

헤릭스를 이용한 3차원 구조의 휴대폰 내장형 안테나

3 Dimensional Mobile Phone Internal Antenna Using the Helix Element

홍민기 · 손태호

Mingi Hong · Taeho Son

요약

1.5 cc 이하의 안테나 체적을 갖는 소형 안테나의 이득을 향상시킬 수 있는 3차원 구조의 휴대폰 내장형 안테나를 설계하고 이를 제작하였다. 소형 안테나 경우, 공진을 위해서 안테나를 복잡하게 구부리게 된다. 이러한 구부림은 전류 상쇄 작용을 발생시킴으로써 결국 이득 감소를 초래한다. 본 연구에서는 안테나의 구부림을 최소화하여 전류 상쇄를 줄였다. 짧은 안테나 길이의 보상과 방사 소자로의 동시 역할을 위해 헤릭스 소자를 사용하였다. 타당성을 입증하기 위하여 1.5 cc 체적으로 설계한 안테나를 프레스 공법으로 제작하여 2중 대역 휴대폰에 적용하였다. 측정 결과, GSM/USPCS 대역에서 슬라이드 다운 및 업일 때 효율과 이득은 각각 최대 27.73 %, 46.84 % 및 0.29 dBi, 2.27 dBi로 소형임에도 불구하고 양호한 특성이 나타났다. 방사 패턴은 2대역 모두 H-면 전방향성 특성을 보였다.

Abstract

We designed and implemented a 3-dimensional structure internal antenna which has volume less than 1.5 cc for mobile phone to improve efficiency and gain. Multiple bending for the resonance of small internal antenna derives reduction of gain due to cancellation of antenna current. In this study, the current cancelation was reduced by the minimization of antenna bending. And the helix element was applied for the purpose both compensation of short antenna length and action of radiation element. For the verification of this study, a 1.5 cc volume 3D antenna which was fabricated by the press method applied to the dual band mobile phone. Measurement showed that efficiencies and gains under the slide down and up were 27.73 %, 0.29 dBi for the GSM band and 46.84 %, 2.27 dBi for the USPCS band, and had good performance under the small antenna volume. H-plane radiation pattern showed omnidirectional for the both band.

Key words : Internal Antenna, 3-Dimensional Structure, Helix Element, Current Cancelation

I. 서론

최근 휴대 단말기에 주로 사용되는 내장형 안테나는 휴대 단말기가 소형화, 슬림화 및 다기능 고성능화에 따라 소형이면서 높은 이득과 효율이 요구되고 있다. 더구나 국제 로밍 서비스에 따라 2대역 이상의 멀티 밴드 특성을 가져야 한다. 내장형 안테나

의 소형화는 낮은 방사저항과 좁은 대역 특성으로 인해 이득의 저하와 더불어 멀티 밴드 특성을 어렵게 한다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위한 내장형 안테나의 연구가 진행되고 있다^[1].

내장형 안테나 종류는 PIFA(Planar Inverted F Antenna), 다이폴, FMA(Folded Monopole Antenna), 칩(chip) 및 IFA(Inverted F Antenna) 등이 있다. PIFA와

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

· 논문 번호 : 20080523-14S

· 수정완료일자 : 2008년 8월 7일

다이폴은 이득이 큰 장점이 있으나, 부피를 많이 차지한다. FMA는 멀티 밴드 특성을 갖기 어렵고 1대역에서도 채널 간 편차가 심한 단점을 가진다. 따라서 이들은 최근 휴대폰에 적용되지 못한다. 10여년 전에 연구되었으나 그간 적용되지 않고 있던 칩 및 IFA 안테나가 최근 소형 휴대폰에 많이 적용되고 있다. 칩의 경우, LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramics) 공법의 등장에 따라 저가 실현이 가능해졌다. 더불어 휴대폰 내부 기관 및 캐리어(carrier)와 칩 소자를 함께 안테나로 적용하는 기법으로 DVB-H(Digital Video Broadcasting-Handheld)와 같은 낮은 주파수 대역(470~840 MHz)용 안테나에까지 적용되고 있다. 또한, 비교적 크기가 작지만 이득이 낮아 사용되지 않고 있던 IFA를 변형시켜 소형 휴대폰에 적용되고 있다^{[1]~[6]}.

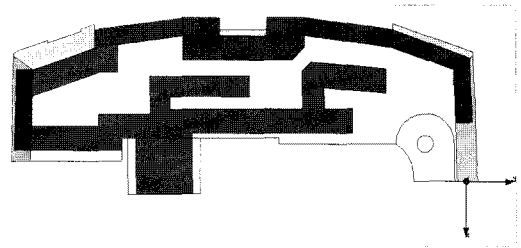
소형 휴대폰용 IFA는 공진을 위하여 안테나를 여러 번 구부린 구조가 요구된다. 이러한 경우, 안테나 전류 방향이 서로 반대가 되는 180도 위상차를 보임으로써 상쇄 작용을 일으킨다. 이러한 전류 상쇄 작용은 방사 전자계의 약화를 초래하여 결국 이득이 감소하게 만든다. 현재 휴대폰 안테나의 경우 대부분이 이러한 이득 감소의 문제점을 가지고 있다^[6].

본 연구는 1.5 cc급 이하의 소형 안테나에 대한 이득 증가에 관한 연구이다. 안테나 전류 상쇄가 최소가 되도록 가급적 구부림을 줄여 설계한다. 길이가 짧아짐에 따른 보상은 헤릭스의 적용으로 보상한다. 헤릭스의 적용은 길이 보상 이외에도 방사 소자로 사용하기 위함이다. GSM 대역(880~960 MHz)을 위해 헤릭스를 적용하고, USPCS 대역(1,850~1,990 MHz)을 위하여 수직으로 가로지르는 3차원 구조로 설계한다. 설계된 안테나를 프레스 공법으로 제작한 뒤 휴대폰에 탑재하여 측정하여 그 결과를 고찰한다.

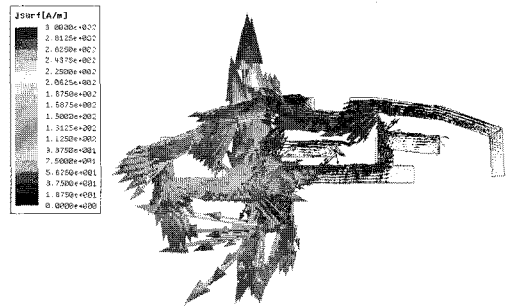
II. 전류 상쇄 작용

소형 안테나에 있어서 전류 상쇄 작용을 알아보기 위하여 그림 1과 같은 안테나를 예로 들기로 한다. 그림 1의 안테나는 현재 시판 중인 휴대폰에 탑재되고 있는 안테나이다.

그림 1(a)의 안테나는 GSM/DCS의 2중 대역용으로 가로×세로×높이가 40×14.7×4.2 mm³으로 2.5 cc



(a) 모델
(a) Model



(b) 전류 밀도 분포
(b) Current density distribution

그림 1. 전류 분포를 위한 안테나
Fig. 1. Antenna for current distribution.

체적이다. 이 안테나를 GSM 대역에서 시뮬레이션을 통해 얻은 전류 밀도 분포는 (b)와 같다. 시뮬레이션에 사용된 툴은 Ansoft사 HFSS v10이다. 그림 1(b)에서 전류 밀도의 최대는 3×10^2 [A/m]이다. 굵전 부분의 전류를 제외하고 안테나 상에 흐르는 전류의 크기는 180 [A/m] 정도이다. 전류 분포를 보면 안테나 상단은 좌측으로, 하단은 우측으로 흐르므로써 상쇄가 많이 되고 있음을 볼 수 있다. 이 안테나의 이득은 GSM 및 DCS 대역에서 각각 0.25 dBi 및 2.54 dBi로써 동 체적 안테나와 비교하면 보통 정도의 이득 특성을 보인다.

만약 그림 1(a) 안테나와 비슷한 구조에서 안테나 전류 상쇄가 그림 1(b)보다 작게 설계된다면 이득은 보다 증가시킬 수 있다. 이는 내장형 안테나 설계의 기본 중의 하나이다. 따라서 안테나를 설계할 때 전류 상쇄를 유의하여 가급적 상쇄가 적어지도록 설계하여야 한다.

III. 3D 안테나 설계

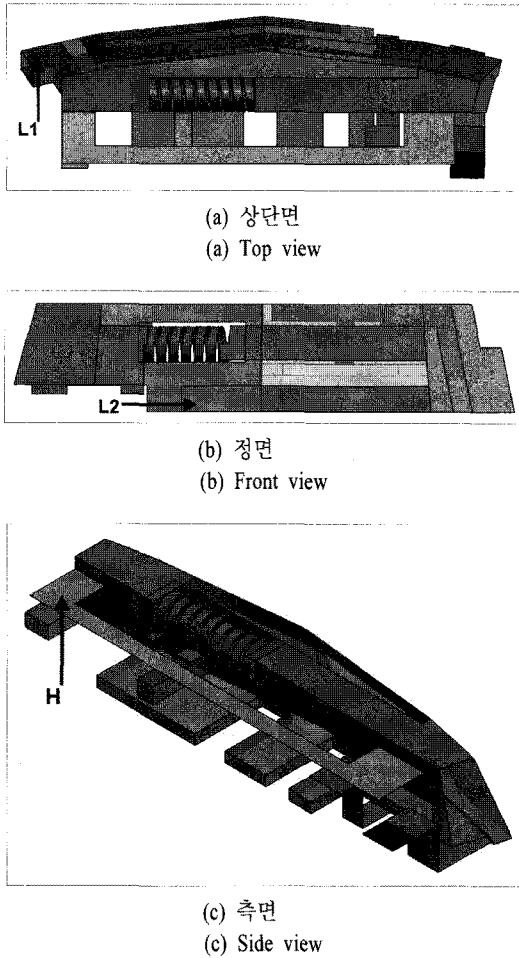


그림 2. 제안된 3D 안테나의 구조
Fig. 2. Geometry of proposed 3D antenna.

그림 2는 본 논문에서 제안한 3D 안테나의 구조이다. 안테나는 가로×세로×높이가 28×8×7 mm³로 1.5 cc 체적이다. 안테나 업계에서는 안테나의 크기를 부피 개념인 cc 단위를 사용하여 그 크기를 정하고 있다. 그림 2(a)와 (b)에서 L₁과 L₂의 2개 패턴으로 낮은 주파수인 GSM 밴드를 담당한다. 2개 패턴의 적용은 소형 안테나의 대역폭을 넓히기 위한 방법으로 L₁, L₂에 속한 헬릭스를 이용하여 대역폭을 넓힐 수 있다. 그림 2(c)의 H라인은 높은 주파수인 USPCS 주파수 대역을 위한 패턴이다. 그림에서 보듯이 3차원으로 늘려서 설계되어 있다. 이와 같은 구조는 낮은 대역 및 높은 대역을 각각 담당하는 패턴이 있기 때문에 안테나의 공진 대역을 자유롭게 변경할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이외 밴드 특성에 영향을

미치는 변수는 있지만, 영향이 미약하고 지면상 본문에서는 L₁, L₂ 및 H에 대한 것을 나타내었다. 각각의 길이는 26, 37 및 28 mm이다.

그림 2 안테나에 적용된 헬릭스는 공심을 갖는 유도성 소자로서 인덕턴스를 갖는다. 따라서 짧은 패턴 길이에 의한 보상용 L 역할을 수행한다.

헬릭스의 길이와 단면적 및 권선수를 각각 l, S 및 N이 할 때 인덕턴스는 다음 식으로부터 구할 수 있다.

$$L = \frac{\mu_0 SN^2}{l} \quad [\text{H}] \quad (1)$$

그림 3은 헬릭스의 턴 수에 따른 반사 손실의 변화를 시뮬레이션한 것이다. 헬릭스가 3턴에서 5턴으로 증가함에 의해 공진 주파수가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 식 (1)을 사용하면 3턴, 4턴 및 5턴일 때 각각의 인덕턴스는 13 nH, 18 nH 및 23 nH이다. 이는 헬릭스가 물리적인 길이로서 작용하고 있음을 말해주고 있다.

그림 4는 설계한 3D 안테나에 대한 시뮬레이션 반사 손실 값이다. 그림 2에서의 L₁과 L₂ 패턴에 의해 1.06 GHz, H패턴으로 2.07 GHz에서 -10 dB를 만족함을 보이고 있다. 시뮬레이션 반사 손실 특성은 측정치와 다소 큰 오차를 가지는데, 이는 유전체로 이루어진 휴대폰의 커버를 닫으면 공진 주파수가 내려가므로 이를 간주하고 시뮬레이션 한 것이다. 즉, 그림 4의 반사 손실 특성이 실제보다 주파수가 높게

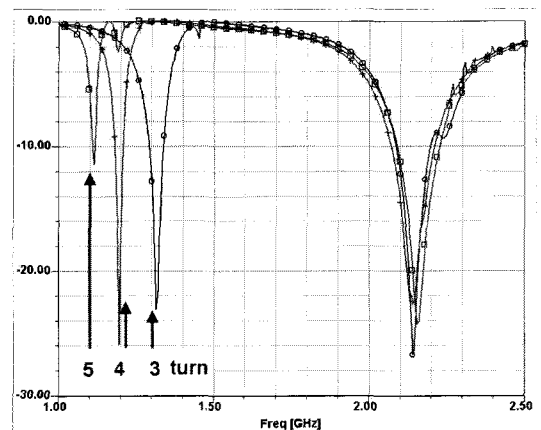


그림 3. 헬릭스 턴 수에 따른 반사 손실 변화
Fig. 3. Variation of return loss due to helix turn.

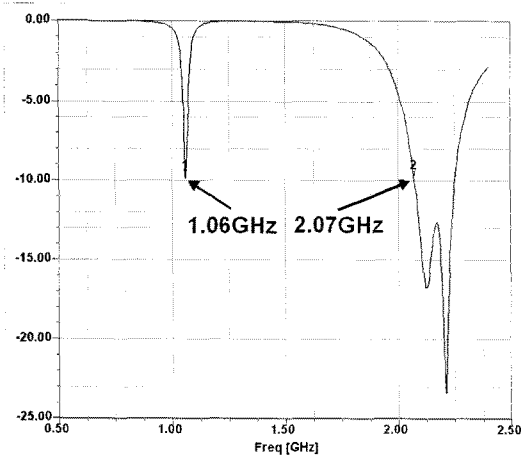


그림 4. 3D 안테나의 시뮬레이션 반사 손실
Fig. 4. Simulated return loss of 3D antenna.

나타나는 것은 실제 제작시 20~50 MHz 정도 하향 천이되는 톨의 특성과 안테나를 휴대 단말기 세트에 조립하고, 안테나 커버를 씌우면 유전율 증가에 의해 주파수가 하향 천이되는 휴대 단말기의 특성을 고려한 것이다.

그림 5는 설계된 3D 안테나의 시뮬레이션 전류 밀도를 나타낸 그림이다.

그림 5에서 그림 2의 L_1 , L_2 , H 패턴의 전류 밀도 흐름 방향을 보면 그림 상에서 모두 왼쪽으로 흐르는 것을 확인할 수 있다. 따라서 반대 방향인 오른쪽으로 흐르는 전류가 거의 없으므로 전류 상쇄가 적게 일어나고 있다. 그림 5는 주파수 1.06 GHz에서의 전류 밀도인데, 이는 전류 상쇄를 알아보기 위한 것이다. 전류 밀도의 크기는 최대 300 [A/m]로써 비

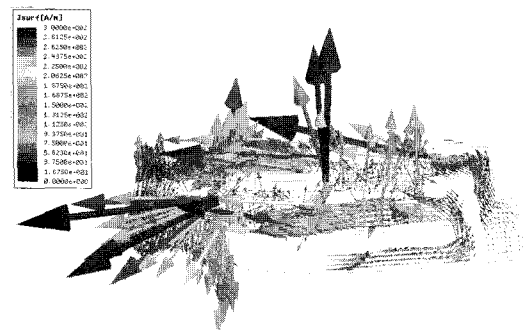


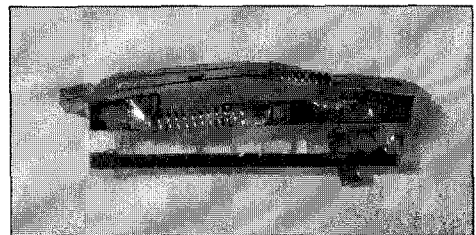
그림 5. 3D 안테나의 전류 밀도
Fig. 5. Current density of 3D antenna.

교적 큰 값으로 나타나고 있다. 비록 L_2 의 아래 부분에서 오른쪽 방향의 전류를 볼 수 있는데, 이는 왼쪽 방향 전류에 비해 매우 미약한 값이다. 그림 5에서 헤릭스에도 전류 밀도가 생성된 것을 볼 수 있다. 이는 헤릭스를 대신해서 칩 인덕터(inductor)를 사용할 경우, 인덕터에서는 방사가 이루어지지 않는 것에 비해 헤릭스가 방사 소자로 동작해 전체 방사에 도움을 주는 것을 의미하고 있다.

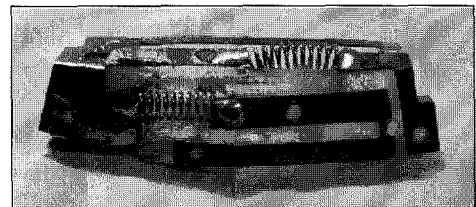
IV. 제작 및 측정

헤릭스를 이용한 3차원 구조의 3D 안테나를 휴대 단말기에 적용하기 위하여 시판되고 있는 A사의 휴대 단말기에 적용한다. 그림 6은 그림 2와 같이 설계된 3D 안테나를 제작한 그림이다. 안테나는 프레스 금형으로 제작되었다.

그림에서 보듯이 설계된 바와 같이 L_1 , L_2 패턴에 헤릭스를 사용하고, H 패턴을 3차원 형상으로 제작하였다. 그림 6(a)에서 보면 H 패턴의 길이가 설계 그림인 그림 2와 비교해 보면 조금 짧아진 것을 확인할 수 있다. 이는 실측할 때 공진 주파수를 맞추기 위한 조정 작업에 의한 것이다. 그림 6(b)에서 L_1 의 헤릭스는 11턴으로, L_2 의 헤릭스는 9턴으로 제작되



(a) 윗면
(a) Top view



(b) 정면
(b) Front view

그림 6. 제작된 3D 안테나
Fig. 6. Fabricated 3D antenna.

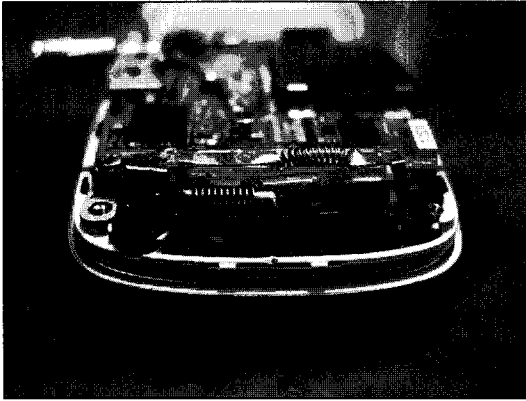


그림 7. 휴대폰에 조립된 안테나
Fig. 7. Assembled antenna into mobile phone.

었다.

그림 6과 같이 제작된 안테나를 휴대폰에 적용한 모습은 그림 7과 같다.

제작된 3D 안테나를 그림 7과 같이 휴대폰에 적용하여 Agilent사의 Network Analyzer로 측정된 VS-WR은 그림 8과 같다. 안테나를 적용한 휴대폰은 슬라이드(slide) 폰이므로 슬라이드 다운(down)과 슬라이드 업(up)의 상태에 따라 각각의 특성을 나타내었다. GSM 대역(880~960 MHz)에서 슬라이드 다운일 때 6:1 이하, 슬라이드 업일 때 3.5:1 이하의 특성을 보이고 있다. USPCS 대역(1,850~1,990 MHz)에서 VSWR 4:1 이하의 특성을 보이고 있다. 3차원 구조인 USPCS 대역용 H 패턴은 슬라이드 업/다운의 영향을 거의 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

그림 9는 MTG사의 무반사실(anechoic chamber)에서 측정된 방사 패턴 측정 결과이다. 그림 9의 방사 패턴에 대한 데이터 값을 나타낸 표는 표 1과 같다.

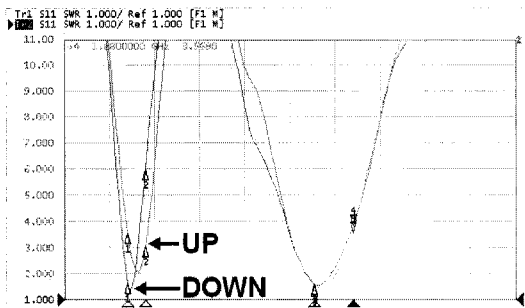


그림 8. 3D 안테나의 측정 VSWR
Fig. 8. Measured VSWR of 3D antenna.

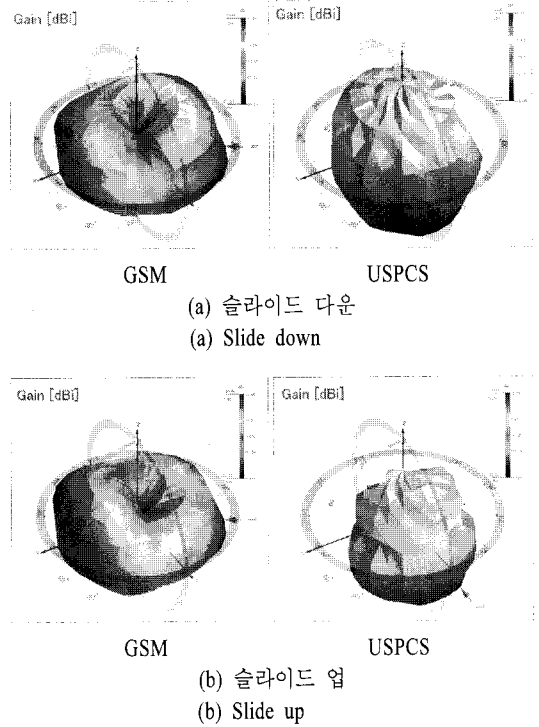


그림 9. 측정된 방사 패턴
Fig. 9. Measured radiation pattern.

표 1에서 주파수 880~960 MHz는 GSM 대역이고, 1,850~1,990 MHz는 USPCS 대역이다. 또한, Peak Gain, Avg Gain 및 Eff는 주파수별 최대 이득, 평균 이득 및 효율을 나타낸다.

측정된 데이터 중 최대 이득은 슬라이드 다운일 때 GSM 대역에서 -5.35~-2.06 dBi, USPCS 대역에서 -0.72~+0.29 dBi, 슬라이드 업일 때 GSM 대역에서 -1.26~+0.19 dBi, USPCS 대역에서 +0.96~+2.27 dBi의 결과 값을 얻었다. 효율에 있어서도 슬라이드 다운일 때 GSM 대역에서 14.23~25.75 %, USPCS 대역에서 20.68~27.73 %, 슬라이드 업일 때 GSM 대역에서 33.15~46.82 %, USPCS 대역에서 35.19~46.84 %의 결과를 얻었다. 이는 현재 출시되고 있는 슬림형 소형 휴대폰 안테나와 비교했을 때 평균보다 훨씬 높은 이득과 효율이다. 앞 절에서 언급했듯이 휴대폰에서 안테나가 소형화 될수록 이득과 효율이 작아지는데, 안테나 전류의 방향을 일정하게 해줌으로써 이득과 효율이 향상됨을 보여 본 연구의 타당성을 뒷받침해 주고 있다. 다만 GSM 대역에 대한 협대역 특성의 개선과 슬라이드 다운 때

표 1. 3D 안테나의 이득과 효율
Table 1. Gain and efficiency of 3D antenna.

Freq. [MHz]	Peak gain [dBi]	Avg gain [dBi]	Eff. [%]
880	-2.06	-5.96	25.37
915	-2.82	-5.89	25.75
925	-5.35	-8.47	14.23
960	-5.28	-8.39	14.53
1,850	-0.72	-6.84	20.68
1,910	-0.11	-6.07	24.74
1,930	0.29	-5.57	27.73
1,990	-0.34	-6.31	23.37

(a) 슬라이드 다운
(a) Slide down

Freq. [MHz]	Peak gain [dBi]	Avg gain [dBi]	Eff. [%]
880	-1.06	-4.75	33.49
915	0.19	-3.30	46.82
925	-0.16	-3.60	43.61
960	-1.26	-4.80	33.15
1,850	1.29	-4.32	37.00
1,910	1.92	-3.80	41.71
1,930	2.27	-3.29	46.84
1,990	0.96	-4.54	35.19

(b) 슬라이드 업
(b) Slide up

960 MHz 부근에서의 이득 저하 현상은 향후 연구 과제로 지속적으로 연구할 예정이다.

V. 결 론

본 연구에서는 안테나의 전류의 방향을 일정하게 함으로써 안테나의 효율과 이득을 향상시킬 수 있음을 보였다. 전류 상쇄를 최소화시키기 위해 짧아진 안테나 길이는 헤릭스의 사용으로 물리적인 길이를 보상하였다. 또한, 헤릭스가 인덕턴스를 갖음과 동

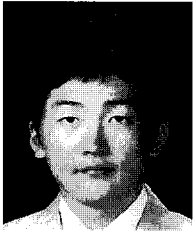
시에 방사의 기능을 가졌음을 시뮬레이션을 통하여 보였다.

GSM/USPCS 대역용으로 설계된 1.5 cc 체적을 갖는 3D 안테나를 프레스 금형으로 제작하였다. 제작된 안테나를 휴대폰에 적용하여 반사 손실, 방사 패턴, 이득 및 효율을 대역별로 측정하였다. 슬라이드 다운 및 업일 때 접지의 변화에 따른 VSWR 특성 변화로 인한 채널 편차가 발생하였다. 하지만 안테나의 최대 이득과 효율은 전 대역에서 -5.48 ~ +2.27 dBi, 14.53 ~ 46.84 %로 소형 내장형 안테나로써 매우 만족할만한 결과를 얻었다. 본 연구는 휴대폰용 소형 안테나 특성 향상에 도움을 줄 것으로 사료된다.

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 차세대BIT 무선부품지역혁신센터, 2007년 6월.
- [3] 홍용의, 이치우, 김기호, 양묘근, 성원모, "PCB를 이용한 T-DMB/DAB/Wibro 삼중 대역 안테나", 한국전자과학회논문지, 18(2), pp. 227-232, 2007년 2월.
- [4] 손태호, "이득 향상을 위한 휴대폰용 IPI 급전 안테나", 2006 안테나기술 워크샵 논문지, 한국전자과학회, pp. 219-238, 2006년 4월.
- [5] 김영두, 원충호, 이홍민, "LTCC 적층 기술을 이용한 이중 대역 칩 안테나의 설계", 대한전자공학회논문지-TC, 42(3) TC, pp. 19-24, 2005년 3월.
- [6] 홍민기, 박동규, 손태호, "1 cc 이하급 초소형 고효율 멀티 밴드 휴대폰 내장형 안테나 설계", 한국전자과학회종합학술발표회 논문집, 한국전자과학회, 17(1), pp. 131-134, 2007년 11월.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.

홍 민 기



2007년 2월: 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
2007년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 휴대폰 안테나, 전자파 이론, RFID

손 태 호



1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연구원

1978년~1987년: LIG벡스원 중앙연구소 근무
1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원
1999년~2000년: University of Illinois 연구교수
2000년~2003년: (주)닛시텔레콤 위촉 연구소장
2002년~2006년: (주)에스비텔콤 기술고문
2005년~2007년: (주)하이트렉스 기술고문
2007년~현재: (주)동원 위촉연구소장
2007년~현재: (주)스카이크로스코리아 기술고문
1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수
[주 관심분야] 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계, 자동차용 전장품 개발, 전자파 생체영향 등