

# 부착면 표면물질에 의한 성능 왜곡을 최소화한 이중 선로의 비대칭 다이폴 형태 태그 안테나 설계

## Design of a Tag Antenna with a Low Performance Distortion from an Attached Surface Material Using the Asymmetric Dual-Arm Dipole Structure

김도균 · 추호성

Dokyun Kim · Hosung Choo

### 요약

본 논문에서는 부착될 물질이 가지는 전기적 특성에 의한 성능 변화가 적은 이중 선로의 비대칭 다이폴 형태 RFID 용도 태그 안테나(Asymmetric Dual-arm Dipole Antenna: ADDA)를 제안하였다. 제안된 태그 안테나는 상용 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기( $\epsilon_r=1.7, \tan \delta=0.002$ )에 부착하여도 안테나의 동작 특성 변화가 적도록 설계되었다. 안테나의 세부적인 설계변수는 자유공간과 인식 대상 물체에 부착시 우수한 인식거리 성능을 나타내도록 Pareto 유전자 알고리즘을 사용하여 최적화하였다. 최적화 태그 안테나는 100 mm×50 mm의 크기를 가지며, 3.7 %의 반사 손실 대역폭( $S_{11}<-10$  dB)을 가지고 80 %의 복사효율을 나타내었다. 인식거리 측정 결과, 자유공간에서 정면 방향(broadside) 5.3 m, 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기에 부착시 최대 5.5 m의 인식거리 성능을 가지는 것을 확인하였다.

### Abstract

In this paper we proposed the tag antenna with a low performance distortion from an attached surface material using the asymmetric dual-arm dipole antenna(ADDA) structure. The tag is designed to exhibit low performance changes when the tag is attached on a target object(the medical litter receptacle,  $\epsilon_r=1.7, \tan \delta=0.002$ ). Detail design parameters for the proposed antenna are optimized to maintain a good readable range in free-space as well as on a target object. The size of the optimized antenna is 100 mm×50 mm. The antenna shows the matching bandwidth( $S_{11}<-10$  dB) of 3.7 % and the radiation efficiency of 80 % at the operating frequency. Finally we confirmed the readable range of the tag antenna by measurement and it shows about 5.3 m in free space and 5.5 m on the target object.

Key words : RFID, Tag, Asymmetric Dipole, Near Field, Target Object

### I. 서론

Radio Frequency Identification(RFID)은 무선으로 사물을 인식하고 유니쿼터스(ubiquitous) 환경을 구현하는데 필수적인 기술로 네트워크와 접목되어 ‘언

제 어디서나’ 다양한 정보의 취득과 저장이 가능한 신기술로 주목 받고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 RFID 시스템은 크게 인식 대상에 대한 정보를 담고 있는 태그와 그 정보를 전자기파를 이용해 판독하는 리더로 구성된다<sup>[2]</sup>. RFID 태그는 주파수 대역에 따라 매우 다양한

「본 연구는 (주)LS산전 (과제명: 양산을 위한 고성능 태그 안테나 개발) 지원으로 수행되었음.」

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

· 논문 번호 : 20061222-161

· 수정완료일자 : 2007년 4월 6일

application에 적용되고 있다. 그 중 900 MHz 대역의 태그는 중장거리 인식이 가능하고 고속의 정보 전송 및 안테나의 소형화가 가능해 전세계적으로 각광받고 있으나, 그 특성상 반드시 인식 대상 물체에 부착되어야 하며, 부착 환경에서 발생하는 전기적 특성에 취약하다는 단점을 가진다<sup>[3]</sup>. 이러한 부착 환경은 태그의 동작 성능에 많은 영향을 준다. 특히 태그에 물리적으로 접촉된 물체가 가지는 전기적 특성은 태그 안테나의 동작 특성을 크게 변화시키는 요인으로 작용한다. 따라서 태그가 부착될 인식 대상 물체의 부착면에서 발생하는 전기적 특성이 고려된 태그 안테나의 개발이 필수적이다<sup>[4]</sup>.

하지만 현재까지의 태그에 대한 연구방향은 안테나 크기의 소형화와 도전체의 인식을 위한 태그 안테나 설계 등에만 그 초점이 맞춰져 있으며, 태그가 부착될 인식 대상 물체에 의한 동작 성능 변화가 감안된 태그 안테나의 연구는 미비한 상태이다<sup>[5]</sup>. 또한 물체에 의한 동작 성능 변화가 감안되었다 하더라도 단일 유전체의 전기적 특성만 고려되어 다른 유전체에서는 동작하지 않는 다거나<sup>[6]</sup>, 접지면과 단락 핀 등의 추가적인 부분을 안테나의 구조에 삽입하여 유전체에서 발생하는 안테나의 성능 감소는 최소화 하였으나 생산비용이 매우 높아지고 기존의 RFID 양산 시스템을 활용할 수 없다는 단점을 가지고 있다<sup>[7]</sup>.

따라서 본 논문에서는 RFID 태그가 부착될 인식 대상 물체가 가지는 전기적 특성에 의한 성능 변화가 적은 이중 선로의 비대칭 다이폴 안테나(Asymmetric Dual-arm Dipole Antenna: ADDA)를 제안하였다. 제안된 태그 안테나는 패치와 두 개로 갈라진 스트립 라인을 태그 중앙에서 급전하는 형태이다. 태그 안테나 후면에 부착될 유전체에 의한 안테나 동작 주파수 변화 및 복사 효율의 저하를 최소화하기 위해, 패치와 스트립 라인을 근접시켜 태그 안테나 표면에 밀집된 근접 전계를 형성하였다. 또한 상용 태그 칩과의 공액 정합이 용이하도록 패치에 슬롯을 삽입하여 추가적인 리액턴스 성분을 생성하였다. 제안된 안테나의 설계변수는 인식 대상 물체에 의한 적은 동작 성능 변화를 만족시키기 위해 IE3D<sup>[8]</sup> 시뮬레이터를 사용하여 특성을 해석한 후, Pareto 유전자 알고리즘<sup>[9]</sup>에 적용하여 최적화 결과를 도출하였다. 최적화된 안테나의 측정은 각각 자유공간과 인

식 대상 물체에 부착하여 측정되었으며, 연구에서 사용된 인식 대상 물체는 상용 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기를 사용하였다.

그 결과 최적화된 ADDA는 100 mm×50 mm의 크기를 가지며, 899 MHz에서 933 MHz의 주파수 대역에서 약 3.7 %의 반사 손실 대역폭( $S_{11} < -10$  dB)을 가지는 것을 확인하였다. 최적화된 안테나는 동작 주파수인 914 MHz에서 80 %의 복사효율을 나타내는 것을 확인하였으며, 상용 리더 시스템을 이용한 인식거리 패턴 측정 결과, 자유공간에서 전방향 5.3 m의 우수한 인식거리를 나타냈으며, 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기에 부착시 최대 5.5 m의 인식거리 성능을 가지는 것을 확인하였다.

## II. 안테나 구조 및 특성

그림 1(a)는 제안된 ADDA의 구조와 설계변수를 보여준다. 제안된 태그 안테나는 비용이 저렴하고 RFID 태그 제작 용도로 사용되는 유전체 중 기판에 의한 손실이 비교적 적은 50 mm의 두께를 가지는 PET(Polyethylene,  $\epsilon_r=3.8$ ,  $\tan \delta=0.003$ , 110 mm×60 mm) 기판 위에 35 mm의 구리로 인쇄된 단일 평면 구조의 간단한 형태를 가진다. 안테나는 태그 칩이 부착되는 급전부를 중심으로 한쪽에는 슬롯이 삽입된 패치 형태의 안테나( $W_2$ ,  $H_2$ )와 다른 한쪽으로는 갈라진 두 개의 스트립 라인 형태의 안테나( $H_1$ ,  $W_4$ )로 형성되어 있다. 각각의 갈라진 두 개의 스트립 라인은 패치 형태의 안테나를 근접하여 둘러싸고 있는 형태를 하고 있으며, 동작 주파수인 914 MHz에서 근접한 패치 형태의 안테나와 스트립 라인에서는 서로 반대 방향의 전류가 발생된다. 근접한 패치와 스트립 라인에서 흐르는 전류에 의해 안테나 표면에 발생하는 근접 전계의 대부분이 패치와 스트립라인 사이에서 집중되어 발생한다. 이러한 ADDA가 가지는 전계 분포 특성은 일반적인 태그 안테나 형태인 다이폴 안테나에 비해, 패치와 스트립 라인의 사이의 협소한 공간에서 응축되어 발생함에 따라 태그 안테나에 인식대상 물체가 부착되더라도 이로 인한 안테나 성능 변화가 적은 특성을 보인다. 일반적으로 태그 안테나는 수신된 전력을 최대한 태그 칩으로 전달하기 위해 태그 칩의 입력 임피던스에 공액 정합시킨다<sup>[10],[11]</sup>. 이러한 공액 정합을 위해 패치부 양쪽에 삽

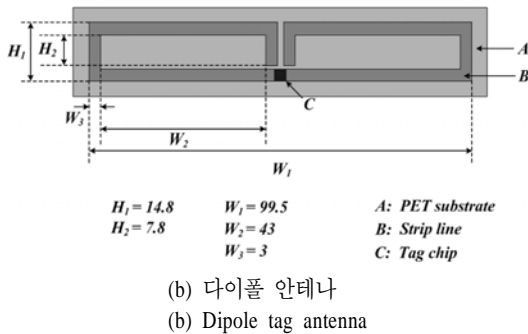
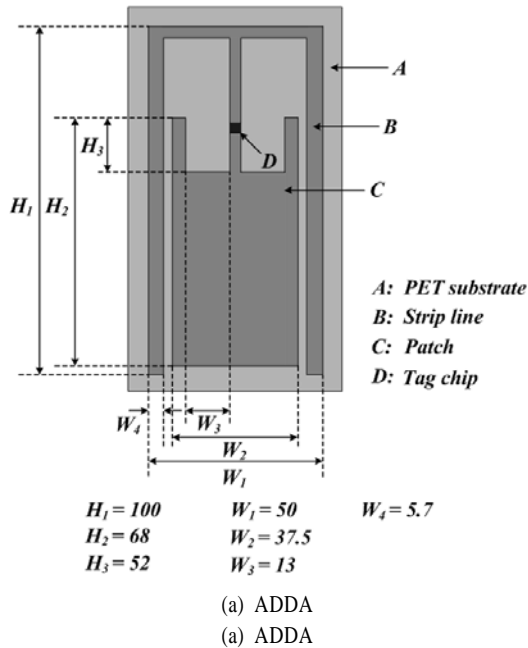


그림 1. 안테나 구조  
Fig. 1. The structure of the tag antenna.

입된 2개의 슬롯( $H_3, W_3$ )을 삽입하였다. 제안된 안테나는 위의 설계변수 이외에도 입력 임피던스를 변화시키는 다수의 설계변수를 가진다. 스트립 라인의 두께인  $W_4$ 와 스트립 라인과 패치의 사이의 간극 및 스트립 라인의 길이인  $H_1$ 의 변화는 안테나의 입력 저항을 변화시키며, 패치 안테나의 크기인  $W_2$ 와  $H_2$ 는 안테나의 입력 리액턴스를 변화시킨다.

본 논문에서 사용된 인식 대상 물체는 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기를 이용하였으며, 의료 폐기물 수거용의 밀폐 용기는 한번 밀봉되면 재개봉이 불가능하여 삽입된 폐기물이 노출되지 않는 구조적 특성을 가지고 있다. 그러므로 내용물의 확

인이 불가능한 상황에서 폐기물의 정보를 정확히 알고 관리할 수 있어야 한다. 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기는 200×130×110 mm의 크기와 2 mm의 두께를 가지는 플라스틱( $\epsilon_r=1.7, \tan \delta=0.002$ )으로 구성되어 있다. 자유공간에서의 인식거리와 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기에 부착되었을 때의 인식거리 모두 최대를 나올 수 있도록 하기 위해 태그 안테나 설계변수( $H_1, H_2, H_3, W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 Pareto 유전자 알고리즘과 IE3D 시뮬레이터를 이용하여 최적화 하였다. Pareto 유전자 알고리즘에 최적화의 방향을 설정하는 비용평가 함수인 식 (1)과 (2)를 사용하여 자유공간에서와 물체 부착시의 인식거리를 동시에 고려하며 최적화를 진행하였다. 최적화된 안테나 규격을 그림 1(a)의 하단에 나타내었다. 그림 1(b)는 제안된 안테나와의 동작 성능을 상호 비교하기 위한 다이폴 형태 태그 안테나의 구조와 설계변수이다.

$$Cost1 = 1 - RR_{air\_norm.} \tag{1}$$

$$Cost2 = 1 - RR_{object\_norm.} \tag{2}$$

최적화에 사용된  $Cost1$ 은 안테나의 자유공간에서 인식거리 성능이 최대가 될 수 있도록 사용된 함수이며,  $Cost2$ 는 의료폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기에 부착되었을 때 인식거리 성능을 최대화 할 수 있도록 사용된 함수이다<sup>[12]</sup>. 각각의 비용평가 함수는 그 값이 작아질수록 안테나가 원하는 성능에 근접함을 의미한다<sup>[13]</sup>.

$$\sqrt[4]{\frac{P_T G_{Reader}^2 G_{Tag}^2}{P_{R, min}} \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^4} \tag{3}$$

비용평가 함수에 사용된 태그 인식거리는 식 (3)을 이용하여 계산하였으며, 여기서  $P_T$ 는 리더의 입력 전력,  $P_{R, min}$ 은 리더의 동작에 필요한 최소 전력을 의미하며,  $G_{Tag}$ 는 태그의 이득,  $G_{Reader}$ 는 리더의 이득을 의미한다<sup>[14]</sup>.

그림 2는 개발된 안테나가 Philips사의 TSSOP8 상용 태그 칩의 임피던스(20-j350 Ω)에 공액 정합 되었을 때의 인식거리를 주파수에 따라 나타낸 시뮬레이션 결과이다. 실선과 파선은 각각 ADDA가 자유공간에 있을 경우와 폐기물 수거 용기에 부착되었을 때의 인식거리를 나타내며, 일점 파선과 점선은

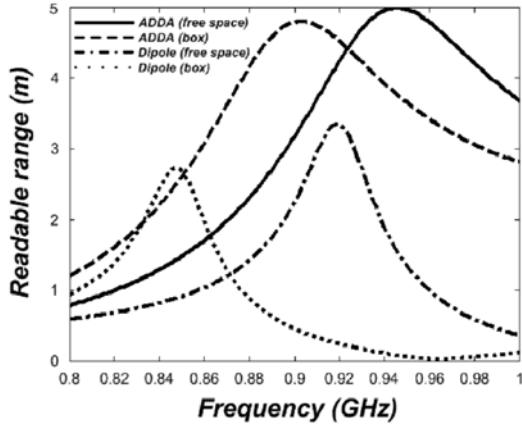


그림 2. ADDA 및 다이폴 안테나의 인식거리 특성  
Fig. 2. The readable range of the ADDA and dipole tag antenna.

다이폴 안테나가 각각 자유공간과 폐기물 수거 용기에 부착되었을 때의 인식거리를 나타낸다. 다이폴 안테나는 자유공간에 위치할 경우, 920 MHz에서 약 3.3 m의 최대 인식거리 성능을 보이지만, 폐기물 수거 용기에 부착하게 되면 847 MHz에서 약 2.7 m의 최대 인식거리 성능을 보인다. 그러나 제안된 ADDA는 945 MHz에서 5 m의 자유공간 최대 인식거리를 나타내며, 폐기물 용기에 부착 시에도 903 MHz에서 약 4.8 m의 인식거리를 나타낸다. 즉, 다이폴 안테나의 경우, 약 73 MHz의 주파수 이동이 발생되며, 최대 인식거리도 크게 변하지만, 제안된 ADDA의 주파수 이동은 약 42 MHz로 다이폴 안테나의 절반 정도의 적은 주파수 이동폭을 보인다.

그림 3은 다이폴 안테나와 ADDA가 각각 주파수에 따라 태그 칩과의 정합 정도를 반사 손실로 나타낸 그림이다. 각각의 안테나는 폐기물 수거 용기에 부착되었을 때와 자유공간에 위치할 경우를 시뮬레이션 하였다. 제안된 ADDA는 자유공간에서 공진점이 946 MHz에서 발생되지만 폐기물 수거 용기에 부착하였을 경우에는 903 MHz에서 공진이 발생하여 약 43 MHz의 동작 주파수 이동폭을 나타내었다. 이에 반해 다이폴 안테나는 자유공간에서 920 MHz의 주파수 지점에서, 폐기물 수거 용기에 부착 시 848 MHz 지점에서 공진이 발생하여 약 72 MHz 정도의 주파수 이동폭을 나타내었다. 따라서 제안된 ADDA가 다이폴 안테나에 비해 적은 공진 주파수의 이동

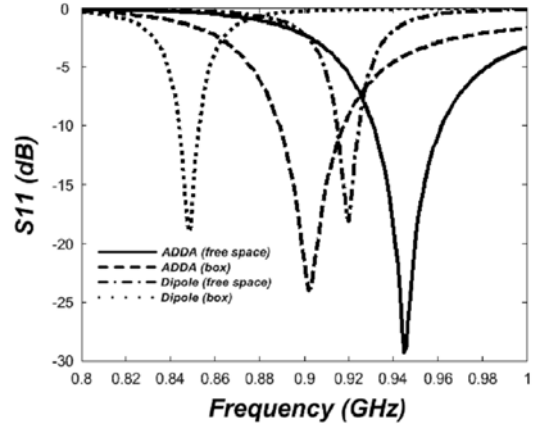


그림 3. ADDA 및 다이폴 안테나의 반사 손실 특성  
Fig. 3. The return loss of the ADDA and dipole tag antenna.

현상이 발생되며, 또한 그림 3도 동일하게 최대 인식거리가 발생하는 주파수의 이동이 적은 것을 관측할 수 있다.

그림 4는 다이폴 안테나와 제안된 ADDA의 효율을 비교한 그림이다. 태그의 동작 주파수 914 MHz에서 다이폴 안테나는 자유공간에 위치할 경우 약 89 %의 효율 특성을 보이며, 폐기물 수거 용기에 부착시 56 %의 효율 특성을 보여, 약 33 %의 효율이 유전체에 부착에 의해 추가로 감소되었다. 그러나 ADDA는 자유공간에서 94 %, 폐기물 수거 용기에 부착시 90 %로 약 4 %의 경미한 추가 효율 감소가 발생되

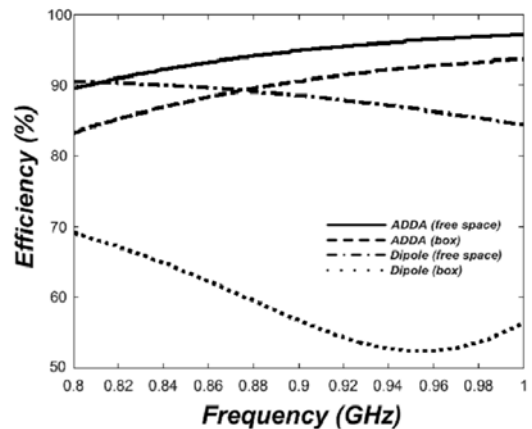


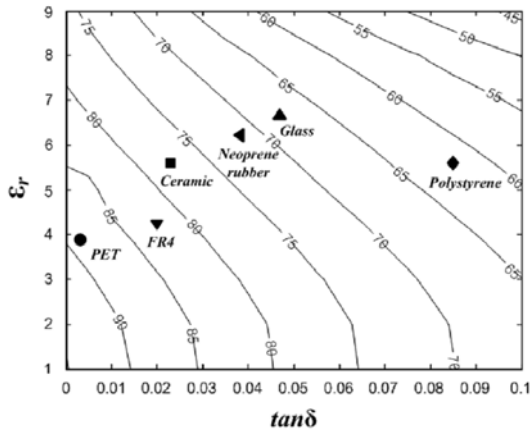
그림 4. ADDA 및 다이폴 안테나의 효율 특성  
Fig. 4. The efficiency of the ADDA and the dipole tag antenna.

었다. 제안된 ADDA는 다이폴 형태의 안테나에 비해 효율의 손실이 적게 발생되어 폐기물 수거 용기에 부착되더라도 최대 인식거리가 그림 2와 같이 크게 변하지 않는다는 사실을 확인하였다.

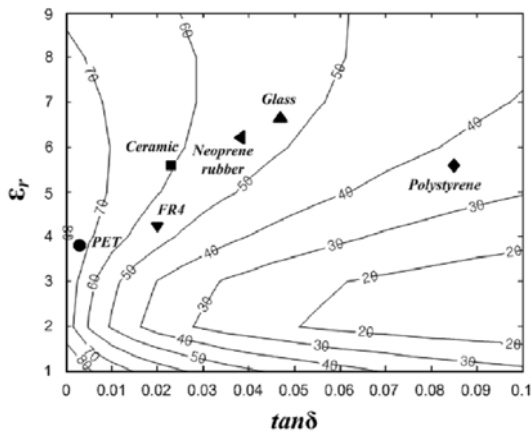
다양한 유전율과 손실을 가지는 물체들을 이용하여 제안된 ADDA와 다이폴 안테나의 효율 특성을 보다 자세히 분석하였다. 그림 5(a)는 다양한 유전체와 손실에 따른 ADDA의 효율을 나타내며, 그림 5(b)는 다이폴 안테나의 효율을 나타낸다. 유전체로는 PET( $\epsilon_r=3.9, \tan \delta=0.003$ ), FR4( $\epsilon_r=4.25, \tan \delta=0.02$ ),

ceramic( $\epsilon_r=5.6, \tan \delta=0.023$ ), neoprene rubber( $\epsilon_r=6.26, \tan \delta=0.038$ ), glass( $\epsilon_r=6.64, \tan \delta=0.047$ ), polystyrene( $\epsilon_r=5.6, \tan \delta=0.085$ )을 사용하였다. 이러한 다양한 유전체 중 ADDA는 polystyrene에 부착시 최대 32 %의 추가 효율 저하를 나타냈으며, 다이폴 안테나는 동일 유전체에서 53 %의 추가 효율 저하를 나타냈다. 이는 안테나의 패치와 스트립 라인에서 발생하는 반대 방향의 전류가 두 부분 사이에 응축된 근접 전계를 형성하여 인식 대상 물체가 부착되더라도 근접 전계의 왜곡을 줄이고 안테나 성능 변화를 최소화하기 때문이다. 이러한 연구 결과에서 볼 수 있듯 제안된 ADDA는 다양한 유전체에 부착되어도 효율의 저하가 적게 일어난다는 사실을 확인하였으며, 또한 태그 안테나는 안테나가 부착될 인식 대상 물질이 가지는 유전율과 손실 탄젠트에 의해 안테나의 효율이 저하되고 이러한 효율 저하 특성에 의해 태그의 인식거리 및 기타의 동작 특성의 왜곡을 발생시키는 요인으로 작용할 수 있다는 것을 확인하였다.

표 1은 ADDA와 다이폴 안테나를 의료 폐기물 수거용 용기에 부착하였을 때 나타나는 효율 저하 및 이러한 의료 폐기물 수거 용기에 의해 안테나에 발생하는 유전체 손실을 나타낸 도표이다. 폐기물 수거용 용기에 부착하였을 때 나타나는 효율을 살펴보면 ADDA가 가지는 추가 효율 하락폭은 4 %로 나타난 반면 다이폴 안테나가 33 %의 큰 추가 효율 하락폭을 나타내었다. 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기로 인해 발생하는 태그 안테나의 손실 전력은 IE3D를 이용하여 계산한 근접 전계로부터 도출하였다. 유전체의 손실이 고려된 에너지 보존식인 식 (4)의 최우측항인 유전체에 의한 손실 전력항을 이용하여 ADDA의 전체 입력 전력 중 플라스틱 밀폐 용기에



(a) ADDA  
(a) ADDA



(b) 다이폴 안테나  
(b) Dipole tag antenna

그림 5. 다양한 유전율 및 손실 탄젠트에 의한 안테나의 효율

Fig. 5. Various dielectric constants vs. antenna efficiency.

표 1. 안테나의 유전체 손실

Table 1. Dielectric loss of the ADDA and the dipole tag antenna.

	Efficiency (%)		Efficiency drop (%)	Incident power (W)	Dielectric loss (%)
	Air	Box			
ADDA	94	90	4	1	1.33
Dipole	89	56	33	1	21.8308

의해 발생하는 유전체 손실 전력을 계산하였다<sup>[15]</sup>.

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{2} \iiint_V (\mathbf{H}^* \cdot \mathbf{M}_i + \mathbf{E} \cdot \mathbf{J}_i^*) dv \\
 & = \frac{1}{2} \iint_S (\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*) ds + j2\omega \iiint_V \left( \frac{1}{4} \mu |\mathbf{H}|^2 - \frac{1}{4} \epsilon' |\mathbf{E}|^2 \right) dv \\
 & \quad + \frac{1}{2} \omega \epsilon'' \iiint_V |\mathbf{E}|^2 dv
 \end{aligned} \tag{4}$$

안테나에 입력되는 입력 전력이 ADDA와 다이폴 안테나가 동일한 1 W의 전력을 수신 받는다고 하였을 때, 의료 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기에 의한 유전체 손실은 ADDA에서 0.013 W로 나타난다. 이는 ADDA에서 발생하는 전체 손실 중 1.33 %로 경미한 반면, 다이폴 안테나에서는 약 0.44 W의 손실 전력이 발생되어 다이폴 안테나에서 발생하는 전체 손실 중 21.83 %의 큰 부분을 차지하는 사실을 확인하였다. 이는 일반적인 다이폴 형태를 가진 태그 안테나의 유전체 손실 전력에 비해 제안된 ADDA는 패치와 스트립 라인 사이에서 발생하는 응축된 근접 전계로 인해 보다 적은 유전체 손실을 가지는 것으로 사료된다.

### III. 안테나의 동작원리 및 측정 결과

그림 6은 본 연구에서 제안된 태그 안테나를 유전체에 부착하였을 때 발생하는 근접 전계 강도 및 시뮬레이션 조건을 나타낸 그림이다. 제안된 ADDA를 914 MHz의 동작 주파수에서 동작하는 다이폴 안테나와 상호 비교하였다. 그림 6의 가로축은 최대 35 mm인 안테나로부터의 거리를 나타내며, 세로축은 전계 강도이다. 다이폴 안테나는 급전 위치에서 가장 강한 3,200 V/m의 근접 전계가 발생되었다. 제안된 ADDA는 서로 근접한 패치와 스트립 선로 사이에서 근접 전계가 가장 강하게 생성되었으며, 생성된 전계는 다이폴 안테나에서 발생한 전계의 약 70 %인 2,200 V/m의 전계 강도를 나타내었으며, 일정거리까지 측정 위치가 멀어져도 전계 강도가 다이폴 안테나보다 적게 유지됨을 확인하였다. 즉, 제안된 안테나는 근거리 전기장이 패치 부분과 패치를 둘러싸고 있는 스트립 선로의 사이에서 생성되는 반대 방향의 전류로 인해 발생하여 근접 전계 강도가 다이폴 안테나에 비해 약함을 알 수 있다. 따라서 태그의 후면으

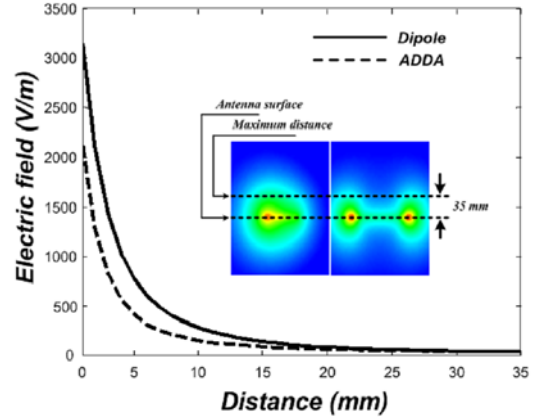


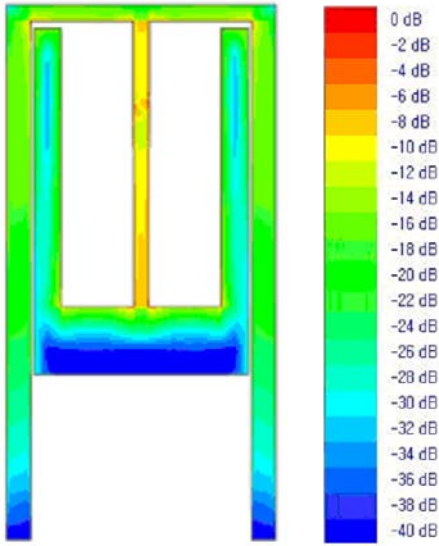
그림 6. 안테나로부터의 거리에 따른 근접 전계

Fig. 6. The near electric field vs distance from the antenna surface.

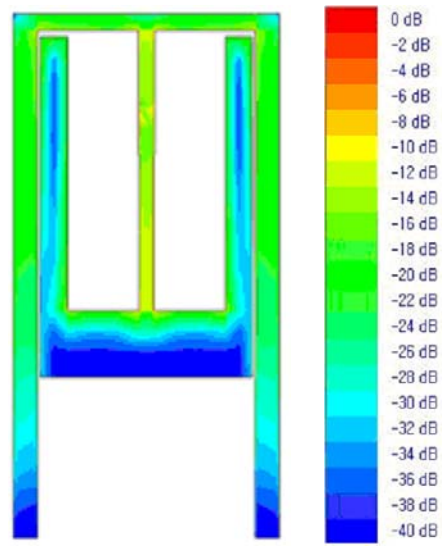
로 부착되는 유전체의 유전율로 인한 근거리장(near field)의 왜곡이 적기 때문에 인식거리의 변화가 적다.

그림 7은 ADDA안테나와 다이폴 안테나의 전류 분포 그림이다. 제안된 ADDA 및 다이폴 안테나의 전류 분포를 각각 자유 공간 상태와 부착 대상 물체 부착시의 상태로 나누어 나타내었다. 그림 7(a)와 7(b)는 자유공간과 물체 부착시 ADDA의 전류 분포이며, 물체에 부착하여도 급전부와 패치 및 스트립 라인에서의 전류 분포가 크게 변하지 않는 것을 확인할 수 있다. 그림 7(c)와 7(d)는 다이폴 안테나의 자유공간 및 물체 부착시 전류 분포이며, ADDA와는 달리 물체 부착시 급전부의 전류 분포가 크게 변하는 것을 볼 수 있다.

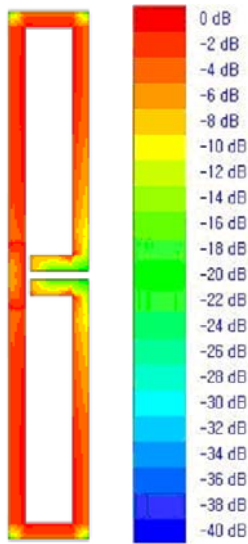
그림 8(a)는 제안된 ADDA의 자유 공간 효율 측정 결과를 나타낸다. 안테나의 효율 측정은 Wheeler cap<sup>[16]</sup>을 이용한 효율 측정 방식을 사용하여 측정하였으며, 시뮬레이션 결과와 측정 결과는 각각 점선과 실선으로 나타내었다. 시뮬레이션상에서 ADDA는 약 94 %의 자유공간 복사효율을 나타냈으며, 실제 측정 결과 동작 주파수인 914 MHz에서 80 %의 유사한 효율을 나타내는 것을 볼 수 있었다. Wheeler cap 측정 방식은 cap으로 차폐한 임피던스와 자유공간의 임피던스를 비교하여 효율을 유추하는 방식으로 측정시 안테나와 cap의 사이에서 발생한 기생 캐패시턴스에 의해 대략 10 % 정도의 측정 오차를 발생시킬 수 있다<sup>[17]</sup>. 그림 8(b)는 자유 공간에서의 AD-



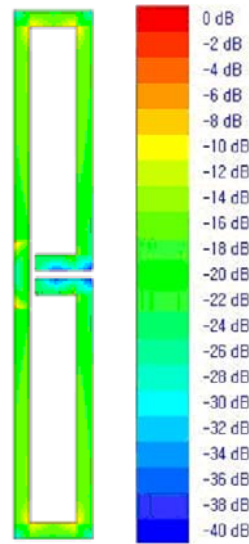
(a) 자유공간에서의 ADDA의 전류 분포  
(a) The current distribution of the ADDA in free space



(b) 부착 대상물체 부착시의 ADDA의 전류 분포  
(b) The current distribution of the ADDA on a dielectric material



(c) 자유공간에서의 다이폴 안테나의 전류 분포  
(c) The current distribution of the dipole tag antenna in free space



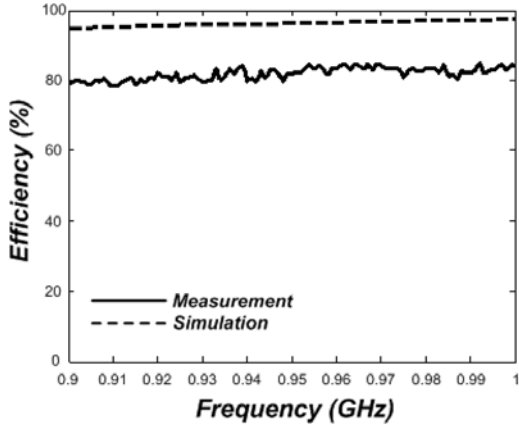
(d) 부착 대상물체 부착시의 다이폴 안테나의 전류 분포  
(d) The current distribution of the dipole tag antenna on a dielectric material

그림 7. ADDA 및 다이폴 안테나의 전류 분포

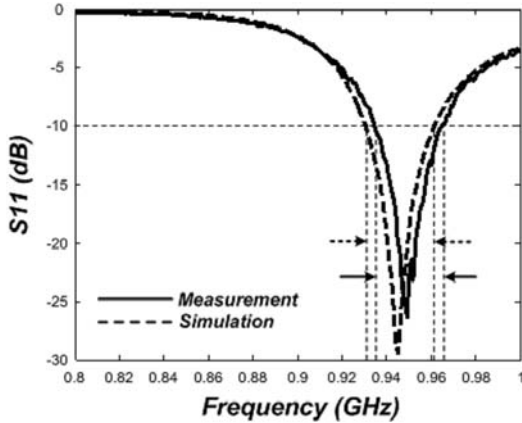
Fig. 7. The current distribution of the ADDA and the dipole antenna.

DA의 반사 손실을 측정된 결과이며, 두 결과가 매우 유사하다는 사실을 볼 수 있다. 측정된 반사 손실 대역폭( $S_{11} < -10$  dB)은 933 MHz에서 968 MHz로 3.7%의 대역폭을 가지는 것을 확인하였다. 그림 8(c)는 부

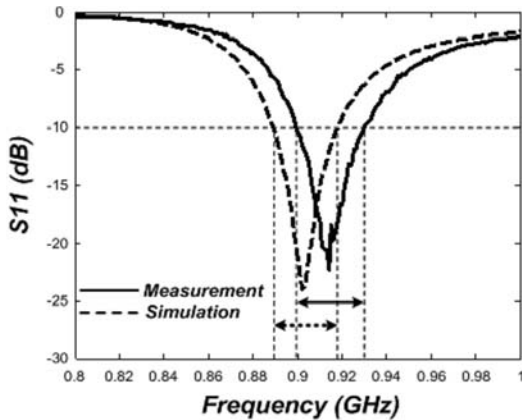
착 대상 물체인 폐기물 수거용 플라스틱 밀폐 용기에 ADDA를 부착하여 측정된 안테나의 반사 손실이 다. 부착 대상 물체 부착시의 결과 또한 유사하다는 점을 볼 수 있었으며, 반사 손실 대역폭 또한 899 MHz에



(a) 자유공간에서의 효율 측정 결과  
(a) The efficiency result of the ADDA in free space



(b) 자유공간에서의 반사 손실 측정 결과  
(b) The return loss result of the ADDA in free space



(c) 부착 대상물체 부착시의 반사 손실 측정 결과  
(c) The return loss result of the ADDA on a dielectric material

그림 8. ADDA 성능 측정  
Fig. 8. The measured result of the ADDA.

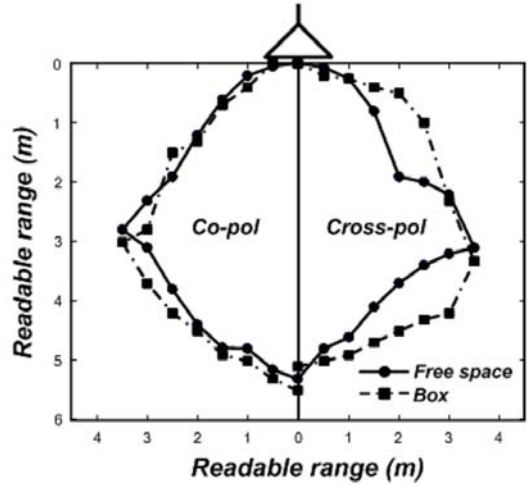


그림 9. ADDA 인식거리 패턴  
Fig. 9. The readable pattern of the ADDA.

서 933 MHz에서 약 3.7 %의 값을 가지는 것을 확인하였다.

그림 9는 안테나의 인식거리 패턴 측정 결과이다. 측정은 리더 안테나를 기준으로 태그 안테나를 각각 자유 공간과 물체에 부착하여 수직 및 수평 편파에 맞추어 측정하였으며, 각각의 측정 위치를 점으로 도시하였다. 그 결과 안테나는 리더의 전방향에서 자유 공간에서 최대 5.3 m의 높은 인식거리를 나타냈으며, 부착 대상 물체 부착시 5.5 m의 우수한 인식거리 성능을 보이는 것을 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 RFID 태그가 부착될 부착 대상 물질이 가지는 전기적 특성에 의한 성능 변화가 적은 ADDA를 제안하였다. 안테나의 패치에 삽입된 두 개의 슬롯은 태그 칩 임피던스의 공액 정합에 필요한 리액턴스 성분을 생성시킨다. 또한 태그 안테나는 동작 주파수인 914 MHz에서 중앙 패치의 가장 자리에 흐르는 전류와 스트립 선로에 흐르는 전류가 서로 반대 방향이기 때문에 서로 근접한 패치와 스트립 선로 사이에서 강한 근접 전계가 생성된다. 따라서 이러한 패치와 스트립 선로 사이에서 형성된 강한 근접 전계에 의해 부착 대상 물체에 부착되어도 부착 면적에 비해 적은 안테나 성능 감소를 가진다. 제안된 태그 안테나는 상용 태그 칩에 공액 정합시켜



899 MHz에서 933 MHz에서 약 3.7 %의 반사 손실 대역폭을 가지는 것을 확인하였으며, 안테나는 동작 주파수에서 80 %의 복사효율을 나타내는 것을 확인하였다. 상용 리더 시스템을 이용한 인식거리 패턴 측정 결과 자유 공간에서 정면 방향 5.3 m의 우수한 인식거리를 나타냈으며, 부착 대상 물체에 부착시 최대 5.5 m의 인식거리 성능을 가지는 것을 확인하였다.

### 참 고 문 헌

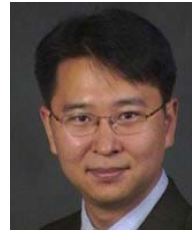
- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, West Sussex, England: Wiley, 2003.
- [2] 조치현, 추호성, 박익모, "인식 음영 구역을 제거한 RFID 태그 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 16(12), pp. 1206-1212, 2005년 12월.
- [3] M. Hirvonen, P. Pursula, K. Jaakkola, and K. Laukkanen, "Planar inverted-F antenna for radio frequency identification", *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 14, pp. 848-850, Jul. 2004.
- [4] J. D. Griffin, G. D. Durgin, A. Haldi, and B. Kippelen, "RF tag antenna performance on various materials using radio link budgets", *Antennas Propagat. Lett.*, vol. 5, pp. 247-250, 2006.
- [5] 조치현, 추호성, 박익모, 김영길, "UHF 대역 수동형 RFID 태그 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 16(9), pp. 872-882, 2005년 9월.
- [6] K. Takechi, T. Eguchi, H. Kanoh, T. Ito, and S. Otsuki, "High-rate glass etching process for transferring polycrystalline silicon thin-film transistors to flexible substrates", *IEEE Trans. Semiconductor Manufacturing*, vol. 18, pp. 384-389, Aug. 2005.
- [7] M. Hirvonen, K. Jaakkola, P. Pursula, and J. Saily, "Dual-band platform tolerant antennas for radio-frequency identification", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 54, pp. 2632-2637, Sep. 2006.
- [8] IE3D Electromagnetic Simulation and Optimization Software, Zeland Software, Inc.
- [9] D. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Massachusetts: Addison Wesley, 1989.
- [10] P. V. Nikitin, K. V. S. Rao, S. F. Lam, V. Pillai, R. Martinez, and H. Heinrich, "Power reflection coefficient analysis for complex impedances in RFID tag design", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 53, pp. 2721-2725, Sep. 2005.
- [11] Y. Okano, "A simple shape broadband planar antenna adaptable to RFID-tag", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 54, pp. 1885-1888, Jun. 2006.
- [12] A. H. Wright, *Genetic Algorithms for Real Parameter Optimization*, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1991.
- [13] L. Davis, *Handbook of Genetic Algorithm*, NY: Van Nostrand, 1991.
- [14] K. V. S. Rao, P. V. Nikitin, and S. F. Lam, "Antenna design for UHF RFID tags: a review and a practical application", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 55, pp. 187-196, Feb. 2006.
- [15] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [16] H. A. Wheeler, "The radiansphere around a small antenna", *Proc. IRE*, vol. 47, pp. 1325-1331, Aug. 1959.
- [17] G. S. Smith, "An analysis of the Wheeler method for measuring the radiation efficiency of antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 25, pp. 552-556, Jul. 1977.

### 김 도 균



2003년 2월: 홍익대학교 전자전기 공학과 (공학사)  
2005년 3월~현재: 홍익대학교 전자정보통신공학과 석사과정  
[주 관심분야] RFID 태그 안테나 설계, 최적화 알고리즘을 이용한 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