

슬리브 모노폴을 이용한 PCS 및 IMT-2000 주파수대역 차량용 안테나 개발

최 광 제*

한라대학교 전기전자공학부

Development of PCS and IMT-2000 Frequency Bands Antenna for Automobile using Loading Sleeve Monopole

Gwangje Choe*

Department of Electrical Engineering, Halla University, Gangwon-do 220-712, Korea

(Received 22 April 2002 / Accepted 20 January 2003)

Abstract : We developed a loading sleeve for Automobile, which has the PCS and IMT-2000 frequency bands. The electric characteristics of the designed sleeve monopole has $SWR < 1.311$ and $3.0dBi$ in average gain for that frequency bands.

In this study, the designed sleeve monopole was installed at a roof and trunk lid of vehicle. The characteristics of designed sleeve monopole was investigated by measuring SWR, input impedance and radiation pattern. The experimental results show that the efficiency of the sleeve monopole is superior th that of domestic and foreign commercial PCS antenna.

Key words : Loading sleeve monopole(로딩 슬리브 모노폴), SWR(정재파비), Radiation pattern(복사패턴)

1. 서 론

현재 상용화된 이동 통신은 Cellular와 PCS 및 IMT-2000 서비스가 제공되고 있다. 이와 같은 이동 통신에 사용되고 있는 주파수 대역은 Cellular인 경우 824~894[MHz], PCS인 경우 1750~1870[MHz], IMT-2000인 경우 1920~2170[MHz]이다. Cellular와 PCS는 사용주파수가 배수의 관계이기 때문에 안테나의 공진특성을 이용하면 양쪽의 주파수 대역에서 사용 가능한 안테나의 제작이 가능하다.¹⁾ 그러나 PCS와 IMT-2000은 사용주파수대가 근접하기 때문에 안테나의 공진특성을 이용한 안테나로는 양쪽의 주파수 대역을 수용하는 것이 불가능하다. 따라서

각각의 대역을 수용하는 2개의 안테나를 설치하던가, 양쪽 대역을 수용할 수 있는 광대역 안테나가 사용되어야 한다. 특히 자동차와 같은 이동체에 2개의 안테나를 설치하는 것은 자동차의 제작과 제조 원가 면에서 불합리하다.

본 연구에서는 기 개발된 광대역 슬리브 모노폴 안테나²⁾의 광대역 특성을 이용하여 PCS와 IMT-2000 주파수 대역용 안테나를 제작하고, 제작한 안테나의 SWR과 입력 임피던스 및 복사패턴 특성을 전파암실과 승용차에 설치하여 각각 측정하고, 그 측정된 특성들을 비교 분석함으로써 본 안테나가 PCS와 IMT-2000 주파수 대역의 차량용 안테나로 사용 가능함을 실험적으로 고찰하였다.

*To whom correspondence should be addressed.

kjchoi@hit.halla.ac.kr

2. 광대역 로딩 슬리브 모노폴

2.1 광대역 로딩 슬리브 모노폴 구조

로딩 슬리브 모노폴의 구조는 Fig. 1과 같이 복사기(radiator), 슬리브(sleeve), 슬리브 내의 코일(coil) 및 유전체(dielectric)로 구성된다.

Fig. 1과 같은 로딩 슬리브 모노폴에서 복사기와 슬리브 길이의 비(L/l)가 1.24이고 복사기와 슬리브 직경의 비(D/d)가 3.0인 경우 $SWR \leq 2.0$ 에서 대역폭이 53.9%인 광대역 안테나로 된다.²⁾

본 논문에서는 $SWR \leq 1.5$ 의 실용 안테나 설계 조건 및 PCS와 IMT-2000의 주파수 대역 조건을 만족시키기 위하여 $SWR \leq 2.0$ 에서 1239~2154[MHz]의 광대역 로딩 슬리브 모노폴의 설계 방법²⁾과 다주파수용 단일 슬리브 모노폴의 설계 방법³⁾ 및 수직접지안테나에서 안테나의 구조와 주파수의 변화에 따른 인덕턴스와 커패시턴스의 계산식⁴⁾을 적용하여 개발하고자하는 안테나의 각 부분의 치수를 설정하여 제작하였다. 개발하고자하는 안테나의 특성을 얻기 위하여 제작한 안테나의 특성 실험 과정에서 각 부분의 치수와 로딩 코일의 감이수 등을 보정하였다. 보정 과정에서 슬리브 안테나의 복사기와 슬리브 직경의 비(D/d)는 3.05의 광대역 조건으로 유지하고 길이의 비(L/l)는 1.24에서 1.53으로 보정하고, 기타의 치수는 약 5%이하에서 하였으며, 제작한 로딩 슬리브 모노폴의 각 부분 사양은 Table 1과 같다.

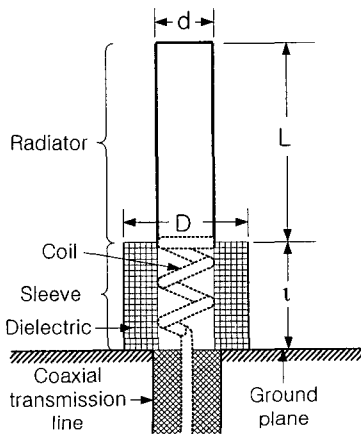


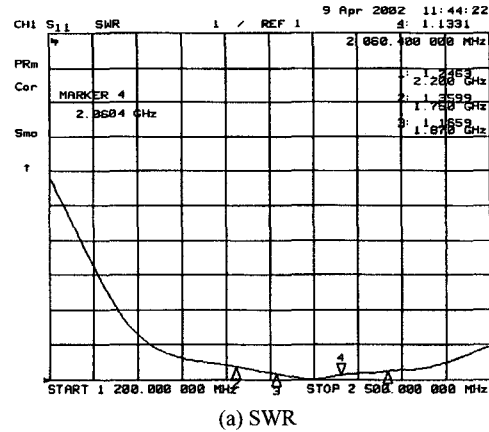
Fig. 1 Configuration of a loading sleeve monopole

Table 1 Specifications for the PCS and IMT-2000 frequency band loading sleeve monopole

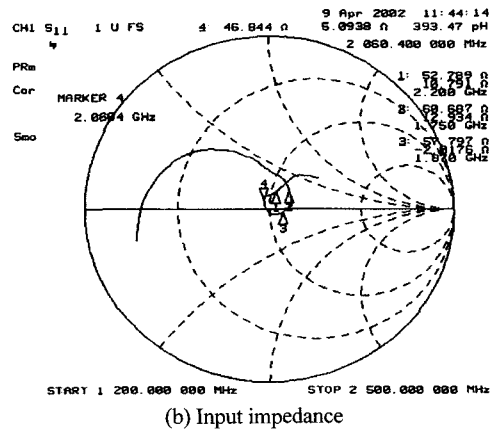
구분	기호	크기
안테나의 전장	$L+l$	38 mm
복사기의 길이	L	23 mm
슬리브의 길이	l	15 mm
복사기의 직경	d	5 mm
슬리브의 직경	D	16 mm
코일 도선의 직경	-	1.5 mm
코일의 감이수	-	약 2 회
유전체의 비유전율	ϵ_r	≈ 1.8
공진주파수	f_0	$\approx 2004\text{MHz}$

2.2 제작한 로딩 슬리브 모노폴의 특성

안테나의 구조가 Fig. 1과 같고, 그 사양이 Table 1과 같은 로딩 슬리브 모노폴을 실험실에서 측정된 SWR의 측정결과는 Fig. 2의 (a)와 같으며 입력 임피던스 측정 결과는 Fig. 2의 (b)와 같다.



(a) SWR



(b) Input impedance

Fig. 2 Measured results in lab

Fig. 2(a)의 측정결과에서 SWR은 PCS와 IMT-2000 주파수 대역(1750~2200[MHz])에서 1.36이하로 현재 사용되고 있는 PCS 대역용 안테나의 기준인 1.5이하보다 좋은 결과이며, 입력 임피던스는 $46.8+j5.1\sim 60.7+j12.9[\Omega]$ 으로 50[Ω]계의 이동 통신 기기와 적절하게 정합될 수 있다. 또한 이 안테나의 이득은 3.0dBi이다.

3. 실험방법 및 결과

3.1 실험방법

Fig. 3은 제작한 안테나를 차량용으로 사용 가능 여부를 실험하기 위하여 차량(구형 소나타)에 설치하여 실험한 위치를 나타낸 그림이다. Fig. 3에 표시된 위치 1~4는 현재의 승용차에 설치된 안테나의 위치를 참고하여 선정한 것이며, 1~3은 자동차의 지붕(roof)이고 4는 자동차의 트렁크 리드(trunk lid) 부분이다. 각각의 위치에 제작한 안테나를 설치한 후 SWR, 입력 임피던스, 복사패턴을 측정하는 방식으로 실험을 진행하였다.

Fig. 3에서 각 부분의 치수는 안테나의 접지판으로 동작할 수 있는 도체 부분만을 측정한 치수이며, 부도체에 해당하는 범퍼 등의 부분은 제외한 수치이다.

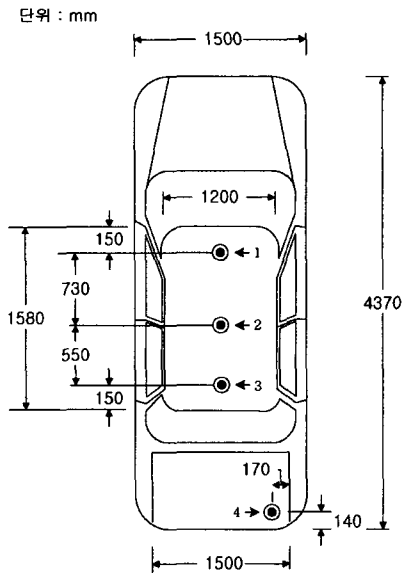


Fig. 3 Schematic diagram of antenna setup positions

3.2 실험결과 및 분석

Fig. 3의 위치 1~4에 제작한 안테나를 설치하여 측정한 SWR의 결과는 Fig. 4와 같고, 입력 임피던스에 대한 측정결과는 Fig. 5와 같으며, 복사패턴에 대한 측정결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 2(a)와 Fig. 4의 측정결과를 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2 Measured results of SWR

Freq.	1750	1870	2060	2200
구분	[MHz]	[MHz]	[MHz]	[MHz]
Lab.	1.36	1.166	1.133	1.246
car	1	1.249	1.126	1.069
	2	1.26	1.126	1.071
	3	1.311	1.155	1.082
	4	1.279	1.102	1.068

Table 2의 결과에서 각 주파수에 대한 실험실의 측정결과와 승용차에 설치하여 측정한 결과를 비교할 때 트렁크 리드인 4의 위치에서 2200[MHz]인 경우만 SWR이 1.246에서 1.283으로 약간 악화되고 나머지 주파수들에서는 실험실의 결과보다 개선되고 있다. 이것은 자동차에서 보다 큰 접지판을 확보할 수 있기 때문에 개선된 것이라고 할 수 있다. 이와 같은 결과는 입력 임피던스에서도 동일하게 나타나고 있다.

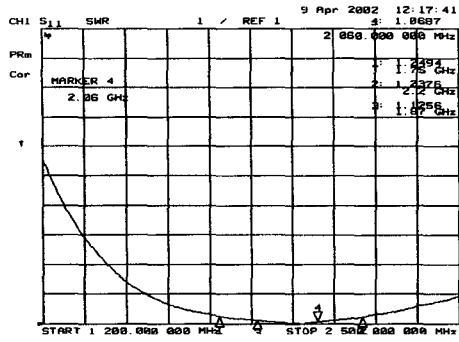
Fig. 2(b)와 Fig. 5의 측정결과를 요약하면 Table 3과 같다.

Table 3의 결과에서 각 주파수에 대한 입력 임피던스는 실험실 측정인 경우 저항성분은 46.8~60.8 [Ω], 리액턴스성분은 $-j2.0\sim j12.9[\Omega]$ 이고, 자동차

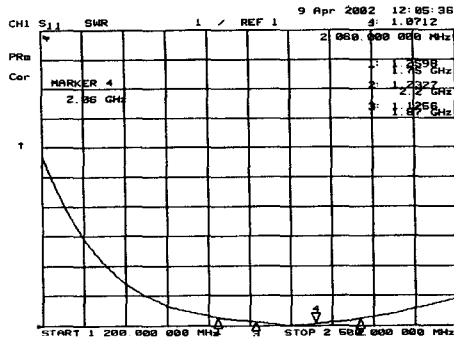
Table 3 Measured results of input impedance

Freq.	1750	1870	2060	2200
구분	[MHz]	[MHz]	[MHz]	[MHz]
Lab.	$60.7+j12.9[\Omega]$	$57.8-j2.0[\Omega]$	$46.8+j5.1[\Omega]$	$52.8+j10.8[\Omega]$
car	1	$57.9+j8.9[\Omega]$	$56.0+j1.7[\Omega]$	$47.8+j2.5[\Omega]$
		$59.1+j8.7[\Omega]$	$56.2+j10.4[\Omega]$	$48.5+j2.9[\Omega]$
	3	$60.6+j10.7[\Omega]$	$57.7+j0.9[\Omega]$	$49.0+j3.6[\Omega]$
		$60.2+j8.6[\Omega]$	$54.7-j1.4[\Omega]$	$49.0+j3.0[\Omega]$
	4	$57.9+j8.9[\Omega]$	$56.0+j1.7[\Omega]$	$47.8+j2.5[\Omega]$
		$59.1+j8.7[\Omega]$	$56.2+j10.4[\Omega]$	$48.5+j2.9[\Omega]$
	3	$60.6+j10.7[\Omega]$	$57.7+j0.9[\Omega]$	$49.0+j3.6[\Omega]$
		$60.2+j8.6[\Omega]$	$54.7-j1.4[\Omega]$	$49.0+j3.0[\Omega]$

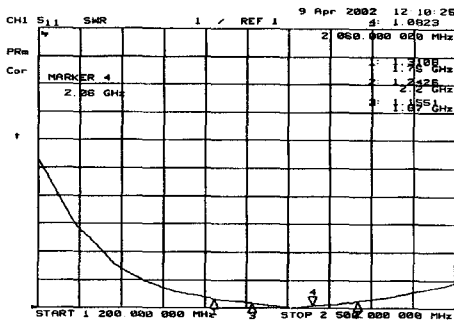
슬리브 모노폴을 이용한 PCS 및 IMT-2000 주파수대역 차량용 안테나 개발



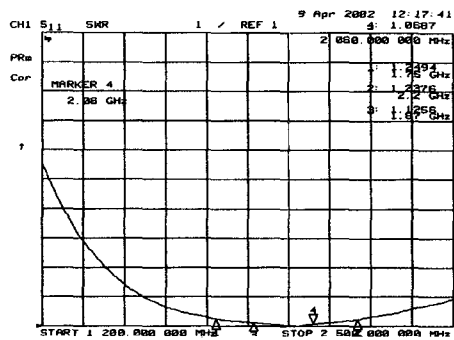
(a) Position 1



(b) Position 2

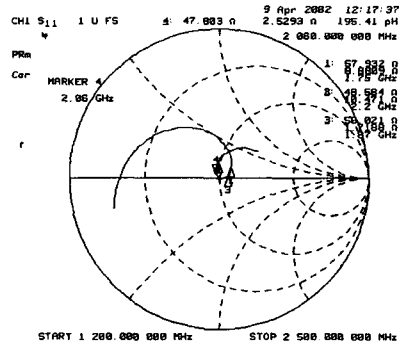


(c) Position 3

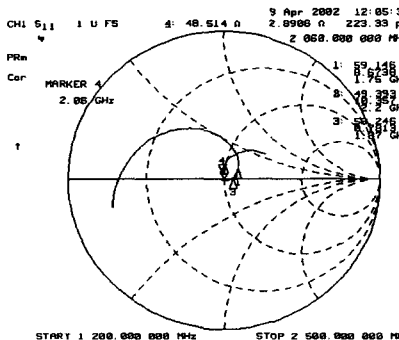


(d) Position 4

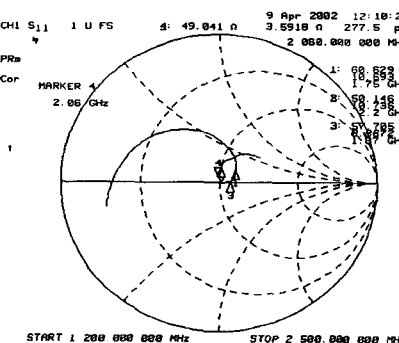
Fig. 4 Measured SWR on car



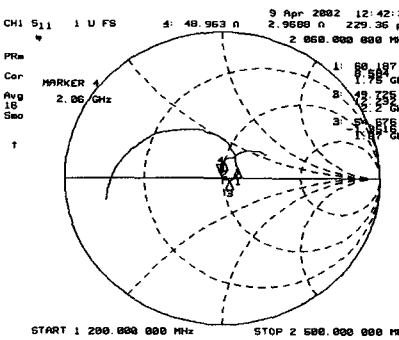
(a) Position 1



(b) Position 2



(c) Position 3



(d) Position 4

Fig. 5 Measured input impedance on car

에 설치하여 측정한 경우 저항성분은 47.8 ~ 60.6 [Ω], 리액턴스성분은 -j1.4 ~ +j12.2[Ω]으로 실차 실험 쪽이 약간 개선되고 있다.

Fig. 6은 전파암실과 승용차에 설치하여 측정한 복사패턴으로 Fig. 6(a)는 E-plane 복사특성, Fig. 6(b)는 H-plane 복사특성이다. Fig. 7은 기존의 UHF대 차량용 안테나 설계에 사용된 H-plane 복사특성이다.⁶⁾

Fig. 6의 복사패턴에서 주파수 1750[MHz]와 2170 [MHz]에서 최대 1.2dB의 차이가 있고, 자동차의 지붕의 위치 1~3에서는 최대 0.6dB의 차이가 있었지만 실제의 문제에 있어서는 미미한 차이이므로 무시하고 동일한 패턴으로 나타내었다.

Fig. 6(a)의 E-plane 복사패턴에서 자동차의 지붕에 설치한 안테나의 복사패턴은 전파암실에서 측정한 복사패턴과 거의 일치하는 무지향성이었으나 Fig. 3에서 위치 4인 트렁크 리드에 설치한 경우에는

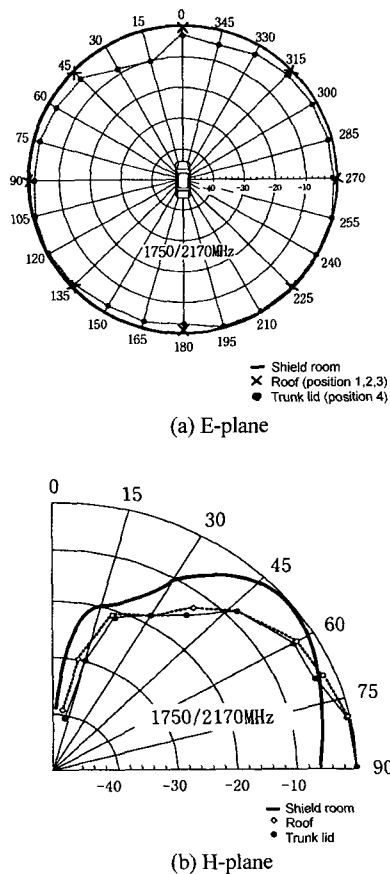


Fig. 6 Measured radiation patterns

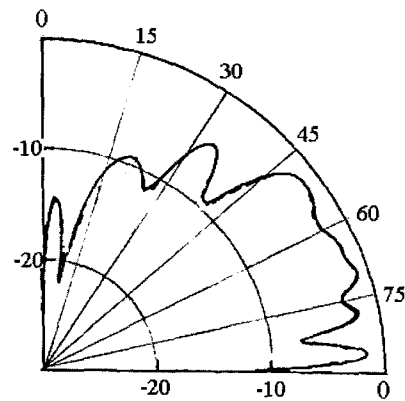


Fig. 7 Reference data for H-plane

자동차의 지붕을 지지하는 프레임(frame)의 영향으로 설치된 안테나의 대각 방향(Fig. 6(a)에서 0~30도 방향)에서 최대 -10dB 정도로 복사패턴이 악화되었지만 기지국의 안테나 높이를 고려하면 실용에서 큰 지장이 없을 것으로 예상된다.

자동차와 같은 이동체의 안테나 설계시 관건인 H-plane 복사패턴은 Fig. 6(b)에 나타낸 바와 같이 전파암실에서 측정한 복사패턴과 실차시 측정한 복사패턴 사이에서는 6~10dB의 차이를 나타내고 있으나 고각(Fig. 6(b)에서 0~30도 정도)복사인 경우 실차 실험에서 3dB 이상 감소되어 그 특성이 개선되었다. 또한 기존의 자동차용 안테나의 H-plane 복사특성인 Fig. 7과 제작한 안테나의 복사특성을 비교하여도 0~30도 사이의 고각복사 특성이 5dB 이상 개선되었음을 알 수 있다. 이것은 자동차가 기지국 인근의 강전계 지역에 있을 때 통신상의 장애가 기존의 안테나보다 본 논문에서 제시한 안테나 쪽이 덜 발생할 수 있음을 나타낸다.

4. 결론

본 논문에서 제시한 PCS 및 IMT-2000 대역 차량용 안테나는 실차시 SWR이 1.311이하로 실용 안테나의 설계기준(SWR ≤ 1.5)을 충족시키고, 입력 임피던스는 47.8+j2.5 ~ 60.6+j10.7[Ω]으로 50[Ω]계의 이동 통신기기인 경우 별도의 정합회로없이 직접 사용이 가능하다. 본 안테나는 주파수의 변화에 따른 복사특성의 변화는 1.2dB 이하이기 때문에 PCS 및 IMT-2000에서도 거의 동일한 특성을 나타내고

있기 때문에 양쪽 통신대역에서 사용 가능하다. H-plane 복사특성에서 고각복사가 큰 안테나에서는 자동차가 기지국 인근의 강전계 지역에 위치한 경우에 통신장애가 발생할 수 있으나 본 논문에서 제시한 안테나는 고각복사 특성이 기존의 자동차용 안테나 보다 5dB이상 개선되었기 때문에 기존의 안테나에 비하여 강전계 지역에서 통신장애를 덜 받을 것이기 때문에 기존의 안테나보다 그 특성을 상당히 개선한 안테나라고 할 수 있다.

또한 제시한 안테나의 50[Ω]의 입력 임피던스 특성은 50[Ω]계의 계측기와 직접 결합이 가능하고, 복사특성은 특정한 방향에서 반사되어오는 반사파에 대하여 민감하게 반응하지 않고 주파수 대역이 광대역이라는 특성을 이용하면 차량과 관련된 시험 계측기의 센서로도 실용화 될 수 있을 것이다.

References

- 1) Jung-Ick Moon, Seong-Ook Park, "Broad-band Sleeve Monopole Antenna For Dual-band PCS/IMT-2000," Electronics Letters, Vol.36, No.22, pp.1829-1830, 2000.
- 2) Gwang-Je Choe, "The Design of the Broad-band Sleeve Monopole Antenna using Loading Coil," Journal of The Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol.13, No.3, pp.250-256, 2002.
- 3) Gwang-Je Choe, "Development of Wiper Antenna for Automobile using Single Sleeve Monopole," Transactions of KSAE, Vol.9, No.2, pp. 210-215, 2001.
- 4) Man-Young Jung, Duk-Jin Kim, Antennas and Wave Propagation, MoonUn Dang, Co., pp.138-141, 1992.
- 5) W. L. Stutzman, G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, John Wiley & Sons, Inc., pp.278-281, 1981.
- 6) K. Nishikawa, Y. Asano, "Vertical Radiation Patterns of Mobile Antenna in UHF Band," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. VT-35, pp.57-62, 1986.