
휴대 단말기의 SAR 저감법에 관한 연구

황재호*

A Study on SAR Reduction Method for Mobile Handsets

Jae-Ho Hwang*

요 약

본 논문은 무선통신용 휴대 단말기를 설계하는데 있어 인체 전자파 흡수율(SAR)을 저감시키는 방법을 제안하고 있다. 휴대 단말기의 안테나로부터 방사되는 전자파에너지는 안테나 뿐 아니라 휴대 단말기 기구의 특정부분에 밀집되는데 이와 같은 표면 전계강도는 인체 두부에 영향을 미쳐 SAR값의 증가 요소로 작용한다. 따라서 이를 감소시키는 방법으로는 표면전계가 밀집되지 않도록 기구를 설계할 필요가 있으며, 이에 대한 설계 방안을 제시한다. 인체를 포함한 단말기의 해석은 유한요소법(FEM)을 사용하였으며, 본 저감법을 적용한 경우 SAR점두치의 약 50 %를 저감하는 효과가 나타났다.

ABSTRACT

In this paper, we propose SAR(Specific absorption rate) reduction methods based on surface electric field distribution relation for mobile handsets. Proposed the new method that is able to consider improvement of the SAR from the very beginning step of developing the mobile handsets. Analysis of mobile handset with human body(head) using finite element method(FEM). Results of this method, SAR reduced about 50 %.

키워드

SAR(Specific absorption rate), FEM, surface electric field distribution, mobile handset

I. 서 론

최근, 휴대용 무선단말기의 급속적인 보급과 각종 전자산업의 발달로 말미암아 인체에 유해한 영향을 끼치는 전자파에 대한 관심이 커지고 있다. 특히, 휴대 단말기에 있어서는 전자파흡수율(SAR) 측정을 의무화하고 있을 뿐 아니라 출시되는 휴대 단말기의 SAR값을 공개하는 제도를 추진하고 있다.

전자파 흡수율이란 인체(특히 두부)에 흡수되는 전자파의 양을 나타내는 단위로 휴대 단말기의 경우 사

용주파수 100 kHz~10 GHz 범위에서 국부노출에 대한 SAR값이 1.6W/kg (1 gram평균)이하가 될 것을 국내 기준으로 적용하고 있다. 이와 같은 전자파흡수율은 인체를 대상으로 직접적인 임상실험이 불가능하기 때문에 인체조직이 갖는 전기적 특성과 유사한 매질을 이용한 모의인체(phantom)를 제작하여 온도나 전기장 분포를 측정하거나 해부학적 모델을 이용하여 인체조직의 각 부위에 유기되는 전자장을 계산하여 평가하고 있다.[1]-[3]

한편 휴대 단말기에 있어 전자파 흡수율을 저감하

는 장치의 연구는 최근 들어 활발히 진행되고 있으며, 주로 이미 설계된 휴대 단말기에 부착하여 전자파를 흡수하거나 차단시키는 장치와 인체로의 방사를 억압하는 지향성 안테나의 연구가 대표적이라 할 수 있다.[4][5] 그러나 지향성 안테나 장치를 사용하는 방법은 그 구성이 매우 복잡해지기 때문에 점차적으로 소형·경박화 되어 가는 단말기 시장에 역행하는 문제점이 발생되고 있으며, 차폐 재료나 흡수체를 사용하는 방법은 재료의 특성 및 그 부착위치에 따라 그 효과가 달라지며, 제조공정 또한 복잡해지는 문제점이 발생하게 된다. 일반적으로 휴대용 단말기의 경우 인체에 밀착하여 사용함으로써 이때 전자파 흡수율은 단말기의 안테나 장치로부터 방사되는 전파의 근거리장(near field)에 의한 영향을 받게 될 뿐 아니라 휴대 단말기 기구에 분포되는 전계강도에도 영향을 받게 된다. 따라서 사용되는 단말기의 송신전력, 안테나 특성 및 기구물의 형태는 인체로 흡수되는 전자파의 양에 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

본 논문은 소형·박형의 휴대 단말기에 있어 안테나로부터 방사되는 전자파에너지에 의해 휴대 단말기 기구의 특정부분에 밀집되는 전계강도가 인체에 흡수되는 전자파 흡수율을 증가시키는 원인인 될 수 있음을 확인하고 이에 휴대단말기의 구조상 발생하는 전계분포를 확인, 기구의 특정부분에 밀집되는 전계강도를 감소시킬 수 있는 장치를 제안 한다. 또한 이와 같은 방법이 실제 인체(두부)에 흡수되는 전자파의 양을 어느 정도 저감시킬 수 있는가를 시뮬레이션으로 확인, 분석하여 전자파 흡수율을 저감하는 장치를 보다 근본적인 차원에서 접근하여 해결하는 방안을 제시한다.

II. 전자파 흡수율

무선 휴대 단말기에서 발생하는 전자파 노출에 대해 인체보호를 위한 노출 제한기준은 전자파흡수율로서 정의하며, 전자파흡수율은 주로 무선주파수 대역에서 노출된 피노출체 간의 정량화를 위한 것이다. 대부분 생체 조직의 투자율은 자유공간과 동일하므로 높은 무선주파수 대역에서 모든 기구의 예측되는 상호작용은 전기장에 관련된 메커니즘을 통해 발생하며, 이 전기장 크기와 인체의 매질 특성에 의존하는 파라미터

가 전자파흡수율이라 할 수 있다. 이것의 물리적 정의는 아래 식 (1)에서와 같이 주어진 밀도 (ρ)인 체적분(dV)내의 질량 증분 (dm)내에서 소실된 또는 그 질량 증분 (dm)에 의해 흡수된 에너지 증분 (dW)의 시간 미분 값이다.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (1)$$

여기서

ρ : 인체조직의 밀도 (kg/m^3)

m : 질량 (kg)

W : 흡수된 에너지 (J)

이다.

한편, 정형적으로 변화하는 전자장에 대해 포인팅벡터(Poynting vector) 정리를 사용하면 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad (W/kg) \quad (2)$$

여기서

σ : 인체조직의 도전율 (S/m)

ρ : 인체조직의 밀도 (kg/m^3)

E_i : 내부 전기장의 세기 (V/m)

이다.

일반적으로 SAR측정은 모의인체를 대상으로 내부에 유기되는 전기장을 측정하게 되므로 식(2)에 의해 SAR값을 평가한다. 따라서 본 연구에서의 시뮬레이션 결과 역시 식(2)에 의거하여 SAR값을 평가한다.

III. 휴대 단말기의 표면전계강도

그림 1은 상용 폴더형 휴대 단말기의 내부구조를 나타내고 있다. 단말기의 내부를 살펴보면 안테나를 구동시키는 RF회로단과 모뎀 등이 포함되는 폴더의 메인바디는 차폐케이스(shield case)로 밀폐되어 지며,

LCD모듈이 포함되는 폴더의 서브바디에는 전자파 차폐재(금속도료)가 코팅되어 있다. 또한 이들 서브 바디의 LCD모듈과 메인바디의 인쇄회로기판(RF보드)를 전기적으로 연결시켜주기 위한 FPC가 설치되어 있다.

이와 같은 폴더형 휴대 단말기는 안테나로부터 방사되는 전자파가 단말기의 구조상 폴더의 LCD모듈이 장착되어있는 서브바디에 의해 차단되어지는 것 같아 보이지만 실제 서브바디와 메인바디 사이에는 물리적인 틈이 있어 전자파의 방출이 생기기에 충분하다. 특히 강한 전계가 분포되는 안테나 급전부로부터 발생하는 에너지는 단말기 사용 시 인체에 많은 영향을 미칠 수 있다. 그림 2는 휴대 단말기의 차폐케이스 및 내부 금속도료구조를 고려하여 해석 모델링하고 이때 기구에 분포되는 전계강도의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

안테나가 위치한 기구의 에지(edge)부분에 강한 전계가 밀집되게 된다. 이와 같은 상태에서 단말기를 인체에 밀착하여 사용할 경우 인체두부로 흡수되는 전자파의 양은 증가된다.

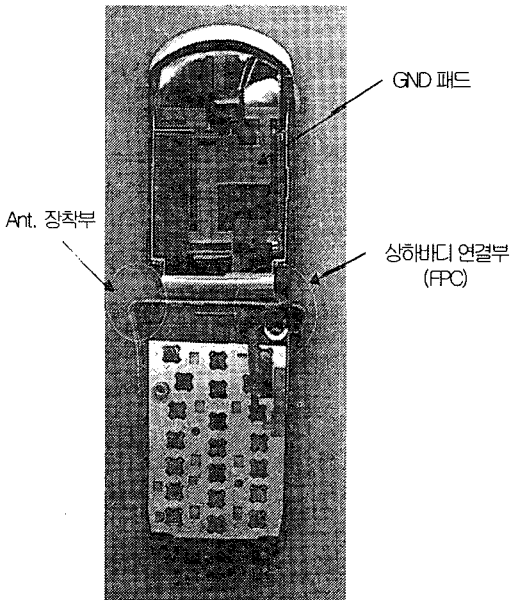


그림 1. 휴대 단말기의 내부구조
Fig 1. Inner construction of mobile phone

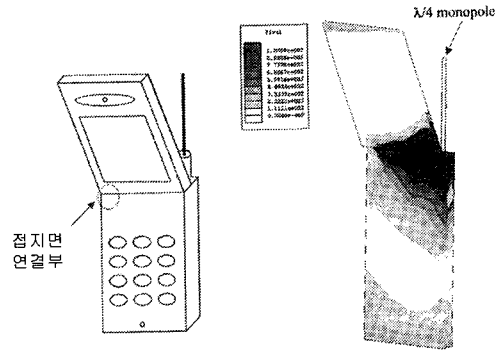


그림 2. 단말기 표면에 분포되는 전계강도
Fig 2. Surface electric field distribution on mobile phone

일반적으로 휴대단말기의 경우 모노폴 안테나가 사용되는데 이때 모노폴 안테나의 접지면 역할을 단말기의 기구가 대신하고 있다. 결국 안테나를 구동시키는 전류는 안테나에도 분포하지만 접지면으로 사용하고 있는 기구면에도 분포하며, 전류는 그 특성상 기구의 에지부분에 집중되어진다. 더욱이 그림 1과 같은 폴더형 단말기에 있어서는 그 구조상 안테나로부터 방사되는 전자파가 인접한 서브바디와 메인바디의 틈새를 통과하면서 강한 전계가 에지부분에 유기됨을 알 수 있다.

IV. 휴대 단말기의 SAR 저감법

4.1. SAR 저감장치

그림 2의 결과로부터 단말기 표면의 전계 분포와 인체에 흡수되는 전자파의 양의 관계를 예측할 수 있었다. 따라서 기구의 특정부분에 전계가 밀집되지 않도록 장치를 한다면 인체에 흡수되는 전자파의 양도 감소하게 된다. 본 장에서는 이와 같은 장치로 안테나가 설치된 부분의 상하바디를 연결하는 방법을 제안한다.

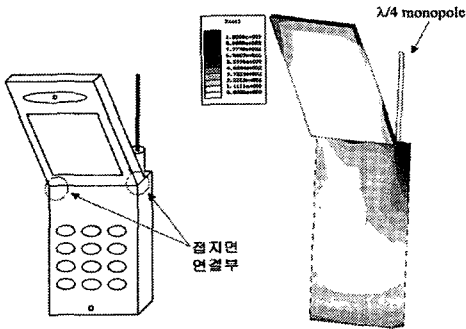


그림 3. 저감장치 후 단말기 표면에 분포되는 전계강도
Fig 3. Electric field distribution on mobile phone used reduction equipment

그림 3은 폴더형 단말기에 있어 기존의 접지면 연결 외에 안테나가 장착된 부분의 상하바디 연결하는 장치를 추가 한 경우의 단말기 표면에 분포하는 전계를 나타내고 있다. 장치전과 비교하여 특정부분에 밀집되는 전계가 감소하였음을 알 수 있다.

4.2. 인체 모델링 및 SAR평가

그림 4는 단말기의 표면전계분포에 대한 인체두부에 흡수되는 전자파의 양을 해석하기 위해 인체두부의 모델링 구조를 나타내고 있다. 두부의 형태는 타원구형으로 하며 장축의 길이 a는 220 mm, 단축의 길이 b는 160 mm이다. 또한 내부의 등가 비유전율 ϵ_r 은 40, 등가도전율 σ 는 1.4 S/m 로 하며, 단말기와 인체두부의 간격 d는 1 mm 로 한다.

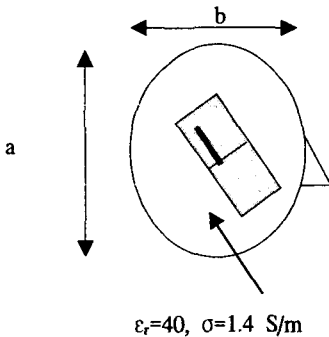


그림 4. 인체두부 모델링
Fig 4. Simulation modeling of head

표 1은 인체두부를 포함한 단말기의 전계강도를 계산한 결과를 나타내고 있다. 해석은 흡수경계조건을 최외각에 적용한 유한요소법(FEM)을 사용하였다. 각 전계강도값은 폴더의 상부와 하부의 표면전계강도의 최대값과 인체두부에 유기되는 최대값으로 저감 장치전에 비해 장치후가 현저히 줄어드는 것을 알 수 있다.

표 1. 전계강도(E)의 최대값 (1W Excitation)
Table 1. peak value of electric field

부위	장치전 전계강도[V/m]	장치후 전계강도[V/m]
폴더 상부	5760	1213
폴더 하부	8960	3541
인체두부*	495	287

표 2는 인체두부에 유기되는 전계강도를 흡수되는 전자파의 양으로 변환한 값을 나타내고 있다. 이때 전계강도에 대한 SAR값은 식(2)를 사용하여 계산하였으며 인체관련 상수는 모델링에 적용했던 파라미터와 동일하다.

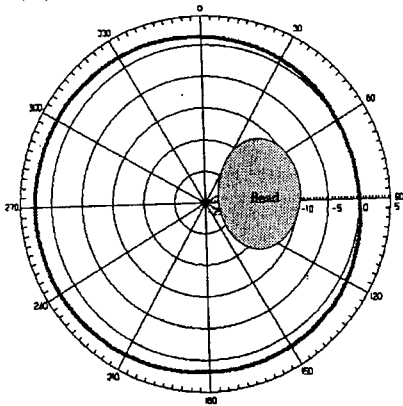
표 2. SAR(첨두치) 비교
Table 2. Comparison of SAR value

	전계강도 첨두치[V/m]	SAR첨두치[W/kg] (인체두부)
장치전	495	291
장치후	287	115

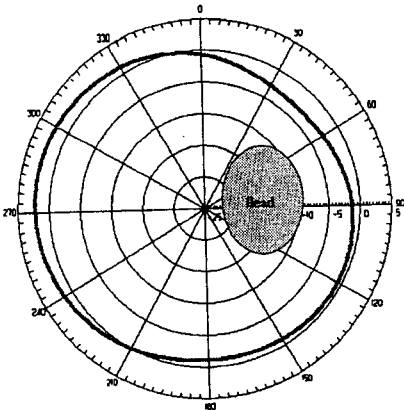
상기의 결과는 SAR값의 첨두치만을 나타내고 있어 통상 휴대폰에 적용하는 1 g 또는 10 g 평균값으로 비교할 수는 없지만 SAR값의 결정적인 요소인 첨두치만을 비교해 본다면 장치후에 약 1/2배의 저감효과가 나타났다.

그림 5는 저감장치 전후의 방사특성을 계산한 결과를 나타내고 있다. 휴대폰단말기의 안테나가 z축 방향으로 놓여있을 때 xy면의 방사특성은 SAR저감 장치들

하기 전과 장치 후에도 거의 변화가 없는 것을 알 수 있어 제안한 저감장치는 안테나의 고유특성에 큰 영향을 미치지 않는 것이 확인되었다.



저감장치 전



저감장치 후

그림 5. 방사특성

Fig 5. Radiation characteristic

V. 결 론

본 논문은 무선 휴대 단말기에 있어 안테나로부터 방사되는 전자파에너지가 단말기 기구의 특정부분에

밀집되어 인체에 흡수되는 전자파흡수율을 증가시키는 원인이 되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 또한, 이와 같이 단말기의 구조상 발생하는 전계분포와 특정부분에 밀집되는 전계강도를 감소시킬 수 있는 장치를 제안 하여 인체(두부)에 흡수되는 전자파의 양을 저감시킬 수 있음을 확인하였다.

안테나 및 인체를 포함한 단말기의 해석은 유한요소법(FEM)을 사용하였으며, 본 저감장치를 적용한 경우 SAR침투치의 약 50 %를 저감하는 효과가 나타났다.

참고문헌

- [1] Niels Kuster, Ralph Kastle, and Thomas Schmid, "Dosimetric Evaluation of handheld Mobile Communication Equipment with Known precision", IEICE Trans. commun., Vol.E80-B, 114, pp. 645 -652, May 1997.
- [2] Qishan Yu, Magnus Aronsson, Ding Wu, and Om P. Gandhi, "Automated SAR Measurement for Compliance Testing of Cellular Telephones", Proceeding of the IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium, Vol.4, No.1, pp. 1980 -1983, 1998.
- [3] M. J. Haggmann, O. P. Gandhi, and C. H. Durney, "Numerical Calculation of Electromagnetic Energy Deposition for Realistic Model of Man", IEEE Trans. MTT., Vol.27, No.9, pp. 804 -809, Sep. 1979.
- [4] Joonho Byun and Juhyung Lee, "FDTD Calculation of SAR for the Monopole Antenna on the Conducting Box in terms of the Structure near by Feed", IEEE Antenna and Propagation Symposium, Vol.2, pp. 76 -79, 2001.
- [5] Jianqing Wang and Osamu Fujiwara, "Effects of Ferrite Sheet Attachment to Portable Telephone in Reduction Electromagnetic Absorption in Human Head", IEEE ISEC, Vol.2, pp. 822 -825, 1999.

저자소개



황재호 (Jae-Ho Hwang)

1987년 광운대학교 전자통신공학
학사

1992년 한양대학교 전자통신공학
석사

1998년 東北大學(일본) 전기통신
박사

1997년 ~ 1998년 東北大學 조수

1998년 ~ 2000년 NEC-TOKIN 주임연구원

2000년 ~ 2001년 삼성전자 책임연구원

2001년 ~ 현재 경주대학교 컴퓨터멀티미디어공학부
조교수

※ 관심분야: 이동통신, 안테나 해석 및 설계, RF수동
소자, 전자장 수치해석