

# ZigBee 통신을 위한 인쇄형 야기 안테나

김은주\*, 주병국\*, 방재훈\*, 안병철\*

## A Printed Yagi Antenna for ZigBee Applications

Eun-Ju Kim\*, Byung-Guk Ju\*, Jea-Hoon Bang\* and Bierng-Chearl Ahn\*

### 요약

본 논문에서는 ZigBee 통신에 적용이 가능한 2.4GHz 대역에서 동작하는 고 이득 인쇄형 야기 안테나를 제안하였다. 안테나의 특성 해석에는 상용 시뮬레이션 툴인 CST사의 MWS를 이용하였으며 제작 및 측정을 통하여 그 성능을 검증하였다. 제작된 안테나는 2.33-2.50GHz 대역에서 -10dB 이하의 반사계수를 가지며 8.7dBi의 이득을 가진다.

### Abstract

In this paper, a printed yagi antenna is proposed for ZigBee applications at 2.4GHz. The antenna dimension is optimized using commercial electromagnetic software MWS by CST. The performance is verified through fabrication and measurement. The fabricated antenna has a reflection coefficient less than -10dB and a gain of 8.7dBi at 2.33-2.50GHz.

### Key words

Yagi Antenna, balun, via hole, MWS, ISM, USN

## 1. 서 론

유비쿼터스 센서네트워크(USN: Ubiquitous Sensor Network)란 언제, 어디서든 필요한 모든 곳에 전자 태그 또는 센서모듈을 부착하고 이를 통하여 사물의 인식정보를 기본으로 주변의 환경정보(온도, 습도, 오염정보, 균열정보 등)까지 탐지하여, 이를 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것을 말하는 것으로, 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨터 및 통신기능을 부여하여 시간, 장소, 사물의 제약

없이 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다.

유비쿼터스 센서 네트워크는 농축산, 물류/유통/쇼핑센터, 홈 네트워크, 병원 환자 관리, 환경 감시, 교통 자동화 등 응용 대상이 광범위하여 USN 기술의 보급이 증가됨에 따라 생활환경도 크게 변화하리라 예상된다.

기술 측면에서 유비쿼터스 센서 네트워크의 핵심은 전파를 이용한 무선통신으로 연결되는 센서망이다. 최근에 국제 표준(IEEE 802.15.4)에 근거한 ZigBee 통신 방식이 저전력, 저가격, 통신망 구축의

\* 충북대학교 전자정보대학 전파공학과

· 제1저자(First Author): 김은주

· 접수일: 2009년 07월 28일, 수정일: 1차- 2009년 08월 21일, 2차- 2009년 09월 18일, 게재확정일: 2009년 09월 21일

용이성 등의 측면에서 다른 기술보다 장점을 가지므로 유비쿼터스 센서네트워크 구현에 빠르게 적용되고 있다. ZigBee란 산업, 과학 그리고 메디칼(ISM: industrial, scientific and medical)에서 사용할 목적으로 표준화 된 근거리 무선 통신으로 2.4GHz 주파수 대역을 사용한다.

ZigBee 솔루션을 적용하여 구축된 무선 통신망의 전송 채널은 실내의 다양한 물체에서의 다중반사, 벽간 또는 층간 투과에 따른 전파손실 등 복잡한 전파 매커니즘이 작용하므로 사용되는 건물 환경에 따라 채널 특성이 달라지게 된다. 이러한 이유로 실내의 벽간/층간 전파감쇠를 고려한 최적 무선통신망 구현 기술이 필요하며 건물 내의 벽과 바닥을 통과할 때 발생하는 큰 전파 감쇠를 보상하기 위해 사용 환경에 맞게 최적화된 지향성 안테나 개발이 요구된다.

이러한 지향성 안테나에는 소형이며 고 이득 안테나로서 야기 안테나가 널리 사용된다[1]. 야기 안테나는 보통 도선형과 인쇄형으로 구현된다[2]-[3]. 인쇄형 야기 안테나는 제작이 단순하며 견고하기 때문에 1GHz 이상의 주파수에서 유용하게 사용될 수 있는 안테나이다[4].

본 논문에서는 이러한 Zigbee 모듈에 적용이 가능하고 서로 다른 벽간/층간의 안테나와 통신을 하기 위해 58×80×1mm의 크기를 갖는 2.4GHz대역의 고 이득 인쇄형 야기 안테나를 3D 전자장 해석 툴인 CST사의 MWS를 이용하여 설계하였고, 제작 및 측정을 통해 그 성능을 검증하였다.

## II. 안테나의 설계

무선 통신의 특성상 건물의 벽과 벽 사이의 통신이 가능하여야 하며 이런 조건을 만족시키기 위해서는 높은 성능을 지닌 안테나가 필요하다. 또한 외장형으로 사용할 경우 공간을 많이 차지하며 파손과 위치 또는 자세가 변경되는 등 사용상의 안정성이 고려되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 사항을 만족하는 안테나를 설계하기 위해 고이득의 특성을 가지는 지향성 안테나로 평판 인쇄형 야기 안테나를 선택하였으며

개발하고자 하는 안테나의 설계 사양을 표 1에 제시하였다.

표 1. 개발하고자 하는 안테나의 설계 사양  
Table 1. Specification of the developing antenna

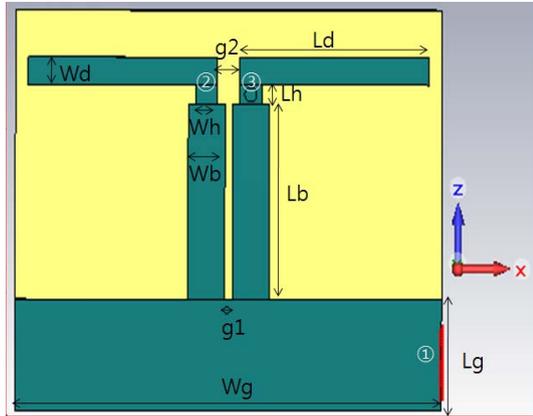
항목	사양
주파수	2.45GHz
안테나 이득	8dBi 이상
안테나 모양	평판형
안테나 보호	안테나 케이스 (외장형)

설계 과정은 먼저 인쇄형 야기 안테나의 급전 선로를 설계한 후에, 야기 안테나의 여진기(driver)에 해당하는 인쇄형 다이폴 안테나를 설계하고, 도파기를 설계하였다.

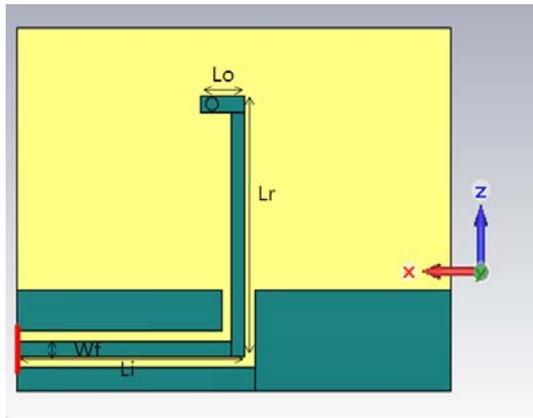
급전 선로는 포트 ②와 포트 ③에서 Via hole을 이용하여 Li와 Lo를 변화시켜가면서 180도의 위상차와 동일한 세기의 전력을 갖도록 설계하였고, 설계된 급전 선로를 이용하여 다이폴 안테나를 설계하였다. 스트립 선로의 특성 임피던스는 50Ω으로 설계하였고, 설계 변수인 Lb, Ld를 변화시켜가면서 최적의 안테나를 설계하였다. Lb는 안테나의 임피던스 매칭에 그리고 Ld는 안테나의 공진 주파수에 큰 영향을 준다. 시뮬레이션을 통하여 최적 설계된 값을 다음 그림 1과 표 2에 제시하였다. 안테나 구현에는 유전율이 4.6이며, 손실탄젠트가 0.02인 두께가 1mm인 FR4 기판을 사용하였다.

표 2. 다이폴 안테나의 최적 설계 변수 값  
Table 2. Dimensions of dipole antenna

변수	값(mm)	변수	값(mm)
Lb	21	Wd	3
Ld	23.75	Wh	3
Lg	12	Wb	5
Lh	2	Wg	54
Li	28.4	Wf	3
Lo	5.9	g1	1
Lr	30.9	g2	3



(a) 앞면



(b) 뒷면

그림 1. 설계된 다이폴 안테나  
Fig. 1. Designed dipole antenna

다음 그림은 설계된 다이폴 안테나의 반사손실과 이득의 시뮬레이션 결과이다. -10dB 이하 대역폭은 약 2.30GHz-2.65GHz이고 중심주파수인 2.45GHz에서의 반사손실은 -36dB이하이며, 이득은 약 5.3dBi이다. 설계된 다이폴 안테나는 앞면의 접지면의 길이 ( $W_g$ )와 공진소자와 접지면 간의 간격( $L_g$ )을 조절하여 기관의 접지면이 반사기로 작용하도록 설계하였다. 이러한 작용으로 에너지가 전방으로 나가는 것이 줄어들었고, 후방으로 고 에너지 방사를 갖도록 하였다. 그림 3과 그림 4는 반사기를 포함하는 다이폴 안테나의 지향성 특성으로 접지면이 충분히 반사기로서 동작함을 알 수 있다.

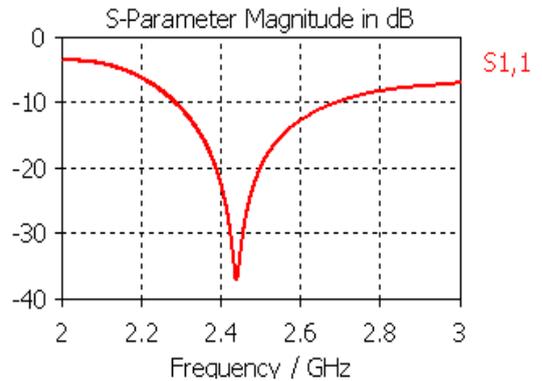
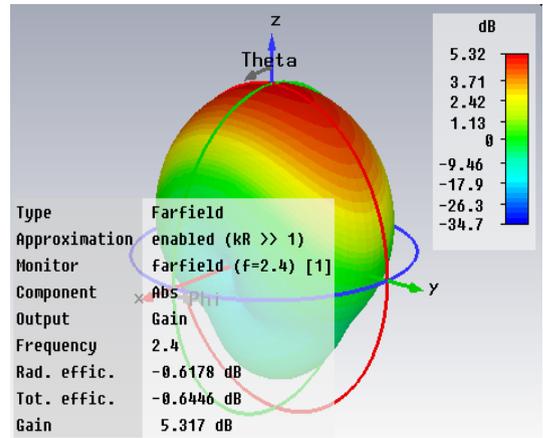
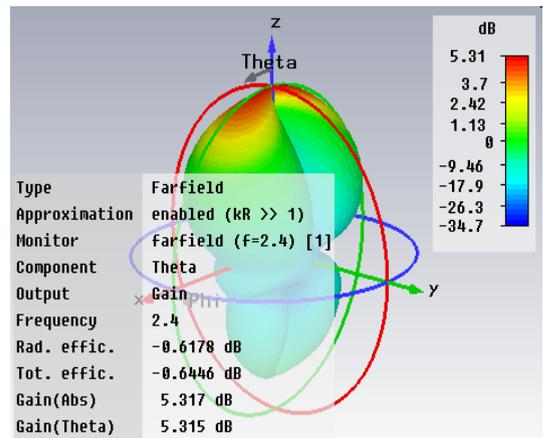


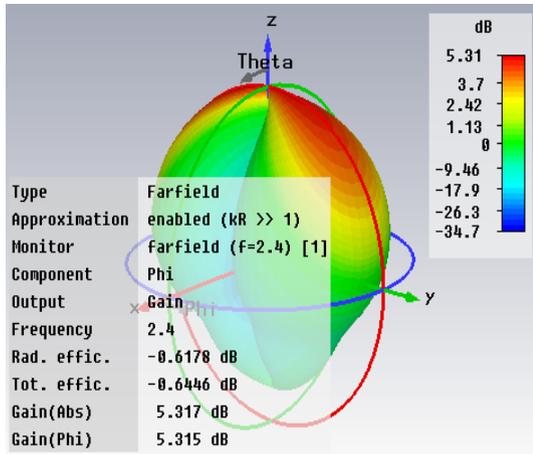
그림 2. 다이폴 안테나의 반사손실  
Fig. 2. Return loss of the dipole antenna



(a) 총 이득 패턴



(b) Theta 성분 이득



(b) Phi 성분 이득  
 그림 3. 다이폴 안테나의 3D 이득 패턴  
 Fig. 3. 3D pattern of the dipole antenna

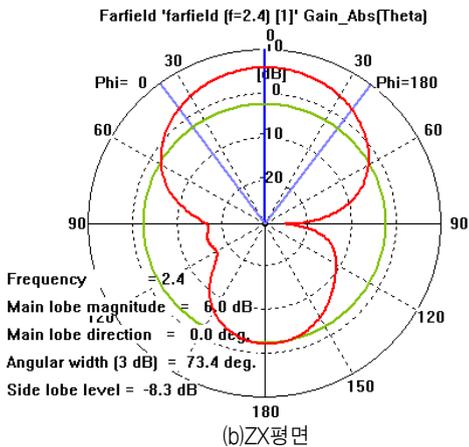
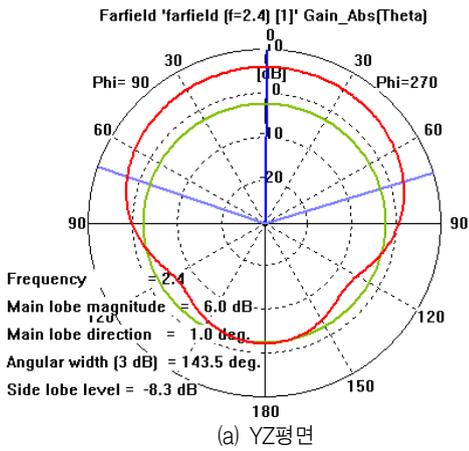


그림 4. 다이폴 안테나의 2D 이득 패턴  
 Fig. 4. 2D pattern of the dipole antenna

설계된 다이폴 안테나를 기본으로 야기안테나 설계이론을 이용해 인쇄형 야기 안테나를 설계하였다. 설계된 다이폴 안테나는 이득 증대에 한계가 있어 유도기를 설치하여 이득을 높게 하였다. 또한 유도기의 수를 늘리면 에너지의 방사 범이 좁아져 지향성 이득이 향상되는데 본 논문에서 최적화 된 야기 안테나는 5개의 기생 소자를 갖는다.

시뮬레이션을 통해 최적화된 안테나의 크기는 58x80mm이고, 기생소자의 경우 각 39x3mm이다. 각 소자의 폭은 모두 동일하게 50Ω 선폭으로 설계하였고 각 소자의 간격은 5mm로 동일하다.

그림 5는 설계된 안테나의 반사손실을 나타낸 것이다. -10dB를 기준으로 약 2.35GHz-2.50GHz의 대역폭을 가지며 2.44GHz에서 -14dB로 공진함을 알 수 있다. 다음 그림 6와 그림 7은 각각 3D 방사패턴과 2D 방사패턴을 나타낸 것이고 이득은 약 8.49dB이다. 이는 2.4GHz 대역을 충분히 커버하고 이득 역시 설계 사양을 만족하고 있다.

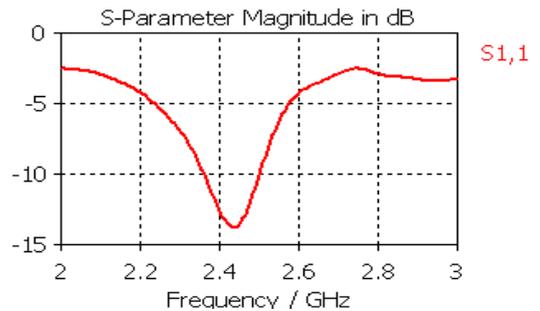
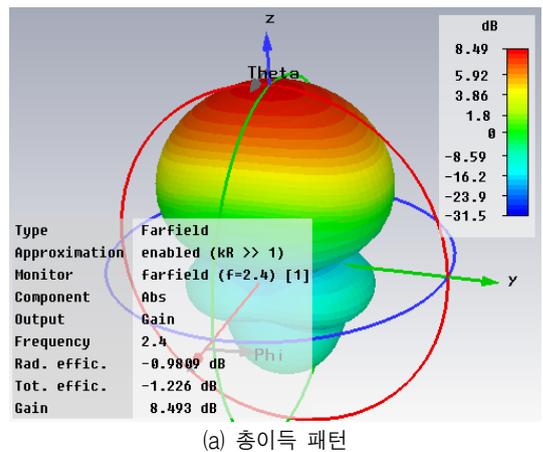
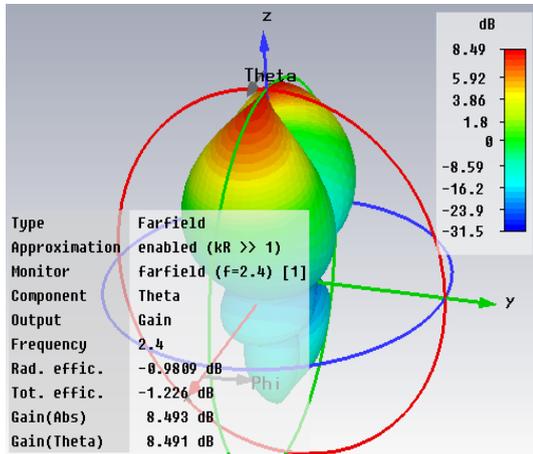


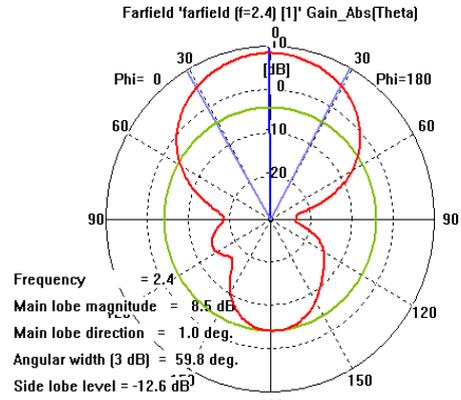
그림 5. 야기 안테나의 반사계수 특성  
 Fig. 5. Return loss of the yagi antenna



(a) 총이득 패턴

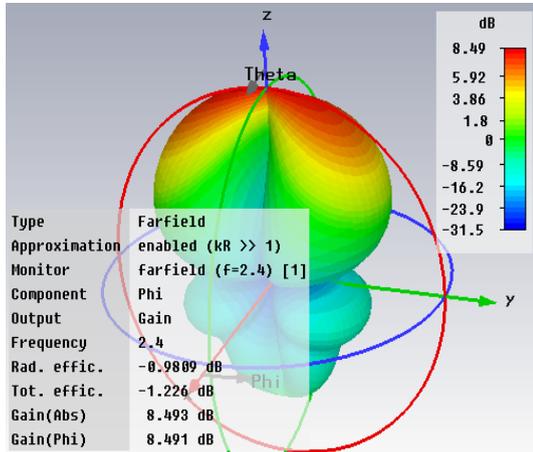


(b) Theta 성분 이득



(b) xz평면

그림 7. 야기 안테나의 2D 방사패턴  
Fig. 7. 2D pattern of the yagi antenna

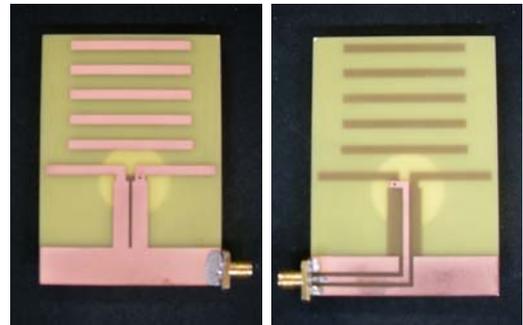


(c) Phi 성분 이득

그림 6. 야기 안테나의 3D 방사패턴  
Fig. 6. 3D pattern of the yagi antenna

### III.안테나 제작 및 측정

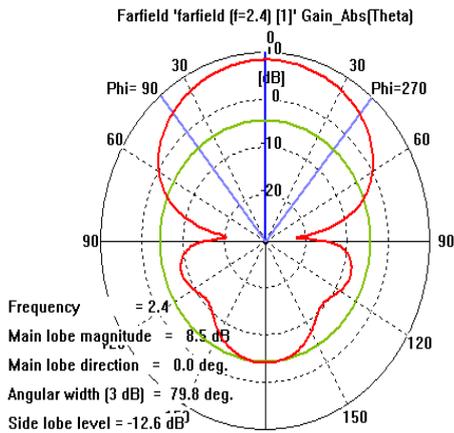
다음 그림 8은 실제 제작된 안테나의 모습이다.



(a) 앞면 (b) 뒷면

그림 8. 제작된 안테나

Fig. 8. Fabricated antenna



(a) yz 평면

제작된 야기 안테나는 뮤트로닉스 사의 MU-3230 회로망 분석기를 사용하여 측정하였다. 무반사실에서 표준이득 혼 안테나와 회로망 분석기를 이용하여 반사계수, 이득, 방사패턴을 측정하여 아래의 그림으로 제시하였다.

제작된 안테나의 반사계수는 그림 9에 나타나 있는 바와 같이 -10dB를 기준으로 2.33GHz-2.5GHz까지 약 170MHz의 대역폭을 가진다. 이는 시뮬레이션 결과인 2.35GHz-2.50GHz까지 150MHz의 대역폭과 약 90% 일치함을 보였다.

제작된 안테나의 방사패턴은 상대 측정법으로 측

정하였으며 2.4GHz 대역에서 13dB의 이득을 갖는 Double-ridged Horn 안테나를 사용하였다. 중심 주파수에 측정된 이득은 약 8.7dB이로서 시뮬레이션 결과와 0.2dB의 근소한 차이로 90% 이상 일치함을 검증하였다. 측정된 결과는 지향성 안테나로 고이득 특성을 가진다.

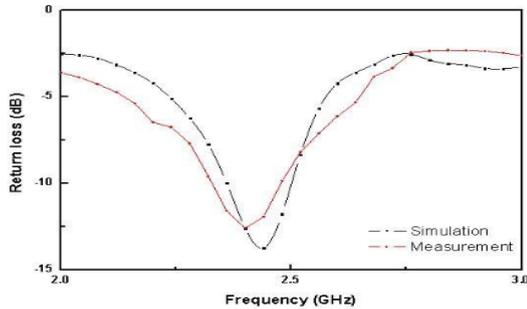
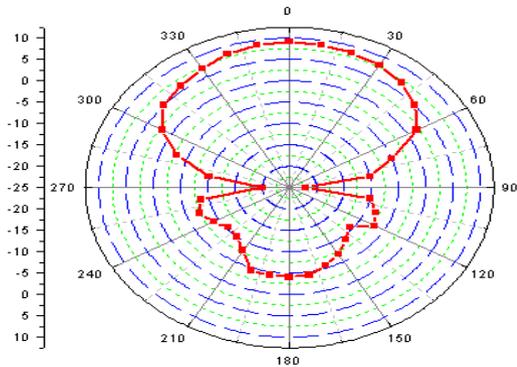
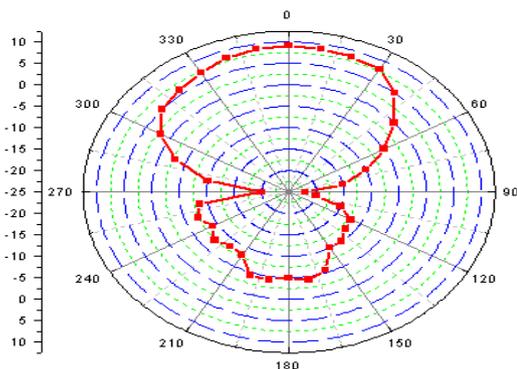


그림 9. 제작된 안테나의 반사계수 측정치  
Fig. 9. Measured return loss of fabricated antenna



(a) YZ 평면



(b) ZX 평면

그림 10. 제작된 안테나의 이득 패턴  
Fig. 10. Gain pattern of fabricated antenna

#### IV. 결 론

본 논문에서는 상용 소프트웨어인 CST Microwave Studio를 사용하여 근거리의 ZigBee 통신을 위한 2.4GHz대역의 인쇄형 야기 안테나를 설계하고 제작하였다. 먼저 Via hole을 이용하여 180도의 위상차와 동일한 전력 세기를 갖는 2.4GHz 대역의 다이폴 안테나를 설계 한 뒤 이득을 향상시키기 위하여 5개의 기생소자를 설치하였다. 설계된 안테나를 제작 및 측정하여 반사손실 및 이득이 이론치와 90% 이상 일치함을 검증하였다. 또한 지향성 특성을 가져 그 성능을 검증하였다.

제안된 안테나는 58mm×80mm의 크기를 갖는 야기 안테나로서 -10dB의 반사손실을 기준으로 2.33GHz-2.5GHz 대역에서 사용가능함을 확인하였다. 또한 약 8.7dB의 고이득 특성을 가지며 지향성 패턴을 보임으로 ZigBee 통신에 적용할 수 있음을 검증하였다.

제작된 안테나는 실제 근거리 ZigBee 통신에서의 활용이 가능할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J.D.Kraus and R.J. Marhefka, *Antennas for All Applications*, 3rd Edition, New york: McGraw-Hill, 2002.
- [2] S.Uda and Y.Mushiake, *Yagi-Uda Antenna*, Maruzden, Tokyo, 1954.
- [3] 우동식, 김영근, 조영기, 김강욱, “초광대역 발륜을 이용한 Ku 대역 Quasi-Yagi 배열 안테나 설계”, 한국 전자파 학회 논문지, 제19권, 제2호, pp. 207-213, 2008년.
- [4] G.R.DeJean and M.M.Tentzeris, "a new high-gain microstrip yagi array antenna with a high front-to-bac for WLAN and millimeter-wave applications", *IEEE Trans. Antennas Propagat*, Vol. 55, No. 2, pp. 298-304, Fed, 2007.

저자소개

김 은 주 (Eun-Ju Kim)



2008년 8월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학사)  
2008년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전파공학과 석사과정  
관심분야 : 안테나

안 병 철(Bierng-Chearl Ahn)



1981년 2월 : 서울대학교 전기공학 과 (공학사)  
1983년 2월 : 한국과학기술원 전기 전자공학과 (석사)  
1992년 12월 : University of Mississippi, 전기전자 공학과 (박사)

주 병 국 (Byung-Guk Ju)



2009년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학사)  
2009년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전파공학과 석사과정  
관심분야 : 안테나

1983년 ~ 1986년 : (주) 금성정밀 주임연구원  
1992년 ~ 1994년 : 국방과학연구소 선임연구원  
1995년 ~ 현재 : 충북대학교 전파공학과 교수  
관심분야 : 전자파 응용/ 안테나

방 재 훈 (Jea-Hoon Bang)



1997년 2월 : 충북대학교 전파공학 과 (공학사)  
1999년 2월 : 충북대학교 전파공학 과 (공학석사)  
2003년 8월 : 충북대학교 정보통신 공학과 (공학박사)  
2003년 ~ 2007년 : (주) 극동통신

RF 시스템 연구소  
2008년 ~ 2009년 6월 : 한국과학기술원 연구교수  
2009년 7월 ~ 현재 : 충북대학교 정보전자공학과 시간강 사  
관심분야 : 전자장 계산 기법, 근접전계시스템, 안테나