

휴대전화의 시험위치에 따른 SAR 분석

SAR Analysis for Test Positions of Mobile Phone

최형도 · 이에경 · 조광윤 · 오학태*

Hyung-Do Choi · Ae-Kyoung Lee · Kwang-Yun Cho · Hak-Tae Oh*

요 약

최근, 휴대전화로부터 복사되는 전자파 노출에 대한 건강 위험성에 관한 국민적 관심이 높아지고 있고, 그에 따라 휴대전화가 전자파 인체보호기준의 적합성 여부를 평가하기 위한 전자파흡수율 측정 방법이 제안되어 왔다. 피시험기인 휴대전화에 대한 국부 전자파흡수율은 전기장 프로브를 사용하여 모의조직으로 채워진 모의 인체 두부에서 전기장 분포를 측정함으로써 얻어진다. 전자파흡수율 측정에 요소가 되는 전기장 프로브, 모의인체의 형상과 크기, 모의조직의 전기정수 그리고 시험위치 등에 따라 측정값이 달라지므로 전자파흡수율 측정 기준을 설정하기 위해서는 이들 요소에 대한 연구가 요구된다. 본 논문에서는 휴대전화의 시험위치에 따른 전자파흡수율 변화를 수치해석과 측정을 통해 분석하였으며, 통상 사용위치에서 최악의 조건을 조사하였다. 본 결과를 바탕으로 국내 전자파흡수율 측정 기준의 시험위치로서 접촉위치와 경사위치를 채택하였다.

Abstract

There has been an increase in the public concern about possible health risks by electromagnetic exposure from mobile phones. Recently, several SAR measurement procedures have been proposed to demonstrate the compliance of mobile phone with safety limits. To determine the maximum localized SAR of a test mobile phone, the electric field distribution is measured in the head phantom with simulated tissue liquid using the probe. The important parameters in SAR measurement are the E-field probe, the shape and size of phantom, the electrical parameters of simulated tissue liquid, and test position, etc. Therefore, in order to setup the measurement standard, the studies on these factors are required. In this paper, the effects of the maximum localized SAR on the test positions of mobile phones were analyzed by the numerical computation and the SAR measurement. From the results, the worst condition of commonly used positions was determined and the touch and tilted positions were adopted as test positions of the domestic SAR measurement standard.

I. 서 론

정보화의 눈부신 발달로 전파의 이용은 그 수효가 높아지고, 통신, 방송 분야뿐만 아니라 의료, 교통 및 주변의 일상 생활에서 폭 넓게 사용되고 있다. 이와 같이 전자, 전기기기의 사용이 급증하면서 이들 기기에서 복사되는 전자파에 의한 건강 위해

에 관한 관심과 우려가 높아지고 있어, 이와 관련하여 건강 영향에 대한 위험 가능성 연구가 국제적으로 활발히 진행되고 있다. 특히 인체와 접촉하여 사용하고 있는 휴대전화로부터 복사되는 전자파 영향에 대한 우려가 날로 증가되고 있다. 휴대전화와 같이 인체에 밀착하여 사용하는 기기에 대해서 일부 국가나 국제기구에서는 인체의 전자파흡수율 (SAR,

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

* 전파연구소(Radio Research Laboratory)

· 논문 번호 : 20011004-138

· 수정완료일자 : 2001년 10월 25일

specific absorption rate)로 노출기준을 정하고 있으며, 미국 FCC(연방통신위원회)에서는 1997년 이후 이를 법적으로 규제하고 있어 이 분야의 연구를 촉진시키는 계기가 되었다.

전자파흡수율은 생체가 전자기장에 노출됨에 따라 생체에 흡수되는 단위질량당의 흡수 전력으로 다음과 같이 표현된다.

$$SAR = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\rho} |E_i|^2$$

여기에서 σ 는 매질의 도전율, ρ 는 밀도이며, $|E_i|$ 는 전기장 벡터의 첨두치 크기를 나타낸다. 생체조직에서 전자파 흡수율은 조직내 전기장 강도의 제곱에 비례하며, 입사 전자기장의 매개변수인 주파수, 강도, 전자기장의 방향 및 발생원과 대상물체의 상대적인 위치, 노출된 인체의 특성 조직의 유전적 성질 그리고 지면의 영향 및 노출환경 등에 의해 결정된다. 평균 전자파 흡수율과 전자파 흡수율 분포는 계산 또는 실험으로부터 결정된다.

휴대전화의 전자파흡수율은 인체 두부와 외형적으로 동일한 크기의 모의인체를 사용하여 휴대전화의 통상 사용위치와 동작조건에서 국부 전자파흡수율을 측정하여 결정한다. 전자파흡수율 측정변수 중 결과 값에 가장 민감하게 영향을 줄 수 있는 요인이 모의인체에 대한 휴대전화의 시험위치로서, 이는 휴대전화 사용자에 대한 최악의 노출 상태가 고려되어 설정되어야 하며, 시험자에 따른 불확실성을 피하기 위해 세밀한 정의가 요구된다.

휴대전화 측정을 위한 시험위치는 2000년 말까지 각 기준별로 조금씩 달리하여 권고하고 있다. 즉 FCC^[1]와 일본^[2]의 경우 각각 한 위치에서 측정하는 것을 권고하나 FCC의 경우는 접촉위치에서 측정하는 반면, 일본의 경우 기준선과 중심선의 각도 α 를 제조자가 제시하도록 하고 있어, FCC에 비해 보다 완화된 것이다. 이에 비해 CENELEC^[3]의 경우 4가지 위치를 권하고 있으며, 이들 위치에서 측정된 결과 중 가장 높은 값을 측정 휴대전화의 전자파흡수율 값으로 결정한다. 이와 같은 시험위치에 대한 기준들은 최근 CENELEC^[4]과 IEEE SCC 34 SC2^[5]에서는 접촉위치와 경사위치로 시험위치를 규정하고 있고 이 두 위치는 미국, 일본기준 그리고 현재 표준화가 추진 중인 IEC 등에서 반영할 것으로 예상

한다.

본 연구에서는 휴대전화 노출에 대한 최악의 조건을 조사하고, 휴대전화의 적합성 평가를 위한 시험위치를 결정하기 위해 통상 사용위치에 대한 각각의 SAR 값을 측정과 수치해석을 통해 비교 분석하였다.

II. 전자파흡수율 측정

SAR 측정시스템은 휴대전화와 모의인체를 실제 사용조건으로 모의한 상태로 설치하여 모의인체 내에 전기장을 프로브를 이용하여 측정하는 것으로 모의인체, 소형 전기장 프로브, 모의인체내의 정확한 위치를 제어하기 위한 다관절 로봇 그리고 계측량을 저장하고 위치를 정확히 조절할 수 있는 제어 SW로 이루어져 있으며, 그림 1과 같이 구성하였다.

그림 1은 본 연구팀이 구현한 시스템으로 사용된 로봇은 위치반복 정밀도가 ± 0.02 mm인 삼삼 메카트로닉스 AT1(5축)이며, 전기장 프로브는 DASY ET3DV5R(Schmid & Partner Co., 스위스)을 사용하였다. 모의인체 외피는 두께가 1.5~2 mm이며, 유전율이 3.3 ± 0.2 인 유리섬유가 첨가된 복합재료로 제작하였고, 외각 크기는 미국의 NLM(National Library of Medicine)의 Human Project에서 얻은 모델의 수치와 동일하게 하였다. 즉 머리너비 165, 머리 두께 219 그리고 머리길이 255 mm이다. 835 MHz에서 모의조직 액체용액은 증류수, 설탕, 소금, HEC(Hydroxyethyl cellulose) 그리고 살균제(Bactericide)로 구성되어 있으며, 비유전율은 42 ± 1.2 이고, 도전

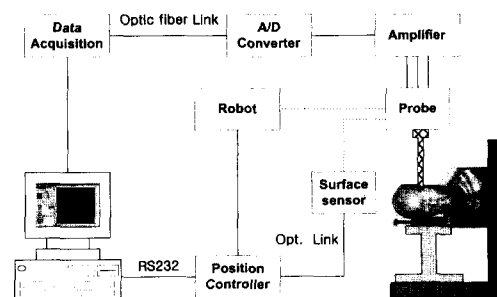


그림 1. SAR 측정시스템 구성도
Fig. 1. Setup of SAR measurement system.

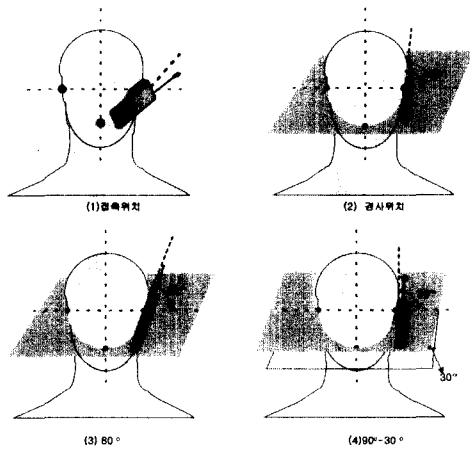


그림 2. 휴대전화에 대한 전자파흡수율 시험위치
Fig. 2. SAR test position of mobile phone.

율은 0.85 ± 0.1 S/m이다.

모든 측정은 휴대전화와 모의인체 사이의 거리를 외피 두께를 포함하여 6 mm로 이격시킨 후 측정하였다. 이는 귀가 없는 상태에서 귀의 두께를 고려한 것이다. 조직 1 g 평균 전자파흡수율 값은 모의인체 내의 침투 전자파흡수율 값(hot spot)을 찾아 이 열점을 중심으로 부피 약 1 cm^3 영역에서 125개의 측정치를 평균하여 얻었다.

휴대전화의 시험위치는 그림 2의 4위치에서 두부의 오른쪽과 왼쪽에서 모두 측정하였으며, 4개의 위치 중 상대적으로 높은 전자파흡수율 값을 나타내는 2개의 위치 즉 그림 2의 (1)와 (2)에 대해서는 그림에 나타난 위치를 중심으로 각각 시계방향 및 반시계방향으로 10도씩 회전시킨 위치에 대해서도 측정하여 최대 전자파흡수율 값이 나타나는 조건을 살펴보았다.

III. 전자파흡수율 수치해석

휴대전화의 수치적 모델링을 위해 물리적 크기는 현재 한국에서 유통되는 휴대전화 중 하나를 선택하여 완전도체 박스와 그것을 감싸는, 두께가 2 mm이며 상대 유전율 $4 + j0$ 의 유전체로 덮힌 몸체와 완전도체의 모노폴 안테나로 모델링 하였고, 그 세부 크기는 참고문헌 [6]에 언급한 바와 같다.

휴대전화와 인체를 포함하는 계산 공간은 직각

좌표계 내에 $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 의 FDTD cell로 구현하고 계산공간의 경계면은 인체 모델과 단말기 모델의 외부 표면에서 약 15개의 FDTD cell을 두고, 흡수경계조건은 Mur 2차 경계조건을 사용하였다. 휴대전화는 835 MHz에서 동작하는 것으로 가정하였으며, 전기적 구동은 모노폴 끝에서 사인파의 전기장을 모노폴에 수직인 x 및 y 방향으로 대칭이 되도록 인가하였다. 복사 전력은 계산 공간 외곽면의 포인팅(Poynting) 벡터의 수직 성분을 더함으로써 얻었다^[6].

Courant 안정조건을 만족하는 3.5 ps의 시간스텝으로 전체적인 FDTD 계산은 6,000시간 스텝동안 진행하였으며, 그 중 안정된 2,000 스텝 이후부터 인체 모델 전 공간에 대해 약 10주기 동안 흡수된 전기장을 더하여 총 시간 스텝으로 나누어 평균 전기장 흡수량을 계산하고 이 값을 SAR로 환산하였다.

휴대전화에 의한 인체 두부 내의 SAR을 시험하기 위한 휴대전화 시험위치의 기본은 통화할 때 흔히 사용되는 위치로, 가능한 최악의 조건, 즉 두부 내에 많이 흡수되어야 하는 조건이다. 본 해석에 사용된 시험위치는 측정에서와 마찬가지로 4가지로서, 접촉위치(touch position), 경사위치(tilt position), 80° 위치, 90° ~ 30° 위치로 그림 3과 같다. 사용된 인체 모델은 [6]에 언급한 한국인 모델에서 외이를 제거한 뒤 기준 평면상에서 휴대전화의 수화부와 귀구멍을 6 mm 이격시키고 그림 3의 시험위치를 구현하였다. 한편, FDTD mesh를 생성할 때에는 사용자가 선택한 이동 및 회전조건을 가지고 거꾸로 단말기에 대해 인체 모델이 회전한 것으로 변환하여 mesh file을 만들었다. 이것은 단말기 모델에 포

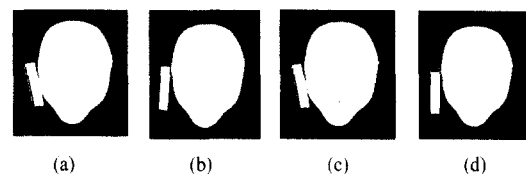


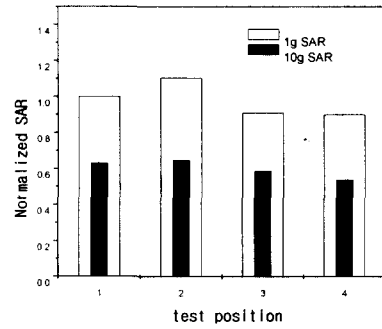
그림 3. SAR 수치해석 시험위치. (a) 접촉위치, (b) 경사위치, (c) 80° 위치, (d) 90° ~ 30° 위치
Fig. 3. Test positions for SAR numerical analysis. (a) touch position, (b) tilt-position, (c) 80° position, (d) 90° ~ 30° position.

합된 도체 형상이 직각 좌표 축에 일치하도록 하여 사선을 갖는 도체를 계단형으로 근사함으로써 나타날 수 있는 산란 요인을 억제하기 위한 것이다.

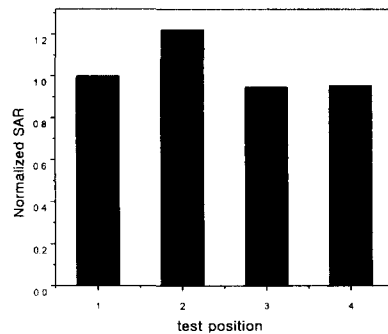
IV. 결과 및 고찰

전자파흡수를 측정에 사용한 휴대전화는 주파수 835 MHz, 출력 300 mW하여 그림 2에서 언급한 시험위치에 대해 모의인체 내의 전기장 분포로부터, 1 g 및 10 g 평균 SAR 값을 산출하였다. 그림 4의 (a)와 (b)는 각각 두부 왼편과 두부 오른편의 경우, 각 시험위치에 대한 전자파흡수를 측정결과로 접촉위치에 대해 정규화시킨 것이다. 여기에서 시험위치 1, 2, 3, 4는 그림 2에 나타난 위치와 동일한 것이다. 시험위치에 따른 1 g 평균 전자파흡수율과 10 g 평균 전자파흡수율은 각각의 시험위치에 따른 경향이 두 경우 모두 동일하게 나타나며, 일반적인 사용위치인 접촉위치의 경우가 80°에서나 90° ~ 30°에서 보다 높은 값을 보이나, 경사위치의 경우는 접촉위치 보다 높은 전자파흡수율을 나타내고 있다. 이는 경사위치에서의 안테나가 접촉위치보다 머리 쪽으로 더 근접하여 위치되기 때문이다. 이러한 경향은 오른손이나 왼손의 사용의 경우 모두 동일한 결과를 보인다.

최근 IEEE SCC34 SC2와 CENELEC에서는 시험 위치를 접촉위치와 경사위치의 두 위치에서 측정하는 것을 기준으로 채택하려고 한다. 그 이유는 최대 전자파흡수율은 80°에서나 90° ~ 30°의 측정 위치에 비해 항상 접촉위치와 경사위치에서 나타나므로 상대적으로 낮게 나오는 80° 나 90° ~ 30°에 대한 측정은 최대 전자파흡수율을 얻는데 불필요한 위치로 판단되며, 또한 측정시간을 절약하기 위해 앞선 두 위치에서 측정하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 IEEE SCC34 SC2와 CENELEC에서도 시험 위치를 하나는 접촉위치와 또 하나는 접촉위치에서 안테나를 머리쪽으로 15° 기울인 경사위치에서 측정하는 것을 권고하고 있다. 본 실험의 결과도 이들의 주장과 동일한 결과를 얻었으며, 국내의 기술 기준에서도 이와 같은 결과를 근거로 하여 접촉위치와 경사위치로 채택하였다¹⁷⁾. 여기에서 경사위치의 경우 본 실험과 IEEE SCC34 SC2의 경사각 사이의 차



(a)



(b)

그림 4. 휴대폰의 시험위치에 따른 전자파흡수율.

(a) 두부 왼편, (b) 두부 오른편

Fig. 4. SAR values for various test positions of mobile phone. (a) Left side of head phantom, (b) Right side of head phantom.

이가 있는데 이는 본 실험에서 사용한 모의인체는 귀가 없이, 6 mm 이격시킨 것에 비해 IEEE SCC34 SC2는 눌린 귀를 표현한 것으로 귀의 형상 자체가 다르기 때문이다.

즉 IEEE SCC34 SC2와 CENELEC의 경사각은 모의인체의 형상(특히 귀의형상)에 따라 결정되는 것으로 측정의 모의인체와는 달리 이들이 권고하는 것은 SAM 모델로 눌린 귀가 있어 이에 따라 15° 기울인 것이다.

한편 상기 두 위치(접촉위치와 경사위치)에서 항상 최대 전자파흡수율이 나타나는 것인가 아니면 다른 위치에서 더 높은 전자파흡수율이 나타나는지를 분석할 필요가 있다. 따라서 그림 5에서와 같이 상기 두 위치에 대해 Z축에 대해 휴대전화를 시

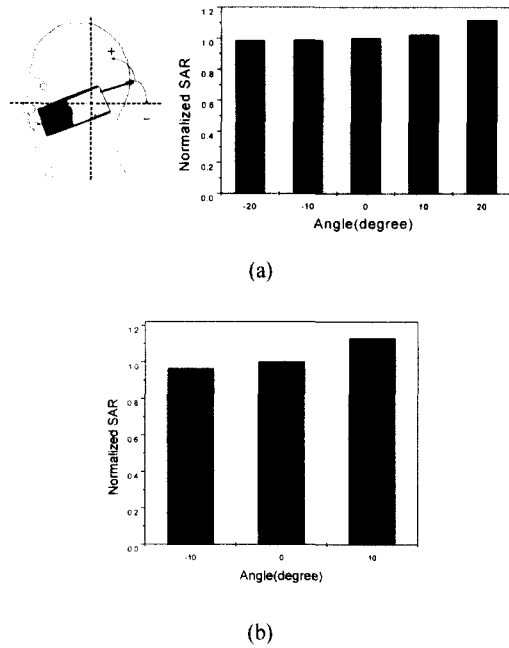


그림 5. 접촉위치와 경사위치에서의 회전에 따른 전자파흡수를 비교. (a) 접촉위치, (b) 경사위치
 Fig. 5. Comparison of SAR value for rotation of mobile phone at touch and tilt position. (a) touch position, (b) tilt position.

계방향과 반시계 방향으로 회전시키면서 전자파흡수율을 비교하였다. 회전각도는 인체공학적으로 휴대전화의 사용 가능한 위치를 고려하여, 휴대전화를 시계방향(-)과 반시계 방향(+)으로 각각 10°씩 회전시키면서 측정하였다. 여기에서 시계방향으로 20°로 회전한 위치는 거의 사용하지 않을 것으로 판단되는 극한 상황을 나타낸 것이다.

그림 5에서 (a)와 (b)는 각각 접촉위치와 경사위치에서 휴대전화를 회전시키면서 측정한 결과로, 회전시키지 않았을 때 전자파흡수율 값으로 정규화시킨 것이다. 접촉위치에서 휴대전화를 시계방향으로 회전시킬 경우 전자파흡수율 값은 감소하는 경향을 보인다. 이는 안테나의 모의인체에 대한 상대적 위치와 관계되는 것으로 안테나가 모의인체에서 멀어지는 방향으로 회전되기 때문으로 머리로 복사되는 것보다는 공간으로 복사가 더 많이 되기 때문인 것으로 판단된다. 반면 그림에서 휴대전화를 반

시계 방향으로 회전시킬 경우 휴대폰의 안테나 위치가 오히려 머리쪽으로 더 많이 들어오기 때문에 회전시키지 않았을 때 보다 더 높은 흡수율을 보일 것이라고 쉽게 예측할 수 있으며, 실험 결과도 반시계 방향으로 회전시켰을 때 더 높은 흡수율을 보였다. 이러한 경향은 접촉위치에서나 경사위치에서 모두 동일하게 나타났다. 접촉위치나 경사위치에서 반시계 방향으로 회전하여 사용할 경우 더 높은 전자파흡수율을 보이고, 시계방향으로 회전시킬 경우 상대적으로 낮은 전자파흡수율을 보이므로 사용자는 가능한 그림에서와 같이 휴대전화를 시계방향으로 회전시켜 사용하면, 머리로 흡수되는 전자파 양을 줄일 수 있다. 보통 사용자가 시계 방향으로 회전한 위치에서 사용하는 경우는 매우 많으나, 반시계 방향으로 회전시킨 위치에서는 매우 드물게 사용할 것이며, 각도를 20° 회전시키는 경우는 거의 없을 것이다. 그러나 각도를 10° 회전한 위치는 아주 적지만 사용 가능한 위치라 할 수 있다. 이 위치에서 최대 전자파 흡수율을 나타낸다. 접촉위치에서 반시계 방향으로 10° 회전시킨 경우는 경사위치 회전시키지 않았을 때 전자파흡수율에 비해 작기 때문에 기준으로 제안한 두 위치에서 최대 전자파흡수율을 얻을 수 있다. 그러나 경사위치에서 반시계 방향으로 10° 회전한 경우, 실험적으로는 가장 높은 전자파흡수율을 나타내고 있다. 그러나 확률적으로 매우 적은 사용 위치인 점을 고려할 경우, 이 위치를 정의하는 것이 바람직한 것인지에 대한 판단을 내리는 것은 매우 곤란한 문제이다. 따라서 경사위치에서 반시계 방향의 회전에 대해서는 표준화 과정에서 더 많은 추가 실험과 논의가 필요하고 판단한다.

한편, 수치해석을 이용한 휴대전화의 SAR 평가는 IEEE 표준조정위원회에서 측정과 동시에 진행되어 오다 측정 표준화 이후로 미루어져 있는 상태이고 이에 따라 해석적 방법은 현재로서는 측정의 불확실성 평가와 측정방법에 대한 보조적 역할로 사용되고 있다. 그러나 조만간 해석에 대한 표준화가 활발히 진행될 것으로 전망되며, 전자파 저감 휴대전화 설계, 새로운 전자, 통신시스템에 대한 인체 보호 기준을 평가할 때, 수치해석적 접근 방법이 유용하게 사용될 것이므로 수치해석에 있어서의 표준

표 1. 각 시험위치에 대한 수치해석 결과

Table 1. Result of numerical analysis for test poison of mobile phone.

(단위 : W/kg)

	Touch position	Tilt position	80° position	90° ~ 30° position
Cubic tissue (1 g)	1.96	1.75	1.91	1.88
Contiguous tissue(1 g)	2.03	2.09	2.01	1.99

시험위치를 설정하는 것은 매우 중요한 작업 중의 하나가 될 것이다.

표 1은 그림 3에서 언급한 4가지 위치 즉 접촉위치, 경사위치, 80° 위치, 90° ~ 30° 위치에 대한 각각의 시험위치에서 수치해석에 의한 휴대전화의 전자파흡수율 계산 값을 비교한 것이다. 계산에 사용된 휴대전화 출력은 복사전력을 300 mW하고, 정방형 국부 조직 내의 공기 함유율을 10 % 이내로 하였다. 수치해석 결과와 그림 4의 측정결과와 비교하면, 임의의 연속조직(contiguous tissue)^[8]의 경우 측정결과와 유사하게 경사위치에서 국부 전자파흡수율이 가장 높게 나오고, 접촉위치, 80°, 90° ~ 30° 순으로 나타났다. 한편, 정방형 조직(cubic tissue)의 경우는 접촉위치, 80°, 경사위치, 90° ~ 30° 순으로 경사위치의 경우가 기존 결과와 다르게 나타났다. 이것은 1 g 평균 조직을 채취하는 방법에 따라 공기 층의 함유율 및 평균조직 채취의 위치가 달라지기 때문이다. 즉, 접촉위치의 경우에는 다행히 정방형 및 임의의 연속조직에 대해 모두 유사한 위치에서 침투 전자파흡수율 값(hot spot)를 얻을 수 있었는데, 그 이유는 이 위치가 귀 주변이기는 하나 내부에 공기 층이 없는 평평한 부분이기 때문이다. 그러나 경사위치의 경우에는 귀 표면에서 침투 전자파흡수율이 발생하였으나 그 부분에서 정방형 조직을 만들 수 없어 피부 내부로 들어가서 평균 조직을 취한 것으로 전자파흡수율 값이 작게 나타난 것이다. 그러나 임의의 연속조직의 경우에는 그 위치에서 바로 1 g 평균 조직의 채취가 가능하므로 상대적으로 높은 조직 평균치를 나타낸다. 또한 80°의 시험위치는 접촉위치와 비교할 때 사용된 해부학적 모델이 갖는 외형으로부터 그 차이가 거의 없을 정도로 유사하여 해석 결과도 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 경사위치를 제외하고 다른 위치의 경우는 측정과 유사한 결과를 얻었다. 접촉위치가 90° ~ 30° 위치나 80° 위치보다 더 최악의 경우를 표현하는 것으로 전

자파흡수율 평가시 90° ~ 30° 위치나 80° 위치보다는 접촉위치 하나만을 평가하면 다른 두 위치에 대한 평가를 포함할 수 있다는 것을 이 결과를 통해서도 알 수 있을 것이다. 경사위치의 경우 모의인체의 형상, 휴대전화의 형상, 조직채취 방법에 따라 시험위치 및 최악의 경우를 나타낼 수도 있고, 없을 수도 있으므로 휴대전화의 적합성 평가에 있어서 이 위치를 반드시 고려해야 할 것이다.

이상의 결과로부터 수치해석을 통해서도 측정과 유사하게 두 위치에서 평가하는 것이 바람직하다고 판단할 수 있다.

V. 결 론

휴대전화의 시험위치에 따른 전자파흡수율 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 그림 3에서 언급한 4가지 시험위치 중 측정 결과는 접촉위치와 경사위치에서 전자파흡수율이 높게 나타나고 80° 위치나 90° ~ 30° 위치는 상대적으로 작은 전자파흡수율을 보이므로, 불필요한 노력과 측정시간을 단축을 위해, 현재의 모의인체에 대해 휴대전화의 전자파에 대한 인체노출 적합성 시험은 최악의 조건을 나타내는 접촉위치와 경사위치 두 측정만으로 평가가 가능하다는 것을 확인하였다.

접촉위치와 경사위치에서 반시계 방향으로 회전시킬 경우 높은 전자파흡수율 값을 나타내는 최악의 노출 조건을 묘사하지만 이러한 위치에서 휴대전화를 사용하는 것이 확률적으로는 매우 적기 때문에 기준으로 권고되지는 않았으나, 최악의 조건에서 측정하는 기본으로 하는 휴대전화의 적합성 평가에 있어서 이러한 위치에 대한 추가 논의가 필요할 것으로 판단한다.

한편 시험위치는 두부와 외이의 형상, 각도 설정에 따라 그 차이가 발생할 수 있으며, 이에 따라 많은 시험 오차를 초래할 것이다. 그러므로 측정의 신

뢰성을 향상을 위해 모의인체의 형상을 동일하게 유지하여야 할 것이며, 정확한 시험위치의 설정과 각각의 위치에 대한 재현성을 확보할 수 있는 정교한 휴대전화 지지대를 사용하여 가장 큰 오차원 중의 하나인 시험위치에 대한 재현성을 확보하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] FCC OET Bulletin 65, *Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields*, Edition 97-01, released August 25, 1997.
 [2] ARIB STD-T56, *Specific Absorption Rate(SAR) Estimation for Cellular Phone*, 1998.
 [3] CENELEC prES59005, *Considerations for evaluation of human exposure to electromagnetic fields(Emfs) from mobile telecommunication equipment(MTE) in frequency range 30 MHz ~ 6 GHz*, 1997.

[4] CENELEC prEN 50361, *Basic standard for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phone (300 MHz ~3 GHz)*, 2000.
 [5] IEEE SCC34 SC2 P1528, *Draft Recommended Practice for Determining the Spatial-Peak Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Body Due to Wireless Communications Devices: Experimental Techniques*, 2000.
 [6] 이애경, 최형도, 최재익, "이동통신단말기에 노출된 인체 두부에 따른 전자파 비흡수율 비교", 전자공학회논문지, vol. 37, TC no. 11, pp. 32. 2000.
 [7] 정보통신부 고시 제2000-93호, *전자파흡수율 측정기준*, 2000.
 [8] Ae-Kyoung Lee, Jin-Suk Kim, Hyung-Do Choi, and Kwang-Yun Cho, "Electromagnetic energy absorption in a human head for a cellular phone at 835 MHz", *Proceeding of 1998 Asia-Pacific Microwave Conference*, vol. 2, pp.873, 1998.

최 형 도



1986년 2월: 고려대학교 재료공학과 (공학사)
 1989년 8월: 고려대학교 재료공학과 대학원 (공학석사)
 1996년 8월: 고려대학교 재료공학과 대학원 (공학박사)
 1997년 1월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구부 선임연구원

[주 관심 분야] EMI/EMC, 전자파 인체영향

오 학 태



1986년 2월: 부산대학교 물리학과 (이학사)
 1989년 2월: 부산대학교 물리학과 (이학석사)
 1993년 2월: 부산대학교 물리학과 (이학박사)
 1994년 1월~1996년 1월: 일본 오사카 대학 물리학과 객원연구원

1995년 6월~1996년 11월: 공업기술원 전자정보과
 1996년 11월~현재: 정보통신부 전파연구소 공업연구관
 [주 관심분야] 전자파-인체영향, EMI/EMC

이 애 경



1990년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학사)
 1992년 2월: 중앙대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1992년 2월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구부 선임연구원

[주 관심 분야] EMC 현상의 이론적 해석, 전자파 인체 영향 등

조 광 윤



1978년 2월: 광운공과대학교 전자공학과 (공학사)
 1994년 2월: 광운대학교 전자통신학과 (공학석사)
 2002년 2월: 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학박사)
 1980년 4월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구부 책임연구원

[주 관심분야] EMI/EMC, Bioelectromagnetics, 이동통신