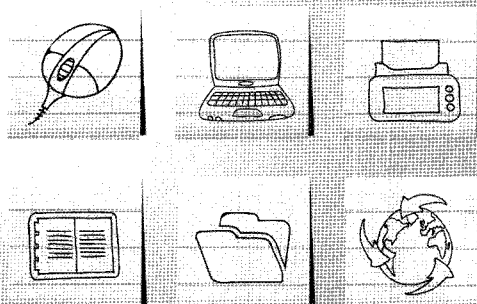


인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선기기의 전자파흡수율 측정절차



이예경 | ETRI 전파기술연구부 전자파환경연구팀

1. 머리말

귀에 대고 사용하는 휴대전화에 대해서는 전자파 노출에 대한 인체보호기준[1], [2], [3]과의 적합성을 만족하도록 대부분의 국가에서 현재 법적으로 규제하고 있다. 그러나 요즘 우리 주변에는 휴대전화 이외에도 인체와 밀접한 거리에서 사용하는 수많은 휴대용 무선통신기기들을 접할 수 있다. 개인휴대용 정보단말기(PDA), 무선 인터넷 접속을 위한 장치 및 노트북, 랩톱, 얼굴 전면에서 사용하는 무전기, 최근 선보이는 손목 착용형 무선기기 등 이러한 기기들은 대부분 인체로부터 근거리에서 사용되어, 사용자의 건강 보호를 위해 인체보호 기준에 대한 적합성 시험을 위한 표준 절차가 요구된다.

본 고에서 소개하고자 하는 표준 '인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선통신기기의 전자파흡수율 측정절차(30MHz~6GHz)' [4]는 상기의 기기들에 대한 인체내 에너지 흡수량을 평가하는 절차를 다루며, 2010년 IEC TC106 발행된 표준 IEC 62209 part2[5]를 따른다.

2. 전자파흡수율과 측정방법

휴대용 무선통신기기의 전자파흡수율 표준측정절차를 다루는 표준 TTA-KO-06.0231을 소개하기 전에 먼저, 독자의 이해를 돕기 위해 전자파흡수율의 개념과 그 평가 방법을 간단히 기술하고자 한다. 전자파 노출에 대한 인체보호기준은 일반적으로 전자파흡수율, 유도전류밀도, 전기장 세기, 자기장 세기, 전력밀도 등 다양한 측정 항목으로 구성되어 있으나 본 표준에서 다루고자 하는 기기와 같이 인체로부터 200mm 이내에서 주로 노출될 가능성이 높은 휴대용 무선기기의 경우에는 기기로부터 근역장의 전자기장 복사 영역에 인체가 놓이게 된다. 이런 경우에는 인체 외부의 전자기장 측정보다는 인체 내부의 전자기적 현상을 정량화한 전자파흡수율 평가를 통해 적합성 시험을 하는 것이 바람직하다. 대부분 생체 조직의 투자율은 자유공간과 동일하므로 높은 RF 대역에서 모든 기지의 예측되는 상호작용은 전기장에 관련된 메커니즘을 통해 발생한다. 전자파흡수율은 생체조직에 흡수되는 에너지 비율(W/kg)로서 100kHz 이상의 주파수에서 가장 널리 채택되는 노출 측정량으로 다음 식과 같이 주어진다.

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

※ σ : 조직 도전율(S/m), ρ : 조직의 질량밀도(kg/m³), E_i : 내부 전자기장의 침투치(peak value)

전자파흡수율을 실제 인체 내에서 측정할 수 없으므로 일반적으로 모의인체(인체를 모의하는 팬텀으로 내부에 인체 조직과 유사한 전기적 특성의 용액을 가짐)와, 모의인체 내에 흡수된 전기장을 측정할 수 있는 미소 프로브, 프로브의 정확한 위치를 제어할 수 있는 로봇시스템 및 제어 SW 그리고 측정데이터를 처리하는 SW 등으로 구성된다. 여기에서 다루게 될 표준에서는 [그림 1]에서 보는 바와 같이 인체 몸통 또는 얼굴 전면 등을 모의하기 위해 평평한 형태의 팬텀이 사용된다.

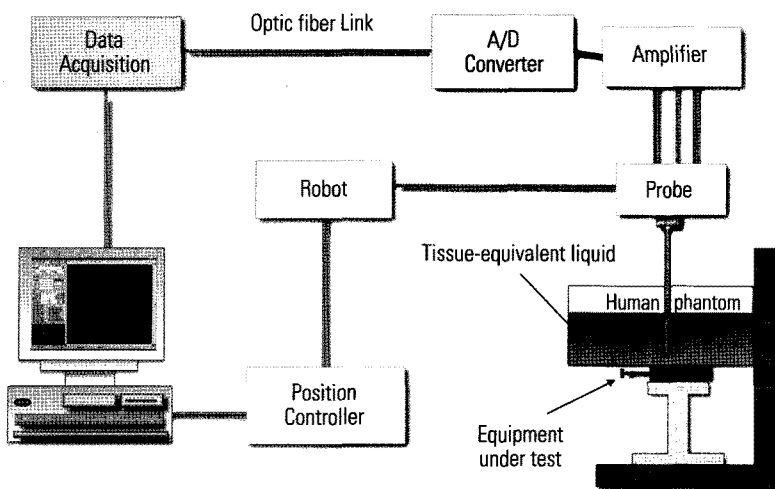
상기의 모의인체 내에서 수집된 전기장 분포 데이터로부터 위의 식을 이용하여 모든 전기장 측정 지점에서 전자파흡수율을 계산한 후 인체보호기준에서 요구하는 침투 공간평균 전자파흡수율(인체 조직 1g 또는 10에 대해 평균된 전자파흡수율의 침투값)을 구해야 한다. 이 때 1g 또는 10g 평균 전자파흡수율은 신체 내의 최대값이어야 하므로 모의인체 내의 전기장 프로브는 로봇시스템의 위치제어를 통해 공간 상의 3차원 전자파흡수율 분포(표준에서 표면분포 측정, 정밀체적분포 측정 등) 측정 기능이 요구된다.

3. 측정시스템 요건

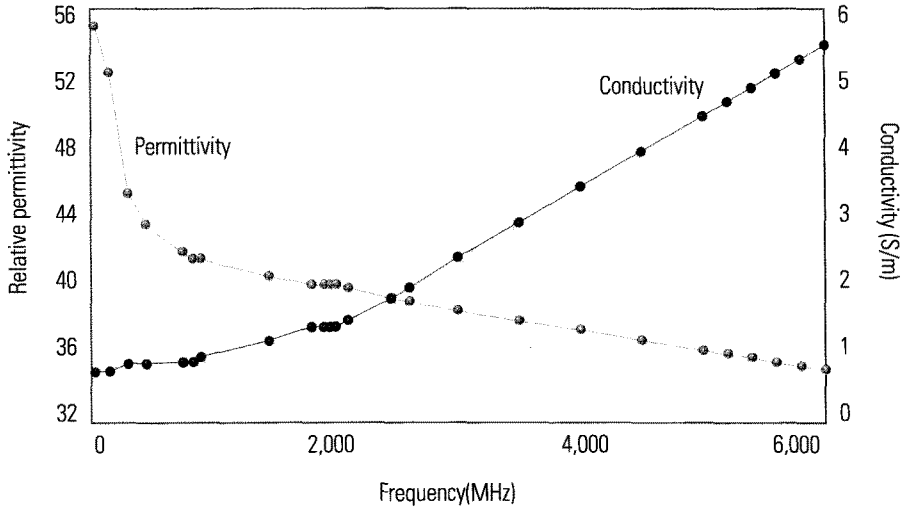
본 표준에서 다루는 30MHz~6GHz 대역의 전자파 흡수율 측정을 위해서는 먼저 온도, 주변 전자파 잡음에 관한 측정 환경과 모의인체 외피와 용액, 전기장 프로브, 주사 시스템 등 측정 시스템 요건이 반드시 만족되어야 한다. 본 고에서는 모의인체 외피와 용액, 프로브, 주사(走査) 시스템 요구사항을 소개하도록 한다.

평면형 모의인체는 길이가 600 mm(\pm 5mm)이고 폭이 400mm(\pm 5mm)인 타원이어야 한다. 모의인체 외피 속에는 생체조직 등가 용액([그림 1])을 최소 150mm의 깊이까지 채워야 한다. 모의인체 외피의 손실 탄젠트 $\tan\delta$ 는 0.05 이하이고 상대유전율은 주파수가 3 GHz 이하일 때 5 이하, 3GHz보다 높을 때에는 상대유전율이 3과 5 사이에 있는 물질이어야 측정결과에 영향을 주지 않는다. 생체조직 등가 용액의 전기적 특성은 [그림 2]의 목표값과의 차이가 10% 이내에 있어야 하며, 식(63p 참고)을 사용하여 전자파흡수율을 계산할 때 질량 밀도는 1000 kg/m³이라 가정한다.

모의인체 내부의 전기장 프로브의 위치를 제어해야



[그림 1] 전자파흡수율 측정시스템의 일반 구성도



[그림 2] 생체조직 등가 용액의 전기적 특성

하는 주사 시스템은 $-0.2\text{mm} \sim +0.2\text{mm}$ 의 위치 정밀도와 1mm 이하의 스텝 크기를 제공해야 한다. 그리고 전기장을 측정하는 프로브는 2GHz 이하의 주파수에서 8mm 이하, 2GHz 보다 높은 주파수에서 $\lambda/3$ 이하(λ : 생체조직 등가 용액 내의 파장 (mm))의 프로브 끝 직경을 제공해야 모의인체 내에 유도된 전기장 분포를 왜곡 없이 효과적으로 측정할 수 있다.

4. 평가 프로토콜

피시험기기(equipment under test)의 안테나 및 부속품들은 시험성적서에 명시하도록 하고 시험 시에는 RF 출력과 주파수(채널)는 내부 시험 프로그램이나 기지국 또는 네트워크 시뮬레이터의 무선 연결을 이용하여 조절한다. 노출 시험은 피시험기기의 특성(동작 모드, 동작 대역, 안테나 구성 등)을 토대로 해야 하며, 동작 모드가 동시 복수 전송(예: GSM과 블루투스)을 할 수 있는 경우, 일부 모드가 다른 모드보다 더 낮은 시간 평균 출력 전력을 사용함을 명확하게 보일 수 없다면 복수의

동작 모드를 모두 시험해야 한다. 각 동작 모드에 대해 일반 측정 절차[6] (기준값 측정 → 표면분포 측정 → 정밀체적분포 측정 → 기준값 측정)를 실시해야 한다. 측정 절차의 맨 앞과 뒤의 기준값은 측정 전 후의 출력을 비교하기 위한 것으로 전자파흡수율 측정 결과에 대한 보정 또는 불확정도 평가에 이용된다.

본 표준은 동시 다중 대역 전송이 가능한 피시험기기의 시험절차를 상세히 다루고 있다. 여기에서 다중 대역이란 프로브 교정이나 생체조직 등가 용액의 최소 대역폭의 유효 주파수 범위보다 더 멀리 떨어져 있어 동일한 프로브와 용액을 사용하여 한 번에 전자파 흡수율을 측정할 수 없는 경우를 말한다. 따라서 이 경우 다중 전송 모드를 먼저 분리하여 측정한 뒤 산술적으로 결합해야 한다. 산술적으로 결합하는 과정에 대한 몇 가지 방법이 표준에 주어져 있다.

피시험기기의 위치(부속품 부착 여부, 모의인체에 대한 상대적 위치, 방향 및 구성 등)는 전자파흡수율 시험 결과에 직접적 영향을 미치므로 매우 중요하다. 본 표준에서는 인체 착용형 기기(이동통신단말기, PDA),

접거나 회전 가능한 안테나를 갖는 기기, 인체 지지형 기기(예: 랩톱, 태블릿 컴퓨터, 신용카드 거래승인 단말기), 탁상용 기기, 얼굴 전면 사용기기(예: 양방향 무선기기, 무선통신이 가능한 카메라), 사지 착용형 기기, 의류 일체형 기기, 일반 기기(어느 형태로도 분류할 수 없는 경우) 등으로 분류하고 시험 위치를 구분한다. 그러나 기본적으로 피시험기기 제조자가 규정한 기기 동작 위치와 방향을 권고하고 있으며, 만일 제조자 규정이 없는 경우에는 일반 기기의 규정을 따르도록 하고 있다. 일반 기기는 내부 RF 송신기와 안테나를 감싸는 가상의 밀폐 상자의 여섯 면에 대해 모의인체에 밀착하여 전자파흡수율을 시험해야 한다.

5. 맺음말

IEC TC106에서 관련 표준을 발행하기 전 이미 미국 및 유럽에서는 인체에 가까이 사용하는 휴대용 무선기기에 대한 전자파흡수율(SAR: specific absorption rate) 평가를 시행해 왔다. 우리나라에서는 2000년 휴대전화에 대한 전자파흡수율 시험 기술기준(현 전파연구소 고시 제2008-16호)[7]을 고시하고 이후 법적으로 규제하고 있으며, 최근 방송통신위원회는 이 같은 국외 동향을 고려해 우리나라 인체보호기준(전자파흡수율)의 신체 부위별 세분화를 추진 중에 있다. 따라서 본 표준[4]은 향후 적용하게 될 인체의 몸통 및 사지에 대한 전자파흡수율 기준에 대해 국내 무선기기 제조업체가 미리 대비하고 관련 기술을 창출함과 동시에 우리나라 무선기기 사용자의 건강을 보호하는 계기를 마련할 것이다.

to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300GHz),” Health Physics, vol. 74, pp. 494 ~ 522, 1998.

- [2] 방송통신위원회 고시 제2008-37호 전자파 인체보호기준
- [3] IEEE Std C95.1, TM2005, IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz.
- [4] 정보통신단체표준 TTA,KO-06.0231, ‘인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선통신기기의 전자파흡수율 측정절차 (30 MHz ~ 6 GHz), 2010. 6. 16.
- [5] IEC 62209-2, Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures, Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz), International Electrotechnical Committee, 1st Ed., Mar. 2010.
- [6] IEC 62209-1, Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices–Human models, instrumentation, and procedures, Part1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz), International Electrotechnical Committee, 1st Ed., Feb. 2005.
- [7] 전파연구소 고시 제2008-16호 전자파흡수율 측정기준.

TTA

[참고문헌]

- [1] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), “Guidelines for limiting exposure