

EMI 슬롯에 의한 휴대폰 안테나의 안테나 효율 증가

Increment of Antenna Efficiency of the Mobile Phone Antenna by EMI Slot

손 태 호 · 홍 민 기 · 이 재 호*

Taeho Son · Mingi Hong · Jaeho Lee*

요 약

본 논문에서는 휴대폰단말기 내의 EMI 도료 부분에 슬롯을 부설함으로써 안테나의 효율 증가와 더불어 이득이 증가됨을 보인다. 단말기 내의 EMI 도료 부분에 적절한 위치에 특정 크기를 갖는 슬롯을 부설하면, 안테나와 슬롯간의 상호 결합에 의한 안테나 전류 밀도의 증가는 안테나의 효율 증가를 야기시킬 수 있다. EMI의 슬롯에 의한 안테나 효율 증가에 대한 실험은 기존의 GSM/DCS/USPCS/WCDMA 대역에 사용하는 휴대폰에 적용하여 제반 특성을 측정한다. 측정 결과, 공진 주파수의 이동은 없으며, 채널별 안테나 효율은 슬롯 부설이 기존 슬롯이 없을 때에 비해 전 대역에 걸쳐 0.21 ~ 8.96 % 향상됨을 보인다.

Abstract

Radiation efficiency and antenna gain, in this paper, can be increased by the slot on EMI shield painted on the mobile phone back cover. When the EMI slot which has proper dimension and location is located on the EMI painting area in the phone, the increment of antenna current density due to mutual coupling between the antenna and slot derives increment of antenna efficiency. For the verification of EMI slot effect, we apply the EMI slot to the mobile phone which is operating on GSM/DCS/USPCS/WCDMA quad band, and measure S_{11} and antenna efficiency. It's shown that resonant frequency is not changed and radiation efficiencies to frequency channels by EMI slot are increased from 0.21 % to 8.96 %.

Key words : EMI Slot, Internal Antenna, Radiation Efficiency, Mutual Coupling

I. 서 론

최근의 2.5G, 3G는 물론 데이터 통신용 휴대 단말기까지도 모두 안테나를 내장형으로 사용하고 있는 추세이다. 특히 낮은 주파수 대역이면서도 넓은 대역(470~840 MHz)이 요구되는 DVB-H(Digital Video Broadcasting-Handheld)까지도 내장형화 하고 있다. 이러한 추세와 더불어 대형화되어 가는 화면 크기에 의해 안테나는 더욱 소형화가 요구된다. 또한, 국제 로밍에 따른 단말기의 서비스는 안테나가 멀티 밴드

특성을 나타내도록 하고 있다. 내장형 안테나의 경우, 안테나가 소형화 될수록 멀티 밴드 특성을 나타 내기가 어렵고, 대역폭이 좁아지며, 이득도 저하된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

내장형 안테나 종류는 PIFA(Planar Inverted F Antenna), dipole, FMA(Folded Monopole Antenna), chip 및 IFA(Inverted F Antenna) 등이 있다. PIFA는 slit에 따라 발생하는 면 전류에 의해 방사가 일어나는 원 리로 비교적 이득은 높은 편이나, 부피가 큰 단점이

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

*삼성전자 무선사업부 안테나개발LAB(Antenna R&D LAB, Mobile Communication Division, Samsung Electronics Co. Ltd.)

· 논문 번호 : 20080610-073

· 수정완료일자 : 2008년 7월 18일

있어 근래에는 적용되지 못하고 있다. 따라서 이득이 작아 사용되지 않고 있던 IFA가 다시 적용되고 있는데, 이득을 늘리고 멀티 밴드 실현을 위해 변형된 IFA로 휴대폰에 적용되고 있다^{[1]~[5]}.

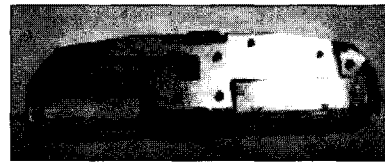
전기 및 전자 장비로부터 방사 또는 전도되는 전자파는 다른 기기에 영향을 미침으로써 오작동, 통신 장애 및 잡음 등의 현상을 일으키게 되는데, 휴대폰 단말기에는 이러한 영향을 최소화하기 위하여 EMI (Electromagnetic Interference) 도료를 케이스의 내부에 칠한다. EMI 도료는 은, 주석, 니켈, 구리 등의 도전성 금속 물질을 배합하여 만들며, 주로 대전 방지, 정전기 방지 및 SAR(Specific Absorption Rate, 전자파 흡수율) 저감을 목적으로 적용되고 있다. 휴대폰의 동작 시 EMI 도료에도 전류가 흐르게 되어 휴대폰의 방사 특성에 영향을 미치게 된다^[6].

본 연구는 휴대폰 후면 케이스에 칠하여진 EMI 도료에 슬롯을 넣으로써 안테나 효율을 증가시키는 연구이다. EMI 도료에 적절한 크기의 슬롯을 특정 위치에 부설함으로써 야기 안테나와 같은 상호 작용에 의해 안테나 전류 밀도가 증가됨을 보인다. 슬롯에 유기되는 전류 밀도와 이에 의한 안테나 전류 밀도의 증가를 HFSS 시뮬레이션을 통하여 나타낸다. 슬롯에 의한 효율 증가에 대한 입증을 위해 실제 휴대폰에 슬롯을 부설하여 제반 특성을 측정하고 그 결과를 고찰한다.

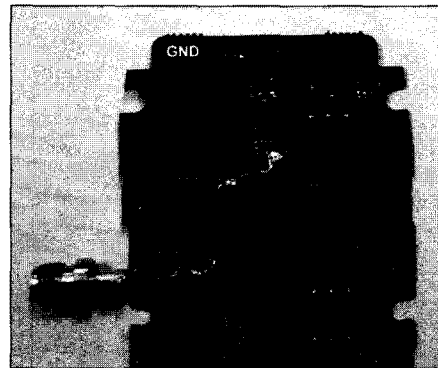
II. EMI 슬롯 시뮬레이션

그림 1의 단말기는 GSM/DCS/USPCS/WCDMA 대역을 사용하는 유럽으로 수출되고 있는 A사 휴대폰의 안테나 및 급전부에 대한 사진이다. 이 안테나의 종류는 기본적으로는 IFA이나, 주방사체가 구부러져 있고 또한, 스텝(stub)에 부방사체를 가진 변형된(modified) IFA로 분류된다. 안테나 급전은 인쇄 회로 기판 중앙 부분에서 급전되고 있다.

EMI 슬롯에 의한 안테나 특성을 알아보기 위하여 시뮬레이션을 하였다. 본 연구에서 사용한 툴은 Ansoft사 HFSS v10이다. 시뮬레이션은 먼저 슬롯이 없는 환경에서 휴대폰 모델을 그린다. 휴대폰 모델은 모든 부품까지 모두를 그려서 고려할 수는 없다. 따라서 그림 2(a)와 같이 안테나의 S_{11} 특성에 가장 영



(a) 안테나
(a) Antenna



(b) 급전부
(b) Feeder

그림 1. 휴대폰 모델 사진
Fig. 1. Mobile phone model.

향을 많이 미치는 부분인 기관 접지, EMI 부분, LCD 접지, LCD EMI 및 FPCB를 그려서 시뮬레이션하였다. 그림 2(a)에서 EMI 슬롯 부분은 원으로 표시한 부분이며, EMI 부분만 확대한 그림은 2(b)와 같다.

그림 2(b)는 폭 2 mm, 길이 10 mm인 슬롯을 EMI 부분에 부설한 모습이다.

본 연구에 적용된 휴대폰은 폴더(folder)형 폰이다. 따라서 폴더가 열렸을 때(open)와 닫혔을 때(close) 특성을 측정하여야 한다. 그림 3은 폴더 닫힘 및 열림 상태 때 각각의 슬롯 유무에 대한 시뮬레이션 반사 손실 값이다. 두 상태에서 슬롯이 부설되었을 경우, 주파수의 이동 현상은 보이지 않고, 열림 상태에서 슬롯에 의한 반사 손실 변화가 미소하게 발생하고 있음이 나타나고 있다.

그림 4는 안테나 및 슬롯에 유기된 전류 밀도를 나타낸 그림이다.

슬롯은 접지된 EMI에 부설되어 있으므로 그 자체로는 전류 밀도가 생성되어 전류원으로 될 수는 없다. 따라서 그림 4와 같이 생성된 슬롯 전류 밀도는 안테나에 의해 유도된 전류 밀도로 볼 수 있다. 이는

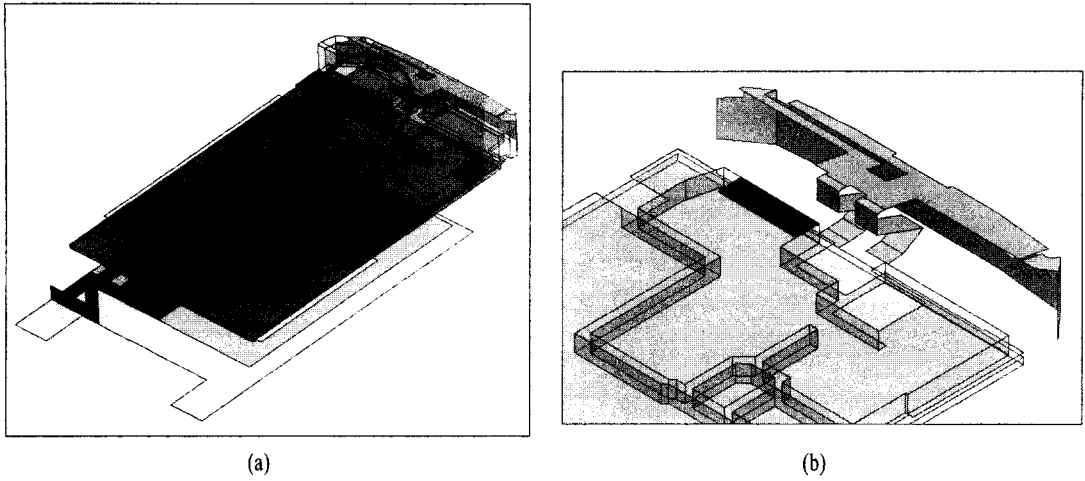


그림 2. 시뮬레이션을 위한 모델(a) 슬롯 부분 모습(b)
 Fig. 2. Simulation model(a) and slot configuration(b).

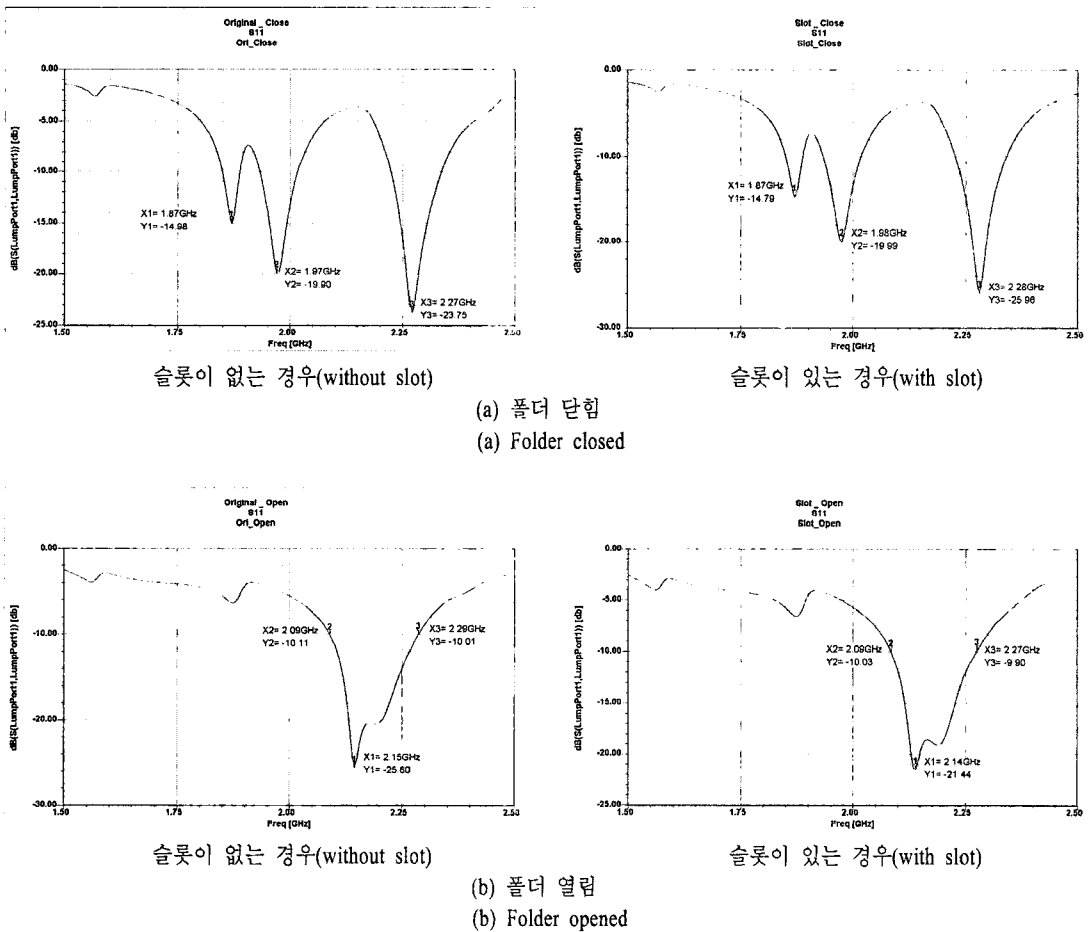


그림 3. 시뮬레이션 반사 손실
 Fig. 3. Simulated return loss.

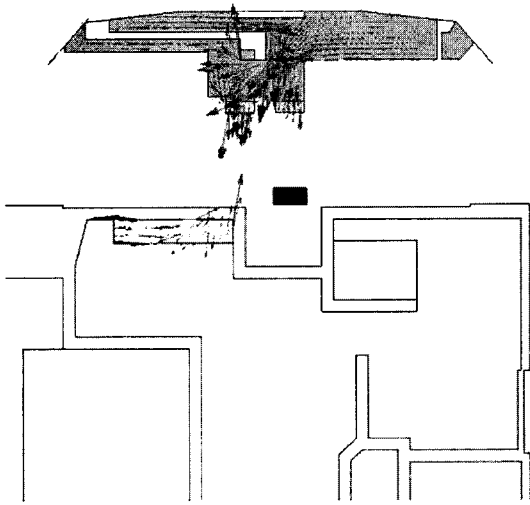


그림 4. 안테나 및 슬롯 전류 밀도
Fig. 4. Current density between antenna and slot.

야기 안테나 등에서 유용한 상호 유도 작용에 의한 것으로 슬롯의 위치 및 크기를 조절하면 안테나의 효율 및 이득과 같은 특성에 좋은 영향을 미칠 수 있다.

그림 5는 슬롯 유무에 따른 안테나 전류 밀도를 시뮬레이션한 그림이다.

슬롯 유무에 따른 안테나 상 전류 밀도를 비교한 그림 5에서, 전류 밀도 값을 폴더 닫힘일 때 1.6×10^2 [A/m], 폴더 열림일 때 1.2×10^2 [A/m]로 고정된 상태에서 전류 분포를 비교한 것이다. 전류 밀도 크기의 비교는 S_{11} 이 -10 dB인 곳에서 비교하였다. 그림에서 보듯이 EMI 슬롯이 있는 경우가 없는 경우에 비해 폴더 닫힘 및 열림 상태 모두에서 전류 밀도의 세기와 밀도가 증가하고 있다. 안테나의 면적이 같으므로 전류 밀도의 증가는 전류의 증가를 의미하므로 결국 이득의 증가를 초래할 수 있다.

Ⅲ. 제작 및 측정

EMI 슬롯을 휴대 단말기에 적용하기 위하여 시판되고 있는 휴대폰 단말기에 적용한다. 안테나는 하단 중앙 급전이다. 뒷면 케이스에 EMI 도료가 도포되어 있다. 그림 6은 본 연구를 위해 적용된 4중 서비

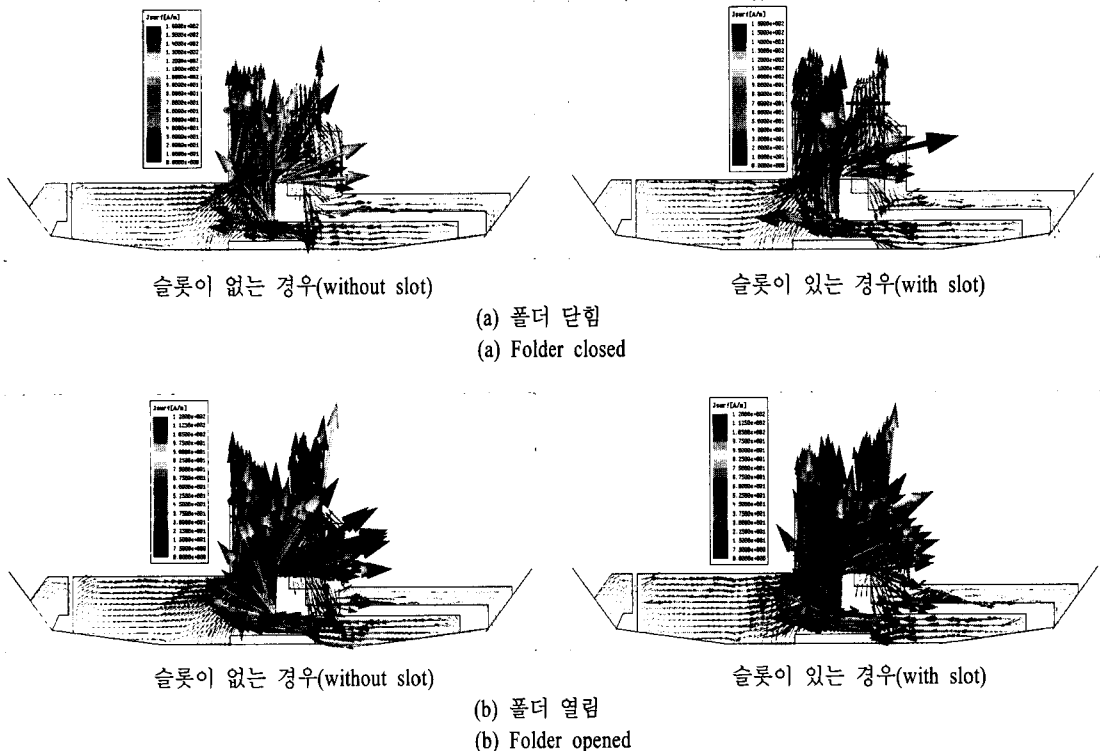


그림 5. 안테나 전류 밀도 분포 비교
Fig. 5. Comparison of current density distribution on the antenna.

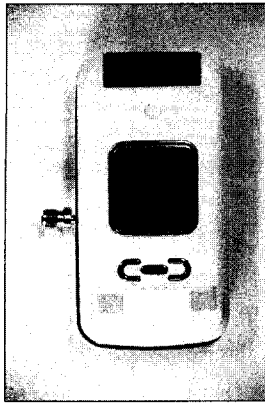


그림 6. EMI 슬롯을 위한 휴대폰 세트
Fig. 6. A mobile handset for the EMI slot.

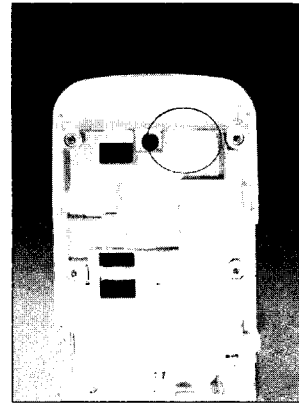
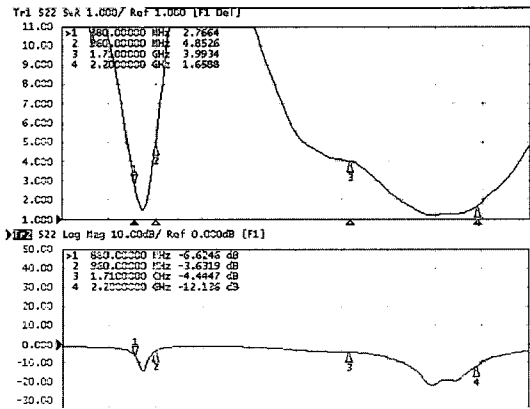
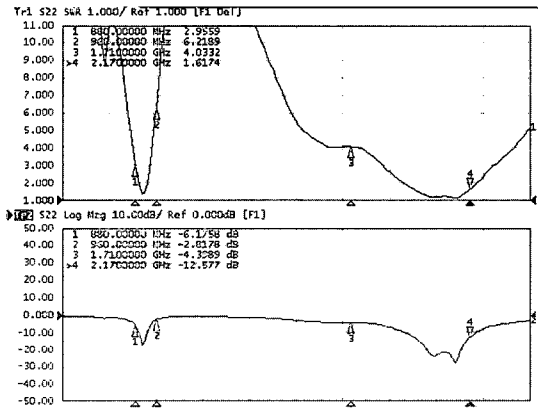


그림 7. EMI 패턴 및 슬롯 형상
Fig. 7. EMI pattern and slot configuration.

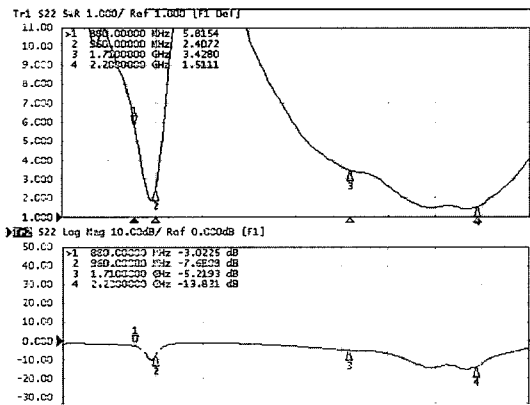


슬롯이 없는 경우(without slot)

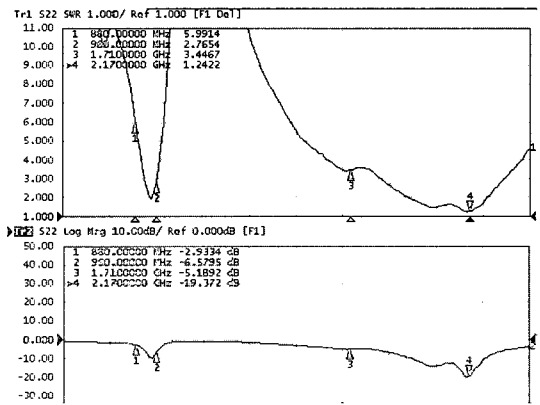


슬롯이 있는 경우(with slot)

(a) 폴더 닫힘
(a) Folder closed



슬롯이 없는 경우(without slot)



슬롯이 있는 경우(with slot)

(b) 폴더 열림
(b) Folder opened

그림 8. 측정된 VSWR 및 반사 손실
Fig. 8. Measured VSWR and return loss.

스 밴드 즉, GSM/DCS/USPCS/WCDMA 서비스용 휴대폰으로 A사 제품의 폴더형 모델이다.

그림 6의 세트에서 안테나의 형태는 그림 1(a)와 같으며, 후면 커버에 칠하여진 EMI 도료 부분에 슬롯을 낸 그림은 그림 7과 같다.

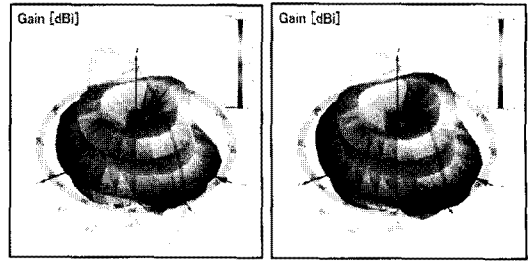
위 그림에서 슬롯은 기존에 칠하여진 EMI 도료 패턴을 벗겨낸 것으로 타원으로 표시된 부분 안에 있다. 슬롯의 크기는 폭×길이=2×10 mm이다. 슬롯의 크기와 위치를 변수로 하여 시뮬레이션하며, 이로부터 그림 4 및 5와 같이 최적의 전류 밀도가 형성되는 크기와 위치를 구한다. 휴대폰 세트의 방사 메커니즘은 많은 부품과 장치에 의해 매우 복잡하다. 이것은 자유 공간에서와 같이 슬롯 위치 및 크기에 따른 경향이 일정하게 나타나지 않음을 의미한다. 따라서 많은 시간과 노력에 의해 위치와 크기를 구하여야 한다. 본 연구에서는 그림 7과 같은 크기와 위치의 슬롯을 구하였다.

슬롯을 단말기 후면 커버의 EMI 도료 부분에 부설한 뒤 측정된 VSWR 및 반사 손실 특성은 그림 8과 같다.

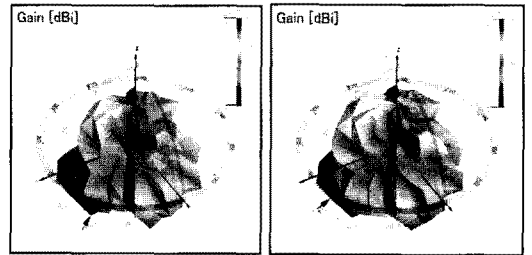
반사 손실 측정 결과, 슬롯 부설로 인한 변화는 측정 오차 이내로 극히 미약하다. 이는 그림 3에서 나타낸 바와 같이 시뮬레이션 결과와 매우 흡사하다. 그러나 반사 손실에 대한 측정치와 시뮬레이션치의 진폭 및 주파수 오차는 다소 크게 나타나고 있는데, 이는 모든 시뮬레이션 툴(tool)이 갖는 제약 때문이다. 즉, 실제와 같이 모든 환경을 고려한 시뮬레이션은 불가능하기 때문이다. 시뮬레이션 툴은 마이크로스트립 회로와 같이 비교적 간단한 구조의 경우 측정치와 유사한 특성을 보이지만, 휴대폰과 같이 수많은 소자로 이루어진 복잡한 경우, 큰 오차를 보이는 것이 보통이다. 하지만 비록 정확성은 미진하나 툴로써 설계 원칙을 세우고 잘 이용할 경우, 설계에 매우 유용하다.

그림 9는 EMI 슬롯이 있을 때와 없을 때에 대한 휴대폰 단말기 안테나의 방사 패턴 측정 결과이다. 그림 9에서는 지면상 폴더 닫힘 상태 때 가장 낮은 대역인 GSM과 가장 높은 대역인 WCDMA 대역에서 측정된 방사 패턴을 나타내었다.

방사 패턴에서 보듯이 슬롯의 유무에 관계없이 두 결과 모두 휴대 단말기가 요구하는 H-면(XY면)



슬롯이 없는 경우(without slot) 슬롯이 있는 경우(with slot)
(a) GSM 대역
(a) GSM band



슬롯이 없는 경우(without slot) 슬롯이 있는 경우(with slot)
(b) WCDMA 대역
(b) WCDMA band

그림 9. 폴더 닫힘 때 방사 패턴
Fig. 9. Radiation pattern at folder closed.

전방향성 특성을 잘 만족하고 있다. 방사 패턴 측정 결과 밴드별 세부 이득은 표 1과 같다. 이득 측정은 방사 패턴 측정과 동시에 측정된다. 측정에 이용한 장비는 MTG사 CSCM 챔버이다.

표 1에서 보듯이 EMI 슬롯 유무에 따른 안테나의 이득은 대역 전체적으로 증가함을 보이고 있으며, 슬롯 부설로 인해 폴더 닫힘 및 열림 상태에서 공히 0.08~1.3 dB의 이득이 증가하고 있다.

표 2는 방사 패턴 측정 때 측정되는 안테나 효율로써 표 1의 이득과 연관을 갖는 수치이다. 안테나 업계에서는 안테나 이득 대신 안테나 효율을 성능의 척도로 여기는 것이 상례이다. 따라서 본 연구에서는 표 1의 이득 특성과 더불어 안테나 효율 특성을 표 2와 같이 나타내었다.

표 2에서 EMI 슬롯 유무에 따른 안테나의 효율 측정 결과는 전 대역에서 효율이 증가하고 있다. 즉, 슬롯 부설로 기인된 효율의 증가는 폴더 닫힘 및 열림 상태에서 최소 0.21 % 최대 8.96 %의 효율 증가를 보임으로써 이득 증가와 함께 본 연구의 타당성을

표 1. EMI 슬롯에 의한 이득 향상

Table 1. Gain improvement due to EMI slot.

주파수 [MHz]	슬롯이 없을 때		슬롯이 있을 때	
	이득 [dBi]		이득 [dBi]	
	Close	Open	Close	Open
880	-5.61	-7.54	-5.31	-6.24
915	-4.40	-4.64	-4.22	-4.08
925	-4.93	-4.32	-4.79	-3.84
960	-9.39	-5.30	-9.31	-4.82
1,710	-7.63	-6.67	-7.42	-6.02
1,785	-7.00	-6.36	-6.59	-5.70
1,805	-6.38	-5.95	-5.99	-5.27
1,850	-5.53	-5.02	-5.09	-4.47
1,880	-5.25	-5.05	-4.77	-4.29
1,910	-4.51	-4.67	-3.99	-3.76
1,920	-4.42	-4.63	-3.93	-3.74
1,930	-4.26	-4.63	-3.77	-3.70
1,960	-4.08	-4.56	-3.69	-3.57
1,990	-4.10	-4.64	-3.79	-3.70
2,000	-4.14	-4.67	-3.86	-3.79
2,040	-4.72	-5.02	-4.45	-4.47
2,080	-4.70	-4.56	-4.26	-4.03
2,110	-4.64	-4.34	-4.18	-3.77
2,170	-5.16	-4.06	-4.79	-3.84

뒷받침해 주고 있다. 본 연구는 passive 세트에 의한 효율 증가를 보였다. 폰 세트의 자체 방사가 요구되는 슬롯에 의한 SAR 변화는 active 세트가 요구되므로 측정하지 못하였다. 그러나 슬롯이 세트 후면에 있고 또한 슬롯 크기가 EMI면에 비해 극히 작으므로 SAR에 영향을 미치지 않으리라 생각한다.

IV. 결 론

본 연구에서는 휴대폰 단말기의 후면 커버에 칠하여진 EMI 도료에 슬롯을 넣으로써 안테나의 안테나 효율과 이득을 증가시킬 수 있음을 보였다. EMI 슬롯에 유도되는 전류 밀도에 의해 안테나의 구조 변화 없이도 안테나 전류 밀도가 증가함을 나타내었다. 슬롯 부설에 따른 효율 증가 특성을 보이기 위하여 이미 출시된 휴대폰에 EMI 슬롯을 부설하였다. 슬롯의 위치 및 크기를 변수로 하여 시뮬레이션 결

표 2. EMI 슬롯에 의한 안테나 효율 증가

Table 2. Radiation efficiency increment due to EMI slot.

주파수 [MHz]	슬롯이 없을 때		슬롯이 있을 때	
	효율 [%]		효율 [%]	
	Close	Open	Close	Open
880	27.49	17.61	29.45	23.76
915	36.30	34.36	37.84	39.10
925	32.15	36.95	33.21	41.29
960	11.50	29.52	11.71	32.97
1,710	17.26	21.51	18.12	24.98
1,785	19.94	23.11	21.93	26.93
1,805	23.00	25.43	25.18	29.74
1,850	28.02	31.49	30.95	35.76
1,880	29.83	31.26	33.32	37.21
1,910	35.43	34.15	39.87	42.06
1,920	36.11	34.42	40.42	42.32
1,930	37.53	34.47	41.99	42.69
1,960	39.05	35.02	42.79	43.98
1,990	38.91	34.38	41.80	42.64
2,000	38.54	34.15	41.09	41.79
2,040	33.75	31.50	35.85	35.75
2,080	33.90	35.01	37.48	39.55
2,110	34.36	36.78	38.23	41.91
2,170	30.45	39.25	33.21	41.35

과로부터 최적의 슬롯을 결정하였다. 설계된 EMI 슬롯 유무에 따른 반사 손실 및 전류 밀도에 대한 시뮬레이션 특성을 나타내었다.

설계된 슬롯을 실제 휴대폰 단말기에 적용하여 반사 손실, 방사 패턴, 이득 및 효율을 대역별로 측정하였다. 슬롯 유무에 따른 반사 손실 및 VSWR 특성 변화는 폴더 닫힘 및 열림 상태 모두 미약하게 나타났다. 하지만 안테나 효율과 이득은 전 대역에서 0.21~8.96 %, 0.08~1.3 dB가 증가됨으로써 연구의 타당성을 입증하였다. 본 연구는 휴대폰은 물론 EMI가 도포되어 있는 무선 단말기의 안테나 특성 향상에 도움을 주리라 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] Kin-lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Co-*

mmunications, Wiley Interscience, 2003.

- [2] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.
- [3] 손태호, "2007 휴대폰 내장형 안테나의 해석 및 설계법", 교육 자료, 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품지역혁신센터, 2007년 6월.
- [4] 손태호, "이득 향상을 위한 휴대폰용 IPI 급전 안테나", 2006 안테나기술 워크샵 논문지, 한국전자과학회, pp. 219-238, 2006년 4월.

- [5] 홍민기, 박동규, 손태호, "1 cc 이하급 초소형 고효율 멀티 밴드 휴대폰 내장형 안테나 설계", 한국전자과학회 추계 종합학술발표회 논문집, 17(1), pp. 131-134, 2007년 11월.
- [6] 양운근, 이원규, 손지명, "EMI 도로 패턴과 폴딩 각도에 따른 휴대폰의 SAR 변화에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 16(9), pp. 903-908, 2005년 9월.

손 태 호



1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
 1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
 1978년~1987년: LIG넥스원 중앙연

구소 근무

1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연구원
 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

이 재 호

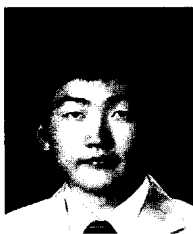


1996년 2월: 부산수산대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1998년 2월: 부경대학교(구 부산수산대학교) 전자공학과 (공학석사)
 2002년 3월: 일본 타쿠쇼쿠(拓殖)대학 전자정보공학 (공학박사)
 2002년 4월~2003년 12월: 일본 타

쿠쇼쿠(拓殖)대학 객원연구원

2002년 4월~2004년 3월: 일본학술진흥재단(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

홍 민 기



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