

## UHF대역 RFID 태그용 전방향성 안테나

손태호<sup>1\*</sup>

### An Omnidirectional Antenna for RFID UHF Band Tag

Taeho Son<sup>1\*</sup>

**요약** 본 논문에서는 RFID 태그용 UHF밴드 전방향성 안테나를 설계하였다. 전방향 방사특성과 소형화를 위해서 로딩 다이폴을 교차시키는 방법과 구부리진 다이폴을 교차시키는 방법을 나타내었다. 다이폴 간의 급전 위상차를 90도 되게 급전함으로써 E면 방사패턴이 전방향 특성을 갖도록 하였다. 마일라 재질 위에 칩 입력임피던스와 공액 정합되도록 구현한 3종류 안테나에 대한 방사특성은 -10 dB 기준으로 670-1,050 MHz, 700-1,250 MHz 및 600-1,020 MHz의 광대역 특성을 얻었다. E면 및 H면 모두가 무지향인 전방향 방사특성을 보였다.

**Abstract** UHF band omnidirectional antennas for RFID tag were designed. Crossed loaded dipole and bended dipole were applied to be designed for both miniaturization and omnidirectional radiation pattern. By suppling 90 degrees phase difference between crossed dipoles, omnidirectional E-plane patterns can be obtained. -10 dB reflection coefficients of 3 types dipole antenna which have designed under conjugate matched with input impedance of chip were shown as 670-1,050 MHz, 700-1,250 MHz and 600-1,020 MHz, respectively, and also shown that all antenna have omnidirectional radiation pattern both E and H plane.

**Key Words** : Tag antenna, RFID, Loaded dipole, Bended dipole, Omnidirectional pattern

### 1. 서론

10여 년 전부터 RFID에 대한 수요가 추측되어 이 분야의 기술대체가 지속적으로 진행되어 왔다. 근래에는 칩이 내장된 태그와 카드 등의 기술의 발달에 따라 우리 생활 곳곳에 적용되기 시작하고 있다. RFID 기술을 나타내면 리더기와 태그의 구현에 있어 핵심이 되는 안테나 기술, 데이터의 변 복조와 무선 신호의 효율적인 전송을 위한 무선 통신 기술, 칩 설계 및 구현에 관련된 SoC 기술 등을 포함하는 하드웨어 기술이 있다. 또한, 리더에서 발생하는 ID 코드 및 데이터를 수집, 제어, 관리하는 기능을 하는 미들웨어 기술과 객체검색 및 객체검색 서비스 기술과 관련된 소프트웨어 기술 및 RFID시스템 응용 기술 등으로 구분할 수 있다[1]-[3].

RFID 시스템 기술은 국제 표준화에 의거, 응용분야에 따라 사용 주파수가 다르다. 상품, 차량, 수화물 등 인식

거리의 확장이 요구되는 시스템의 경우 UHF 대역을 사용한다. 이는 전자파의 효율적인 발생이 가능하고, 낮은 주파수 보다 안테나 크기를 줄일 수 있으며 또한, 2.45 GHz 등과 같이 높은 주파수에서 발생하는 전파손실(propagation loss) 및 다른 물체에 의한 간섭이나 불투명상 등의 손실을 줄일 수 있기 때문이다[4][5].

수동형 RFID 시스템의 인식거리 확장기술은 통신시스템의 감도에 의한 것이 아니라 전자파에 의한 전력공급 기술이 주된 확장기술이다. 이는 저 전압에 동작하는 칩의 설계기술과 안테나 설계기술로 구분될 수 있다. 이중 안테나기술은 안테나 이득향상과 방향과 무관하게 인식할 수 있는 전방향 특성 구현의 기술이 있다.

이 연구는 UHF 대역 RFID 소형태그 안테나가 전방향 특성을 갖도록 설계하는 연구이다. 기본적으로 다이폴안테나 이론을 바탕으로 안테나를 설계한다. 소형화 기법으로는 방사소자를 구부리는 방법과 로딩(loading)을 이용하는 방법을 적용한다. 전방향 특성은 2개 다이폴 소자를 교차시키고 90도 위상차를 갖도록 한다. 태그 안테나를 설계하고 Mylar sheet에 구현하도록 설계하여 안테나의 특성을 나타내고 이를 고찰한다.

이 논문은 2005년도 순천향대학교 학술연구조성비의 지원에 의하여 연구되었음

<sup>1</sup>순천향대학교 공과대학 정보통신공학과

\*교신저자: 손태호(thson@sch.ac.kr)

## II. 기본 반파장 다이폴 안테나

RFID 리더기 안테나는 원편파(circular polarization)를 사용한다. 선형편파를 사용할 경우 태그가 같은 편파방향으로 놓여 있지 않으면 수신이 되지 않기 때문이다. 원편파를 사용할 경우 평균 3dB의 감쇄는 있지만, 태그의 방향과 달라져도 수신이 가능한 장점을 가지고 있다.

태그 안테나는 선형편파 안테나를 사용한다. 이는 리더기 안테나가 이미 원편파 특성을 가지고 있기 때문에 태그 안테나까지 원편파 안테나일 필요는 없는 것이고 또한, 태그의 특성 상 소형화가 가능해야 하므로 선형편파 안테나를 사용한다. 선형편파 안테나 중 태그에 가장 많이 적용되는 것은 다이폴 안테나이다. 이는 태그 자체의 접지공간이 거의 없기 때문에 자체 접지를 지닌 다이폴 형태라야 효과적인 방사를 얻을 수 있기 때문이다.

다이폴 안테나는 길이가 파장( $\lambda$ )에 비해 아주 작은 미소다이폴, 반파장 보다 작은 유한다이폴, 반파장 다이폴 및 반파장 보다 긴 다이폴로 구분된다. 다이폴 안테나의 길이( $l$ ) 별 반치각(HPBW)를 나타내면 다음 식과 같다.[4]

$$\begin{aligned}
 l &\ll \lambda & 3\text{ dB beamwidth} &= 90^\circ \\
 l &= \lambda/4 & 3\text{ dB beamwidth} &= 87^\circ \\
 l &= \lambda/2 & 3\text{ dB beamwidth} &= 78^\circ \\
 l &= 3\lambda/4 & 3\text{ dB beamwidth} &= 64^\circ \\
 l &= 2\lambda & 3\text{ dB beamwidth} &= 47.8^\circ
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

안테나의 길이가 길어질수록 반치각은 좁아지고 이득은 증가하나, 부엽이 증가하게 된다. RFID 시스템에서는 이득이 큰 안테나가 유리하지만, 반치각이 좁기 때문에 지향적 특성을 갖는 단점이 있다. 태그용 다이폴 안테나 길이는 칩의 입력임피던스에 따라 다르게 설계된다. 칩의 임피던스가 50옴인 경우 반파장보다 약간 짧아야 하고, 이보다 낮은 임피던스의 경우 공액정합을 위한 길이로 조절되어야 한다.

유한 길이의 다이폴 안테나의 지향성을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$D_o = \frac{2F(\theta)|_{\max}}{\int_0^\pi F(\theta)\sin\theta d\theta}
 \tag{2}$$

$$\text{여기서 } F(\theta) = \left[ \frac{\cos\left(\frac{kl}{2}\cos\theta\right) - \cos\left(\frac{kl}{2}\right)}{\sin\theta} \right]^2$$

본 연구에서 Mylar sheet에 구현한 다이폴 안테나는 다음 그림 1과 같다.

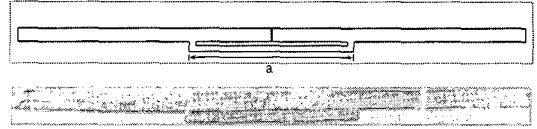


그림 1. 태그용 기본 다이폴 안테나

그림 1에서 안테나 길이는 UHF 대역 미국 표준주파수인 902 - 928 MHz의 중심 주파수인 915 MHz에 공진되는 길이를 정하였다. 안테나 구조에서 a 부분은 임피던스 조절을 위한 T정합 단이다. 그림 1 안테나의 S11 특성은 그림 2와 같다.

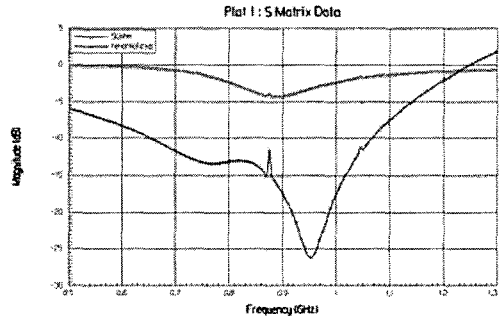


그림 2. 설계된 다이폴 안테나의 S11

그림 2의 S11 특성에서 상단 그래프는 다이폴 안테나를 50옴에 정규화한 특성이고, 아래 그래프는 중심주파수의 임피던스로 정규화한 특성이다. 그림에서 보듯이 VSWR 2:1 기준으로 650 - 1,070 MHz의 광대역 특성을 얻을 수 있다. 이는 안테나를 칩의 입력임피던스와 공액되게 설계할 경우 얻을 수 있는 대역 특성이다. 그러므로 태그안테나는 칩의 임피던스에 따라 이와 공액이 되도록 설계하여야 한다.

## III. 소형 전방향 다이폴 안테나

태그용 안테나는 그림 1과 같은 일반적인 다이폴일 경우 두 가지의 결정적인 단점을 가지고 있다. 첫 번째는 다이폴 길이 때문에 안테나의 길이가 길어서 작은 사물에 적용하기 어려운 점이다. 두 번째는 E면에 대한 다이폴 안테나의 8자 지향 특성이다. 이는 리더기로부터 전력과 신호를 받지 못하여 사물을 인식 못하는 영역이 발생하는 큰 단점이다.

따라서 2가지 모두 해결하여야 하는 다이폴 안테나 시스템적으로 요구된다. 본 연구에서는 이를 위해 개발된 2가지의 전방향성 안테나를 소개하고, 이들의 제반 특성을 분석한다.

먼저 안테나 그림 3, 4와 같이 끝부분에 로딩을 달아 주는 안테나를 나타낸다. 따라서 길이가 짧아 발생하는 이득감소와 낮은 임피던스 특성을 극복할 수 있다. 그림 3은 삼각형 형태로 로딩한 것이고, 그림 4는 십자형 로딩 다이폴 안테나를 나타낸 것이다.



그림 3. 삼각 로딩형 전방향성 다이폴 안테나

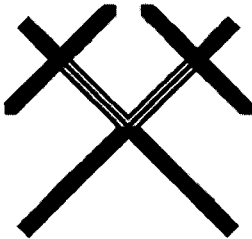


그림 4. 십자 로딩형 전방향성 다이폴 안테나

그림 3과 4에서 굵선은 로딩이 있는 부분이 +이고, 반대편 검은 막대부분이 -이다. 이때 S11특성은 다음 그림 5, 6과 같다.

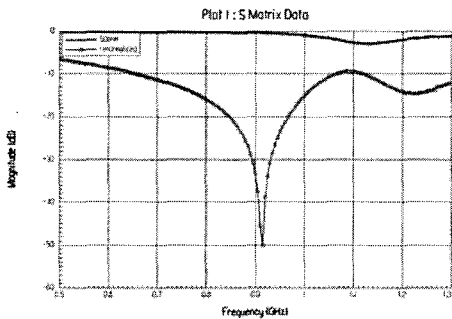


그림 5. 그림 3 안테나의 S11 특성

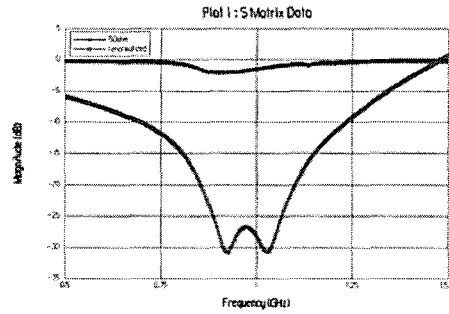
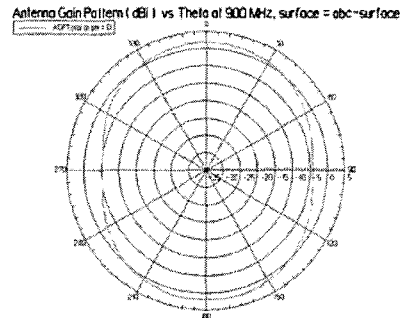


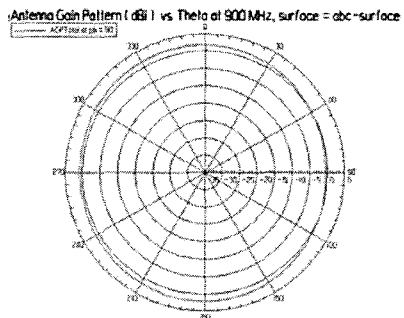
그림 6. 그림 4 안테나의 S11 특성

그림 5와 6은 태그 칩이 요구하는 임피던스 즉, 칩의 임피던스와 공액정합을 이루는 임피던스로 설계한 결과이다. 그림에서 보듯이 -10 dB 기준으로 670-1,050 MHz 및 700-1,250 MHz의 광대역 특성이 나타나고 있다.

그림 3, 4에서 다이폴 2소자를 수직으로 교차하고 90도 위상차가 나도록 회로를 구성하면 전방향성 특성을 얻을 수 있다. 90도 위상변위기는 집중정수 소자인 칩 부품으로 제작된다. 그림 7과 8은 그림 3 및 4 안테나에 대한 주파수 915 MHz에서의 E면 및 H면 패턴이다.



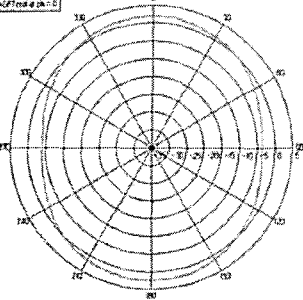
E-plane



H-plane

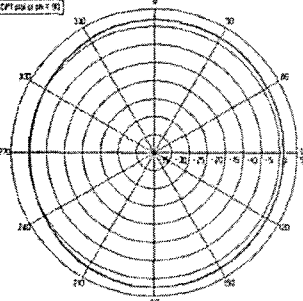
그림 7. 그림 3 안테나의 E면 및 H면 방사패턴 특성

Antenna Gain Pattern (dBi) vs Theta of 900 MHz, surface = abc-surface



E-plane

Antenna Gain Pattern (dBi) vs Theta of 900 MHz, surface = abc-surface



H-plane

그림 8. 그림 4 안테나의 E면 및 H면 방사패턴 특성

그림에서 보듯이 E면 및 H면 모두 무지향 특성인 전 방향 특성을 보이고 있다. 안테나 크기도 그림 1과 같은 일반 다이폴 안테나 길이인 152mm 에 비해 그림 3과 4의 가로x세로 크기는 각각 72x72 및 92x92 mm로써 다이폴에 비해 상당히 줄어들었음을 보이고 있다.

두 번째 다이폴 안테나는 위 그림 3, 4와 마찬가지로 다이폴을 교차로 위치토록 하지만, 다이폴 소자를 구부려서 길이를 줄인 안테나이다. 이를 나타내면 그림 9와 같다.

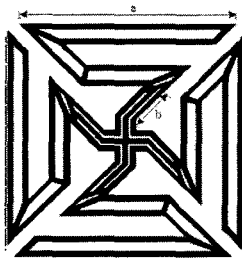


그림 9. 구부린 형태의 전방향성 다이폴 안테나

그림 9에서 전체적인 길이를 조절하여 원하는 주파수에서 공진을 갖도록 한다. 또한 주 설계변수인 a와 b를 조절하여 칩의 입력임피던스와 공액이 되도록 임피던스

를 조절한다. 설계된 그림 9 안테나의 가로x세로 크기는 60.5x60.5mm이고, S11 특성은 그림 10과 같다.

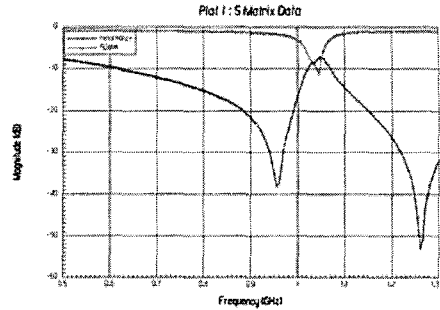
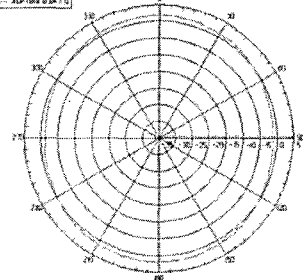


그림 10. 그림 9 안테나의 S11 특성

그림 10에서 주파수 1.05 GHz에서 pole이 형성되고 있다. 이는 구부린 형태에 의해 발생하는 등가 LC회로에 의한 것이다. 그러나 사용주파수가 902-928 MHz 이고, 나타난 S11 특성은 -10 dB 기준으로 600-1,020 MHz 대역이 나타나므로 설계가 양호하게 된 것이라 할 수 있다.

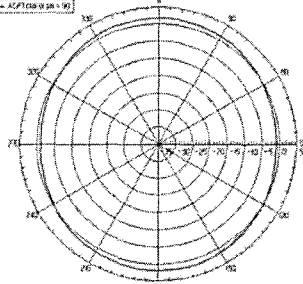
그림 9 안테나의 주파수 915MHz에서의 방사패턴은 그림 11과 같다.

Antenna Gain Pattern (dBi) vs Theta of 910 MHz, surface = abc-surface



E-plane

Antenna Gain Pattern (dBi) vs Theta of 910 MHz, surface = abc-surface



H-plane

그림 11. 그림 9 안테나의 E면 및 H면 방사패턴 특성

그림 11에서 나타난 방사패턴은 E면 및 H면 모두가 무지향인 전방향 특성을 보이고 있다. 그림 12는 그림 3, 4 및 9 안테나를 Mylar sheet위에 구현한 그림이다.

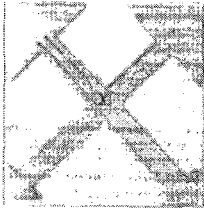


그림 3. 안테나

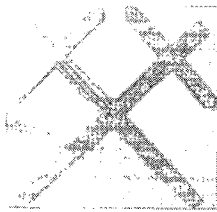


그림 4. 안테나

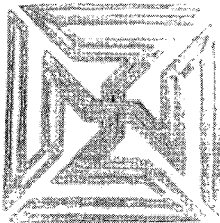


그림 9. 안테나

그림 12. Mylar sheet에 제작된 안테나

실험을 위해 제작된 Mylar sheet는 두께 0.22mm이다. 실험을 위해 만든 다이폴 소자는 동 테이프를 이용하여 제작하였다. 그러나 실제 양산은 silver paste를 이용하여 인쇄기술로 양산한다. 동 테이프에 의한 특성과 silver paste에 의한 S11 및 방사패턴 특성은 거의 유사하다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 UHF밴드 RFID 태그용 전방향성 안테나를 설계하고 그 특성을 나타내었다. 태그로 널리 사용되는 반파장 다이폴 안테나를 설계 제작하였다. 소형화를 위해서 로딩을 이용하는 방법과 구부리는 방법을 적용하였다. 전방향 특성은 두 다이폴을 교차시키고 다이폴 간의 급전 위상차를 90도 되게 급전함으로써 전방향 방사 특성이 나타나도록 하였다.

Mylar sheet에 구현한 3종류 안테나에 대한 반사특성은 칩의 입력임피던스와 공역이 되도록 함으로써 -10dB 기준으로 670-1,050 MHz, 700-1,250 MHz 및 600-1,020 MHz의 광대역 특성을 얻었다. 이로써 유럽, 미국 및 일본 등 모든 국가의 UHF 주파수 밴드를 만족하는 특성을 얻었다. 방사패턴 E면 및 H면 공히 무지향의 전방향 특성을 얻음으로써 태그용 안테나로 적용될 수 있음을 보

였다.

향후 이 연구에 의한 안테나 보다 더욱 작은 형태에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook 2nd", wiley, 2004
- [2] 이근호, "무선식별 기술", TTA 저널, 제 89 호, pp.124~129, 2003년 10월
- [3] 변상기, RFID 태그 기술, 한국전자파학회지 전자파기술, 15(2) pp.32~33, 2004년 4월
- [4] Balanis, C.A, "Antenna Theory, Analysis and Design", New York, John wiley & Sons, 2002
- [5] John D.Kraus, Ronald J, Marhefka, "Antennas for All Applications", McGraw-Hill, 2002
- [6] Michael Hamid, Rumsey Hamid, "Equivalent circuit of dipole antenna of arbitrary length", IEEE Trans. Antennas Propagation. Vol. 45, pp.1695~1696, Nov. 1997
- [7] R.C.Hansen, "Folded and T-matched dipole transformation ratio", IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol 30, pp.161~162, Jan. 1982

손 태 호(Tae-Ho Son)

[종신회원]



- 1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
- 1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연구원

- 1978년~1987년: LG이노텍(주) 연구소 근무
- 1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원
- 1999년~2000년: University of Illinois 연구교수
- 2000년~2003년: (주)넷시텔레콤 위촉 연구소장
- 2002년~2006년: (주)에스비텔콤 기술고문
- 2005년~현재: (주)하이트렉스 기술고문
- 1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

위성통신, 휴대폰 및 RFID용 안테나설계, 자동차용 전자제품 개발, 전자파 생체영향 등