

## 다구찌기법을 이용한 920MHz 대역 RFID 리더 안테나 설계 연구

권소현, 고재형, 최진규, 정찬용, 홍재희, 김형석  
중앙대학교 전자전기공학부

### The design of a 920MHz RFID reader antenna using the Taguchi's Method

So-Hyun Kwon, Jae-Hyeong Ko, Jin-Kyu Choi, Chan-Yong Jung, Jae-Hee Hong, Hyeong-Seok Kim  
School of Electrical and Electronics of Engineering Chung-Ang University

**Abstract** - 본 논문에서는 다구찌 기법을 사용하여 최적설계 한 중심 주파수가 920MHz인 휴대용 RFID 리더안테나를 제안한다. 제안한 안테나는 모서리가 절단되고 정사각형 마이크로스트립 패치에 네 변으로부터 슬롯을 갖는 구조이다. 이러한 슬롯구조는 마이크로스트립 패치안테나를 소형화시킬 수 있으며, 슬롯이 없는 구조에 비해서 약 18%의 안테나 크기 감소가 가능함을 실험을 통해 확인 하였다. 슬롯의 구조를 갖게 되는 소형의 안테나는 복잡한 설계변수에 따라 변화하므로 최적의 안테나 설계를 위해서는 해석 및 시험단계에 수많은 반복이 요구된다. 본 연구에서는 해석 및 실험 횟수를 최소화할 수 있는 실험계획법인 다구찌법의 직교배열 표를 도입하여 설계할 때의 주요 요소들의 민감도 해석을 수행하고 그 영향성을 분석하여 해석결과를 바탕으로 설계반복을 최소화 하면서 최적의 구조를 갖는 안테나를 설계 하였으며 유전율이 4.4이고, 두께가 3.2mm 인 Epoxy 1.6T의 기판상에 제작한 안테나 특성에 대한 실험 결과를 제시하였다.

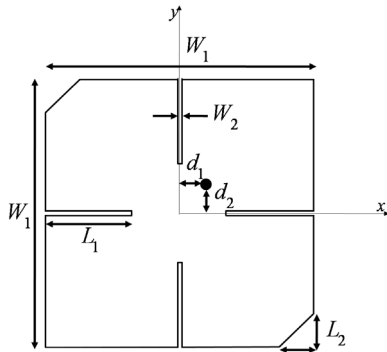
### 1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 전자 태그를 사물에 부착하고 리더의 안테나를 통해 태그의 정보를 판독하는 비접촉식 무선 인식 시스템으로서 유통관리, 출입 통제, 교통카드, 식품 관리 등 다양한 분야에 적용이 점차 확대되고 있다. HF대역(13.56MHz), UHF대역(433MHz, 860MHz~960MHz), ISM대역(2.4GHz)등 여러 주파수대에서 RFID 기술에 대한 연구개발이 진행되고 있으며, 그 일부는 이미 활용되고 있다 [1][2]. 이와 같은 세계적인 기술 발전추세에 따라 최근 국내에서는 917MHz~923.5MHz 대역을 RFID 대역으로 재분배함으로써 RFID기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 휴대 단말기에 UHF 대역의 RFID 리더기능을 부착하기 위한 요구도 꾸준히 제기되고 있다. 이와 같은 요구를 수용하기 위해서는 단말기에 부착이 용이하고 소형·경량인 원형편파의 마이크로스트립 안테나의 개발이 선행되어야 한다[3].

본 논문에서는 동작주파수가 920MHz인 RFID 리더안테나로 사용할 수 있는 소형 원형편파 안테나로서 4개의 슬롯 구조를 갖는 정사각형 마이크로스트립패치 안테나를 제안하고 있으며, 안테나 설계는 패치 안테나 해석 이론을 바탕으로 해석 및 실험횟수를 적게 할 수 있는 실험계획을 계획하는 다구찌기법을 도입하여 설계 요소의 민감도 해석을 수행하고 주요 설계변수의 영향성을 분석함으로써 소형화 안테나의 최적 설계를 수행하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 안테나의 구조 및 절차



〈그림 1〉 920MHz 원형편파 패치안테나 구조

안테나의 원소로 사용될 패치 안테나의 기판은 유전율 4.4, 두께 3.2mm 의 Epoxy 1.6T를 사용하였다. 920MHz에서 동작하는 마이크로 스트립 패치 안테나의 구조는 그림 1과 같다. 중심점에서  $d_1, d_2$ 만큼 떨어진 점은 급전점의 위치이며,  $W_1$ 의 길이는 정사각형 패치의 크기,  $W_2$ 는 슬롯의 폭,  $L_1$ 는 슬롯의 길이 그리고  $L_2$ 는 절단된 모서리의 길이를 나타낸다.

휴대 단말기에 부착할 RFID 리더 안테나는 평면구조를 가지면서 원형편파 특성을 갖는 것이 바람직하므로 그림 1에서 보는 바와 같이 정사각형 패치의 대칭되는 모서리가 절단된 마이크로스트립 안테나를 채택하였다.

#### 2.1.1 설계 방법

우선 패치의 크기는 소형화를 위한 슬롯의 파라미터를 추출하기 전에 먼저 공진 주파수  $f_r$ 사각 패치 안테나의 폭, 길이를 구한다. 패치 안테나의 폭과 길이는 다음과 같이 구할 수 있다. 식 (1)은 패치 폭, 식 (2)는 실험 유전율이다. 마이크로스트립 패치 안테나의 실제 길이는 fringing 효과로 인해 전기적인 길이 보다 짧아진다. 그 차이를  $\Delta L$ 이라 할 때 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다[4][5]. 이와 같은 과정을 거쳐 결정되어진 마이크로스트립 안테나의 설계변수를 최적화 시킨다.

$$W_1 = \frac{\lambda_0}{2} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-0.5} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{\epsilon_{re} + 0.3}{\epsilon_{re} - 0.258} \frac{(W/h) + 0.262}{(W/h) + 0.813} \quad (3)$$

위의 식으로부터 구한 패치의 크기를 초기값으로 하여 상용 시뮬레이션인 HFSS를 이용해 대칭되는 모서리가 절단된 마이크로스트립안테나의 설계변수를 결정하였다.

#### 2.2 다구찌기법을 이용한 주파수 최적설계

마이크로스트립패치 안테나는 설계변수의 미세한 변화에 따라 안테나의 특성이 변화하는 특징을 가지고 있기 때문에 최적의 파라미터 값을 정하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 다구찌기법을 적용하여 공진 주파수를 설계목표로 하여 최적의 설계변수를 찾는 실험을 수행하였다.

표1은 그림 1에서의 설계파라미터를 바탕으로 각각의 6개의 인자에 대한 3수준의 설계변수를 보여준다.

〈표 1〉 설계변수 (unit : mm)

Factor level	A ( $W_1$ )	B ( $W_2$ )	C ( $L_1$ )	D ( $L_2$ )	E ( $d_1$ )	F ( $d_2$ )
1	63.1	0.35	20.7	8.8	6.9	6.9
2	63.2	0.4	20.8	9	7	7
3	63.3	0.45	20.9	9.2	7.1	7.1

식 (4)는 3수준계의 직교 배열을 나타내면 m은 2이상의 정수로서  $3^m$ 은 실험의 크기,  $(3^m - 1)/2$ 는 직교 배열표를 통하여 시행할 수 있는 최대 요인의 수를 나타낸다.

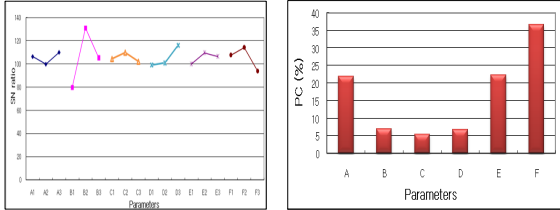
$$L_{3^m} (3^{(3^m-1)/2}) \quad (4)$$

6개의 변수에 대하여 3가지 수준을 각고 총 27번의 실험을 수행하게 되는  $L_{27}$  직교배열을 구성하였다.

각 설계인자는 세 가지 수준 수를 갖도록 하였으며 고려된 설계 인자 및 수준 수에 따라 수행되어야 할 최소 실험 회수 조합을  $L_{27}$ 형 직교배열표를 사용하였다. 모의시험 조합에 따라 920MHz의 주파수에서 산출된 품질계수로 정의된 특성 치에 대한 SN비를 식 (5)에 나타내었다.

$$SN_{LB} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (5)$$

각 설계 인자가 특성에 미치는 영향을 쉽게 분석하기 위해 안테나의 공진주파수에 따른 SN비와 백분 기여도를 그림 2에 제시하였다.



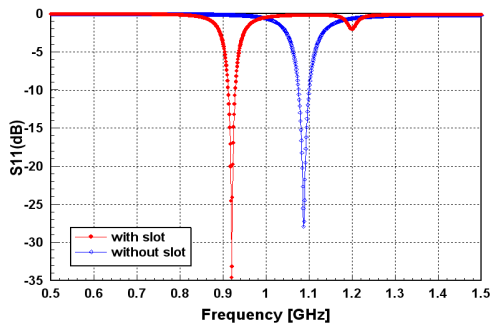
〈그림 2〉 품질계수의 민감도(SN비)와 품질계수의 백분기여율

그림 2를 통해 F-parameter가 품질계수에 많은 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있다. 민감도와 백분 기여율을 통해 안테나의 인자별 수준을 결정하면 A3 B2 C3 D4 E2 F2이다. 다구찌기법을 이용하여 찾은 안테나의 구조로 설계하였을 때 주파수 920.4MHz에서 -34.99dB의 Return loss값을 갖는 시뮬레이션 결과를 얻었다. 다음 표 2는 다구찌기법으로 찾아낸 파라미터들의 수치를 추출하여 최종적으로 설계한 안테나의 파라미터 값을 나타낸다[6].

〈표 2〉 920MHz안테나 설계 파라미터

항 목	규격 [mm]
패치의 크기 ( $W_1$ )	63.3 x 63.3
접지면의 크기	80 x 80
$W_2$	0.4
$L_1$	20.8
$L_2$	9
급전 위치 ( $d_1 \times d_2$ )	7 x 7
절단된 모서리 길이 ( $L_2$ )	9

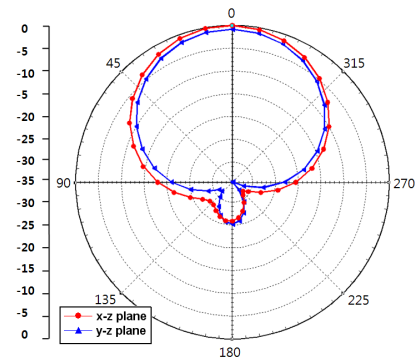
설계된 기준 안테나의 크기를 줄이기 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 패치에 4개의 슬롯을 삽입했을 경우와 삽입하지 않았을 경우 반사손실의 차이를 시뮬레이션을 통해 확인한 결과가 그림 3이다.



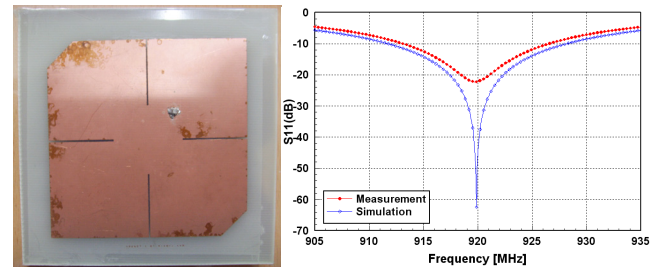
〈그림 3〉 안테나의 반사손실

그림 3에서 보는 바와 같이 슬롯이 있을 경우 반사손실 10dB 대역폭은 910.4MHz ~ 928.4MHz 이고, 슬롯이 없을 경우 반사손실 10dB대역폭은 1076.6MHz ~ 1099.6MHz 이다. 따라서 슬롯이 있는 경우와 없는 경우 반사손실 10dB 대역폭은 각각 20MHz, 23MHz 로 비슷하나 공진

주파수는 슬롯이 있는 경우 920MHz 이고, 슬롯이 없는 경우 1098.4MHz로 슬롯이 안테나의 크기를 약 18% 작게 함을 알 수 있다.



〈그림 4〉 920MHz에서의 이득



〈그림 5〉 제작 된 안테나 사진

그림 4는 본 논문에서 제안한 안테나의 이득을 시뮬레이션 한 결과로 측정된 이득은 -2.49dBi이며, 그림 5는 제작된 안테나의 정면사진과 HFSS로 시뮬레이션 한 반사손실 값과 Network Analyzer로 측정된 반사손실 값을 비교한 결과이다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 재분배된 RFID 주파수 대역인 920MHz에서 동작하는 원형패치 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나의 구조는 정사각형의 대각의 모서리부분이 절단된 형태이며, 4개의 슬롯구조를 가짐으로서 슬롯이 없는 경우와 비교하여 안테나의 크기를 약 18%감소시킬 수 있었다. 또한 공진주파수에 맞는 최적의 설계변수를 찾기 위해 다구찌기법을 사용하여 3수준계의 직교배열표에 따라 실험을 수행하여 최적의 설계를 하였다. 유전율 4.4, 두께 3.2mm인 FR4기판을 사용하여 제작한 안테나는 접지면의 크기가 8x8의 소형이면서, 반사손실 10dB 대역폭은 908.4MHz ~ 928.4MHz로 국내 UHF대 RFID대역 (915MHz ~ 923.5MHz)을 포함하는 것을 확인하였다. 제작된 안테나는 RFID대역에서의 이득은 -2.49dBi의 높은 이득을 갖으며 30dBm의 전송전력을 갖는 리더기로부터 1~1.3m의 인식 거리를 갖는 것을 확인하였다. 이에 향후 모바일 RFID 리더기에 적용 가능한 소형 안테나에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

### [감사의 글]

본 연구는 2008년 중소기업 산학협력실 지원사업의 지원에 의해 수행 되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이성호, "유도결합 RFID 시스템에서 이중 코일 안테나를 이용한 잡음의 감소" 한국전자파학회논문지 2007. 6, pp. 648 ~ 655
- [2] John R. Tuttle, "Traditional and emerging technologies and applications in the radio frequency identification (RFID) industry", IEEE Radio Frequency Integrated Circuits(RFIC) Symposium, pp. 5 - 8, 1997.
- [3] 최익권, "휴대단말용 RFID 대역 소형 원형패치 마이크로스트립안테나" 한국정보기술학회논문지 제7권 제2호, 2009. 4, pp. 109 ~ 115
- [4] I. J. Bahl and P. Bhartia, Microstrip Antennas, Artech House, Dedham, MA. 1890.
- [5] E. O. Hammerstad, "Equations for microstrip Circuit Design", Proc. Fifth European Microwave Conf, pp268-272, Sep. 1975