# 휴대전화의 전자파 흡수율 측정 기준

최형도 · 이애경 · 조광윤 · 김영표*

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소
*정보통신부 전파방송관리국
전파감리과

## I. 서 론

현대를 살고 있는 우리는 각종의 전기 및 전자기장을 이용한 문명이기에 노출되어 있다. 이들은 사용 또는 발생되는 신호의 주파수와 세기가 매우 다양하다. 그리고 기기가 전자기장을 복사하는 목적 또한 방송국 송신소, 이동통신기지국 및 이동통신단말기(휴대전화)와 같이 의도적인 경우도 있고 각종 가전기기, 전력선과 같이 본래 목적을 수행하면서 불가피하게 수반되는 복사와 같은 비의도적인 경우도 있다. 그 중 현재 국내 · 외적으로 빈번하게 논란이 되고 있는 대상이 의도적으로 전자파를 복사하는 휴대전화이다. 이렇게 휴대전화가 인체 건강과 관련하여 논란의 대상이 되고 있는 이유는 다른 노출원에 비해 사용자가 해마다 증가하고 있고 사용 횟수가 빈번하며, 무엇보다 인체에서 가장 중요한 부위인 머리에 근접하여 사용하는 기기이기 때문일 것이다.

잘 아는 바와 같이 이동통신단말기에 대한 전자파 흡수율(SAR : Specific Absorption Rate) 적합성 평가는 1996년 8월부터 미국 FCC에서 처음 적용하였고, 1999년부터 호주와 캐나다에서 각각 규제하고 있으며, 일본에서는 1998년 전파산업협회(ARIB)에서 단말기에 대한 전자파 흡수율 측정 권고 안을 발표하였으며, 일본 우정사업청에서는 2001년부터 규제한다는 방침을 세워 놓고 있다.

이동통신단말기의 전자파 인체영향과 관련하여 막연한 우려가 날로 고조되고 있고, 이동통신단말기들의 전자파 흡수율 값에 대해 소비자의 관심이 점점 높아지고 있다. 이에 따라 미 통신산업연합회(CTIA) 이사회에서는 2000년 6월 모든 새로운 전화기는 전자파 흡수율에 대해서 소비자가 쉽게 알 수 있는 정보를 담고 있어야 한다는 결의를 만장일치로 통과시켰고, FCC web site(www.fcc.gov/oet/fccid) 에서는 휴대전화에 표시된 FCC ID를 입력하면, 이 휴대전화의 전자파흡수율, 출력 등 상세한 기술적 정보를 제공하고 있다. 예를 들면 FCC ID의 앞에서 3개 문자가 'Grantee code'이고 그 뒤의 xxx-xx가 'Product code'를 나타내고 이것을 입력하면 단말기에 대한 정보를 볼 수 있다. 또한 전세계 소비자가 볼 수 있도록 세계 각국의 휴대전화들의 전자파 흡수율 측정 결과에 대한 FCC 정보를 도표화하여 인터넷에 올려 놓은 사이트(www.sardata.com)가 있다. 이와 같이 SAR 은 이제 더 이상 생소한 단어가 아니라 일상생활에서 우리의 관심을 집중시키고 있으며, 통화 품질과 마찬가지로 단말기 제조업체의 기술력과 품질의 새로운 잣대가 되고 있다.

상기 언급한 바와 같은 국제적인 추세에 따라 정보통신부에서는 전자파 노출에 대한 예방적 차원 정책 수립과 국내 단말기의 경쟁력 강화의 일환으로 한국전자통신연구원을 중심으로 전자파 흡수율 측정 방법 및 기준에 대한 연구를 수행하게 하여 국

내 전자파 흡수율 측정기준 초안을 작성하였으며, 전자파 흡수율 표준화 연구회의 검토와 산업체, 학계, 관련 정부부처, 시민단체 등의 의견 수렴 후 2000년 12월 15일 고시하였다.

본 고에서는 이런 일련의 과정을 통해 작성된 전자파 흡수율 측정기준과 각국 및 지역별 전자파 흡수율 기준, 권고 동향과 운영 실태에 대해 살펴보고자 한다.

## Ⅱ. 각국 및 지역별 전자파 흡수율 기준과 권고(안) 동향

### 2-1 유 럽

#### 2-1-1 SAR 제한치

1995년 CENELEC(유럽전자기술표준화위원회)은 고주파 대역 전자기장 노출에 대한 인체보호기준 pr ENV 50166-2를 발표하였고, 몇몇 나라에서는 이를 국가 표준으로 채택하고 있다. 국부 SAR 제한치는 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)에서 권고한 10 g 평균된 SAR 값이 2 W/kg이다.

#### 2-1-2 SAR 시험 절차

CENELEC은 이동통신단말기의 RF 노출에 대한 적합성 평가 절차의 유럽 표준(안)을 개발하도록 위임을 받아, 1998년 일반적인 문서로 ES59005를 발표하였다. 1999년에 ES를 잘 정의된 시험절차를 포함한 표준(안)으로 개발하기 위해 CENELEC TC211이 시작되었고, 이 작업은 IEC와 IEEE의 활동과 일치하여 추진되고 있다.

#### 2-1-3 SAR 시험 규제

유럽에서는 SAR 시험은 현재 권고사항이므로 제조업체와 사업자들이 자발적으로 SAR 시험을 행하고 있다.

### 2-2 일 본

#### 2-2-1 SAR 제한치

우정성은 1997년 국가 RF 노출 가이드 라인을 발표하였고, SAR 제한치는 ICNIRP와의 가이드라인과 동일하다. 즉 머리에 대한 국부 SAR 제한치는 10 g 평균 조직에서 2 W/kg이다.

#### 2-2-2 SAR 시험절차

1998년 ARIB는 이동통신단말기의 SAR 시험 절차와 방법에 관한 권고기준 STD-T56을 발표한 바 있다[1]. 일본의 경우 국제표준화 기구인 IEC에서 SAR 시험 표준이 만들어지면, 일본의 표준으로 채택할 방침이다.

#### 2-2-3 SAR 시험 규제

일본에서는 유럽의 경우와 같이 아직까지는 규제하고 있지 않으며, 제조업체나 사업자가 자발적으로 SAR 시험을 하고 있다. 그러나 전자파흡수율 측정기준 연구를 완료하고, 이를 검토한 후, 2001년부터 총무성 산하 우정사업청에서 규제한다는 방침을 세워 놓고 있다.

### 2-3 미 국

#### 2-3-1 SAR 제한치

FCC는 RF 노출에 대한 규칙(rule)으로서 ANSI/IEEE C95.1-1992의 SAR 제한치를 채택해 왔으며, 머리의 SAR 제한치(즉 1.6 W/kg (1 g))를 제외하고 ICNIRP와 유사하다. 그러나 평균 질량과 노출 제한시간 또한 각각 1 g과 30분으로 차이가 있다. 최근

FCC의 규칙은 1996년에 발표된 것으로 이동통신단말기에 대한 SAR 시험을 요구하고 있다. C95.1-1999가 발표되었으나, SAR 값의 변화는 없다.

### 2-3-2 SAR 시험 절차

1997년에 이동통신단말기에 대한 국부 SAR 제한치에 대한 적합성을 시험하기 위한 절차를 정의하는 기준을 개발하기 위해 IEEE SCC34 SC2가 시작되었다. 이 표준은 2000년에 초안이 작성되었으며, FCC는 이를 채택할 것이다. 현재 FCC는 1997년 작성된 SAR 제한치에 대한 적합성을 평가하기 위한 정보를 제공하는 FCC OET Bulletin 65 Supplement C의 권고기준[2]을 잠정적으로 따르고 있으며, 이 문서는 IEEE 활동에 따른 측정 표준화가 완료되면 개정될 것이다.

### 2-3-3 SAR 시험 규제

미국에서는 이동통신단말기(PCS와 셀룰라)에 대해 SAR 시험은 의무사항으로 1996년 8월부터 미연방통신위원회(FCC)에서 규제하고 있으며, 이동통신단말기의 FCC 승인을 위한 시험 항목에 전자파 흡수율 기준을 추가하여, SAR 성적서를 제출하지 않으면, FCC ID가 발급되지 않으므로 사실상 판매할 수 없게 되어 있다. 따라서 형식승인 전에 SAR 시험 결과 보고서를 FCC에 제출해야 한다.

### 2-3-4 SAR 시험 운영

FCC에서는 NIST의 NVLAP(National Voluntary Acceditation Program)에 의해 지정시험기관을 선정한다. 미국의 경우 PCTEST, ITS(Intertek Testing Services) 등이 SAR 시험을 할 수 있도록 FCC의 NVLAP에 의해 지정 받은 대표적인 시험기관이며, 이외에 FCC의 NVLAP에 의해 지정 받은 외국시험기관으로 독일의 IMST, 캐나다 APREL 등이 있다.

## 2-4 오스트레일라아[3]

### 2-4-1 SAR 제한치

오스트레일리아 통신국(ACA : Australian Communication Authority)은 1999년 1월 새로운 RF 가이드라인을 채택했다. 이동통신단말기는 오스트레일리아 잠정 표준(안)인 AS/NZS 2772.1-1998(오스트레일리아 표준협회에 의해 공포)에 따라 SAR 제한치에 대한 적합성 평가를 받아야 한다. SAR 제한치는 미국 FCC가 채택한 IEEE 제한치와 같다. 즉 머리와 몸통에 대한 국부 SAR 제한치가 1.6 W/kg (1 g)이다. 오스트레일리아는 ICNIRP의 RF 노출 제한치를 채택할 것인지 논의하고 있으나, 최종 결론을 내린 것은 아니다. 오스트레일리아 잠정 표준(안)인 AS/NZS 2772.1-1998은 1999년 4월 30일 만료되었고, 후속조치로써 ARPANSA(Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency)에 의해 개정작업을 하고 있으며, 이 새로운 ARPANSA EMR (Electromagnetic Radiation) 표준을 공포할 예정이다. 이 표준과 병행하여 작용할 전기통신산업에 대한 Telecommunication Act 1997 내의 EMR Code 작업을 ACIF(Australian Communication Industry Forum)에서 추진하고 있다.

### 2-4-2 SAR 시험 절차

ACA는 IEC SAR 시험 초안과 위에서 언급한 FCC의 잠정 SAR 시험 표준에 근거한 잠정 SAR 시험 기준[4]을 발표하였다. 이것은 국제적인 표준이 완성될 때까지 이것을 잠정 기준으로 받아들인 것이다.

### 2-4-3 SAR 시험 규제

이동통신단말기에 대해 전자파 흡수율 시험은 의무사항으로 1999년 2월부터 호주통신국(ACA)에서 규제하고 있으며, 관련 업체에서 자체평가를 하여 적합성 레벨을 부착하고, 통신국에서 사후 관리를 한다.

### 2-4-4 SAR 시험 운영

AS/NZS 2772.1(Int):1998의 7.7.3항에서 평가를 받도록 요구하고 있는 기기들은 NATA(National Association of Testing Authority)에 의해 지정 받은 연구소나 NATA와 MRA(Mutual Recognition Agreement) 맺은 기관, 혹은 ISO 9003에 따라 인정된 기관에서 시험을 받도록 되어 있다.

## 2-5 캐나다

### 2-5-1 SAR 제한치

캐나다 건강청(Health Canada)은 'Safety Code 6'으로 IEEE의 SAR 제한치를 채택했다. 머리와 몸통에 대한 국부 SAR 제한치는 1.6 W/kg (1 g)이다.

### 2-5-2 SAR 시험 절차

캐나다 산업청(Industry Canada)은 이동통신기기로부터의 RF 노출과 관련된 새로운 평가 절차, RSS-102를 개발하고 있으며[5], 1999년에 완성하였다. 이 문서는 캐나다 건강청에서 규정한 SAR 제한치를 정의하고, SAR 시험 환경, 그리고 이동통신단말기의 인증을 위한 적합성 표준을 정의하였다.

### 2-5-3 SAR 시험 규제

미국 FCC에서 승인하고 있는 이동통신단말기는 캐나다에서 인증받아야 한다. 새로운 권고에 따라 SAR 시험은 의무사항이 될 것이며, DoC (Declaration of Comformity)는 기기들의 인증을 위해 캐나다 산업청에 제출해야 한다.

## 2-6 국제 표준화 활동

전자파흡수율 측정에 관한 표준화 기구의 활동 중 가장 활발하게 연구되고 있는 곳이 CENELEC과 IEEE SCC34 SC2(IEEE 표준조정위원회)로, CENELEC에서는 2000년 6월 prEN 50360[6]과 prEN 50361의 최종안을 발표하였으며, 2001년 1월 투표를 완료한 상태이다. IEEE SCC34 SC2에서는 2000년 8월 23일 전자파흡수율 측정 기준의 초안을 작성하였으며, 9월 25일 1차 위원회 투표를 완료하였고, 그 결과 수정 보완하여 11월 14일 Draft ver. 6.1을 발표하였고, 이에 대한 보완 작업이 지속적으로 추진 중에 있다[8].

한편 1999년 IEC TC 106이 전자파 인체노출 관련 측정기준에 대한 표준화를 위해 새로이 구성되었고, 저주파수 대역의 전자기장 노출 측정 기준 등의 TC 85에서 다룬 것을 TC 106에서 다루게 되었으며, 추가로 이동통신단말기에 대한 전자파 노출 평가 등의 표준에 대해 다루고 있다. 이러한 IEC 표준화 활동은 유럽의 CENELEC과 조화를 이룰 것이며, 또한 IEEE에서 개발하고 있는 시험 표준은 많은 부분이 국제적인 표준으로써 IEC에서 재사용될 것이다. IEC와 IEEE 활동상황에 근거하여, 최종 국제 SAR 시험 표준은 휴대용 이동 전화기에 대한 SAR 시험 방법을 정의할 것이다.

SAR 시험 절차 표준화를 위해 가장 중요한 특징은 다음과 같다.

1. 등방성 미소 프로브를 이용한 자동 전기장 측정
2. 인체 머리 조직을 모의한 액체로 채워진 성인 머리의 해부학적 외형을 갖는 플라스틱 인체 모델
3. 정상 사용 위치, 시험위치
4. 오른쪽과 왼쪽 귀 측정, 안테나 수납 상태

5. 최대 출력과 세 주파수(낮은, 중간, 높은)에서의 측정, 전력공급 등 주요 핵심요소들에 대한 연구가 한창 진행 중에 있다.

## Ⅲ. 전자파 흡수율 측정 기준[9]

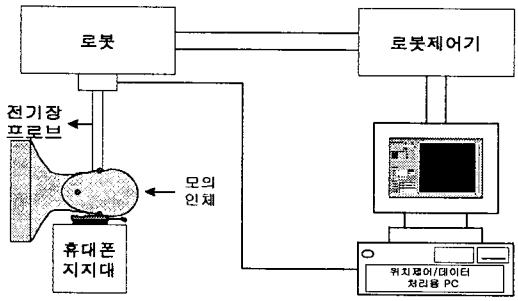
### 3-1 측정환경

#### 3-1-1 시험장 환경

임의의 전자파 발생원에 의해 전자파 흡수율 측정에 영향을 주지 아니하여야 하며, 시험장 주변환경에 의해 임의의 반사 또한 전자파 흡수율 측정결과에 영향을 주지 않아야 한다. 시험장 주위온도는 20℃~23℃이며, 측정 중 온도변화는 +/-2℃ 이상 변하지 않아야 한다. 만약 온도변화가 허용범위 이상으로 변한다면, 모의조직의 유전상수는 온도의 함수이므로 목적 값의 허용오차(±5 %) 이상으로 변할 수 있기 때문이다.

#### 3-1-2 측정시스템 구성 및 조건

전자파흡수율 측정시스템은 [그림 1]과 같이 전기장 프로브의 위치 조절을 위한 프로브 위치제어기(로봇과 로봇제어기), 프로브, 모의인체, 피시험기기 지지대 그리고 컴퓨터로 구성된다. 프로브위치제어시스템은 로봇, 로봇 제어기 그리고 제어 SW로 구성되며, 자동 혹은 반 자동으로 프로브의 위치를 이동시키는 로봇은 모의인체의 전 노출 영역에서 조직 1 g 및 10 g 평균 전자파 흡수율 측정을 위해 3 차원적으로 전기장 분포를 측정할 수 있어야 하며, 구조적으로 전자파 흡수율 측정에 방해를 주어서는 안된다. 프로브 위치이동은 공간 위치 정밀도 ± 0.1 mm 이하로 조정할 수 있어야 한다. 프로브는 세 개의 서로 직교하는 2 mm 이상 4 mm 이하의 미소 다이폴로 구성하여 입사 전기장 강도를 측정




[그림 1] 전자파 흡수율 측정시스템

할 수 있어야 하며, 300 MHz 이상 3 GHz 이하의 측정 주파수 대역에서 10 mW $kg^{-1}$ 이상 100 W $kg^{-1}$ 이하의 전자파 흡수율을 측정할 수 있어야 한다. 측정시스템 중 프로브(탐침기)나 전자기기 등과 같이 시간에 따라 성능저하가 나타나는 모든 요소들은 일정한 주기(1년 정도)로 재교정해야 한다.

### 3-2 피시험기기 측정조건

#### 3-2-1 측정신호

피시험기기는 완전히 충전시키고, 측정시간 동안 최대 출력을 방출시킨 상태에서 측정해야 하며, 측정 전·후 출력의 변화는 5 % 이내이어야 하며, 피시험기기 측정 신호는 다음과 같다.

가) 아날로그, 주파수분할다중접속(FDMA) 모드를 사용하는 피시험기기는 연속파(CW)신호로 측정한다.

나) 시분할다중접속(TDMA) 모드로 동작하는 피시험기기는 내부 소프트웨어 혹은 기지국 시뮬레이터를 사용하여 최대출력으로 측정하며, 측정신호는 연속파 신호나 변조 신호로 측정한다.

다) 부호분할다중접속(CDMA) 모드나 확산스펙트럼방식을 사용하는 피시험기기는 연속파 신호로 측정한다.

3-2-2 안테나 상태

피시험기기는 안테나의 이용 가능한 모든 조건에서 모두 측정한다.

3-2-3 측정주파수

피시험기기는 최소한 서로 다른 세가지 주파수에서 측정해야 한다. 통상 저, 중, 고 주파수의 세 대역에서 각각 측정한다. 이중모드의 피시험기기는 송신 대역 양쪽에서 각각 세 주파수에 대해 측정해야 한다.

3-3 피시험기기 측정위치

3-3-1 피시험기기 측정위치 설정

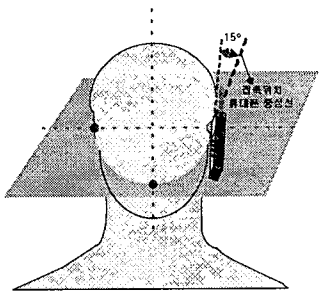
피시험기기의 측정위치는 피시험기기와 머리의 상대적인 자세에 의해 규정되며, 통상 사용자의 손에 쥐어진 상태로 사용자의 머리에 위치한다. 피시험기기의 전자파흡수율 측정은 정상 동작상태 및 사용 위치에 따라 오른손 사용과 왼손의 사용 모두를 고려하여, 접촉위치와 경사위치 두 위치에서 측정하여야 한다.

가) 접촉위치 : 모의인체 귀 이도(耳道)에 피시험기기의 수화부 중심을 맞추어 접촉한 후, 모의인체기준면(양쪽 귀의 이도를 잇는 모의인체기준선과 닫힌 입의 중앙 점이 이루는 가상 평면)에 피시험기기중심선(피시험기기의 수화부 중앙과 송화부 중앙을 잇는 선으로 피시험기기 표면 상의 선)을 위치시킨 후 피시험기기의 수화부나 자판이 모의인체 볼에 닿을 때까지 서서히 이동시킨 위치로 [그림 2]의 3단계에 위치시킨다.

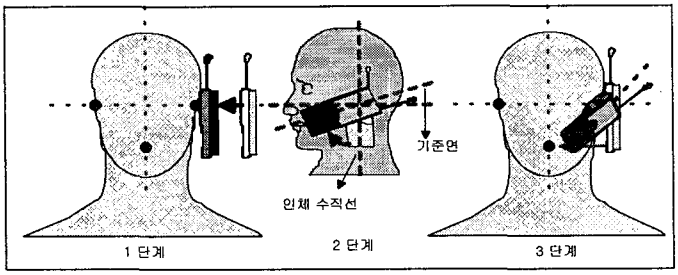
나) 경사위치는 가) 항의 위치를 유지하면서, [그림 3]과 같이 모의인체기준면 상에서 피시험기기 수화부를 머리쪽으로 15° 회전시킨다. 이때 안테나가 머리와 접촉되지 않아야 한다.

3-3-2 피시험기기 지지대

피시험기기 측정위치를 만족시킬 수 있는 재현성이 보장된 정교한 기구로 측정 주파수에서 손실탄젠트 0.05 미만, 상대유전율 5 미만의 것을 갖는 재




[그림 3] 경사위치




[그림 2] 접촉위치

료로 제작한다. 피시험기기를 잡는 손은 대개 안테나 근역장 내에 위치하므로 손에서의 흡수가 예상된다. 그러나 몇몇 연구결과를 보면, 손에서의 흡수는 머리에서의 흡수에 비해 상대적으로 작다고 보고하였으며(Jensen과 Rahmat-Samii, 1994[10]; Watanabe 등, 1996[11]; Kuster 등, 1997[12]; 이애경 등, 1999[13]), 손이 없을 때 머리로 흡수되는 전자파 에너지가 손이 있을 때보다 높기 때문에 최악의 측정 조건을 제공하는 효과를 줄 수 있다. 따라서 여기서는 손 대신 낮은 유전손실과 유전율을 갖는 피시험기기 지지대를 사용하고, 접촉위치와 경사위치에 정확하게 위치시킬 수 있는 재현성이 보장된 정교한 기구를 사용해야 한다.

### 3-4 모의인체

모의인체는 모의인체외피와 모의조직으로 구성된다.

#### 3-4-1 모의인체 일반 조건

가) 일반적 동작 위치에서 피시험기기의 실제 근역장 노출 상태를 모의하기 위하여, 모의인체의 물리적 특성, 크기와 모양 모두 전형적인 사용자와 유사해야 하며, 전자파 흡수율 측정을 위한 모의인체 외형은 적어도 목과 머리를 포함한 형상이어야 하고, 대칭구조로 오른쪽 귀와 왼쪽 귀에서 전자파 흡수율 측정을 할 수 있도록 두개 혹은 쌍둥이 형상으로 제작한다.

나) 모의조직은 프로브를 삽입하여 전기장 분포의 측정이 가능하도록 균일한 액체로 평균 머리 조직으로 모의해야 한다.

다) 모의조직의 깊이는 액체 표면으로부터의 반사를 최소화 하기 위해 액체의 깊이는 15 cm ± 5 mm이어야 한다.

#### 3-4-2 모의인체 외피

모의인체 외피는 낮은 손실탄젠트 재료(tan $\delta$ <0.05)와 낮은 상대유전율($\varepsilon_r$<5)을 갖는 재료를 사용하며, 귀 부분에서 두께는 외피와 귀를 포함하여 6 mm, 단말기 접촉부분의 두께는 2 mm 허용오차 ± 0.2 mm 이내이어야 한다. 모의인체 외피 및 고체형 재료의 유전율 측정은 동축선을 이용한 투과-반사 측정법(Nicolson-Ross Methoed)으로 S-parameter를 측정하여 반사계수와 투과계수를 계산하여 유전율과 유전손실을 결정한다.

#### 3-4-3 모의인체 외피의 형상과 치수

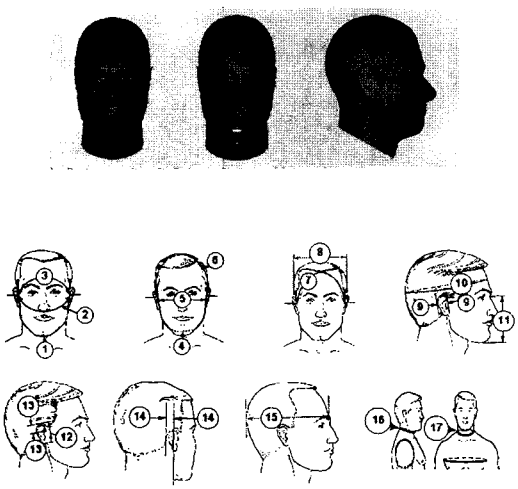
전자파 흡수율 측정을 위한 모의인체의 형상과 치수는 남자, 여자, 어린이를 포함한 평균 사용자를 나타내어야 한다. 모의인체는 성인 남자의 90번째 백분위수보다 큰 머리를 모의인체의 기준으로 한다. 이는 큰 머리가 더 높은 전자파 흡수율을 나타내기 때문에, 성인 남자의 큰 머리가 작은 머리의 남자, 여자, 어린이에 비해 최악의 조건을 나타낸다.

모의인체 외피의 형상과 치수는 귀와 머리 사이의 거리를 제외하고, 미국 U.S. Army에서 제안한 90 백분위수의 성인 남자 머리보다 큰 머리를 이동통신단말기 전자파흡수율 측정 표준으로 제안한 IEEE SCC34 SC2의 모의인체 외피를 기준으로 채택한다. 머리카락이 없는 머리와 목을 포함한 모의인체로, 그 치수는 [그림 4]와 같다.

#### 3-4-4 모의조직의 전기적 특성

모의인체 외피에 채워지는 액체 용액의 전기정수는 Drossos[14] 등에 의해 제안된 머리조직을 모의한 용액으로 전기정수는 주파수에 따라 다음과 같다.

#### 3-4-5 액체 모의 조직 조성



1 (34.31 cm), 2 (30.63 cm), 3 (31.83 cm), 4 (32.32 cm), 5 (14.78 cm), 6 (36.97 cm), 7 (34.15 cm), 8 (15.86 cm), 9 (4.11 cm), 10 (58.73 cm), 11 (13.04 cm), 12 (7.03 cm), 13 (3.50 cm), 14 (2.88 cm), 15 (20.60 cm), 16 (40.53 cm), 17 (43.49 cm)

[그림 4] 모의인체 외피의 형상과 치수

<표 2>는 IEEE SCC34 SC2에서 권고하는 머리 조직의 모의 액체 조성을 나타낸 것이다. 모의조직의 상대 유전율 ($\varepsilon_r'$)과 도전율 ($\sigma$)의 결정은 측정에 의해 실험적으로 구하며, 측정은 슬롯 선로법이나 접촉 탐침기법에 의해 행한다. 유전율과 도전율

<표 1> 평균 머리 조직의 유전특성

| FREQUENCY(MHz) | $\varepsilon$ | $\sigma$ (S/m) |
|---|---|---|
| 300 | 45.3 | 0.87 |
| 450 | 43.5 | 0.87 |
| 835 | 41.5 | 0.90 |
| 900 | 41.5 | 0.97 |
| 1450 | 40.5 | 1.20 |
| 1800 | 40.0 | 1.40 |
| 1900 | 40.0 | 1.40 |
| 2450 | 39.2 | 1.80 |
| 3000 | 38.5 | 2.40 |

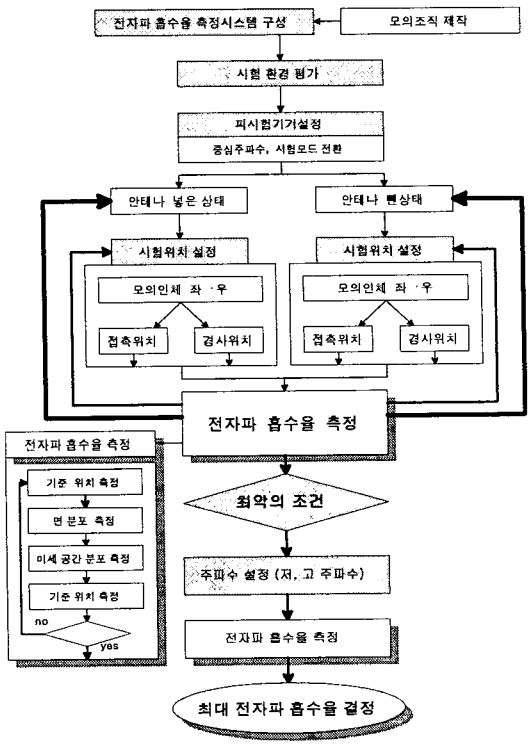
<표 2> 평균 머리 모의조직 조성

| 900 MHz (중량비 %) | | 1800 MHz | |
|---|---|---|---|
| 설탕 | 56.6 % | Propanol 2 | 40 ml |
| NaCl | 1.48 % | | |
| 증류수 | 40.71 % | 증류수 | 75 ml |
| 셀룰로이즈 | 1.9 % | | |
| 방부제 | 0.19 % | Butanol 1 | 30 ml |

은 주파수와 온도에 따라 변하므로 측정 중의 온도는 매우 중요한 파라메터이다. 따라서 모의 조직의 전기정수는 일반적으로 20~23 ℃에서 측정한다.

### 3-5 전자파흡수율 측정절차

이동통신단말기의 전자파흡수율은 [그림 5]의 절차도에 따라 다음 순서로 측정한다.




[그림 5] 전자파흡수율 측정 절차도

1) 측정시스템을 [그림 1]과 같이 준비한다.
2) 모의 조직의 전기정수를 측정하여 목표 값에 맞춘 후, 모의인체 외피에 넣는다.
3) 측정환경이 2.2에 언급한 조건에 적합한가를 확인한다.
4) 모의인체내의 측정영역을 설정, 전기장 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.
5) 피시험기기를 측정모드로 전환시킨다(출력전력, 중심 주파수 등 설정).
6) 피시험기기를 측정위치에 고정시킨다.
7) 프로브를 로봇으로 움직여 모의인체 내부로 삽입시킨다.
8) 전자파 흡수율 분포 측정에 앞서, 측정 전후 전력의 변화를 조사하기 위해 기준점(귀로부터 10 mm 이내)을 정하여, 국부 전자파 흡수율을 측정한다. 이 측정은 완전히 충전된 피시험기기를 가지고 1분 이내에 해야 한다.
9) 격자 간격을 1~2 cm로 하여 표면 분포 측정을 한다. 이는 모의인체 내에 대략적인 최대 전자파흡수율 값을 나타내는 위치를 찾기 위해 모의인체 표면을 따라 전자파 흡수율 분포를 측정하는 것이다.
10) 1 g 혹은 10 g 전자파 흡수율 값을 측정하기 위하여, 9)항에서 찾은 최대 전자파 흡수율 위치를 중심으로 표면분포측정의 격자간격보다 미세(1~5 mm)하게 하여 공간전자파 흡수율 분포를 측정한다. 이 과정이 미세 체적분포 측정 단계(Zoom scan) 이다. 1 g 평균 전자파 흡수율을 결정하기 위해서는 1 $cm^3$ 부피에서 얻은 값으로 평균을 취하고, 10 g 평균 전자파 흡수율의 경우는 10 $cm^3$의 부피가 되는 한 변의 길이가 2.125 cm인 입방체에 대해 평균을 취하여 얻어지므로 이에 합당한 격자간격을 설정하여 측정해야 한다.
11) 측정 값의 내삽과 외삽 과정에 의해 1 g 혹은 10 g 평균 전자파 흡수율 값을 결정한다. 상기 10)항의 내삽 알고리즘으로 3 차원 스플라인 알고리즘을 권고한다.

    전기장 프로브는 프로브 선단에서 2~5 mm 떨어진 곳에 다이폴을 갖는 구조로 되어 있어, 실제 측정 위치는 모의인체 내부 표면이 아니기 때문에, 최대 전자파 흡수율을 결정하기 위해 가장 큰 감쇠가 나타나는 방향으로 실제 측정값에 따라 모의인체 내부 표면까지 외삽되어야 한다. 이 경우, 곡선 맞춤(curve fitting) 알고리즘을 적용한다. 즉 실제 측정값에 대해 다항식 함수(4차) (polynomial function, $4^{th}$ order)를 권고한다.
12) 전력변화를 확인하기 위해, 8)항의 위치에서 전자파 흡수율 값을 측정한다. 이때 전압이 5 % 이상 변화하면, 반복측정 하거나 얻어진 값에 그 차이를 첨부해야 한다.
13) 8) 항에서 12)항 까지 모의인체 오른쪽과 왼쪽에서 안테나 상태에 따라 각각 측정한다.
14) 경사위치에서 8)에서 13)항까지 반복하여 측정한다.
15) 14)항까지 얻은 결과 중 최악의 조건에서 8)항에서 12)항까지 세 개의 주파수(저, 고 주파수)에서 각각 측정한다.
16) 15)항 까지의 측정 결과 중 가장 높은 전자파 흡수율 값과 노출 한계 값과 비교하여 피시험기기의 최대 전자파 흡수율 값을 결정한다.

### 3-6 측정결과 보고

전자파 흡수율 측정결과 보고는 피시험기기가 RF 노출 한계를 충족시킨다는 사실을 보이기 위해 신뢰성 있는 문서이어야 한다. 이것은 보통 측정결과, 측정방법, 데이터 분석 방법, 피시험기기에 대한 기술적인 정보, 그리고 적합성 평가 과정 등으로 구

성되며, 일반적으로 전자파 흡수율 값에 대한 정보는 특별한 오차범위 내에서 반복적으로 실험되었다는 것을 입증할 수 있으면 된다. 전자파 흡수율 측정 절차는 명확하게 제시되어야 하며, 전자파 흡수율 측정시스템과 보조장비는 신뢰성 있는 측정기준으로 교정한 결과와 또한 측정결과의 정확성을 보장하기 위하여 교정한 내용을 기록해야 한다.

## 참고문헌


[1] ARIB STD-T56, "Specific Absortion Rate (SAR) Estimation for Cellular Phone", 1998.

[2] FCC OET 65, "Evaluating Compliance with FCC-Specified Guideline for Human Exposure to Radiofrequency radiation", *OET Bulletin* 65, 1997.

[3] ACA, "Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Energy", 2000.

[4] ACA, "Radiocommunications(Electromagnetic radiation - Human Exposure Standard 1999)", http://www.aca.gov.au/legal/standard/, 1999.

[5] RSS-102 "Evaluation Procedure for Mobile and Portable Radio Transmitter with respect to Health canada's Safety Code 6 for Exposure of Humans to radio Frequency Fields", 1999.

[6] CENELEC prEN 50360 "Product standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic field", 2000.

[7] 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.

[8] IEEE SCC34 SC2, "Draft Recommended Practice for Determining the Spatial-Peak Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Body Due to Wireless Communications Devices : Experimental Techniques", 2000.

[9] 정보통신부 고시 제2000-93호, "전자파흡수율 측정기준", 2000.

[10] Jensen, M. A. and Rahmat-Samii, Y. "Performance Analysis of Antennas for Hand-Held Transceivers Using FDTD", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation,* vol. 42, pp. 1106-1113, 1994.

[11] Kuster, N., Kastle, R. and Schmid, T. "Dosimetric Evaluation of Handheld Mobile Communications Equipment with Known Precision", *IEIEC Trans. on Communications,* vol. E08-B, no. 5, pp. 645, 1997.

[12] Wadanabe, S., Taki, M. and Fujiwara, O. "Characteristics of the SAR Distribution in a Head Exposed to Electromagnetic Fields radiated by a Hand-Held", *IEEE Trans. on MTT,* vol. 44, pp. 1874, 1996.

[13] A. K. Lee, J. S. Kim, K. C. Lee and K. Y. Cho, "'Antenna Arrangment to Reduce EM Energy Absorption in a Human Head for Mobile Phone", 21th BEMS Annual Meeting, pp. 244, 1999.

[14] Drossos et. al., "The Dependence of Electro magnetic Energy Absorption upon Human Head Tissue Composition in the Frequency Range of 300~3000 MHz", submitted to *IEEE Trans. on MTT,* 2000.

≡ 필자소개 ≡

최 형 도

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소
전파기술연구부

조 광 윤

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소
전파기술연구부

이 애 경

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소
전파기술연구부

김 영 표

정보통신부 전파방송관리국
전파감리과 사무관