

휴대단말기용 다중 대역 칩 안테나 설계

A Design of Multi-Band Chip Antenna for Mobile Handsets

조인호 · 정진우 · 이천희** · 이용희** · 이현진* · 임영석

In-Ho Cho · Jin-Woo Jung · Cheon-Hee Lee** · Yong-Hee Lee** ·
Hyeon-Jin Lee* · Yeong-Seog Lim

요 약

본 논문에서는 미엔더 라인 피파 구조와 기생 패치를 이용하여 휴대 단말기용 다중 대역 칩 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 FR-4 기판을 사용하였으며, 상층은 GSM900 대역을 구현하기 위해 미엔더 라인 PIFA 구조로 구성하였고, 최대한 공간 효율을 높이기 위해 비아홀로 각 패드에 미엔더 라인을 연결하였다. 중간층은 DCS, PCS 대역을 구현하기 위해 급전선과 간격을 주어 설계했으며, 하층은 그라운드 접지면에 기생 패치를 추가하여 중간층의 방사체와 커플링 결합으로 주파수와 임피던스 특성을 조절할 수 있음을 보였다. 안테나 크기는 $28 \times 6 \times 4 \text{ mm}^3$, 그라운드 조건은 $45 \times 90 \text{ mm}$ 로 제작하였으며, 설계를 위한 모의 실험은 CST 시뮬레이터로 해석하였다. 측정된 대역폭(VSWR<3)은 GSM900 대역에서 90(875~965) MHz, DCS, PCS 대역에서는 380(1,670~2,050) MHz을 얻었다. 각 공진 주파수의 최대 이득은 0.25 dBi, 3.65 dBi, 3.3 dBi이며, 무지향성 방사 패턴 특성을 보였다.

Abstract

The paper introduces mobile handset multi-band chip antenna to be used on meander line PIFA structure and parasitic patch. The proposed antenna uses an FR-4 substrate. The top layer is consist of meander lines PIFA structure to implement GSM900 and is connected with each pad and meander line on the via-hole for maximize space efficiency. The middle layer is designed with the signal line and gap to implement a DCS and PCS bands, the bottom layer which is added to a parasitic patch on the ground can be show an adjust of frequency and impedance character by the connection of the radiators of middle layer and coupling. The fabricated antenna with the dimension of $28 \times 6 \times 4 \text{ mm}^3$. The ground plane a dimension of $45 \times 90 \text{ mm}$, designed by a commercial software CST simulator. The experimental results show that the bandwidth for(VSWR<3) is 90(875~965) MHz in GSM900 band operation and 380(1,670~2,050) MHz in DCS, PCS band operation. The maximum gains of antenna are 0.25 dBi, 3.65 dBi and 3.3 dBi at resonance frequencies and it has omni-directional pattern practically.

Key words : Meander Line Antenna, Planar Inverted-F Antenna(PIFA), Chip Antenna, Multiband Antenna

I. 서 론

무선 통신 분야의 비약적인 발전은 개인 휴대 단말기의 사용을 보편화 시켰으며, 이동 통신 사업자

들은 보다 많은 기능을 집약시키며, 기존의 음성 서비스를 벗어나 로밍, GPS(Global Position System), 무선 인터넷 등의 다양한 서비스를 제공하고 있다. 휴대 단말기용 안테나 또한 디자인 면에서 고집적화

전남대학교 전자컴퓨터공학과(Department of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National University)

*동강대학 전기전자공학과(Department of Electrical and Electronics, DongKang College)

** (주)에이스안테나(ACE Antenna Co., Ltd.)

· 논문 번호 : 20080303-022

· 수정완료일자 : 2008년 4월 15일

되고 체적이 점점 적어지고 있는 실정이라 내장형으로 전환이 가속화 되고 있으며, 특성에서도 광대역, 고 효율, 멀티 대역을 요구하고 있어 최적의 안테나 조건을 도출해야 한다^{[1],[2]}. 현재 내장형 안테나는 PIFA와 모노폴 구조를 많이 사용하고 있으며^{[3]~[6]}, 미앤더 라인 구조는 소형 안테나 설계로 많이 사용되어지고 있다^{[7]~[9]}. 안테나를 소형화할 때 고려해야 할 점은 재질에 대한 특성, 접지면의 크기, 급전 방법 및 위치, 주변 소자들의 상호 간섭 문제에 대해 잘 파악해야 되며, 초기에 무선 성능에 대한 검증 절차 없이 설계했을 때 전체적인 무선 성능 저하로 단말기 디자인이 변경되는 등 제작 일정에 차질이 생기는 경우가 많이 발생되고 있는 게 현실이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 안테나 효율 개선 및 body effect 최소화시키기 위해 소형화 기술인 칩 구조로 많은 연구와 노력이 진행되고 있다. 본 논문에서는 PCB 다층 구조 공정 기술을 이용하여 안테나 체적을 최소화하여 GSM900(Global System for Mobile 900) 대역 880~960 MHz, DCS(Digital Cellular System) 대역 1,710~1,880 MHz, PCS(Personal Communication System) 대역 1,850~1,990 MHz에서 사용할 수 있는 다중 대역 칩 안테나를 제안하였으며, 기존의 착탈식 부착이 아닌 SMD(Surface Mount Devices) 공법을 이용하여 양산성을 크게 향상시켰다.

II. 칩 안테나 설계

실제 제작하고자 하는 PCB 다층 구조 구성도를 그림 1에 나타내는데, 유전율이 4.4이고, 두께가 1.5

Copper Plating	0.017mm
Bonding(Epoxy)	0.4mm
PCB(FR-4)	1.5mm
Bonding(Epoxy)	0.2mm
PCB(FR-4)	1.5mm
Copper Plating	0.035mm
Bonding(Epoxy)	0.4mm
Copper Plating	0.017mm

그림 1. PCB 다층 구조
Fig. 1. PCB multi layer structure.

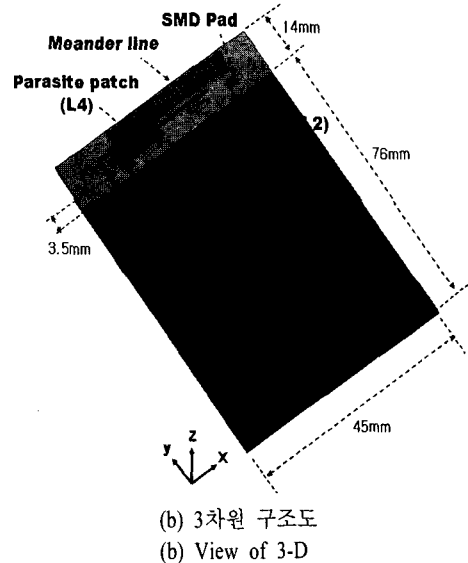
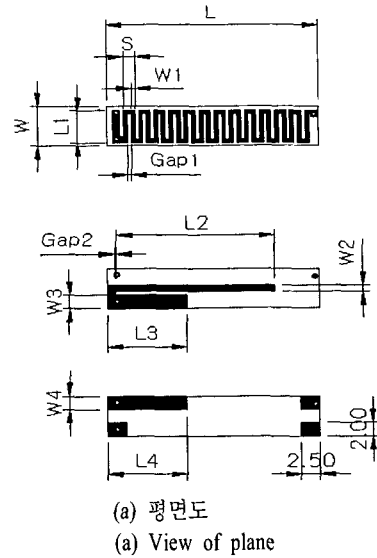


그림 2. 제안한 안테나 구조도
Fig. 2. Geometry of the proposed antenna.

mm인 FR-4 기판을 중간층에, 동 도금을 상·하위층에 적층하였고, 각 층별 연결되는 부분은 유전율이 5인 에폭시와 0.5 mm인 비아홀로 연결하였다.

본 논문에서 제안한 안테나 구조는 그림 2에 나타냈으며, (a)는 각 층 평면도이며, (b)는 PCB 그라운드 조건을 포함한 3차원 구조도를 나타낸다. 상층은 GSM900 대역을 구현하기 위해 미앤더 라인 구조로 설계했는데, 최대한 공간 효율을 높이기 위해 비아홀로 급전선과 접지면의 각 패드와 연결하였으며,

중간층의 방사체와 상호 간섭을 최소화하기 위하여 PCB 기판 2개를 적층하여 최대한 간격을 주어 설계하였다. DCS, PCS 대역은 중간층에 독립된 방사체(L₂)를 급전선과 간격(Gap2)을 주고^[10], 상위 대역에 공진하는 방사체(L₃)를 추가하여 대역폭을 향상시켰다. 하층에는 안테나를 기판에 장착하기 위해 납땜용 SMD 패드로 되어 있는데, 급전과 접지선을 SMD 패드에 연결하였으며, 접지되는 패드에는 기생 패치(L₄)를 추가하여 중간층의 방사체와 커플링 결합으로 상위 밴드의 임피던스 특성을 조절하여 설계하였다. PCB 다층 구조에서 상층에 미앤더 라인만 구성하고 폭(W₁)과 간격(Gap1)을 0.5 mm로 설계했을 때 전류 분포를 그림 3에 나타냈는데, 미앤더 라인 수직의 각 라인 별 전류 방향은 서로 반대 방향이므로 서로 상쇄되는 장(field)을 형성하게 되며, 수평의 전류 방향은 서로 같은 방향이기 때문에 방사 조건 최대 변수는 미앤더 라인 폭(W₁)임을 알 수가 있다. 그림 4는 미앤더 라인(S)을 12개로 하고, 폭(W₁), 간격(Gap1)의 전체 길이를 1 mm로 고정한 후 각 변수간의 길이 변화에 따른 반사 손실을 나타냈다. 폭(W₁)이 증가하고, 간격(Gap1)이 좁아질수록 인덕턴스 성분이 감소해 공진 주파수는 높아지지만 미앤더 라인간의 상호 결합으로 반사 손실은 좋아짐을 알 수 있으며, 최적의 변수 값을 도출할 수 있다.

DCS, PCS 대역을 구현하기 위해 중간층에 독립된 방사체(L₂)를 급전선과 간격(Gap2)을 두고, 길이 변화에 따른 반사 손실을 그림 5에 나타냈는데, 길이가 증가할수록 공진 주파수는 낮아지지만 임피던스 정합이 최적화 되지 않아 반사 손실 및 대역폭이 좁아 광대역 특성을 얻기에는 문제가 있다. 따라서 상 위 대역의 대역폭을 만족하기 위해 방사체(L₂)의 길이를 21 mm로 고정한 후 중간층에 별도의 방사체

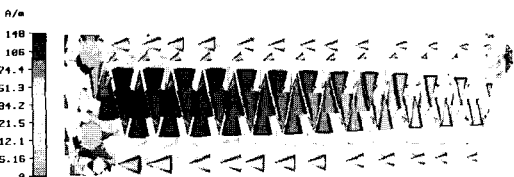


그림 3. 동작 주파수(850 MHz)에서 미앤더 라인의 전류 분포

Fig. 3. Current distribution at operating frequency(850 MHz).

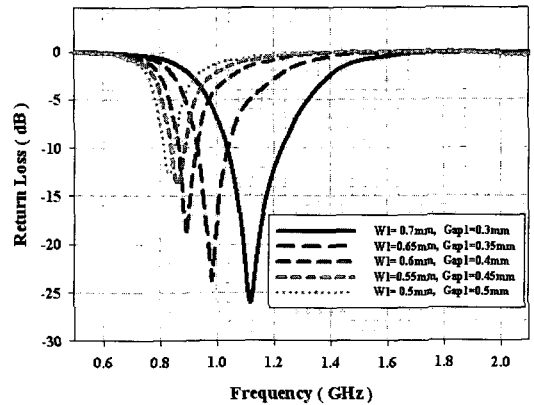


그림 4. 미앤더 라인 폭(W₁), 간격(Gap1)에 따른 반사 손실 비

Fig. 4. Return loss ratio a meander line width(W₁) & Gap(Gap1).

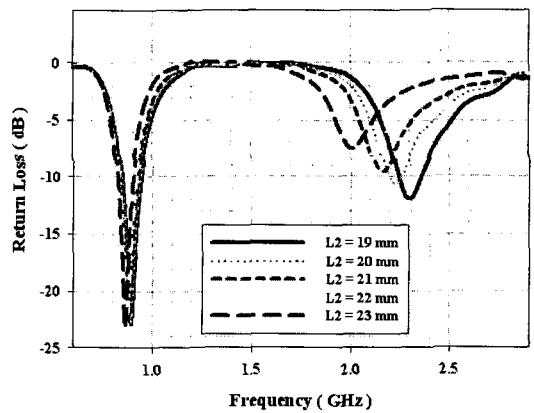


그림 5. 라인 길이(L₂)에 따른 반사 손실 비

Fig. 5. Return loss ratio a line length(L₂).

(L₃)를 추가하여 그림 6과 같이 방사체(L₂)와 서로 합쳐진 대역폭을 얻을 수 있지만, 길이가 길어질수록 임피던스 특성은 최적화 되지 못함을 알 수가 있다.

본 논문에서는 DCS, PCS 대역 주파수를 만족하기 위하여 그라운드 패드에 기생 패치(L₄)를 추가한 구조를 제안하였는데, 중간층에 구성된 방사체(L_{2,3})와 커플링 효과로 방사 소자가 가지는 커패시턴스와 인덕턴스 성분을 기생 패치(L₄)의 길이 변화에 따라 조절할 수 있음을 확인하였다. 그림 7은 기생 패치(L₄)의 길이(4~12 mm) 변화에 따라 (a)는 0.85~1 GHz, (b)는 1.7~2 GHz 대역의 임피던스 특성을 나타내는데, GSM900 대역의 임피던스 변화는 거의 없

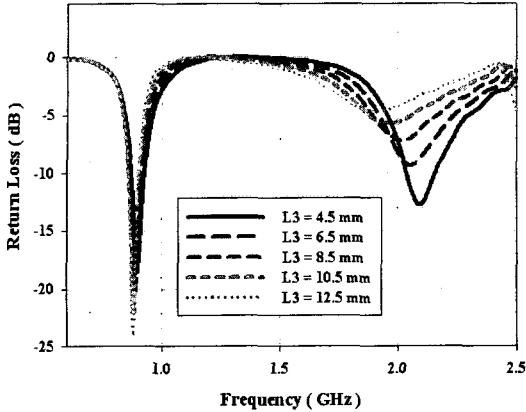
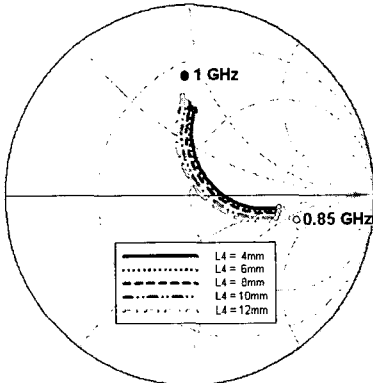
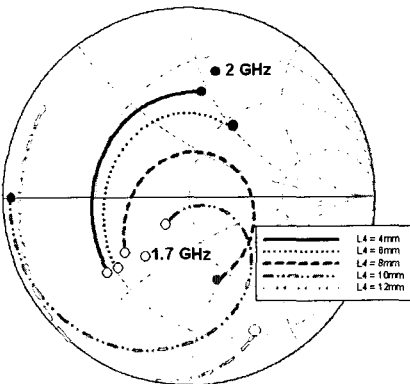


그림 6. 라인 길이(L_3)에 따른 반사 손실 비
Fig. 6. Return loss ratio a line length(L_3).



(a) 임피던스 변화(0.85~1 GHz)
(a) Impedance variation(0.85~1 GHz)



(b) 임피던스 변화(1.7~2 GHz)
(b) Impedance variation(1.7~2 GHz)

그림 7. 기생 패치(L_4)의 길이(4~12 mm) 변화에 따른 임피던스 변화
Fig. 7. Impedance variations with the different parasite patch(L_4) length(4~12 mm).

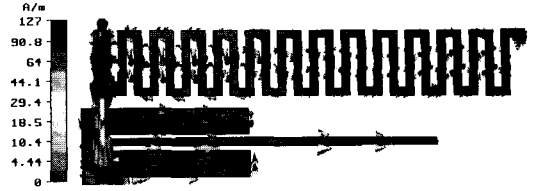


그림 8. DCS, PCS 대역(1,850 MHz)에서 전류 분포
Fig. 8. Current distribution in the DCS and PCS band (1,850 MHz).

표 1. 구조 변수 값

Table 1. The value of the design parameter.

L	28 mm	안테나 길이
W	6 mm	안테나 폭
S	1.6 mm	미옌더 라인
W_1	0.6 mm	미옌더 라인 간격
Gap1	0.4 mm	미옌더 라인 폭
L_2	21 mm	2번 라인 길이
W_2	0.8 mm	2번 라인 폭
Gap2	0.2 mm	2번 라인과 급전선간의 폭
L_3	8 mm	3번 라인 길이
W_3	1.7 mm	3번 라인 폭
L_4	8 mm	4번 라인 길이
W_4	1.7 mm	4번 라인 폭
Via_H	0.5 mm	다층 구조 간 비아 홀 두께
Pad	2.5×2 mm	SMD 패드 크기

이 DCS, PCS 대역의 임피던스 특성을 기생 패치(L_4) 길이 변화에 따라 최적화 할 수 있음을 알 수 있으며, 삼중 대역에서 동작하는 안테나를 제안할 수가 있다. 그림 8은 DCS 및 PCS 대역 동작 주파수인 1,850 MHz의 전류 분포를 나타내며, 급전부 및 방사체에 전류가 고르게 분포됨을 알 수 있다. 제안된 안테나 구조 변수 값은 표 1에 나타났다.

III. 제작 및 측정

안테나 크기는 길이 28 mm, 폭 6 mm, 높이 4 mm로 제작했으며, 실제 제작된 안테나의 측면, 하, 상층 구조를 그림 9에 나타내었다.

테스트 기판에 장착된 급전부는 그림 10과 같이 유전율이 4.4이고, 높이가 1.6 mm인 FR-4 기판을 사용하였고, 그라운드 조건은 현재 상용되고 있는 단

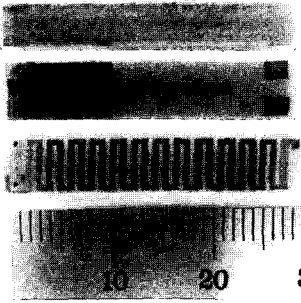


그림 9. 제작된 안테나
Fig. 9. The fabricated antenna.

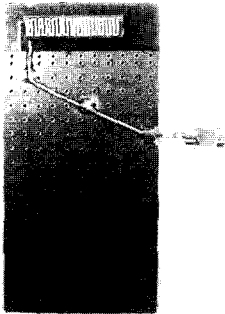


그림 10. 테스트 기판에 장착된 안테나
Fig. 10. Installation of designed antenna to test jig.

말기 그라운드 조건과 비슷한 45×90 mm로 제작 및 측정하였다. 표 1의 구조 변수 값을 이용하여 모의 실험과 제작 측정한 반사 손실을 그림 11에 나타냈다. 측정은 Agilent사의 E5071B로 측정했으며, 측정 결과(VSWR<3) GSM900 대역에서는 90(875~965)

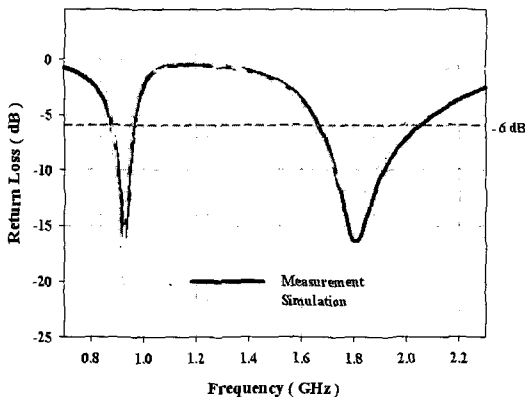


그림 11. 시뮬레이션 및 측정 결과
Fig. 11. The simulated and measured results.

표 2. 제안된 안테나 방사 패턴 측정 데이터

Table 2. Measured radiation pattern for the proposed antenna.

Band	Frq [MHz]	Plane	Peak gain [dBi]		Average gain [dBi]	
			Co-polarization	Cross-polarization	Co-polarization	Cross-polarization
GSM 900	880	H	-0.38	-10.85	-1.97	-15.68
		E1	-1.43	-9.29	-5.19	-12.45
		E2	-1.10	-5.35	-4.94	-7.98
	960	H	0.24	-11.52	-0.94	-15.65
		E1	0.25	-11.07	-3.48	-13.65
		E2	-0.09	-5.95	-3.58	-8.44
DCS 1800	1,710	H	2.21	-6.19	-1.94	-11.87
		E1	3.65	-10.03	-1.94	-12.48
		E2	1.30	-4.72	-3.52	-9.06
	1,880	H	1.95	-7.16	-2.88	-12.48
		E1	2.78	-10.31	-2.11	-13.71
		E2	-0.20	-1.06	-5.14	-5.14
PCS 1900	1,850	H	2.71	-6.18	-2.17	-11.35
		E1	3.30	-8.93	-1.78	-12.33
		E2	0.50	-0.88	-4.53	-4.99
	1,990	H	-0.93	-7.59	-5.44	-11.05
		E1	1.35	-10.15	-2.73	-14.53
		E2	-1.59	0.11	-6.85	-3.89

MHz, DCS, PCS 대역에서는 380(1,670~2,050) MHz 대역폭을 얻었다. 제작 시 적층 구조의 공정 공차 및 측정상의 오차로 주파수 및 대역폭의 변동은 있었지만, 모의 실험과 유사한 반사 손실 특성을 나타내었다.

그림 12는 전파 무반사실에서 E1, E2, H-plane상의 2-D 이득을 측정한 방사 패턴을 나타내며, 측정값은 표 2에 정리하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 미엔더 라인 피파 구조와 기생 패치를 이용하여 휴대 단말기용 다중 밴드 칩 안테나를 제안하였다. 안테나 전체 면적은 28×6×4 mm³이며, 측정 결과 대역폭(VSWR<3)은 GSM900 대역 90 MHz, DCS, PCS 대역에서는 380 MHz를 얻었다. 각 공진 주파수의 최대 이득은 0.25, 3.65, 3.3 dBi를 얻

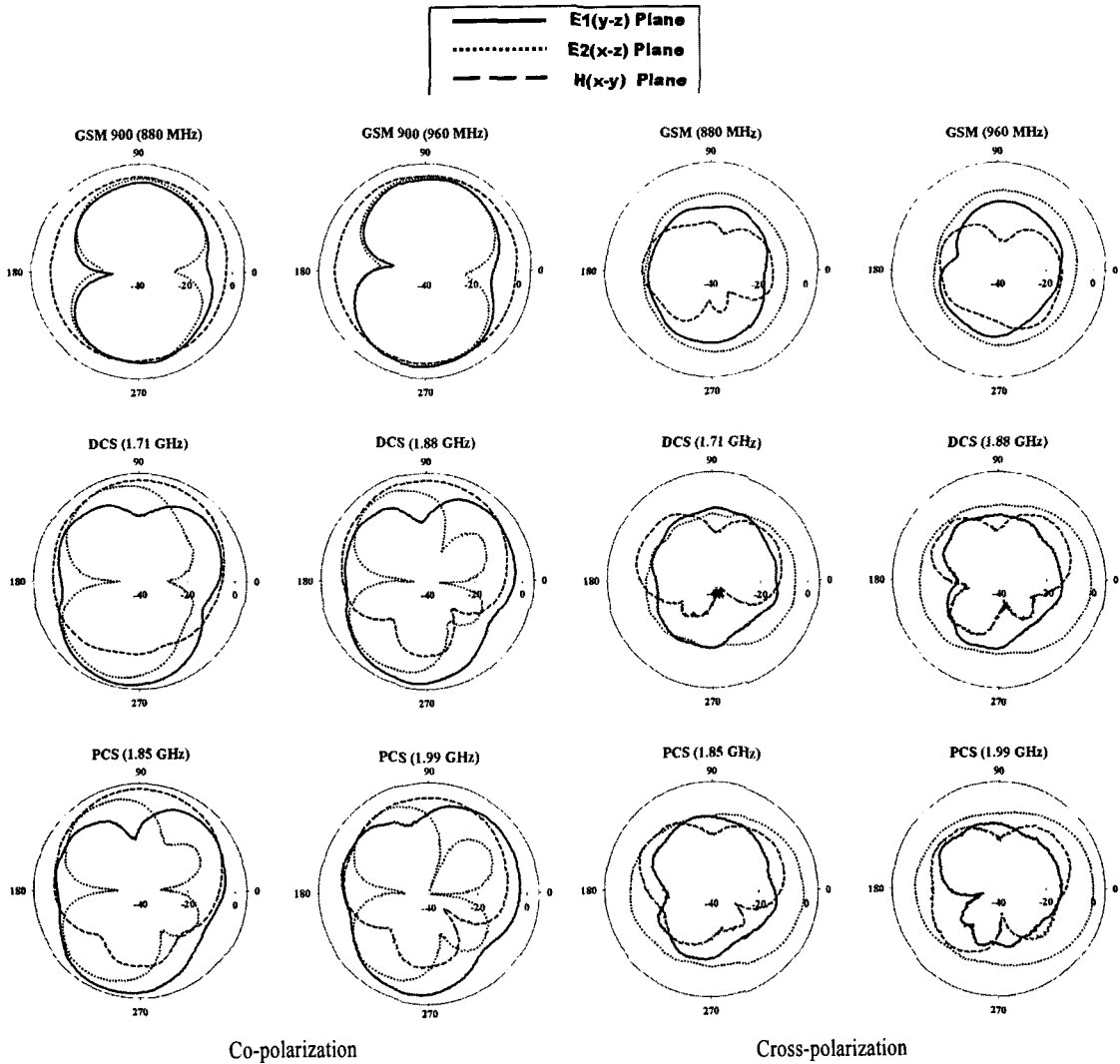


그림 12. 측정된 방사 패턴
Fig. 12. Measured radiation patterns.

었으며, 무지향성 방사 패턴 특성을 보였다. 본 논문을 통하여 현재 내장형 안테나에서 주로 사용되는 착탈식 부착이 아닌 SMD 공법을 이용해 양산성을 크게 향상시켰고, 안테나 체적을 소형화하여 다중 밴드에 적용 가능성을 보임으로써 휴대 단말기용 칩 안테나 설계에 유용할 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] Kin-Lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Communication*, Wiley-Interscience, 2003.
[2] K. Fujimoto, J. R. James, *Mobile Antenna Systems*

Handbook, Artech House, 1994.

[3] S. -H. Yeh, K. -L. Wong, T. -W. Chiou, and S. -T. Fang, "Dual-band planar inverted F antenna for GSM/DCS mobile phones", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 51, no. 5, pp. 1124-1126, May 2003.
[4] C. W. Chiu, F. L. Lin, "Compact dual-band PIFA with multiresonators", *Electron. Lett.*, vol. 38, pp. 538-540, 2002.
[5] D. Manteuffel, A. Bahr, D. Heberling, and I. Wolff, "Design considerations for integrated mobile phone antennas", in *Proc. 11th Int. Conf. Antennas and Propagation*, vol. 1, pp. 252-256, 2001.

[6] Y. J. Wang, C. K. Lee, W. J. Koh, and Y. B. Gan, "Design of small and broad-band internal antennas for IMT-2000 mobile handsets", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, pp. 1398-1403, Aug. 2001.

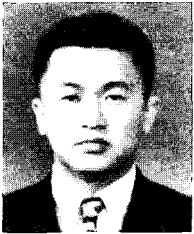
[7] K. Fujimoto, "Small-sized antenna", *IEICEJ*, vol. 60, pp. 391-397, 1977.

[8] K. Fujimoto, "Trend of research for small-sized antenna", *IEICEJ*, vol. 70, pp. 830-838, 1987.

[9] Hisamatsu Nakano, *Helica and Spiral Antennas*, John Wiley & Sons, Inc.

[10] K. Rutkowski, G. J. Hayes, "Multiple frequency band branch antennas for wireless communications", *U.S. Patent*, no. 6198442, Mar. 2001.

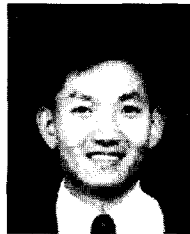
조 인 호



1998년 2월: 광주대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 전남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2002년 2월~현재: 전남대학교 전자정보통신공학과 박사과정
 2004년 12월~현재: (주)에이스안테나

나 책임연구원
 [주 관심분야] 이동통신 안테나, 초고주파 회로 설계

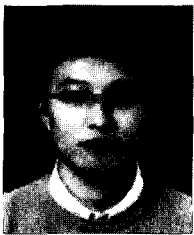
이 용 희



1991년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 한국항공산업대학원 정보통신공학과 (공학석사)
 2001년 3월~현재: 한국항공대학교 박사과정
 1991년 6월~현재: (주)에이스안테나

나 연구이사
 [주 관심분야] 이동통신 안테나, 초고주파 회로 설계

정 진 우



2005년: 전남대학교 정보통신공학부 전자공학전공 (공학사)
 2007년: 전남대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
 2007년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계

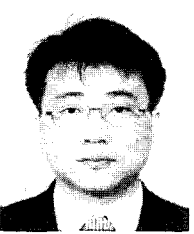
이 현 진



1982년: 조선대학교 전기공학과 (공학사)
 1990년: 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
 1996년: 전남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1997년~1998년: 펜실베이니아 주립대학 방문교수

1991년~현재: 동강대학 전기전자공학과 교수
 [주 관심분야] 소형안테나 설계 및 해석, E/M 해석

이 천 희



1994년 2월: 한남대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1996년 2월: 한남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2002년 3월~현재: 인하대학교 정보통신대학원 박사과정
 1996년 1월~현재: (주)에이스안테나

나 수석연구원
 [주 관심분야] 이동통신 안테나, 초고주파 회로 설계

임 영 석



1980년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1989년: 전북대학교 전자공학과 (공학박사)
 1984년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

[주 관심분야] 전자파 해석, RF 소자설계, 초고주파 회로 설계