

휴대폰의 폴딩 각도와 휴대폰 케이스의 EMI 방지 도료 분포패턴에 따른 SAR 변화에 관한 연구

A Study on SAR Variation by Folding Angle and EMI Paint Distribution of Case for Mobile Handsets

이 규 호 · 김 창 일 · 양 운 근

Kyu Ho Lee · Chang Il Kim · Woon Geun Yang

요 약

본 논문에서는 휴대폰 개발 초기단계에서부터 SAR(Specific Absorption Rate)를 고려할 수 있는 방법을 제안하였다. 먼저, 휴대폰의 폴딩 각도를 150°에서 142°까지 변화시키면서 SAR값을 계산하였다. 계산결과 폴더 각도가 작아질수록 SAR값이 감소함을 알 수 있었고, 142°일 때 측정결과와 약 3.95 %의 오차가 있었다. EMI (Electromagnetic Interference) 방지 도료의 분포패턴을 변화시켜가면서 SAR값을 측정된 결과, 분포패턴이 다를 경우 SAR값이 다를 수 있었다. 안테나 급전점 근처의 EMI 방지 도료를 제거할 경우 SAR 감소효율이 15.46 % 이었으며, 도료를 지그재그 패턴으로 분포시킬 경우 SAR 감소효율이 가장 크게 나타남을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a method to consider SAR(Specific Absorption Rate) at beginning stage of handsets development. First, simulation was carried out with changing folding angle from 150° to 142°. Simulation results show that SAR value is decreased with decreasing the folding angle. When folding angle is 142°, error between simulation and measurement results is about 3.95 %. Second, we made some experiments with EMI (Electromagnetic Interference) paint, and its results show that different pattern of EMI paint have different SAR values. After removing EMI paint at the lower part of antenna feeding point, we got the decrease efficiency of 15.46 % for SAR value. When we applied zigzag painting pattern, we got the highest SAR decrease efficiency.

Key words : SAR(Specific Absorption Rate), EMI Paint, Handset

I. 서 론

정보화의 눈부신 발달로 다양해지고 있는 무선통신 기술은 시간과 거리를 극복하고, 이동성을 최대한 보장해 주는 현대사회에서 매우 중요한 기반기술로 자리잡고 있다. 그러나 증가하는 전자파 이용

시설에서 방사되는 전자파가 인체에 나쁜 영향을 미치고 있는 것은 아닌가 하는 불안과 의문이 제기되고 있다. 그중 최근 이용이 급격하게 증가한 휴대폰의 전자파에 의한 인체와의 유해성 문제가 활발히 논의되고 있다. 대표적으로, 미국의 Om Gandhi 교수의 논문에서는 휴대폰에서 방출되는 전자파의

「This work was supported in part by Korea Science and Engineering Foundation(KOSEF) through the Multimedia Research Center at University of Incheon.」

인천대학교 전자공학과(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon)

· 논문 번호 : 20030110-007

· 수정완료일자 : 2003년 3월 25일

정확한 해석을 위한 방법과, 전산모의실험시 휴대폰의 모델링 및 재질 설정의 중요성을 언급하고 있다^[1].

인체에 흡수되는 전력을 표현하는 지수로는 전자파 비흡수율(SAR: Specific Absorption Rate)이 사용되는데 이는 “인체 세포의 단위 질량 당 흡수되는 전력[W/kg]”을 말한다. 세계 여러 나라에서는 전자파의 인체노출에 대한 인체안전기준을 제정하여 규제하고 있는 추세이다. 최근 국내에서도 전자파 환경이 갈수록 악화되고 전자파 유해성 논란이 제기됨에 따라 2000년 12월 정보통신부 고시 제2000-1호(전자파인체보호기준), 제2000-2호(전자파강도측정기준), 제2000-3호(전자파흡수율측정기준), 제2000-4호(전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상기기·측정방법)가 발표되었고, 2002년 4월 이후 국내 시장에서 판매되는 휴대폰에 대해 형식등록시 인체안전성 평가시험을 합격해야만 판매가 가능해졌다. 그러므로, 전자파 문제는 인체에의 유해 여부뿐만 아니라 이동통신 관련 제품의 국내 시장진입이나 수출을 제한하는 중요한 요소가 되어 그 해결방안을 모색하는 일이 시급하다^[2].

따라서 본 논문에서는 휴대폰 개발 초기단계에서부터 SAR를 고려할 수 있는 방법을 제안하고, 휴대폰 케이스에 도포되어 전자파 차폐역할을 하는 EMI (Electromagnetic Interference) 방지 도료의 분포패턴을 변화시켜 SAR값을 저감할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 전산모의실험을 통하여 폴딩 각도를 150°, 145°, 142°로 변화시키면서 SAR값을 도출하여 측정결과와 비교, 분석한다. 또한 EMI 방지 도료의 분포패턴을 변화시키면서 SAR값을 측정하여 EMI 방지 도료의 분포패턴에 따른 SAR값의 변화를 분석한다.

2장에서 전자파 차폐이론을 개괄하고, 3장에서는 폴딩 각도의 변화에 따른 전산모의실험을 실행하고, 4장에서는 측정을 통하여 휴대폰 전면케이스(Front case)의 EMI 방지 도료의 분포패턴을 변화시켜가면서 분포패턴에 따른 SAR 저감방법을 제시한다. 그리고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 전자파 차폐이론

전자파 차폐(Electromagnetic shielding)란 금속체의

패곡면에 의해 양측의 매질 공간을 전자기적으로 분리하는 것인데, 이에 의해 한쪽 영역의 매질 공간에서 다른 쪽 영역의 매질 공간으로 전송되는 전자에너지를 아주 미량으로 억제할 수 있다.

차폐와 관련된 몇 가지 기술을 시스템 차원에서 분류하면 표 1과 같다^[3]. 차폐 및 접지 기술은 전자파 방사를 막고, 전자파 방해를 막기 위하여 필요한 기술이다. 따라서 본 연구에서는, 이를 위해 사용되는 EMI 방지 도료를 이용한다.

전기전자산업과 정보통신산업의 발전으로 각종 기기나 부품 등에 EMI/EMC(Electromagnetic Compatibility) 규제가 강화되고 있는 실정이고, 정전기나 전자기파로 인한 사회적 손실을 최소화하기 위한 대책이 더욱 요구되고 있다. 이에 일반적인 도료의 성능에 도전성이라는 전기적 성능을 부여한 EMI 방지 도료는 효율적인 대책으로 사용되고 있고, 더욱 높은 효율성과 경제성을 발휘할 수 있는 도료의 개발이 진행되고 있다. EMI 방지 도료는 전자파 차폐재로서 은, 주석, 니켈, 구리 등의 도전성 금속 물질을 배합하여 만든다. 이러한 도료는 대전(帶電)방지 도료, 정전기방지 도료, 도전성 도료, 전자차폐도료 등의 고기능성을 요구하는 방향으로 개발이 진행되고 있다. 휴대폰에서도 대전방지 및 정전기방지 등의 전자파 차폐를 목표로 EMI 방지 도료를 많이 이용하고 있다^[3].

일반적으로 휴대폰 케이스 내부에서 EMI 방지도료는 SAR값을 증가시키는 역할을 한다고 알려져 있다. 하지만, EMI 방지 도료의 분포를 적절한 패턴으로 잘 형성한다면 SAR값을 감소시키는 역할을 할 수도 있다. 또한 EMI 방지 도료를 완전히 제거하는 것은 휴대폰 무선감도 악화 등의 문제로 다른

표 1. 차폐 기술의 분류
Table 1. Classification of shielding technique.

3차원	전자 차폐(Shielding)	차폐효과
2차원	개스킷(Gasket)	
1차원	본딩(Bonding)	저지효과
	접지(Grounding)	
	전자 필터(Filtering)	
	케이블 배선(Cable and Wiring)	
	배관(Piping)	

방안을 적용하지 않는 이상 현실적으로 많은 어려움이 있다^[4]. 그러므로 본 연구에서는, EMI 방지 도료를 부분적으로 제거하거나 분포패턴을 변화시켜가면서 SAR의 영향을 관찰하였다.

III. 전산모의실험

먼저 휴대폰 모델링 후 서로 다른 매질로 구성된 휴대폰의 방사 패턴, E·H field 분포를 계산하고, 모델링된 휴대폰을 팬텀에 거치한 후 휴대폰 폴딩 각도에 따른 SAR값을 계산하여 측정결과와 비교, 분석한다. 전산모의실험을 위해 FDTD(Finite Difference Time Domain) 수치해석 기반의 프로그램인 SEMCAD를 이용하였다.

3-1 휴대폰 모델링

지금까지 휴대폰의 방사패턴, 안테나 매칭 등 전기적 특성을 계산하기 위해 휴대폰을 모델링할 경우, 주로 직육면체 형태의 도체 박스와 모노폴 및 헬리컬 안테나 형태로 극히 단순화하여 모델링했었다. 그러나 본 연구에서는 빠른 모델링과 정확한 계산, 그리고 실제 휴대폰 측정 환경과 유사한 조건을 만족시키기 위하여 상용 3D(Dimensional) CAD(Computer Aided Design) 프로그램인 'Pro-engineer'를 이용하여 1 mm 이하의 해상도로 설계한 휴대폰을 FDTD 모델로 변환하여 계산하는 방법을 이용하였다^[5].

휴대폰 모델링과 최종적으로 SAR값을 도출하는 과정을 그림 1에 나타내었다. 본 모델은 PCS(Personal Communication System) 대역에서 동작하는 폴더 타입의 형태이다. 모델링 방법은 휴대폰을 하나의 직교좌표 공간에서 매질이 같은 부분 단위로 개별적으로 그린 다음 전체를 구성하는 방법으로 표현하였다.

각 부분들은 그림 2(a), (b)처럼, ① 하부케이스(Lower case), ② 화면 창, ③ LCD(Liquid Crystal Display) 모듈, ④ 전면케이스, ⑤ 키 패드, ⑥ 상부케이스(Upper case), ⑦ 안테나 커버, ⑧ 후면케이스(Rear case), ⑨ PCB(Printed Circuit Board) 유전체, ⑩ PCB 접지, ⑪ 배터리 케이스, ⑫ 안테나 부싱, ⑬ 안테나로 나뉜다.

표 2는 그림 2에서 유전율을 갖는 매질의 상대 유전율과 전기 전도도를 나타낸다^[6].

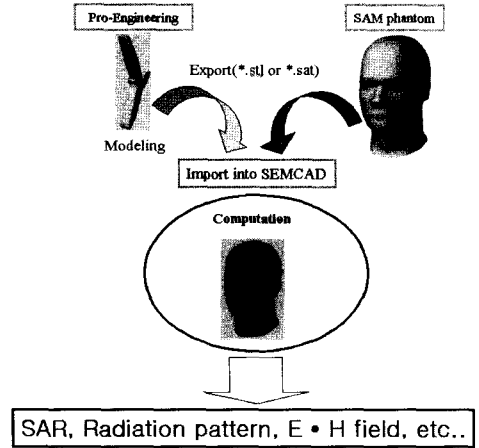


그림 1. 전산모의실험을 위한 블록도
Fig. 1. Block diagram for simulation.

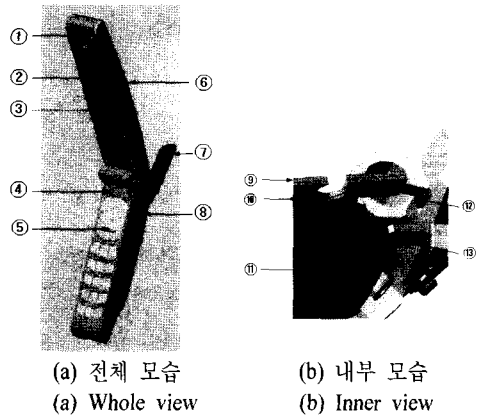


그림 2. 휴대폰 모델링
Fig. 2. Modeling of handset.

표 2. 휴대폰의 주요 유전체 부분의 전기적 특성
Table 2. Electrical characteristic of main dielectric parts of modeled handset.

	재 질	상대 유전율 (ϵ_r)	전기 전도도 (σ) [S/m]
안테나 커버	폴리카보네이트	2.5	3×10^{-3}
PCB 유전체	에폭시	4.5	7×10^{-2}
화면 창	유리	4.5	1×10^{-2}
케이스	폴리 ABS	3.5	2×10^{-2}
키 패드	폴리 ABS	3.5	2×10^{-2}

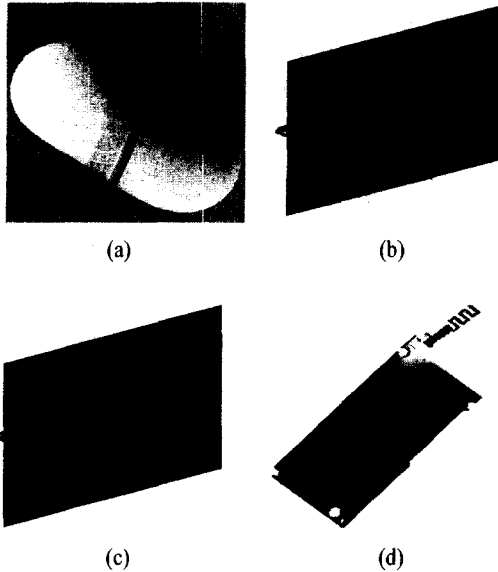


그림 3. 전산모의실험 결과
 (a) 3차원 방사 패턴
 (b) 전계 분포
 (c) 자계 분포
 (d) 안테나와 PCB만의 전계 분포

Fig. 3. Simulation results.
 (a) 3D radiation pattern
 (b) E field distribution
 (c) H field distribution
 (d) E field of antenna and PCB

그림 3은 모델링된 휴대폰의 전산모의실험 결과를 나타낸다. 그림 3(a)는 휴대폰의 방사 패턴을 3차원으로 나타낸 것이고, 그림 3(b), (c), (d)는 각각 계산된 전계와 자계를 나타내는데 전계, 자계의 성분이 안테나 급전점 근처에서 가장 강하게 나오는 것을 볼 수 있다. 단말기의 여러 부분들과 팬텀과의 거리가 비슷하다면, SAR값 계산시 이 부분에서 hot spot이 형성될 것으로 예상할 수 있다.

3-2 폴딩 각도에 따른 SAR 영향

3-1절에서 모델링한 휴대폰의 초기 폴딩 각도를 150°에서 145°와 142°로 줄여가면서 전산모의실험을 실행하였다.

인체 두부의 SAR값을 계산하기 위해 IEEE SCC34-SC2의 표준화 위원회와 CENELEC에서 제안한 스위스 Schmid & Partners사의 SAM 팬텀을 이용하였다. 휴대폰의 출력은 PCS 대역의 최대 출력인 약

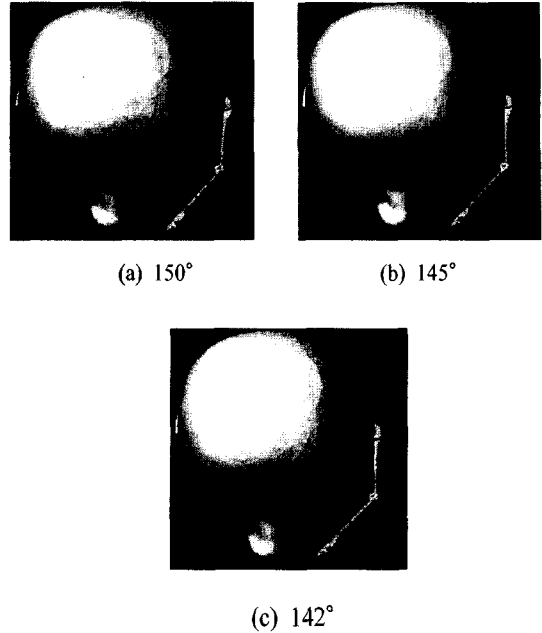


그림 4. 폴딩 각도에 따른 팬텀과의 접촉점
 Fig. 4. Touch points with various folding angles.

200~300 mW 로 설정하였다. 1800 MHz에서 계산의 정확도를 위하여 전압 전원으로 내부 저항이 50 Ω이고 진폭이 1 V인 사인파로 변조된 펄스를 인가했다. 계산 영역의 셀 크기는 직육면체 셀의 최대 길이와 최소 길이의 비를 1.5로 설정하였다. 그리고, 산란체의 최소 길이가 안테나 급전부분을 위한 1 mm이므로 셀의 최소 길이를 1 mm로 설정하였다. 계산시 흡수경계조건은 8층의 PML(Perfectly Matched Layer)을 적용하였다^{[6]~[8]}.

폴딩 각도가 150°일 경우 그림 4(a)처럼 휴대폰과 팬텀이 닿는 부분이 ear point, 힌지(hinge), 전면 케이스의 아래 부분으로 3곳이다. 그리고 145°일 경우 그림 4(b)와 같이 ear point와 전면케이스의 아래 부분이 닿았고, 이때 안테나 급전점과 팬텀과의 최단거리는 22.35 mm이다. 그림 4(c)의 142°일 경우에도 145°일 때와 같은 지점에서 팬텀과 닿았고, 이때의 최단거리는 25.6 mm이다. 결국 142°가 145°에 비해 이격 거리가 3.25 mm 더 떨어져 팬텀과 안테나 급전점 사이의 거리를 멀게 하는 효과를 볼 수 있었다.

그림 5는 각각의 폴딩 각도에 대한 전산모의실험 결과 중 1 g 평균 SAR의 계산결과와 측정결과를 비

교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 각도가 작아질수록 SAR값이 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 각도가 작아지면서 팬텀과 안테나 사이의 거리가 증가하기 때문인 것으로 분석할 수 있다. 또한, 폴딩 각도가 작아질수록 계산결과와 측정결과의 오차가 감소하는 것을 알 수 있고, 142°일 경우 측정결과를 기준으로 약 3.95 %의 오차가 있었다.

그림 6에 전산모의실험 결과 중 1 g 평균 SAR의 분포를 나타내었다. 그림 6(a)의 150°일 경우 팬텀과 안테나 사이의 거리가 가장 짧아 안테나 급전부에서 hot spot이 형성됨을 알 수 있고, 그림 6(b), (c)의 145°와 142°에서는 안테나와의 거리가 멀어

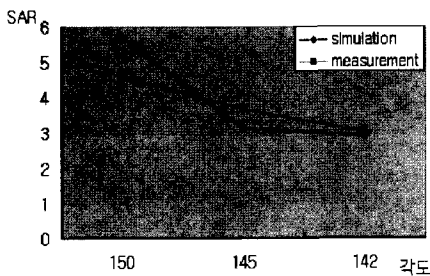


그림 5. 전산모의실험과 측정결과의 비교
Fig. 5. Simulation and measurement results for SAR.

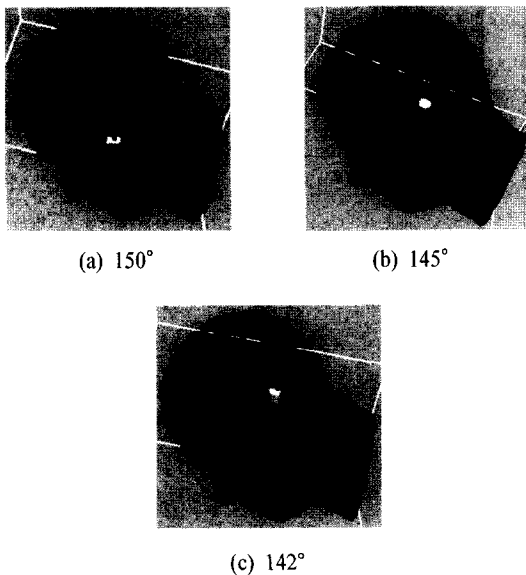


그림 6. 1 g 평균 SAR 분포
Fig. 6. Simulated 1 g averaged SAR distribution.

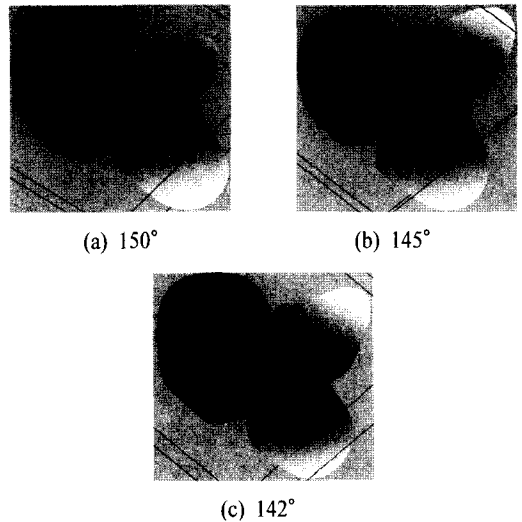


그림 7. 방사 패턴
Fig. 7. Radiation pattern.

져 안테나의 영향보다는 상대적으로 팬텀과 거리가 가장 가까운 ear point 부분에서 hot spot이 형성됨을 알 수 있다. 그러나 실제 측정시에는 150°, 145°, 142°의 모든 각도에 대해서 안테나 급전부에서 hot spot이 형성되어 전산모의실험 결과와는 차이가 있었다.

그림 7은 전산모의실험 결과 중 팬텀에 휴대폰을 거치시켰을 때 폴딩 각도에 따른 방사 패턴을 나타낸다. 폴딩 각도가 150°일 경우 각도가 작은 145°, 142°에 비해 상대적으로 팬텀 및 휴대폰 위쪽면의 영향을 많이 받아 뒤쪽 방향으로의 방사가 잘 이루어지지 않는 것을 알 수 있다.

IV. EMI 방지 도료의 분포패턴에 따른 SAR 변화 측정

본 장에서는 2장에서 설명한 전자파 차폐 기술과 관련하여 휴대폰 케이스 내벽에 도포하는 형태로 사용되는 EMI 방지 도료의 분포 패턴을 변화시키면서 SAR값을 측정하여 휴대폰에서 EMI 방지 도료의 분포패턴 형태가 SAR에 미치는 영향을 분석하였다.

전산모의실험 결과를 적용하여 폴더 각도를 142°로 고정하여 최초 1 g 평균 SAR값이 3.04 W/kg인 상태에서 측정을 시작하였다. 측정시 휴대폰 출력전

력은 약 224 mW(약 23.5 dBm)로 설정하고 SAR값을 측정하였다.

4-1 EMI 방지 도료의 분포패턴을 변화시키지 않았을 경우

본 측정에 사용된 휴대폰에서 대전방지, 정전기 방지 및 전자차폐 등의 특성을 갖는 EMI 방지 도료가 칠해져 있는 부분은 전면케이스와 후면케이스, 상부케이스, 그리고 하부케이스로서 휴대폰의 외부 케이스 네 군데이다. 처음에 후면케이스의 EMI 방지 도료를 부분적으로 제거하면서 측정한 결과 본 휴대폰에 대해서는 후면케이스의 EMI 방지 도료는 SAR에 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다. 그리고 상부케이스와 하부케이스 부분은 LCD 모듈 등으로 EMI 방지 도료가 칠해져 있는 부분이 복잡하여 도료의 분포패턴을 변화시키기가 어려웠다. 그러므로, 본 논문에서는 팬텀과 거리상 가까이 위치하고 상대적으로 변화를 적용하기가 용이한 전면케이스의 EMI 방지 도료의 패턴을 변화시켜 가면서 SAR값의 변화를 중점적으로 연구하였다.

그림 8은 각각 측정에 이용한 단말기의 전면케이스와 후면케이스의 사진을 나타낸다. 후면케이스에서 EMI 방지 도료가 제거된 부분은 전력 증폭기 등 소자의 영향 때문에 제거된 것이다. 측정의 기준으로 먼저 그림 8(a)처럼 전면케이스의 모든 부분에 도료가 칠해져 있는 상태에서 측정을 시작하여 부분적으로 제거해 가면서 변화를 관찰하였다.

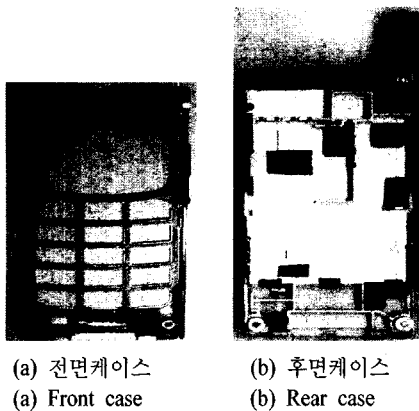
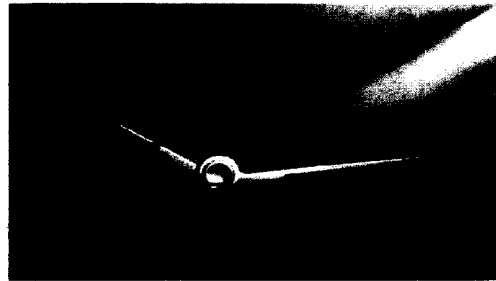


그림 8. 케이스 사진
Fig. 8. Photographs of cases.



(a) 15°경사진 프로브 사진
(a) Probe tilted by 15°



(b) 팬텀에 거치된 휴대폰
(b) Handset placement

그림 9. 측정 사진
Fig. 9. Photographs of measurement.

측정시 팬텀 뺨면의 곡률을 고려한 최악의 조건(worst case)을 적용하기 위하여 그림 9처럼 전계강도 측정용 프로브를 15° 기울여서 측정하였다. 측정 결과 SAR값이 1g 평균값이 3.04 W/kg이고, 10g 평균값은 1.58 W/kg로 나타났다.

그림 10은 각 축인 x, y, z 방향 전계에 의한 SAR값과 이들 전체의 합으로 나타나는 SAR값의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 x, z축 방향 전계에 의한 SAR 측정결과에서는 안테나 급전점 부분에서 hot spot 영역이 나타나고, y축 방향의 전계에 의한 SAR 측정결과에서는 hot spot이 두군데로 나뉘어져 나타난다. 그 중 한 영역은 x축 방향의 전계에 의한 SAR값과 z축 방향의 전계에 의한 SAR값의 hot spot 영역 인근에 위치하고 있음을 볼 수 있다. 또한, x축 방향의 전계에 의한 SAR 값과 z축 방향의 전계에 의한 SAR값이 y축 방향의 전계에 의한 SAR값보다 크게 나타남을 알 수 있다. 그 결과 안테나 급전점 부분에서 hot spot이 형성되고 각 축 방향의 전계에 의한 SAR값의 최대값이 겹쳐서 나타나므로 각 축 방향의 SAR값의 합의 형태로 나타나는 전체 SAR값이 크게 나오는 것을 볼 수 있다^{[9],[10]}.

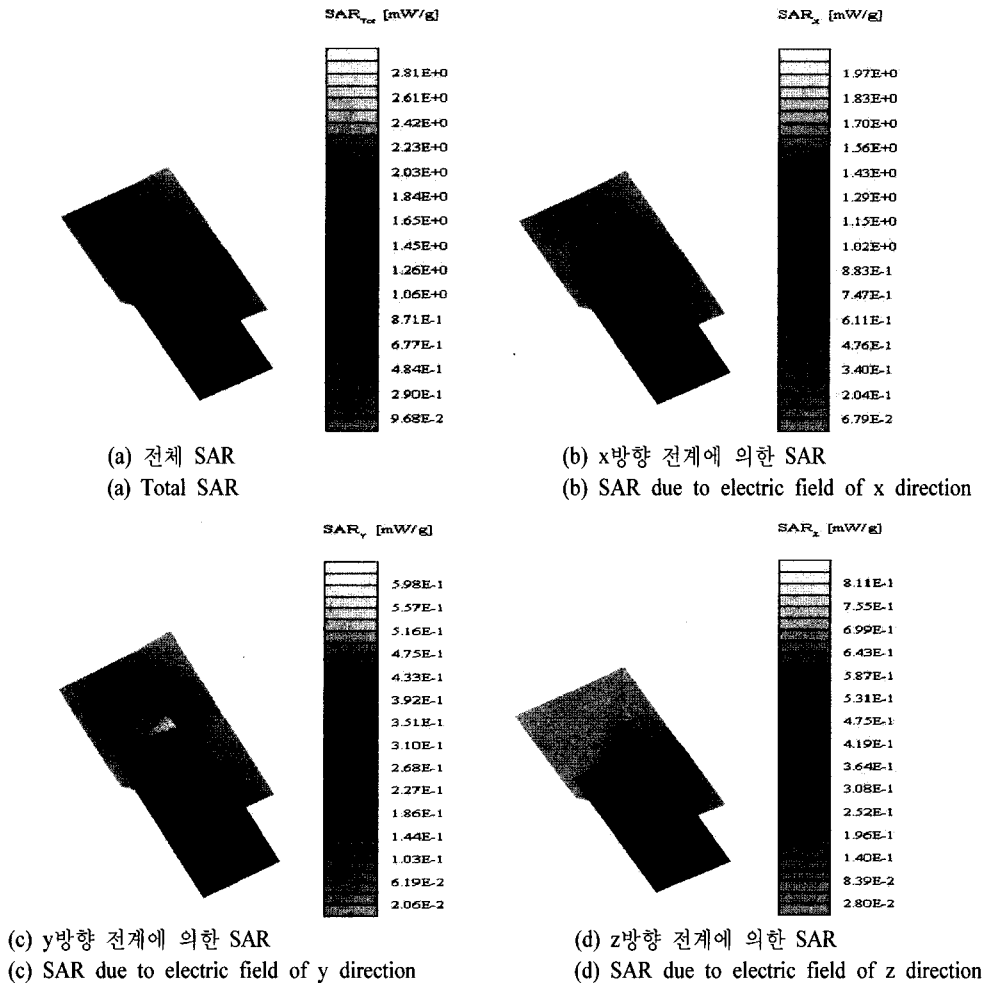


그림 10. SAR 측정결과
Fig. 10. SAR measurement results.

4-2 EMI 방지 도료의 분포패턴을 변화시켰을 경우

먼저, EMI 방지 도료의 SAR에 대한 영향을 알아보기 위하여 그림 11(a), (b)처럼 전면케이스에 도료가 있을 경우와 없을 경우를 비교하였다. 다음으로 그림 11(c)와 같이, hot spot 영역이 형성되는 안테나 급전점 부분의 EMI 방지 도료를 제거했을 때의 변화를 관찰하였다. 그리고 그림 11(d), (e)처럼 EMI 방지 도료의 궤적을 각각 가로 방향으로 끊었을 경우와 세로 방향으로 끊었을 경우를 비교 측정하였다. 또한 그림 11(f), (g)와 같이 EMI 방지 도료를 가로 방향으로의 지그재그 형태, 세로 방향으로의 지

그재그 형태로 분포시켜 SAR값의 변화를 측정하였다. 측정 오차를 줄이기 위해, 각각의 측정시마다 휴대폰의 출력전력을 동일하게 설정하였고, 배터리는 완전 충전된 것을 사용하였다.

그림 11의 각각의 측정결과를 표 3에 나타내었다. 결과를 비교하기 위해 감소효율을 식 (1)과 같이 정의하고, 감소효율을 계산하였다.

$$\text{감소효율(\%)} = \frac{\text{기준 SAR} - \text{각경우의 SAR}}{\text{기준 SAR}} \times 100 \quad (1)$$

EMI 방지 도료의 분포패턴에 아무런 변화를 주지 않았을 때, 즉 그림 11(a)의 1 g SAR값을 기준으

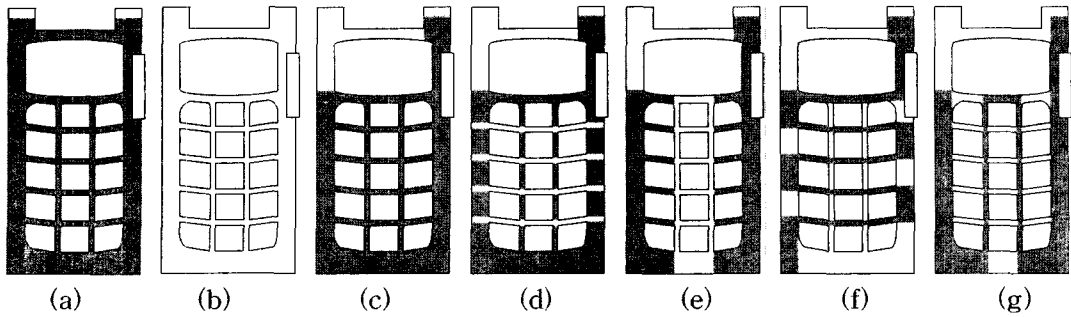


그림 11. 전면케이스의 EMI 방지 도료 분포패턴

- (a) 기본적인 분포패턴
- (b) 완전히 제거한 경우
- (c) 급전부의 하단부분을 제거한 경우
- (d) 수평 방향으로 제거한 경우
- (e) 수직 방향으로 제거한 경우
- (f) 수평 방향으로 지그재그 패턴
- (g) 수직 방향으로 지그재그 패턴

Fig. 11. EMI paint patterns on the front case.

- (a) Original pattern
- (b) Completely removed
- (c) Removal of lower part of feeding point
- (d) Horizontal-direction removal
- (e) Vertical-direction removal
- (f) Horizontal-direction zigzag pattern
- (g) Vertical-direction zigzag pattern

표 3. 그림 11에 대한 SAR값 비교

Table 3. Comparison of SAR values for each cases of Fig. 11.

	1 g 평균 SAR [W/kg]	10 g 평균 SAR [W/kg]
Fig. 11.(a)	3.04	1.58
(b)	1.95	1.09
(c)	2.57	1.36
(d)	2.40	1.21
(e)	2.07	1.15
(f)	1.57	0.83
(g)	1.60	0.74

로 비교해 보면, 도료를 완전히 제거했을 때는 감소 효율이 약 35.86 % 이었다. 그리고 그림 11(c)처럼 안테나 급전점 부분의 도료를 제거했을 경우 감소 효율이 약 15.46 % 이었다. 그림 11(d), (e)와 같이 EMI 방지 도료를 가로 방향, 세로 방향으로 제거하여 끊었을 경우에는 가로 방향으로 제거했을 때 약 21.05 %, 세로 방향으로 제거했을 때 약 31.91 %의 감소효율을 나타내어 가로 방향으로 제거한 경우보다 세로 방향으로 제거한 경우가 10.86 % 정도 더 큰 감소효율을 나타내었다. 그림 11(f), (g)처럼 EMI 방지 도료의 분포패턴을 지그재그 형태로 했을 경우에 가로 방향의 지그재그 형태인 경우 약 48.36 %, 세로 방향의 지그재그 형태인 경우 약 47.37 %

의 큰 감소효율을 나타내었다.

V. 결 론

본 연구에서는 휴대폰 개발 초기단계에서 SAR를 고려할 수 있는 방법으로 전산모의실험을 통하여 폴딩 각도에 따른 SAR값 변화를 계산하여 측정결과와 비교하였다. 그리고, EMI 방지 도료의 분포패턴을 변화시키면서 SAR값을 측정하여 도료의 분포패턴에 따른 SAR값의 저감방법에 대해 알아보았다.

휴대폰에 대한 전산모의실험 결과를 보면 안테나 급전점 부분에서 전계와 자계의 최대값이 나타났다. 또한 휴대폰을 팬텀에 거치시킨 후 전산모의실험한 결과에서도 안테나 급전부분 또는 ear point에서 hot spot이 형성됨을 알 수 있었다. 폴딩 각도를 150°, 145°, 142°로 변화시키면서 SAR값의 변화를 계산하여 측정결과와 비교, 분석한 결과, 150°를 기준으로 8°줄여 팬텀으로부터 안테나 급전점까지의 최단 거리가 약 25.6 mm로 멀어지면서 SAR값이 감소한 것으로 분석되었다.

휴대폰 케이스 내부에 칠해지는 EMI 방지 도료의 분포패턴에 따른 SAR값의 변화를 측정한 결과, EMI 방지 도료의 분포패턴에 따라 1 g 평균 SAR값이 약 3.04에서 1.57까지, 10 g 평균 SAR값은 1.58

에서 0.74까지의 변화를 나타내었으며, 안테나 급전점 부분의 EMI 방지 도료를 제거하는 것이 SAR값을 감소시키는데 큰 역할을 하는 것을 알 수 있었다. 또한, EMI 방지 도료를 지그재그 형태로 분포시킴으로써, 가장 큰 감소효율을 얻을 수 있었다.

SAR에 영향을 미치는 요소는 안테나 배치, 안테나 급전점의 위치, 안테나의 종류, 인체와의 거리, 각도, 흡수체의 부착 위치 등 여러 가지가 있다. 이러한 여러 요소들에 본 논문에서 제시한 연구 결과를 병행·적용한다면 SAR값을 저감시키는데 크게 기여할 것으로 기대된다. 특히 본 연구의 목적인 개발 초기 단계에서 연구 결과를 적용한다면 초기에 규격을 만족하는 결과가 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

실험을 위해 장비 사용을 허락해 주신 (주)LG전자 CDMA 단말연구소에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Adam D. Tinniswood, Cynthia M. Furse and Om P. Gandhi, "Computations SAR Distributions for Two Anatomically Based Models of the Human Head Using CAD Files of Commercial Telephones and the Parallelized FDTD Code", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 46, no. 6, June 1998.

[2] 전자파 인체보호기준, 정보통신부, 2002년 12월.

[3] 민경찬, 노이즈 종합 대책, 성안당, pp. 9-68, 1991년.

[4] K-H. Kim, S-W. Hong and H-T. Oh, "SAR variations by EMI condition of cellular phone case", *Proc. of WHO meeting on EMF Biological Effect & Standard Harmonization in Asia and Oceania*, pp. 115, 2001.

[5] 오학태, "휴대폰 전자파의 인체 흡수량(SAR) 평가 기술", *대한전자공학회지*, 28(2), pp. 181-188, 2001년.

[6] Nicolas Pierre Chavannes, *Local Mesh Refinement Algorithms for Enhanced Modeling Capabilities in the FDTD Method*, Ph.D. Thesis Diss. ETH no. 14577, Zurich, pp. 7-61, 2002.

[7] Karl S. Kunz, Raymond J. Luebbers, *The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics*, CRC Press, pp. 11-49, 1993.

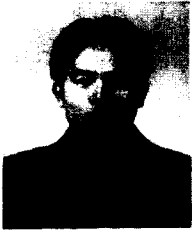
[8] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 2nd ed., John Wiley & Sons, pp. 493-544, 1998.

[9] 이규호, 양운근, 이형표, "이동통신 단말기에 의한 모의 인체두부 내의 SAR 분포와 EMI 도료 조건에 따른 SAR 저감방법에 관한 연구", *인천대학교 공학기술연구 논문집*, 17(1), pp. 25-32, 2002년.

[10] Woon Geun Yang, Kyu Ho Lee and Sung Sin Kong, "Simulation and Measurement of SAR with Folder Angle Variation and SAR Reduction with EMI Paint for Mobile Handsets", *Proc. of North-east Asia IT Symposium 2002*, pp. 569-572, Nov. 2002.

※ 본 연구 내용 중 일부는 2003년 2월 26일 출원번호 10-2003-0012081 "휴대폰에서 EMI 도료의 도포 방법 및 이를 이용한 휴대폰의 프린트 케이스" 로 특허 출원되었습니다.

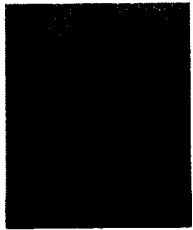
이 규 호



2001년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2003년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 1월~현재: (주) LG전자 CDMA 단말연구소 연구원
[주 관심분야] 휴대폰 안테나 및

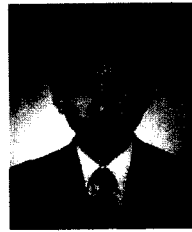
SAR, 무선랜용 안테나

김 창 일



1999년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 및 통신이론

양 운 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1997년~현재: (주)한국안테나 자

문, 기술지도

1997년 3월~2001년 12월: (주)LG전자 (구 (주)LG정보통신 포함) 단말연구소 자문교수

2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 분과 위원장

2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙 연구원

1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수

[주 관심분야] 변조 및 복조방식, 부호이론, 데이터 통신, 지능형 도로망/차량에서의 통신방식, GPS, PLL, U-n 슬롯 안테나