

# 휴대 단말기용 연장 루프안테나

## Extended Loop Antenna for the Mobile Handset

손 태 호\*  
(Tacho Son)

류 황\*\*  
(Hwang Ryu)

### 요 약

본 논문에서는 지난 호 브랜치 루프안테나 BLA(Branch Loop Antenna)에 이어 휴대 단말기용 연장 루프안테나를 설계한다. 사각형 루프에 연장 루프를 추가한 ELA(Extended Loop Antenna)를 소개하고, 휴대 단말기에 적용될 수 있음을 보인다. 연장 루프 소자를 사각형 루프안테나 상단 및 좌우양단에 추가하고, 길이를 조절하여 낮은 공진 주파수를 얻는다. 연장 루프에 의한 다중 공진을 얻고, 접속위치와 길이로부터 원하는 대역을 얻는다. 설계한 ELA를 구현한 후 측정으로부터, CDMA/ GSM의 낮은 주파수 대역에서 평균이득 -3.0~-1.46dBi 및 50.15~71.41% 효율의 양호한 특성을 얻었고, DCS/USPCS/WCDMA의 높은 주파수 대역에서는 평균이득 -8.28~-1.7dBi 및 14.87~67.68% 효율을 얻었다.

### Abstract

An extended loop antenna, to be continued BLA(Branch Loop Antenna) in the previous volume, for the mobile handset is designed in this paper. It's introduced an ELA(Extended Loop Antenna) that is added extended loops to rectangular loop, and verified antenna performances for applying to mobile handset. Extended loops are located upside, left and right side of rectangular loop, and low resonance is obtained by the length of line. Multiple resonances are established by the extended loops, and obtained the desired service bands by the connection points and lengths. By the implementation and measurement for the multiband ELA, it's showed -3.0~-1.46dBi average gains with 50.15~71.41% efficiencies at CDMA/GSM frequency band, and -8.28~-1.7dBi average gains with 14.87~67.68% efficiencies at DCS/USPCS/ WCDMA frequency band.

**Key words** : Extended loop, ELA, Mobile handset, Internal antenna

## 1. 서 론

다중대역 특성을 갖는 휴대 단말기 내장형 안테나의 종류로는 모노폴, IFA(Inverted F Antenna), PIFA(Planar IFA), 칩(chip), 브랜치 라인(branch-line)

등이 있으나, 현재 협소한 안테나 공간에 따른 소형 안테나 구현 및 다중밴드 특성의 용이함을 위해 IFA가 널리 적용되고 있다.[1-4] 한국의 T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting, 174 ~ 216MHz) 및 유럽의 DVB-H(Digital Video Broadcasting

† 본 연구는 순천향대학교 학술연구비의 일부 지원으로 수행하였음

\* 주저자 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수

\*\* 교신저자 : 배재대학교 정보통신공학과 교수

† 논문접수일 : 2013년 1월 31일

† 논문심사일 : 2013년 3월 5일

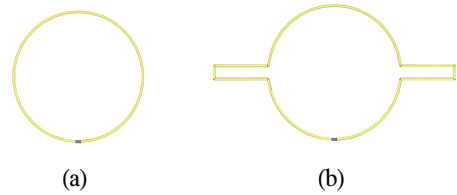
† 게재확정일 : 2013년 3월 12일

-Handheld, 470~862MHz)와 같은 방송 서비스가 휴대 단말기에 제공되고, 700MHz대 낮은 주파수밴드의 LTE(Long Term Evolution)서비스에 따라 더욱 낮은 주파수 특성의 안테나가 필요하게 되었다. 현재 낮은 주파수를 쓰고 있는 방송 서비스를 위해 모노폴과 같은 외장형 안테나가 적용되고 있다. 더불어 700MHz대역의 LTE서비스를 위하여서는 내장형 안테나가 2개 이상 필요한 MIMO(Multi Input Multi Output)시스템을 사용하므로 낮은 주파수 공진 및 넓은 대역특성을 갖는 안테나의 연구가 진행되고 있다.[5,6]

본 연구는 지난 호에 이어서 루프안테나를 휴대 단말기 안테나로 사용될 수 있음을 보이는 연구이다. 지난 호는 사각형 루프 상단에 브랜치 라인(branch line)을 접속한 BLA를 소개하였다.[7] 본 연구에서는 원형 루프에 연장선을 넣음으로써 공진 주파수를 낮출 수 있음을 보인다. 더불어 휴대 단말기용 주파수까지 낮출 수 있음을 보이기 위하여 기본 사각형 루프 상단과 좌우양단에 연장 루프를 넣어 이를 ELA(Extended Loop Antenna)라 하고, 원하는 대역을 얻을 수 있음을 보인다. 모든 설계를 위해 사용된 툴(tool)은 Ansoft사 HFSS가 사용된다. 본 연구의 타당성을 입증하기 위하여 베어보드(bare board)에 캐리어(carrier) 위에 CDMA(824-894MHz), GSM(890-960MHz), DCS(1.71-1.88GHz), USPCS (1.85-1.99GHz), WCDMA(1.92-2.17GHz)의 5중 대역 ELA를 설계하고 이를 구현한다. 구현된 ELA에 대한 네트워크 및 방사특성을 측정하여 설계치와 비교하고 이를 고찰한다.

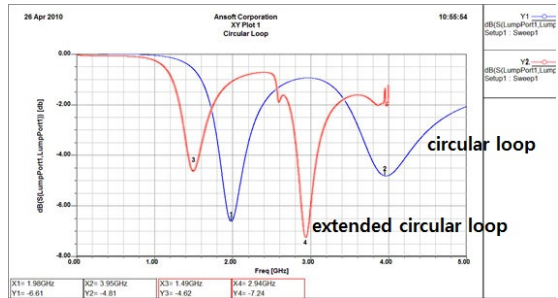
## II. 루프 연장선에 의한 공진특성

휴대 단말기용 ELA 설계에 앞서 루프안테나에 연장선을 넣을 경우 공진주파수가 어떻게 변화하는가를 나타내고자 한다. <그림 1>은 예를 위한 그림으로, 기본 원형 루프안테나(a) 및 연장 루프안테나(b)에 대한 그림이다.



<그림 1> 원형 루프(a) 및 연장 원형 루프안테나(b)  
<Fig. 1> Circular loop(a) and extended circular loop antenna(b)

<그림 1>에서 루프의 반경은 25mm이고 주변은 공기이며, 루프의 재질은 완전도체로 하였다. 루프 반경이 25mm이므로 루프의 총 길이는 157mm가 되며, 공진은 2GHz에서 발생하게 된다.[8] 이를 HFSS 시뮬레이션한 그림은 다음 <그림 2>와 같다.



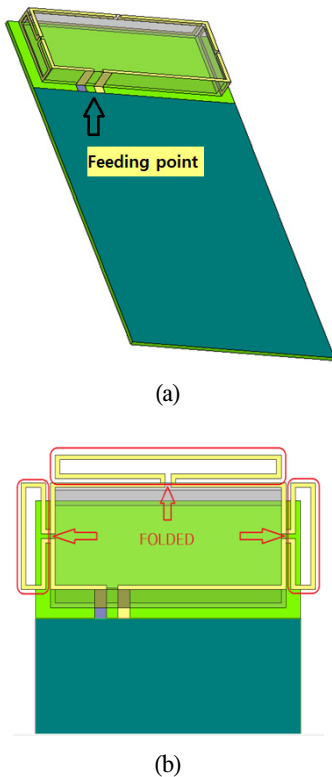
<그림 2> 그림 1 루프안테나의 공진특성  
<Fig. 2> Resonances of Fig. 1 loop antennas

<그림 2>에서 보듯이 원형 루프안테나는 1.98GHz에서 공진이 발생하고, 2배 주파수인 3.95GHz에서 두 번째 공진이 발생하고 있다. 이에 반해 연장 루프안테나의 경우 공진주파수는 1.49GHz에서, 두 번째 공진은 2.94GHz에서 발생하고 있다. 이는 연장선에 의한 효과가 약 500MHz 공진을 낮추게 된 것을 잘 나타내 주고 있다. 이는 연장선이 루프 안테나의 길이에 영향을 주므로 공진주파수가 낮아졌다고 말할 수 있다. 연장선의 폭도 공진에 영향을 주지만, 본 연구에서는 공진 하향화 특성효과만 나타내므로 폭에 의한 영향은 나타내지 않기로 한다.

### III. 휴대 단말기용 ELA 설계 및 제작

#### 3-1 ELA 설계

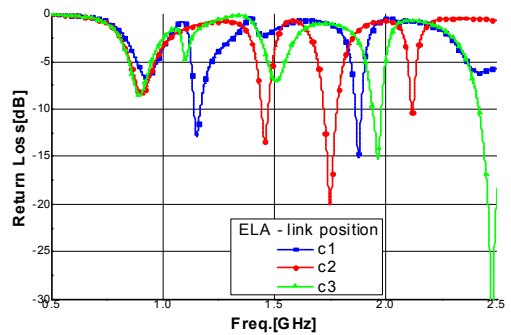
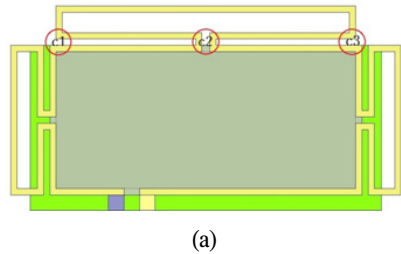
II장에서 보듯이 루프 길이의 연장이 공진주파수를 낮출 수 있으므로 본 연구에서는 휴대 단말기를 위한 안테나로 설계하기로 한다. 설계는 휴대 단말기 크기인 FR-4 재질의 베어보드(bare board)를 사용하며, 휴대 단말기와 같이 보드 위에 캐리어(carrier)를 탑재한다. 캐리어가 4각형이므로 루프도 사각형 루프를 기본으로 한다. 베어보드 크기는 가로x세로x높이가 각각 45x101x6mm<sup>3</sup>이다. 높이는 보드의 두께 1mm와 캐리어의 높이 5mm가 합쳐진 것이다. 캐리어의 크기는 40x19x5mm<sup>3</sup>이며, 재질은 비유전율이 3인 폴리카보네이트이다.



<그림 3> ELA의 구조 (형상(a), 평면도(b))  
 <Fig. 3> Structure of ELA (shape(a), plane view(b))

ELA의 구조는 <그림 3>과 같다. <그림 3(a)>는

베어보드 위 캐리어에 탑재된 안테나의 형상이고, <그림 3(b)>는 이해를 돕기 위한 것으로, 안테나를 펼쳤을 때에 대한 평면도이다. 평면도에서 보듯이 사각형 루프 상단 및 좌우양단에 연장 루프를 추가함으로써 <그림 1>과 같은 연장 특성을 갖도록 한 것이다. 캐리어 측면에 연장 루프를 설치하기 때문에 길이를 무한정 크게 할 수는 없지만 캐리어 측면인 안테나 높이를 최대한 활용하면 공진주파수를 최대한 낮출 수 있다. 따라서 사각형 루프 및 연장 루프의 크기를 최대 크기로 고정된 상태에서 본 논문에서의 설계 변수는 연장 루프를 연결하기 위한 위치로 하여 위치를 찾기 위한 시뮬레이션을 수행하였다.



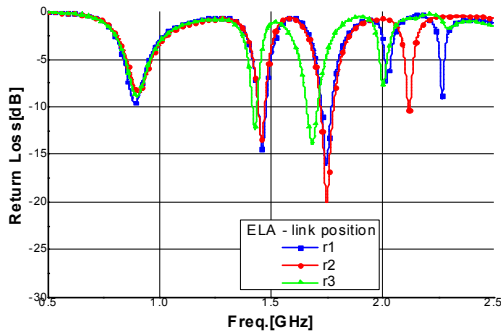
<그림 4> 상단 연장 루프 연결점(a)별 반사손실(b)  
 <Fig. 4> Return losses(b) vs. connection points of upside extended loop(a)

<그림 4>는 상단에 있는 연장 루프에 대한 연결점 위치를 좌측, 중앙 및 우측에 있을 때를 각각 c1, c2 및 c3라 했을 때에 대한 반사손실 시뮬레이션 값을 나타낸 것이다. 이때 좌우 연장 루프의 연결점은 중앙에 두었다. 그림 에서 보듯이 900MHz 근처

의 낮은 대역에서는 연결점과 거의 무관한 특성을 보이고 있다. 그러나 높은 대역에서는 상당한 차이를 보인다. c1 연결점의 경우 너무 낮은 주파수에서 공진이 형성되고, 이에 반해 c3 연결점인 경우는 높은 주파수 쪽으로 이동하는 경향이 나타난다. 따라서 중앙인 c2가 가장 적절함을 알 수 있다.



(a)



(b)

<그림 5> 우측 연장 루프 연결점(a)별 반사손실(b)  
<Fig. 5> Return losses(b) vs. connection points of right side extended loop(a)

<그림 5>는 우측에 있는 연장 루프에 대한 연결점을 상단, 중앙 및 하단에 있을 때를 각각 r1, r2 및 r3라 할 때에 대한 반사손실을 시뮬레이션한 그림이다. 시뮬레이션 결과는 낮은 대역에서는 연결점 위치와 무관하게 나타나고 있다. 그러나 높은 대역에서는 하단 연결이 보다 낮은 주파수에서 공진이 일어나며, 상단 및 중앙 연결은 2GHz 이하에서는 거의 같은 특성을 보이다가 2GHz 이상에서는 중앙보다 상단이 더 촘촘하게 공진이 발생함을 알 수 있다. 좌측 연장 루프의 경우도 우측 때와 같은 현상을 보인다. 이는 좌우가 같은 형상이기 때문으로 생각된다. 따라서 본 논문에서는 좌측의 경우는

생략하기로 한다.

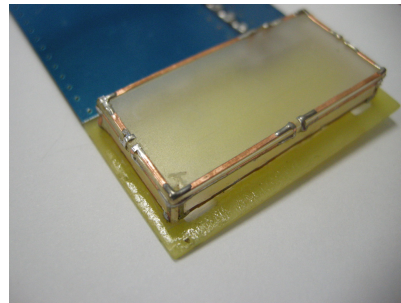
이상과 같은 시뮬레이션으로 특성을 분석하여 설계한 ELA의 제원은 다음 표와 같다.

<표 1> 설계된 ELA의 길이 제원  
<Table 1> Length spec. of the designed ELA

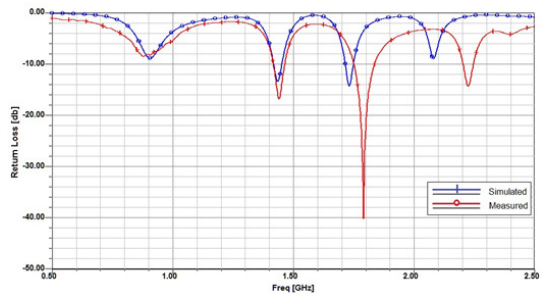
Design spec.	length(mm)
rectangular loop	40x19
upside extended loop	40x4
left & right side extended loop	19x4
line width	1.0
feeding gap	2.5
gap of connection points	1.0

3-2 ELA의 제작 및 측정

<표1>과 같이 최종 설계된 ELA를 제작한 그림은 다음 <그림 6>과 같다. 베어보드 및 캐리어의 크기와 재질은 앞에서 나타낸 바와 같고, 안테나 선로는 뒷면에 접착제가 있는 동판을 잘라서 구현하였다.



<그림 6> 구현된 BLA  
<Fig. 6> Implemented BLA

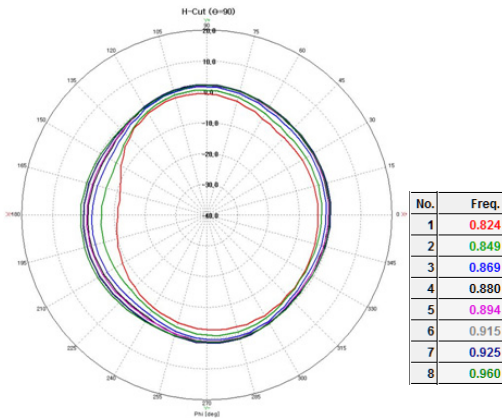


<그림 7> 측정 반사계수  
<Fig. 7> Measured return loss

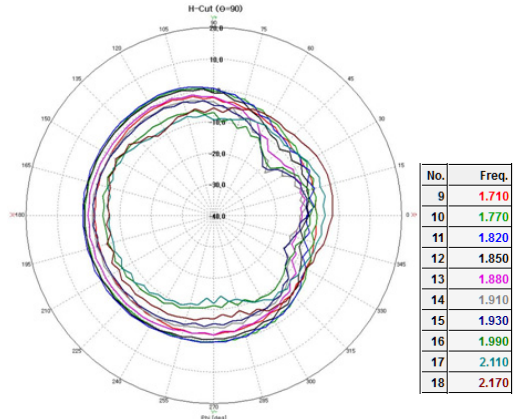
<그림 7>은 <그림 6>과 같이 구현된 안테나의 반사손실을 측정하여 시뮬레이션 치와 비교한 그림이다. 측정된 반사손실에서 대역은 설계치보다 약간 더 넓어 진 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 한 대역폭이 실제보다 좁게 나오는 것은 HFSS를 포함한 일반 틀에서 나타나는 일반적인 현상이다. 이러한 현상은 시뮬레이션 환경이 실제와 다른데서 기인되는 것으로 휴대 단말기의 경우 대역폭에서 상당한 차이를 보이고 있다. 왜냐하면 단말기의 경우 안테나에 영향을 미치는 소자와 요인들이 워낙 많기 때문에 시뮬레이션 환경에 이들을 모두 정확하게 적용하지 못하기 때문이다.

측정 그림 에서 주파수대역은 낮은 대역에서 VSWR 3:1 기준으로 CDMA 및 GSM대역을 만족하고 있다. 높은 대역에서는 DCS 대역의 1.71GHz 근처와 WCDMA의 2GHz대역에서 다소 특성이 나쁘게 나타나고 있다. 그러나 다음의 방사측정 결과는 그렇게 나쁜 결과는 아니게 측정됨으로써 휴대 단말기 적용에는 문제가 되지 않을 것으로 생각한다.

무반사실에서 측정한 방사패턴, 효율 및 이득 특성 중 방사패턴 특성은 다음 <그림 8>과 같다.



(a) CDMA/GSM

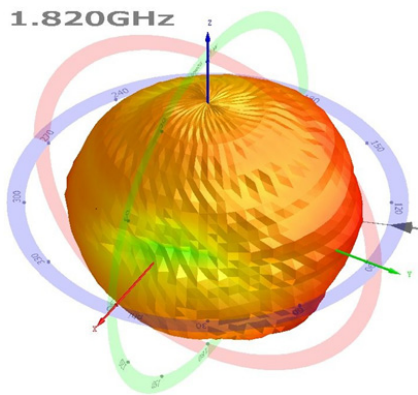
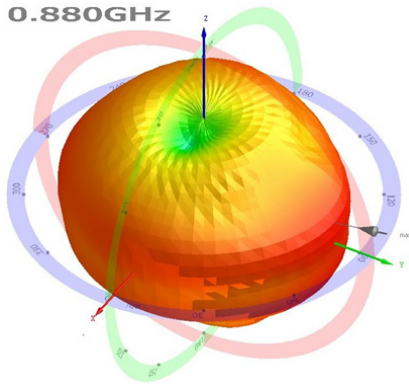


(b) DCS/USPCS/WCDMA

<그림 8> 측정된 H면 방사패턴 (CDMA/GSM대역(a), DCS/USPCS/WCDMA대역(b))  
 (Fig. 8) Measured H-plane radiation pattern (CDMA/GSM band(a), DCS/USPCS/WCDMA band(b))

방사패턴의 측정은 H면, E1면 및 E2면이 측정된다. 여기서 H면 패턴이란 휴대 단말기를 세웠을 때 수평패턴을 말하고, E1면 패턴은 단말기 앞뒤방향 패턴이며, E2면 패턴은 단말기 측면방향 패턴이다. 이는 휴대 단말기 패턴의 정의에 따른 것이다. 휴대 단말기의 경우 E1 및 E2면 패턴은 중요하지 않다. 다만 수평방향으로는 방향과 무관해야 하므로 H면 무지향(omni-directional) 패턴이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 지면상 H면 방사패턴을 <그림 8>에 나타내었다. <그림 8>의 H면 방사패턴은 CDMA/GSM 대역에서는 거의 무지향성 패턴을 보인다. DCS/USPCS대역에서도 무지향 패턴이 발생되고 있으나, WCDMA대역에서는 90도 방향으로 약간의 찌그러짐이 나타나고 있다. 이는 DCS대역 이상의 고주파에서 나타나는 현상으로 널(null)이 발생하지 않는 한 단말기의 패턴으로서 문제가 되지 않는다. <그림 8>은 2D (Dimensional)패턴을 나타낸 것이고, 측정된 3D 패턴은 다음과 같다. <그림 9>의 3D패턴은 CDMA/GSM대역에서 880MHz에서, DCS/USPCS/WCDMA대역에서는 1.82GHz에서 대표적으로 나타난 것이다.





<그림 9> 측정된 3차원 방사패턴  
<Fig. 9> Measured 3D radiation pattern

이득 및 효율 측정은 방사패턴 측정과 동시에 이루어진다. 이를 나타내면 다음 <표2>와 같다.

<표 2> 측정된 방사효율 및 평균이득  
<Table 2> Measured radiation efficiency and average gain

	PwrSum				
Freq.	Eff.[%]	Avg.[dBi]	Peak[dBi]	θ[deg]	φ[deg]
0.824	50.15	-3.00	1.48	105.00	105.00
0.849	54.38	-2.65	2.04	110.00	105.00
0.869	64.13	-1.93	2.45	110.00	105.00
0.880	71.41	-1.46	2.74	80.00	90.00
0.894	64.69	-1.89	2.37	85.00	90.00
0.915	65.03	-1.87	2.43	85.00	90.00
0.925	62.50	-2.04	2.29	85.00	90.00
0.960	57.84	-2.38	2.05	90.00	95.00

	PwrSum				
Freq.	Eff.[%]	Avg.[dBi]	Peak[dBi]	θ[deg]	φ[deg]
1.710	31.42	-5.03	-0.82	95.00	125.00
1.770	59.36	-2.27	2.16	95.00	120.00
1.820	67.68	-1.70	2.76	95.00	115.00
1.850	60.00	-2.22	2.46	95.00	120.00
1.880	42.52	-3.71	0.97	95.00	125.00
1.910	31.20	-5.06	-0.40	95.00	115.00
1.930	29.34	-5.33	-0.59	95.00	120.00
1.990	16.84	-7.79	-2.94	100.00	175.00
2.110	14.87	-8.28	-3.60	100.00	180.00
2.170	25.76	-5.89	-1.05	95.00	20.00

(주) Freq.=Frequency(GHz), PwrSum=Power Sum  
Eff.=Efficiency, Avg.= Average

<표2>에서 나타나는 것은 MTG무반사실 방사패턴 측정결과로 나오는 표이다. 여기서 Eff는 방사효율을, Avg.는 평균이득, Peak는 최대이득,  $\theta$ 와  $\phi$ 는 최대이득이 발생하는 각도를 나타낸 것이다. 휴대 단말기는 최대이득 보다는 평균이득과 이를 환산한 효율을 더 중요하게 여긴다. 이는 단말기 특성상 방향과 무관하게 통신이 이루어져야 하기 때문이다. 측정결과 CDMA/ GSM밴드에서 평균이득 -3.0~-1.46dBi 및 50.15~71.41%의 양호한 이득 및 효율 특성을 얻었고, DCS/USPCS/WCDMA밴드에서 평균이득 -8.28~-1.7dBi 및 14.87~67.68% 효율이 측정되었다. CDMA 및 GSM밴드에서는 일반 단말기의 방사효율이 30% 정도인 것을 감안하면 양호한 성능을 보여주고 있다. 그러나 DCS밴드의 1.71GHz와 2GHz대역의 WCDMA밴드에서는 VSWR특성이 나쁨으로서 방사효율이 낮게 측정되었다. 이 대역에 대한 광대역화 연구는 향후 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 루프안테나를 휴대 단말기에 적용할 수 있음을 보인 논문이다. 지난 호 BLA에 이어 루프의 길이를 연장하는 연장 루프에 의해 공진 주파수를 낮추었다. 연장 루프는 캐리어 상단 및 양 측면에 위치하고 최대 크기로 설계하였고, 사각형 루프와의 연결점을 변수로 하여 공진특성을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과를 토대로 5중 대역에서 동작하는 안테나를 설계하고 이를 베어보드 상

캐리어 위에 구현하였다. 구현된 안테나에 대한 반사계수 및 방사특성을 측정된 결과 CDMA/ GSM 주파수 밴드에서 평균이득 -3.0~-1.46dBi 및 50.15~71.41%의 양호한 이득 및 효율 특성을 얻었고, DCS/USPCS/ WCDMA 주파수 밴드에서 평균이득 -8.28~-1.7dBi 및 14.87~67.68% 효율특성이 측정되었다. H면 방사패턴은 거의 무지향 특성을 보였다. 향후 실제 휴대 단말기에 장착하는 연구와 높은 주파수대역에서 대역특성의 개선에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 생각한다.

### 참고문헌

- [1] Kin-lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, Wiley interscience, 2003
- [2] Fang-Hsien Chu and Kin-Lu Wong, "Planar Printed Strip Monopole With a Closely-Coupled Parasitic Shorted Strip for Eight-Band LTE/GSM /UMTS Mobile Phone" *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 58, no. 10, pp.3426 - 3431, October, 2010
- [3] Taeho Son, *2007 Design & Analysis for the Mobile Phone Internal Antenna*, Technical Note, SCH BIT center, June, 2007
- [4] Sanghyuk Seo, Taeho Son, Youngmin Jo, "High Efficiency FPCB Antenna for the Dual Band Mobile Phone", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic and Science*, vol. 20, no. 11, pp.1194 -1200, Nov., 2009
- [5] Seungjin Lim, Taeho Son, "Hybrid Antenna for the All Band Mobile Phone Service Including LTE", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic and Science*, vol. 22, no. 7, pp.737-743, July, 2011
- [6] Taeho Son, Youngmin Jo, "Multiband Miniature FPCB Antenna for the Mobile Phone", *Technical Digest of KJJC 2011(Fukuoka)*, pp.218-220, Nov., 2011
- [7] Taeho Son, "Branch Loop Antenna for the Mobile Handset", *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, no. 1, pp.58-65, Feb., 2013
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997

저자소개



손 태 호 (Son, Taeho)

1990년~현 재 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수  
2007년~현 재 : (주)스카이크로스 기술고문  
2000년~2007년 : (주)넷시텔레콤, (주)에스비텔콤, (주)하이트랙스 기술고문  
1999년~2000년 : University of Illinois 연구교수  
1992년~1994년 : 천문우주연구원 객원연구원  
1980년~1981년 : 영국 Ferranti사 연구원  
1978년~1987년 : 금성정밀(주) 중앙연구소 근무  
1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)  
1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)  
1979년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사)  
<관심분야> 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나설계, 자동차용 전장품 개발  
e-mail : thson@sch.ac.kr



류 황 (Ryu, Hwang)

1995년~ 현 재 : 배재대학교 정보통신공학과 교수  
2007년~2008년 : Georgia Institute of Technology 방문교수  
1994년~1995년 : 한서대학교 전자공학과 전임강사  
1994년 2월 : 한양대학교 전자통신 공학과(공학박사)  
1990년 2월 : 한양대학교 전자통신 공학과(공학석사)  
1987년 2월 : 한양대학교 전자통신 공학과(공학사)  
<관심분야> 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계