

휴대폰 몸체 전류 변화를 이용한 안테나 특성 연구

Effects of the Case Currents of Mobile Phone on the Antenna Characteristics

김재희 · 박세현* · 김영일* · 박위상

Jae Hee Kim · Se Hyun Park* · Young Eil Kim* · Wee Sang Park

요 약

휴대폰 몸체 전류 변화를 이용하여 PIFA의 방사 패턴을 변화시키고, 휴대폰용 모노폴 안테나의 대역폭을 증가시키는 방법을 소개한다. 방사 패턴 변화를 위하여 후엽을 억제하는 변형된 접지면 구조를 제안하였으며, 그 결과 변형하기 전보다 0.5 dB의 이득 향상을 가져왔다. 대역폭 증가를 위하여 모노폴 안테나에 두 개의 공진 주파수를 형성시키도록 평행한 두 개의 기생 도체선을 추가하는 방법을 제안하였다. 대역폭은 341 MHz로 기존의 모노폴 안테나 구조보다 2배 이상 향상되었다.

Abstract

We present two effects of the case currents of a mobile phone on changing the radiation pattern of a PIFA and on enhancing the bandwidth of the monopole antenna. In order to change the radiation pattern, a modification of the ground plane is suggested to suppress the back radiation. The resulting gain is higher than that of a conventional PIFA by 0.5 dB. For enhancing the bandwidth, two parasitic metallic lines are added in the direction orthogonal to the monopole to induce double resonances. The impedance bandwidth of the proposed structure is 341 MHz, which is nearly twice of that of the conventional monopole.

Key words : Case Currents, PIFA(Planar Inverted F Antenna), Monopole, Radiation Pattern, Bandwidth

I. 서 론

최근 이동 통신 단말기 수요가 급증하면서 전자파에 대한 연구가 날로 증가하고 있다. 휴대폰으로부터 방사되는 전자파는 인체와 매우 근접해 있으므로 작은 변화에도 인체에 큰 영향을 미친다. 휴대폰으로부터 방사되는 전자파를 조절할 수 있으면, 현재 문제가 되고 있는 전자파 비흡수율(SAR: Specific Absorption Rate)을 낮출 수 있을 뿐만 아니라 특정 방향으로 이득을 높여 전체 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 하지만 아직까지 휴대폰 안테나의 방사

패턴을 조절하여 특정 방향으로의 방사를 억제하거나 향상시키는 연구는 미비하다. 또한 휴대폰에 장착될 수 있는 공간이 제한적이기 때문에 안테나의 변형이 힘들게 된다. 그래서 최근에는 접지면의 변화를 이용하여 PIFA의 대역폭 향상을 가져온 논문이 발표되었다^[1].

본 논문에서는 휴대폰 구조를 크게 변형시키지 않고 몸체 안의 전도성 페인트를 이용하여 휴대폰 몸체의 전류를 제어해 안테나의 방사 패턴과 대역폭을 조절하는 방법에 대해서 살펴본다. 휴대폰 내장형 안테나인 PIFA의 구조의 접지면에 다수의 얇은 도체

포항공과대학교 전자전기공학과(Department of Electronic and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Technology)

*삼성종합기술원 임베디드 시스템 솔루션 연구실(Embedded System Solution Lab., Samsung Advanced Institute of Technology)

· 논문 번호 : 20061103-05S

· 수정완료일자 : 2007년 1월 24일

선을 추가한 변형된 접지면을 사용하여 프링징 전계 (fringing field)를 억제시켜 브로드사이드 방향으로의 이득을 향상시키는 방법을 제안하였다. 그리고 모노 폴 타입 휴대폰 안테나에 두 개의 기생 도선을 이용하여 추가적인 공진을 발생시켜 안테나의 대역폭을 증가시키는 방법을 제안하였다. 두 가지 제안된 구조는 모두 휴대폰 내의 전도성 페인트를 이용하여 쉽게 구현할 수 있으며, 몸체 전류를 이용하고 있다.

II. 방사 패턴 변화를 위한 몸체 전류 제어

그림 1은 기준으로 삼을 휴대폰용 PIFA 구조를 나타낸다^[2]. PIFA의 접지면은 휴대폰의 전체 크기에 해당하고, 가로(w)는 45 mm이며, 세로(l)는 90 mm이다. 방사 패치는 접지면으로부터 높이(h) 5 mm 간격을 두고 있고 접지면의 가장 위쪽에 위치한다. 그리고 가로(w_1) 20 mm이고 세로(l_1) 18 mm이며 급전 라인의 두께(t)는 2 mm이다. 급전 라인의 한 쪽 끝은 접지면과 접지 핀으로 연결되어 있다. 이 파라미터 값은 표 1에 나타내었고, 900 MHz에서 동작하도록 설계했다.

그림 2는 제안된 PIFA의 접지면 뒷면이다. 앞면은 그림 1과 같은 일반적인 PIFA와 동일하고 접지면 반대 면에 1 mm 정도의 도체 선을 접지면과 2 mm 떨어져 배열하였다. 그리고 접지면 아래쪽을 다수의 얇은 도체선과 연결하였다. 자세한 파라미터 값은 표 2에 나타내었다.

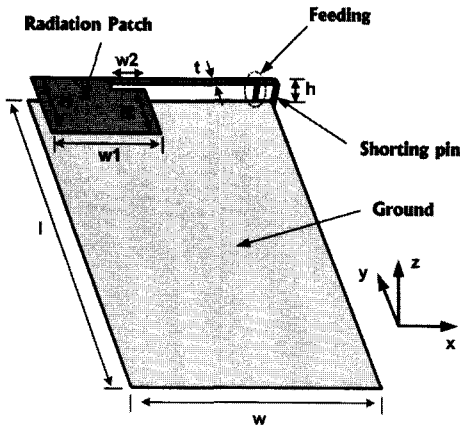


그림 1. 900 MHz에서 동작하는 PIFA
Fig. 1. PIFA operating at 900 MHz.

표 1. 그림 1의 각 파라미터 값
Table 1. Parameter value of Fig. 1.

기호	수치(mm)	기호	수치(mm)
l	90	w	45
l_1	18	w_1	20
l_2	14	w_2	6
t	2	h	5

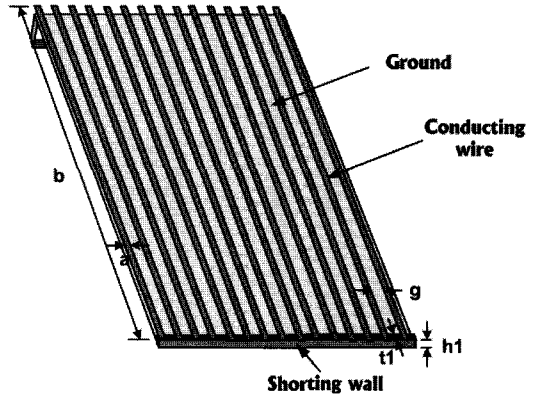
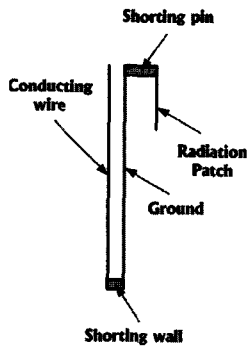


그림 2. 변형된 접지면 평면의 뒷면 구조
Fig. 2. The back of proposed structure.

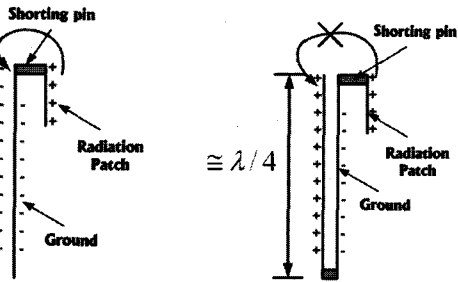
표 2. 그림 2의 각 파라미터 값
Table 2. Parameter value of Fig. 2.

기호	수치(mm)	기호	수치(mm)
a	1	t_1	1
b	90	h_1	2
g	2		

그림 2의 파라미터 값 중 b 는 90 mm로 안테나의 동작 주파수 900 MHz 파장의 1/4배보다 약간 큰 값을 가진다. 그림 3의 (a)는 제안된 PIFA의 옆면을 보여주며, (b)와 (c)에서 일반적인 PIFA와 제안된 PIFA의 전하 분포에 따른 전계를 보여준다. 그림 3의 (b)에서 보는 바와 같이 일반적인 PIFA의 경우, 방사 패치와 접지면이 서로 반대 위상을 가지기 때문에 PIFA 위쪽 면에 프링징 전계가 형성되지만, 제안된 구조를 사용하게 되면 (c)에서 보는 바와 같이 접지면 뒤쪽 도체면은 접지면과 180도 위상차를 가지기 때문에 방사 패치와는 동일 위상이 되어 프링징 전계가 형성되지 않는다. 이는 방사 패치와 접지면 뒷면으로



(a) 제안된 PIFA의 옆면
(a) Side view of proposed structure



(b) PIFA의 전하 분포 (c) 제안된 PIFA의 전하 분포
(b) Charge distribution of conventional PIFA (c) Charge distribution of proposed structure

그림 3. 제안된 구조의 옆면과 각 구조의 전하 분포
Fig. 3. Side view of proposed structure and charge distribution.

돌아 들어가는 전계를 억제함으로써 전체적인 방사 패턴에 영향을 미치게 된다.

제안된 안테나를 시뮬레이션 하기 위해 CST사의

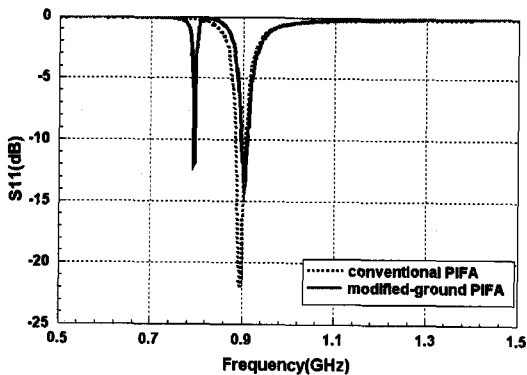
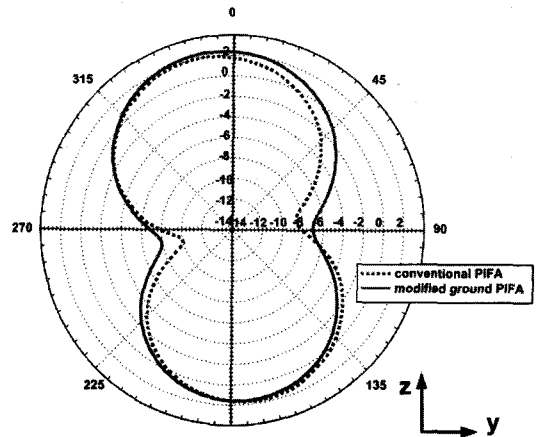
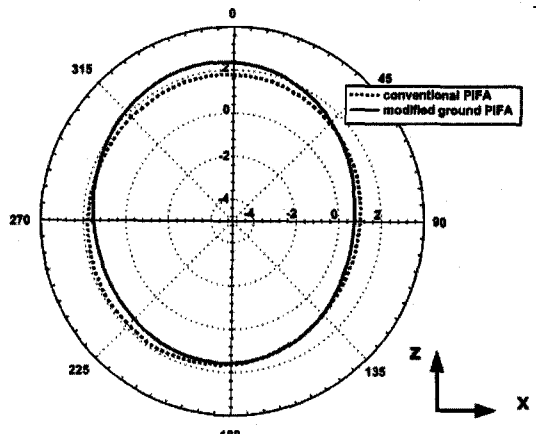


그림 4. 일반적인 PIFA와 제안된 PIFA의 S_{11}
Fig. 4. S_{11} of conventional PIFA and proposed structure.

MWS(Microwave Studio) ver 5.0을 사용했다. 그림 4는 일반적인 PIFA 안테나의 S_{11} 과 제안한 변형된 접지면을 사용한 PIFA의 S_{11} 을 보여준다. 안테나의 동작 주파수인 900 MHz에서 일반적인 PIFA는 -14.6 dB 변형된 접지면을 이용한 PIFA는 -11.8 dB로 안테나로써 잘 동작함을 알 수 있다. 그림 5는 900 MHz에서 x-z 평면과 y-z 평면의 방사 패턴을 보여준다. 방사 패턴을 살펴보면 모두 -z 방향으로 방사가 줄어들고 +z 방향으로 방사가 늘어났고, 지향성이 향상된 것을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 결과, 일반적

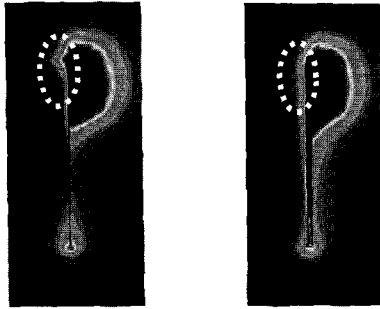


(a) y-z 평면 방사 패턴
(a) Radiation pattern at y-z plane



(b) x-z 평면 방사 패턴
(b) Radiation pattern at x-z plane

그림 5. 일반적인 PIFA와 제안된 PIFA의 방사 패턴
Fig. 5. Radiation pattern of conventional PIFA and proposed structure.



(a) 일반적인 PIFA (a) Conventional PIFA
(b) 제안된 PIFA (b) Proposed structure

그림 6. 전계 에너지 밀도 분포
Fig. 6. Field intensity distribution.

인 PIFA의 이득은 2 dB이고 변형된 접지면을 가지는 PIFA의 이득은 2.5 dB로 0.5 dB의 이득이 향상되었다. 그림 6은 일반적인 PIFA와 변형된 접지면을 가지는 PIFA의 옆면에 대한 전계 에너지 밀도 분포를 보여주고 있다. 그림 6의 (a)는 일반적인 PIFA이며, (b)는 제안된 구조이다. 그림을 통하여 처음 구조를 제안하면서 예상하였던 것과 같이 변형된 구조에서는 일반적인 PIFA에 비해 안테나 위쪽의 프린징 전계가 뒤쪽으로 덜 생기는 것을 확인할 수 있다.

III. 대역폭 증가를 위한 몸체 전류 제어

대역폭 증가를 위해 제안한 구조는 그림 7과 같다. 기존의 휴대폰형 모노폴 안테나의 접지면 위쪽 부분에 두 개의 기생 도체를 이용하였다. 모노폴의 직경은 0.6 mm이고 길이는 70 mm이다. 접지면의 크기는 37 mm×70 mm이고 휴대폰의 PCB 기판이라 가정하였다. 접지면과 기생 도체선의 두께는 0.1 mm이고, 기생 도체선의 크기는 37 mm×3 mm이다. 기생 도체선은 그림 7에서 보듯이 접지면의 왼쪽 윗부분과 접지면으로 이어져 있다. 두 기생 도체선 사이의 간격은 2 mm이다. 이와 같은 구조를 사용하게 되면 그림 8에서 살펴보는 바와 같이 두 개의 전류 패스를 형성하게 된다. 그림 8의 '1'번 전류 패스는 일반적인 모노폴 안테나의 전류 패스와 유사하며 낮은 공진 주파수를 결정하고 '2'번 전류 패스는 기생 도체선과 접지면에 의해서 추가적으로 형성되는 것으로 높은 공진 주파수를 결정한다. 두 개의 전류 패스 길이는 각각

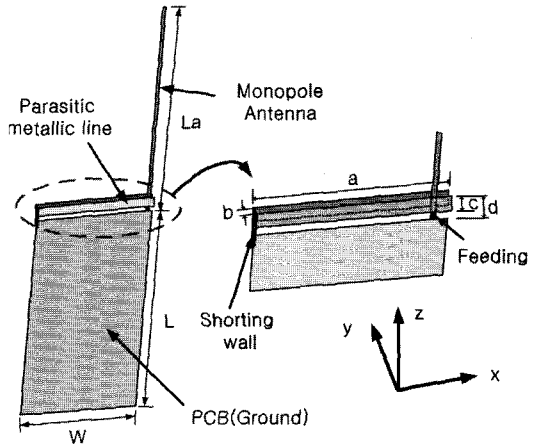


그림 7. 대역폭 증가를 위한 제안된 구조. $La=70$ mm, $L=70$ mm, $W=37$ mm, $a=37$ mm, $b=2$ mm, $c=3$ mm, $d=5$ mm
Fig. 7. The geometry of the proposed antenna, $La=70$ mm, $L=70$ mm, $W=37$ mm, $a=37$ mm, $b=2$ mm, $c=3$ mm, $d=5$ mm.

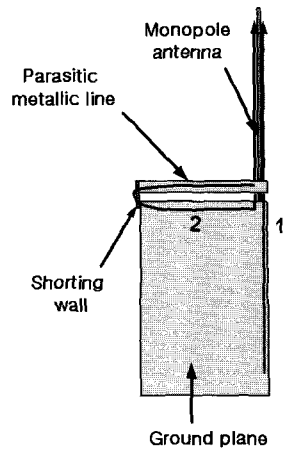


그림 8. 제안한 구조의 전류 분포
Fig. 8. Two surface current paths of the proposed structure.

의 공진 주파수의 반파장에 해당한다. 그림 7에서 기생 도체선의 길이(a)와 폭(c)을 조절함으로써 전류 패스 '2'를 조절하여 높은 공진 주파수를 결정할 수 있다. 기생 도체선의 길이의 경우, 일반적으로 입력 임피던스에 영향을 많이 미치게 되므로 폭으로 공진 주파수를 결정하며, 낮은 공진 주파수와 근접하게 디자인하여 광대역 특성을 얻을 수 있다^{[3]-[5]}.

그림 7에서 ' d '의 길이는 고정하고 ' b '의 길이를 변

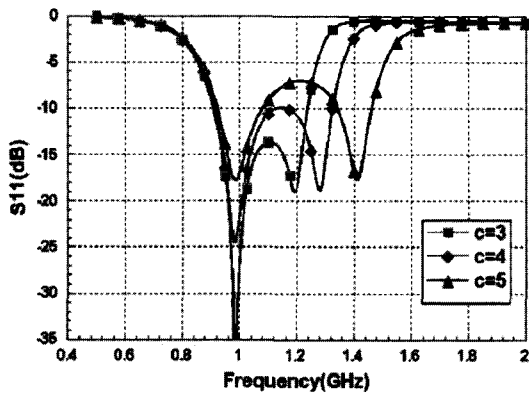


그림 9. 기생 도체선 폭(c)에 따른 S_{11}
 Fig. 9. Simulated S_{11} for the different lengths 'c'.

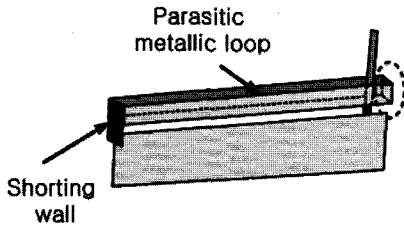


그림 10. 기생 도체 루프 구조
 Fig. 10. Modified structure.

화시켜가면서 안테나의 반사 손실을 살펴보았다. 그림 9에서 살펴보는 바와 같이 기생 도체선 폭(c)이 증가할수록 공진 주파수는 높아지게 된다. 왜냐하면

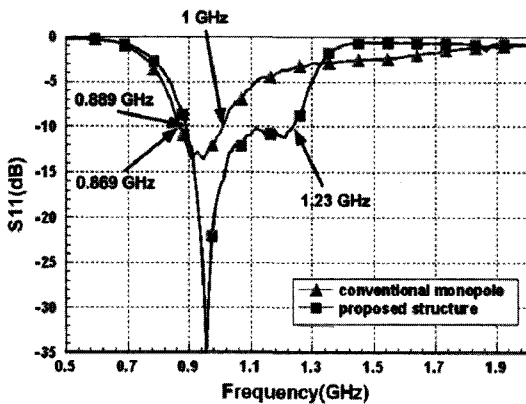


그림 11. 기존의 휴대폰형 모노폴 안테나와 제안된 구조의 측정된 S_{11}
 Fig. 11. Measured S_{11} of conventional monopole and proposed structure.

폭이 증가하게 되면 기생 도체면의 넓어지면서 접지면과 가까워지기 때문에 전류 패스가 짧아지기 때문이다. 이런 결과를 바탕으로 최적의 대역폭 확보를 위하여 기생 도체선의 폭을 3 mm로 결정하였다. 낮은 공진 주파수 결정은 모노폴 안테나의 길이(L)와 접지면의 길이(La)로 결정이 되며, 이 값은 높은 주파수에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 두 개의 공진 주파수가 근접하도록 독립적으로 디자인할 수 있다. 기생 도체선은 그림 10과 같이 기생 도체 루프로 대체할 수도 있으며, 이 또한 기생 도체선과 같은 광대역 특성을 가진다.

대역폭 증가를 위해 제안된 구조를 그림 7에서의 기본적인 디자인 파라미터를 바탕으로 제작 및 측정

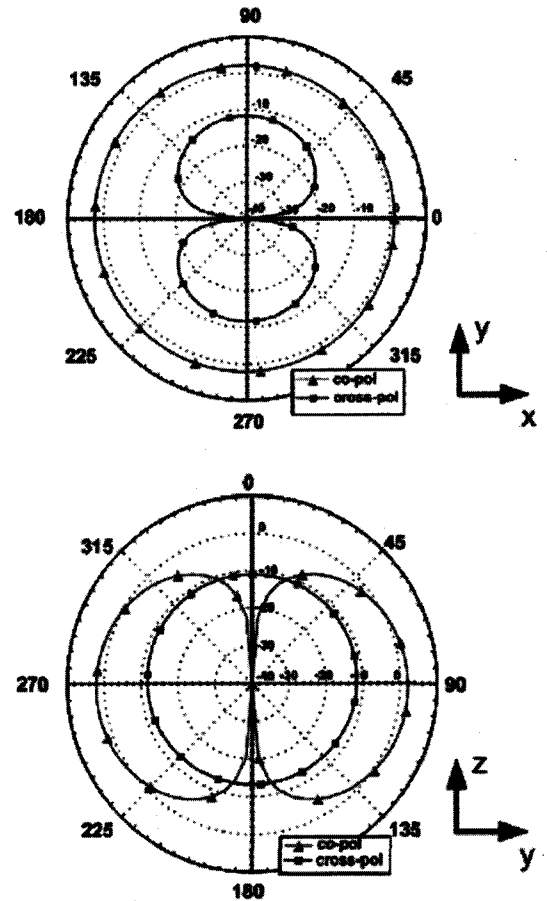


그림 12. 그림 7의 구조에 대하여 980 MHz에서 시뮬레이션한 방사 패턴
 Fig. 12. Simulated radiation patterns at 980 MHz for the proposed structure in Fig. 7.

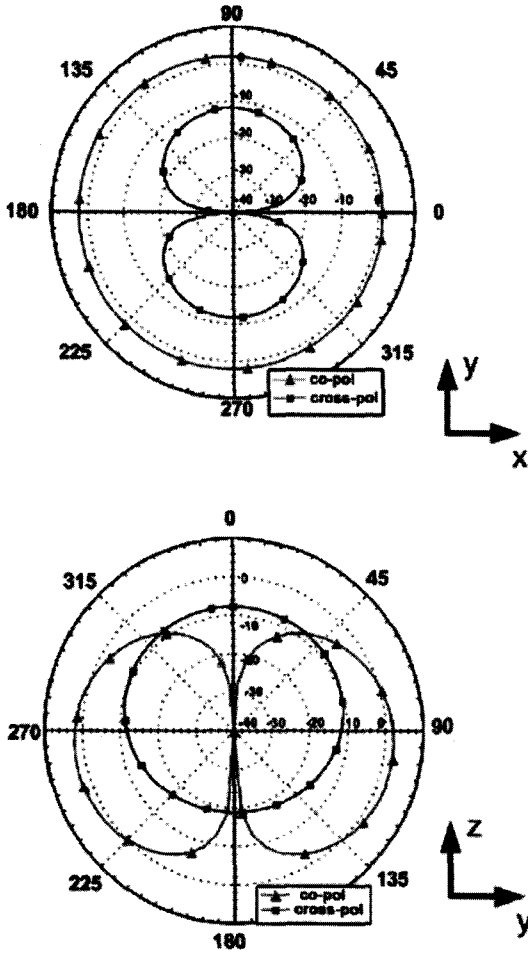


그림 13. 그림 7의 구조에 대하여 1.2 GHz에서 시뮬레이션한 방사 패턴
 Fig. 13. Simulated radiation patterns at 1.2 GHz for the proposed structure in Fig. 7.

을 해 보았다. 그림 11에서 보는 바와 같이 기존의 휴대폰형 모노폴 안테나는 대역폭이 133 MHz(0.867 ~ 1 GHz)인 것에 반해 제안한 구조는 대역폭이 341 MHz(0.889 ~ 1.23 GHz)로 거의 두 배에 해당한다. 이 결과를 바탕으로 모노폴형 휴대폰에 제안한 것과 같이 기생 도체선이 생기도록 휴대폰 케이스 내부에 전도성 페인트를 이용하면 대역폭 증가를 기대할 수 있다. 그림 7의 구조에 대하여 980 MHz와 1.2 GHz에서의 x-y, x-z 평면 방사 패턴은 그림 12와 그림 13에 나타내었다. 방사 패턴은 두 개의 주된 평면에 대해서 거의 무지향성을 나타낸다. 이는 일반적인 다이폴 안테나의 방사 패턴과 유사하다.

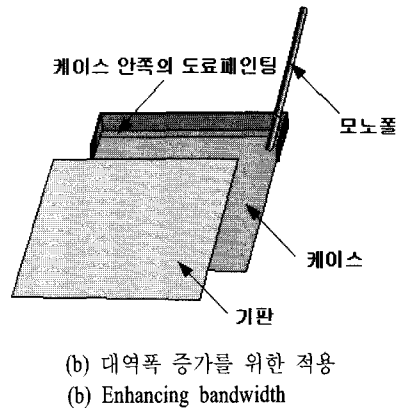
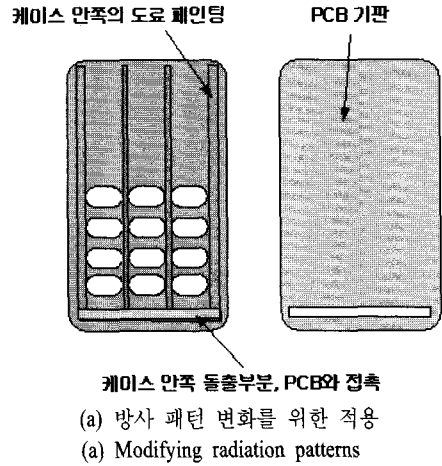


그림 14. 몸체 전류 적용가능 예
 Fig. 14. The application of case currents.

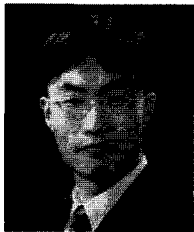
IV. 결 론

본 논문에서는 휴대폰의 몸체 전류를 이용하여 안테나 특성을 개선시킬 수 있는 방법을 살펴보았다. 일반적인 PIFA의 접지면 뒷면에 도체선을 수직으로 나열하고 접지면 아래쪽과 접촉시켜 방사 패턴을 변화시키는 구조를 살펴보고, 휴대폰형 모노폴 안테나의 접지면 위쪽에 추가적인 도체선을 만들어 대역폭을 증가시키는 방법을 살펴보았다. 이런 구조는 그림 14와 같이 휴대폰 케이스 내부의 전도성 페인트로 구현할 수 있으며 근본적으로 휴대폰의 몸체 전류를 이용하는 방법이다. 무선 장비의 소형화로 인한 안테나의 구조 변화가 힘들어지는 오늘날, 케이스의 전류 변화를 이용한 성능 향상 여부를 검증하였다.

참고 문헌

- [1] P. Lindberg, E. Ojefors, "A bandwidth enhancement technique for mobile handset antennas using wave-traps", *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 54, no. 8, pp. 2226-2233, Aug. 2006.
- [2] M. F. Abedin, M. Ali, "Modified the ground plane and its effect on planar inverted-F antennas(PIFAs) for mobile phone handsets", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 2, pp. 226-229, 2003.
- [3] Xu Jing, Zhengwei Du, and Ke Gong, "Compact planar monopole antenna for multi-band mobile phones", *Asia-Pacific Microwave Conference*, vol. 4, Dec. 2005.
- [4] Shun-Yun Lin, "Multiband folded planar monopole antenna for mobile handset", *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 52, no. 7, pp. 1790-1794, Jul. 2004.
- [5] Shaoqiu Xiao, Bing-Zhong Wang, Wei Shao, and Yan Zhang, "Bandwidth-enhancing ultralow-profile compact patch antenna", *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 53, no. 11, pp. 3443-3447 Nov. 2005.

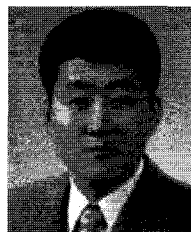
김재희



2004년 8월: 고려대학교 전기전자
전파공학부 (공학사)
2005년 3월~현재: 포항공과대학교
전자전기공학과 석·박사 통합
과정
[주 관심분야] 밀리미터파 빔 형성
안테나, 소형 안테나, Metamaterials

als

김영일



1989년 2월: 충남대학교 물리학과
(이학사)
1991년 2월: 충남대학교 물리학과
(이학석사)
1991년 2월~1996년 9월: 경북대학
교 센서기술연구센터 선임연구원
1996년 10월~2001년 2월: 삼성전자
(주) 중앙연구소 책임연구원

2001년 2월~현재: 삼성종합기술원 전문연구원
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, RFID, UWB 등

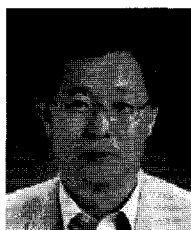
박세현



2000년 2월: 한국해양대학교 전파
공학과 (공학석사)
2003년 9월: 동경공업대학 전기전
자공학 전공 (공학박사)
2003년 10월~2004년 8월: 동경공
업대학 Post Doctor
2004년 9월~현재: 삼성종합기술원
전문연구원

[주 관심분야] Waveguide Slot Array Antenna, Millimeter Wave Antenna, Computational Electromagnetic Analysis, Small Antenna Design, MIMO Antenna Design.

박위상



1974년 2월: 서울대학교 전자공학
과 (공학사)
1982년 6월: University of Wisconsin
Madison 전자공학과 (공학석사)
1986년 8월: University of Wisconsin
Madison 전자공학과 (공학박사)
1976년 7월~1978년 11월: 삼성전
자공업주식회사

1984년 1월~1986년 8월: University of Wisconsin-Madison, TA 및 RA
1986년 8월~현재: 포항공과대학교 전자전기공학과 교수
[주 관심분야] Design of Microstrip Antennas, Full-wave Analysis of Microstrip Structures, Design of Passive Microstrip Devices by Network Modeling, Measurement and Simulation of EMI/EMC for Cellular Phones