

GPS/PCS 단말기용 듀얼밴드 내장형 안테나

Dualband Internal Antenna for GPS/PCS Handset

정병운 · 이학용 · 이종철 · 김종현 · 김남영 · 이병제 · 박면주

Byung-Woon Jung · Hak-Yong Lee · Jong-Chul Lee ·
Jong-Hun Kim · Nam-Young Kim · Byungje Lee · Myun-Joo Park

요 약

본 논문에서는 GPS/PCS 단말기에 적합한 두 가지 형태의 듀얼밴드 내장형 안테나를 제안하였다. 먼저 기생 다이폴이 포함된 모노폴 안테나는 단말기 기판에 직접 인쇄가 가능하도록 설계하였고, 격자형 루프구조의 안테나는 단말기의 내부 공간을 최대한으로 활용하기 위하여 격자형으로 구부러진 형태로 디자인하여 단말기 내부에 내장이 가능하도록 설계하였다. 제안된 두 가지 형태의 듀얼밴드 내장형 안테나의 대역폭은 정재파비 2:1 기준으로 최소 19.1 % 이상으로 GPS 대역과 PCS 대역을 동시에 만족할 수 있고 전 대역에서 -0.4 dBi~3.33 dBi의 만족할만한 이득을 얻었으며 방사패턴은 전 방향성에 가까움을 확인하였다.

Abstract

In this paper, two dualband internal antennas for GPS/PCS handset are proposed. At first, the monopole antenna with parasitic dipole element is designed to print PCB of handset directly. At second, the antenna with bended loop structure is designed to bend to use internal space of handset maximumly. The proposed dualband internal antennas provide a 2:1 VSWR bandwidth of over 19.1 % which are possible to cover two bands at once. the antennas have a gain between -0.4 and 3.33 dBi at all bands and they have almost omni-directional patterns.

Key words : Dualband, Internal Antennas, GPS/PCS Handset, Parasitic Dipole Element, Bended Loop Structure

I. 서 론

최근 FCC(Federal Communications Commission)에서는 2001년 8월부터 미국에서 판매되는 모든 수출용 휴대통신 단말기에 GPS(Global Positioning System) 서비스를 추가시키는 무역조건을 결정하였고 전 세계적으로 인체에 미치는 전자파에 대한 규제를 점차 강화되는 추세에 있다. 이러한 시대적 배경에 따라 국내의 단말기업체는 물론 모든 유수의 단말기업체들은 강화되는 무역조건에 대한 대비책으로 다중대역 내장형 안테나의 연구에 박차를 가하고 있다. 또한 국내의 경우에 현재 사용하고 있는 휴대용 단말기 안테나는 80 % 이상 외국에서 특허

를 가지고 있는 헬리컬 안테나를 사용하고 있으므로 단말기 내장형 안테나의 개발은 안테나 시장의 국산화와도 무관하지 않다. 모든 내장형 안테나의 관건은 전기적으로 작은 안테나의 효과적인 구현이라고 할 수 있다. 지금까지 주로 사용되는 소형화 기술은 Lumped 소자를 이용하는 방법, 기하학적 최적화를 통한 방법, 접지면과 단락회로를 사용하는 방법, 고유전체 매질을 사용하는 방법, 방사를 보충할 수 있는 안테나 환경을 사용하는 방법들이 있다. 그러나 전기적인 소형 안테나는 일반적으로 근접된 접지면과 높은 전류밀도 등으로 안테나의 Quality factor의 증가로 인한 대역폭 감소와 높은 전류밀도로 인한 저항성 손실의 증가로 인한 이득의 감소로

광운대학교 RFIC 연구 및 교육센터(RFIC Research and Education Center, Kwangwoon University)

· 논문 번호 : 20021120-161

· 수정완료일자 : 2003년 4월 23일

구현하기 어려운 단점이 있다. 또한 앞서 언급했듯이 최근 이동 통신에서의 새로운 경향은 두 개의 소형안테나를 쓰는 대신 한 안테나로써 두 개 이상의 대역을 소화하도록 하는 것이다. 이는 엄밀히 말해 소형 안테나라고 말할 수 없지만 두 개 이상의 안테나가 필요한 시스템에서 하나의 안테나만을 사용함으로써 시스템의 전체적인 크기를 줄이는 데 큰 기여를 하게 된다. 이에 근래 들어 연구가 활발히 진행된 안테나로써 좋은 예로 적층형 안테나를 들 수가 있는데 적층형 안테나는 안테나의 물리적인 크기를 줄이고 대역폭을 향상시키는데 효과적인 방법이지만 안테나라는 device가 guided wave를 radiation wave로 바꾸어 주는 역할을 한다는 점에서 안테나의 방사효율이 낮아진다는 문제가 있다. 그러므로 본 논문에서는 안테나의 물리적인 크기를 줄이는 것보다 실제 단말기 내부의 전파환경과 내부 공간을 최대한 활용하여 단말기 내부에 장착이 가능하고 외장형 안테나 이상의 이득과 넓은 대역폭, 전방향성에 가까운 방사패턴, 그리고 방사되는 전자파로부터 인체를 보호할 수 있고 하나의 안테나에서 GPS 서비스와 이동통신 서비스를 동시에 할 수 있는 두 가지 종류의 단말기 내장형 듀얼밴드 안테나를 제안하고자 한다^{[1]~[3]}.

II. 기생 다이폴이 포함된 모노폴 안테나

그림 1은 본 논문에서 제안된 기생 다이폴이 포함된 모노폴 내장형 안테나의 전체적인 구조이다. 전체적인 안테나는 L형 모노폴 방사체와 그 주위를 둘러싸고 있는 기생 다이폴 방사체로 이루어져 있다. 일반적인 모노폴 형태를 가지는 안테나의 특징은 약 $\lambda/4$ 에서 공진이 일어나고 임피던스 대역폭이 좁다는 것이다. 또한 높은 전류밀도로 인한 입력 임피던스의 증가는 저항성 손실을 증가시킬 뿐 아니라 효율적인 임피던스 정합을 방해하는 주요한 원인이 된다. L형 모노폴 주위의 기생 다이폴의 역할은 모노폴과 인접 공진을 통하여 안테나의 대역폭을 향상시키고 모노폴의 높은 전류 밀도를 분산시킴으로써 효과적인 임피던스 정합을 가능하게 한다^{[4],[5]}. 또한 다이폴의 공진 주파수를 모노폴보다 낮게 설계하여 상대적으로 긴 파장을 가지고 있는 GPS 대

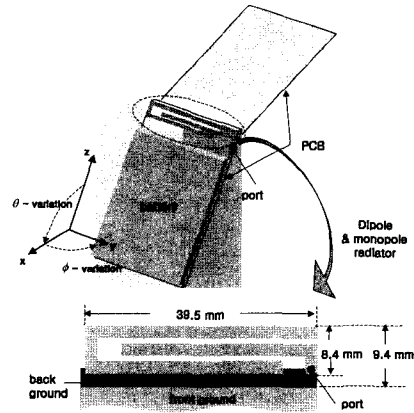
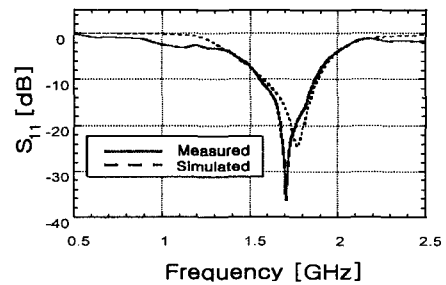
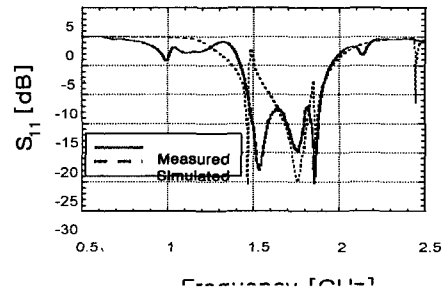


그림 1. 기생 다이폴이 포함된 모노폴 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of the monopole antenna with parasitic dipole element.



(a)



(b)

그림 2. 기생 다이폴이 포함된 모노폴 안테나의 반사 손실
(a) 단말기를 접었을 때, (b) 단말기를 펼쳤을 때
Fig. 2. Return loss of the monopole antenna with parasitic dipole element.
(a) Closed handset, (b) Open handset

역에서 단말기 접지면의 의존도를 줄이고자 했다. 그림 2는 실제 제작된 안테나의 모습이다. 국내 L社의 단말기 PCB 크기인 40 mm×70 mm이고, 비유전율(ϵ_r)이 4.7이고, 두께는 0.8 mm인 기판 위에 모

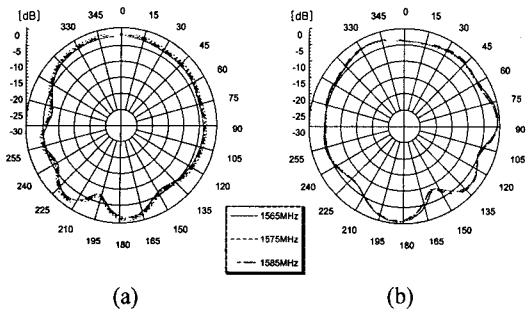


그림 3. GPS 대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴
 (a) 단말기를 접었을 때, (b) 단말기를 펼쳤을 때
 Fig. 3. H-plane pattern of the antenna at GPS band.
 (a) Closed handset, (b) Open handset

노폴과 다이폴 방사체를 구현하였다.

그림 2는 기생 다이폴이 포함된 모노폴 안테나의 반사손실을 Ensemble ver.5.1로 시뮬레이션한 결과와 agilent社의 8753ES로 측정된 결과이다. 단말기를 접었을 경우는 중심 주파수가 1720 MHz이고 정재파비 2:1이하의 주파수 대역이 1558 MHz~1886 MHz로 19.1 %의 대역폭이 측정되었고 단말기를 펼쳤을 경우에는 중심주파수가 1673 MHz이고 주파수 대역은 1450 MHz~1896 MHz로써 .26.6 %의 넓은 대역폭이 측정되었다.

그림 3과 4는 GPS 대역에서 측정된 방사패턴이다. GPS 대역 측정 시에는 1565 MHz, 1575 MHz, 1585 MHz의 3개의 주파수에서 안테나의 방사패턴과 이득을 측정하였다. 그림 5와 그림 6은 각각 단말기를 접었을 때와 펼쳤을 때에 PCS 대역에서 측정된 방사패턴이다. PCS 대역 측정 시에는 1750 MHz, 1810 MHz, 1870 MHz의 주파수에서 각각의

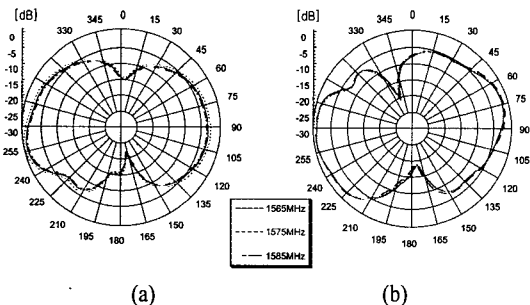


그림 4. GPS 대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴
 (a) 단말기를 접었을 때, (b) 단말기를 펼쳤을 때
 Fig. 4. E-plane pattern of the antenna at GPS band.
 (a) Closed handset, (b) Open handset

표 1. GPS대역에서 측정된 안테나의 성능

Table 1. Performance of the antenna at GPS band.

Frequency (MHz)	Parameter	Performance	
		Closed Handset	Open Handset
1565 MHz	G_{max}	0.67	1.46
	G_{ave}	-4.23	-2.53
	H.P.B.W	28.17	20.86
1575 MHz	G_{max}	0.48	1.72
	G_{ave}	-4.10	-2.35
	H.P.B.W	27.87	20.69
1585 MHz	G_{max}	0.26	2.24
	G_{ave}	-3.97	-3.97
	H.P.B.W	26.97	20.54
1565 MHz	G_{max}	2.16	2.95
	G_{ave}	-0.78	-0.95
	H.P.B.W	77.78	20.96
1575 MHz	G_{max}	1.94	2.96
	G_{ave}	-0.94	-0.93
	H.P.B.W	81.01	20.69
1585 MHz	G_{max}	2.02	3.12
	G_{ave}	-0.77	-0.73
	H.P.B.W	89.16	20.54

G_{max} : 최대 이득[dBi], G_{ave} : 평균 이득[dBi],
 HPBW: 반치각[degree]

방사패턴과 이득을 측정하였다. 표 1은 GPS 대역에서 측정된 기생 다이폴이 포함된 모노 폴 안테나의 성능을 분석한 것이다. 단말기를 접었을 때와 펼쳤을 때 각각 1.46 dBi~2.24 dBi, 2.95 dBi~3.12 dBi의 최대이득과 수평면에서 전방향성에 가까운 방사 패턴 모양을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 표 2는 PCS 대역에서 측정된 안테나의 성능을 분석한 것으로써 단말기를 접었을 때와 펼쳤을 때 각각 2.38 dBi~3.33 dBi, 0.19 dBi~3.19 dBi의 최대 이득을 얻었다. 안테나의 반사 손실 데이터와 안테나의 최대 이득을 종합하여 분석하면 이 안테나의 경우에 폴더용 지그가 부착되었을 때 최대 이득을 가지는 주파수가 상대적으로 낮아지는 것으로 생각할 수 있다.

이에 대한 해결책으로 실제로 단말기에 장착 시에는 각각의 단말기 회사가 사용하고 있는 송신 주파수 대역에 맞게 안테나의 크기를 재조정하거나 안테나와 듀플렉서(혹은 스위치 다이플렉서)사이 LC 소자를 사용한 매칭 회로를 달아 주어서 안테나의 높은 Q값을 낮추어 주어 민감성을 둔화시키면

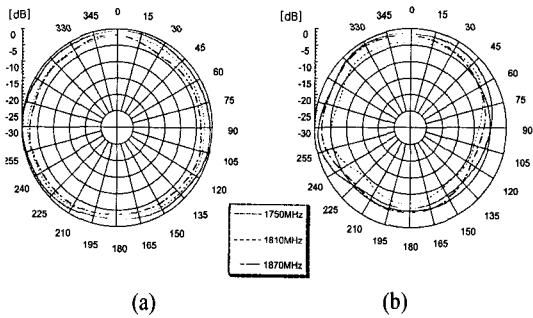


그림 5. PCS 대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴
 (a) 단말기를 접었을 때, (b) 단말기를 펼쳤을 때
 Fig. 5. H-plane pattern of the antenna at PCS band.
 (a) Closed handset, (b) Open handset

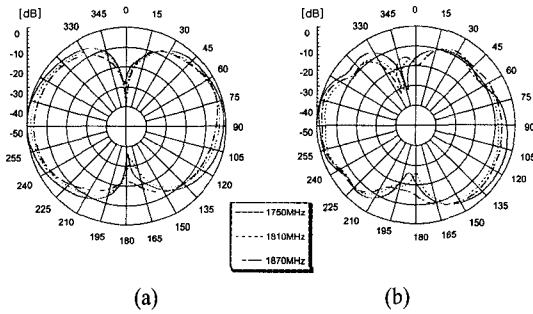


그림 6. PCS 대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴
 (a) 단말기를 접었을 때, (b) 단말기를 펼쳤을 때
 Fig. 6. E-plane pattern of the antenna at PCS band.
 (a) Closed handset, (b) Open handset

해결이 가능하리라 생각된다. 또한 이론적으로 안테나의 H-plane과 E-plane에서의 최대 이득은 일치하지만 소형 안테나의 경우에는 각 주파수마다 정확한 안테나의 편파를 찾기 어렵고, 측정 시스템이 구형 좌표계가 아닌 원통형 좌표계로 이루어져 있어 측정 오차가 발생한 것으로 생각된다.

III. 격자형 루프구조의 내장 안테나

그림 7은 격자형 루프구조의 안테나의 전체적인 구조이다. 제안된 안테나는 관형의 방사체, 급전부 그리고 두 개의 단락핀으로 구성되어 있다. 방사체는 단말기 내부의 공간적인 제약을 극복함과 동시에 장착의 용이성을 위하여 구부러진 루프형태를 가진다. 루프에 부착되어 있는 두 개의 단락핀은 단락핀의 위치, 단락핀 사이의 간격, 단락핀의 지름 등에 의하여 조정되는 정합 회로 역할을 한다^[6]. 방

표 2. PCS대역에서 측정된 안테나의 성능
 Table 2. Performance of the antenna at PCS band.

Handset	Frequency (MHz)	Parameter	Value	
			(a)	(b)
Closed handset	1750 MHz	G_{max}	2.38	1.52
		G_{ave}	-0.52	-2.74
		H.P.B.W	92.66	53.41
	1810 MHz	G_{max}	3.33	1.10
		G_{ave}	-0.37	-2.83
		H.P.B.W	83.08	56.48
1870 MHz	G_{max}	3.11	1.09	
	G_{ave}	-0.82	-3.32	
	H.P.B.W	90.95	52.71	
Open handset	1750 MHz	G_{max}	1.67	3.19
		G_{ave}	-0.59	-1.69
		H.P.B.W	124	54.8
	1810 MHz	G_{max}	-0.62	0.19
		G_{ave}	-3.22	-4.33
		H.P.B.W	132.4	52.23
1870 MHz	G_{max}	1.42	1.99	
	G_{ave}	-1.10	-2.82	
	H.P.B.W	122.7	59.34	

G_{max} : 최대 이득[dBi], G_{ave} : 평균 이득[dBi],
 HPBW: 반치각[degree]

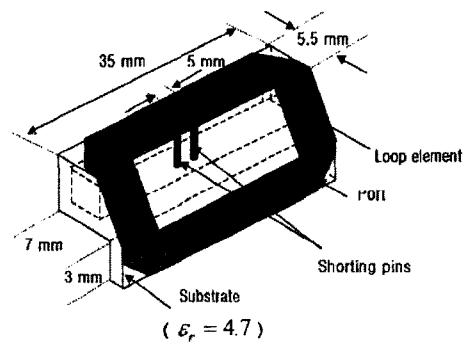


그림 7. 격자형 루프구조의 안테나 구조
 Fig. 7. Geometry of the folded loop antenna.

사체의 폭인 W2는 단말기의 배터리의 크기를 고려하여 도체 손실을 최소화하기 위하여 가능한 최대의 폭인 5.5 mm로 최적화시켰으며 단락핀이 단말기 듀플렉서의 외부 도체면에 접지가 용이하게 하기 위하여 안테나의 중앙부근에 위치할 수 있도록 L, W1, W3를 각각 35 mm, 7 mm, 3 mm로 설계하였다. 그림 8은 격자형 루프구조의 안테나의 실물도이다. 그림 8에서 (a)는 측정용 zig에 부착되어 있는 모습이고 (b)는 실제 단말기에 부착된 모습이다.

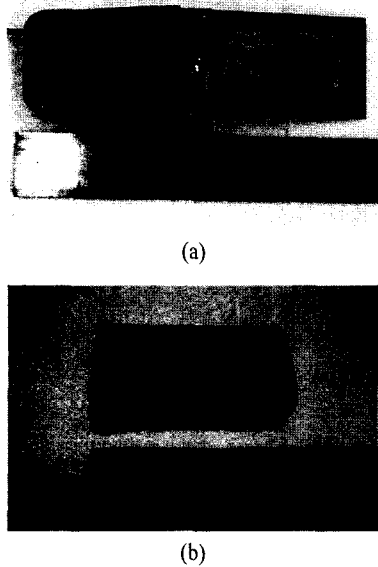


그림 8. 격자형 루프구조의 내장 안테나 실물도
 (a) 테스트 보드에 장착된 상태
 (b) 실제 단말기에 장착된 상태
 Fig. 8. Photograph of the folded loop structure antenna.
 (a) The antenna established on test board
 (b) The antenna established on handset actually

그림 9는 격자형 루프구조의 내장 안테나의 반사손실을 agilent社의 8753ES로 측정 한 결과이다. 단말기를 접었을 경우는 중심 주파수가 1789 MHz이고 정재파비 2:1이하의 주파수 대역이 1559 MHz~2020 MHz로 25.7 %의 대역폭을 얻었고 단말기를 펼쳤을 경우에는 중심주파수가 1723 MHz이고 주파수 대역은 1487 MHz~1960 MHz로써 21.6 %의 넓은

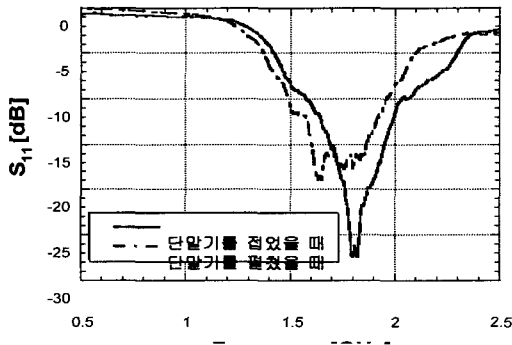


그림 9. 격자형 루프구조의 내장 안테나 반사손실
 Fig. 9. Return loss of the folded loop antenna.

표 3. GPS 대역에서 측정된 안테나의 성능

Table 3. Performance of the antenna at GPS band.

		H-plane	E-plane
Closed handset	1565 MHz	G_{max}	1.07
		G_{ave}	-2.92
		H.P.B.W	31.2
	1575 MHz	G_{max}	1.10
		G_{ave}	-2.98
		H.P.B.W	31.55
1585 MHz	G_{max}	1.31	
	G_{ave}	-2.86	
	H.P.B.W	35.4	
Open handset	1565 MHz	G_{max}	0.24
		G_{ave}	-2.85
		H.P.B.W	127.72
	1575 MHz	G_{max}	-0.05
		G_{ave}	-2.86
		H.P.B.W	133.06
	1585 MHz	G_{max}	-0.43
		G_{ave}	-2.82
		H.P.B.W	143.43

G_{max} : 최대 이득[dBi], G_{ave} : 평균 이득[dBi],
 HPBW: 반치각[degree]

대역폭을 얻었다. 표 3은 GPS 대역에서 측정된 격자형 루프 구조 안테나의 성능을 분석한 것이다. 단말기를 접었을 때와 펼쳤을 때 각각 1.08 dBi~2.32 dBi, 2.52 dBi~2.61 dBi로 큰 차이가 없는 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 표 4는 PCS 대역에서 측정된 안테나의 성능을 분석한 것으로써 단말기를 접었을 때와 펼쳤을 때 각각 2.38 dBi~3.33 dBi, -0.01

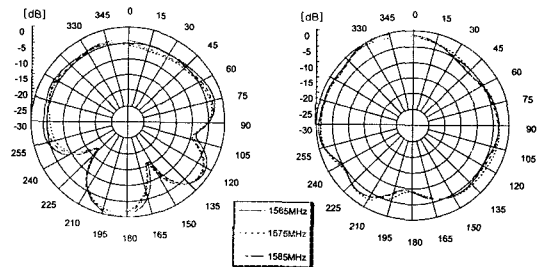


그림 10. GPS 대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴
 (a) 단말기를 접었을 때, (b) 단말기를 펼쳤을 때
 Fig. 10. H-plane pattern of the antenna at GPS band.
 (a) Closed handset, (b) Open handset

표 4. PCS 대역에서 측정된 안테나의 성능
Table 4. Performance of the antenna at GPS band.

Handset Status	Frequency (MHz)	Parameter	Performance (dB)	
			Closed Handset	Open Handset
Closed handset	1750 MHz	G_{max}	2.38	1.52
		G_{ave}	-0.52	-2.74
		H.P.B.W	92.66	42.97
	1810 MHz	G_{max}	3.33	1.10
		G_{ave}	-0.37	-2.83
		H.P.B.W	83.08	27.58
1870 MHz	G_{max}	3.11	1.09	
	G_{ave}	-0.82	-3.32	
	H.P.B.W	90.95	28.05	
Open handset	1750 MHz	G_{max}	0.14	1.11
		G_{ave}	-0.97	-4.24
		H.P.B.W	inf.	71.15
	1810 MHz	G_{max}	-0.17	-0.01
		G_{ave}	-1.69	-4.77
		H.P.B.W	223	66.76
	1870 MHz	G_{max}	0.51	-0.11
		G_{ave}	-1.74	-4.64
		H.P.B.W	inf.	38

G_{max} : 최대 이득[dBi], G_{ave} : 평균 이득[dBi],
HPBW: 반치각[degree]

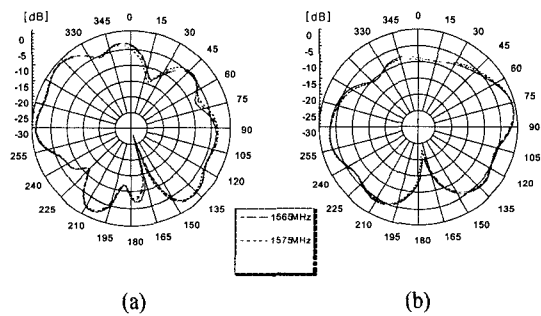


그림 11. GPS 대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴
Fig. 11. E-plane pattern of the antenna at GPS band.
(a) Closed handset, (b) Open handset

dB_i~1.11 dB_i의 최대 이득을 얻었다. 단말기를 펼쳤을 때 PCS 대역에서 최대 이득이 약 2 dB 가량 감소하는 결과를 얻었다. 그러나 최대 이득이 아닌 평균이득과 비교하면 0.45 dB~1.3 dB 정도의 차이가 나며 단말기를 펼쳤을 때 방사 패턴이 거의 완전한 전방향성을 이루었다. 단말기 안테나에 있어서 평균 이득이 중요한 이유는 단말기 안테나가 이상적으로

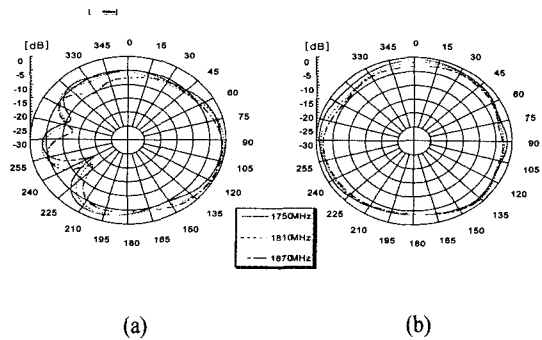


그림 12. PCS 대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴
Fig. 12. H-plane pattern of the antenna at PCS band.
(a) Closed handset, (b) Open handset

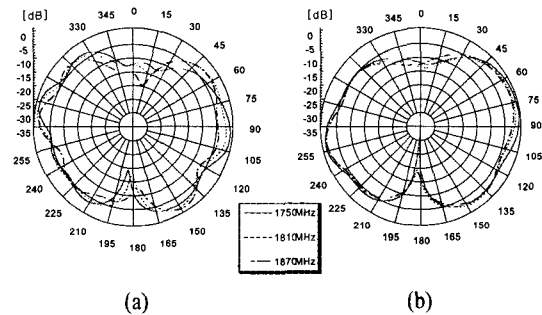


그림 13. PCS 대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴
Fig. 13. E-plane pattern of the antenna at GPS band.
(a) Closed handset, (b) Open handset

수평면에 대하여 전방향성 방사패턴을 가지고 있으므로 안테나의 이득을 결정하는 주요한 원인이 안테나의 효율이 되기 때문이다. 이는 안테나의 이득이 안테나의 방향성과 효율을 곱한 것이라는 것에 근거한다. 따라서 단말기를 펼쳤을 때에 안테나의 성능은 최대 이득의 차이만큼 나타난 것이라고 보긴 어렵다.

IV. 결 론

본 논문에서는 이동 통신 시스템에 적합한 두 가지 형태의 내장형 안테나를 설계하고 측정하였다. 먼저 기생 다이폴이 포함된 모노폴 안테나는 단말기 기판에 직접 인쇄가 가능하고 대역폭은 최소 19.1% 이상으로 GPS 대역과 PCS 대역을 동시에 만족할 수 있으며 전 대역에서 0 dB_i~3.18 dB_i의 이득을 얻었다. 또한 직접 인쇄를 하지 않고 공기층을

삽입하여 안테나를 구현할 시에는 안테나의 크기를 줄일 수 있으므로 다양한 형태의 단말기에 적용이 가능하다.

모의 실험 결과 안테나를 단말기 접지면과 4 mm의 높이에 위치시키면 안테나의 크기가 약 40 % 감소함을 확인할 수 있었다. 측정 결과 대역폭은 최소 21.6 % 이상으로 규격을 만족하며 전 대역에서 -0.4 dBi~3.11 dBi의 이득을 얻을 수 있었다. 실제 장착 시에는 단말기의 크기와 모양에 맞추어서 다소간의 변형이 필요하며 shorting pin은 단말기 내부 회로에 알맞게 shorting plate로 대체할 수 있다.

앞으로 단말기 시스템과 연동했을 때 안테나의 성능 분석과 GPS 시스템과 PCS 시스템간의 대역간 격리도 및 전자파 흡수율에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] A. Henderson, K. Hirasawa and J. R. James, *Small Antennas*, New York, John Wiley and Sons, Research Studies Press, pp. 37-107, 1987.

[2] A. K. Skrivervik, J-F. Zürcher, O. Staub and J. R. Mosig, "PCS Antenna Design : The Challenge of Miniaturization", *IEEE antenna and propagation magazine*, vol. 43, no. 4. Aug. 2001.

[3] O. Staub, J-F. Zürcher and A. Skrivervik, "Some Considerations on the correct measurement of the gain and bandwidth of electrically small antennas", *Microwave and Optical Technology Letters*, pp. 159-160, Feb. 20 1998.

[4] F.-S. Chang, S.-H. Yeh and K.-L. Wong, "Planar Monopole in Wrapped Structure for Low-profile GSM/DCS mobile phone antenna", *Electronics Letters*, vol. 38, no. 11, May 2002.

[5] D. Viratelle, R. J. Langley, "Dual-band printed antenna for mobile telephone applications," *IEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, vol. 147, no. 5, Oct. 2000.

[6] P. Salonen, M. Keskilammi and M. Kivikoski, "New slot configurations for dual-band planar inverted-F antenna", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 28, pp. 293-298, 2001.

정 병 운



2001년 2월: 광운대학교 전자학부 (공학사)
 2001년 3월~2003년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
 2003년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정

[주 관심분야] 안테나 및 RF 소자 설계

이 중 철



1983년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1985년 2월: 한양대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1989년 12월: 미국 Arizona State University 전자공학과 (공학사)
 1994년 5월: 미국 Texas A&M University 전자공학과 (공학박사)

1994년 6월~1996년 2월: 현대전자(주) 시스템 IC 연구소 광소자개발실 선임연구원

1996년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 부교수
 2000년 8월~현재: 광운대학교 RFIC센터 과제수행 책임자
 2001년 12월~현재: 중국 Harbin Institute of Technology(HIT) 방문교수
 2003년 1월~현재: 미국 Univ. of California, San Diego, [주 관심분야] 초고주파 및 광전자공학, RF MEMS, 밀리미터파 능동 및 수동 소자

이 학 용



1999년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)
 2001년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
 2001년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정

[주 관심분야] 마이크로스트립 안테나

나

미터파 능동 및 수동 소자

김 종 현



1984년 2월: 광운대학교 전자통신 공학과 (공학사)
 1990년 6월: 독일 Ruhr Univ. Bochum 전자공학과 (공학석사)
 1994년 8월: 독일 Dortmund Univ. 전자공학과 (공학박사)
 1995년 4월~현재: 광운대학교 전

파공학과 부교수
 1996년~현재: 전자과학회 편집위원
 [주 관심분야] 초고주파 및 광집적회로, 초고주파 측정 및 센서, EMI/EMC

이 병 제



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 12월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)
 1997년 5월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)

1997년 6월~1998년 2월: 삼성전자 정보통신연구원 선임 연구원
 1998년 4월~현재: 광운대학교 전파공학과 조교수
 [주 관심분야] 초고주파 및 밀리미터파 안테나해석 및 설계, 전기자기파 해석, 레이더 및 위성통신, 초고주파 응용

김 남 영



1987년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월: New York 주립대 전자공학과 (공학석사)
 1994년 2월: New York 주립대 전자공학과 (공학박사)
 1994년 2월~1994년 9월: New York

주립대 연구원
 1994년 9월~현재: 광운대학교 전자공학과 부교수
 1998년 2월~현재: 광운대학교 RFIC센터 센터장
 [주 관심분야] 초고주파 집적회로(MMIC) 및 무선통신용 ASIC

박 먼 주



1991년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
 1998년 12월~2002년 8월: 삼성전

자(주) 책임연구원
 2002년 9월~현재: 광운대학교 전자공학과 조교수
 [주 관심분야] 초고주파 수동회로 및 안테나, 전자파, 초고주파 수치해석, High speed digital system noise, signal integrity and interconnections, EMI/EMC