

## 이중 사각 스파이럴 스트립라인 로디드 소형 모노폴 안테나

Truong Khang Nguyen\*, 이상운\*, 추호성\*\*, 박익모\*

\*아주대학교 전자공학과

\*\*홍익대학교 전자전기공학부

### A Compact Dual Spiral Line Loaded Monopole Antenna

Truong Khang Nguyen\*, Sangwoon Lee\*, Hosung Choo\*\*, Ikmo park\*

\*School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

\*\*School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University

E-mail : \*ipark@ajou.ac.kr

#### Abstract

We propose a compact spiral stripline-loaded monopole antenna on a vertical ground plane in this paper. The measured results show that the antenna has a fractional bandwidth of 12.1% for a voltage standing wave ratio (VSWR) less than 2 at the center frequency of 1.10 GHz, as well as a good omnidirectional radiation pattern. The small size of  $0.04 \lambda_0 \times 0.04 \lambda_0 \times 0.04 \lambda_0$  makes it promising for use as an internal antenna in mobile handsets.

Key words: small antenna, spiral stripline loaded monopole antenna, disk-loaded monopole antenna, electromagnetically coupled feed

#### I. 서론

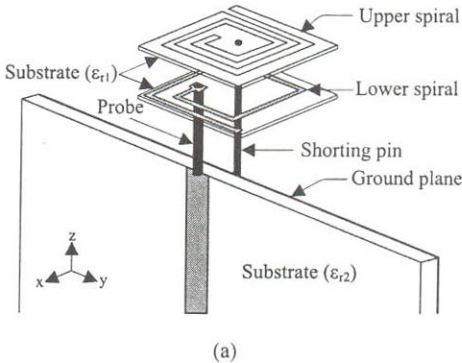
현대인의 삶 중에 가장 중요한 일부분이 되어버린 여러 종류의 기능들을 (무선 인터넷, TV, 영화, MP3, 카메라, 비디오, Bank 등) 단말기에 모아 사용함으로써 이

동통신용 단말기는 통신의 도구만이 아니라 여가 생활을 즐기는 수단으로 바뀌고 있다. 이러한 여러 분야의 기능이 추가됨으로 인하여 많은 양의 정보의 송수신 필요하게 되었고 소형 단말기에 대한 소비자들의 욕구 증대는 무선통신에 있어서 소형 및 광대역 안테나 개발을 촉진시켜 왔다 [1-2]. 따라서 많은 안테나 구조들이 이러한 조건을 충족할 수 있도록 개발되어 왔으며, 최근에는 매우 근접하게 위치하는 두 개의 복사체를 전자기적으로 상호 결합하여 소형 안테나의 대역폭을 개선할 수 있음을 확인한 바 있다 [3-6].

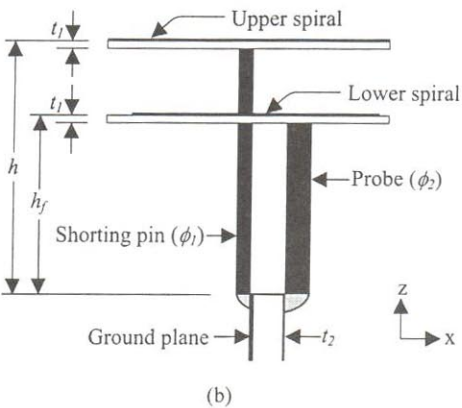
본 논문에서는 수직한 접지면에 구현한 이중 사각 스파이럴 로디드 소형 모노폴 안테나를 제안하였다. 단락된 사각 스파이럴 스트립라인 모노폴의 공진과 사각 스파이럴 스트립라인 로디드 프로브 모노폴의 공진을 전자기적으로 결합함으로써 중심 주파수가 1.10 GHz 에서  $VSWR < 2$  를 기준으로 약 12.3%의 넓은 임피던스 대역폭을 가지며, 12 mm x 12 mm x 12 mm 의 크기를 가진 작은 구조의 안테나를 설계하였다. 제안한 안테나는 일반적인 모노폴 안테나와 유사한 복사 패턴을 가지며 최대 복사이득은 -0.1 dBi 로 안테나의 크기에 비하여 비교적 높은 복사이득을 가진다.

## II. 안테나 구조

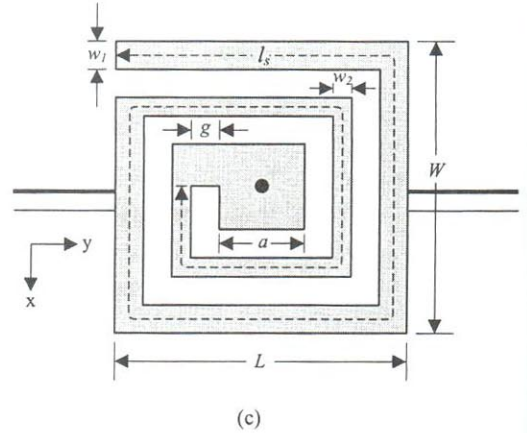
그림 1 에 제안한 안테나 구조를 나타내었다. 안테나는 두 개의 사각 스파이럴 모노폴로 구성되어 있다. 각각의 사각 스파이럴은  $12 \times 12 \text{ mm}^2$  의 크기를 가지며 비유전율( $\epsilon_{r1}$ )이 3.38 이고 두께가 0.203mm 인 RO4003 기판으로 제작하였다. 상부 사각 스파이럴은 접지면 윗부분에 위치하고 있으며 높이  $h$  에 배치하였다. 상부 사각 스파이럴 스트립라인은 수직한 접지면에 단락 핀을 통해 연결되어 있고 지름은  $\phi_1$  을 가진다. 하부 사각 스파이럴 스트립라인은 지름이  $\phi_2$  인 프로브 핀을 통하여 마이크로스트립 선로와 연결되어 있고 높이  $h_f$  에 배치하였다. 하부 사각 스파이럴에서 길이 그리고 폭은 각각  $l_f$  와  $w_f$  이다. 상부 스파이럴의 내·외부 사각 스파이럴 스트립라인의 너비는 각각  $w_1$  과  $w_2$  이고 사이 간격은  $g$  이다. 단락 핀과 그리고 프로브 핀은  $d$  만큼 떨어져 있다. 접지면에 사용 된 기판은  $40 \times 55 \text{ mm}^2$  크기의 직사각형 형태로 되어있으며, 비유전율( $\epsilon_{r2}$ )은 3.38 이며 두께는 0.508mm 인 RO 4003 이다.



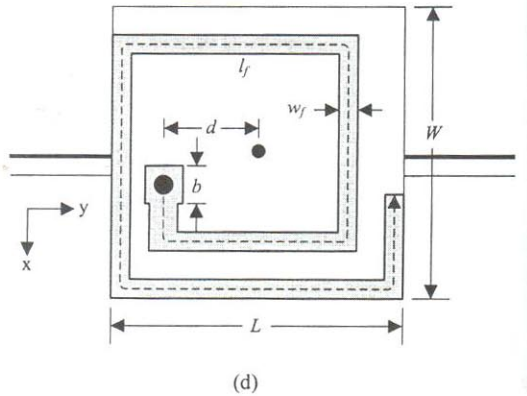
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 1. 제안한 안테나 구조 : (a) 입체도, (b) 측면도, (c) 상부 사각 스파이럴 정면도, (d) 하부 사각 스파이럴 정면도

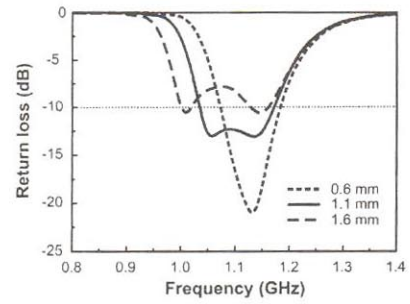
## III. 안테나 특성

안테나 크기를 줄이는 가장 좋은 방법은 도체의 전류 경로를 최대화하는 것이다 [4]. 그러므로, 사각 스파이럴은 이러한 특성을 구현 할 수 있는 가장 좋은 방법 중의 하나이다. 제안한 안테나는 CST 사의 전자기파 시뮬레이션 소프트웨어인 MWS(Microwave Studio)를 사용하여 설계하였다. 제안한 안테나는 두개의 모노폴로 고려 할 수 있다. 상부 사각 스파이럴 스트립라인 모노폴은 단락 핀으로 연결되어 있고 하부 사각 스파이럴 스트립라인 모노폴은 프로브 피드로 연결되어 있다. 제안한 안테나는 두 개의 모노폴로 구성되어 있으므로 이중 공진 모드를 가질 수 있음을 예상 할 수 있다.

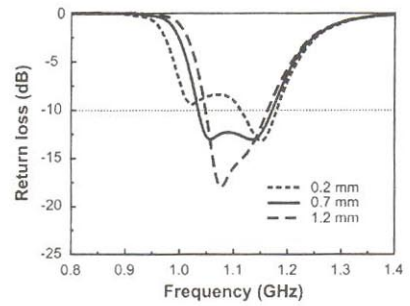
그림 2(a)는 상부 사각 스파이럴 스트립 라인 사이의 간격 변화에 따른 반사손실의 특징을 보여준다. 간격이 0.6, 1.1, 1.6 mm로 증가함에 따라 낮은 쪽의 공진 주파수가 1.07, 1.04, 1.0 GHz로 줄어들었다. 그러나 높은 쪽의 공진 주파수는 거의 변화가 없었다. 그림 2(b)는 단락 핀의 지름의 변화에 따른 반사손실의 특징을 보여준다. 단락 핀 지름이 0.2, 0.7, 1.2 mm로 늘어남에 따라, 낮은 쪽의 공진 주파수는 각각 1.02, 1.04, 1.05 GHz로 늘어났다. 그러나 높은 쪽의 공진 주파수는 1.17 GHz 주위에서 거의 변화가 없었다. 단락 핀의 지름이 늘어남에 따라 단락 핀의 인덕턴스가 줄어들므로, 공진 주파수는 높은 주파수 쪽으로 이동되었다. 위 결과로부터, 상부의 사각 스파이럴 스트립라인 로드드 모노폴은 낮은 공진 주파수를 결정함을 알 수 있다. 그림 2(c)는 하부 사각 스파이럴의 길이 변화에 따른 안테나의 반사손실의 특징을 보여준다. 하부 스파이럴 길이가 59.3, 61.3, 63.3 mm로 늘어남에 따라, 높은 쪽의 공진 주파수는 각각 1.20, 1.17, 1.14 GHz로 감소하였다. 낮은 쪽의 공진 주파수는 1.04 GHz 주위에 머물렀다. 위 결과로부터, 하부 사각 스파이럴 스트립라인 로드드 모노폴은 높은 공진 주파수를 결정하는 것을 알 수 있다. 그림 2(d)는 프로브 핀과 단락 핀 사이에 거리 변화에 따른 반사손실의 특징을 보여준다. 각각의 모노폴 전체 길이는 두 개의 핀 사이 거리의 변화에 상관 없으므로 낮은 쪽과 높은 쪽의 공진 주파수에는 거의 변화가 없었다. 이상과 같은 설계변수 조사를 바탕으로 안테나의 임피던스 변화가 작게 설계 변수를 잘 조절하면 넓은 대역폭을 가진 안테나를 설계 할 수 있다.

CST사의 Microwave Studio EM 시뮬레이터로 최적화된 안테나의 설계 변수들은  $\phi_1=0.7$  mm,  $\phi_2=1.0$  mm,  $h=12$  mm,  $h_1=9.1$  mm,  $l_f=61.3$  mm,  $w_f=0.8$  mm,  $l_s=73.9$  mm,  $w_1=1.2$  mm,  $w_2=0.9$  mm,  $g=1.1$  mm,  $d=4.1$  mm,  $a=3.4$  mm,  $b=1.4$  mm 이다. 최적화된 안테나의 중심 주파수는 1.10 GHz에서 VSWR < 2를 기준으로 126 MHz의 넓은 임피던스 대역폭을 가진다.

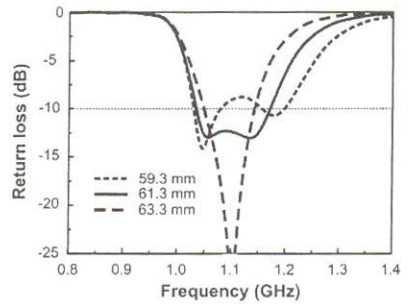
그림 3에 1.10 GHz에서 계산한 안테나의 복사패턴을 나타내었다. 안테나는  $\theta=0^\circ$  방향으로 최대 복사가 이루어지지 않고 특정한  $\theta$  방향으로 최대 복사가 이루어지는 모노폴 형태의 복사패턴을 가진다.



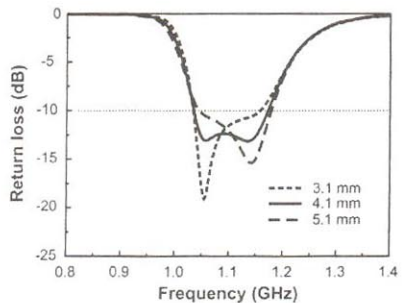
(a)



(b)



(c)



(d)

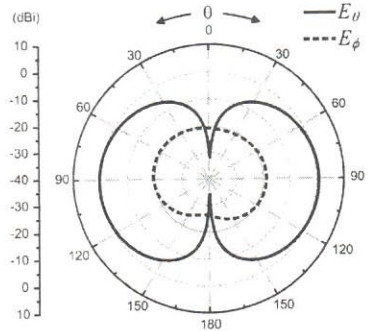
그림 2. 설계변수에 따른 반사손실의 변화 (a) 상부 스파이럴의 간격, (b) 단락 핀의 지름, (c) 하부 스파이럴의 길이, (d) 단락 핀과 프로브 핀 사이의 거리.

#### IV. 결론

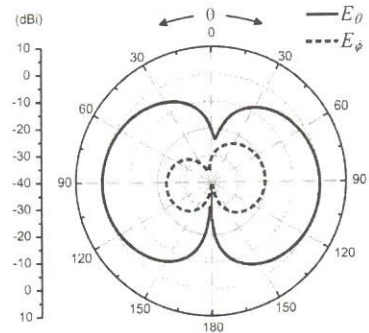
본 논문에서는 수직한 접지면에 이중 사각 스파이럴 스트립라인 로디드 모노폴을 전자기적으로 결합하여 소형이며 광대역 특성을 가진 안테나를 설계하였다. 안테나는 단락 된 사각 스파이럴 스트립라인과 사각 스파이럴 스트립선로가 로디드된 프로브 급전의 설계변수를 변화시켜 각각의 공진 주파수에서 발생하는 두 구조의 공진을 결합시킴으로써 넓은 대역폭을 이룰 수 있었다. 안테나의 중심 주파수는 1.10 GHz 이며  $VSWR < 2$  를 기준으로 126 MHz 의 넓은 임피던스 대역폭을 가지며, 전체 크기는 12 mm x 12 mm x 12mm 이다. 사각 스파이럴 스트립라인을 모노폴에 로디드된 소자로 사용 함으로서 안테나 크기를 현저히 줄일 수 있었다. 따라서 본 논문에서 설계한 이중 사각 스파이럴 로디드 소형 모노폴 안테나는 작은 크기와 광대역 특성, 그리고 좋은 전방향성의 복사패턴을 보임으로써 여러 통신기기에 사용할 수 있을 것으로 본다.

#### 참고문헌

- [1] Y. B. Kwon, J. I. Moon, and S. O. Park, "An internal triple-band planar inverted-F antenna," *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, vol. 2, pp. 341-344, 2003.
- [2] M. F. Abedin and M. Ali, "Modifying the ground plane and its effect on planar inverted-F antenna(PIFAs) for mobile phone handsets," *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, vol. 2, pp. 226-229, 2003.
- [3] K. Nogucho, S. Betsudan, T. Katagi, and M. Mizusawa, "A compact broad-band helical antenna with two-wire helix," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 51, no. 9, pp. 2176-2181, Sept. 2003.
- [4] H. D. Foltz, J. S. McLean, and G. Crook, "Disk-loaded monopoles with parallel strip elements," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 46, no.2 12, pp. 1894-1896, Dec. 1998.
- [5] J. H. Jung and I. Park, "Electromagnetically coupled small broadband rectangular disk-loaded monopole Antenna," *IEEE Wireless Propagat. Lett.*, vol. 2, pp. 349-351, 2003.
- [6] H. K. Ka and R. B. Waterhouse, "Small square dual spiral printed antenna," *Electron. Lett.*, vol. 37, No. 8, pp. 478-479, Apr. 2001.



(a)



(b)

그림 3. 1.10 GHz 에서의 방사패턴 : (a) x-z 평면, (b) y-z 평면