

# 액체용기 부착을 위한 소형 플렉시블 특수태그 설계

윤정미<sup>†</sup>, 지성환<sup>††</sup>, 이상학<sup>†</sup>

<sup>†</sup>전자부품연구, <sup>††</sup>홍익대학교

[yunjm@keti.re.kr](mailto:yunjm@keti.re.kr)

## Design of Flexible Liquid RFID Tag Antenna for attaching glass bottle

Yun Jungmee, Ji Sunghwan, Lee Sanghak

Korea Electronics Technology Institute, Hongik University

### 요 약

본 논문에서는 의약품, 음료수병 등 액체용기에 부착이 가능하며, 주변 유전체에 의한 성능열화가 적고 소형으로 바코드를 대신하여 용기에 부착이 가능한 플렉시블 RFID 특수태그 안테나를 제안하였다. 제안된 태그 안테나는 PET 기판 위에 미앤더 기법으로 제작되어 제작 및 대량 생산에 용이하며, 범용 RFID의 사용주파수 (860~960MHz)를 만족시키고, 주변 유전물의 영향으로 인한 성능변화를 최소화할 수 있도록 설계하였다. 제안된 태그 안테나는 본체 중앙부에 T 정합회로를 사용하고 미앤더 구조와 직선 구조의 보조선로 2개를 본체 상단에 삽입하여, 캐패시티브 결합을 이용해 태그칩과의 임피던스 공액정합이 쉽게 이루어지도록 하였다. 또한 2개의 보조선로가 각각 다른 부착물체의 유전율에 상호 보완적으로 전류를 유기시키도록 하여 주변 유전 물질의 영향에 의한 반사손실을 만족하도록 하였다. 본 태그의 성능은 송신출력 20dBm, 안테나 이득 6dBi인 리더 안테나를 사용하였을 때 자유공간에서는 3.5m, 유리 부착 시 2.61m, 액체가 든 유리병 부착 시 2.51m 의 인식거리 성능을 보였다.

### 1. 서 론

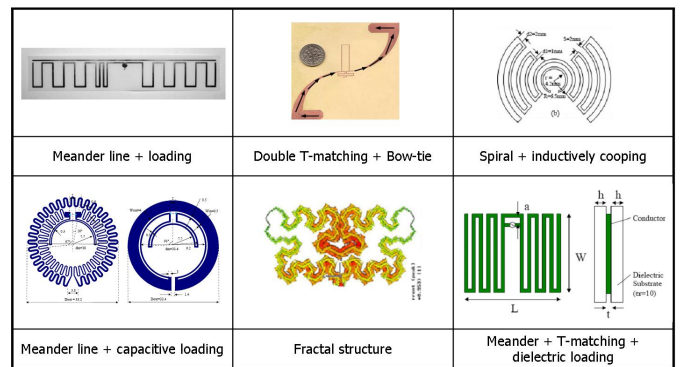
RFID(Radio Frequency Identification)는 초소형 IC칩이 부착된 태그와 태그의 정보를 전달받는 리더로 구성되며, 물류관리 시스템, 전자화폐, 보안관리 시스템 등에 활용되는 유비쿼터스 네트워크 환경구현을 위한 중요한 기술로 인식되고 있다. 특히 RFID시스템의 태그는 사용 목적 및 부착될 제품에 따라 적합한 성능과 형상을 가져야 하므로 환경에 특화된 태그를 제작선택하는 것이 도입성공의 관건이라 할 수 있다.

특히 의약품 및 주류, 일반 식품 등에서 이력 및 정품 인증 등의 목적으로 액체용기에 붙일 수 있는 액체용 RFID특수태그의 요구가 증가하고 있는 추세이다. 액체가 들어있는 유리면에 부착되는 평면 안테나는 다양한 무선 통신분야에서 사용될 수 있으며 특히 RFID에서 인식대상이 되는 물체의 종류에 무관하게 안정적으로 인식거리 확보를 위한 태그 안테나로 사용될 수 있다.

일반 RFID 라벨용 태그의 안테나 설계는 자유공간 모델을 이용하여 구현되며 태그의 부착물체의 유전특성이 공기와 비슷한 경우(종이박스, 플라스틱, 의류등)에서 일반 RFID 태그로 기능구현이 가능하다[1].

이와 달리 금속, 액체 등과 같이 태그 부착표면이 특수재질인 경우는 mirror effect의 영향으로 인해 안테나 입력신호의 일부가 높은 유전율을 지니는 물체의 표면에서 전반사 되어 상쇄간섭현상을 발생하며 이는 안테나와 부착 표면의 이격거리가  $1/4 \lambda$  이상 되어야 해소되지만 현실적으로 불가능하다 [2]따라서 액체용기에 부착되어질 태그는 이러한 유전체로부터의 영향을 고려하여 설계해야 한다. 또한 액체용기의 뚜껑이라는 한정된 공

간에 사용되기 위해서는 태그 안테나가 소형화되어야 한다는 조건이 필요하게 된다. 기존에 개발되고 있는 소형 플렉시블 RFID 태그는 다음 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 기존 소형 RFID 플렉시블 태그

미앤더 구조와 로딩을 이용한 안테나는 안테나 리액턴스 생성을 위해 미앤더 구조를 이용하여 주어진 크기에서 안테나의 전기적 길이를 증가시켰으며 로딩을 통해 임피던스 조절이 가능하도록 한 구조이다. 스파이럴 구조에 유도결합 급전 구조를 이용한 안테나는 소형화에 효과적이며, 캐패시티브 로딩을 이용한 안테나는 크기 축소가 용이하다[3].

일반적으로 태그 안테나를 소형화시킬 때 공통적으로 나타나는 문제점은 안테나의 소형화에 따라 저항성분이 작아지고 리액턴스가 커지게 되어 안테나의 대역폭이 감소하고 정합이 어려워지며 태그 안테나에 결합되는 RFID 태그칩의 임피던스가 매우 캐패시티브하여 광대역 임피던스 정합이 어렵다는 것이다. 태그 안테나의 각각

의 형태에 따른 문제점은 다음과 같다 미앤더 구조와 로딩을 이용한 안테나는 안테나 크기 축소가 어려운 단점이 있다. [4]보우타이 구조의 안테나는 주어진 공간을 효율적으로 사용하지 못한 단점이 있다 스파이럴 구조에 유도결합 급전 구조를 이용한 안테나는 물건에 부착시 성능변화가 민감한 단점이 있다 커패시티브 로딩을 이용한 안테나는 안테나 성능 튜닝이 어렵다 프랙탈 구조는 안테나 크기 축소와 변형이 어렵다 유전체가 로딩된 안테나는 양면으로 유전율이 높은 물질을 사용해야 하는 단점이 있다. [5]

이에 본 논문에서는 액체를 담은 용기의 뚜껑에 부착되는 특수태그로서 일반적인 액체용기의 뚜껑 크기인 지름 3cm의 원안에 들어가는 크기와 지름 3cm의 원통에 붙였을 때 인식거리 및 성능을 유지할 수 있는 소형의 플렉시블 RFID 특수태그를 제안하도록 한다

2. 본 문

본 논문에서 제안한 태그 안테나는 스파이럴 구조를 이용해 주어진 크기에서 안테나의 전기적 길이를 증가시켜 소형화 시켰으며, 캐패시티브한 성격을 지니고 있는 태그칩과의 공액정합을 위해 T-matching구조의 급전을 사용하였다. 또한 T-matching구조의 정합회로망을 스파이럴 형태의 안테나 본체 반대편에 위치하게 함으로써 T-matching구조를 이용한 튜닝의 자유도를 최대한 보장할 수 있게 설계하고 스파이럴 형태의 안테나 본체에 유기되는 전류가 태그칩에 미치는 영향을 최소화하게 하는 구조로 설계하였다

2-1. 안테나 설계

제안된 안테나의 최적화된 설계변수(w1, w2, w3, w4, w5, w6, w7, w8, h1, h2, h3, h4, h5, h6, h7)는 FEKO 시뮬레이션 툴을 Pareto 유전자 알고리즘과 연동시켜 도출하였으며, 최적화된 설계변수를 <표 1>에 나타내었다. Pareto 유전자 알고리즘에서 최적화의 방향을 설정하는 비용평가 함수로 대역폭을 증가시키는 함수와 에칭구리 용량을 줄이는 함수를 식 (1)과 (2)에 정리하였다.[6],[7]

$$Cost1 = 1 - \frac{BW \times Eff}{BW_{rfid}} \quad (1)$$

$$Cost2 = Eching \ surface \ area \quad (2)$$

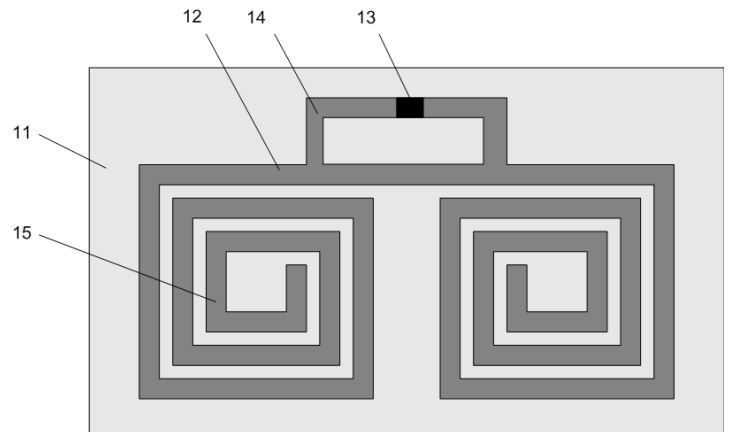
Cost 1은 제안된 안테나의 주파수 대역폭과 효율이 최적화되는 설계변수를 찾으려 하였으며 여기서  $BW_{rfid}$ 는 UHF RFID 주파수 대역폭인 10%를 의미하고, BW는 설계된 안테나의 반전력 대역폭( $SWR < 5.8$ )을 의미하며, Eff는 안테나의 복사효율을 의미한다 [8]

2-2. 안테나 동작원리 분석

< 표 1 > 안테나 설계변수(Unit: mm)

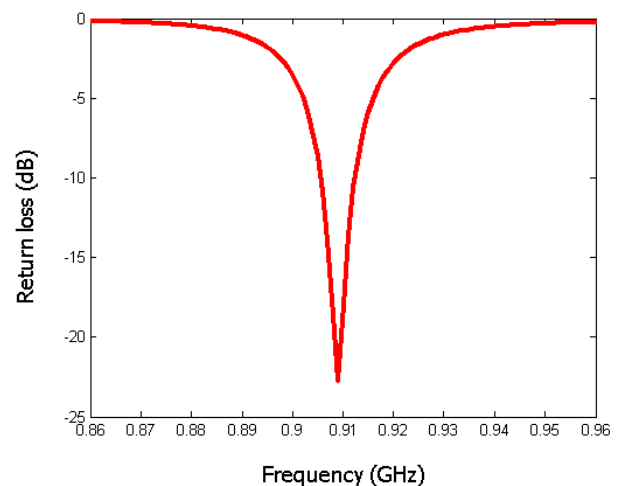
W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
99.8	1.0	1.0	1.0	5.0	0.4	82	8.2
h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	
26.9	21.3	17.5	12.5	16.5	12.4	12.1	

<그림 2>는 제안된 액체용기용 플렉시블 소형 안테나의 구조이다. 안테나의 패턴을 인쇄하기 위한 유전체 재질의 기판과 기판위에 인쇄되는 안테나의 전기적 크기 조절을 위한 스파이럴 구조가 형성되어 있는 안테나형태로 구성된다. 본 논문에서 설계한 안테나의 기판두께는 약 2mm이고 유전율 2.4 ε r인 PET를 사용하도록 설계하였다.



< 그림 2 > 액체용기용 플렉시블 소형 안테나 설계도

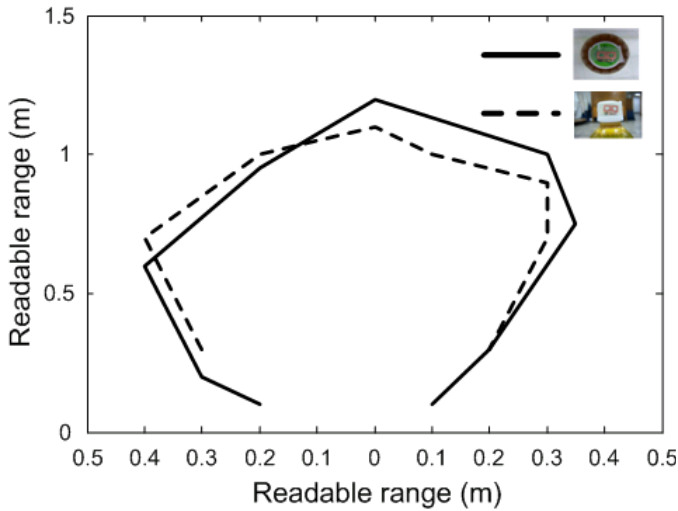
크기는 1.6×1cm의 초소형이며, 912MHz대역에서 반사손실 S11 <-3dB 기준을 만족한다. <그림 3>은 제안된 RFID태그의 반사손실 특성을 나타내는 그래프이다 그래프에서 보는 바와 같이, 제안된 스파이럴 소형 안테나는 912MHz에서 20-150의 입력 임피던스 특성을 나타내며 900-920MHz 대역에서 S11이 -3dB이하로 동작함을 알 수 있다.



< 그림 3 > 스파이럴 소형 안테나의 반사손실 특성

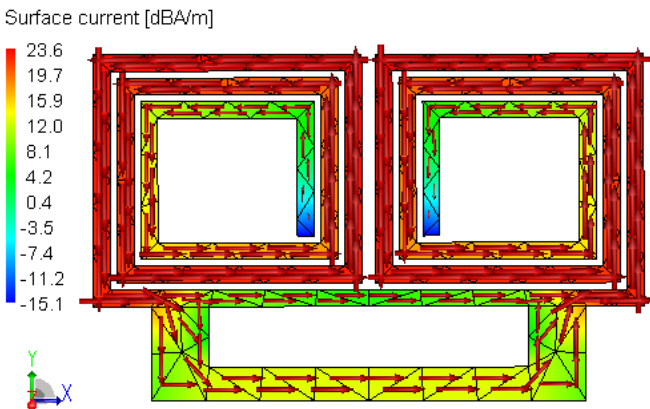
<그림 4>는 제안된 스파이럴 소형 안테나의 인식거리 특성을 나타내고 있다. 스파이럴 소형 안테나를 상용 태그칩에 복소 정합하였을 때의 UHF대역의 최대 인식거리를 나타내고 있다.

보는바와 같이 태그 안테나의 리더기에 대한 위치가 정면 측면에 있어도 912MHz 주파수에서 약 1.2m의 인식거리를 가짐을 확인할 수 있었다



< 그림 4 > 정면 및 측면에서의 인식거리 측정도표

<그림 5>는 안테나를 상용 태그칩에 복소 정합했을 때 흐르는 전류의 방향을 나타낸다. 그림에서 보는바와 같이 소형 안테나에서 주 안테나와 용량결합 안테나의 메일선로에 흐르는 전류의 위상이 반대가 되어 커패시턴스하게 작동하는 것을 확인할 수 있다



< 그림 5 > 전류흐름도

2-2. 안테나 특성분석

본 논문에서 RFID 태그 안테나는 스파이럴 소형 안테나를 RFID안테나 용도로 적용한 예로써, 태그 안테나에 결합되는 RFID 사용 태그칩의 임피던스가 매우 커패시티브하여도 안테나가 액체용기에 부착되었을 때

900~920MHz에서 반사손실 -3dB를 만족하는 동작 특성을 보이며, 국내 RFID 주파수 대역을 만족하는 특성을 가져 종래의 태그안테나에 비해 작은 크기를 지니며 특수태그로 사용될 수 있다는 것을 알 수 있다

또한 액체가 담겨있는 용기 뚜껑에 부착되어 루프형상의 안테나와 동일한 전류가 흐르게 되어 무지향성 인식 특성을 가지며, 급전부로 입력되는 임피던스가 변화하여도 안테나의 구조를 쉽게 변경할 수 있어 넓은 동작 대역폭을 유지하도록 하는 효과가 있다

3. 결 론

본 논문에서는 의약품 음료수병 등 액체용기에 부착이 가능하며, 주변 유전체에 의한 성능열화가 적고 소형으로 바코드를 대신하여 용기에 부착이 가능한 플렉시블 RFID 특수태그 안테나를 제안하였다 제안된 태그 안테나는 PET 기판 위에 미앤더 기법으로 제작되어 제작 및 대량 생산에 용이하며 범용 RFID의 사용주파수 (860~960MHz)를 만족시키고, 주변 유전물의 영향으로 인한 성능변화를 최소화할 수 있도록 설계하였다

제안된 태그 안테나는 본체의 미앤더 형상의 1차 보조선로와 직선형태의 2차 보조선로, T정합회로로 구성되었으며, 약 25-j150의 임피던스를 가지는 Impinj사의 Monza3전자칩과 공액 정합시켰을 경우 844 ~ 1,268MHz의 구간에서 반전력 반사손실을 만족하였다

안테나의 복사효율은 UHF RFID대역에서 70%이상이며, 중심주파수인 912MHz에서는 80%이상의 효율을 보였다. 두 개의 보조선로에 유기되는 전체전류는 부착물질의 유전율의 변화에도 비교적 일정하게 유지되어 성능열화가 최소화됨을 확인하였다. 송신 출력이 20dBm이고 안테나 이득이 6dBi인 리더 안테나를 사용하여 인식거리성능을 측정하였을 때 자유공간에서 2.5m의 인식거리를 유리병과 액체가 든 유리병에 부착시 각각 2.61m와 2.51m의 인식거리 성능을 보였다 측정결과는 의약품, 주류등 액체가 들어있는 상품에 적합한 소형의 플렉시블 태그에 활용가능함을 확인시켜준다

참고문헌

[1] Klaus F. 'RFID handbook', Wiley, New York, 2003  
 [2] Glidden R., Bockorick Cooper, Thomas M., 'Design of ultra low-cost UHF RFID tags for supply chain application', IEEE Communication magazine, pp. 140-151, 2004  
 [3] Hua Kenstensen, 'A printed dipole antenna for ultra high frequency (UHF) radio frequency identification (RFID) handheld reader', IEEE Trans. Antennas Propagation, pp. 3472-3745, 2007  
 [4] Bokhari S. A., Zurcher J. F., Mosig J. R., Gardiol F., 'A small microstrip patch antenna with

- a convenient tuning option' , IEEE Trans. Antennas Propagation, pp. 1521-1528, 1996
- [5] Chang N., Lin J., 'A novel circularly polarized patch antenna with a serial multi-slot type of loading' , IEEE Trans. Antennas Propagation. pp. 3345-3348, 2007
- [6] Song M., Woo J., 'Miniaturization of microstrip patch antenna using perturbation of radiating slot' , Electron. Letter, pp. 417-419, 2003
- [7] <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 Transactions. Electormagn., pp. 518-525, 1996