

I. 서 론

전자·정보산업기술의 급속한 발전은 꿈 속에서 그리던 세상이 점점 더 빠르게 우리의 현실로 다가오게 하고 있다. 이런 문명의 발달은 전자파라는 새로운 환경문제와 우려를 낳았다. 특히 전자기장 복사를 목적으로 하는 무선주파수를 사용하는 시스템 즉 방송국 송신소, 이동통신기지국 및 이동통신단말기(휴대전화) 등에 대한 전자파 위험성에 대한 국민적 관심과 우려는 날로 증가하고 있다. 최근 몇몇 과학자와 부풀리기를 즐기는 사람들은 휴대전화 사용 자체가 건강에 유해하다고 하거나 심지어 암과 관련성이 있을 것이라는 가능성에 대해 경고하고 있다. 이렇게 휴대전화가 인체 건강과 관련하여 논란의 대상이 되고 있는 이유는 성인들 대부분이 사용하고 있으며, 일상생활에서 RF 송신기가 인체에서 가장 중요한 부위인 머리에 근접하여 사용하는 기기이기 때문이다. 휴대전화의 건강 위해 가능성에 대한 우려는 미국 플로리다에서 David Reynard에 의해 1992년 제기되었으며, 그는 자기 부인의 뇌암이 휴대폰 사용에 의한 것이라고 주장하였으나, 1995년 타당한 과학적 증거가 불충분하다는 이유로 기각되었다. 그러나 이와 같이 과학적 증거가 불충분하다는 점은 전자파에 대한 의구심과 관련 연구의 필요성을 더욱 촉진시켰다.

미국, 유럽 등의 선진국에서 이동통신단말기와 같이 RF(무선주파수) 대역 전자기장의 생체 영향은 수 십년간 많은 실험실들의 연구 주제가 되었으며, 최근 이동전화 사용주파수 대역인 800~2,500

MHz에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 대부분 통신관련 업체와 정부 지원에 의해 수행되고 있다. 그럼에도 불구하고 이런 연구의 대부분이 휴대폰이 안전한가에 대해 확실할 수 있는 결과를 내놓지 못하고 있는 실정이다. 따라서 최근 이동통신 사용자의 급증으로 관련 정보 수집의 필요성, 무선주파수 전자기장 노출에 대한 기준 개량의 필요성, 그리고 지난 연구에서 해결되지 않은 문제들에 대한 분석의 필요성 등에 더욱 박차를 가하고 있다.

이와 같이 이동통신단말기의 전자파 노출에 대한 유·무해 여부는 지속적으로 연구되어야 하지만, 세계 각국에서는 예방적인 차원에서 노출 제한치를 권고하고 있으며, 미국, 캐나다, 호주에서는 제한치를 SAR(전자파흡수율; 생체가 전자장에 노출됨에 따라 생체에 흡수되는 단위질량 당의 흡수 전력)로서 강제규제하고 있으며, 유럽, 일본 등에서는 전자의 SAR 노출 제한치에 대해 ICNIRP 기준을 권고하고 있으나 법적 규제는 아직 실시하지 않고 있는 실정이다.

본 고에서는 국내외의 휴대전화에 관련한 전자기장 노출에 대한 인체보호기준을 소개하고, 현재 휴대전화와 관련한 생물학적 영향에 대한 국내외 동향 및 휴대폰 사용이 안전성에 대해 연구결과를 중심으로 살펴보고자 한다.

II. 휴대전화와 전자파 흡수율 기준

휴대전화에 관련된 전자기장 노출에 대한 인체보호기준을 기술하기에 앞서 광의(廣義)의 전자기장

노출에 대한 인체보호기준의 배경에 대해 간단히 소개하는 것이 기준 이해에 도움이 될 것이라 생각한다.

현재 권고되고 있는 국내외의 전자기장 노출에 대한 인체보호기준들은 단기간의 전자기장 조사에 따른 생물학적 연구결과를 바탕으로 하고 있다. 전자기장 노출 제한을 위한 이러한 기준들은 이미 발표된 과학적 문헌들에 대한 철저한 검토과정을 거쳐 준비된 것이며, 장기간 노출로 인한 암의 유발은 확증된 것으로 고려하지 않고 있다는 점에 유의할 필요가 있다. 따라서 이 기준들은 말초 신경과 근육의 자극, 전도성 물체를 통한 화상과 쇼크, EMF 노출시의 에너지 흡수 효과에 의한 생체 조직의 온도 상승과 같은 단기간의 즉각적인 건강 영향에 근거를 두고 있다.

인체보호를 위한 전자기장 노출 제한기준은 크게 기본한계 (basic restriction)와 기준레벨 (reference level), 두 가지로 나눌 수 있다. 기본한계는 명확한 건강 영향에 직접적으로 근거하고 있는 시변 전기장, 자기장, 전자기장의 노출 한계를 말하며, 전자기장의 주파수 의존성에 따라서 이 제한치를 규정하는 데 사용하는 물리적 양들은 전류밀도(J), 전자파 흡수율(SAR), 전력밀도(S)이며, 이 가운데서 신체 밖의 공기 중에서 정의되는 전력밀도만 노출된 개인에서 쉽게 측정될 수 있다. 그리고 기준 레벨은 기본 한계가 초과되는지를 판단하기 위하여 실질적인 노출 산정의 목적으로 제공된다. 이러한 목적에 의해 기본한계로부터 적절히 유도된 기준레벨은 전기장 강도(E), 자기장 강도(H), 자속밀도(B), 전력밀도(S), 그리고 팔다리를 통하여 흐르는 전류(I_L)이다. 측정된 값이나 계산된 값이 기준 레벨을 초과한다고 해서 기본 한계를 반드시 초과하는 것은 아니나, 기준 레벨이 초과될 때는 관련 기본 한계를 만족하는지 조사하여야 하며, 부가적인 보호대책을 세워야 한다. 이러한 경우의 예가 되는 노출원이 휴대전화

라 할 수 있다. 휴대전화는 우리 머리에 매우 인접하여 사용하며 그 부분에서의 전자기장 세기는 일반 대중의 노출 기준레벨을 충분히 넘을 수 있으나 기준레벨을 초과한다고 하여 반드시 기본한계를 넘는다고 볼 수 없기 때문에, 이러한 경우에는 기본 한계인 SAR 값을 직접 측정할 필요가 있다는 것이다.

SAR(specific absorption rate, 전자파 흡수율)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 SAR이라 할 수 있다. 이것의 물리적 정의는 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 값이며, 단위는 W/kg으로 표현된다.

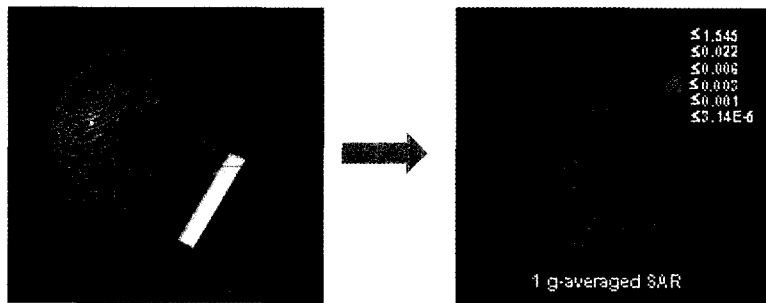
대부분의 노출기준은 일반인에 대한 것과 직업인에 대한 것으로 구분되며, 이는 직업인에 비해 일반인 노출(개개인이 노출되고 있는 사실을 모르거나 관리할 수 없는 노출) 환경을 더 철저히 방호하려는 것이며, <표 1>은 각국 또는 기관의 휴대전화의 노출기준(일반인에 대한 SAR 기준)을 비교한 것이다. <표 1>에서 국부 SAR 산출을 위해 국부 조직을 평균하는 조직질량이나 기준 값에서 약간의 차이를 보이고 있다. 우리나라의 경우는 1 g의 조직질량에 대한 SAR 값이 1.6 W/kg을 넘지 않는 것을 기준으로 채택하고 있다^[1]. 이는 10 g 평균에 대해 2 W/kg의 기준에 비해 상대적으로 더 엄격한 기준으로 볼 수 있다.

III. 국내외 동향

무선주파수 에너지에 대한 생체영향과 관련된 많은 연구가 2차 세계 대전부터 수행되어 왔으며, 최

<표 1> 주요 기준들의 SAR 제한치¹²⁻⁶⁾

기관 또는 국가	ICNIRP	CENELEC	IEEE	JAPAN	FCC
주파수 영역(Hz)	$10^5 \sim 10^{10}$	$10^4 \sim 3 \times 10^{11}$	$10^5 \sim 6 \times 10^9$	$10^4 \sim 3 \times 10^7$	$3 \times 10^3 \sim 10^{11}$
전신평균(W/kg)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
SAR (W/kg)	국부(손목, 발목)	4	4	4	4
	국부(머리, 몸통)	2	2	1.6	1.6
국부치 산출을 위한 조직무게	10 g	10 g	1 g(머리, 몸통) 10 g(손목, 발목)	10 g	1 g(머리, 몸통) 10 g(손목, 발목)



[그림 1] 휴대전화 노출에 대한 인체 머리의 SAR 분포 (단위: W/kg/0.6 W)

근 이 분야의 연구는 주로 800~2,500 MHz 주파수 대역의 휴대전화 사용주파수에 대한 것으로 대부분 정부에 의해 지원되고 있다. 휴대전화 제조업체의 무해 주장에도 불구하고 이러한 연구의 극히 일부만이 휴대폰이 안전하다고 언급하고 있을 따름이다. 무선주파수 전자기장에 대한 생체영향 연구는 독성학 연구의 표준절차에 따라 RF 노출에 대한 동물실험, 세포 실험, RF 전자기장의 낮은 레벨에서 장기간 노출에 대한 영향, 역학 연구 등으로 건강 위험성 여부를 평가하고 있다.

1990년대 중반부터 휴대전화와 발암과의 관계에 대한 연구가 대대적으로 시작되었으며, 휴대전화와 전자파 생체영향 관련 주요 국제 동향을 간략하게 요약하면 다음과 같다.

3-1 WHO

세계보건기구(WHO)에서는 각국의 자료를 수집, 분석하여 전자기장 노출의 건강 영향에 대한 연구 결과 보고서를 발행하고 공식적인 건강 위해를 평가하여, 국제적으로 수용할 수 있는 노출지침을 권고하기 위한 목적으로 지난 1996년부터 2005년까지 10년 계획으로 정적 및 시간변화 전자기장 (0~300 GHz)의 노출에 대한 건강과 전자기적 환경 영향을 연구하고 있다. 강도가 높은 RF(무선주파수) 전자기장에 대해서는 조직을 가열함으로써 건강상의 위해를 야기할 수 있다는 사실이 명백하지만 장기간의 낮은 레벨의 RF 노출에 대해서는 충분하게 연구되지 않았기 때문에, 이동전화시스템 등에 대한 전자파 생체영향 연구에 초점을 맞추어야 한다고 권고하고 있다.

2000년 6월 WHO에서는 영국의 IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones)와 캐나다

의 왕립협회 보고서 등 여러 나라의 검토 자료를 기반으로 Fact Sheet No 193 (Electromagnetic Fields and Public Health: Mobile Telephone and Their Base Station)를 발간하였으며, 이 보고서에서는 이동전화와 기지국에서 발생하는 RF에 노출되어도 암을 유발하지는 않을 것으로 현재의 과학적 증거가 보여주고 있다고 하였다. 과학자들은 뇌 활동이나 수면행태의 변화 등을 포함하여 이동전화를 사용하여 생기는 다른 영향들에 대해서 이러한 효과들은 적어서 건강에 아무런 명백한 영향을 미치지 않는다고 하였다.

한편, WHO 산하 기관인 IARC (International Agency for Research on Cancer)에서는 이동전화와 두경부 암과의 상관관계를 조사하기 위해 10개국 이상이 참여하는 대규모의 역학연구를 진행하고 있으며, 이 연구는 2003년에 완료될 예정이다.

최근까지의 검토 결과, 이동전화와 기지국에서 나오는 전자파에 의한 건강 위해는 없는 것으로 밝혀졌지만 국민들의 관심 때문에 좀 더 나은 건강 위험평가를 위한 3~4년의 추가 연구를 수행하고 있으나, 현재의 과학적 정보들은 이동전화 사용에 특별한 주의가 필요하다는 어떤 암시도 하지 않고 있다.

3-2 ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

ICNIRP은 1992년에 비전리 복사 보호를 위해 설립됐다. ICNIRP는 WHO와 ILO 산하의 비정부기관으로, 독립적이며, 중립적인 기관이다. ICNIRP에서 “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz)”를 발표하였으며^[2], 유럽 국가들은 이 지침을 채택하였다.

ICNIRP에서 1996년에 출판된 성명서인 “Health Issues Related to the Use of Hand-held Radiotele-

phones and Base Transmitters”에서 그 당시의 ICNIRP 지침과 같거나 낮은 수준에 노출된 사람 등에서 암이 발병할 본질적인 증거는 없다고 언급하였다. 1996년부터 ICNIRP는 WHO EMF 연구과제에 공동연구기관으로 참여하고 있다.

3-3 미 국

미국은 무선전화기 산업체를 대표하는 CTIA (Cellular Telecommunications Industry Association)가 독립적이고 엄격한 연구 프로그램을 위해 2천 5백만 달러의 연구비를 투입하여 1995년 무선전화기의 사용으로부터 대중의 건강 영향을 연구하기 위해 WTR(wireless technology research)을 독립된 연구 기구로서 설립하였으며, WTR은 독립된 실체로서 산업체로부터의 기금을 가지고 연구를 수행하고 있다.

1998년 11월에 미국의 연방통신위원회(FCC)에서 “Information on human exposure to radiofrequency fields from cellular and PCS radio transmitters”라는 보고서를 출간하였고, 연방통신위원회는 기지국이나 이동전화, 차량전화 등에서 나오는 전자파는 NCRP 지침에 있는 기준보다 현저히 낮다고 보고하였다. 또한 전자파 노출이 건강에 미치는 가능성에 대해 유관 정부기관에서 공동으로 연구진을 구성하여 연구를 계속해야 한다고 지적했다. 1999년 10월에 미국 식품의약품안전청(FDA)에서 “Latest consumer information on mobile phones”라는 보고서를 출간하였는데, 전자파가 건강에 대해 악영향을 미친다는 강력한 증거를 찾지 못했다고 지적하고 있으며, 정부기관과 산업체 및 연구기관 간의 공동연구를 계속해야 할 것이라고 권고하였다.

3-4 캐나다

캐나다 건강청에서 3 kHz ~ 300 GHz 주파수 대

역에서의 무선주파수 전자기장의 인체보호기준을 규정된 Safety Code 6을 검토하였고, 1999년 3월에 왕립협회에서 전문가 위원회를 구성하여 “investigation on the possible health risk of radio frequencies from radio communication equipment”라는 보고서를 출간했다. 이 보고서에서 암발생, DNA 손상, 간질, 수면장애, 불임, 생식기형, 두통 등과 전파 노출 사이에는 어떤 상관관계도 없음을 지금까지 얻은 연구결과에서 보여주고 있어, Safety Code 6은 개정될 필요가 없다고 지적하였다. 그러나 ‘법조항 중에 직업인에 관한 규정은 추가되어야 한다고 권고했다.

3-5 호 주

호주 방사선 방호 및 핵안전 협회에서 “The mobile phone system and health effects”라는 보고서를 출간하였으며, 호주 정부에서는 4억 5천만 달러를 들여 대규모 연구를 추진하고 있다.

3-6 영 국

영국정부는 IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones)를 구성하여 이동전화기 건강에 미치는 영향을 조사하였다. 2000년 5월 IEGMP는 “mobile phones and health”라는 보고서를 출간했고, 기준치 이하의 전파 노출은 어떤 악영향도 없다고 조사결과를 밝혔으나, 향후 3년간의 추가조사가 필요하다고 언급하였다.

3-7 일 본

일본의 경우에는 우정성에서 지난 '97년 전자파의 인체영향 연구를 위해 위원회 <Committee of the Study on Human Exposure to EMF>를 조직하고 국가 주도의 본격적 연구를 수행하고 있다. 이 위원회의 현재까지 연구결과는 이동전화나 기지국에서 나

오는 전자파는 건강에 악영향을 미치지 않는다는 것을 나타내고 있으며, 건강에 영향을 미친다는 결과를 보인 이전의 연구를 향상된 연구절차 및 방법에 의해 수행한 결과, 영향이 없는 것으로 나타났다.

한편, 우리나라의 경우, '80년대부터 전자기장에 대한 인체 유무해 논쟁이 시작되었으며, 이에 대한 국민들의 관심도 높아져 이와 관련한 민원이 해마다 증가하고 있는 실정이다. '95년부터 현재까지 RF(이동통신기지국 등) 관련 민원 건수는 50여건에 이르며, 이러한 민원 제기 중에는 사실상 그 노출레벨이 건강에 전혀 영향을 주지 않는 경우도 포함하고 있으므로 전자기장 노출에 대한 인체 건강문제를 깊이 있게 연구하고 그 결과를 홍보해야 할 필요성을 제기하고 있다. 그간 우리나라는 정보통신부 사업의 일환으로 한국전자통신연구원과 한국전자파학회의 전자장과 생체관계연구회가 공동으로 이동통신 대역을 포함하는 300 GHz 이하의 전 주파수 영역의 전자기장에 대한 인체 보호기준을 수립하고 ELF(극저주파) 및 RF 노출에 대한 쥐의 생물학적 영향연구를 수행하였으며, 이동통신단말기의 노출량 평가에 대한 기술 연구와 기준을 마련하였다. 이어 정보통신부는 2004년까지 100억원 정도를 투입하여 전자파 생체영향 규명고 대책 마련을 위한 연구계획으로 ‘전자파 인체영향 기본계획’을 수립하여 현재 한국전자통신연구원을 중심으로 한국전자파학회, 서울의대 등 학계와 통신사업자, 단말기 제조업체 공동으로 연구사업을 수행하고 있다.

IV. 휴대전화의 전자파 노출은 안전한가

1996년부터 2000년까지 휴대폰 주파수에 대한 세포실험, 동물실험, 자원자 실험, 역학연구 등의 생체영향 연구의 48가지 결과를 종합해 보면 가능성이 있다는 연구결과가 14개, 가능성이 없다는 것이 31개, 애매한 결과 3개로 영향이 없는 결과가 많은

것으로 나타났으나 추가의 연구가 필요하다고 결론들을 짓고 있다.

특히 여러 역학연구들의 결과를 살펴보면, 1996년과 1998년 Rothman 등^[7]은 250,000명의 이동전화 사용자에게 대한 코호트 연구결과, 휴대전화 사용자와 차량 이동전화 사용자의 사망률 증가는 RF 단기 노출에는 무관하며, 사망원인의 증가는 자동차 사고에 의한 것으로 조사되었다. 또한 스웨덴 Örebro Medical Center의 Hardell 등의 뇌암에 대한 환자-대조군 연구에서는 음성적인 결과가 나타났다. 2001년 1월 미국 북동부 지역에서 휴대전화와 뇌암 발생에 대해 뇌암 환자 469명과 대응하는 대조군 422 명의 휴대전화 사용자를 대상으로 대규모의 역학조사가 수행되었으나, 결론적으로 휴대전화 사용과 뇌암 위험성 간에 어떤 연관성도 찾지 못했다. 이 연구에서는 5개소 대학 병원의 환자를 대상으로 하였으며, 더 많은 수의 사람을 대상으로 장기적인 연구의 필요성을 제기하였다^[8]. 그리고 최근 미국 국립 암연구소 (NCI) 학술지에 발표한 연구보고서에서 휴대전화 사용자 42만 95명을 대상으로 실시한 조사분석 결과 이들의 뇌종양, 백혈병, 타액선암, 신경계 암 발생률이 일반 국민들의 평균 암발생률과 차이가 없는 것으로 밝혀졌다. 그러나 이 조사는 암과의 연관성만 조사되었기 때문에 장기적인 휴대전화 사용이 머리에서 웅웅거리는 소리가 나는 증세나 편두통, 기타 중추 신경계 질환과 연관이 있을 가능성은 배제할 수 없다고 보고하고 있다. 현재에도 휴대전화 사용과 암과의 연관성에 대해서는 추가 연구들이 각국에서 진행 중에 있으며, 총괄적인 결론은 국제암연구기구(IARC)가 주관하여 자료수집 및 분석이 끝나는 2004년 정도에 일차 결과가 나올 것으로 보인다.

한편, 영국 물리학자 제럴드 하일랜드 박사는 휴대전화에서 발생하는 전자파는 뇌파에 영향을 미치며, 특히 18세 이하 청소년은 면역체계가 강력하지

못하므로 영향이 있을 수 있다는 언급하였으며, 또한 2000년 5월 영국 IEGMP 보고서에 따르면 '현재까지 증거로는 휴대폰과 기지국의 전자파 노출이 영국 국민 건강에 위험하다고 시사하는 바는 없다고 하였으나, 어린이의 경우 기관이 성장 중에 있으며, 두개골의 두께도 얇아 흡수가 성인에 비해 많이 되기 때문에, 꼭 필요한 경우를 제외하고 휴대폰 사용을 가급적 자제시켜야 한다'고 권고하고 있으며^[9], 정부도 이 권고를 받아들였다.

상기에 언급한 바와 같이, 지금까지 역학연구 결과가 휴대전화 사용과 뇌암의 위험성과의 관계에 대한 연관성을 짓지 못하고 있고, 동물 연구 또한 발암에 대한 분명한 효과를 보여주지 못하고 있다. 그렇지만 2000년 2월 미국 FDA에서는 Web을 통해 '무선통신기술이 안전하나 혹은 수 백만 사용자가 건강 위험에 노출되어 있는가에 대한 결론을 맺기에는 최근까지 과학적 증거가 불충분하다'고 지적한 바와 같이 무선주파수에 대한 전자파 노출의 위험성 평가를 위해서는 각 관련 연구분야의 추가 실험이 요구된다.

특히, 역학연구의 경우, 전자파 노출 위험성에 대한 미세한 영향을 분석하는데 민감하지 못하고, 동물연구의 경우에는 그 결과를 인체에 대한 것으로 의심하는데 있어서의 불확실성으로 특히, 발암 등에 대한 위험성 평가에 직접적인 문제점을 내포하고 있다. 근역장 노출에 대한 생물학적 생체물리학적 영향에 대한 더 많은 연구, 그리고 휴대전화와 관련된 노출한계에 대한 더 정확한 문턱값에 대한 연구 등 전자파 생체영향과 관련하여 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 기존의 휴대전화에 대한 연구도 물론 중요하지만, 새로운 방식의 디지털 휴대전화, 차세대 이동통신 등 급속한 정보통신산업의 발전에 따른 새로운 기기의 전자파 노출에 대한 인체영향 연구 또한 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

V. 맺음말

휴대전화는 그 사용에 최근 수년 내에 급증하였기 때문에 십년 이상의 장기 사용자나 장기의 잠복기를 갖는 질병 등에 대해서는 앞으로도 지속적으로 그 조사가 진행되어야 한다. 따라서 현재의 연구 결과로서 휴대전화로부터 복사되는 RF 전자기장 노출이 인체에 위해하다는 확인된 증거는 어디에도 없지만 이 연구는 어느 누구도 단기간 내에 결론을 얻을 수 없으며, 국외의 다양한 연구 결과들에 대한 조사가 병행하여 이루어져야 하고 실험의 재현성을 확보하고 세포 또는 동물실험인 경우에는 인체로의 확대적용 시 고려사항 등도 함께 연구되어야 하기 때문에 장기간에 걸친 연구가 이루어져야 한다.

끝으로 전자파에 대한 정부 정책은 국민 보건을 위한 예방적 차원으로 접근하여 권고 및 법적 규제 등을 산업적 경제적 측면과 사회적 측면을 고려하여 적절하게 수립하는 것이 바람직하다고 판단한다.

참고문헌

- [1] 정보통신부 고시 제2000-91호 “전자파인체보호 기준”, 2000.
- [2] ICNIRP, “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for

Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)”, *Health Physics*, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, 1998.

- [3] CENELEC, *DD ENV 50166-2*, Human exposure to electromagnetic fields- High-frequency (10 kHz ~ 300 GHz), 1995.
- [4] ANSI, *ANSI/IEEE C95.1-1992: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, New York, IEEE, 1992.
- [5] *Code of Federal Regulations*, Part 47 (Telecommunications).
- [6] *Telecommunication Technology Council, Radio-Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to Electromagnetic Fields*, 24 Apr., 1997, TTC, Ministry of Posts and Telecommunications, Japan.
- [7] Rothman K. J. et al., “Overall mortality of cellular telephone customer” *Epidemiology*, vol. 7, pp.303-305, 1996
- [8] Muscat et al., “Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer”, *Journal of the American Medical Association*, 284, 3001-3007, 2000.
- [9] <http://www.doh.gov.uk/mobile.htm>

≡ 필자소개 ≡

최 형 도

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소

이 애 경

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소

이 형 수

한국전자통신연구원
무선방송기술연구소