

## 2.4GHz 지그비 모듈용 소형화된 폴디드 슬롯 안테나

### Miniaturized folded-slot antenna for 2.4 GHz ZigBee module

이영순\*, 유진하\*

Young-Soon Lee\*, Jin-Ha Yoo\*

#### 요 약

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 규격에서 제시하는 2.4 GHz 대역의 지그비 모듈용으로, 안테나의 크기를 줄이기 위하여 접지면의 모서리에서 절단되어진 마이크로스트립 급전 소형화된 폴디드 슬롯 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 일반적인 지그비 모듈의 PCB크기인 35 mm × 35 mm 내에서 가장자리의 35 mm × 9 mm로 제한된 공간 내에서 제작되었다. 측정된 임피던스 대역폭과 안테나 최대 이득은 각각 120 MHz (2.37 ~ 2.49 GHz), 2.4 dBi이고, 방사패턴은 일반적인 폴디드 슬롯 안테나와 유사하며 통과대역 내에서 일정한 경향을 보인다. 이와 같은 안테나의 특성과 단순한 구조는 지그비 모듈에 적용하기 적합한 안테나로 제공되는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

#### Abstract

A microstrip-fed miniaturized folded-slot antenna that is cut at the finite ground plane edge for the size reduction is proposed as a ZigBee module operating in the 2.4 GHz frequency band, as specified by the IEEE standard 802.15.4. The antenna is fabricated within space limited to 35 mm × 9 mm on a 35 mm × 35 mm substrate, which is about the PCB size of a typical wireless ZigBee module. The measured impedance bandwidth and antenna gain are 2.37 ~ 2.49 GHz and 2.4 dBi respectively. The measured radiation patterns are similar to conventional folded-slot antennas and are also stable across the pass band. These properties and its compact structure help in making the antenna suitable for ZigBee module.

Key words : Miniaturized folded-slot antenna, Microstrip fed, Zigbee

#### I. 서 론

최근 Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth 및 Wimax 등과 같은 무선 통신 기술들이 산업제어, 의학 데이터 수집, 공정 자동화, 홈 네트워킹 등과 같은 다양한 분야에 급속히 적용 및 응용되고 있다. 이와 같은 무선통신기술 가운데서, IEEE 802.15.4[1]에 명시된 지그비 규격은 저비용, 저전력 소비 등에 주목적들을 두고 있기 때문에 다른 규격에 비해 더 장래성이 있을 것으로 기

대된다. 그러므로 저비용, 저전력 소비와 같은 지그비 기기의 사용 목적에 맞게, 적용되는 안테나 또한 저비용, 소형화 등의 특성이 요구된다. 이러한 소형화 요구에 부합하기 위하여 주로 사용되는 안테나로 소형 모노폴, 역-F, 소형 슬롯 안테나와 같은 평판형 안테나가 있다. 이러한 평판형 안테나 가운데서도 슬롯 형태의 안테나의 경우, 그 구조가 단순할 뿐만 아니라 견고하여 저비용, 소형화를 요구하는 지그비 모듈용 안테나로써 보다 적합할 것으로 사료된다. 슬롯

\* 금오공과대학교 전자공학부 (School of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

· 제1저자 (First Author) : 이영순(Young-Soon Lee, Tel : +82-54-478-7501 , email : yslee@kumoh.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 1월 24일 · 심사(수정)일자 : 2013년 1월 25일 (수정일자 : 2013년 4월 20일) · 게재일자 : 2013년 4월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.2.171>

안테나의 경우 일반적으로  $\lambda g/2$  공진 슬롯 안테나가 사용되는데, 이 경우 입력임피던스가  $300 \Omega$  이상으로 비교적 큰 편이어서 별도의 정합회로 사용이 요구되는 단점이 있다. 반면에 슬롯 전체 길이가  $\lambda g$ 인 폴디드 슬롯 안테나[2-5]의 경우 입력임피던스가  $50 \Omega$ 에 가까운 값을 가지게 되어, 별도의 정합회로의 사용을 요구하지는 않지만 안테나의 점유공간이 공진 슬롯 안테나에 비해 커지게 된다는 단점이 있다. 본 논문에서는 지그비 모듈용 안테나로 저비용 목적을 위해 별도의 정합회로가 필요 없는 폴디드 슬롯 안테나를 선택하여, 일반적인 지그비 모듈의 PCB 크기  $35 \times 35 \text{ mm}^2$  가운데  $25.7\%$  점유공간인  $35 \times 9 \text{ mm}^2$ 로 제한된 공간 내에 소형화된 슬롯 형태의 안테나를 설계하기 위해 참고문헌 [6]에서와 같이 접지면의 모서리에서 절단되어진 소형화된 폴디드 슬롯 안테나를 제안하고자 한다. 이는 지그비 시스템용으로 설계된 기존의 평판형 마이크로스트립 안테나[7] 크기( $34 \times 29.5 \text{ mm}^2$ )의  $32\%$ 에 해당하는 소형 안테나이다.

## II. 안테나 구조

마이크로스트립 선로를 통해 직접 급전하는 기존의 폴디드 슬롯 안테나[5]를 그림 1에 제시하였다. 특히 이 경우 그림 1과 같이 대역폭의 향상을 위한 단락 비아가 마이크로스트립 선로의 끝과 식각된 슬롯 내부의 접지면을 연결하여 급전하는데 사용되었다. 이 경우 앞서 언급한대로 안테나의 입력임피던스는 약  $50 \Omega$ 이 되어  $\lambda g/2$  공진 슬롯 안테나에 비해 상대적으로 임피던스 매칭에 유리하게 되지만, 슬롯의 전체 길이가  $\lambda g$ 로 크기가 작은 지그비 모듈 PCB에서 허용하는 제한된 공간으로의 적용을 위해서는 크기의 감소가 요구된다.

기존의 폴디드 슬롯 안테나의 길이를 줄이고 이를 PCB의 가운데에서 가장자리로 이동시키기 위하여 접지면 모서리에서 슬롯을 반으로 절단한 반과장 슬롯 안테나를 그림 2에 제안하였다.

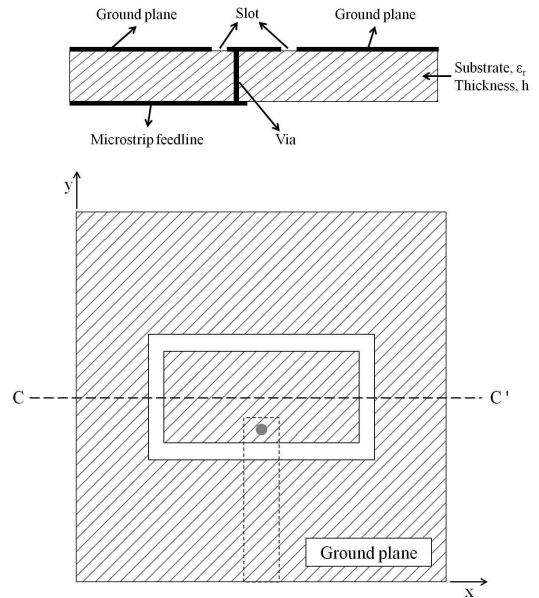


그림 1. 마이크로스트립 선로로 직접 급전된 일반적인 폴디드 슬롯 안테나의 구조

Fig. 1. Geometry of conventional folded-slot antenna fed by short-circuited microstrip line

제안된 안테나는 그림 1의 기존의 폴디드 슬롯 안테나가 가운데의  $c - c'$  점선을 따라 가로로 절단되어진 형태로 볼 수 있다. 이는 크기 감소를 위하여  $\lambda g/2$  공진 슬롯 안테나를 접지면의 끝에서 반으로 절단한  $\lambda g/4$  모노폴 슬롯 안테나[6]와 개념적으로 유사하다. 즉,  $\lambda g$ 의 길이를 가지는 기존의 폴디드 슬롯 안테나가 접지면 끝에서 반으로 절단되어  $\lambda g/2$  폴디드 슬롯 안테나가 되었다는 것이다. 그러므로 본 논문이 제안하는 안테나는 기존의 폴디드 슬롯 안테나의 장점을 유지하면서 크기를 반으로 축소하였고 접지면의 가장자리를 이용하여 공간 활용률 또한 높은 소형화된 폴디드 슬롯 안테나라 할 수 있겠다. 언급한  $\lambda g/4$  모노폴 슬롯 안테나[6]는 접지면에 하나의 개방된 슬롯이 존재하는 반면 제안된 소형화된 폴디드 슬롯 안테나는 접지면에 두 개의 개방된 슬롯이 존재한다는 차이점이 있다.

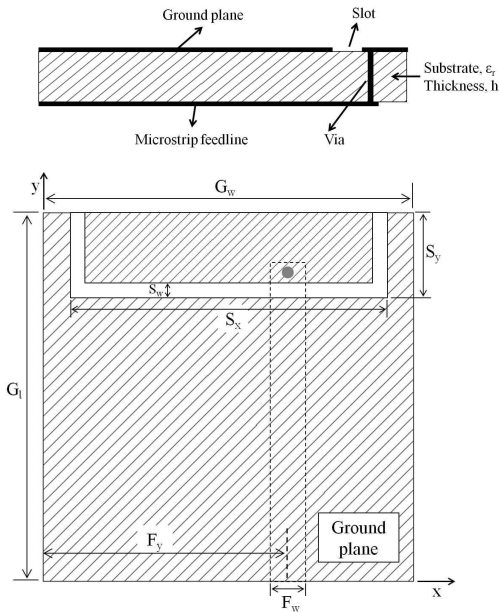


그림 2. 일반적인 폴디드 슬롯에서 절단으로 생긴 두 개방 종단을 가진 제안된 안테나의 구조  
 Fig. 2. Geometry of proposed antenna with two open-terminations of slot caused by cutting of conventional folded-slot

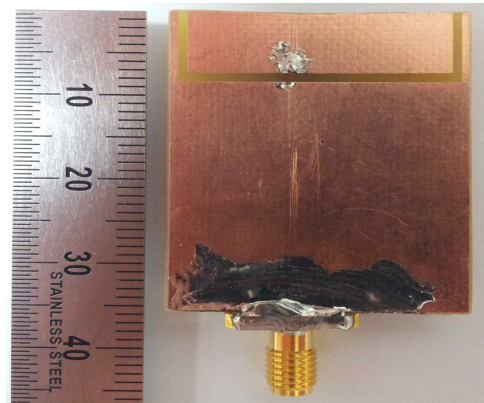
더불어 그림 1에 나타난 기존 안테나의 급전점에서의 슬롯의 가운데인 것과 달리 제안된 안테나는 그림 2와 같이 보다 좋은 정합을 위해 급전점이 한쪽으로 치우쳐 있음을 볼 수 있다.

III. 안테나 설계 및 측정

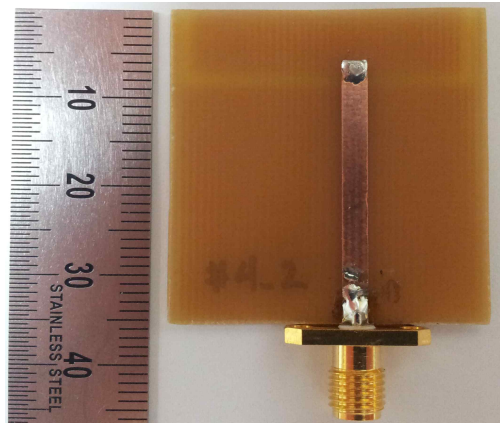
본 연구의 타당성을 검증하기 위하여 지그비 모듈용 2.4 GHz 원형 안테나를 제작하였다. 제작에 사용된 기판은 비유전율 4.3, 두께 1.6 mm, 손실탄젠트 0.02인 FR-4 기판이며, 크기는  $G_w \times G_l = 35 \times 35$  mm<sup>2</sup>이다. 제작을 위해 선행된 수차례의 시뮬레이션에서 얻어진 안테나 설계 파라미터를 표 1에 제시하였고, 이에 따라 제작된 안테나는 그림 3과 같다. 설계 과정 전반에 전자장 해석 소프트웨어인 CST사의 MWS가 사용되었다[8].

표 1. 그림 2 원형 안테나의 설계 파라미터 [mm]  
 Table 1. Design parameters for prototype antenna from Fig. 2. [mm]

Antenna parameters	Values [mm]
Slot length along x-axis, $S_x$	33
Slot length along y-axis, $S_y$	8.2
Slot width, $S_w$	1
Microstrip feed line width, $F_w$	3
Offset position of feed line, $F_y$	20.5



(a) Top view



(b) Bottom view

그림 3. 원형 안테나의 사진

Fig. 3. Photograph of prototype antenna  
 (a) Top view, (b) Bottom view

시뮬레이션 및 제작된 안테나의 반사계수 측정결과를 그림 4에 비교하여 제시하였다. 그림 4에서와 같이 시뮬레이션에서 해석된 안테나의 반사계수는 -10 dB를 기준으로 3.3% (2.29 ~ 2.37 GHz)이다. 시뮬레이션 상의 설계 목표는 최종 설계 목표인 2.4 GHz 지그비 대역보다 낮은 대역에 있는데, 이는 슬롯 타

입의 안테나들은 제작을 하게 되면 통상 시뮬레이션에서 보다 공진주파수가 증가하기 때문이다. 제작된 안테나의 측정결과 임피던스 대역폭은 4.8% (2.37 ~ 2.49 GHz)로 IEEE 802.15.4 규격의 2.4 GHz 지그비 주파수 대역인 2.4 ~ 2.48 GHz를 만족시킨다. 2.4 GHz, 2.44 GHz, 2.48 GHz에서 측정된 E-평면 (X-Y 평면)과 H-평면 (X-Z 평면)을 그림 5에 순서대로 제시하였다. 방사패턴 측정결과 제안된 안테나가 E-평면에서  $\phi = 90^\circ$  (+y축) 방향으로 최대방사세기를 가지는 것을 제외하면 일반적인 폴디드 슬롯 안테나의 그것과 유사하다고 볼 수 있다. 이러한 특성은 슬롯의 절단으로 개방된 두 개의 개구면에 분포된 전계에 인한 것으로 사료된다. 또한, 방사패턴의 형태는 통과대역 내에서 일정한 형태를 유지하고 있다.

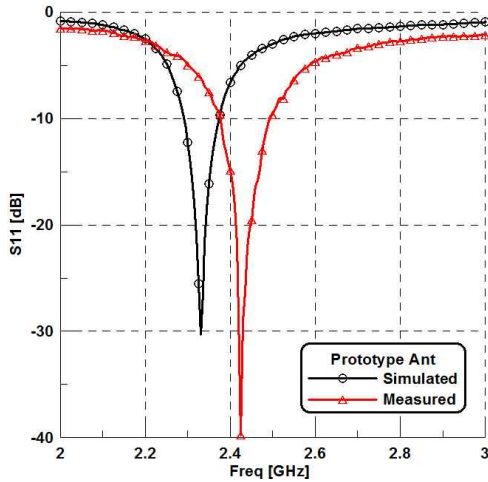
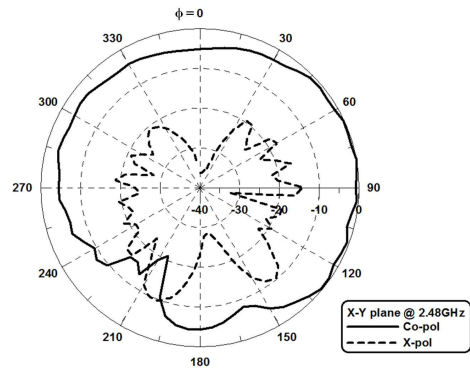
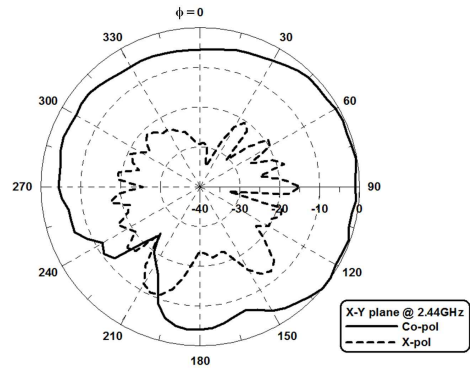
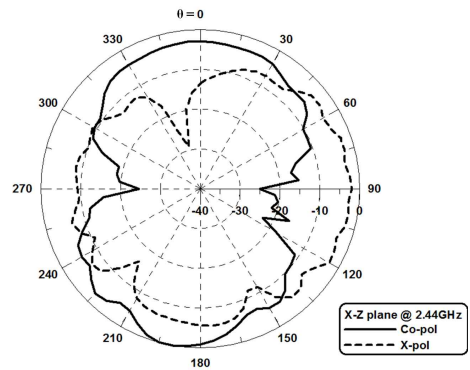
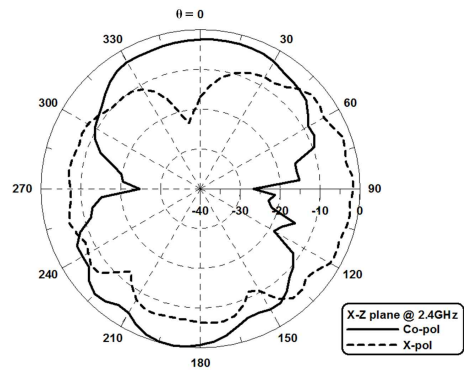
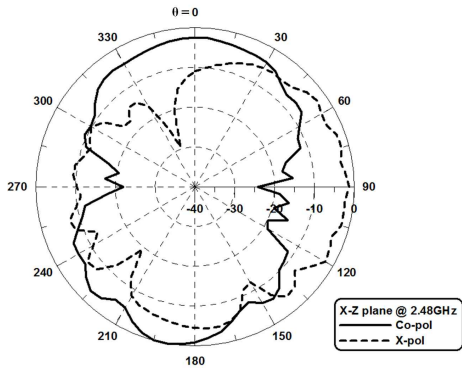


그림 4. 원형 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 반사계수  
 Fig. 4. Simulated and measured input return losses of prototype antenna



(a) E-평면





(b) H-평면

그림 5. 그림 3 원형 안테나의 방사패턴

Fig. 5. Radiation patterns of prototype antenna from Fig. 3

(a) E-평면, (b) H-평면

#### IV. 결 론

2.4 GHz 지그비 모듈에 사용 가능하며, 2개의 개방된 슬롯을 가진 마이크로스트립 급전 소형화된 폴디드 슬롯 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 크기의 감소와 더불어 접지면의 가장자리로 설계가 가능하다는 두 장점의 조합으로 더 넓은 회로 설계 공간을 제공할 수 있다. 특히 일반적인 지그비 모듈의 PCB크기 (35 × 35 mm<sup>2</sup>)에서 허용된 25.7% (35 × 9 mm<sup>2</sup>)의 공간보다 작은 23.4% (35 × 8.2 mm)에 안테나를 설계하였다. 측정된 임피던스 대역폭 (S11 ≤ -10 dB)과 안테나 이득은 각각 4.8% (2.37 ~ 2.49 GHz)와 2.4 dBi이다. 방사패턴은 일반적인 폴디드 슬롯 안테나의 그것과 유사하며 제작물의 통과대역 내에서도 일정하다. 게다가, 제안된 안테나의 간단한 구조로 인하여 제작이 쉽고 간단하며 물리적으로 견고한 장점이 있다. 본 연구는 지그비 기기로의 적용을 목표로 진행되었지만 2.4 GHz ISM대역을 사용하는 다른 무선통신에도 바로 적용 가능할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

#### Reference

- [1] IEEE 802.15.4 Standard specification, downloadable at [standards.ieee.org/getieee802/](http://standards.ieee.org/getieee802/)
- [2] S. V. Robertson, L. P. B. Katehi and G. M. Rebiz, "A planar quasi-optical mixer using a fold-slot antenna", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 43, pp 896-898, April 1995.
- [3] H. S. Tsai and R. A. York, "Multi-slot 50Ω antennas for quasi-optical circuits", *IEEE Microwave and Guided Wave letters*, Vol. 5, pp 180-182, June 1995.
- [4] S. Y. Chen and P. Hsu, "CPW-fed folded-slot antenna for 5.85GHz RFID tags", *Electronics letters*, Vol. 40, No. 24, pp 1516-1517, November 2004.
- [5] C. L. Li, P. Y. Lim and C. K. Hwang, "Impedance bandwidth improvement for microstrip-fed slot antennas using short-circuited termination", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 45, pp 67-70, April 2001.
- [6] S. I. Latif, L. Shafai and S. K. Sharma, "Bandwidth enhancement and size reduction of microstrip slot antennas", *IEEE Trans. Antennas and propagation*, Vol. 53, pp 994-1003, March 2005.
- [7] J. N. Lee, J. K. Park, I. H. Choi and J. S. Kim, "A NOVEL DUAL-BAND PATCH ANTENNA FOR ZIGBEE SYSTEM", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 49, No. 8, pp 1864-1867, August 2007.
- [8] Trade mark of CST Corp.

#### 이 영 순 (Young-Soon Lee)



1979년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 1981년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과(공학석사)  
 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1981년~현재 : 금오공과대학교 전자

공학부 교수

관심분야 : 전자기 이론, 안테나의 산란문제, 도파관 불연속, 개구결합

## 유진하 (Jin-Ha Yoo)



2009년 2월 : 금오공과대학교 전자  
공학부(공학사)

2011년 2월 : 금오공과대학교 전과  
통신공학과(공학석사)

2011년 3월~현재 : 금오공과대학교  
전자공학과 박사과정

관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF

회로설계