

3중 대역 휴대폰 단말기용 다중 전류 분포 폴디드 모노폴 안테나

Multi-Current Distributed Folded Monopole Antenna for Triple Band Mobile Phone Handset

손 태 호 · 이 재 호

Taeho Son · Jacho Lee

요 약

본 논문에서는 폴드형 GSM/DCS/USPCS 서비스용 휴대폰 단말기에 적용되는 3중 대역 폴디드 모노폴 안테나를 설계 제작한다. 안테나는 변형된 미앤더 구조이며, 접힌 형상을 갖도록 설계함으로써 GSM 주파수 대역에서는 길이를 늘리는 역할을 하고, DCS/USPCS 주파수 대역에서는 같은 방향으로 전류가 형성될 수 있도록 한다. 같은 방향의 다중 전류는 방사 저항과 이득을 동시에 높게 해 줌으로써 내장형 안테나로 성능 구현이 어려운 휴대폰에 적용될 수 있다. 설계된 안테나를 프레스 공법으로 제작하여 휴대폰에 적용한 결과 GSM/DCS/USPCS의 3중 대역에서 폴드 닫힘 상태에서 VSWR 3:1, 열림 상태에서 2:1 이내 특성을 만족하고 있으며, 최대 이득은 GSM 밴드에서 -0.02 dBi, DCS 밴드에서 +0.2 dBi, USPCS 밴드에서 +0.78 dBi를 가지고 전방향성 특성의 H면 방사 특성을 보인다.

Abstract

We design and fabricate, in this paper, a triple band folded monopole antenna for the folder type mobile phone handset that can be served GSM/DCS/USPCS mobile phone system. Antenna structure is modified meander shape which is obtained both extension of antenna physical length for GSM band and same directional multi-currents flowing on the antenna conductor surface for DCS/USPCS band. This antenna has as good performances as high radiation resistance and gain increment, and would be applied to mobile phone handset that is not able to be performed by internal antenna. By measurement, fabricated antenna by the press process shows under VSWR 3:1 at closed folder state and 2:1 at opened folder state over whole GSM/DCS/USPCS band, and has maximum gain as -0.02 dBi for GSM, +0.2 dBi for DCS, +0.78 dBi for USPCS band with almost omnidirectional H-plane radiation pattern.

Key words : Folded Monopole, Multi-Current, Mobile Antenna, Triple Band

I. 서 론

이동통신의 급속한 발전과 더불어 다양한 소비자 욕구에 의해 휴대 단말기는 더욱 소형화 및 슬림화 되고 있다. 더불어 세계화에 따른 글로벌 로밍 서비

스의 확대에 따라 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식과 TDMA(Time Division Multiple Access) 이 함께 적용되는 단말기가 요구되어 널리 적용되고 있다. CDMA 방식의 대표적 서비스로는 CDMA(824 ~894 MHz), PCS(Personal Communication System,

순천향대학교 정보통신공학과(Dept. of Infocom Engineering, Soonchunhyang University)

*삼성전자(주) 무선사업부 안테나개발 LAB(Antenna R&D LAB, Mobile Communication Division, Samsung Electronics Co. LTD)

· 논문 번호 : 20070828-090

· 수정완료일자 : 2007년 10월 15일

1,750~1,870 MHz(KPCS), 1,850~1,990 MHz(USPCS)가 있고, TDMA 방식으로는 GSM(Global System for Mobile Communication, 880~960 MHz) 및 DCS(Digital Communication System, 1,710~1,880 MHz)가 있다.

휴대 단말기용 안테나의 소형화 및 멀티 밴드화에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있어 현재 생산되는 대부분의 휴대폰 단말기는 내장형 안테나를 탑재하고 있다. 내장형 안테나 종류는 PIFA, dipole, FMA, chip 및 IFA 등이 있다. PIFA(Planar Inverted F Antenna)는 슬릿에 따라 발생하는 면 전류에 의해 방사가 일어나는 원리로 비교적 이득이 큰 반면 부피가 큰 단점이 있다. FMA(Folded Monopole Antenna) 및 chip 안테나는 부피가 작은 장점은 있으나, 대역폭이 좁고 chip의 경우 작은 방사 효율 때문에 적용에 한계를 가지고 있다. 따라서 현재 대부분의 소형 단말기에는 변형된 IFA가 적용되고 있다^{[1][2]}.

안테나의 방사 특성은 단말기의 구조에 따라 매우 민감하다. 양호한 방사 손실 특성임에도 불구하고 단말기에 기인된 낮은 방사 효율 때문에 이득이 작아진다. 다시 말하면 안테나의 방사는 단말기 세트에 의해 크게 영향을 받는다. 단말기 세트 영향의 요인은 기판의 크기와 구조, 접지의 형태, 각종 부품의 배치와 연결 및 EMI(Electromagnetic Interference) 도료의 구조 등이 있다. 그러나 아직까지 이러한 요인들에 의한 방사 영향에 대한 체계적인 연구가 없는 실정이다. 따라서 안테나 설계는 필히 휴대폰 단말기 세트에 적용하여 설계하여야 한다. 같은 안테나에 대해 bare board 상태 때의 특성과 단말기에 적용된 특성이 크게 다른 것은 바로 이러한 영향 때문이다^[2].

본 연구는 내장형 안테나로는 이득 특성을 만족하지 못하는 단말기 세트에 적용될 다중 전류 폴딩드 모노폴 외장형 안테나에 관한 연구이다. 즉, 방사 효율이 나빠서 내장형 안테나로는 성능을 만족하지 못하는 단말기에 적용하기 위한 연구로, 비교적 이득이 큰 외장형 안테나로 대처함으로써 세트가 갖는 방사 효율 저감에 대처하는 것이다^{[3]~[5]}. 본 연구에서는 보다 큰 이득 구현을 위하여 미앤더 구조를 변형시켜 전류의 발생이 같은 방향으로 여러 군데 형성시킨다^{[6][7]}. 다중 전류의 발생은 폴딩드 다이폴이

갖는 방사 저항의 상승과 동시에 이득을 향상시킨다. 프레스 금형으로 제작된 안테나를 휴대폰에 장착시키고 GSM/DCS/USPCS 밴드 주파수에서 폴더 열림/ 닫힘 상태 때의 방사 손실과 방사 패턴을 측정하고 그 결과를 고찰한다.

II. 안테나 구조

그림 1은 본 논문에서 제안하는 안테나의 형태이다. 그림 1(a)는 안테나 모델을 입체적으로 나타낸 그림이고, (b)는 안테나 구조를 이해하기 위하여 안테나를 펼친 그림이다. 그림에서 보듯이 급전은 안테나 하단부에서 급전되고, 높이에 따라 변형된 미앤더 구조로 구부러져 우측면에서 종단되는 폴딩드 모노폴 형상을 하고 있다.

기본적으로 구부러진 안테나의 전체 길이는 적용 주파수의 최저 주파수 대역인 GSM 대역에 맞도록 한다. 안테나 특성을 얻어서, 이로부터 최적 설계를 하기 위해서는 각 부분의 길이 변화가 변수로 되어 길이에 따른 방사 손실의 변화를 알아야 한다. 본 논문에서는 여러 변수 중 가장 민감하게 나타나는 2종류의 길이 변수에 대한 방사 손실을 나타내었다. 방사 손실 시뮬레이션은 Ansoft사 HFSS로 시뮬레이션 하였다.

그림 1(b)에서 상단 면 W 의 길이를 7.0, 7.4, 7.8 mm로 하였을 경우, 안테나의 총 길이는 106, 109,

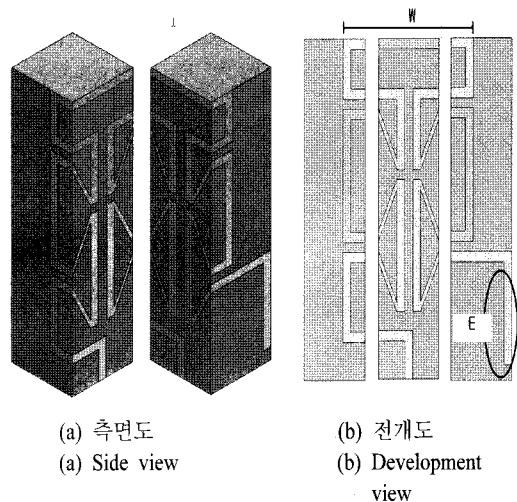


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of proposed antenna.

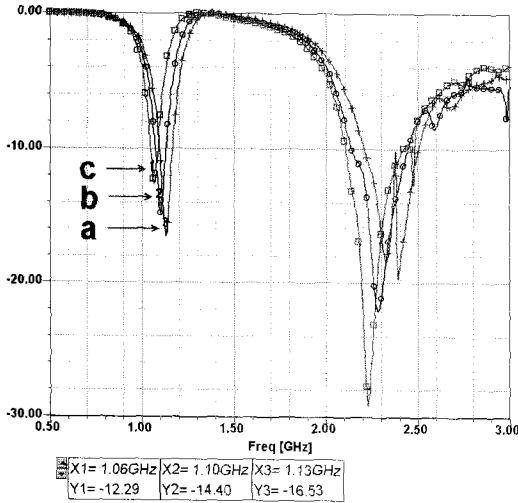


그림 2. W 변화에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss due to W variation.

111 mm로 되는데, 이때 시뮬레이션 된 반사 손실은 그림 2와 같다.

그림 2에서 a, b, c는 W 가 각각 7.0, 7.4 및 7.8 mm 일 때의 반사 손실을 나타낸다. 안테나가 길어질수록 공진 주파수가 낮아지기 때문에 선형 안테나 이론을 뒷받침해 주고 있다. 그러나 안테나가 길어질수록 낮은 주파수 대역에서는 반사 손실이 나빠지고 있으나, 높은 주파수 대역에서는 향상되고 있다. 이는 이 안테나가 낮은 주파수에서는 유도성이고, 높은 주파수에서는 용량성을 말해주고 있다. 왜냐하면 유도성일 때 안테나 길이 증가에 의해 L 이 추가 되면 임피던스가 더욱 증가함으로써 S_{11} 이 나빠지게 되며, 반대로 용량성일 경우 L 이 추가되면 S_{11} 이 좋아지게 되기 때문이다.

다음은 그림 1(b)에서 E 부분을 다음과 같이 변화시켰을 때 나타나는 반사 손실은 나타낸다.

그림 3에서 M_1 은 안테나 종단을 길게 구부렸을 때이고, M_2 , M_3 는 점점 짧게 하였을 때이다. 이때 상단부로부터의 길이는 각각 10.85, 6.0 및 4.0 mm이다. 그림 3과 같은 제원으로 분석된 반사 손실은 그림 4와 같다.

안테나 종단 길이를 길게 하였을 경우(M_1) 공진 주파수가 낮아짐을 알 수 있고, 짧을 경우(M_3) 공진 주파수가 높아지고 있다. 그러나 2중 공진의 높은

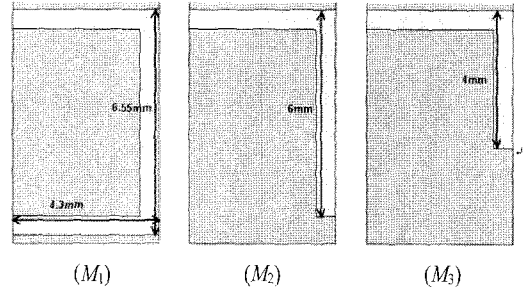


그림 3. 그림 1(b) E 부분 길이 변화
Fig. 3. Length variation for E on Fig. 1(b).

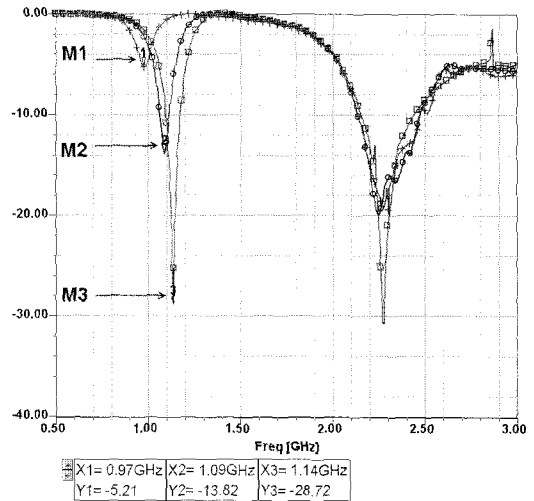


그림 4. E 변화에 따른 반사 손실
Fig. 4. Return loss due to E variation.

주파수 대역에서는 주파수 이동은 없고 다만, 반사 손실 크기에 영향을 주고 있다.

III. 안테나 제작 및 특성

본 안테나 구조는 조금은 복잡한 형상을 하고 있어서, 최적 설계를 위한 변수는 다양한 변수로 나타낼 수 있다. 그러나 본 논문에서는 지면상 모든 변수에 대한 반사 손실 특성을 나타낼 수는 없고, 그림 1(b)와 같이 비교적 민감한 2부분에 대한 특성을 앞절에 나타내었다. 그림 2와 4에 나타난 결과를 중심으로 설계하여 제작한 안테나는 그림 5와 같다.

제작은 설계된 안테나를 프레스 공법으로 제작한 것이다. 이때 사용된 판의 재질은 동이다. 제작을 위해 설계된 안테나의 주요 치수는 표 1과 같다.

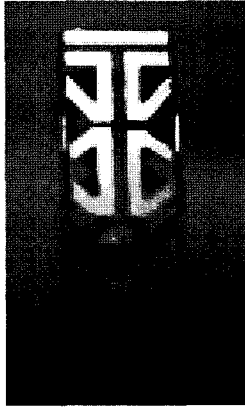


그림 5. 제작된 안테나
Fig. 5. Fabricated antenna.

표 1. 설계된 안테나의 제원
Table 1. Dimensions of designed antenna.

기호	길이 [mm]	설명
<i>W</i>	7.4	안테나 폭
<i>E</i>	6.0	중단부분 길이
<i>H</i>	18.1	안테나 높이
<i>S</i>	0.55	안테나 도체 폭
<i>F</i>	4.3	안테나 앞면 폭

표 1과 같이 설계되어 제작된 그림 5 안테나의 이론적인 특성을 HFSS로 시뮬레이션한 결과 반사 손실 특성은 그림 6과 같다.

그림 6에서 보듯이 -10 dB 기준으로 GSM 대역

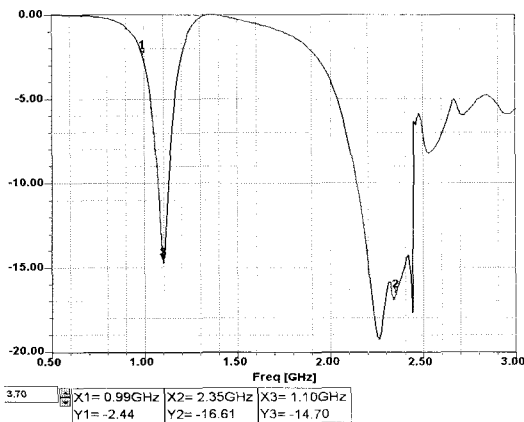


그림 6. 이론적인 반사 손실
Fig. 6. Theoretical return loss.

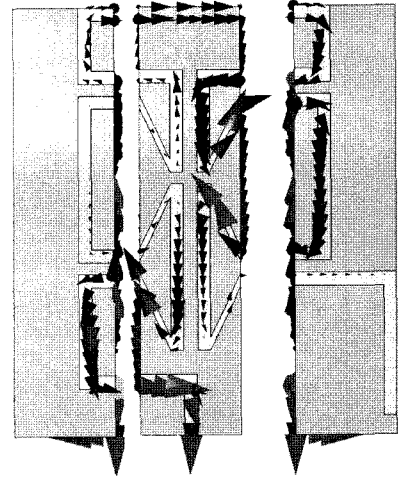


그림 7. 안테나 상 전류 분포
Fig. 7. Current distribution on the antenna.

은 1.05~1.14 GHz, DCS 및 USPCS 대역은 2.13~2.45 GHz 특성을 보이고 있다. 이 특성은 실사용 특성보다 주파수가 높게 나타나지만, 단말기 세트에 조립하고, 안테나 커버를 씌우면 유전율 증가에 의해 주파수가 하향천이 되는 것을 고려한 것이다^[7].

설계된 안테나의 다중 전류 특성은 시뮬레이션을 통해 안테나에 흐르는 전류를 확인함으로써 알 수 있다. 그림 7은 시뮬레이션을 통한 안테나 전류 분포를 나타낸 그림이다.

그림 7 전류 분포는 DCS 대역 중심 주파수 1,795 MHz에서 나타낸 그림이다. 휴대폰 다중 대역 안테나의 경우, 거의 대부분 높은 대역에서 효율이 떨어진다. 이는 낮은 주파수에 맞도록 설계된 안테나는 높은 주파수에서는 전류 방향이 서로 반대가 됨으로써 전류 상쇄 작용에 기인되기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 높은 대역에서의 효율 증가를 위해 같은 전류 방향이면서 다중 전류 특성이 나타나는가를 확인하였다. 위 그림에서 보듯이 좌 상단 부분을 제외하고는 직선 변에서 모두 아래 방향의 전류 분포를 보이고 있다. 폴디드 안테나 경우, 폴디드 다이폴 안테나와 마찬가지로 안테나 모드 전류가 같은 방향일 경우, 방사 저항은 높일 수 있고 동시에 안테나 수신 전력이 증가하는 장점이 있다^[8]. 따라서 안테나 높이 방향으로 같은 방향의 전류가 흐르는 본 안테나는 여타의 안테나보다 효율이 높아 이득이 높을 것으로

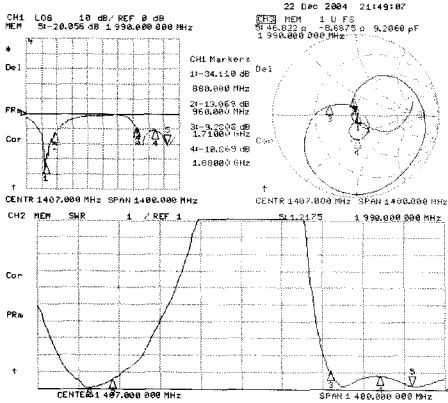


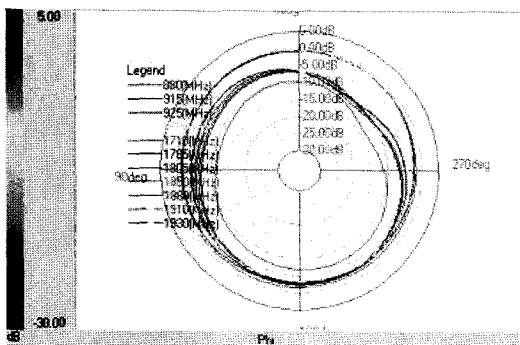
그림 8. 측정된 반사 손실(폴더 오픈)
Fig. 8. Measured return loss(folder opened).

예측할 수 있다.

그림 5와 같이 제작된 안테나를 단말기 세트에 조립하고 측정한 특성은 다음과 같다.

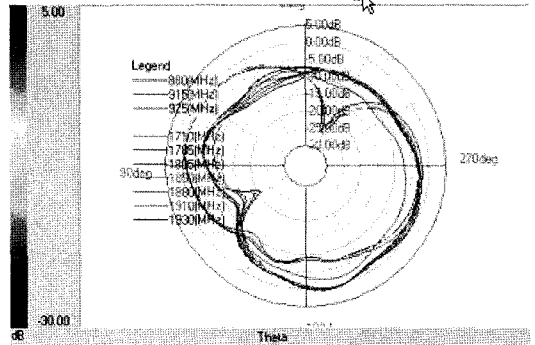
일반적으로 폴더형 단말기의 경우, 폴더가 닫혔을 (closed) 때보다 통화를 위해 열었을(opened) 때 특성이 더 중요하다. 따라서 폴더를 열었을 때 측정된 반사 손실을 나타내면 그림 8과 같다. 그림 8에서 반사 손실 -10 dB(VSWR 2:1) 기준으로 주파수 대역 특성은 812~990 MHz 및 1,710~2,010 MHz 특성을 보임으로써 GSM, DCS 및 USPCS 대역을 모두 만족하고 있음을 나타내고 있다.

그림 9에서 그림 11은 폴더를 열었을 때의 주파수별 H, E1 및 E2 패턴이다. 여기서 정의에 의해 H 패턴은 휴대폰을 세웠을 경우 수평 패턴이고, E1 패턴은 좌우 수직 패턴을 E2 패턴은 앞뒤 수직 패턴을 말



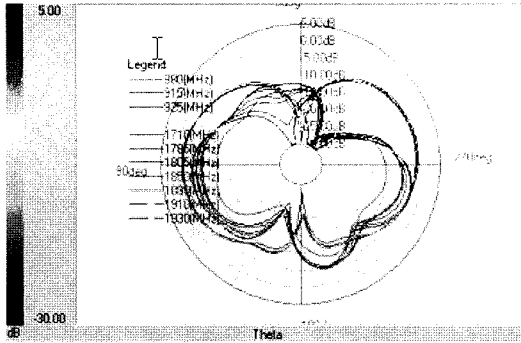
Layer (MHz)	Max.		Min.		Average (dB)
	Value (dB)	Position (deg.)	Value (dB)	Position (deg.)	
880	-1.02	61.88	-1.96	208.10	-1.40
915	-0.81	30.94	-2.96	202.52	-1.69
925	-0.94	19.68	-3.34	205.33	-1.90
960	-0.34	45.00	-3.36	213.75	-1.65
1710	-6.88	196.87	-13.81	300.96	-9.71
1785	-3.09	194.04	-10.42	312.19	-5.94
1805	-2.83	191.26	-10.17	312.19	-5.60
1850	-2.50	180.00	-10.84	315.00	-5.26
1880	-2.63	185.64	-11.29	317.83	-5.20
1910	-2.59	191.26	-10.06	323.44	-4.59
1930	-2.61	196.87	-10.18	326.25	-4.55
1990	-2.87	78.76	-9.46	331.87	-4.30

그림 9. H면 패턴 측정 결과
Fig. 9. Measured H-plane pattern.



Layer (MHz)	Max.		Min.		Average (dB)
	Value (dB)	Position (deg.)	Value (dB)	Position (deg.)	
880	-0.27	77.14	-25.04	-22.85	-4.92
915	-0.12	77.14	-25.49	-25.74	-5.30
925	-0.26	77.14	-23.05	-25.70	-5.40
960	-0.02	80.00	-36.80	-22.85	-5.12
1710	-2.43	-165.71	-15.04	117.16	-7.71
1785	0.17	-165.71	-12.34	120.01	-5.01
1805	0.20	-165.71	-12.87	119.97	-4.97
1850	0.20	-165.71	-13.47	120.01	-5.02
1880	0.29	-168.57	-16.25	117.16	-5.32
1910	0.61	-168.57	-19.27	117.16	-5.28
1930	0.59	-171.43	-20.67	119.97	-5.43
1990	0.78	-168.57	-35.37	120.01	-5.84

그림 10. E1면 패턴 측정 결과
Fig. 10. Measured E1-plane pattern.



Layer (MHz)	Max.		Min.		Average (dB)
	Value (dB)	Position (deg.)	Value (dB)	Position (deg.)	
880	-1.05	88.57	-29.50	-2.84	-5.73
915	-1.19	88.57	-22.62	2.86	-5.93
925	-1.30	91.43	-20.55	-177.17	-5.97
960	-0.62	91.43	-18.63	180.00	-5.57
1710	-8.05	-160.00	-35.19	-22.85	-14.08
1785	-5.23	-162.86	-29.35	-28.59	-10.54
1805	-5.35	-162.86	-28.37	-31.43	-10.53
1850	-4.70	-162.86	-27.40	-34.28	-10.35
1880	-4.49	-102.86	-28.50	-37.13	-10.28
1910	-3.07	-105.71	-34.63	-37.16	-9.93
1930	-2.67	-105.71	-47.74	-40.01	-10.09
1990	-1.40	-108.57	-42.29	8.59	-9.71

그림 11. E2면 패턴 측정 결과
Fig. 11. Measured E2-plane pattern.

한다.

그림 9에서 11까지의 패턴 측정 결과에서 각 패턴 그림과 주파수별 데이터 도표를 함께 나타내었다. 도표에서 Max는 최대 이득 값과 나타나는 각도를 Min은 최소 이득 값과 각도를 나타낸다. Average는 패턴을 360도 평균한 평균 이득을 나타낸 것이다.

그림 9의 H 패턴에서 GSM 대역에서는 전방향성 특성을 나타내고 있으며, DCS 및 USPCS 대역에서는 310도 방향으로 약간의 비대칭이 발생하긴 하지만 거의 omni한 양호한 특성을 보이고 있다.

그림 10, 11의 E1, E2 패턴은 단말기 특성상 그렇게 중요하지는 않지만, 최대 이득이 발생되므로 이를 나타내면 다음과 같다. 최대 이득은 그림 10의 E1 패턴에서 발생된다. GSM 대역은 각도 80도에서 -0.02 dBi, DCS 대역은 각도 -165.7도에서 +0.2 dBi, USPCS 대역은 각도 -168.57도에서 +0.78 dBi로 나타났다. 이는 같은 단말기용으로 설계된 내장형 안테나 및 외장형 헤리컬 안테나^[7]에 비해 각각 평균 5 dB 및 2 dB 높은 이득이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 3중 대역 이동 통신 휴대 단말기용 외장형 폴디드 모노폴 안테나를 설계, 제작하고 제반 특성을 측정하여 나타내었다. 내장형 및 외장형 헤리컬 안테나로는 성능 확보가 어려운 단말기에 적용이 가능함을 보였다. 이는 기본적으로는 미앤더 구조이면서도 전류 분포가 같은 방향으로 여러 군데 발생하도록 하는 구조를 채택함으로써 가능하였다. 설계와 이론적 특성 및 전류 분포의 확인을 위해 Ansoft사 HFSS를 이용하였다.

설계한 안테나를 프레스 금형으로 제작하여 단말기에 조립하고 GSM, DCS 및 USPCS 대역에서 특성을 측정된 결과 반사 손실 -10 dB(VSWR 2:1) 기준으로 812~990 MHz 및 1,710~2,010 MHz 특성을 보임으로써 GSM, DCS 및 USPCS 대역을 모두 만족하고 있음이 나타났다. 이득 또한 GSM, DCS 및 USPCS 대역에서 각각 -0.02 dBi, +0.2 dBi 및 +0.78 dBi로 나타나 같은 단말기용으로 설계된 내장형 안테나 및 외장형 헤리컬 안테나에 비해 각각 평균 5 dB 및 2 dB 높은 특성을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Kin-lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, Wiley interscience, 2003.
- [2] 손태호, "2007 휴대폰 내장형 안테나의 해석 및 설계법", 교육자료, 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품지역혁신센터, 2007년 6월.
- [3] 손태호, "휴대폰용 접힌 모노폴 안테나", 대한민국 실용신안특허 제0304442호, 2003년.
- [4] 손태호 외, "GSM/DCS Dual 밴드용 접힌 모노폴

안테나", *춘계 마이크로파 및 전파학술대회*, 27 (1), pp. 145-148, 2004년 5월.

- [5] 손태호 외, "이동통신 단말기용 외장형 폴디드 모노폴 안테나", *한국정보기술학회논문지*, 2(1), pp. 85-92, 2004년 3월.
- [6] 장인석, 손태호, 이재호, "5밴드 휴대폰용 폴디드 모노폴 안테나 제작", *한국전자과학회논문지*, 17

(8), pp. 713-718, 2006년 8월.

- [7] 장인석, 손태호, 장운순 "휴대폰 적용을 위한 다중 전류 분포 안테나와 헤리컬 안테나의 특성비교", *마이크로파 및 전파학술대회 논문집*, 28(1), pp. 137-140, 2005년 5월.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.

손 태 호



1979년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학사)
 1986년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학석사)
 1990년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학박사)
 1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연

구원

1978년~1987년: LG정밀(주) 연구소 근무
 1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원
 1999년~2000년: University of Illinois 연구교수
 2000년~2003년: (주)넷시텔레콤 위축 연구소장
 2002년~2006년: (주)에스비텔레콤 기술고문
 2005년~현재: (주)하이트렉스 기술고문
 2006년~현재: (주)동원 위축 연구소장
 2007년~현재: (주)스카이크로스 기술고문
 1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수
 [주 관심분야] 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계, 자동차용 전장품 개발, 전자파 생체영향

이 재 호



1996년 2월: 부산수산대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1998년 2월: 부경대학교(구 부산수산대학교) 전자공학과 (공학석사)
 2002년 3월: 일본 타쿠쇼쿠(拓殖)대학 전자정보공학 (공학박사)
 2002년 4월~2003년 12월: 일본 타

쿠쇼쿠(拓殖)대학 객원연구원

2002년 4월~2004년 3월: 일본 학술진흥재단(JSPS) 외국인 특별연구원
 2004년 1월~2005년 11월: (주)삼성전자 무선사업부 개발 3팀 책임연구원
 2005년 12월~현재: (주)삼성전자 무선사업부 안테나개발 Lab.장
 [주 관심분야] 휴대폰 내장형 안테나, Wibro 및 DMB/DVB-H 내장형 안테나, SAR 해석 등