

# 4개의 계단형 L-슬롯 구조를 갖는

## 전방향성 평면 안테나

남성수\* , 이흥민\*\*

### An Omnidirectional Planar Antenna with Four Stepped L-shape slots

Sung-Soo Nam\* , Hong-Min Lee\*\*

#### 요 약

본 논문에서는 H 평면에서 전방향성 방사패턴을 갖고 저자세를 갖는 평면형 안테나를 제안하였다. 전기적 소형 모노폴 안테나가 갖는 캐패시턴스 성분에 인덕티브 성분의 ENG(Epsilon Negative) 셸 구조를 부설함으로써 임피던스를 매칭시켰다. ENG 셸 구조는 4개의 계단형 L-슬롯으로 대칭된 인덕티브 로딩 구조로 이루어져 있다. 실제측정 결과 제안된 안테나의 임피던스 대역폭 ( $VSWR \leq 2$ )은 150MHz (2.5 ~ 2.65GHz)를 나타내었고 최대 방사 이득은 중심 주파수 2.56GHz에서 1.12dBi를 나타내었으며 전방향성 방사패턴을 나타내었다. 제안된 안테나는 저자세 높이와 전방향성 방사를 요구하는 시스템에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### ABSTRACT

In this paper, an planar antenna which has omnidirectional radiation pattern in H-plane and low profile is proposed. By adding inductance elements of an ENG shell structure, a capacitance element of an electrically small antenna is easily achieved with impedance matching. An ENG shell structure is consist of a inductive loading structure which has symmetrical four stepped L-shape slots. The simulated result shows, the impedance bandwidth of the proposed antenna is 150MHz (2.5 ~ 2.65GHz). The simulated maximum radiation gain of proposed antenna is 1.12 dBi at center frequency 2.56GHz. Omnidirectional radiation pattern is achieved. The proposed antenna will be applied to wireless lan access point system.

#### 키워드

Planar antenna, ENG structure, Inductive loading, Omnidirectional radiation pattern

#### 1. 서 론

최근 급격한 무선통신기기의 발전과 함께 무선랜을 이용한 통신이 많아지고 그에 요구되는 무선통신환경이 요구되고 있다. 무선랜을 이용한 통신환경은 노트북 또는 무선통신용 단말기와 같은 다수의 기기와 액세스 포인트 간에 원활한 통신이 요구된다. 이러한 환경에서 액세스 포인트에 쓰이는 안테나는 무선통신 단말기의 위치에 따른 영향이 적은 전방향성 안테나가 적합하다. 또한 칩으로 집적화된 무선통신기기의 저 자세화의 추세에 맞추어 안테나의 저 자세화가 요구된다.

최근 SNG(single Negative) 또는 DNG(Double Negative) 특성을 갖는 메타물질을 이용하여 전기적 소형 안테나의 이득과 효율을 개선하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 메타물질은 자연계상에 존재하지 않기 때문에 구조적으로 구현하여 전기적 소형 안테나의 이득과 효율을 높이는 데 특히 SNG로 구분되는 음의 유전율을 갖는 ENG(Epsilon Negative)와 음의 투자율을 갖는 MNG(Mu Negative) 메타구조에 관한 연구가 활발히 진행 중이다[1-3].

일반적으로 전기적 소형 안테나는 높은 리액턴스 성분을 갖고 있다. 전기적 소형 안테나의 이득

\* 경기대학교 전자공학과 석사과정 (<http://kyonggi.ac.kr>)

\*\* 경기대학교 전자공학과 교수([hmllee@kyonggi.ac.kr](mailto:hmllee@kyonggi.ac.kr))

과 효율을 높이기 위해 리액티브 성분을 정합시킬 구조를 필요로 하게 되는데 SNG 또는 DNG 특성을 갖는 메타구조를 적용함으로써 이를 해결할 수 있다. 기존의 논문에서는 소형화된 모노폴에 ENG(Epsilon Negative) 메타 구조를 이용하여 소형화를 이루었다[3]. 하지만 모노폴이 갖는 높이로 인해 저자세화가 힘들다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 L-슬롯을 갖는 ENG 메타구조를 이용하여 저자세를 취하면서도 전방향성 방사특성을 갖는 소형 안테나를 제안하였다.

제안된 안테나는 CST사의 Microwave studio [4]를 사용하여 모의실험 하였다.

## II. 본 론

그림 1은 제안된 4개의 계단형 L-슬롯을 갖고 전방향성 방사특성을 갖는 소형 안테나의 구조이다. ENG 셀 구조는 음의 유전율을 갖는 구조로써 등가적으로 인덕티브로 작용한다. 계단형 L-슬롯이 갖는 인덕티브 성분으로 인해 ENG 셀 구조는 음의 유전율과 등가적으로 같다. 이는 곡설이 갖는 캐패시티브 리액티브 성분과 정합되어 임피던스 정합을 이루게 된다[5]. ENG 셀 구조는 Rogers 사의 R3210( $\epsilon_r = 10.2$ ,  $h = 1.27\text{mm}$ ) 기판에 설계하였고  $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 1.27\text{mm}$ 의 크기를 갖는다.

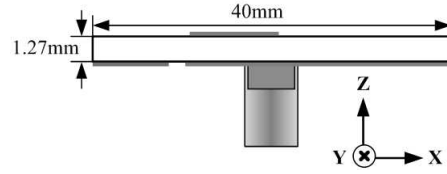
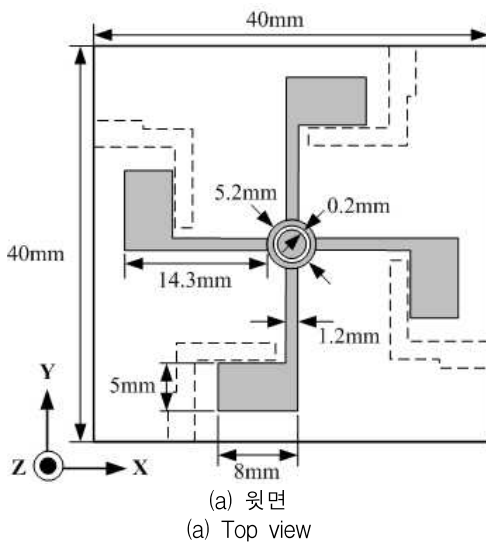


그림 1. 제안된 안테나의 구조  
Fig. 1 The structure of proposed antenna

그림 2는 ENG 셀의 계단형 L-슬롯 구조이다. 4개의 계단형 L-슬롯을 대칭으로 설계하였고 방사 효율을 높이기 위해 개방형 구조로 설계하였다. L-슬롯의 길이는 공진 주파수 2.5GHz 일 때  $0.45\lambda_g \approx 20.6\text{mm}$ 로 설계 하였고 L-슬롯의 길이 변화에 따라 안테나의 공진 주파수가 결정된다 [6]. 또한 효과적인 임피던스 매칭을 위해  $1\text{mm} \times 5\text{mm}$  크기의 계단형 슬롯을 부가 하였다.

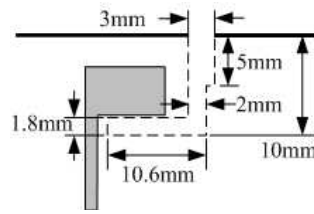


그림 2. 계단형 L-슬롯과 마이크로스트립 선로 사이의 결합 구조  
Fig. 2 The stepped L-shape slot and micro-strip feeder line coupling structure

## III. 제안된 안테나의 모의실험 결과

그림 3은 제안된 안테나의 반사손실을 나타내었다. 중심 주파수는 2.6GHz로 150MHz(2.6 ~ 2.65GHz)의 임피던스 대역폭을 나타낸다.

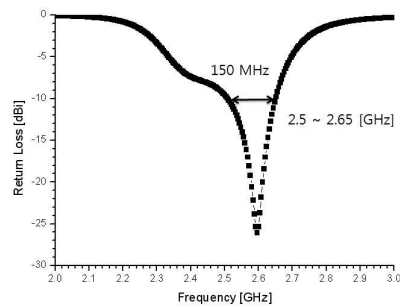


그림 3. 제안된 안테나의 반사손실  
Fig. 3 Return loss of the simulated antenna

그림 4는 제안된 안테나의 전계 법선성분을 나타낸 결과이다.

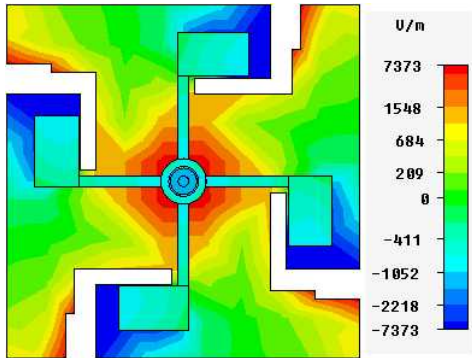


그림 4. 전계 법선성분 (2.6GHz)  
Fig. 4 Normal E-field distribution (2.6GHz)

그림 5는 제안된 안테나의 전류 분포 모의실험 결과이다. 대부분의 전류는 스티브 라인과 L-슬롯을 따라 흐르는 것을 알 수 있다.

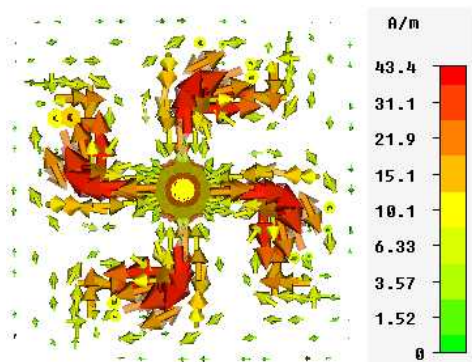
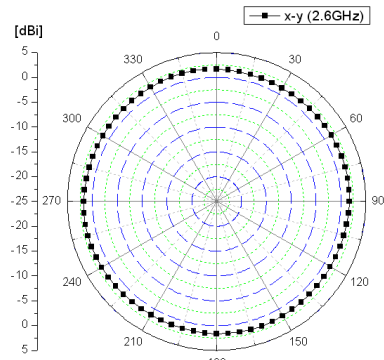
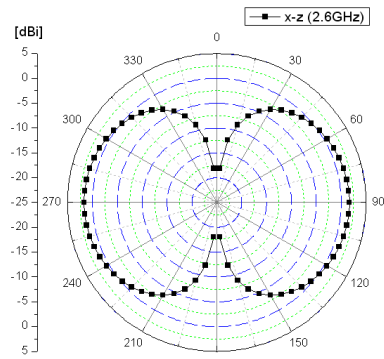


그림 5. 전류 분포 (2.6GHz)  
Fig. 5 Surface current distribution (2.6GHz)

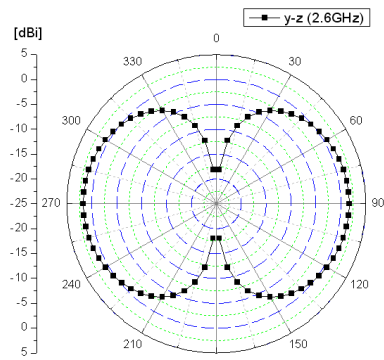
그림 6에 제안된 안테나의 방사패턴을 나타내었다. 중심 주파수 2.6GHz에서 최대이득 1.56dBi를 나타내었으며  $\lambda/2$  다이폴 안테나 방사패턴을 나타낸다.



(a) X-Y 평면  
(a) X-Y Plane



(b) X-Z 평면  
(b) X-Z Plane



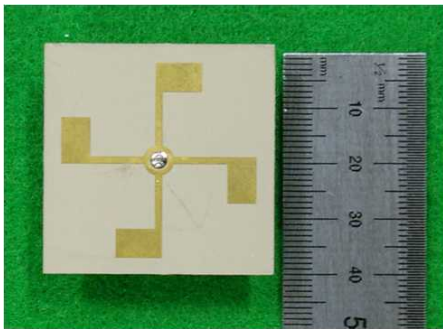
(c) Y-Z 평면  
(c) Y-Z Plane

그림 6. 제안된 안테나의 방사패턴 모의실험 결과 (2.6GHz)

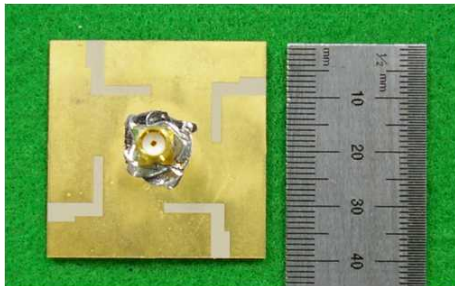
Fig. 6 Simulated radiation patterns result of the proposed antenna (2.6GHz)

IV. 제작 및 측정

그림 7은 제작된 안테나의 사진이다. SMA 커넥터 중심 도체는 소형 모노폴로 사용하였으며, 4 소자의 L형 슬롯은 접지 면에 대하여 상호 대칭적으로 배열시키고, 4개의 암 구조의 마이크로 스트립 선로를 사용하여 모노폴과 결합시켰으며, 안테나 제작에는 Rogers사의 RO3210( $\epsilon_r = 10.2$ ,  $h = 1.27$  mm)기판을 사용하였다.



(a) 앞면  
(a) Top view



(b) 뒷면  
(b) Bottom view  
그림 7. 제작된 안테나

Fig. 7. Photos of the fabricated antenna

그림 8에 제작된 안테나의 측정된 반사손실을 나타내었다. 측정 결과 중심주파수 2.56 GHz에서 임피던스 대역폭( $VSWR \leq 2$ )은 2.5 ~ 2.65 GHz로 150 MHz의 대역폭을 나타내었다.

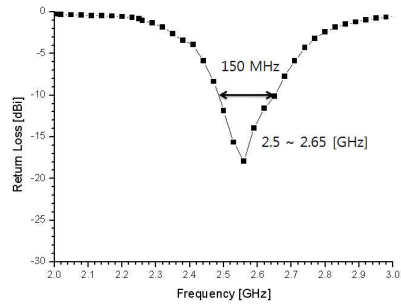
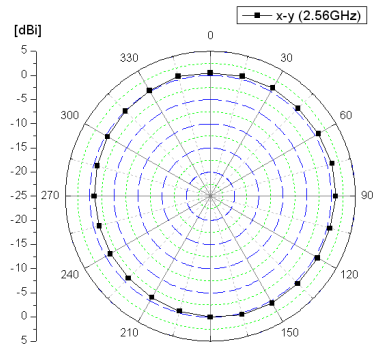
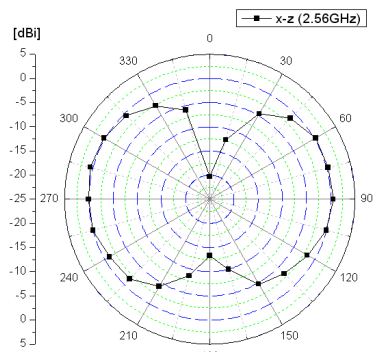


그림 8. 제작된 안테나의 반사 손실  
Fig. 8 Measured return loss of the fabricated antenna

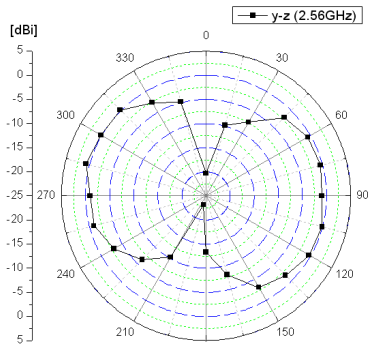
그림 9에 제작된 안테나의 2D 방사패턴 측정 결과이다. 측정 결과 모의실험 결과와 거의 동일한 다이폴 형 방사 패턴을 나타내었다.



(a) X-Y 평면  
(a) X-Y plane



(b) X-Z 평면  
(b) X-Z plane



(c) Y-Z 평면  
(c) Y-Z plane

그림 9. 제작된 안테나의 방사패턴 (2.56GHz)  
Fig. 9 Radiation pattern of the fabricated antenna (2.56GHz)

그림 10은 제안된 안테나의 3D 방사패턴 측정 결과이다. 중심 주파수 2.56GHz에서 최대 이득과 방사효율은 각각 1.12 dBi, 67 %로 나타났다.

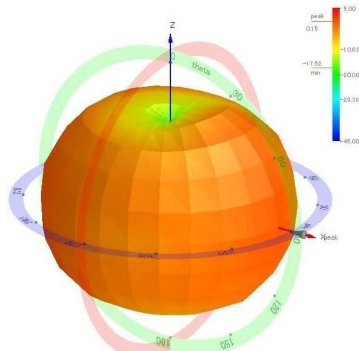


그림 10. 제작된 안테나의 3D 방사패턴  
Fig. 10 3D radiation pattern of the fabricated antenna

## V. 결 론

본 논문에서  $0.45 \lambda_g$ 의 길이를 갖는 4개의 계단형 L형 슬롯을 상호 대칭적으로 배열하여, 다이폴형 방사 패턴을 나타내는 평면 구조의 안테나를 제안하였다. 제작된 안테나의 크기는  $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 이며, 동작 중심 주파수 2.56 GHz에서 최대 이득과 방사효율은 각각 1.12 dBi, 67 %로 나타났다. 전기적 소형 모노폴 안테나는 용량성 리액턴스를 가지므로, 안테나를 임피던스 정합을 시키기 위하여 4개의 계단형 L형 슬롯을 사용하여 인덕티브 로딩을 기법을 적용하였다.

실제 측정 결과 제작된 안테나의 임피던스 대역폭(VSWR  $\leq 2$ )은 150MHz (2.5 ~ 2.65GHz)로 나타났다. 안테나 구조가 평면형 임에도 불구하고 제작된 안테나는 다이폴 형 안테나와 같은 방사 패턴을 나타내었다. 제안된 안테나는 저자세 높이와 전방향성 방사를 요구하는 시스템에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-10315-0)

## 참고문헌

- [1] Nader Engeta and Richard W. Ziolkowski, *Metamaterials Physics and Engineering Explorations*, Wiley, 2006.
- [2] R. W. Ziolkowski and A. Erentok, *Metamaterial based efficient electrically small antennas*, IEEE Trans. antennas Propagat., vol. 54, pp. 2113-2130, July 2006.
- [3] Ayeon Erentok and Richard W. Ziolkowski, *HFSS Modeling of a Dipole Antenna Enclosed In an Epsilon-Negative (ENG) Metamaterial Shell*, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 38, pp. 22-25, July 2005.
- [4] CST STUDIO SUITE™ 2008 MWS (Micro Wave Studio) manual, CST Corporation.
- [5] Ho-Yong Kim, Joong-Kwan Kim, Yong-Jin Kim, Jung-Han Kim and Hong-Min Lee, *The Design of a Small Monopole Type Antenna using Negative Permittivity Metamaterial Structure*, International Workshop on Antenna Technologies Conference (IWAT'08), Chiba, Japan, pp. 275-278, Mar. 2008.
- [6] Latif, S. I. Shafai, L. Sharma, S. K., *Bandwidth enhancement and size reduction of microstrip slot antennas*, IEEE Trans. antennas Propagat., vol. 53, pp. 994-1003, Mar. 2005.
- [7] An Ping Zhao, *Quarter-Wavelength*

Wideband Slot Antenna for 3-5 GHz Mobile Applications, IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett., vol. 4, pp. 421-424, April 2005.

---

저자약력

---



남 성 수(Sung-Soo Nam)  
2007년 2월 : 경기대학교 전자  
공학과 (공학사)  
2008년 3월~현재 : 경기대학교  
전자공학과 석사과정

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, RF 수동  
소자



이 홍 민(Hong-Min Lee)  
1972년 2월 : 연세대학교 전자  
공학과 (공학사)  
1974년 2월 : 연세대학교 전자  
공학과 (공학석사)  
1990년 8월 : 연세대학교 전자  
공학과 (공학박사)  
1991년 3월~현재 : 경기대학  
교 전자공학과 교수

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, 전파 전파,  
RF 수동소자