

휴대 단말기용 브랜치 루프안테나

Branch Loop Antenna for the Mobile Handset

손 태 호*

(Taeho Son)

요 약

본 논문에서는 일반 루프안테나를 개조한 BLA(Branch Loop Antenna)를 소개하고, 휴대 단말기에 적용될 수 있음을 보인다. 브랜치 소자를 사각형 루프안테나에 추가하고, 길이를 조절하여 낮은 공진 주파수를 얻는다. 공진주파수 2.5GHz를 갖는 단일 루프의 경우, 같은 크기의 BLA로 공진을 900MHz대로 낮춘다. 다중 공진은 BLA의 접속위치와 길이로부터 얻는다. 2중 밴드 BLA에 대한 구현 및 측정으로부터, GSM900밴드에서 75MHz의 -10dB 밴드폭, 평균이득 -3.03~-1.46dBi 및 49.73~71.39% 효율을 얻었고, DCS1900밴드에서 90MHz의 -6dB 밴드폭, 평균이득 -8.14~-2.17dBi 및 15.34~60.62% 효율을 얻었다. 또한 H면 무지향 패턴 특성을 보였다. 이들 특성은 휴대 단말기 안테나로 적용될 수 있는 좋은 특성이다.

핵심어 : 브랜치 루프, BLA, 휴대 단말기, 내장형 안테나

Abstract

It's introduced a BLA(Branch Loop Antenna) that is modified from conventional loop, and verified antenna performances for applying to mobile handset. Branch elements are added to a rectangular loop, and low resonance is obtained by the length of the branch line. When resonance frequency of a single loop is 2.5GHz, BLA had near 900 MHz under the same antenna size. Multiple resonances are established by the locations of branch connection and their lengths. By the implementation and measurement for the dual band BLA, it's showed 75MHz -10dB bandwidth and -3.03~-1.46dBi average gains with 49.73~71.39% efficiencies at GSM900 band, and 90MHz -6dB bandwidth and -8.14~-2.17dBi average gains with 15.34~60.62% efficiencies at DCS1900 band. And H-plane radiation patterns were omni-directional. These performances are good for the mobile handset antenna.

Key words : Branch loop, BLA, Mobile handset, Internal antenna

I. 서 론

근래 휴대 단말기는 국가나 지역과 관계없는 서

비스를 시행하고 있다. 이를 위하여 단말기의 안테나는 다중대역을 가져야 한다. 이들 안테나는 단말기 내부에 위치한 내장형 안테나로 설계되고 있다.

† 본 연구는 순천향대학교 학술연구비의 일부 지원으로 수행하였음

* 주저자 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수

† 논문접수일 : 2013년 1월 25일

† 논문접수일 : 2013년 2월 21일

† 논문접수일 : 2013년 2월 22일

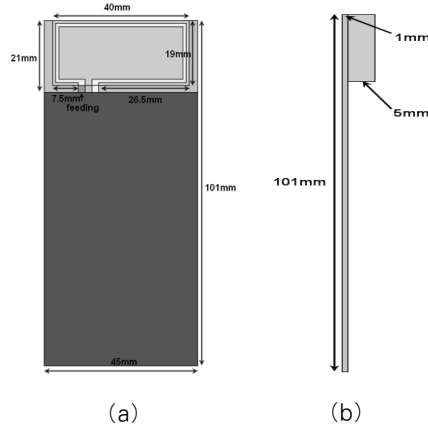
내장형 안테나의 종류로는 모노폴, IFA(Inverted F Antenna), PIFA(Planar IFA), 칩(chip), 브랜치 라인(branch-line) 등이 있으나, 현재 협소한 안테나 공간에 따른 소형 안테나 구형 및 다중밴드 특성의 용이함을 위하여 IFA가 널리 적용되고 있다[1-4]. 한국의 T-DMB(Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting) 및 유럽의 DVB-H(Digital Video Broadcasting-Handheld)와 같은 방송 서비스가 휴대 단말기에 제공됨에 따라 더욱 다양한 안테나가 필요하게 되었다. 현재 낮은 주파수를 쓰고 있는 방송 서비스를 위해 모노폴과 같은 외장형 안테나가 적용되고 있다. 이는 내장형 안테나로는 174~ 216MHz 대역의 T-DMB나 470~862MHz 대역의 DVB-H의 낮은 공진주파수 및 넓은 대역특성이 불가하기 때문이다. 따라서 소형이면서도 공진주파수를 낮게 하는 안테나의 연구가 진행되고 있다[5,6].

본 연구는 루프안테나에 관한 연구이다. 기본 루프안테나가 갖는 1과장 공진주파수[7]를 낮추기 위하여 사각형 루프 상단에 브랜치 라인(branch line)을 접속한다. 브랜치 라인의 추가는 선로의 길이를 길게 함으로서 결국, 안테나 전류의 패스를 늘리는 효과로 공진주파수를 낮출 수 있다. 본 연구의 타당성을 입증하기 위하여 베어보드(bare board)에 캐리어(carrier) 위에 2중 공진 BLA(Branch Loop Antenna)를 설계한다. BLA는 GSM900(Global System for Mobile communication, 890~960MHz) 및 DCS1900(Digital Communication System, 1850~ 1900MHz) 대역에서 동작하는 안테나로 설계한다. GSM과 DCS는 유럽에서 사용하는 2G 이동통신 시스템으로 한 단말기에 동시 적용되도록 되어있다. 따라서 안테나는 2중 공진 특성을 만족하여야 한다. 설계를 위한 시뮬레이션 툴은 Ansoft사 HFSS를 사용한다. 제작된 안테나에 대해 방사패턴과 이득 및 효율 특성을 측정한다. 측정된 특성을 설계치와 비교하고 이를 고찰한다.

II. BLA 구조별 공진특성

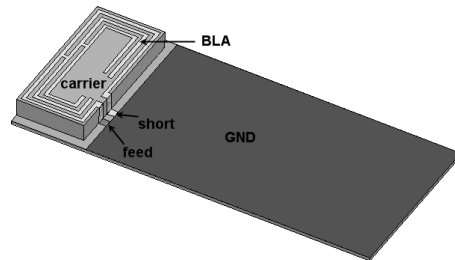
먼저 휴대 단말기용 BLA 설계에 앞서 루프안테

나 및 BLA의 공진특성을 비교한다. <그림 1>은 기본 사각형 루프안테나를 베어보드 위 캐리어에 구현한 그림이다.



<그림 1> 사각형 루프안테나 구조(정면(a), 측면(b))
<Fig. 1> Structure of rectangular loop antenna (front(a), side(b))

<그림 1>의 베어보드 크기는 가로x세로x높이가 각각 45×101×6mm이다. 높이는 보드의 두께 1mm와 캐리어의 높이 5mm가 합쳐진 것이다. 안테나 장착을 위해 필요한 캐리어 재질은 비유전율이 3인 폴리카보네이트이다.

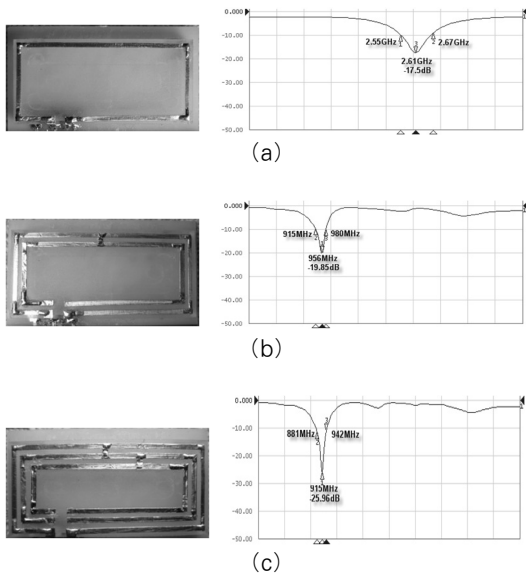


<그림 2> BLA의 구조
<Fig. 2> Structure of BLA

BLA의 구조는 <그림 2>와 같다. 루프 상단 적절한 위치에 브랜치 라인을 접속하고 라인을 루프 내부에 특정 길이를 갖도록 한다. 브랜치 라인이 1단

이면 1단 BLA, <그림 2>와 같이 2단이면 2단 BLA라 한다. BLA의 크기는 <그림 1>의 기본 루프안테나와 같은 40x19x5mm이다.

BLA의 공진특성을 실측으로 알아보기 위하여 만든 안테나별 측정된 공진특성은 <그림 3>과 같다. 루프는 40x19mm의 사각형 루프이며, 중앙급전이 아닌 휴대 단말기의 급전방식에 따른 좌하변 급전을 한 것이다.

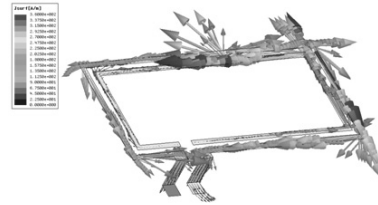


<그림 3> 루프 및 BLA의 공진특성(루프(a), 1단 BLA(b), 2단 BLA(c))
 <Fig. 3> Resonances of the loop and BLA (loop(a), 1 stage BLA(b), 2 stage BLA(c))

<그림3>에서 기본 루프인 (a)의 공진은 2.61GHz에서 공진이 일어난다. 이에 반해 1단 BLA인 (b)의 경우 956MHz까지 공진주파수가 하향되었다. 2단 BLA인 (c)의 경우 공진주파수가 915MHz가 되었다. BLA는 안테나전류의 패스를 길게 해주기 때문에 공진주파수가 낮아지게 된다. 이는 <그림 4>에서 잘 보여주고 있다.

<그림4>는 공진주파수인 956MHz에서 HFSS 시뮬레이션으로 얻은 전류밀도를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 전류는 브랜치 라인 끝 지점에서 루프와 연결된 연결점을 통해 루프 양쪽으로 흐르고

있다. 이는 전류의 패스가 상당히 길어졌음을 잘 말해주고 있다. <그림3(c)>인 2단 BLA의 경우 1단에 비해 전류 패스가 약간 길어지므로 공진주파수가 약간만 낮아지게 된다.



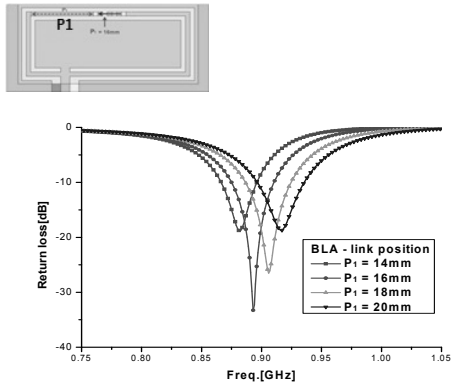
<그림 4> 1단 BLA의 전류밀도
 <Fig. 4> Current density of 1 stage BLA

Ⅲ. 휴대 단말기용 BLA 설계 및 제작

1. BLA 설계

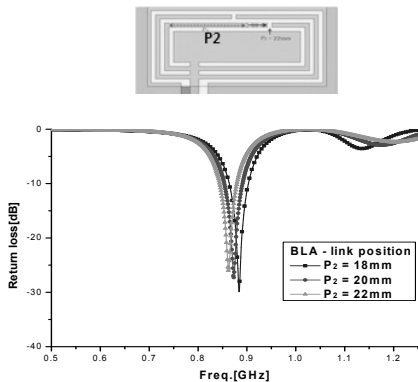
일반 루프안테나의 경우 1과장 공진특성을 갖기 때문에 900MHz대에서는 크기가 너무 커져 휴대 단말기에 루프안테나를 적용하기는 불가하다[7]. 따라서 현재의 휴대 단말기에는 루프안테나를 실장하지 못하고 있다. 그러나 <그림 3>에서 보듯이 BLA로 설계할 경우 공진주파수를 낮출 수 있기 때문에 적용이 가능하게 된다. 원하는 공진특성을 얻기 위한 BLA의 설계 변수는 브랜치 라인에서 루프 연결점까지의 거리인 P1, P2 및 급전위치에서 브랜치 라인의 끝점까지의 길이 L1, L2 등이다. 본 연구에서 적용한 브랜치 라인의 선로의 두께 및 간격은 각각 1.0mm이다. 선로 간 간격도 약간의 영향을 미치기는 하지만 설계 변수로 채택할 정도는 아니며 그 변화가 미미하다.

BLA를 장착하기 위한 베어보드의 재질 및 크기는 <그림 1>에서 나타낸 것과 같다. 먼저 1단 BLA에서 브랜치 라인에서 루프 연결점까지의 접속위치인 P1 길이를 14~20mm까지 변화했을 때 대한 공진특성을 나타내면 다음과 같다.



<그림 5> P1 길이에 따른 반사손실
<Fig. 5> Return loss due to P1 length

<그림 5>에서 P1이 짧을수록 공진주파수가 낮아지고 있다. 이는 P1이 짧으면 오른쪽 브랜치 라인의 길이가 길어지므로 그만큼 패스의 길이가 증가하기 때문이다. 2중 공진을 갖는 BLA는 2단 BLA이기 때문에 P1의 길이를 무조건 짧게 할 수는 없다. 이는 공진특성이 2단 브랜치 라인 연결을 위해 <그림6>의 P2 길이와 연관이 있기 때문이다. P1을 16mm로 고정시킨 뒤, P2 길이에 의한 공진주파수 변화를 나타낸 그림은 다음 <그림 6>과 같다.

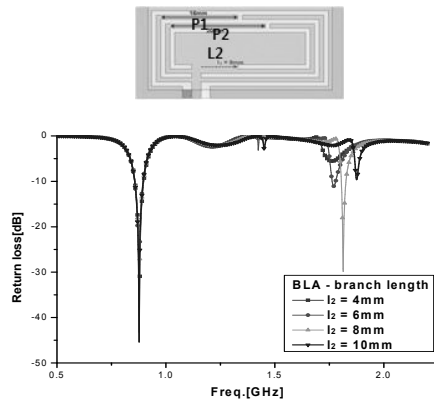


<그림 6> P2 길이에 따른 반사손실
<Fig. 6> Return loss due to P2 length

<그림6>은 <그림5>의 BLA 라인 안쪽으로 브랜

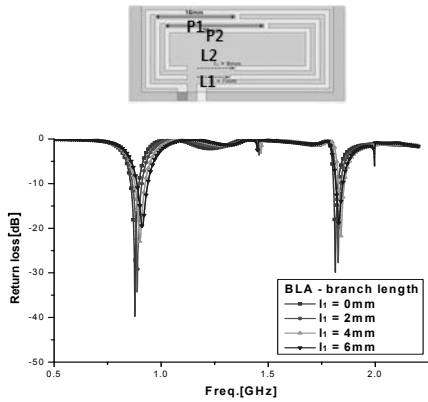
치 라인을 하나 더 추가시킨 2단 BLA 접속위치 P2에 대한 것이다. 2단 BLA 접속위치는 길이변화와 같이 높은 주파수대역 설계변수가 아닌 낮은 주파수대역 설계를 위한 변수이다. 시뮬레이션 결과, P2의 길이 변화에 따른 공진특성은 P1 변화만큼 영향이 크게 나타나지는 않는다. 그러나 P2 길이가 길어질수록 공진주파수가 약간씩 낮아짐을 볼 수 있으나, 크게 변화하지는 않는다. 이는 1단 BLA의 길이와 연관을 갖고 있기 때문이다.

다음은 안테나의 급전위치에서 브랜치 라인의 끝점까지의 길이 L1, L2 변화에 따른 공진특성을 나타내기로 한다. <그림 7>은 1단 BLA 브랜치 라인 끝을 급전부까지 최대한 길이로 해 놓은 상태에서 2단 BLA 라인 길이를 4~10mm까지 변수로 할 때 변화하는 공진특성을 나타낸 그림이다. 그림에서 보듯이 길이 L2에 따른 공진특성은 낮은 밴드에서는 변화가 없고 높은 밴드에서 특성이 변화하고 있다. 즉, 길이가 길수록 공진주파수가 올라가는데, 이는 라인의 길이가 짧아짐을 의미하므로 공진주파수가 올라가는 것은 당연하다고 할 수 있다. L1에 의해 이미 낮은 주파수 공진특성이 정해지므로 L2의 길이는 낮은 밴드에는 영향을 주지 않고 있다.



<그림 7> L2 길이에 따른 반사손실
<Fig. 7> Return loss due to L2 length

마지막으로 L1 길이를 변화시킬 때에 대한 공진특성을 나타낸 것은 다음 <그림8>과 같다.



〈그림 8〉 L1 길이에 따른 반사손실
 〈Fig. 8〉 Return loss due to L1 length

〈그림 8〉에서 L2는 8mm로 고정한 뒤 L1 길이를 0~6mm까지 변화시켰다. L1 길이가 짧으면 브랜치 라인의 길이가 증가하므로 공진주파수가 낮아지게 된다. 〈그림 8〉은 이를 잘 보여 주고 있다. 즉, L1이 0일 때 안테나 길이가 가장 길므로 공진주파수가 가장 낮다. L1이 증가할수록 안테나 길이가 짧아지므로 공진주파수가 높아지고 있다.

이상과 같은 시뮬레이션을 토대로 GSM, DCS대역에 공진을 갖는 2중 공진 BLA를 설계한 결과는 다음과 같다. 안테나의 폭을 w, 길이를 d, 높이를 h라 하고, 선로의 폭과 간격을 각각 w1, d1이라 하면 설계된 안테나 길이 제원은 <표 1>과 같다.

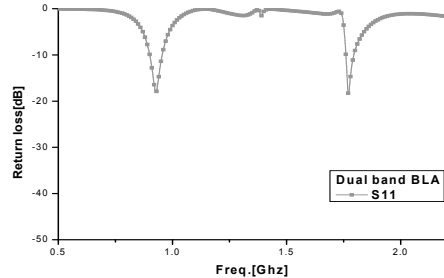
〈표1〉 설계된 BLA의 길이 제원
 〈Table 1〉 Length spec. of the designed BLA

spec	length	spec	length	spec	length
w	40	w1	1.0	P2	20.7
d	19	d1	1.0	L1	7
h	5	P1	16.7	L2	8

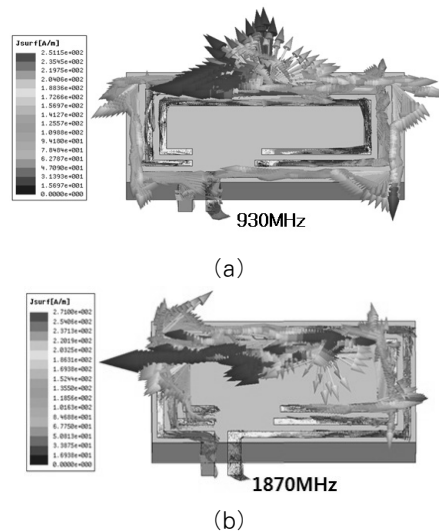
<표 1>과 같이 최종 설계된 BLA의 공진특성에 대한 HFSS 시뮬레이션 결과는 <그림 9>와 같다.

설계한 결과 GSM900 대역은 대역을 모두 커버하고 있으나, DCS1900 대역은 주파수는 맞으나, GSM에 비해 대역이 협소하게 나타나고 있다. 이를

토대로 제작 및 측정함으로써 실측에 의한 대역특성을 나타내기로 한다.



〈그림 9〉 설계된 BLA의 2중 공진특성
 〈Fig. 9〉 Dual resonance of designed BLA



〈그림 10〉 설계된 BLA의 시뮬레이션 전류밀도
 (GSM(a), DCS(b))

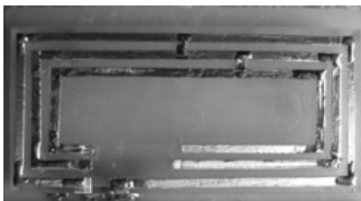
〈Fig. 10〉 Simulated current density of designed BLA(GSM(a), DCS(b))

<그림 10>의 전류밀도는 BLA가 동작하는 원리를 나타내주고 있다. <그림10(a)>의 GSM밴드인 930 MHz에서 시뮬레이션한 전류밀도를 보면 브랜치 라인 양 끝에서 시작된 전류는 루프안테나의 연결점에서 최대가 되고, 루프의 양방향으로 흘러 급전점으로 흐르고 있다. <그림10(b)>는 DCS밴드인

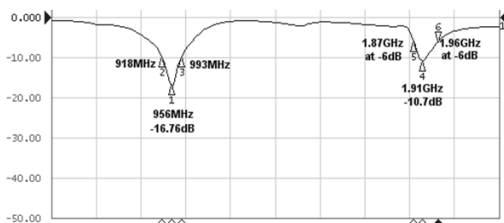
1870MHz에서의 전류밀도로 브랜치 라인 양끝과 연결점에서 시작된 전류가 중앙으로 흐르므로써 GSM 전류패스의 2배가 됨을 보여주고 있다. 전류 밀도를 시뮬레이션 한 주파수는 S11이 -10dB 되는 주파수이며, 이는 동일 반사특성 조건에서 보기 위함이다.

2. BLA 제작 및 측정

최적화된 안테나 제원을 이용하여 모바일 서비스인 GSM900 및 DCS1900 대역용 BLA 안테나를 제작하였다. 제작된 BLA의 사진은 <그림 11>에 나타내었다. BLA를 비유전율이 3인 폴리카보네이트 재질의 캐리어 위에 <그림 11>과 같이 구현하였다. FR-4 재질의 베어보드 상단에 구현한 안테나를 탑재하였다. 제작된 안테나의 크기는 40×19×5mm이다. 구현된 안테나는 기본 루프 안쪽으로 총 2단의 브랜치 라인을 가지고 있는 2단 BLA이다. 각 브랜치 사이의 간격 1mm, 기판 접지와 캐리어와의 이격 거리는 2mm, 급전 선로의 폭은 2mm이다.



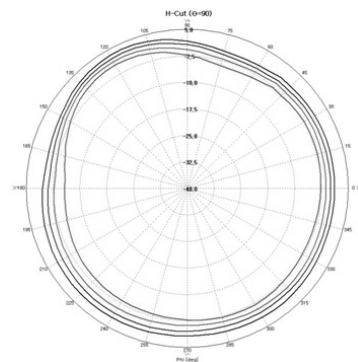
<그림 11> 제작 구현된 BLA
<Fig. 11> Implemented BLA



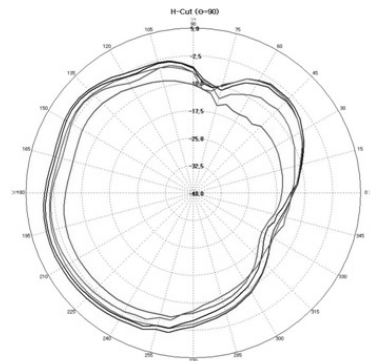
<그림 12> 측정 반사계수
<Fig. 12> Measured return loss

<그림12>는 <그림11>과 같이 구현된 안테나의 반사손실을 측정한 그림이다. 그림에서 공진 중심 주파수는 GSM대역에서 956MHz, DCS대역에서는 1.91GHz로 <그림9>의 시뮬레이션 치와 거의 일치하고 있다. 대역폭 역시 GSM대역에서 -10dB 대역폭이 75MHz(918~993MHz)이고, DCS대역에서 -6dB 대역폭이 90MHz(1870~1960MHz)로 대역을 잘 만족하고 있다.

무반사실에서 측정한 방사패턴, 효율 및 이득특성 중 방사특성은 <그림 13>과 같다.



(a) GSM 대역



(b) DCS 대역

<그림 13> 측정된 H면 방사패턴
<Fig. 13> Measured H-plane radiation pattern

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 13>에 나타내었다. <그림 13>에서 주파수 표시를 하지 않은 것은 <표 2>에 나타난 주파수별 효율 및 평균이득을 보면 알 수 있기 때문이다. <그림 13>의 H면 방사패턴은 GSM대역에서는 거의 무지향성 패턴을 보인다. DCS대역에서는 120도 방향으로 약간의 찌그러짐이 나타나고 있으나, 이는 DCS대역 이상의 고주파에서 주로 나타나는 현상으로 급전이 한쪽으로 치우쳐져 있기 때문에 발생한다. 하지만 이러한 문제점은 널(null)이 발생하지 않는 한 패턴으로서 문제가 되지 않는다. 이득 및 효율 측정은 방사 패턴 측정과 동시에 이루어진다. 이를 나타내면 다음 <표 2>와 같다.

<표2> 측정된 방사효율 및 평균이득
<Table 2> Measured radiation efficiency and average gain

Frequency [MHz]		Radiation	
		Efficiency [%]	Average gain [dBi]
GSM	880	49.73	-3.03
	910	57.64	-2.39
	930	62.50	-2.04
	960	71.39	-1.46
DCS	1870	15.34	-8.14
	1890	39.57	-4.03
	1910	60.62	-2.17
	1930	58.78	-2.31
	1950	45.51	-3.42

측정결과 GSM밴드에서 평균이득 -3.03~-1.46dBi 및 49.73~71.39% 효율을 얻었고, DCS밴드에서 평균이득 -8.14~-2.17dBi 및 15.34~60.62% 효율이 측정되었다. GSM밴드에서는 생산 휴대 단말기의 방사효율이 30% 정도인 것을 감안하면 양호한 성능을 보여주고 있다. 그러나 DCS밴드에서는 양호한 방사

효율임에도 불구하고 1870MHz에서는 낮은 방사특성이 나타나고 있다. 이는 높은 주파수대역에서 나타나는 채널 간 편차이다. 이에 대한 개선이 필요할 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고 본 연구 안테나의 방사특성은 양호한 편이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 루프안테나에 브랜치 라인을 연결하여 공진주파수를 낮춤으로써 휴대 단말기용 안테나에 적용할 수 있음을 보였다. 안테나의 주요 길이를 변수로 하여 공진특성을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과를 토대로 2단 BLA를 설계하고 이를 베어보드 상 캐리어 위에 구현하였다. 구현된 안테나에 대한 반사계수 및 방사특성을 측정한 결과 GSM900밴드에서 75MHz의 -10dB 밴드폭과 평균이득 -3.03~-1.46dBi 및 49.73~71.39% 효율을 얻었다. DCS1900밴드에서는 90MHz의 -6dB 밴드폭과 평균이득 -8.14~-2.17dBi 및 15.34~60.62% 효율을 얻었다. H면 방사패턴은 거의 무지향 특성을 보였다.

본 연구는 베어보드 상에 안테나를 설계하고 이를 구현한 것이다. 향후 실제 단말기에 장착하는 BLA에 대한 연구가 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] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", John Wiley & Sons, 1997

저자소개



손 태 호 (Son, Taeho)

1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
1979년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
1990년 ~ 현재 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수
2007년 ~ 현재 : (주)스카이크로스 기술고문
2002년 ~ 2007년 : (주)에스비텔콤, (주)하이트랙스 기술고문
2000년 ~ 2003년 : (주)넷시텔콤 위촉 연구소장
1999년 ~ 2000년 : University of Illinois 연구교수
1992년 ~ 1994년 : 천문우주연구원 객원연구원
1980년 ~ 1981년 : 영국 Ferranti사 연구원
1978년 ~ 1987년 : 금성정밀(주) 중앙연구소 근무
<관심분야> 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나설계, 자동차용 전장품 개발
e-mail : thson@sch.ac.kr