광대역화를 위한 원통형 모노폴 안테나의 이중공진 구조 설계

전중창*

Implementation of Double Resonance in the Cylindrical Monopole

Joong-Chang Chun*

요 약

PCS를 비롯하여 WLAN, DMB, UWB 등의 무선통신 서비스가 증가함에 따라, 다중 밴드 동작이가능한 광대역 안테나의 필요성이 더욱 요구되고 있다. 선형 모노폴 안테나는 구조가 간단하고 전방향 성을 갖는 복사특성으로 인하여 무선통신에서 가장 널리 사용되는 안테나 중의 하나이지만, 공진 대역 폭이 좁은 단점이 있다. 본 논문에서는 원통형 모노폴 안테나의 기저부 커플링 구조에 이중공진 구조 를 도입함으로써 모노폴 안테나를 광대역화 하는 기법과 공진 주파수를 결정하는 공식을 제시한다. 본 연구에서 제작된 이중공진 안테나의 측정결과를 와이어 및 원통형 모노폴과 비교분석하였다.

ABSTRACT

A new structure of double-resonant cylindrical monopole is proposed for multiple band applications. Multiple band property for the proposed antenna is achieved by adjusting the coupling structure of the antenna base for a double resonance. Measured results of the proposed antenna are compared with those of wire and thick cylinder monopoles.

키워드 원통형 모노폴 안테나, 이중공진, 광대역, UWB, PCS 안테나

Ⅰ. 서 론

현대의 정보통신 사회에서 무선통신 서비스의 종류와 응용분야는 나날이 새롭게 개발되고 있다. PCS, IMT-2000, 무선 LAN 등과 같은 기존의 무선 이동통신 서비스 외에도 근래에는 DMB 및 UWB 통신이 새롭게 부각되어 방송, 데이터 통신 및 레이더 응용에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 따라서 여러 대역에서 동시에 사용될 수 있는 광대역 안테나는 제품의 생산원가를 줄이며, 사용자에게 편의성을 제공하므로 안테나의 광대 역화 기술 또한 많은 연구자들의 관심을 끌고 있다. 1/4 파장 선형 모노폴 안테나는 구조가 간단 하고 전방향성을 갖는 복사특성으로 인하여 가장 널리 사용되는 안테나 중의 하나이다.[1] 일반적으로 원통의 직경이 증가할수록 모노폴 안테나의 대역폭이 증가한다는 것은 잘 알려져 있지만, 기존의 방식으로는 대역폭이 협소하여, 최근에 각광을 받고

* 교신저자 : 경남과학기술대학교 전자공학과 교수
접수일자 : 2013년 10 월 15 일, 수정일자 : 2013년 11 월 15 일, 심사완료일자 : 2013년 11 월 30 일

있는 UWB 대역까지 처리할 수는 없다.

지금까지 모노폴 안테나의 광대역화를 위해서 평면형 모노폴 구조에 관한 연구가 많이 이루어져 왔다. 평면형 모노폴은 디스크 형태와 사각형 형태에서 출발하여, 정사각형 평면을 사선으로 잘라 내거나, 노치를 가하여 광대역화를 이룩하는 연구결과가 발표 되었다.[2]-[5]

본 논문에서는 원통형 모노폴 안테나의 기저 부 커플링에 이중공진 구조를 도입함으로써 모노 폴 안테나를 광대역화 하는 기법과 공진 주파수를 결정하는 공식을 소개한다. 그리고 본 연구에 서 제작된 이중공진 안테나의 측정결과를 와이어 및 원통형 모노폴과 비교분석하였다.

II. 원통형 모노폴의 이중공진 설계

그림 1은 1/4파장 도선형 모노폴을 나타낸 것으로, 도선 반경이 도선 길이에 비하여 무시할 수 있을 정도로 짧을 경우, 기본공진 주파수 f_0 는 아래 식 1과 같이 계산된다. 본 논문에서 길이단위는 cm로 통일한다.

$$f_0 = \frac{7.5}{L} \ (\mathrm{GHz}) \qquad (1)$$

도선형 모노폴의 제2공진과 제3공진 주파수는 각각 $2f_0$ 와 $3f_0$가 된다. 그러나 제2공진 주파수에서는 입력 전류가 매우 적게 흐르므로 입력 저항이 굉장히 커져 안테나로서 사용할 수 없다. 제3공진 주파수 근처에서는 50 Ω 정합이 가능한 대역이 형성되지만 그 대역폭은 제1공진 주파수에서 보다 좁아진다.

모노폴 안테나에서 대역폭을 증가시키기 위한 방법의 하나는 원통의 직경을 증가시키는 것이다.[1] 즉, 그림 2에 보인 원통형 모노폴은 그림 1의 도선형 모노폴에 비하여 대역폭이 약 3배 증가한다. 원통형 1/4파장 모노폴 안테나의 공진주파수는 아래 공식으로써 예측할 수 있다.[6]

$$f_{0L} = \frac{7.2}{L + p + R - r_f} \ (\mathrm{GHz}) \qquad (2)$$

본 연구에서 분석된 이중공진 원통 모노폴의 구조를 그림 3에 도시하였다. 두 대역 중 하위대 역의 공진 주파수는 식 2로써 계산할 수 있으며, 하위 대역 공진 주파수는 식 3으로써 계산할 수 있다.

$$f_{0H} = \frac{7.2}{L_m + p + R - r_f} \ (\mathrm{GHz}) \qquad (3)$$

본 논문에서는 최저 공진주파수를 PCS 대역에 맞추기 위해서 L=3.0 cm, R=0.48 cm, p=0.2cm, r_f =0.06 cm, t=0.17 cm로 설정하였다. 이 경 우 식 2에 의한 공진 주파수는 f_{0L}=1.99 GHz 로 계산된다. 원통 기저부의 길이 Lm과 반경 Rm, 접지 돌출부 GL 칫수를 조정하여 광대역 정합이 이루어지도록 최적화 하였다. Rm=0.15 cm, GL= 0.635 cm일 때, Lm 칫수에 따른 입력 반사계수의 변화를 그림 4에 보였다. 그림 5는 Lm=0.3 cm, GL=0.635 cm일 때, Rm 칫수에 따른 입력 반사계수의 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. Lm=0.3 cm, Rm=0.15 cm일 때 GL 칫수에 따른 입력 반사계수

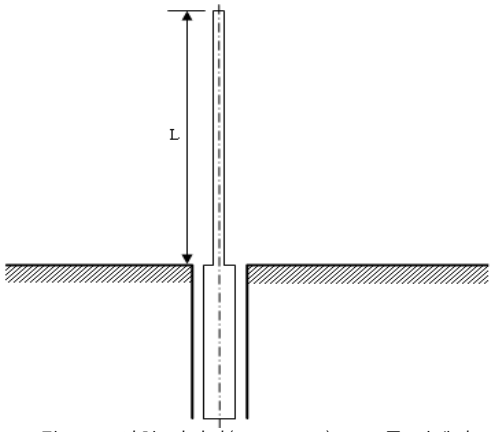

그림 1. 도선형 와이어(thin wire) 모노폴 안테나

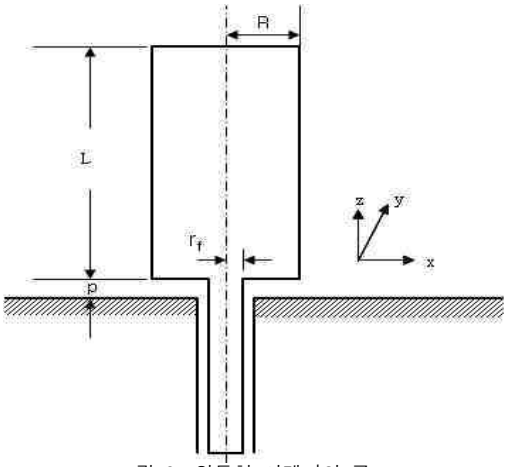

그림 2. 원통형 안테나의 구조

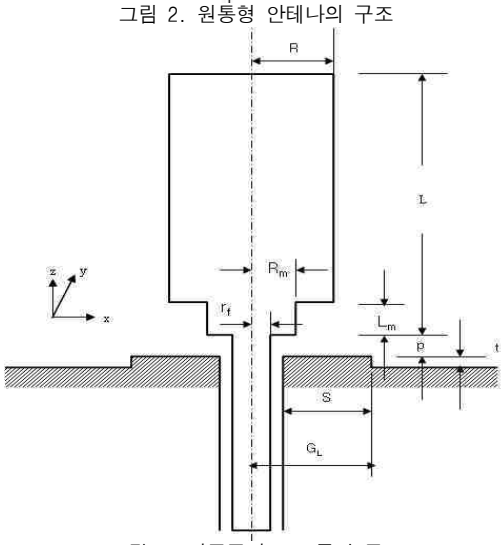

그림 3. 이중공진 모노폴의 구조

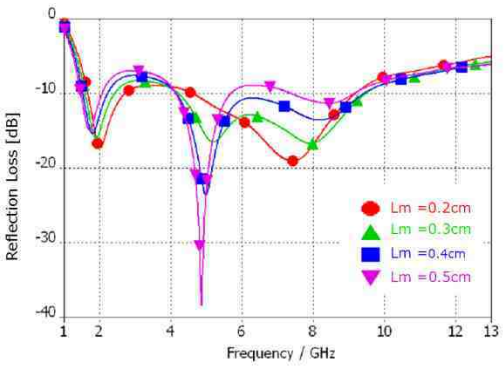

그림 4. Lm 치수에 따른 입력 반사계수의 변화

(Rm=0.15 cm, GL=0.635 cm)

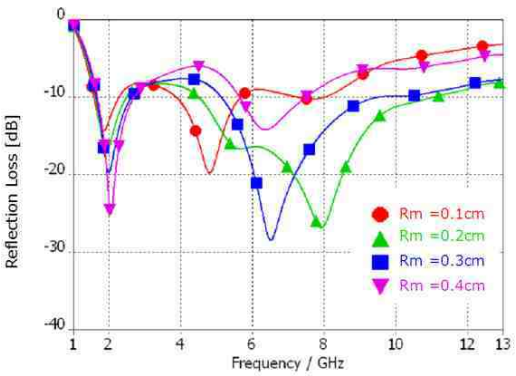

그림 5. Rm 치수에 따른 입력 반사계수의 변화 (Lm=0.3 cm, GL=0.635 cm)

의 변화를 그림 6에 나타내었다. 이 결과에서 Lm, Rm, GL의 치수들은 상위 공진대역의 결정에 직접적인 영향을 미침을 알 수 있다. 최종적으로 최적화된 값은 Lm=0.3 cm, Rm=0.15 cm, GL=0.635 cm 이다. 이 치수에 의한 상위 대역 공진주파수는 식 3에 의하여 f_{0H}=7.83 GHz로 계산되며, 반사계수 시뮬레이션 결과는 그림 7과 같다.

III 제작 및 측정결과 분석

제II장의 설계 과정을 거쳐 제작된 안테나의 반사손실 측정결과를 그림 8에 보였다. -10 dB 임피던스 대역폭은 1.74-3.05 GHz와 5.6-10.6 GHz로서 그림 7의 시뮬레이션 결과와 비교적 잘 일치하고

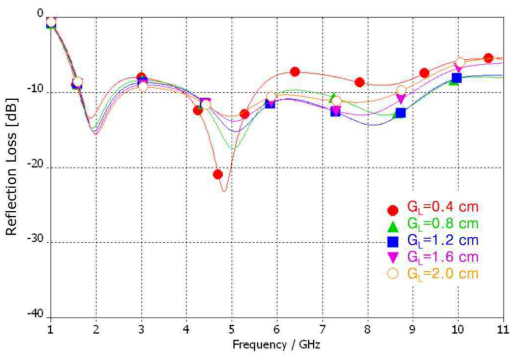

그림 6. GL 치수에 따른 입력 반사계수의 변화 (Lm=0.3 cm, Rm=0.15 cm)

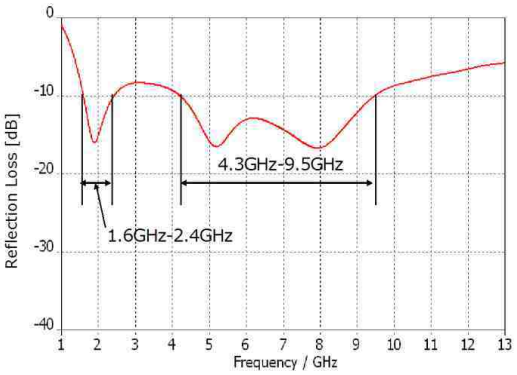

그림 7. 최적 치수에 의한 입력 반사계수 시뮬레이션 결과 (Lm=0.3 cm, Rm=0.15 cm, GL=0.635 cm)

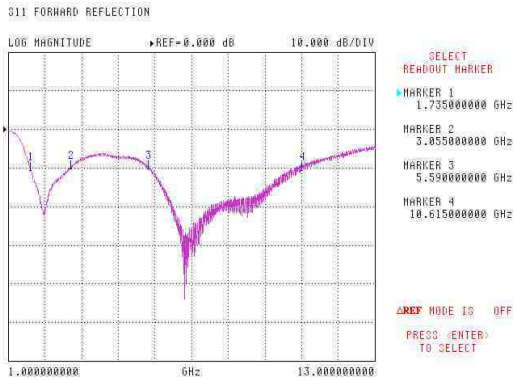

그림 8. 이중공진 안테나의 반사특성 측정결과 (L=3 cm, R=0.48 cm, Lm=0.3 cm, Rm=0.15 cm, p=2 mm, 겊갹 =0.6 mm)

있다. 이중 공진구조에 의하여 이루어진 광대역 특성을 비교하기 위해서 와이어 안테나와 원통형 안테나의 측정결과를 그림 9와 10에 각각 제시하고, 각각의 임피던스 대역폭 측정결과를 표 1에 정리하였다. 원통형 모노폴의 경우 와이어 안테나보다 % 대역폭이 약3.2배 증가하였지만 제3 공진 주파수에서는 임피던스 대역이 형성되지 않아 다중밴드용으로 사용될 수 없다. 이에 반하여 이중공진 구조의 안테나는 첫 번째 공진 대역폭은 3.4배, 두 번째 공진대역폭은 7.1배 증가되었다. 그림 11은 제작된 안테나의 이득 측정결과를 나타내며, 하위 대역에서는 약 2.0 dBi, 상위대역에 서는 약 5.0 dBi를 보인다.

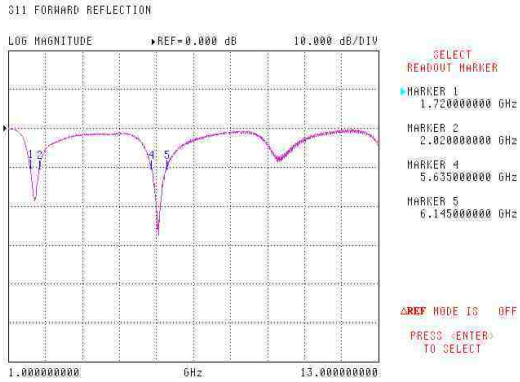

그림 9. 와이어 모노폴 안테나의 반사특성 측정결과 (L=3.5 cm, R=0.05 cm)

그림 10. 원통 모노폴의 반사특성 측정결과 (L=3 cm, R=0.48 cm, p=2 mm, 겊갹 =0.6 mm)

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 원통 모노폴의 기저부를 이중 공진 구조로 변화시킴으로써 광대역을 구현하는 안테나를 제안하였다. 본 논문에서 제작된 안테나 의 대

표 1. 안테나 종류별 임피던스 대역폭 (주파수 단위: GHz)

종 류		와이어	원통형	이중공진
제1공진	대역	1.72-2.02	1.72-2.90	1.74-3.06
	중심주파수	1.87	2.31	2.40
	%BW	16.0%	51.1%	55.0%
제3공진	대역	5.64-6.15	-	5.59-10.62
	중심주파수	5.89	-	8.1
	%BW	8.7%	-	62.1%

역폭은 1.74-3.05 GHz(54.7%), 5.6-10.6 GHz(61.7%)로서 PCS, IMT-2000, WiBro, WLAN, DMB, High-band UWB 등의 서비스에 사용할 수 있다.

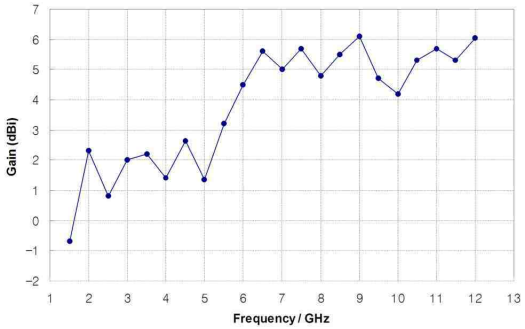

그림 11. 원통 모노폴의 이득 측정결과

참고문헌

[1] C. Balanis, Antenna Theory, Wiley, 1997. [2] N. Agrawall, G. Kumar, K. Ray, "Wide-Band Planar Monopole Antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., pp. 294-295, Feb. 1998.

[3] M. J. Ammann, "Impedance Bandwidth of the Square Planar Monopole," Microwave Opt. Technol. Letters, pp. 185-187, Feb. 2000.

[4] M. J. Ammann, "Control of the Impedance Bandwidth of Wideband Planar Monopole Antennas Using a Beveling Technique," Microwave Opt. Technol. Letters, pp. 229-232, Feb. 2001.

[5] S. Su, K. Wong, C. Tang, "Ultra-Wideband Square Planar Monopole Antenna for IEEE 802.16a Operation in the 2-11 GHz Band," Microwave Opt. Technol. Letters, Vol. 42, No. 6, pp. 463-466, Sept. 2004.

[6] Joong C. Chun, J.R. Shim, T.S. Kim, "Wide band cylindrical monopole antenna for multiband wireless applications," IEEE AP-S, pp. 4749-4752, 2007.

저자약력

전 중 창(Joong-Chang Jun) **정회원**

1984년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1991년 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
1995년 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학박사)
1995년-1997년 한국통신 연구개발본부 선임연구원
1997년-2003년 위덕대학교 정보통신공학과 조교수
2003년-현재 경남과학기술대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 안테나, 마이크로회로 및 해석