

PIFA구조를 가지는 등방성 RFID 메탈 태그 안테나

윤정미* · 정진욱**

A Design of Isotropic RFID Metal Tag Antenna with a PIFA Structure

Yun Jung Mee*, Chung Jin Wook**

요 약

본 논문에서는 금속체에 태그를 부착하였을 경우에도 태그 안테나가 전방향성 방사패턴을 갖고 동작하는 PIFA 형 RFID 금속 태그 안테나를 제안하였다. 안테나는 본체와 급전부, 수직 패치와 접지면으로 되어 있으며, 안테나를 소형화시키기 위해 본체와 접지면 사이에 높은 유전율을 가지는 기판을 삽입하였다. 본체는 급전부를 중심으로 대칭적인 구조를 가져 안테나에 흐르는 전류를 반대 방향으로 흐르도록 하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 안테나의 임피던스 대역폭 ($S_{11} < -10$ dB)은 20 MHz (900 ~ 920 MHz)를 나타내었고, 최대 복사 이득은 중심 주파수 912 MHz에서 공기 중과 금속 물체에 부착하였을 때 각각 -10 dBi와 -15 dBi를 가졌다. 또한 이득 편차가 각각 6 dB 이하를 만족시켜 제안된 안테나가 전방향성 복사 패턴을 가지고 동작하는 것을 알 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed the metal tag antenna of PIFA structure with an isotropic radiation pattern when tag attached the metal material. The antenna consist of antenna body, horizontal patch and ground, and inserted a substrate with high dielectric constant between the antenna body and ground in order to miniaturize the antenna size. The antenna body with symmetric structure is designed to produce an oppositely directed currents. The simulation shows the impedance bandwidth has 20 MHz (900 ~ 920 MHz) and the maximum radiation gain satisfy the -10 dBi and -15 dBi when the tag is in air and attach the metal material. Also, the proposed antenna operates with an isotropic radiation pattern due to satisfy the gain deviation lower than 6 dB, respectively.

Key Word

Metal tag antenna, Isotropic, RFID, Ceramic, PIFA Structure

I. 서 론

RFID (Radio Frequency Identification) 시스템은 정보를 담고 있는 태그와 태그에 있는 정보를 판독하는 리더로 구성되며, 리더로부터 송출된 전자파를 통해 태그 칩에 저장된 고유 정보를 역산란 방식을 통하여 리더 안테나에서 정보를 수신하여

분석한다. [1]

금속 도체 위에서 동작하는 평면 안테나는 다양한 무선 통신 분야에서 사용될 수 있으며, 특히 RFID에서 인식대상이 되는 물체의 종류에 무관하게 안정적으로 인식거리 확보를 위한 태그 안테나로 사용될 수 있다. 상기 태그 안테나는 RFID 칩에 연결되어 칩 내부의 정보를 리더 시스템으로

* 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 박사과정, 전자부품연구원 선임연구원(yunjm@keti.re.kr)

** 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 교수

#논문번호 : KIIECT2009-02-07

#접수일자 : 2009.05.06

#최종논문접수일자 : 2009.05.29

전송하여 사물에 대한 식별을 가능케 한다.[2] 금속 부착형 태그 안테나는 인식 대상이 되는 물체의 종류에 무관하게 리더 시스템이 안정적으로 칩의 정보를 읽을 수 있도록 하기 위해 자유공간에서는 광대역의 특성을 가지며 또한 높은 전도성을 가지는 금속 도체 위에서도 동작해야 한다. 그러나 일반적인 태그 안테나는 유전체에 부착되면 유전체의 전기적 성질에 의해 안테나의 공진 주파수와 동작 주파수가 이동하여 안테나의 성능이 감소된다. 또한 높은 도전율을 갖는 도체 위에 평행하게 안테나가 놓이면, 안테나의 선로에 흐르는 전류는 대부분 상쇄되고 또한 안테나와 도체 사이에 기생 커패시턴스가 발생하여 안테나의 공진 주파수와 동작 주파수를 이동시킨다. [3]

따라서 본 논문에서는 금속 물체에 안테나를 붙였을 경우에도 안테나의 임피던스가 변하지 않게 하기 위해서 자체의 접지면을 갖도록 하였으며, 본체가 급전부를 중심으로 대칭적인 PIFA 구조를 가져 안테나에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하여 등방성 복사 패턴 특성을 갖도록 하였다. 시뮬레이션 결과 안테나는 대한민국 RFID 사용 주파수(912 MHz)상에서 공기 중에서도 금속 물체를 부착하였을 경우에 반사손실 값이 각각 -20 dB, -25 dB를 나타내었으며, 이득은 정면 방향에서 두 상태 모두 약 -15 dB 이상의 성능을 가졌다. 또한 안테나 전 방향에 대한 이득 편차는 약 6 dB 이하를 만족시켜 등방성 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

II. 본 론

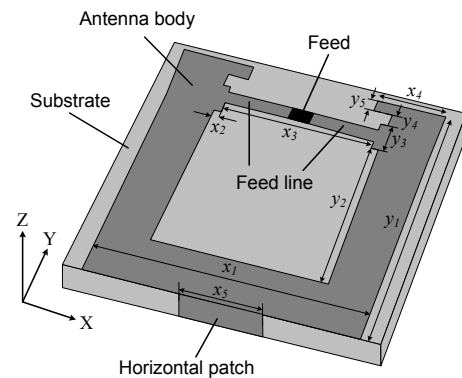
그림 1은 제안된 PIFA 구조를 가지는 등방성 소형 금속 태그 안테나의 구조이다. 안테나의 패턴을 인쇄하기 위한 세라믹 기판과, 기판 위에 인쇄되는 PIFA 형태 대칭구조의 패치와, 본체와 접지면을 연결하기 위한 수직 패치, 전기 전류를 공급하기 위한 급전부로 구성된다. 본체는 급전부(Feed)를 중심으로 대칭적인 구조를 가져 급전부를 통해 흐르는 전류의 방향을 반대로 하여 안테나가 등방성 복사 특성을 갖도록 하였다.

또한 금속 부착 물체에 영향을 적게 받아 안테나의 임피던스 정합이 틀어지지 않게 하기 위하여 안테나 자체에 접지면을 갖도록 하였으며, 본체와 전기적으로 연결하기 위하여 수직 패치를 사용하였다. 안테나를 소형화 하면서 특성을 유지하기 위해서 높은 유전율을 가지는 세라믹 기판을 사용하였다. [4]-[6]

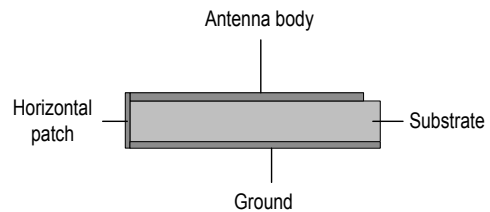
안테나의 최적 설계 변수는 FEKO EM 시뮬레이터와 Pareto 유전자 알고리즘을 사용하여 도출하였다. [7] Pareto 유전자 알고리즘에서 최적화의 방향을 설정하는 비용 평가 함수로 식 (1) ~ (2)를 이용하였다.[8]

$$Cost1 = 1 - S11(dB)/10 \quad (1)$$

$$Cost2 = \max(gain) - \min(gain) \quad (2)$$



(a) 사시도
(a) 3-D view



(b) 옆면
(b) Side view

그림 1. 제안된 안테나의 구조

Fig 1. The structure of proposed antenna

Cost1은 대한민국 사용 주파수에서 안테나의 반사 손실 값이 -10 dB를 만족시키기 위해 사용된 비용 평가 함수이며, Cost2는 안테나의 전방향에서 계산된 안테나의 이득 값의 최댓값과 최솟값의 편차를 의미한다. 그 외에 이득 편차가 적어지면서 동시에 최대 이득 값을 높게 하기 위하여 안테나 복사이득이 -20 dBi 이하거나 편차가 6 dB 이상이면 비용 평가 함수에 가산치를 적용하여 조사 영역에서 제외되도록 하였다.

표 1. 안테나 설계 변수

Table 1. The structure of proposed antenna

변수	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
mm	22.6	0.5	12.4	5.6	6.8
변수	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
mm	23.5	14.3	2.6	1.1	1.1

약 300번 이상의 최적화 반복 과정을 수행하여 안테나의 최적 설계 값을 도출하였으며 이 때 설계 변수 값을 표 1에 나타내었다. 급전부를 연결하는 마이크로 스트립 라인의 두께는 1 mm이며, 본체의 두께는 4.4 mm를 가진다.

III. 제안된 안테나 특성

그림 2는 최적화된 안테나를 실제 제작한 사진이며, 사용된 세라믹 기판은 가로 × 세로 × 높이가 25 × 25 × 3mm이며, 유전율은 약 60이다.

그림 3은 제안된 안테나의 반사손실을 나타내었다. 실선은 공기 중에서의 반사 손실 값을, 점선은 금속 물체를 부착하였을 때의 반사 손실 값을 나타낸다. 금속 물체를 붙였을 때 중심 주파수는 912 MHz로 20MHz(900 ~ 920 MHz)의 임피던스 대역폭을 가져 대한민국 RFID 사용 주파수 대역을 만족시키는 것을 알 수 있다.

그림 4는 제안된 안테나의 주파수에 따른 이득 특성을 나타낸 그래프이다. 실선은 공기 중에서의 이득 특성을, 점선은 금속 물체를 부착하였을 때의

이득 특성을 나타낸다. 이득이 중심주파수에서 모두 -15 dB 이상을 가지는 것을 알 수 있다.



그림 2. 제작된 안테나

Fig 2. Fabricated antenna

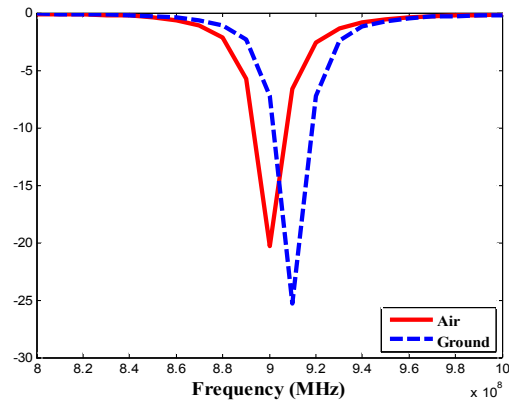


그림 3. 제안된 안테나의 반사손실

Fig 3. Return loss of the simulated antenna

그림 5는 제안된 안테나의 효율 특성을 나타낸 것이며, 중심 주파수(912 MHz)에서 약 90 % 이상의 높은 효율을 보이는 것을 알 수 있다.

그림 6에 제안된 안테나의 방사패턴을 나타내었다. 그림 6(a)는 공기 중에서의 방사 패턴이며, 그림 6(b)는 금속 물체에 부착하였을 경우의 방사 패턴을 보여준다. 중심 주파수 912 MHz에서 최대 이득 각각 -10 dBi, -15 dBi를 나타내었으며, 최대 이득과 최소 이득의 편차가 약 6 dB 이하를 만족시켜 제안된 안테나가 등방성 특성을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

그림 7은 안테나에 흐르는 전류 분포를 나타낸 그림이다. 그림 7(a)는 공기 중에서의 전류 흐름이

며, 그림 7(b)는 금속 물체에 부착하였을 때의 전류 흐름을 보여준다.

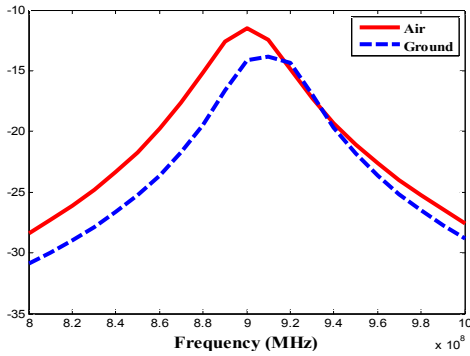


그림 4. 제안된 안테나의 이득

Fig 4. Gain of the proposed antenna

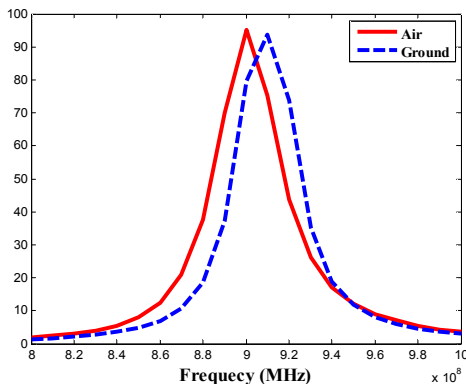
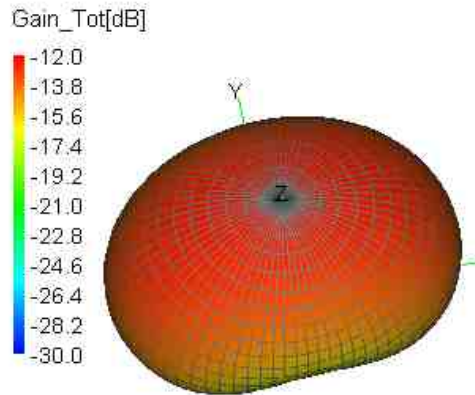


그림 5. 안테나의 효율

Fig 5. Antenna efficiency

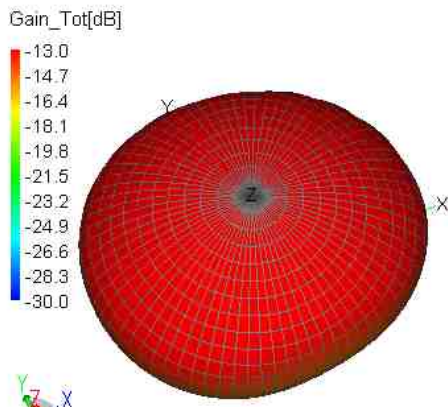
전류흐름은 중심 주파수(912 MHz)에서 계산 되었으며, 각각 전류가 급전부를 중심으로 정반대 방향으로 흐르면서 안테나에 형성되는 복사 널(null)을 보완하여 등방성 복사 패턴을 갖게 되는 것을 확인 할 수 있다.

그림 8은 실제 제작된 태그 안테나의 반사 손실 값을 시뮬레이션과 비교한 그림이다. 측정은 자유 공간에서 하였으며, 측정 결과 시뮬레이션과 공진 이 다소 오차가 있지만 이는 EM 시뮬레이터와 실측과의 오차라고 사료된다.



(a) 자유 공간일 때

(a) In the air



(b) 금속 물체에 붙였을 때

(b) Attached the metal material

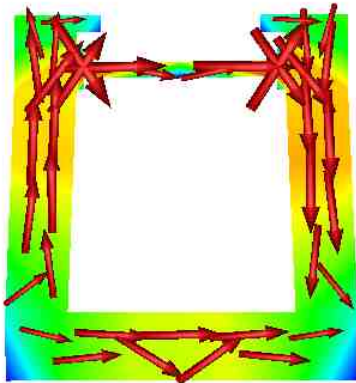
그림 6. 제안된 안테나의 방사패턴 (912 MHz)

Fig 6. Simulated radiation patterns of the proposed antenna (912 MHz)

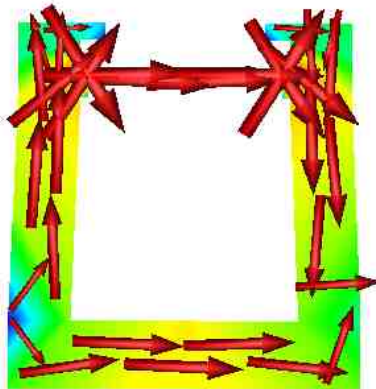
IV. 결 론

본 논문에서 등방성 복사 패턴을 갖는 PIFA 형태의 금속 태그 안테나를 제안하였으며, 기존의 공기 중에서만 형성되는 복사패턴을 금속 물체에 부

착하였을 때도 유지하도록 하였다. 제안된 안테나의 크기는 25mm × 25mm × 3 mm이며, 안테나를 소형화 하면서 성능을 최대한 유지하기 위해 높은 유전율을 가지는 세라믹 기판을 사용하였으며, 좀 더 최적화된 설계 변수를 얻기 위하여 EM 시뮬레이터와 유전자 알고리즘을 이용하였다.



(a) 자유 공간일 때
(a) In the air



(b) 금속 물체를 붙였을 때
(b) Attached the metal material
그림 7. 안테나에 흐르는 전류 분포

Fig 7. Currents distribution on the antenna

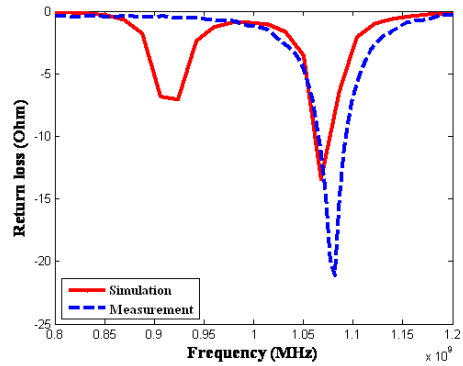


그림 8. 측정된 안테나 반사 손실

Fig 8. Measured return loss of the antenna

최적화 결과 중심 주파수 912 MHz에서 -10 dB 이상의 반사 손실 값을 얻었으며, 최대 이득과 이득 편차는 각각 -15 dBi 이상, 6 dB 이하로 나타났다. 안테나의 효율 특성도 중심 주파수에서 90 % 이상의 높은 효율을 유지하였다.

또한 동작 특성을 알아보기 위해 안테나의 본체에 흐르는 전류의 방향을 확인한 결과 급전부를 중심으로 정반대 방향으로 전류가 흐르는 것을 확인하였다. 제안된 안테나는 금속 물체를 사용하는 곳에서 전방향성 방사를 요구하는 시스템에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] Klaus F.: 'RFID handbook' (Wiley, New York, 2003)
 [2] Glidden R., Bockorick C., Cooper S., Diorio C., Dressler D., Gutnik V., Hagen C., Hara D., Hass T., Humes T., Hyde J., Olive R., Onen O., Pesavento A., Sundstrom K., Thomas M.: 'Design of ultra low-cost UHF RFID tags for supply chain application', IEEE Commun. Mag., 2004, 42, pp. 140 - 151
 [3] Hua R. C., Ma T. G.: 'A printed dipole

antenna for ultra high frequency (UHF) radio frequency identification (RFID) handheld reader', IEEE Trans. Antennas Propag., 2007, 55, pp. 3472 - 3745

[4] Bokhari S. A., Zurcher J. F., Mosig J. R., Gardiol F. E.: 'A small microstrip patch antenna with a convenient tuning option', IEEE Trans. Antennas Propag., 1996, 44, pp. 1521 - 1528

[5] Chang N., Lin J.: 'A novel circularly polarized patch antenna with a serial multi-slot type of loading', IEEE Trans. Antennas Propag. 2007, 55, pp. 3345 - 3348

[6] Song M., Woo J.: 'Miniaturization of microstrip patch antenna using perturbation of radiating slot', Electron. Lett., 2003, 39, pp. 417 - 419

[7] FEKO software Inc.: FEKO Suite 5.3.: available at: <http://www.feko.info/>, accessed August 2008

[8] Weile D. S., Michielessen., Goldberg D.E.: 'Genetic algorithm design of Pareto optimal broad band microwave absorbers', IEEE Trans. Electromagn. Compat., 1996, 38, pp. 518-525

저자약력

윤정미(Yun Jung Mee)



1999년 성균관대학교 전기
전자컴퓨터공학과
(공학석사)
2001년 성균관대학교 전기
전자컴퓨터공학과
(공학석사)
2000년 전자부품연구원
선임연구원

<관심분야> RFID 특수태그, 통신망관리,
WPAN Protocol

정진욱(Chung Jin Wook)



1991년 서울대학교 대학원
계산통계학과 박사
1985년 성균관대학교
전기전자컴퓨터
공학과 교수
2006년 성균관대학교 대학원장

<관심분야> 컴퓨터 네트워크, 네트워크 관리, 네트워크
보안