

PCS 및 IMT-2000 대역용 소형 로딩 슬리브 모노폴 설계

The Design of a Low-Profile Loading Sleeve Monopole for PCS and IMT-2000 Frequency Bands

최 광 제 · 이 은 학

Gwang-Je Choe · Eun-Hak Lee

요 약

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 로딩 슬리브 모노폴의 구조를 이용하여 PCS 및 IMT-2000 대역에서 사용 가능하고, 안테나 전장이 현재 상용화되어 PCS 휴대용 단말기에 사용되고 있는 헬리컬 및 휩 결합형 안테나 보다 짧은 로딩 슬리브 모노폴을 설계, 제작하였다. 설계, 제작한 로딩 슬리브 모노폴은 안테나 전장이 38 mm, 슬리브 부분의 직경은 8 mm이다. 제작한 안테나의 측정 결과는 PCS 및 IMT-2000 주파수 대역인 1750 MHz~2170 MHz에서 VSWR은 1.5이하이고, 이득은 3.5 dBi이다.

Abstract

In this paper, we designed a loading sleeve monopole operating at PCS and IMT-2000 frequency bands using the structure of the broadband loading sleeve monopole. The length of the designed antenna is lower than that of the helical antenna coupled with a whip used in commercial PCS handsets. The length and diameter of the designed antenna are 38 mm and 8 mm, respectively. The designed loading sleeve monopole is fabricated and investigated experimentally. The VSWR is less than 1.5 in the PCS and IMT-2000 frequency bands(1750 MHz~2170 MHz) and gain is 3.5 dBi.

Key words : Loading Sleeve Monopole, Helical Antenna Coupled with Whip, PCS and IMT-2000

I. 서 론

현재 상용화되어 사용되고 있는 PCS의 주파수 대역은 1750 MHz~1870 MHz이고, IMT-2000의 주파수 대역은 1920 MHz~2170 MHz이다. 이와 같은 통신대역을 하나의 안테나로 사용하려면 안테나의 대역폭은 기존 안테나의 대역폭보다 광대역이어야 한다. 안테나 설계조건에 의하면 PCS와 IMT-2000을 하나의 안테나로 사용할 경우 그 대역폭은 전압정제 파비가 2미만(VSWR<2)에서 22.7 % 정도인 안테나가 필요하며, 상용 안테나의 설계 사양인 VSWR

<1.5를 만족시키기 위해서는 VSWR<2인 대역폭은 40 % 이상이 되어야 한다^[1]. 안테나의 전장이 47 mm 이고 슬리브의 직경이 15 mm인 로딩 슬리브 모노폴 안테나로 PCS와 IMT-2000 주파수 대역에서 상용 안테나의 설계 조건(VSWR<2에서 대역폭 53.9 %)을 충족시킨 바 있다^[2].

본 논문에서는 PCS 및 IMT-2000 대역에서 상용 안테나의 설계 사양인 VSWR<1.5를 만족하고, 현재 상용화되어 사용되고 있는 PCS 단말기용 헬리컬 및 휩 결합형 안테나의 길이(80~85 mm 정도)보다 짧은 38 mm, 슬리브 부분의 직경은 8 mm로 헬리컬

한라대학교 전기·전자 공학부(School of Electrical and Electronic Eng., Halla University)

· 논문 번호 : 20021004-124

· 수정완료일자 : 2002년 11월 15일

및 휩 결합형 안테나의 직경과 유사한 크기를 갖는 로딩 슬리브 모노폴 안테나를 설계, 제작 및 실험하여 그 특성을 고찰하였다.

II. 소형 로딩 슬리브 모노폴의 설계

광대역 특성을 갖는 로딩 슬리브 모노폴의 구조는 그림 1과 같이 복사기(Radiator)라고 하는 수직도체 부분과 동축케이블과 같은 구조를 갖는 슬리브(Sleeve)부분 및 슬리브 내의 코일(Coil)로 구성된다.

로딩 슬리브 모노폴에서 광대역 특성을 얻기 위한 조건은 슬리브의 직경 D 및 복사기의 직경 d 의 비는 $D/d=3.0$ 이고, 복사기의 길이 L 와 슬리브의 길이 l 의 비는 $L/l=1.24$ 이며, 안테나의 길이는 공진 파장보다 약간 긴 $L+l \geq \lambda/4$ 이다^[3].

위와 같은 로딩 슬리브 모노폴의 광대역 조건 중에서 슬리브의 직경 D 및 복사기의 직경 d 의 비인 $D/d=3.0$ 을 변형하는 경우 PCS와 IMT-2000의 소역대역폭과 실용안테나의 설계 사양($VSWR < 1.5$)을 충족시키는 상용 PCS 중계기용 안테나보다 소형인 안테나를 설계하기 위한 파라미터를 상용 프로그램^[4]을 이용하여 구하였다.

소형화를 위한 비교 안테나로는 PCS에서 사용되고 있는 기지국, 중계기, 단말기용 안테나 중에서 가장 작은 단말기용 안테나로 선정하였다. 현재 PCS 단말기에 상용화되어 사용되고 있는 헬리컬 및 휩 결합형 안테나는 안테나의 사양은 전장이 80~85

mm이고, 헬리컬 부분의 최대 직경은 약 8 mm 정도인 헬리컬 및 휩 결합형 안테나이다.

일반적인 슬리브 모노폴에서 주파수와 입력 임피던스 등의 특성은 슬리브의 직경 D 및 복사기의 직경 d 의 비 D/d , 복사기의 길이 L 와 슬리브의 길이 l 의 비 L/l 및 슬리브 부분의 특성 임피던스와 관계됨^[5]과 설계하고자 하는 주파수 대역을 1750 MHz~2170 MHz(중심주파수 1900 MHz)로 선정하였기 때문에 설계 파라미터들 중에서 안테나의 전장은 38 mm(1900 MHz의 약 1/4 파장), 슬리브 부분의 직경은 8 mm(PCS 단말기 안테나에서 최대 직경 부분을 고려), 광대역 로딩 슬리브 모노폴의 길이 비($L/l=1.24$)를 고려하여 슬리브의 길이는 17 mm, 접지판은 원형으로 그 직경은 약 200 mm(중심주파수의 파장이 160 mm 정도임을 고려)로 고정 파라미터로 설정하고, 슬리브 내의 코일의 직경과 감이수, 유전체 및 복사기의 직경 d 를 미지의 파라미터로 하였다. 미지의 파라미터에 대한 변화는 상용화된 도체봉, 도선 등의 제품 규격을 고려하여 설정 또는 변화시켰다. 코일 도체의 직경은 1 mm, 1.2 mm, 1.5 mm의 도선에 대하여 감이수는 2~4회의 범위에서 0.5회 간격으로 변화, 코일의 내직경은 1 mm로 선정하여 코일 도체의 직경 변화에 의하여 코일의 외직경을 변화시켰고, 유전체는 폴리에틸렌, 폼(foam) 폴리에틸렌, 테프론을 적용하였으며, 복사기의 직경은 3 mm, 4 mm, 5 mm를 적용하여 시뮬레이션을 실시하였으며, 설계 목적에 부합되는 시뮬레이션 결과는 표 1과 같다.

시뮬레이션 과정에서 복사기의 직경을 변화시키고 기타의 조건은 표 1의 값으로 고정한 때 시뮬레이션에 의한 VSWR과 안테나 입력 임피던스는 그림 2와 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Parameters for simulation.

구 분	치 수
복사기의 직경	4 mm
코일 도선의 직경	1.5 mm
코일의 외직경	4 mm
코일의 감이수	2.5회
유 전 체	teflon

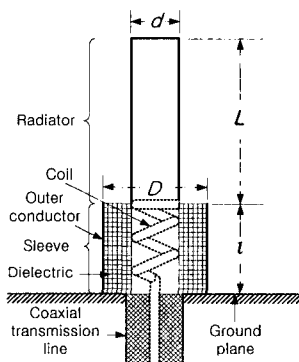


그림 1. 로딩 슬리브 모노폴의 구조
Fig. 1. Configuration of a loading sleeve monopole.

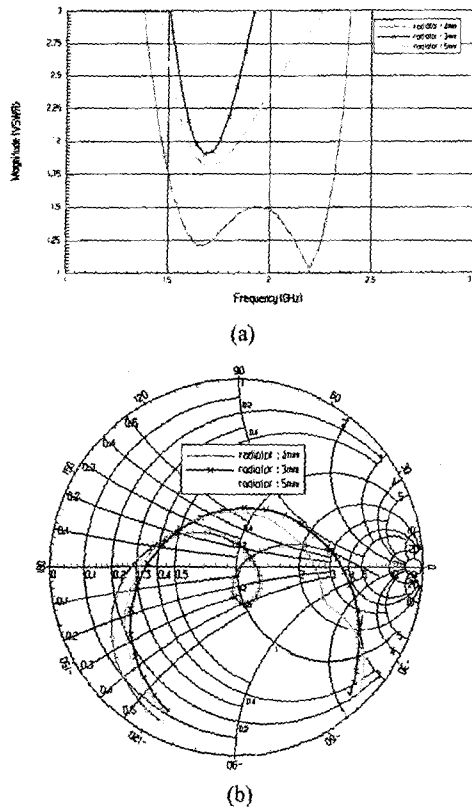


그림 2. 시뮬레이션 결과
 (a) VSWR, (b) 입력 임피던스
 Fig. 2. Results of simulation.
 (a) VSWR, (b) input impedance

그림 2의 결과에서 일반적인 슬리브 안테나에서 광대역 조건인 슬리브의 직경 D 와 복사기의 직경 d 의 비($D/d = 3.0$)와 관련된 조건은 특정한 조건을 설정한 경우의 로딩 슬리브 안테나에서는 적용되는 않을 수도 있음을 알 수 있다.

III. 제작 및 측정

3-1 제작

시뮬레이션을 위하여 설정한 고정 파라미터와 표 1의 시뮬레이션 결과를 설계 사양으로 하여 제작한 로딩 슬리브 모노폴 안테나는 그림 3의 (a)와 같으며, 그림 (b)의 안테나들은 PCS 단말기용으로 상용화되어 사용되고 있는 휩 결합형 헤리컬 안테나들이다.

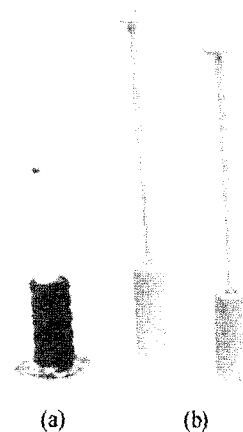


그림 3. 제작한 로딩 슬리브 모노폴과 상용 PCS 단말기용 안테나. (a) 제작한 로딩 슬리브 모노폴, (b) 상용 PCS 단말기용 안테나
 Fig. 3. Fabricated loading sleeve monopole and commercial PCS handset antennas.
 (a) loading sleeve monopole, (b) commercial PCS handset antennas

3-2 VSWR과 입력 임피던스

제작한 로딩 슬리브 모노폴 안테나에 대한 VSWR과 입력 임피던스의 측정결과는 그림 4와 같으며, 모든 측정에는 직경 200 mm인 원형 동판을 접지판으로 사용하였다.

그림 2의 시뮬레이션 결과와 그림 4의 제작한 안테나의 측정 결과에서 상용 안테나의 설계 사양인 $VSWR < 1.5$ 에서 PCS와 IMT-2000의 주파수대역을 만족하는 광대역성과 소모 주파수 대역에서 입력 임피던스 특성의 변화 성향은 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 어느 정도 부합되고 있다. 그러나 $VSWR < 1.5$ 의 주파수 대역에서 시뮬레이션 결과는 W자의 형상으로 중심주파수인 1900 MHz 부근에서 VSWR의 값이 악화되지만 측정 결과는 U자형 특성으로 개선된 특성을 나타내고 있다. 또한 $VSWR < 1.5$ 의 하한 주파수와 상한 주파수, 주파수 대역폭 및 임피던스 특성에서도 약간의 차이를 나타내고 있으나 두 결과는 상당히 일치하고 있음을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과와 제작한 안테나의 측정 결과에 대한 비교는 표 2와 같다.

표 2에서 보는 바와 같이 VSWR이 최소인 주파수는 시뮬레이션에서는 2200 MHz이고 제작한 안테

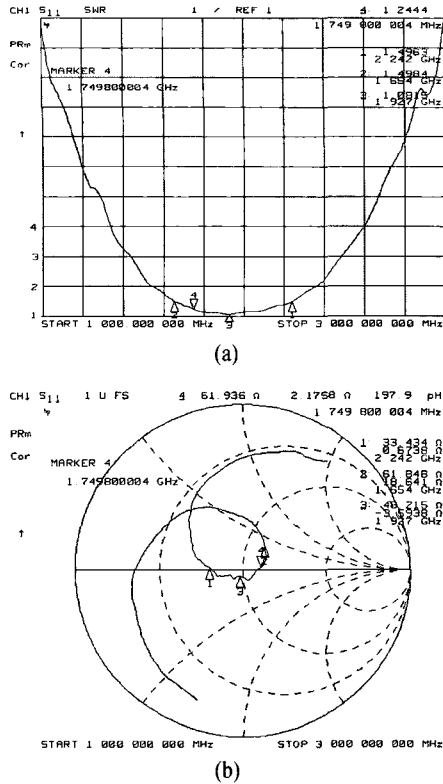


그림 4. 측정 결과
 (a) VSWR, (b) 입력 임피던스
 Fig. 4. Measured results.
 (a) VSWR, (b) input impedance

표 2. 시뮬레이션 결과와 측정 결과의 비교
 Table 2. Comparison for results of measured and simulation.

구 분		시뮬레이션	측 정
VSWR 최소 주파수	VSWR	1.05	1.08
	주파수	2200 MHz	1927 MHz
VSWR=1.5 하한 주파수		≈1550 MHz	1654 MHz
VSWR=1.5 상한 주파수		≈2300 MHz	2242 MHz
VSWR≤1.5 대역폭		≈750M Hz	588 MHz

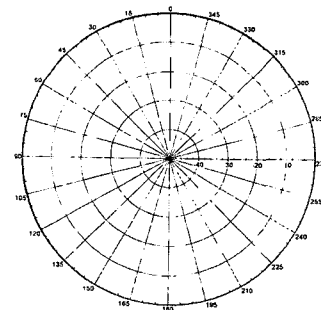
나의 측정에서는 이보다 약 70 MHz 정도 낮은 1927 MHz이며, VSWR이 1.5이하인 하한 주파수는 측정의 경우가 시뮬레이션보다 100 MHz 정도 높아지고 VSWR이 1.5이상인 상한 주파수는 측정의 경우가 시뮬레이션보다 60 MHz 정도 낮게 나타나고 있다. 즉, 시뮬레이션인 경우 대역폭이 750 MHz (1550 MHz~2300 MHz)정도이고, 제작한 안테나의

대역폭은 588 MHz(1654 MHz~2242 MHz)로 약 20 % 정도 감소되었지만 소요 대역폭 내에서 소요 대역폭 내에서 VSWR과 입력 임피던스 특성은 시뮬레이션보다 제작한 안테나 쪽이 개선되었다.

3-3 복사특성

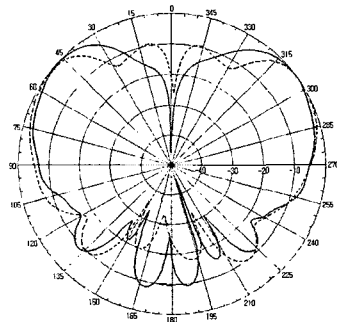
제작한 안테나에 대하여 측정한 복사패턴은 그림 5와 같으며, 그림 5의 복사패턴은 PCS의 중심주파수인 1870 MHz와 IMT-2000의 중심주파수인 1920 MHz에 대한 측정결과이다. 그림 (a)의 E-plane 특성은 두 주파수에서 모두 전방향 특성을 나타내고, 그림 (b)의 H-plane 특성에서는 45° 이상의 고각 복사 부분에서 다소 차이를 나타내고 있다.

로딩 슬리브 모노폴 안테나는 λ/4 수직접지 안테나를 변형한 일반적인 형태의 단일 슬리브 모노



1870 MHz/1920 MHz

(a)



..... : 1870 MHz, — : 1920 MHz

(b)

그림 5. 복사특성 측정결과
 (a) E-plane, (b) H-plane
 Fig. 5. Measured results for radiation patter.
 (a) E-plane, (b) H-plane

폴 안테나에 로딩 코일을 부가하여 변형한 안테나 인 점에서 $\lambda/4$ 수직접지 안테나의 복사특성과 유사성이 있으나 45° 이상의 고각에서 $\lambda/4$ 수직접지 안테나보다 큰 복사가 나타나고 있다.

안테나 이득은 두 주파수에서 모두 약 3.5 dBi로 측정되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 PCS와 IMT-2000 주파수 대역용 광대역 로딩 슬리브 모노폴 안테나의 크기를 현재 PCS 단말기에 상용화되어 사용되고 있는 헤리컬 및 헬릭스 결합형 안테나의 크기(안테나 전장이 80~85 mm, 헤리컬 안테나 부분의 최대 직경이 약 8 mm 정도)를 고려하여 설계한 결과 안테나의 전장은 38 mm, 슬리브의 직경이 8 mm인 안테나로 설계할 수 있었다. 제작한 안테나의 주파수 대역은 VSWR이 1.5이하에서 1654 MHz~2242 MHz(대역폭은 588 MHz)로 소요 주파수 대역폭을 만족하였고, 입력 임피던스는 소요 주파수 대역 내에서 $33.43+j0.67[\Omega]$ ~ $61.94+j2.18[\Omega]$ 으로 $50[\Omega]$ 계 동축케이블이나 $50[\Omega]$ 계 통신기기와 직접 접속할 수 있음을 확인하였다.

본 논문에서 제시한 PCS와 IMT-2000 주파수 대

역용 로딩 슬리브 모노폴 안테나는 휴대용 단말기와 기지국용으로 사용하는 데는 구조적으로 문제점이 있지만 복사특성에 있어서 나타나는 고각 복사특성을 개선하면, PCS와 IMT-2000 겸용 중계기 등의 안테나로 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 문정익, 박성욱, "PCS 및 IMT-2000 이중대역용 광대역 모노폴 안테나 설계", 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, 23(1), pp. 173-176, 2000년 6월.
- [2] 최광제, "로딩 코일을 이용한 광대역 슬리브 모노폴 안테나의 설계", 한국전자파학회논문지, 13(3), pp. 250-256, 2002년 3월.
- [3] A. J. Poggio, P. E. Mayes, "Pattern Band-width Optimization of the Sleeve Monopole Antenna", *IEEE Trans., Antenna Propag.*, vol. AP-14, pp. 643-645, 1966.
- [4] HFSS(High Frequency Structure Simulator), Version 8.0, Ansoft Corporation.
- [5] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1981.

최 광 제



1979년: 광운대학교 무선통신과 (공학사)
 1989년: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997년: 건국대학교 전자공학과 (공학박사)
 현재: 한라대학교 전기·전자·계

어공학부 부교수

[주 관심분야] 안테나, 무선기기

이 은 학



1974년: 명지대학교 전기공학과 (공학사)
 1979년 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
 1997년: 전남대학교 전기공학과 (공학박사)
 현재: 한라대학교 전기·전자·계

어공학부 부교수

[주 관심분야] 전기기기, 전기기기관련 전자파 해석