

무선통신 단말기의 SAR 저감법

황재호*

*경주대학교

Method of SAR reduction for Wireless Transceiver

Jae-Ho Hwang*

*Gyeongju University

E-mail : jhhwang@giu.ac.kr

요 약

본 논문은 무선통신용 휴대단말기를 설계하는데 있어 인체 전자파 흡수율(SAR)을 저감시키는 방법을 제안한다. 단말기의 안테나로부터 방사되는 전자파에너지는 휴대단말기 기구의 특정부분에 밀집되는데 이와 같은 전계강도는 인체의 두부에 영향을 미쳐 SAR값의 증가 요소로 작용한다. 이를 감소시키는 방법으로는 표면전계가 밀집되지 않는 구조의 기구 설계법을 제시한다. 안테나를 포함한 단말기의 해석은 유한요소법(FEM)을 사용하였으며, 본 저감법을 적용한 경우 SAR침투치의 약50 %를 저감하는 효과가 나타났다.

ABSTRACT

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

키워드

인체전자파흡수율(SAR), 휴대단말기, 표면전계강도, 유한요소법

I. 서 론

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

전자파 흡수율이란 인체(특히 두부)에 흡수되는 전자파의 양을 나타내는 단위로 휴대단말기의 경우 사용주파수 100 kHz~10 GHz 범위에서 국부 노출에 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.

한편 휴대단말기에 있어 전자파 흡수율을 저감하는 장치의 연구는 최근 들어 활발히 진행되고 있으며, 주로 이미 설계된 휴대단말기에 부착하여 전자파를 흡수하거나 차단시키는 장치와 인체로의 방사를 억압하는 지향성안테나의 연구가 대표적인 것이라 할 수 있다. 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, 제조

공정 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 휴대단말기 기구에 분포되는 전계강도에도 영향을 받게 된다. 따라서 사용되는 무선단말기의 송신전력, 안테나 특성 및 기구물의 형태는 인체로 흡수되는 전자파의 양에 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

본 논문은 소형·박형의 휴대단말기에 있어 안테나로부터 방사되는 전자파에너지에 의해 휴대단말기 기구의 특정부분에 밀집되는 전계강도가 인체에 흡수되는 전자파흡수율을 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. 전자파흡수율(SAR)

무선 휴대단말기에서 발생하는 전자파 노출에 대해 인체보호를 위한 노출 제한기준은 전자파흡수율(SAR)로서 정의하며, 전자파흡수율(SAR)은 주로 무선주파수 대역에서 노출원과 피노출체 간의 정량화를 위한 것이다. 대부분 생체 조직의 투자율은 자유공간과 동일하므로 높은 무선주파수 대역에서 모든 기지의 예측되는 상호작용은 전기장에 관련된 메카니즘을 통해 발생하며, 이 전기장 크기와 인체의 매질 특성에 의존하는 파라미터가 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 Poynting vector 정리를 사용하면 식 (2)를 사용하여 계산할 수 있다.

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

여기서

σ : 인체조직의 도전율 (S/m)

ρ : 인체조직의 밀도 (kg/m^3)

E_t : 내부 전기장의 세기 (V/m)

이다.

일반적으로 SAR측정은 모의인체(phantom)를 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. 무선 단말기의 표면전계강도

그림 1은 상용 폴더형 휴대단말기의 내부구조를 나타내고 있다. 단말기의 내부를 살펴보면 안테나를 구동시키는 RF회로단과 모뎀 등이 포함되는 폴더의 메인바디는 shield case로 밀폐되어 지며, LCD모듈이 포함되는 폴더의 서브바디에는 전자파 차폐재(금속도료)가 코팅되어 있다. 또한 이들 서브 바디의 LCD모듈과 메인 바디의 인쇄회로기판(RF보드)를 전기적으로 연결시켜주기 위한 FPC가 설치되어 있다.

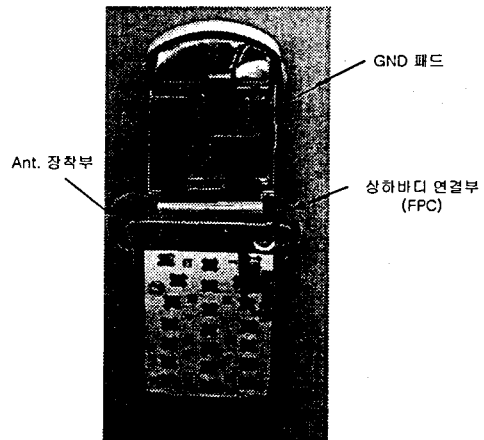


그림 1. 상용단말기의 내부구조

이와 같은 폴더형 휴대단말기는 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 휴대단말기의 shield case 및 내부 금속도료구조를 고려하여 해석 모델링하고 이때 기구에 분포되는 전계강도의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

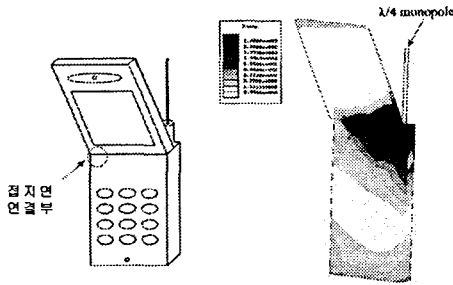


그림 2. 단말기 표면에 분포되는 전계강도

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

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 그림1과 같은 폴더형 단말기에 있어서는 그 구조상 안테나로부터 방사되는 전자파가 인접한 서브바디와 메인바디의 틈새를 통과하면서 강한 전계가 에지부분에 유기됨을 알 수 있다.

IV. 표면전계강도 저감법

1. 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 상하 폴더를 연결하는 방법을 제안한다.

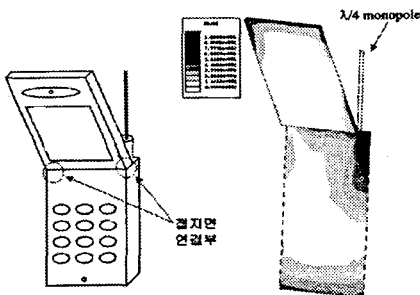


그림 3. 저감장치 후 단말기 표면에 분포되는 전계강도

그림 3은 폴더형 단말기에 있어 기존의 접지면 연결 외에 안테나가 장착된 부분의 상하바디 연결하는 장치를 추가 한 경우의 단말기 표면에 분포하는 전계를 나타내고 있다. 그림2의 장치전과 비교하여 특정부분에 밀집되는 전계가 감소하였음을 알 수 있다.

2. 인체 모델링 및 SAR평가

그림 4는 단말기의 표면전계분포에 대한 인체 두부에 흡수되는 전자파의 양을 해석하기 위해 인체두부의 모델링을 나타내고 있다. 두부의 형태는 타원형으로 하며 장축의 길이 a는 220 mm, 단축의 길이 b는 160 mm이다. 또한 내부의 등가 유전율 ϵ_r 은 40, 등가도전율 σ 는 1.4 S/m 로 하며, 폴더상부와 인체두부간의 간격 d는 1 mm 로 한다.

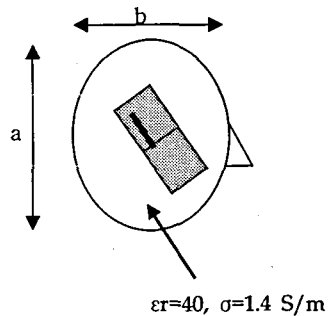


그림 4. 인체두부 모델링

표 1은 인체두부를 포함한 단말기의 전계강도를 계산한 결과를 나타내고 있다. 해석은 흡수경계조건을 최외각에 적용한 유한요소법(FEM)을 사용하였다. 각 전계강도는 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)

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

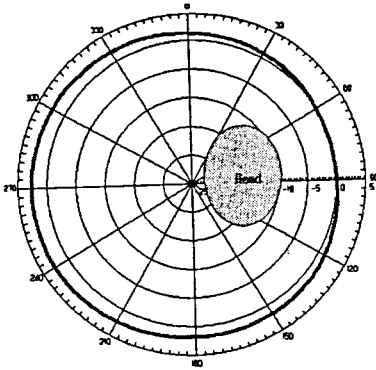
표 2는 인체두부에 유기되는 전계강도를 흡수되는 전자파의 양으로 변환한 값을 나타내고 있다. 이때 전계강도에 대한 SAR값은 식(2)를 사용하여 계산하였으며 인체관련 상수는 모델링에 적용했던 파라미터와 동일하다.

표 2. SAR(침두치) 비교

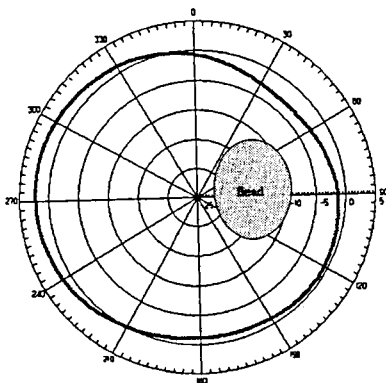
| | 전계강도 침두치[V/m] | SAR침두치[W/kg] (인체두부) |
|-----|------------------|------------------------|
| 장치전 | 495 | 291 |
| 장치후 | 287 | 115 |

상기의 결과는 SAR값의 침두치만을 나타내고 있어 통상 휴대폰에 적용하는 1g 또는 10g 평균값으로 비교할 수는 없지만 SAR값의 결정적 요소인 침두치만을 비교해본다면 장치후에 약 1/2배의 저감효과가 나타났다.

그림 5는 저감장치 전후의 방사특성을 계산한 결과로 장치전과 후에 방사특성의 변화는 거의 없는 것을 알 수 있다.



저감장치 전



저감장치 후

그림 5. 방사특성

V. 결 론

본 논문은 무선휴대단말기에 있어 안테나로부터 방사되는 전자파에너지가 단말기 기구의 특정 부분에 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 SAR침두치의 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. Hagmann, 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 Juhjung 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.