

금속 몸체를 갖는 휴대단말기를 위한 MediaFLO/GPS/Bluetooth용 새시 모드 안테나의 설계

Design of MediaFLO/GPS/Bluetooth Chassis Mode Antenna for Mobile Handset with Metallic Body

정 강 재 · 이 병 제

Kang-Jae Jung · Byungje Lee

요 약

본 논문에서는 아래위로 7.6 mm의 간격을 갖고 있는 두 개의 금속판을 단락 핀으로 연결하고, 그 사이에 급전점을 위치시킴으로써 MediaFLO(Media Forward Link Only)/GPS(Global Positioning System)/Bluetooth 대역의 안테나 구현하였다. 안테나는 각각 사용 주파수 밴드별로 0.5 λ 슬롯 안테나와 단락된 패치 안테나의 배열로 해석이 가능하다. 제안된 안테나는 최근에 늘어나고 있는 금속 몸체를 갖는 이동 통신 단말기에서 별도의 안테나 없이, 단말기의 몸체를 안테나로 재활용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

Abstract

In this paper, a MediaFLO/GPS/Bluetooth antenna is designed for mobile handset with metallic chassis. It is consisted of two metal plates with 7.6 mm gap, a connection plate and source between two plates. It can be analyzed as U-slot antenna of 0.5 λ, array of shorted patches each application bands. Simulated and measured performance of the proposed antenna show that it has enough possibility to reuse metallic chassis itself as radiator without any additional space for antenna.

Key words : MediaFLO/GPS/Bluetooth, Metallic Chassis, U-Slot, Shorted Patches

I. 서 론

최근 이동 통신 사업자에서 공급하는 서비스의 종류는 계속해서 증가하고 있다. 이러한 현상은 본격적인 3G 시대로 접어들면서 점점 가속화되고 있다. 이러한 서비스 종류의 증가는 단말기 내부 부품 실장이 좀 더 집적화되어야 함을 의미한다. 현재 이러한 집적화 과정에서 가장 큰 난제는 단말기 내부에서 많은 공간을 차지하는 안테나의 배치이다. 또한, 부품 집적화에 따른 기구적인 취약함을 극복하기 위해, 금속 재질의 비중이 증가하는 것도 안테나의 효율적인 배치를 방해하는 난제 중 하나이다. 이

러한 문제점에 대한 해결책으로 단말기의 금속 몸체를 안테나로 재활용하는 많은 아이디어들이 제안되고 있다^{[1]~[3]}. 그 중에서 Peter Lindberg는 단말기 PCB에 슬롯을 추가하여, PCB(Printed Circuit Board)를 슬롯을 중심으로 두 개의 Arm을 갖는 다이폴 모드와 개방형 슬롯 모드로 동작시켜 넓은 대역폭을 갖는 안테나를 제안하였다^[4]. 이 방법으로 단말기 PCB 몸체를 매우 효율적인 안테나로 재활용하는 것이 가능함에도 불구하고, 슬롯 근처에 어떠한 금속 물체가 근접했을 때 급격한 성능 저하가 발생한다는 문제점이 있다. 특히 최근의 전면 터치폰과 같이 LCD(Liquid Crystal Display) 그라운드가 몹시 큰 경

광운대학교 전파공학과(Department of Wireless Communications Engineering, Kwang-Woon University)

· 논문 번호 : 20090407-036

· 수정완료일자 : 2009년 7월 28일

우에는 적용이 거의 불가능하다. 또한 Werner L. Schroeder는 폴더형(folder type) 단말기의 경우에 폴더부와 LCD 부 사이에 존재하는 힌지(hinge) 부근에 급전점을 만들어서, 단말기 몸체 전체가 하나의 큰 다이폴을 형성하였다^[5]. 이 방법은 폴더가 펼쳐진 상태에서는 매우 우수한 안테나 효율을 보이지만, 닫힌 상태에서는 거의 안테나로 동작하지 못하기 때문에, 폴더 이외의 form factor에서는 적용이 어려운 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 금속 배터리 케이스를 갖는 단말기 조건에서, 금속 몸체 자체를 안테나로써 재활용할 수 있는 가능성을 찾기 위하여, 아래위로 8 mm의 간격을 갖고 있는 60 mm×100 mm 크기의 두 개의 금속판을 단락 판으로 연결하고, 그 틈새에 급전하는 간단한 방법으로 다중 공진 특성을 구현하였다. 제안된 안테나는 HFSS 시뮬레이션과 2D 및 3D 방사 패턴 측정을 통하여 동작 원리와 안테나 방사 특성을 확인하였다. 결과적으로 이 안테나는 북미 방송 대역(MediaFLO, 716~722 MHz), 위치 추적 서비스 대역(GPS, 1,575.42 MHz), 블루투스(Bluetooth, 2,400~2,483.5 MHz) 대역을 커버할 수 있는 충분한 대역폭과 효율을 가지고 있음을 보였다. 안테나의 구동 원리는 간략화 모델로 보였다.

II. 제안된 안테나 구조 및 시뮬레이션 결과

그림 1은 CMA(Chassis Mode Antenna)의 구조와 상세 치수를 나타내고 있다. 안테나의 전체 크기는 100 mm×60 mm×8 mm이고, 0.2 mm 두께의 금속판(metal plate) 2개로 이루어져 있다. 이 2개의 금속판은 실제 단말기의 LCD 그라운드와 금속 재질의 배터리 케이스를 각각 간략화 시킨 것인데, 그림과 같이 하나의 급전점(source)이 존재하고 있으며, 이 급전점 x축 기준으로 대각선 대칭 방향으로 두 개의 금속판을 연결시켜 주는 단락판(shorting plate #1)이 위치하고 있다. 급전점 부근에 안테나의 입력 임피던스(input impedance)를 조절할 수 있는 또 다른 단락판(shorting plate #2)이 존재한다. 단락판 #2의 위치는 W_{offset} 이 10 mm일 때를 디폴트(default) 상태로 가지고 있다. 그림 2(a)는 단락판 #2의 존재 유무에 따른 안테나의 반사 손실의 변화를 보여주는 시뮬레이션 결과이다. 단락판 #2가 존재하지 않았을 경우

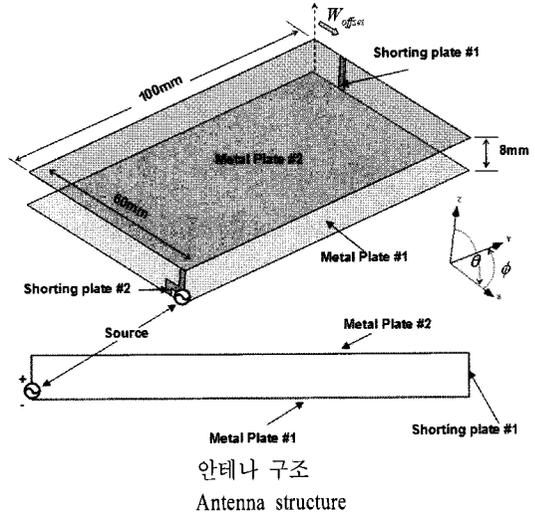
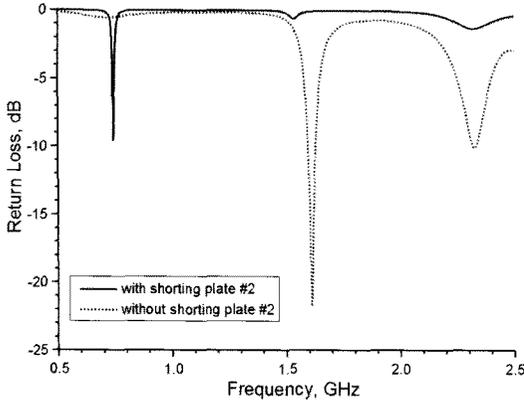


그림 1. 제안된 CMA의 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed CMA.

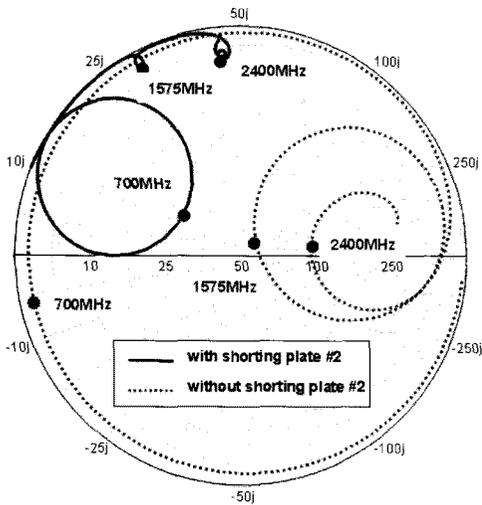
에는 0.704 GHz, 1.61 GHz, 2.33 GHz에서 안테나 공진 특성이 관찰된다. 하지만 0.704 GHz에서는 반사 손실 -0.8 dB 내외로 공진 특성이 미미하다. 그림 2(b)는 이 안테나의 입력 임피던스를 스미스 차트에 보인 것이다. 단락판 #2가 존재하지 않았을 경우 0.704 GHz에서 입력 임피던스의 실수값은 1~2 옴으로 매우 낮다. 이러한 낮은 임피던스를 효과적으로 정합시키기 위하여, 단락판 #2가 필요하다. 단락판 #2가 존재하는 경우에는 그림에서 보이는 바와 같이 0.745 GHz, 1.53 GHz, 2.32 GHz에서 각각 공진 특성을 확인할 수 있다. 이 때의 0.745 GHz에서의 임피던스의 실수값은 28~29 옴으로 단락판 #2가 없을 때보다 훨씬 높다. 그러나 1.53 GHz와 2.32 GHz에서의 반사 손실은 단락판 #2가 없었을 때에 비해 상대적으로 좋지 못하다.

그림 3은 제안된 CMA의 동작원리를 도식화한 것이다. 화살표는 안테나의 표면 전류의 흐름을 나타낸 것인데, 패치 가장자리에서의 전류 흐름을 보여주고 있다. 가장자리 전류를 도식화한 이유는 일반적으로 전기적 소형 안테나의 경우에는 주로 가장자리로 전류가 강하게 흐르는 특징이 있기 때문이다.

GPS/Bluetooth 대역에서 제안된 안테나는 단락 패치 안테나를 기본 요소로 하는 배열 안테나(array antenna) 개념으로 해석될 수 있다. 그림 3(a)와 같이 GPS 대역에서 제안된 안테나는 두 개의 단락된 패



(a) 시뮬레이션 반사 손실
(a) Simulated return loss

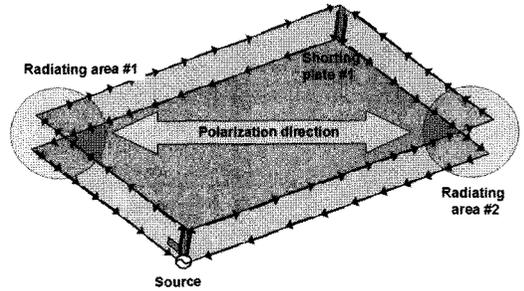


(b) 스미스 차트 상의 시뮬레이션 입력 임피던스
(b) Simulated input impedance in Smith chart

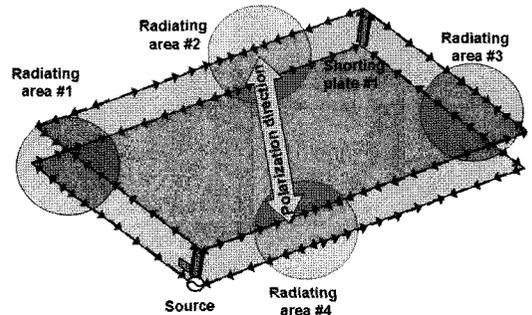
그림 2. 시뮬레이션에서의 단락판 #2에 따른 안테나 임피던스 변화

Fig. 2. Impedance variation by shorting plate #2 in simulation.

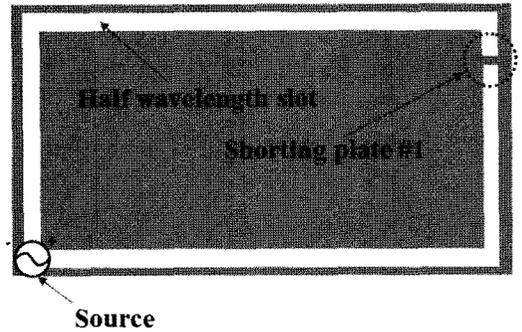
차 안테나로 기본적으로 동작한다. 즉, GPS 대역 부근에서 발생하는 공진은 급전점으로부터 단락판 #1 까지 약 $0.5 \lambda_g$ (1.575 GHz)의 길이를 갖는 두 개의 단락 패치 안테나의 배열 구조로 해석할 수 있다. 즉, 이 안테나는 급전점을 중심으로 양쪽으로 단락 패치 안테나가 위치하고 있는 것으로 해석될 수 있으며, 그림에서 표시된 것과 같이 패치 안테나마다 각각 1 개씩의 전계 최대점(maximum point of E-field)을 가지고 있다. 이 전계 최대점들은 서로 동위상(in-phase)



(a) GPS 대역에서 동작 특성
(a) Operation characteristics in GPS band



(b) Bluetooth 대역에서 동작 특성
(b) Operation characteristics in Bluetooth band



(c) MediaFLO 대역에서 슬롯 공진
(c) Slot resonance in MediaFLO

그림 3. 제안된 CMA의 대역별 동작 원리

Fig. 3. Operating principle of the proposed CMA for application bands.

se)을 갖는다. 이 때 안테나의 편파는 대각선으로 기울어져 있게 되며, 시뮬레이션 결과상으로 약 y방향으로 3 dB 더 강한 편파 특성을 가지고 있다. 이것은 안테나가 급전점이 가장자리 쪽에 위치되어 있으며, 안테나가 직육면체 형태로 구성되어 있기 때문이다. 그리고 Bluetooth 대역은 GPS 대역보다 파장이 짧기 때문에 급전점을 중심으로 하나의 단락 패치 안테나

의 길이가 약 λ_g 으로 GPS의 약 2배의 전기적 길이를 갖는다. 따라서 그림 3(b)와 같이 하나의 패치 안테나 당 각각 2개의 전계 최대점을 가지고 있는 것이다. 또한 한 패치 안테나에서 발생하는 2개의 전계 최대점은 서로 역위상(out of phase)이다. 또한, 최대 전계점 #1과 #3, 최대 전계점 #2와 #4는 동위상(in-phase)을 갖는다. 서로 즉 이 대역에서 안테나는 마치 $0.5 \lambda_g$ (1.575 GHz) 단락 패치 안테나가 x, y 방향으로 2×2 배열되어 있는 것과 비슷하다. 또한 이때의 편파 특성은 주로 x방향이 된다. 또한, GPS 대역과 Bluetooth 대역 모두 포인팅 벡터는 주로 $\pm z$ 방향으로 형성된다. 만약 금속판 #1이 #2에 비해 충분히 크다면, 안테나는 +z 방향으로 주로 방사가 형성될 것이다. 반면에 MediaFLO 대역에서 관찰되는 공진은 위의 두 공진과는 다른 동작 메커니즘을 가지고 있다. 이 때의 공진은 주로 금속판들 사이의 7.6 mm 틈새가 이루고 있는 슬롯에서 발생된다. 그림 3(c)는 MediaFLO에서의 슬롯 공진에 대한 간략한 그림이다. 슬롯은 전체적으로 "C" 형태이며 전체 길이는 700 MHz 대역의 약 $0.5 \lambda_g$ 이다. 포인팅 벡터의 방향은 $\pm y$ 방향으로 다소 기울어져 있다.

그림 4와 5는 W_{offset} 의 값의 변화에 따라 안테나의 반사 손실 및 공진 주파수의 변화를 나타낸 것이다. W_{offset} 이 0일 때, 즉 GPS 대역에서 2개의 단락된 패치 안테나의 전류 흐름(current path)가 서로 정확히 일치하는 경우에, 가장 낮은 공진 주파수를 갖게

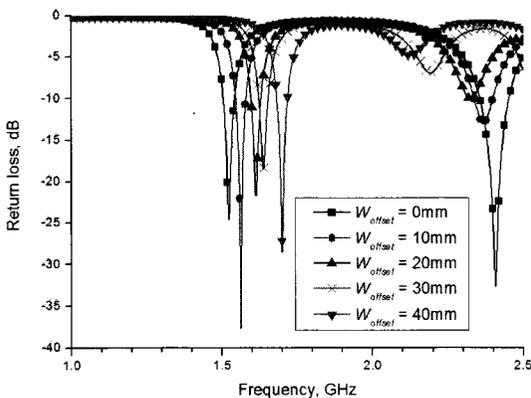


그림 4. GPS/Bluetooth 대역에서 W_{offset} 에 따른 반사 손실 특성 변화

Fig. 4. Return loss by varying the W_{offset} in GPS/Bluetooth band.

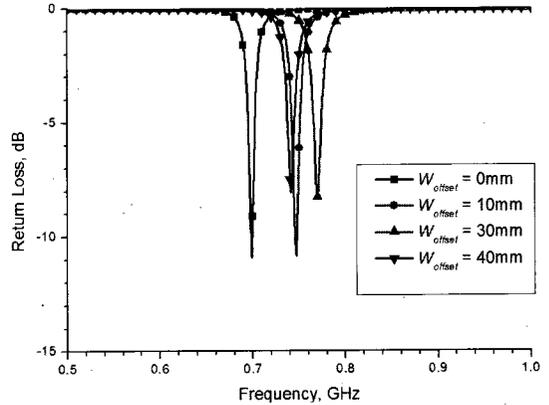


그림 5. MediaFLO 대역에서 W_{offset} 에 따른 반사 손실 특성 변화

Fig. 5. Return loss by varying the W_{offset} in MediaFLO band.

된다. 또한 단락판 #2가 존재하는 경우에도 $W_{offset}=0$ mm일 때, MediaFLO 대역의 공진 주파수가 0.689 GHz로 $W_{offset}=30$ mm일 때의 0.77 GHz에 비해 약 100 MHz 차이가 난다. 그리고 W_{offset} 이 커질수록 공진 주파수는 반대로 다시 점점 낮아진다.

이것은 MediaFLO 대역은 기본적으로 슬롯 안테나로 동작하기 때문에, W_{offset} 가 변화할수록 슬롯 안테나와 급전 사이의 결합력이 달라지기 때문이다. 이것은 unloaded Q(슬롯 안테나)와 External Q(급전)의 관계로도 설명될 수 있으며, 결합력에 따라 안테나의 공진과 임피던스 특성이 변화하게 된다. 반면에 Bluetooth 대역은 W_{offset} 가 +x 방향으로 증가할수록, 주파수가 점점 낮아지게 된다.

III. 측정 결과

그림 6은 실제 제작된 CMA 구조이다. Copper 재질의 두 금속판 사이에 비유전율이 1에 가까운 스티로폼(styrofoam)을 삽입하여 지지하였다.

그림 7은 $W_{offset}=10$ mm를 가지며, 그림 1의 상seite 수대로 제작된 안테나의 반사 손실 및 공진 주파수 특성을 보여주는 것이다. 점선으로 표시된 데이터는 단락판 #2를 전기적으로 개방시켰을 때, 안테나의 S_{11} 특성을 나타낸 것이다. GPS 대역 근처의 공진 주파수는 정확히 1.608 GHz에서 최소 반사 손실을 나타내었으며, VSWR<3 이하를 기준으로 1.54~

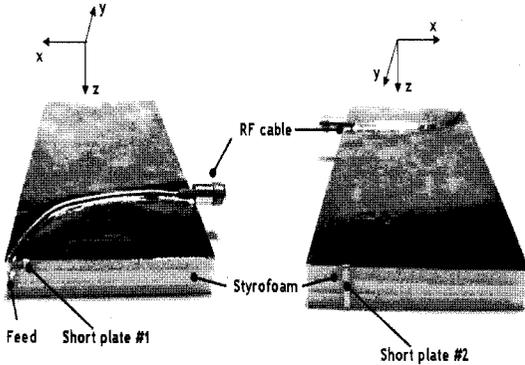


그림 6. 실제 제작된 CMA 구조
Fig. 6. Fabricated CMA structure.

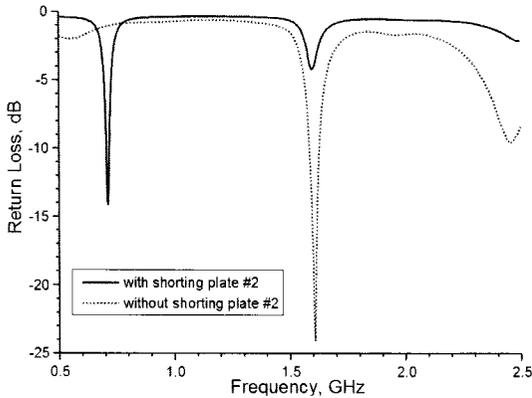


그림 7. 측정된 단락판 #2에 따른 안테나 방사 손실 변화
Fig. 7. Return loss variation by shorting plate #2 in measurement.

1.648 GHz 대역을 만족하였다. 그리고 Bluetooth 대역에서는 2.45 GHz에서 공진이 발생하였으며, $V_{SWR} < 3$ 이하를 기준으로 2.35~2.557 GHz의 대역을 만족하였다. 반면에 그림에 실선으로 표시된 바와 같이, 단락판 #2를 전기적으로 단락시켰을 때는 0.710 GHz에서 공진이 발생하였다. 안테나의 임피던스 대역폭은 $V_{SWR} < 3$ 이하를 기준으로 0.697~0.726 GHz로 측정되었다. 전체적으로 제작된 안테나는 MediaFLO/GPS/Bluetooth 대역을 담당할 수 있는 충분한 대역을 가지고 있음을 확인하였다. 측정 결과는 전체적으로 시뮬레이션 결과와 유사하였다.

그림 8~10은 각각의 적용 대역의 중심 주파수에서 측정된 안테나의 방사 패턴을 보여주고 있다. 그림 6은 MediaFLO 대역 임피던스 정합을 위해 단락

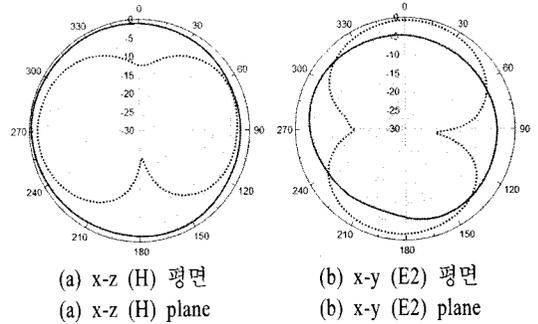


그림 8. MediaFLO 대역에서 측정된 방사 패턴
Fig. 8. Measured radiation pattern in MediaFLO band.

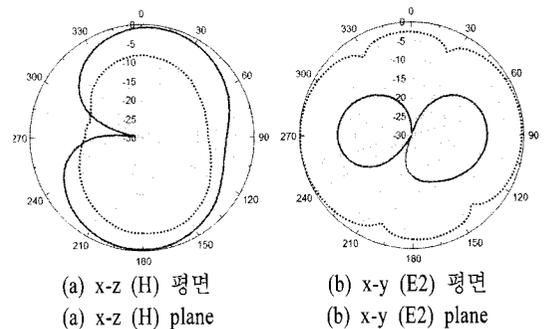


그림 9. GPS 대역에서 측정된 방사 패턴
Fig. 9. Measured radiation pattern in GPS band.

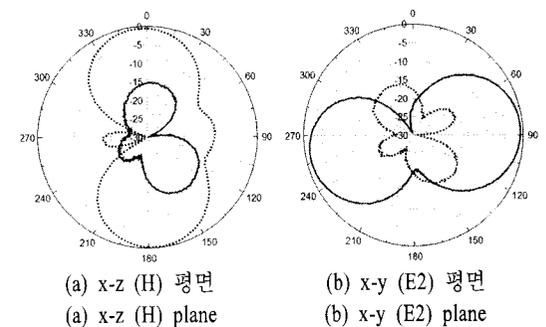


그림 10. Bluetooth 대역에서 측정된 방사 패턴
Fig. 10. Measured radiation pattern in Bluetooth band.

판 #2가 존재하는 상태에서 측정된 것이다. 그림들 들에서 실선은 E_{θ} 성분을 측정된 것이고, 점선은 E_{ϕ} 성분을 나타낸다. 또한 각 주파수 대역에서의 편파를 고려한 수직면(elevation plane)에서의 HPBW (Half Power Beam Width)는 719 MHz, 1,575 MHz, 2,440 MHz에서 각각 100°, 88°, 54°로 점점 방향성이 증가하는 패턴을 보여준다. 또한 안테나의 3D 효율

역시 32 %, 73 %, 84 %로 증가하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 휴대 단말기의 금속 채시 자체를 안테나로 재활용할 수 있는 가능성을 확인하기 위하여, 두 금속판과 이를 연결해 주는 하나의 단락판을 활용하여 안테나를 구현해 보았다. 특히 금속 배터리 커버가 휴대단말기 한쪽 면을 둘러싸고 있는 경우에는 메인 안테나 이외의 다른 보조 안테나를 구현할 만한 공간을 찾는 데 큰 어려움을 겪는다. 제안된 안테나는 이러한 특수한 경우에 MediaFLO, GPS, Bluetooth 안테나를 추가적인 공간 없이도 구현할 수 있다. 또한, 배터리와 PCB 등의 부품을 추가하여 시뮬레이션 했을 경우에는 bare 상태와 비교하여 공진 주파수가 점점 낮아지는 현상을 보였다. 이것은 표면 전류의 흐름이 PCB의 via, 배터리 표면 등을 지나면서 점차 길어지기 때문이다. 결과적으로 실제 적용 시에는 현재 100 mm×60 mm의 크기보다 좀 더 작은 크기에서도 충분히 공진 주파수를 만족시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 MediaFLO의 임피던스 정합을 위한 단락판 #2는 실제 휴대단말기 적용 시에 스위칭 서킷으로 구현한다면, MediaFLO/GPS/Bluetooth를 모두 만족할 수 있는 안테나로 구현이 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

[1] P. Vainikainen, J. Ollikainen, O. Kivekas, and I.

Kelander, "Resonator based analysis of the combination of mobile handset antenna and chassis", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 50, no. 10, pp. 1433-444, Oct. 2002.

[2] E. Antonino-Daviu, M. Cabedo-Fabres, M. Ferrando-Bataller, and J. Herranz-Herruzo, "Analysis of the coupled chassis-antenna modes in mobile handsets", in *Proc. IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp. Digest. Monterey: IEEE*, vol. 3, pp. 2751-2754, Jun. 2004.

[3] W. L. Schroeder, P. Schmitz, and C. Thome, "Miniaturization of mobile phone antennas by utilization of chassis mode resonances", in *Proc. German Microwave Conference-GeMiC 2006*, no. 7b-3, Karlsruhe, 2006.

[4] Peter Lindberg, Erik Ojefors and Anders Rydberg, "Wideband slot antenna for low-profile hand-held terminal applications", *Proceedings of the 9th European Conference on Wireless Technology*, pp. 403-405, Sep. 2006.

[5] Werner L. Schroeder, Arturo Acua Vila and Christian Thome, "Extremely small, wide-band mobile phone antennas by inductive chassis mode coupling", *Proceedings of the 36th European Microwave Conference*, pp. 1702-1705, Sep. 2006.

정 강 재



스텝

2002년 2월: 강남대학교 전자공학과 (공학사)
 2004년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
 2005년 2월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정
 [주 관심분야] 이동통신 안테나 시

이 병 제



공학과 교수

1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 12월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)
 1997년 5월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)
 1998년 3월~현재: 광운대학교 전파

공학과 교수
 2009년 1월~현재: Editorial Board, International Journal of Antennas and Propagation, Hindawi Publishing Corporation
 [주 관심분야] 안테나 시스템 해석 및 설계, 전기자기파 해석, 다중대역 내장형 안테나, RFID 안테나, UWB 안테나, 고출력 안테나, 위성 및 레이더 안테나