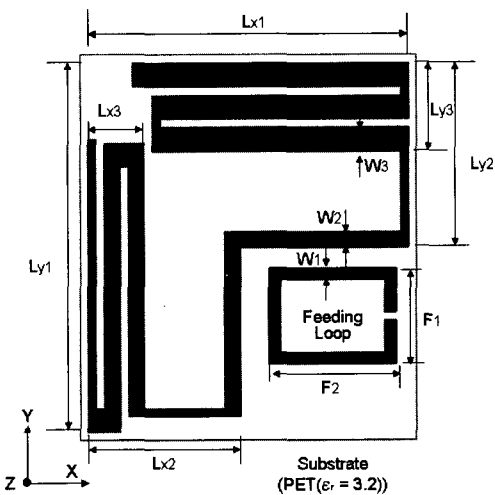


그림 2. 제안된 RFID 태그
Fig. 2. The geometry of proposed tag antenna.

표 1. 제안된 안테나의 설계 변수
Table 1. Design parameters of the proposed antenna.
(단위 : mm)

	Lx ₁	Lx ₂	Lx ₃	Ly ₁	Ly ₂	Ly ₃	F ₁	F ₂	W ₁	W ₂	W ₃
길이	40	19	7	46	23	11	12	16	1.5	2	3

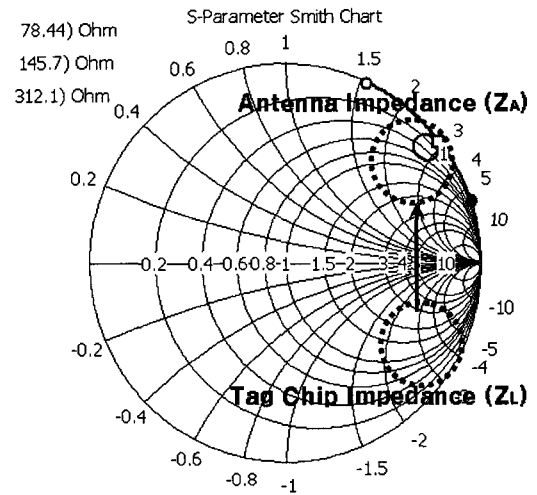


그림 3. 제안된 RFID 태그 안테나 임피던스 특성
Fig. 3. The impedance characteristic of proposed tag antenna.

고 있다. 그림 3에서와 같이 911 MHz에서 태그 칩 임피던스(Z_L)는 낮은 저항 성분과 높은 리액턴스 성분으로 구성되어지고, 안테나 임피던스는 이와 복소 정합이 가능하도록 설계되었고, 또한 주파수에 따른 안테나 임피던스 궤적이 설계 목표 임피던스 주위를 도는 형태로 되어 있어 최대한의 대역폭을 얻을 수 있도록 설계되었음도 알 수 있다.

3-2 안테나 RCS 특성

제안된 등방향성 태그 안테나에 수직 방향(-z 방향)으로 평면파를 입사하고, 입사된 평면파의 방향에서의 부하 상태에 따른 RCS 값을 시뮬레이터를 통하여 살펴보면 표 2와 같다.

그림 4는 y 방향의 전계를 갖는 평면파를 -z 방향으로 입사하고 이때 임피던스 변화에 따른 RCS 값을 보여주고 있다. 안테나 임피던스가 칩 임피던스와 복소정합(Z_L=2-j146 Ω)일 때 RCS는 -23.56 dBm², 단락(Z_L=-j146 Ω)일 때 RCS는 -18.50 dBm²

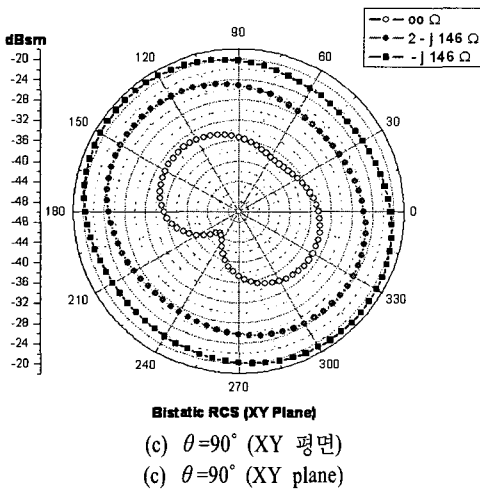
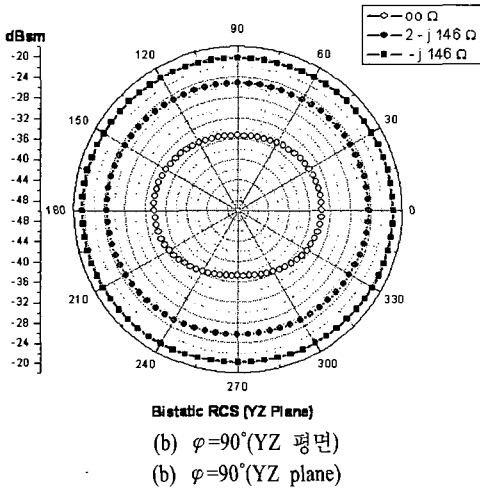
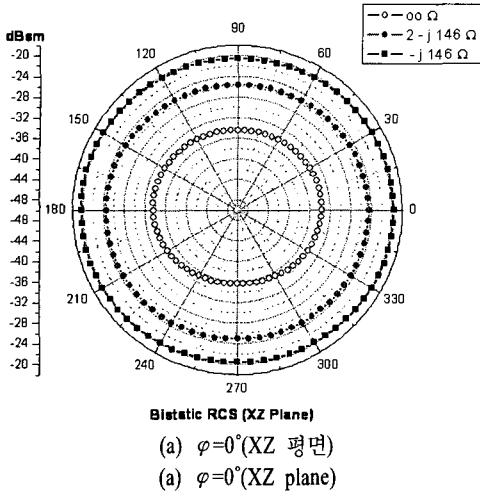


그림 4. 임피던스의 변화에 따른 태그 RCS 패턴
 Fig. 4. Bistatic radar cross sections when a plane wave with $E_y=1$ (V/m) hits the designed tag.

표 2. 부하 상태에 따른 RCS
 Table 2. RCS' with different loads.

임피던스 상태	RCS(dBsm)
Short($Z_L=-j146\Omega$)	-18.50
Match($Z_L=2-j146\Omega$)	-23.56
Open($Z_L=\infty\Omega$)	-33.39

이다. 정합과 단락일 때 RCS 차이는 5.06 dB이다. 충분한 인식거리의 확보를 위해서는 이러한 RCS 값이 클수록 좋고, 정합일 때와 단락일 때의 차이가 클수록 좋다.

또한 제안된 안테나의 RCS 특성을 살펴보면 각 단면에서의 RCS 값의 최소치와 최대치가 3 dB 이하로 매우 좋은 등방성 특성을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 다이폴 형태의 태그 안테나에서 흔히 보이는 음영 지역이 존재하지 않고 상대적으로 매우 균등한 RCS 값을 가짐을 알 수 있다.

그림 5는 제안된 안테나의 주파수 따른 3 dB RCS 값을 보여 주고 있다. 단락일 때의 3 dB RCS 대역폭은 908~917 MHz 로 약 9 MHz(1%)인 것을 알 수 있다. 이는 우리나라의 900 MHz 대역 RFID 주파수가 908.5~914 MHz (5.5 MHz 대역폭)로 분배되어 있는 점을 감안할 때, 제안된 태그 안테나가 충분한 대역폭을 확보하고 있음을 보여주고 있다. 이는 설정된 칩 임피던스의 Q 값이 매우 커서 일어나는 현상이며 낮은 Q를 갖는 칩에 대한 설계라면 대역폭은 그만큼

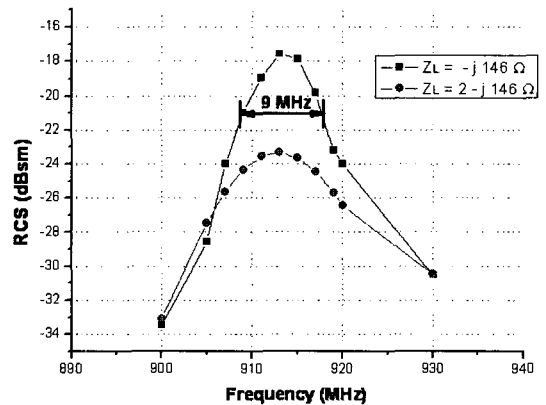


그림 5. 주파수 변화에 따른 3 dB RCS 값
 Fig. 5. 3 dB RCS' at normal incidence as a function of frequencies.

넓어지게 된다.

RFID가 이용되는 일반적인 환경은 리더기와 태그가 항상 일정한 방향으로(또는 같은 편파를 갖도록) 위치할 수 없다. 그러나 리더에 대한 태그 안테나의 방향이 변하여도 RCS 변화가 크지 않아야 그 성능이 좋다고 할 수 있다. 즉, 입사파의 방향에 따라 등방성에 가까운 특성을 보이는 안테나를 설계해야 함을 의미한다^[11]. 따라서 태그 안테나에 입사되는 평면파의 입사 방향에 따른 RCS의 변화를 관측해 보는 것은 매우 의미있는 작업이다.

그림 6은 리더에서 입사되는 파가 태그와 정면일 때의 각도를 0° 라 가정하고 각도의 변화에 따른 RCS를 시뮬레이션 한 결과를 그래프로 나타내었다. 제한된 안테나의 경우, 칩 임피던스와 단락 상태($Z_L = -j146\Omega$)인 경우 입사되는 파의 각도에 따른 RCS 값은 $\Phi=0^\circ$ 일 때, θ 의 변화에 따른 RCS는 최대 -16.97 dBm^2 이고, 최소 -19.49 dBm^2 이며, $\Phi=90^\circ$ 일 때 θ 의 변화에 따른 RCS는 최대 -16.75 dBm^2 , 최소 -19.03 dBm^2 이다. 또한 $\theta=90^\circ$ 일 때 Φ 의 변화에 따른 RCS는 최대 -19.03 dBm^2 , 최소 -21.47 dBm^2 를 가진다. 이러한 RCS 특성은 입사파의 방향에 따라 최대 RCS(-16.97 dBm^2)와 최소 RCS(-21.47 dBm^2)가 4.5 dB 이하로, 제한된 태그 안테나가 거의 등방성 방사 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

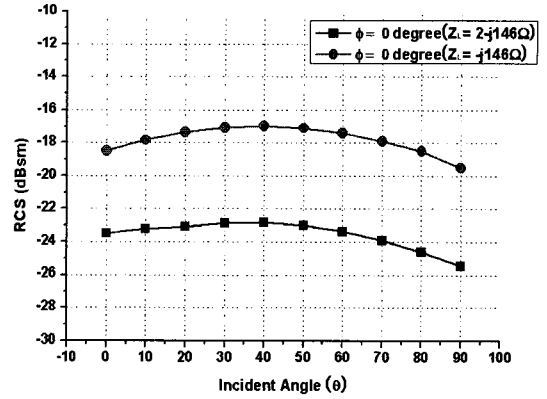
이는 일반적인 다이폴 태그 안테나에서 음영 부분에서의 RCS가 -85 dBm^2 이하로 매우 낮은 값을 보이는 문제점 즉, 입사파의 방향에 따른 태그 인식 문제점을 대폭 개선하였음을 보여주는 결과이다.

3.3 제작 및 측정

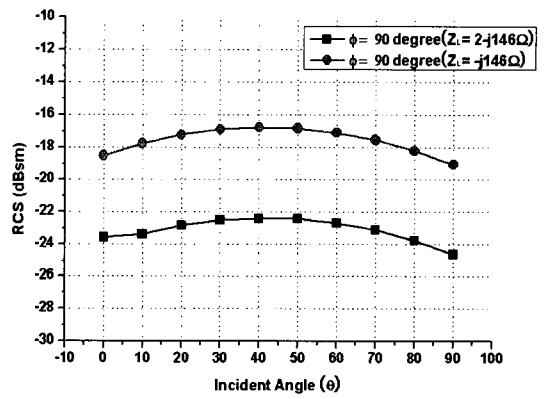
그림 7은 EM 시뮬레이션으로 도출된 최적의 값을 적용한 실제 태그 안테나를 제작한 사진이다. 안테나는 폴리에틸렌(PET, $\epsilon_r=3.2$) 기판 위에 전도성 물체를 식각하여 제작하였고, 태그 안테나의 전체 크기는 $40 \times 46 \text{ mm}$ ($0.12 \times 0.14 \lambda$), 두께는 0.018 mm 이다. 또한 1.2 pF 칩 커패시터를 연결하여 단락 상태를 구성하였다.

제작된 안테나의 등방성 특성을 알아보기 위하여 전파 무반사실에서 리더 안테나를 그림 8과 같이 구성하고 $10 \log_{10} |S_{21}|$ 값을 측정하였다.

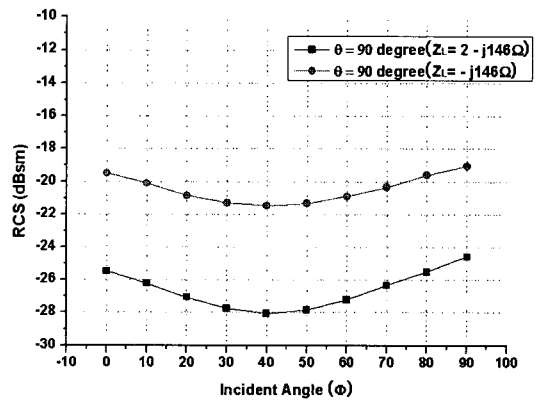
또한 표준 다이폴 안테나를 기준으로 RCS 값을



(a) XZ 평면에서 입사파의 각도에 따른 RCS
(a) RCS' as a function of incident angles in XZ Plane



(b) YZ 평면에서 입사파의 각도에 따른 RCS
(b) RCS' as a function of incident angles in YZ Plane



(c) XY 평면에서 입사파의 각도에 따른 RCS
(c) RCS' as incident planewave angle at XY Plane

그림 6. 입사파의 각도에 따른 안테나의 RCS
Fig. 6. RCS' as incident planewave angle.

환산하여 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 실측은 리더기 송신 안테나 Tx에서 수신 안테나 Rx로 전파신

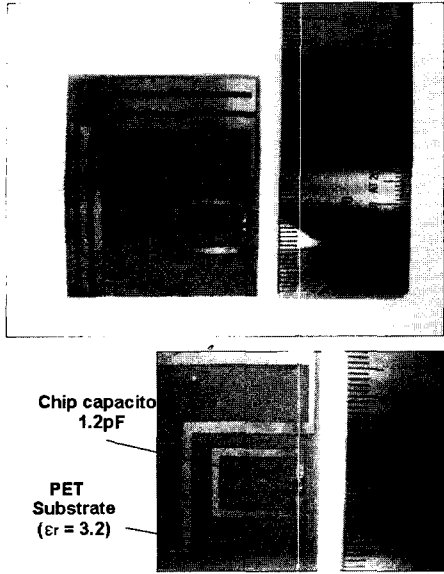


그림 7. 제작된 UHF 대역 RFID 태그
Fig. 7. Photograph of fabricated tag antenna.

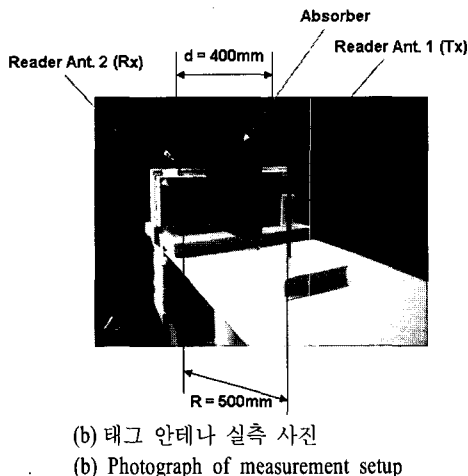
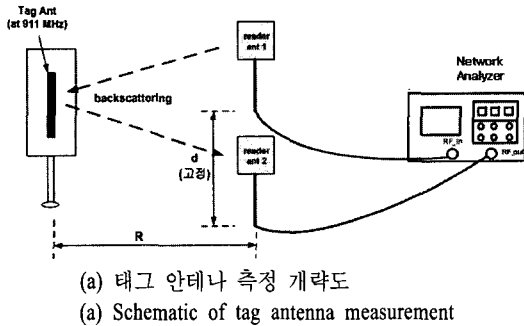


그림 8. 제작된 태그 안테나 측정도 및 사진
Fig. 8. Schematic and photograph of measurement setup.

호가 직접 영향을 미치는 것을 최소화하기 위하여 리더기 사이에 전파 흡수체를 설치하였다.

리더기 안테나 사이에 전파 흡수체를 설치하였을 때 $10 \log_{10} |S_{21}|$ 값은 -54 dB 였다. 전파 흡수체를 설치 후, 다이폴 안테나의 $10 \log_{10} |S_{21}|$ 값은 -34.5 dB이고 이 값을 RCS로 -10.3 dBm²으로 환산할 수 있다. 이 값을 기준으로 제작된 태그 안테나를 리더기 송신 안테나의 방향에 따라 여러 각도로 움직이면서 상대적인 값을 측정하였다. 표 3은 리더기의 방향에 따른 태그 안테나의 상대적인 값을 시뮬레이션 결과와 비교한 표이다. 실측 결과에서도 RCS의 최대치와 최소치가 3 dB 이하로 등방성 특성을 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 유도 결합 구조를 응용하여 등방성 방사 특성에 근접하고 기 상용화된 태그 칩과의 임피던스 매칭과 제작이 용이한 UHF(911 MHz) 대역

표 3. 입사파 각도에 따른 시뮬레이션 결과와 측정 결과 비교(단락 상태일 때)

Table 3. The RCS of simulated versus measured(at short).

RCS (dBm ²)		θ 변화			
		0°	30°	60°	90°
Φ=0° 일 때	시뮬레이션	-18.5	-17.1	-17.4	-19.5
	$10 \log_{10} S_{21} $ dB	-43.3	-42.5	-42.8	-43.3
	측정평균 (환산값)	-19.1	-18.3	-18.6	-19.1
Φ=90° 일 때	시뮬레이션	-18.5	-16.8	-17.1	-19.0
	$10 \log_{10} S_{21} $ dB	-42.0	-41.5	-41.5	-42.0
	측정평균 (환산값)	-17.8	-17.3	-17.3	-20.3
RCS(dBm ²)		Φ 변화			
θ=90° 일 때	시뮬레이션	-19.5	-21.3	-20.1	-19.0
	$10 \log_{10} S_{21} $ dB	-44.5	-44.6	-43.4	-43.5
	측정평균 (환산값)	-20.3	-20.4	-19.2	-19.3

RFID 태그 안테나를 설계·제작하였다. 제안된 안테나는 급전 루프부와 방사부로 구성된 유도 결합 구조를 응용한 모양으로 안테나의 인덕턴스 성분을 높여 태그 칩과의 임피던스 매칭을 용이하게 하였으며, 안테나의 크기는 $40 \times 46 \text{ mm}$ ($0.12 \times 0.14 \lambda$)로 일반적인 다이폴 형태의 태그 안테나 보다 길이가 짧으며, 특히 상용화된 등방성 특성을 보이는 태그 안테나보다 작게 설계되었다. 한편 3 dB RCS는 908~917 MHz로 약 9 MHz(1%) 대역폭을 가지고 있다. 또한 일반적인 다이폴 형태의 안테나는 입사파의 방향에 따른 RCS의 차가 69.3 dB로 매우 큰 반면, 제안된 안테나는 칩 임피던스와 단락 상태일 때 최대 -16.97 dBm^2 , 최소 -21.47 dBm^2 로 4.5 dB의 차이를 보여 입사파의 방향에 따른 등방향성 인식 특성을 개선하였다.

또한 설계된 안테나를 제작, 입사파 각도에 따른 RCS를 시뮬레이션 결과와 비교 분석하여 시뮬레이션 결과와 유사함을 확인하였다.

이러한 안테나를 사용할 경우, 현재 RFID 시스템에서 문제점으로 지적되고 있는 인식률을 크게 높일 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook*, John Wiley & Sons, Second Edition, 1999.
 [2] X. Qing, N. Yang, "A folded dipole antenna for RFID", *IEEE Int. Symp. on AP-S.*, vol. 1, pp. 97-100, Jun. 2004.
 [3] K. V. S. Rao, Pavel V. Nikitin, and Sander F. Lam, "Impedance matching concepts in RFID transpon-

der design", *Automatic Identification Advanced Technologies, IEEE*, pp. 39-42, Oct. 2005.
 [4] Hongil Kwon, Bomson Lee, "Meander line RFID tag at UHF band evaluated with radar cross sections", *IEEE. AMPC.*, vol. 4, Dec. 2005.
 [5] Namhoon Kim, Hongil Kwon, Jong-Wook Lee, and Bomson Lee, "Performance analysis of RFID tag antenna at UHF (911 MHz) band", *Antennas and Propagation Society International Symposium IEEE*, pp. 3275-3278, Jul. 2006.
 [6] 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.
 [7] Robert E. Collin, *Antennas and Radio Wave Propagation*, McGraw-Hill Book Company, 1985.
 [8] John D. Kraus, Ronald J. Marhefka, *Antennas For All Applications*, McGraw-Hill, Third Edition, 2003.
 [9] Wonkyu Choi, H. W. Son, Chansoo Shin, Ji-Hoon Bae, and Gilyoung Choi, "RFID tag antenna with a meandered dipole and inductively coupled feed", *Antennas and Propagation Society International Symposium IEEE*, pp. 619-622, Jul. 2006.
 [10] K. Penttila, M. Keskilammi, L. Sydanheimo, and M. Kivikoski, "Radar cross-section analysis for passive RFID systems", *IEE proc.-Microw. Antennas*, vol. 153, no. 1, Feb. 2006.
 [11] Hongil Kwon, B. Lee, "Evaluation of RFID tag antenna performance using radar cross sections", *Wireless Technology, The European Conference*, pp. 491-493, Oct. 2005.

안 준 오



1993년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학사)
1995년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 3월~현재: 경희대학교 전자공학과 박사과정
2001년 2월~현재: 한국전파진흥협회

회 팀장

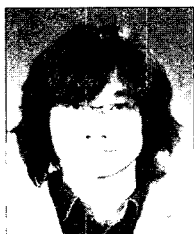
[주 관심분야] RFID 안테나 설계, 스펙트럼 엔지니어링, 전파자원관리

문 호 상



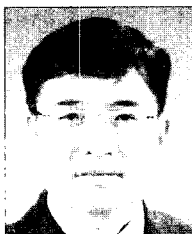
2006년 8월: 경희대학교 전자공학과 (공학사)
2006년 8월~현재: 경희대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RFID 안테나 설계, MIMO 안테나

장 형 민



2006년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학사)
2006년 3월~현재: 경희대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RFID 태그 안테나 설계

이 범 선



1982년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1991년 8월: 미국 네브래스카 주립대학교 전기공학과 (공학석사)
1995년 5월: 미국 네브래스카 주립대학교 전기공학 (공학박사)
1995년 9월~현재: 경희대학교 전

자정보학부 교수

[주 관심분야] 안테나 및 전자파이론, 초고주파 수동회로