

Cellular와 RFID 밴드용 이중 사각 스파이럴 소형 모노폴 안테나 설계

Truong Khang Nguyen*, 김병철*, 추호성**, 박익모*

*아주대학교 전자공학부

**홍익대학교 전자전기공학부

ipark@ajou.ac.kr

Design of a Dual Spiral Line Loaded Monopole Antenna for Cellular and RFID Bands

Truong Khang Nguyen* Byoungchul Kim*, Hosung Choo**, Ikmo Park*

*School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

**School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University

Abstract

본 논문에서는 수직 접지면에 스파이럴 형태의 이중 사각 스트립 라인을 전자기적으로 결합하여 확장된 대역폭을 가지는 모노폴 안테나를 제안하였다. 상부 스파이럴과 하부 스파이럴의 공진주파수를 독립적으로 조절이 가능하므로 각각의 공진을 인접한 주파수에서 발생하도록 하면 넓은 대역폭을 얻을 수 있다. 휴대폰에 장착을 고려하여 안테나 크기를 $8 \times 36 \times 12 \text{ mm}^3$ 으로 설계하였으며, 시뮬레이션 결과 VSWR < 2를 기준으로 822 MHz 에서 969 MHz 까지 중심주파수 895.5 MHz 에서 16.4%의 넓은 대역폭을 얻을 수 있었다. 따라서 제안한 안테나는 셀룰러 폰과 RFID 응용 분야에 적합할 것으로 보인다.

I. 서론

현재의 무선 통신 시스템은 전자 핵심 산업의 하나로 급격히 발전하고 있으며, 시장 규모 또한 급속도로 성장하고 있다. 최근 활발히 연구되고 있는 이동통신용 단말기는 음성통신의 도구뿐만 아니라 WIBRO, DMB, RFID, W-LAN 등 다양한 기술들을 탑재하는 추세이다 [1]. 그 중에서도 최근 많은 관심을 받고 있는 RFID 기술은 사람, 차량, 상품, 교통 카드 등을 비접촉으로 인식하는 기술로서, 특히 UHF 대역은 저가생산이 가능하며 태그인식 거리와 성능이 뛰어난 것으로 알려져 있다 [2]. 이러한 기술의 발전에 따라 이동단말기에 RFID를 지원할 수 있는 안테나의 필요성이 대두되었다. Cellular의 경우 900 MHz 미만이라는 주파수의 특성상 안테나의 길이가 길어질 수밖에 없으며, 길이의 소형화는 대역폭의 감소를 유발하고 다른 기능을 수용하기에

어려움이 발생한다. 따라서 많은 안테나 구조들이 이러한 조건을 충족할 수 있도록 개발되어 왔고, 최근에는 두 복사체를 전자기적으로 결합하여 대역폭 성능 개선이 가능함을 확인한 바 있다 [3-7].

본 논문에서는 셀룰러 폰과 RFID 대역을 수용할 수 있는 소형 이중 사각 스파이럴 모노폴 안테나를 제안하였다. 수직인 접지면에 두개의 사각 스파이럴 스트립라인 로디드 모노폴을 전자기적으로 결합하여 최소의 면적에서 공진 길이를 갖도록 하였고, 낮은 공진주파수와 높은 공진주파수를 독립적으로 조절할 수 있게 설계되었다. 따라서 별도의 정합회로 없이도 임피던스 정합을 쉽게 얻을 수 있다. 중심주파수가 895.5 MHz에서 VSWR < 2를 기준으로 약 16.4%의 임피던스 대역폭을 가지며 $8 \text{ mm} \times 36 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ 의 크기를 가진 작은 구조의 안테나를 설계하였다.

II. 안테나 구조

그림 1에 제안한 안테나 구조를 나타내었다. 안테나는 두 개의 사각 스파이럴 모노폴로 구성되어 있다. 각각의 사각 스파이럴은 $8\text{ mm} \times 36\text{ mm}$ 의 크기를 가지며 비유전율(ϵ_{r1})이 3.38 이고 두께 $t_1=0.203\text{ mm}$ 인 RO4003 기판위에 설계하였다. 상부 사각 스파이럴은 높이 h 인 곳에 배치하였다. 상부 사각 스파이럴 스트립라인은 수직인 접지면에 단락핀을 통해 연결되어 있고, 지름은 ϕ_1 을 가진다. 상부 스파이럴의 스트립라인의 너비는 w_s 이고 간격은 g_s 이다. 하부 사각 스파이럴은 프로브핀을 통하여 마이크로스트립 선로와 연결되어 있고 지름은 ϕ_2 이며 높이 h_f 에 배치하였다. 하부 사각 스파이럴 스트립라인의 너비는 w_f 이며 간격은 g_f 이다. 단락핀과 프로브핀은 d 만큼 떨어져 있다. 접지면에 사용된 기판은 비유전율(ϵ_{r2})이 3.38 이며 두께는 $t_2=0.508\text{ mm}$ 인 RO 4003 으로, 휴대 이동 통신 단말기의 일반적인 크기를 고려하여 $40\text{ mm} \times 70\text{ mm}$ 크기의 직사각형 형태로 설정하였다.

III. 안테나 특성

안테나 설계를 위한 시뮬레이션은 CST사의 전자기파 시뮬레이션 소프트웨어인 MWS(Microwave Studio)를 사용하였다. 제안한 안테나는 두개의 모노폴로 고려할 수 있으며, 상부 사각 스파이럴 스트립라인 모노폴은 단락핀으로 연결되어 있고, 하부 사각 스파이럴 스트립라인 모노폴은 프로브핀으로 연결되어 있다.

그림 2는 상부 사각 스파이럴 스트립 라인 길이에 변화에 따른 반사손실의 특성을 보여준다. 길이가 99 mm , 100.5 mm , 102 mm , 103.5 mm 로 증가함에 따라 낮은 쪽의 공진 주파수가 883 MHz , 860 MHz , 839 MHz , 791 MHz 로 줄어들었으나 높은 쪽의 공진 주파수는 변화가 없었다. 스파이럴의 길이를 증가시키므로써 스파이럴 스트립 선로의 낮은 쪽의 공진주파수가 낮아지는 것을 알 수 있다. 그림 2는 하부 사각 스파이럴 스트립 라인 로드드 모노폴의 길이 변화에 따른 반사 손실의 특성을 보여준다. 길이가 82.5 mm , 84.5 mm , 86.5 mm , 88.5 mm 로 증가함에 따라 높은 쪽 공진 주파수가 988 MHz , 959 MHz , 934 MHz , 910 MHz 로 대략 25 MHz 정도씩 감소하는 것을 볼 수 있다. 위의 결과들로부터 상부 사각 스파이럴 라인의 길이는 낮은

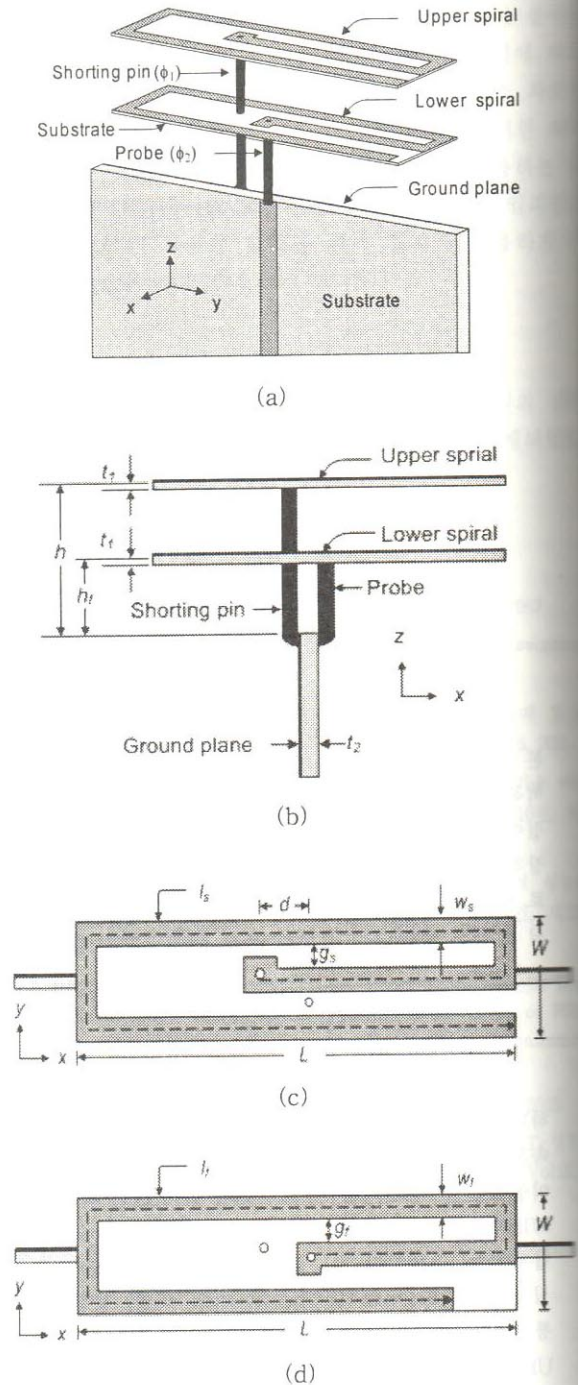


그림 1. 제안한 안테나 구조: (a) 입체도, (b) 측면도, (c) 상부 사각 스파이럴 평면도, (d) 하부 사각 스파이럴 평면도

공진 주파수를 결정하고, 하부 사각 스파이럴 라인과 같은 높은 쪽 공진 주파수를 결정하는 것을 알 수 있다. 그림 3 은 단락 핀과 프로브 핀 사이의 거리 변화에 따른 특성을 보여준다. 핀 사이의 거리를 3.5 mm, 5.5 mm, 7.5 mm, 9.5 mm로 변화시킬 경우에는 공진주파수의 변화는 거의 없었으며, 커플링만 증가하였다. 그림 5 는 하부 사각 스파이럴 스트립 라인 로디드 모노폴의 높이에 따른 반사 손실 특성을 보여준다. 높이를 6 mm에서 4 mm로 낮추었을 때 높은 쪽 주파수가 934 MHz에서 949 MHz로 높아졌다. 또한 높이를 8 mm와 10 mm로 높였을 경우 공진주파수가 각각 923 MHz와 905 MHz로 -17 MHz 변화한다는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 하부 사각 스파이럴의 높이는 하부 스파이럴의 길이와 같이 낮은 쪽 공진 주파수를 결정함을 알 수 있다. 이상과 같은 설계 변수 조사를 바탕으로 안테나의 임피던스 변화가 작게 설계 변수를 잘 조절하면 넓은 대역폭을 가진 안테나를 설계 할 수 있다.

CST 사의 MWS EM 시뮬레이터로 최적화된 안테나의 설계 변수는 $\phi_1=0.55$ mm, $\phi_2=0.55$ mm, $h=12$ mm, $h_1=6$ mm, $l_1=86.5$ mm, $w_1=1.5$ mm, $l_2=102$ mm, $w_2=1.5$ mm, $g=1.75$ mm, $d=5.5$ mm이다.

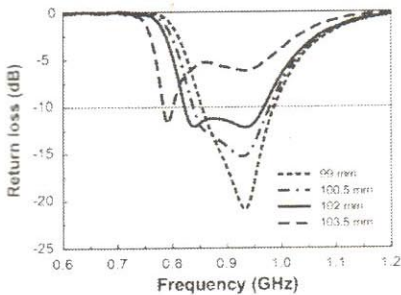


그림 2. 상부 스파이럴 길이에 따른 반사손실 변화.

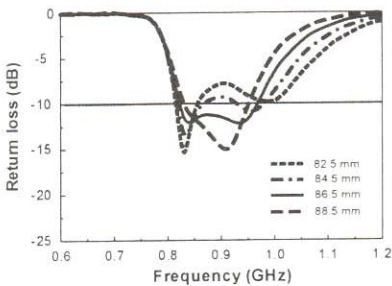


그림 3. 하부 스파이럴 길이에 따른 반사손실 변화.

최적화된 안테나의 중심 주파수는 895.5 MHz로 $VSWR < 2$ 를 기준으로 147 MHz 의 임피던스 대역폭을 가진다.

그림 8, 9는 중심 주파수인 896.5 MHz에서 x-z 평면과 y-z 평면의 복사패턴을 나타내었다. 안테나는 $\theta=0^\circ$ 방향으로서는 복사가 거의 이루어지지 않고 특정한 θ 방향으로 최대 복사가 이루어지는 모노폴 형태의 복사패턴을 갖는다.

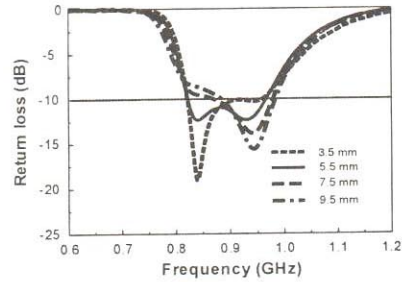


그림 4. 핀과 프로브 사이의 거리에 따른 반사손실 변화.

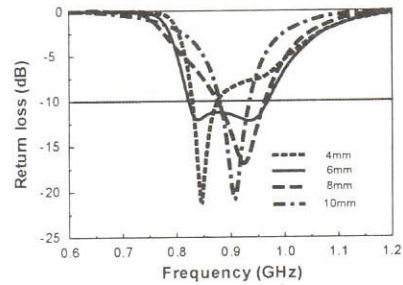


그림 5. 하부 스파이럴 높이에 따른 반사손실 변화.

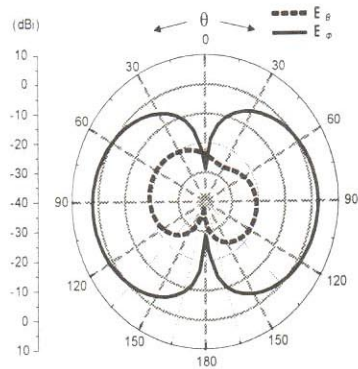


그림 6. 895 MHz 에서의 복사패턴; x-z 평면.

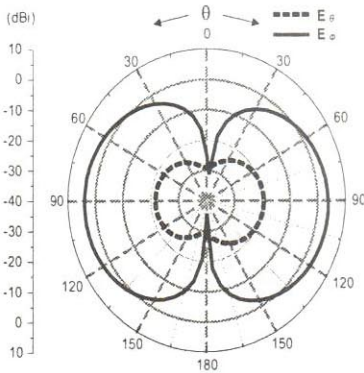


그림 7. 895 MHz 에서의 복사패턴; y-z 평면.

IV. 결론

본 논문에서는 수직 접지면에 스파이럴 형태의 이중 사각 스트립 라인을 전자기적으로 결합한 형태의 소형 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안한 구조는 스트립 선로를 스파이럴 형태로 변형시켜 최소의 부피에서 최대의 전기적 공진 길이를 가질 수 있도록 구조의 크기를 감소시켰으며, 프로브와 스트립 선로에 의한 공진과 단락된 스파이럴 스트립 선로에 의한 공진을 결합하여 넓은 대역폭을 얻을 수 있었다. 안테나의 대역폭은 VSWR < 2를 기준으로 822 MHz에서 969 MHz로 약 147 MHz 이며, 대역폭 내에서 전방향성 모노폴의 복사패턴을 나타낸다. 제안한 안테나는 Cellular 폰과 RFID 대역을 동시에 만족하는 내장형 안테나로 적합할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 장인석, 손태호, 최찬규, 이민수, 이재호, "5밴드 휴대폰용 플리드 모노폴 안테나 제작", 한국 전자과학기술 논문지, vol. 29, pp 117-120, 2006

[2] 이근호, 김길영, "RFID 기술 동향", 한국전자과학기술 전자과학기술, vol. 12, no. 4, pp. 43-49, 2001년 10월

[3] J. H. Jung and I. Park, "Electromagnetically coupled small broadband rectangular disk-loaded monopole antenna," *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.* vol. 2, pp. 349-351, 2003.

[4] M. Kim, T. K. Nguyen, I. Woo, H. Choo, and I. Park, "Small broadband disk-loaded monopole antenna with a vertical ground

plane", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 49, no. 6, pp. June 2007.

[5] T. Nguyen, I. Woo, H. Choo, and I. Park, "Compact dual spiral line loaded monopole antenna", in *IEEE APS Int. Symp. Digest*, pp. 3561-3563, June 2007.

[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.

[7] H. D Foltz, J. S. McLean, and G. Crook, "Disk-loaded monopoles with parallel strip elements," *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol. 46, no. 12, pp. 1894-1896, Dec. 1998.