

## 보안등의 통합 모니터링을 위한 이동통신용 안테나 설계

# Design of mobile communication antenna for total monitoring of the security light

유진하\*, 조동균\*\*, 이영순\*

Jin-Ha Yoo\*, Dong-Kyun Cho\*\*, and Young-Soon Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 보안등의 통합 모니터링과 제어를 위한 3G 이동통신용 RF모듈에 적용 가능한 반파장 폴디드 슬롯 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 입력임피던스가 50 Ω에 가까운 총 길이가  $\lambda_g$ 인 전형적인 폴디드 슬롯 안테나의 장점을 유지하면서 절반의 크기를 가지고 PCB의 가장자리에 위치할 수 있도록 변형된 폴디드 슬롯 구조이다. 제안된 안테나는 국내 3G 이동통신 대역용으로,  $40.5 \times 62$  mm<sup>2</sup>의 기판 중 상단  $40.5 \times 10$  mm<sup>2</sup>의 공간을 이용하여 설계 및 제작하였다. 제작된 안테나를 측정된 결과, 390 MHz의 대역폭, 2 dBi의 이득을 얻을 수 있었다.

### Abstract

In this paper, a half-wavelength folded-slot antenna, which can be applied to RF module for 3G mobile communications by which security lights are monitored and controlled, is proposed. The proposed antenna can be regarded as modified folded-slot structure which has the size reduced to a half of conventional  $\lambda_g$  folded-slot antenna and can be placed at the ground plane edge. In spite of that, the proposed antenna still maintain the advantage of conventional folded-slot antenna that input impedance is close to 50 Ω. The antenna is designed and fabricated within the upper space of  $40.5 \times 10$  mm<sup>2</sup> on  $40.5 \times 62$  mm<sup>2</sup> substrate for 3G mobile communication frequency band. The measured impedance bandwidth and antenna gain are 390 MHz and 2 dBi respectively.

Key words : Folded-slot antenna, Security light, Printed antenna, 3G mobile communication

### I. 서 론

보안등은 조명이 없는 골목어귀와 같이 외지고 어두워 발생할 수 있는 범죄나 사고의 예방을 위하여 특정 지역에 설치 및 운용되는 전기 설비이다. 차량 도로를 위해 설치되는 가로등과는 달리 일반적으로

주택가의 골목길에 설치되어 필요시 야간에 작동하여 국민의 생활과 안전에 이바지하고 있다. 실제로 인천 학익동과 경기도 일산 주엽동 등의 골목길과 공원에 보안등을 설치한 결과 범죄의 발생률이 약 57% 감소하였다는 조사 결과를 2006년 6월 경찰청에서 발표 하였다[1]. 보안등의 설치가 범죄 및 사고를 예

\* 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 9월 16일 · 심사(수정)일자 : 2013년 9월 16일 (수정일자 : 2013년 10월 25일) · 게재일자 : 2013년 10월 30일  
<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.5.491>

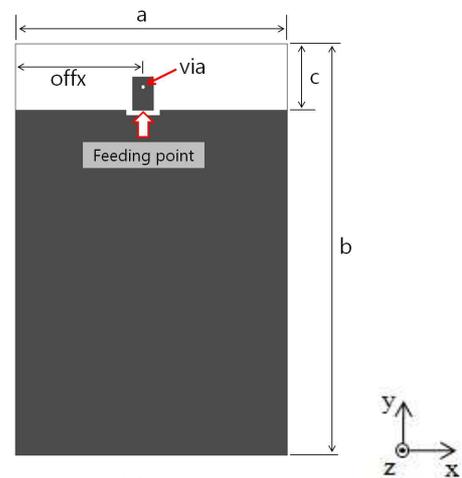
방하는데 큰 효과가 있다는 것을 입증한 것이다. 그러나 이러한 보안등은 일반적으로 골목길의 전신주에 직접 설치되어 있고 그 수가 적지 않아 전체를 모니터링 하지 못하는 단점이 있다. 더불어 일괄적으로 관리되고 책정되는 전기요금의 정산에도 문제가 있다. 이처럼 보안등의 필요성과 수요는 증가하고 있지만 이를 전체적으로 모니터링하여 효율적으로 관리할 수 있는 시스템은 미비하다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 이러한 보안등의 사용 유/무와 전력 사용량 등의 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 실장되는 RF모듈에 적용 가능한 PCB 일체형 안테나를 설계하고자 한다. 일반적으로 전자기기에 사용되는 모든 디바이스에는 기기의 휴대성 및 디자인을 고려하여 소형화, 경량화, 다기능화가 요구되며 이는 안테나 또한 마찬가지이다. 보안등 RF 모듈은 국내 3G망을 사용하기 때문에 소형화 및 경량화에 비중을 두어 설계가 이루어져야 한다. 이를 위하여 적절한 형태의 안테나의 삽입이 중요한데 다양한 종류의 안테나 중 PCB기판에 일체형으로 제작되는 인쇄형 안테나는 외장형의 막대형이나 개구형 안테나에 비해 크기가 작고 가벼우며 제작이 간단할 뿐 아니라 케이스 외부로 돌출되는 부분이 없어 충격 등의 요인에 내성이 강한 장점이 있다. 이러한 인쇄형 안테나로 마이크로스트립 패치 안테나, 소형 모노폴 안테나, 역-F형 안테나, 슬롯 타입 안테나 등의 공진형 안테나들이 주로 설계 및 적용되며, 적용빈도는 상대적으로 적지만 소형화를 주목적으로 한 0차 공진 안테나 등도 활발히 연구 및 적용되고 있다. 이 중 슬롯 타입의 안테나는 상대적으로 넓은 대역폭을 가지며 안테나로 인해 제거되는 PCB의 접지면을 작게 가져갈 수 있는 장점이 있다[3]-[9]. 특히 폴디드 슬롯 안테나의 경우 안테나의 입력임피던스가 약  $70\Omega$ 이 되어 약간의 튜닝만으로  $50\Omega$ 에 근접하도록 임피던스 매칭이 가능하고, 대역폭이 넓은 장점이 있다. 하지만 폴디드 슬롯의 경우 전체길이가  $\lambda_g$ 로 반파장 이하의 길이를 가지는 안테나들에 비해 점유면적이 상대적으로 큰 단점이 있다. 본 논문에서는 폴디드 슬롯 안테나의 단점인 점유면적을 절반으로 줄이고 설

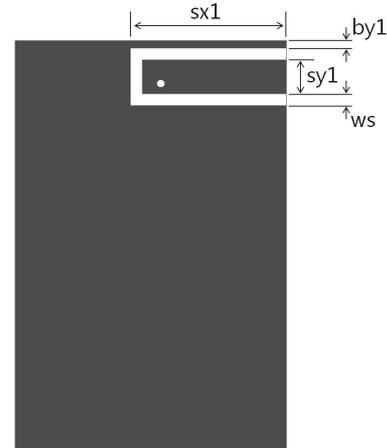
계 위치를 PCB의 중심에서 가장자리로 이동시킨 개선된 반파장 폴디드 슬롯 안테나를 국내 3G 이동통신망용으로 설계한 결과를 제시하고자 한다.

## II. 안테나 구조 및 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조로써 FR-4기판을 사용하여 설계되었다. PCB의 크기는  $40.5 \times 62 \text{ mm}^2$  이고 안테나는 PCB의 좌상단  $23.5 \times 10 \text{ mm}^2$ 의 면적에 설계되었다.



(a) Top view



(b) Bottom view

그림 1. 제안된 안테나 구조

Fig. 1. Proposed antenna structure.

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타낸 것이다. 그림 1의 (a)는 안테나의 전면부로서 상단의 안테나 부분을 보면 급전을 위한 전송선로와 그 종단부에 후면 슬롯 내부의 도체면과 단락되는 단락핀이 존재하고 있다. 이러한 직접 급전방식은 근접 결합 급전방식에 비해 대역폭이 넓은 장점이 있다[8]. 안테나부분을 제외한 부분은 전/후면 모두 접지면으로 채워져 있다. 그림 1의 (b)는 안테나의 후면부로서 후면을 기준으로 보았을 때 우측으로 양끝이 개방된  $\pi$ 자형 슬롯이 존재한다. 앞서 언급하였듯이 슬롯 내부의 도체는 전면부의 급전선과 단락핀으로 연결되어 여기된 신호를 받는다.

서론에서 제시한 바와 같이 보안등의 모니터링과 제어를 위한 통신으로 국내 3G 이동통신망을 사용한다. 따라서 제안된 구조를 사용하는 주파수대역에 맞게 설계하여야 하며, 이를 위해 안테나 각 부분들의 파라미터 변화에 따른 특성 변화의 분석이 필요하다. 그림 2는 PCB 후면에 생성된  $\pi$ 자 슬롯에서 가로 슬롯의 길이인 파라미터  $sx1$ 의 변화에 따른 반사계수의 변화를 시뮬레이션 틀에서 해석한 비교결과이다. 안테나의 공진길이를 결정하는 주 파라미터로서 예상대로  $sx1$ 이 길어짐에 따라 공진주파수가 감소하는 것을 알 수 있다.

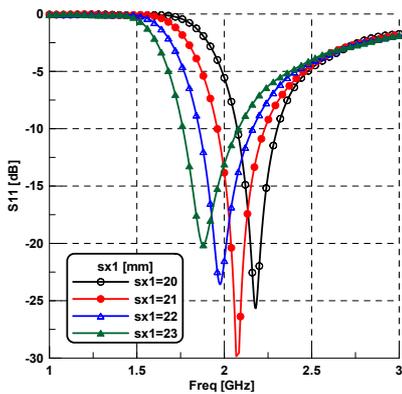


그림 2.  $sx1$ 의 변화에 따른 반사계수  
Fig. 2. Return losses by variation of parameter  $sx1$ .

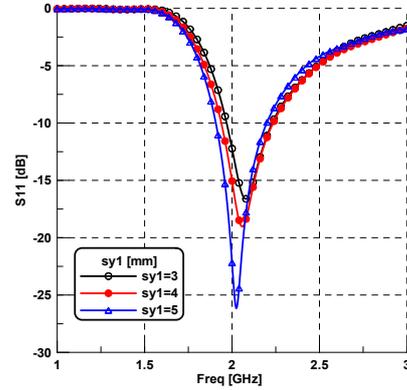


그림 3.  $sy1$ 의 변화에 따른 반사계수  
Fig. 3. Return losses by variation of parameter  $sy1$ .

그림 3은 PCB 후면에 생성된  $\pi$ 자 슬롯에서 세로 슬롯의 길이인 파라미터  $sy1$ 의 변화에 따른 반사계수의 변화를 시뮬레이션 틀에서 해석한 비교결과이다.  $sy1$ 은 가로 슬롯의 길이인  $sx1$ 과 마찬가지로 슬롯의 길이를 결정하는 파라미터이지만 할당된 안테나 공간으로 인해 길이의 조절에 제한이 있어 공진주파수의 증감에 미치는 영향은 미비하다. 다만, 단락핀이 고정되어있기 때문에  $sy1$ 이 증가하여 슬롯이 길어지면 급전점이 이동되는 효과가 생겨 반사계수의 크기에 변화가 발생한 것을 볼 수 있다.

그림 4는  $\pi$ 자 슬롯의 폭을 결정하는 파라미터  $ws$ 의 변화에 따른 반사계수의 변화를 시뮬레이션 틀에서 해석한 비교결과이다. 일반적으로 슬롯 타입의 안테나에서는 슬롯의 폭이 넓어지면 대역폭이 증가하는 경향이 있다. 본 논문에서 제안하는 안테나 또한 슬롯의 폭이 증가함에 따라 대역폭이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

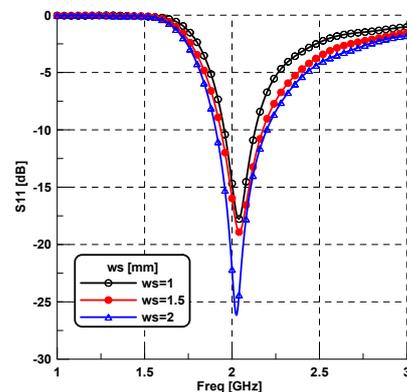


그림 4.  $ws$ 의 변화에 따른 반사계수  
Fig. 4. Return losses by variation of parameter  $ws$ .

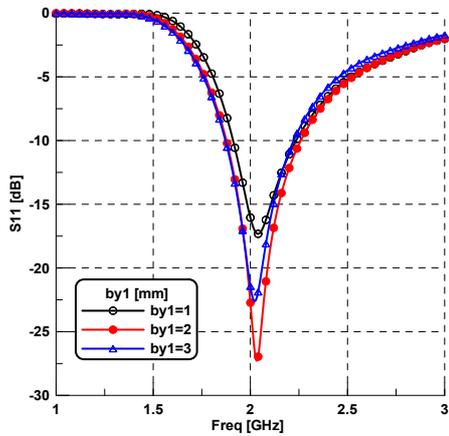


그림 5. by1의 변화에 따른 반사계수  
Fig. 5. Return losses by variation of parameter by1.

그림 5는 파라미터 by1의 변화에 따른 반사계수의 변화를 시뮬레이션 틀에서 해석한 비교결과이다. by1은 ㄷ자 슬롯의 위쪽에 존재하는 접지면의 폭, 즉, ㄷ자 슬롯이 PCB 상단 가장자리에서 떨어진 거리를 의미한다. 일반적으로 안테나의 방사체가 위치하는 곳을 기준으로 주변 접지면이 어느 정도 확보되지 못하면 안테나의 대역폭과 방사효율이 감소하는 경향이 있다. 따라서 제안된 구조에서도 안테나로 부터 상단에 존재하는 접지면의 폭인 by1이 증가함에 따라 대역폭이 증가할 것으로 예상하였다. 그림 5를 보면 예측한 바와 같이 by1의 증가에 따라 대역폭이 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 2~5를 통해 제시된 4가지 파라미터의 분석 결과를 바탕으로 사용주파수 대역인 국내 3G 이동통신대역에 최적화된 파라미터들을 표 1에 제시하였다. 이를 토대로 성능 검증을 위한 시작품이 제작되었고 주요 성능 파라미터들의 측정이 이루어졌다.

표 1. 제안한 안테나의 최적 설계 파라미터  
Table 1. Optimized parameters of the proposed antenna

par.	value [mm]	par.	value [mm]
a	40.5	sx1	23.5
b	62	sy1	5
c	10	ws	2
offx	19	by1	1

### III. 제작 및 측정결과

안테나 설계과정에서 시뮬레이션 틀을 이용한 몇 가지 파라미터들의 변화에 따른 경향분석결과를 바탕으로 보안등의 모니터링과 중앙관리를 위한 국내 3G 이동통신 대역(1.93 ~ 2.17 GHz)을 만족하는 최적화 값을 도출할 수 있었다. 그림 6은 최적화되어 제작된 안테나이고, 시뮬레이션에서와 같이 40.5 × 62 mm<sup>2</sup>의 크기에 두께 1.6 mm인 FR-4기판이 사용되었다. 안테나의 크기 및 위치 또한 시뮬레이션에서와 같은 23.5 × 10 mm<sup>2</sup>, PCB의 좌상단에 위치하고 있다. 그림 6의 제작시료는 제품에 적용되기 전 안테나의 성능 측정만을 위하여 제작된 것이며, 보안등 제어 및 관리 콘솔 개발업체인 ‘S’사의 한 제품에 적용되어 완제품으로 제작될 예정이다.



그림 6. 제작된 안테나  
Fig. 6. Fabricated antenna.

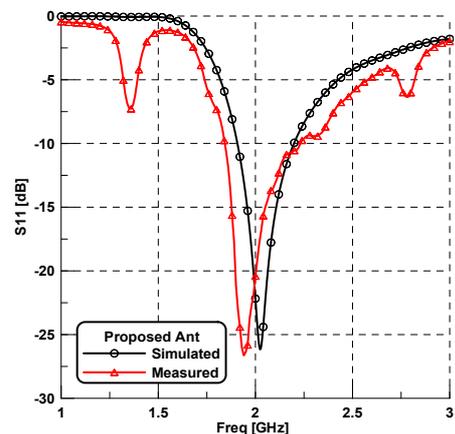


그림 7. 시뮬레이션 및 측정된 반사계수  
Fig. 7. Simulated and measured return losses.

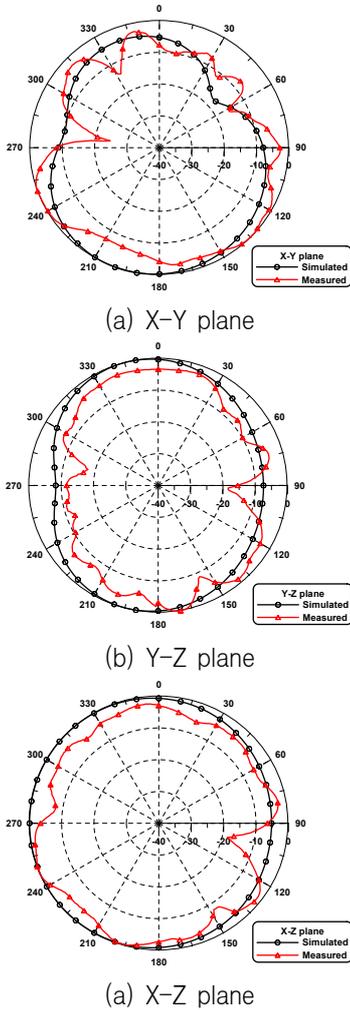


그림 8. 측정된 2D 방사패턴  
Fig. 8. Measured 2D radiation patterns.

그림 7은 제작된 안테나의 반사계수 측정값을 시뮬레이션의 결과와 비교한 그래프이다. 시뮬레이션에서의 10 dB 대역폭은 약 280 MHz (1.91 ~ 2.19 GHz)이고, 측정결과의 10 dB 대역폭은 약 390 MHz (1.84 ~ 2.23 GHz)로 110 MHz의 차이를 보이지만 각 대역폭들의 중심주파수는 유사한 것을 알 수 있다. 더불어 국내 3G 이동통신 대역인 1.93 ~ 2.17 GHz를 충분히 포함하고 있음을 알 수 있다.

그림 6과 같이 제작된 제안된 안테나의 방사패턴을 측정하였다. 측정결과 중심주파수인 2 GHz에서 약 80%의 높은 효율을 가지며 이때의 이득은 약 2 dBi이다. 측정된 방사패턴을 각 평면별로 시뮬레이션 결과와 비교하여 그림 8에 제시하였다. 그림 8을 보면 모든 평면에서 그리 크지 않은 지향성을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 다만 X-Y평면을 보면  $\varphi = 180^\circ$

슬롯이 개방되어있는  $\varphi = 180^\circ$  방향으로의 방사세기가 다소 큰 것을 볼 수 있다. 3G 이동통신 대역을 사용하는 장비에 적합한 패턴이라고 할 수 있겠다. 더불어 파라미터를 조절하여 타주파수대역용으로 응용하여도 높은 성능을 보일 것이라 사료된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 보안등의 모니터링과 중앙 관리를 위한 통신용으로 국내 3G 이동통신 망을 사용하는 RF모듈에 적용가능한 반파장 폴디드 슬롯 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 마이크로스트립 선로와 단락핀으로 급전되며 신호가 여기된 슬롯은 양끝이 개방된  $\varphi$ 자형으로 PCB의 좌상단에 위치하고 있다. 비유전율 4.3, 두께 1.6 mm, 크기  $40.5 \times 62 \text{ mm}^2$ 인 FR-4기판에 설계되었다. 검증을 위한 제작 및 측정결과 반사계수 -10 dB를 기준으로 약 390 MHz (1.84 ~ 2.23 GHz)의 대역폭, 중심주파수 2 GHz를 기준으로 약 80%의 효율과 약 2 dBi의 이득을 확인할 수 있었다. 또한,  $\varphi$ 자 슬롯이 개방된 방향으로 비교적 강한 방사가 이루어지지만 그 차이가 크지 않다. 제안된 안테나는 한파장의 공진길이를 가지며 50  $\Omega$ 에 가까운 입력임피던스를 가져 매칭이 용이한 폴디드 슬롯 안테나의 장점을 유지한 채 크기를 절반으로 줄이고 PCB 가장자리로 설계지점을 이동시킨 구조이다. 보안등의 모니터링과 중앙관리를 위한 3G 이동통신대역용으로 설계된 제안된 안테나는 높은 효율과 용도에 알맞은 지향성과 방사패턴을 가지므로 제품에 적용되었을 경우 높은 성능을 보일 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 경북과학기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (2012-214-003)

## Reference

- [1] I. K. Hwang, "A Rapid Decrease of Malicious Crime after Operation Guard Lamps," *Electimes*, June 2006.
- [2] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design," *second edition*, John Wiley & sons, 1998.
- [3] A. A. Talukder, D. K. Karmokar, K. M. Morshed and Md. N Mollah, "Low Profile Inverted-F-L Antenna for 5.5 GHz WiMAX Applications," *ACEEE Int. J. on Communications*, vol. 3, No. 1, pp. 15-19, March 2012.
- [4] J. X. Yun and R. G. Vaughan, "Open Slot Antenna in a Small Groundplane at the Second Resonance," *Antennas and propagation Society International Symposium*, vol. pp. 1-4, July 2010.
- [5] J. H. Yoo, S. K. Lim and Y. S. Lee, "Modified folded-slot antenna for 2.4GHz Zigbee applications," *Korea-Japan Microwave Conference*, pp. 226-229, Nov. 2011.
- [6] S. I. Latif, L. Shafai and S. K. Sharma, "Bandwidth Enhancement and Size Reduction of Microstrip Slot Antennas," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 53, no. 3, pp. 994-1003, March 2005.
- [7] J. H. Yoo and Y. S. Lee, "Bandwidth Enhancement and Size Reduction of Microstrip-fed Folded-slot antennas," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 10, pp. 2248-2251, Oct. 2013.
- [8] C. L. Li, P. Y. Lin and C. K. Huang, "Impedance bandwidth improvement for microstrip-fed slot antenna using short-circuited termination," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 45, no. 1, pp. 67-70, April 2005.
- [9] A. A. Gheethan and D. E. Anagnostou, "Broadband and Dual-Band Coplanar Folded-Slot Antennas (CFSA)," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Magazine*, vol. 53, no. 1, pp. 80-89, Feb. 2011.



유진하 (Jin-Ha Yoo)

2009년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부(공학사)

2011년 2월 : 금오공과대학교 전파통신공학과(공학석사)

2011년 3월~현재 : 금오공과대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF 회로설계

## 조동균 (Dong-Kyun Cho)



1997년 2월 : 청주대학교 정보통신공학과 (공학사)

1999년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (공학석사)

2002년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (박사수료)

2001년 5월 ~ 2002년 12월 : ETRI

이동통신연구소 위축연구원

2004년 3월~현재 : (주)에스엠텔 연구소 연구소장

관심분야 : RF안테나 및 무선모듈 설계, CDMA 단말기

## 이영순 (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