

# Hand effect를 최소화한 평판 격자형 UHF대역 RFID 리더 안테나에 관한 연구

## A Study on a Planar Folded RFID Reader Antenna by Minimizing Hand Effects For UHF Band Application

박 정 근\*  
(Joung-Geun Park)

이 종 철\*\*  
(Jong-Chul Lee)

### 요 약

본 논문에서는 새로운 평판 격자형 UHF대역 RFID 리더 안테나를 제안한다. 본 논문에서 제안된 안테나는 4개의 PIFA (Planar Inverted F Antenna)형의 마이크로 스트립 안테나를 사용하였다. 안테나의 크기는 50 mm × 50 mm × 6.2 mm 이며 안테나의 이득은 1.1 dBi 이고 정재파비는 1.2:1, 안테나 효율은 63.3 %, 방사패턴은 상위 방향으로 설계되었다. 본 논문에서는 4개의 PIFA형 안테나를 입체 구조로 사용함으로써 안테나의 이득과 효율에는 크게 차이가 없으나 일반적인 PIFA 안테나에 비해 50% 사이즈 감소로 소형화하고 손의 영향(hand effect)을 최소화하여 태그의 인식성능을 크게 향상시켰다.

### Abstract

In this paper, a new planar folded UHF band RFID reader antenna is suggested. For the antenna suggested in this paper, 4 PIFA (Planar Inverted F Antenna) micro-strip structures are adopted. The size is 50 mm × 50 mm × 6.2 mm. The gain of the antenna is 1.1 dBi, the VSWR is 1.2:1, and the efficiency is 63.3 %. The radiation pattern is designed as upper direction. Identification distance for the RFID tags is improved by minimizing hand effects with properly integrating 4 PIFAs.

**Key words** : RFID, near-field antenna, PIFA, Electric-field distribution, Radiation

## I. 서 론

최근 모바일 RFID(Radio Frequency IDentification) 시스템이 각광을 받고 있다. 모바일 RFID에서 중점적으로 관심을 가지는 분야가 NFC(Near Field Communication)와 스마트기기에 UHF 대역 RFID 시스템이다[1~2]. 현재까지 900MHz 대역 RFID 안테

나 기술은 원거리 영역에서 인식 성능 위주로 개발을 시작하여 근거리 영역에서 동작되는 리더 안테나로 발전해오고 있다. 대표적인 안테나 구조는 링 공진기 원리(Spilt Ring Resonator)를 이용한 분리된 마이크로 스트립 루프 안테나(segment micro-strip loop antenna) 기술과 전송파(traveling wave) 원리를 이용한 격자형 마이크로스트립 라인용 안테나

\* 주저자 : 광운대학교 전자공학과 박사과정

\*\* 공저자 및 교신저자 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

† 논문접수일 : 2012년 7월 9일

† 논문심사일 : 2012년 8월 7일

† 게재확정일 : 2012년 8월 20일

(folded micro-strip line antenna) 기술 등이 있다. 또한 근거리 영역과 원거리 영역에서 동시에 사용되는 다층 마이크로 스트립 안테나(multi layer micro-strip antenna) 기술 등이 있다[3~4]. 본 논문에서는 기술적인 우위를 위해 차세대 모바일 기기(Smart Phone) 분야에서 RFID용 UHF대역 리더 안테나를 개발하는데 있다. 차세대 모바일 기기에 RFID용 리더 안테나는 일반적인 PIFA형 안테나와 같은 기존 모바일 내장형 안테나 기술과 유사한 형태로 연구가 진행을 하는 경우가 많다. 즉, 모바일 안테나 기술은 광대역화(Wide-Band) 및 소형화(Electrical Small) 기술 위주의 PIFA형 안테나(Planar Inverted F Antenna) 기술과 평판 격자형 루프 형태의 안테나 기술(Planar Folded Loop Antenna) 등이 대표적이다. 또한 손의 영향(Hand Effect)을 최소화할 수 있는 튜너블 안테나 기술(Tunable antenna) 등이 연구가 진행이 되고 있다[5~9]. 현재까지 모바일 RFID 리더 안테나의 연구는 소형화 위주의 기술로 아주 미약한 수준이다. 모바일기기에 사용되는 RFID 안테나 기술은 원형편파(Circular Polarization)이면서 협 대역(Narrow-Band)에서 손의 영향을 최소화하는 안테나 구조를 개발하는 것으로 근접거리(Near-Field)와 원거리(Far-Field)에서 동시에 인식이 가능하며 이동통신 시스템과의 간섭을 최소화 할 수 있는 안테나 기술이 필요하다.

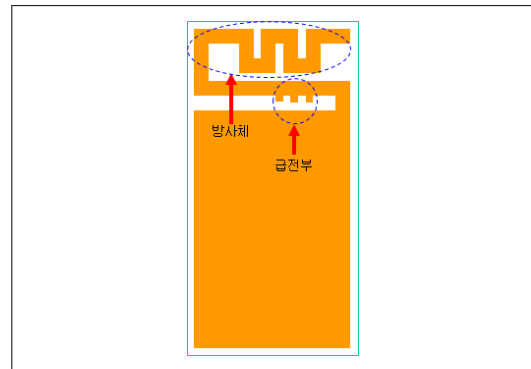
본 논문에서는 기존에 이동통신 내장형으로 많이 사용되는 PIFA형 안테나 구조를 분석하고 보다 확장된 형태의 새로운 평판 격자형 PIFA 안테나 구조를 사용하여 성능 개선과 손의 영향을 최소화하였다.

## II. 새로운 평판 격자형 PIFA 안테나 설계 및 구현

### 1. PIFA형 안테나의 구조 분석과 설계 방안

일반적으로 PIFA형 안테나 구조는 이동통신 단말기 내장형으로 많이 사용되는 안테나이다. PIFA형 안테나 구조는 방사체(radiator)와 급전부(feeding), 접지면(ground plane), 유전체 층(dielectric layer), 단

락 핀(shorting pin)으로 구성된다. 본 논문에서는 기본적인 PIFA형 안테나 구조를 바탕으로 4개의 PIFA형 구조를 사용하고 하나의 급전으로 안테나를 구현한 형태이다. <그림 1>과 <그림 2>는 일반적인 PIFA형 안테나와 단일 급전된 4개의 PIFA형 안테나 구조를 설명하였다.



<그림 1> 일반적인 PIFA 안테나  
<Fig. 1> Conventional PIFA antenna

제안된 4-PIFA 전체 안테나의 크기는 50 mm × 50 mm × 6.2 mm 이다. <그림 2>에서와 같이 방사체는 PCB (Printed Circuit Board) 기판(FR4)위에 4개의 PIFA 구조를 가진다. 방사체의 폭은 1.4 mm 이고 전기적인 길이는  $\lambda/4$  이고  $\lambda/8$  지점에서 길이를 줄이기 위해 방사체 라인을 격자형(folded meander) 형태로 구현하였다. 방사체는 비대칭 구조로 방사체를 배치하여 방사체간의 상호결합(mutual coupling)을 줄여서 방사 효율을 향상시켰다.

방사체와 급전라인과의 높이는 5mm이고 유전체(FR4, t:1.2mm) 층과 공기(t:3.8mm) 층으로 구성이 된다. 유전체 공기층은 안테나의 효율을 위해 사용하였고 유전체(FR4)는 안테나의 소형화와 안테나 제조 공정상의 편의를 위해 사용하였다.

단락 핀과 급전 핀의 홀 지름은 1.2 mm이고 단락 핀과 급전 핀과의 거리는 5 mm이다. 급전라인은 유전체 기판 (FR4, t=1.2 mm)위의 50 ohm 라인(Line Width=2.1 mm)을 사용하였다. 하나의 급전라인을 통해 4개의 방사체에 동시에 전류를 공급하는 형태로 구현하였다. 단락 핀과 급전 핀은 급전라인과 방사

체의 임피던스 정합을 위해 임피던스 정합 스텐브 (impedance matching stub=2mm)를 두었다. 입력된 급전부에서 1차 급전 편파의 거리는 25 mm이고 1차 급전 편파 2차 급전 편파의 거리는 41 mm이다. 나머지 급전 편파의 거리는 동일하다. <표 1>은 급전부간의 위상 차이를 나타내고 있다. 이론적인 근거를 바탕으로 손에 대한 영향으로 인하여 편파가 무너진다. 그래서 손의 영향을 감안하여 위상을 선택하였다.

<표 1> 급전부 간의 위상차이  
(Table 1) Phase difference between feeding areas

	port1	port2	port3	port4
이론적 근거	0°	90°	180°	270°
측정치	-78.61°	-165.77°	117.69°	10.64°

<표 1> 에서와 같이 급전부 간의 위상은 원형편파로 구현이 된 것이다. 기존에 사용되는 원형편파 안테나는 원형편파를 구현하기 위하여 전력 분배기 (power divider)와 커플러(branch line coupler)를 많이 사용한다. 그러나 본 논문에서는 원형편파를 구현하기 위하여 단일급전을 통해 구현을 하였다. 단일 급전으로 원형편파를 구현하면 전력 분배기와 커플러에 대한 손실을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

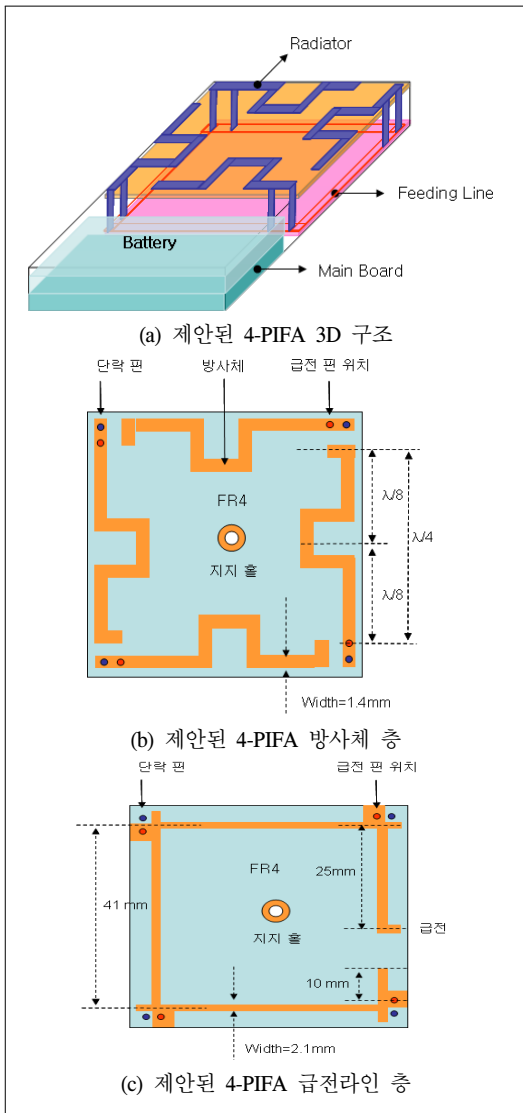
## 2. 평판 격자형 4-PIFA 안테나 설계 및 측정

단일 급전된 평판 격자형 4-PIFA 안테나의 설계에 대한 주파수 특성 및 방사패턴 특성, 그리고 인식거리를 측정하였다. 안테나의 구조적인 치수는 EM 시뮬레이터(IE3D)를 사용하여 치수를 확인하였고, 실제 제작을 통해 최적화 작업을 하였다. <그림 3>은 제안한 안테나와 기존 PIFA형 안테나의 단품상의 특성곡선에 대한 주파수 특성을 나타내고 있다.

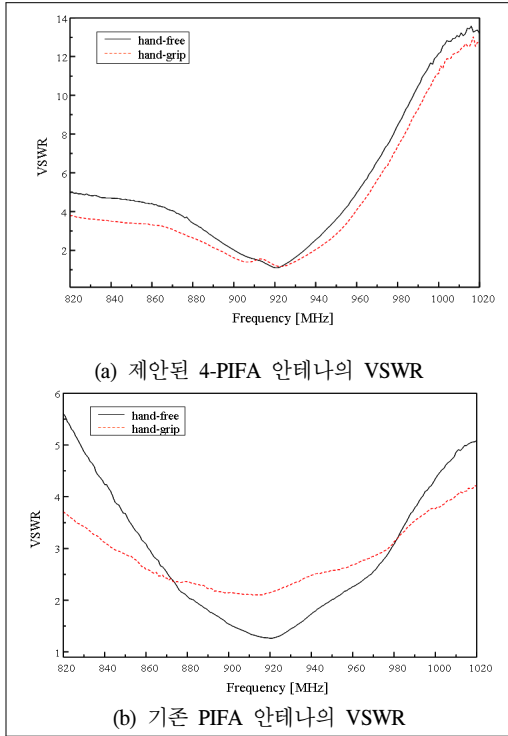
<그림 3>에서와 같이 동작 주파수는 915~923.5 MHz이고 대역폭은 8.5 MHz이며, 900MHz RFID 대역폭을 만족하였다. 또한 Hand Effect에 대한 주파수 특성에 큰 변화가 없음을 확인하였다.

VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)는 진행파에 대한 반사 정도를 나타내는 지표이다.

<그림 4>는 4-PIFA 안테나의 방사패턴 특성이다. <그림 4> (a)는 4-PIFA 안테나의 3D 방사패턴을, <그림 4> (b)는 4-PIFA 안테나의 H-Plane을, <그림 4> (c)는 4-PIFA 안테나의 E-Plane을 나타내고 있다. 안테나의 전체적인 방사패턴은 상위방향으로 함으로써 단말기 전면에서의 인식 성능이 향상됨을 확인하였다.



<그림 2> 제안된 4-PIFA 안테나 구조  
(Fig. 2) Proposed antenna structure (a) 3D structure, (b) Radiation layer, and (c) Feeding layer



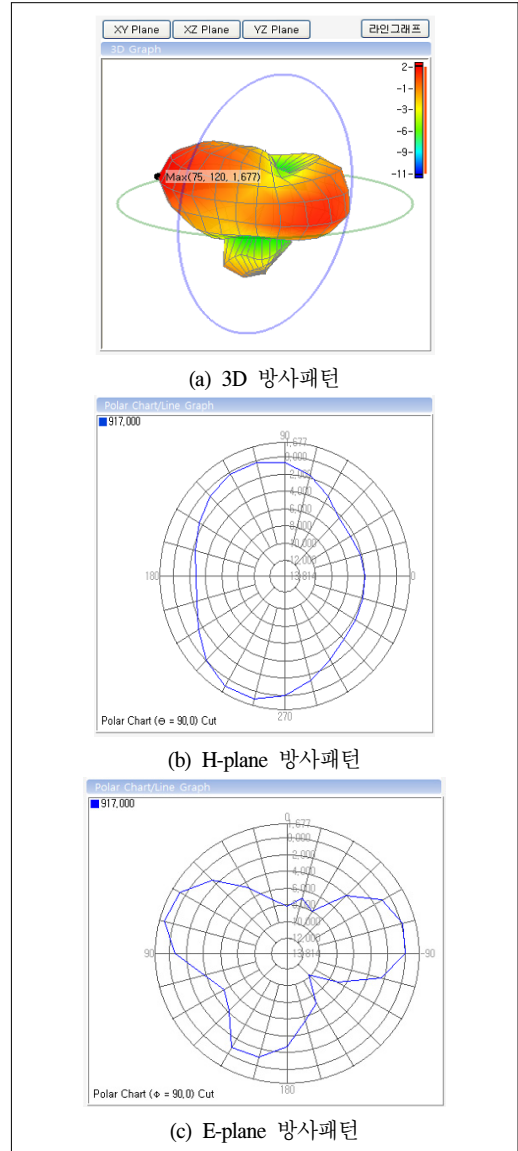
〈그림 3〉 손의 영향을 고려한 제안된 4-PIFA 안테나의 주파수 특성그림

〈Fig. 3〉 Frequency characteristics for the proposed 4-PIFA antenna considering the hand effect (a) VSWR characteristics for the proposed 4-PIFA antenna and (b) VSWR characteristics for the conventional PIFA antenna

〈표 2〉 제안된 4-PIFA 안테나 규격과 기존 PIFA안테나의 특성 비교

〈Table 2〉 Comparison of the characteristics for the new antenna with a conventional PIFA antenna

Electrical Specification			
항 목	4-PIFA 안테나	일반 PIFA 안테나	
Frequency Range[MHz]	915 ~923.5	915~923.5	
V.S.W.R.	1.16	1.56	
polarization	Circular	Linear	
Peak Gain [dBi]	H-Plane	1.1	1.13
	E-plnae	-1.1	-1.11
	3D	1.9	2.06
Antenna Efficiency[%]	63.3	63.4	
Size[mm]	50*50*6.2	100*50*6.2	

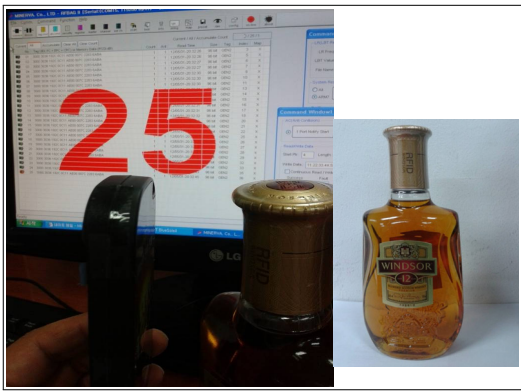


〈그림 4〉 제안된 4-PIFA 안테나의 방사패턴

〈Fig. 4〉 Radiation patterns for the proposed 4-PIFA antenna (a) 3D pattern, (b) H-plane pattern, and (c) E-plane pattern

제작된 안테나의 편파는 원형편파이고 안테나의 이득은 최대 1.1 dBi 이고, 안테나의 효율은 55% 이상의 값을 얻었다. <표 2>는 본 논문에서 제안된 4-PIFA 안테나 규격과 기존 PIFA안테나의 규격을 나타내고 있다.

다음은 리더의 인식거리를 측정하기 위해 <그림 5>와 같이 측정 시스템을 구성하여 측정을 하였다. 측정 방법은 휴대용으로 만들어진 리더(모델명:U9-4203)를 사용하였고, 태그는 일반형 라벨 태그(모델명 : Xcode95000083)와 주류용 태그(모델명: Xcode95000139)를 사용하였다. 리더의 송신출력을 16 dBm으로 고정을 하고 제안된 4-PIFA 안테나와 기존 PIFA 안테나를 사용하여 안테나별 인식거리를 측정하였다. 리더와 태그는 동일편파로 리더를 수직방향으로 하고 태그도 수직방향으로 측정을 하였다.



<그림 5> 인식 거리 측정 시스템  
<Fig. 5> Measurement system for identification distance

<표 3>은 안테나별 인식거리에 대한 측정값이다. 제안된 안테나는 0도 방향과 90도 방향에서 두 가지 경우에 모두 10 cm이상의 인식거리를 확보 하였다. 그러나 일반적인 PIFA형 안테나는 손에 대한 영향으로 일반 라벨 태그와 주류용 태그에서 인식 거리가 매우 줄어들음을 확인하였다.

<표 3> 안테나별 인식거리에 대한 측정값  
<Table 3> Measurement results for the antennas due to identification distance

항 목		4-PIFA 안테나		PIFA 안테나	
각 도		0도	90도	0도	90도
Ideal	일반라벨태그	50cm	50cm	50cm	50cm
	주류용 태그	12cm	10cm	15cm	15cm
Hand Effect	일반라벨태그	40cm	38cm	20cm	12cm
	주류용 태그	12cm	10cm	8cm	7cm

### Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 모바일 RFID 시스템에서 사용가능한 평판 격자형 4-PIFA형 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 단일 급전된 4개의 PIFA형 구조를 사용하였고, 안테나의 크기는 50 mm × 50 mm × 6.2 mm이며 안테나의 이득은 0 dBi 이상, 정재파비는 1.2:1 이하이다.

제안된 4-PIFA 안테나는 1-PIFA 안테나에 비해 이득과 안테나 효율은 크게 차이가 없으나 4개의 급전 방식과 입체적인 폴더 구조, 원형편파로 구현하여 사이즈를 소형화함과 동시에 손의 영향을 최소화하여 안테나의 인식성능을 손의 Grip 유무에 영향을 받지 않도록 설계하였다.

본 연구를 통해 모바일 RFID 기기에 대하여 적용가능함을 확인하였으며 향후 고 유전체를 사용하여 소형화에 대한 기술을 극대화하고, 다양한 모바일 기기들에 대해 구조에 따른 간섭을 최소화 할 수 있는 안테나 기술을 확보한다면 향후 스마트폰용 RFID 모바일 기기에서의 NFC(Near Field Communication)와 같이 응용이 활발할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] 송요셉, “NFC 기술의 활용분야”, 한국정보기술학회지 제 9권 제 3호, pp93-97, 2011년 12월.
- [2] F. Finkenzeller, *RFID Handbook: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications*, John Wiley and Sons, 1999.
- [3] Y. S. Ong, X. Qing, C. K. Goh, and Z. H. Chen, “A segmented loop antenna for UHF near-field RFID,” *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp.1-4, July 2010.
- [4] D. H. Park, E. C. Lim, K. Wei, H. M. Park, S. B. Min, J. W. Yu, and M. Q. Lee, “UHF-band RFID reader front-end architecture using ring-hybrid for near-field applications,” *Proc. European Microwave Conf.*, pp.980-983, Oct. 2011.
- [5] L. Dai, “A mobile antenna study of radiation

- efficiency in human head and hand environment,” *Proc. Int. Symp. Antennas and Propagation Society*, vol. 46, pp.1-4, July 2008.
- [6] O. Koichi, M. Toshimitsu, and M. Kenji, “An analysis of the performance of a handset diversity antenna influenced by head, hand, and shoulder effects at 900MHz : part I effective Gain,” *IEEE Trans. on Vehicular Technol.*, vol. 50, no. 3, pp.830-844, May 2001.
- [7] C. H. Li, E. Ofli, N. Chavannes, and N. Kuster, “The effects of hand phantom on mobile phone antenna OTA performance,” *Proc. European Conf. Antennas and Propagat.*, pp.1-5, Nov. 2007.
- [8] S. J. Kim, K. H. Kong, M. J. Park, Y. S. Chung, and B. Lee, “Design concept of a mobile handset antenna to mitigate user’s hand effect,” *Microwave Optical Technol. Lett.* vol. 50, no. 10, pp.2696-2698, July 2008.
- [9] J. H. Park, Y. D. Kim, and Y. H. Park, “Tunable planar inverted-F antenna using rf MEMS switch for the reduction of human hand effect,” vol. 21-25, pp.163-166, Jan. 2007.

### 저자소개



**박 정 근 (Park, Jeoung-Guen)**

2006년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과(박사과정)  
2005년 12월 ~ 현재 : LS산전(주) 시스템 설계 Project Manager  
2004년 8월 : 광운대학교 전자공학과(공학석사)  
1992년 2월 : 인천대학교 전자공학과(공학사)



**이 중 철 (Lee, Jong-Chul)**

1996년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자융합공학과 전임강사/조교수/부교수/교수  
1994년 4월 ~ 1996년 2월 : 현대전자 광소자 개발실 선임연구원  
1994년 5월 : Texas A&M Univ, EE Dept(공학박사)  
1989년 12월 : Arizona State Univ, EE Dept(공학석사)  
1985년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학석사)  
1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학사)