

국내의 전자파 인체보호기준 및 법제화 동향

백 정 기

충남대학교 전파공학과

I. 서 론

전자파의 인체영향에 대한 유·무해 논쟁은 1980년대 초반부터 본격화되기 시작하였으며, 선진국에서는 많은 연구비를 투입하여 이와 관련된 연구를 지속적으로 수행해 오고 있다. (구)소련과 (구)동구권 및 중국 등을 제외한 미국 및 서구권에서는 지금 까지 과학적 근거가 확실한 것으로 밝혀진 전자기장의 열적 영향과 유도전류에 의한 자극작용에 근거한 인체보호기준을 제정하여 권고안 또는 강제기준의 형태로 적용시켜 오고 있다.

전자기장의 장기간 노출에 의한 비열적 영향에 대해서는 아직 많은 논란이 있으며, WHO에서는 1996년 국제 EMF 프로젝트를 시작하여 0~3,000 GHz 대역의 전자기장 노출에 대한 건강 위험성 평가를 위해 필요한 연구주제를 선정하고, 국제적인 공조 하에 대규모의 연구과제들을 수행하도록 조정하고 있다. 그리고, 연구결과의 객관성 및 과학적 타당성을 확보할 수 있는 연구방법을 채택, 권고함으로써, 2003년에는 전전자기장과 ELF 전자기장에 대한 건강영향평가서(EHC: Environmental Health Criteria), 2005년에는 RF 전자기장에 대한 건강영향평가서를 발간할 계획을 가지고 있다.

우리나라에서도 최근 송전탑, 이동전화기지국에서 방출되는 전자기장 및 전자파와 관련된 민원이 많이 발생하고 있으며, 전자파에 대한 국민들의 관심 및 막연한 공포심이 증대됨에 따라 인체보호를 위한 대책마련이 시급하게 되었다. 이에 대한 방안으로 1996년 12월부터 정부에서는 전자파 관련 정

책을 효율적으로 추진하기 위하여 법정부 차원의 “전자파환경보호위원회”를 구성하여 운영해 왔으며, 정보통신부와 환경부 등에서 전자파의 인체 영향에 대한 연구를 지원해 오고 있다.

한국전자파학회에서는 학회 산하에 의학, 공학 등 관련분야 전문가로 구성된 “전자장과 생체관계 연구회”를 발족시켜 전자파의 인체영향에 대한 연구를 수행해 오고 있으며, 1999년 5월에는 “전자기장 노출에 대한 인체보호기준” 및 “전자기장 세기 측정방법”을 발표한 바 있다. 그러나, 전자파의 인체영향에 대한 국민들의 관심이 증대됨에 따라 국회에서도 전자파에 대한 정책방향 및 법제화 문제를 검토하게 되었다.

그 결과, 1999년 5월부터 10월까지 국회 내에 국회, 정부, 학계, 연구소 및 환경·노동단체 전문가들로 구성된 「전자파유해문제대책위원회」에서 정책토론회를 개최하였으며, 전자파 인체보호기준에 대한 법제화의 필요성을 인식하게 되었다. 1999년 12월에는 국회 과학기술정보통신위원회 소속 의원들의 발의로 전파법이 개정되어 인체보호기준 제정을 위한 법적 근거가 마련되었다.

전자파 인체보호 기준은 크게 전신노출에 대한 전자파 강도기준과 국부 노출에 대한 전자파 흡수율 기준으로 나눌 수 있다. 본 고에서는 전자파노출에 대한 인체보호기준과 관련된 각국의 법제화 동향 및 인체보호기준의 생물학적 근거에 대해 간략히 살펴보고, 국내 인체보호기준의 주요 내용을 분석, 정리하였다.

II. 외국의 법제화 동향

2-1 전자파 강도 기준

전자파 인체보호기준은 미국(FCC: Federal Communication Commission), 호주(ACA: Australia Communication Agency), 캐나다(Health Canada 및 Industry Cabada), 일본(우정성) 및 스위스 등에서 법제화하여 강제적으로 규제하고 있다.

먼저, 전자기장 방출시설로부터 발생하는 전자기장 또는 전력밀도에 대한 규제에 대해 살펴보면, 미국은 미연방통신위원회(FCC)에서 1997년 10월부터 위성통신 및 방송, 일정 출력이상의 육상과 해상의 이동 및 고정 통신용 송신시설, 아마추어 무선국(타 시설에 비해 다소 늦게 시행), 그리고 관련 단말기에 대해 인체보호기준과의 적합성 평가를 위해, 장비 및 시설의 허가 전 초기 환경평가와 사후의 정기적 환경평가를 받도록 하고 있고, 호주는 1999년 2월부터 이동통신 단말기는 제품 출시 시점에서, 그리고 기지국과 같은 송신장치는 설치 인허가 시에, 의무적으로 업체의 자체평가를 하고 그 기록을 보관해야 하며, 호주통신국(ACA)에서 사후 관리하고 있다.

그리고, 캐나다는 캐나다보건청(Health Cabada)에서 기준을 제정하고 1999년부터 이동 및 휴대용 송신기에 대해 인체보호기준과의 적합성 평가를 하고 그 기록을 보관하게 하고 있으며, 캐나다산업청(Industry Canada)에 적합성선언서(DoC: Declaration of Compliance)를 제출하여 기술허가인증서(TAC: Technical Acceptance Certificate)를 교부받고, 요구 시 평가 결과를 제출하게 하고 있다. 또한, 일본은 우정성에서 1999년 10월부터 인체보호기준 초과 지역은 민간인 출입제한시설 설치를 의무화하고 있다.

EU는 일반인에 대한 인체보호기준 권고안을 회

원국내 기준의 합일화를 목표로 2000년 10월 EC 지침으로 제정, 발표하였으나, 현재 각국은 나름대로의 기준을 채택하고 있다. 특히, 스위스는 2000년 2월부터 연방환경산림국토청(SAFEL)에서 규제하고 있으며, 노출기준과 방출기준(설치기준)의 2원화된 기준을 채택하고 있다. 방출기준은 예방적 원칙(Precautionary Principle)을 적용하고 있으며, 전력선과 기지국 등에 대한 방출기준이 민감지역(방, 놀이터)에서는 엄격하다(기존 및 새 기지국에서 방출되는 전자파는 4 V/m 를 초과해서는 안되며, 신설 전력선, 변전소 및 전기철로 근처 거주지역에서의 자계는 10 mG 를 초과해서는 안됨). 노출기준은 일반인에 대한 기준만 강제 적용시키고 있으며, 국제 비전리성복사방호위원회(ICNIRP) 기준치와 동일하다. 독일에서도 1997년 1월부터 규제하고 있으며, 전력선 주파수에 대해서도 규제하고 있다. 기준치는 스위스와 마찬가지로 ICNIRP의 일반인 기준과 동일하다.

2-2 전자파 흡수율 기준

휴대전화의 전자파흡수율 규제와 관련하여서 미국은 1997년 1월부터 FCC에서 규제하고 있으며, 구체적인 규제내용은 이동전화단말기의 FCC 승인을 위한 시험항목에 SAR을 추가하고, SAR 시험성적서를 제출하지 않을 경우, FCC ID가 발급되지 않으므로 판매가 불가능하게 하고 있다.

오스트레일리아는 1999 2월부터 호주통신국(ACA)에서 규제하고 있으며, 규제내용은 업체에서 자체평가를 하여 적합성 레벨을 부착하게 하고, 호주통신국에서 사후관리를 하고 있다. 그리고, 캐나다는 1999년부터 보건부(기준), 산업부(측정표준)에서 규제하고 있으며, 규제내용은 업체에서 자체평가를 하고, 캐나다산업청에서 기술인증서를 교부하며 사후관리를 하고 있다.

또한, 일본은 1998년 1월 전파산업협회(ARIB)에서 단말기에 대한 전자파 흡수율 측정 권고안을 발표하였고, 정부는 2001년 상반기부터 우정성에서 규제할 예정인데, 기준을 초과하는 이동전화단말기는 출하를 금지시킬 것으로 예상된다. 유럽은 유럽 전자기술표준위원회(CENELEC)에서 1997년부터 SAR 측정방법에 대한 표준화 작업을 진행중이나, 아직 규제는 하지 않고 제조업체 자율에 맡기고 있다.

최근, 영국의 전문가 그룹에서 소비자가 휴대폰에서 나오는 전자파량을 확인할 수 있어야 한다고 권고하였으며, 영국정부는 동의하였다. 미국은 이동통신산업협회(CTIA)에서 자체적으로 휴대폰의 SAR값을 측정하여 공개할 예정으로 있으며, 환경평가만을 하여 기준치 이내이면 FCC 인증 표시는 하되, 전자파 흡수율에 대해서는 별도의 표시없이 판매가 가능하도록 하였다.

III. 인체보호기준의 생물학적 근거

전자기장의 인체영향은 아래에 기술한 것과 같이

유도전류에 의한 자극작용에 의한 신경계에 대한 영향 및 인체 내부에 흡수된 전자파 에너지의 열작용에 의한 가열, 그리고 아직까지 그 영향이 명확히 밝혀지지 않은 장기간 노출에 의한 비열적 영향으로 나눌 수 있다. 앞에서 언급한 것과 같이 현재의 미국과 서구권의 인체보호기준은 자극작용과 열작용에 의한 인체영향을 방지하기 위한 것이며, 비열작용에 대한 영향은 그 근거가 밝혀진다면 앞으로 인체보호기준에 반영이 될 것이다.

- 유도전류밀도(1 Hz~10 MHz): 신경계 기능에 대한 영향 방지
- SAR(100 kHz~10 GHz): 전신의 열 스트레스 및 과도한 국부가열 방지
- 전력밀도(10 GHz~300 GHz): 신체표면 또는 신체표면 근처의 가열 방지

인체영향과 직접적으로 관련되는 이러한 물리량에 대한 제한치를 기본한계라 하며, 국내 전자파인체보호기준의 근간으로 삼은 ICNIRP 기준의 주파

<표 1> 인체보호기준의 주파수에 따른 기본한계치

노출특성	주파수 범위	전류밀도 (머리, 몸통) (mA/m ²)	전신평균 SAR (W/kg)	국부 SAR (머리, 몸통) (W/kg)	국부 SAR (팔, 다리) (W/kg)	전력밀도 (W/m ²)
직업인	1 Hz까지	40	-	-	-	-
	1~4 Hz	40/f	-	-	-	-
	4 Hz~1 kHz	10	-	-	-	-
	1~100 kHz	f/100	-	-	-	-
	100 kHz~10MHz	f/100	0.4	10	20	-
	10 MHz~10 GHz	-	0.4	10	20	-
	10 GHz~300 GHz	-	-	-	-	50
일반인	1 Hz까지	8				
	1~4 Hz	8/f				
	4 Hz~1 kHz	2				
	1~100 kHz	f/500				
	100 kHz~10MHz	f/500	0.08	2	4	
	10 MHz~10 GHz	-	0.08	2	4	
	10 GHz~300 GHz	-				10

수에 따른 기본한계치를 <표 1>에 보였다. 이러한 기본한계치는 측정이 어렵기 때문에, 전자파 강도 기준은 이론모델, 수치해석모델 및 측정결과 등을 사용하여, 최악의 조건에서 기본한계치를 초과하지 않도록 인체가 위치할 공간에서 측정 가능한 전자기장강도로 변환한 값이다.

IV. 전자파 인체보호기준 내용 및 분석

4-1 개요

전자파 인체보호기준은 총 6 차례의 전문가 검討 회의를 통해 기준초안을 작성하였고, 관계 기관 및 단체의 의견수렴 과정과 공청회를 거친 후 최종 전문가 회의에서 기준안이 확정되었다. 전자파 인체보호기준의 개요는 다음과 같다.

- 목적: 전파법 제47조 제2제1항의 규정에 의하여 전자파 인체보호기준에 관하여 필요 한 사항을 규정하기 위함
- 구성: 5개 조, 부칙 및 3개의 별표로 구성
- 주요 내용:
 - 전신노출에 대한 전자기장 강도 기준
 - 국부노출에 대한 전자파 흡수율 기준

4-2 전신노출에 대한 전자파 강도 기준

- 적용환경: 고정시설물, 가전기기 등에서 나오는 전자기장으로부터 인체가 노출되는 환경에 적용
- 적용대상: 전자기장을 발생시키는 기기, 장치 및 설비 등에 적용
- 주파수 범위: 0 Hz ~ 300 GHz
- 적용예외
 - 이동 무선국
 - 자연재해나 비상상태 시에 개설된 무선국

- 산악지형 등 일반인의 출입빈도가 적은 지역에 설치된 설비
- 전파법 시행령에 규정된 미약전파사용기기 및 특정소출력무선기기
- 기준내용: 인체가 놓이게 될 공간의 전기장강도, 자기장강도(또는 자속밀도), 또는 전자기장강도(또는 전력밀도) 값에 대한 최대치를 규정하고 있음

4-3 국부 노출에 대한 전자파 흡수율 기준

- 적용환경: 이동전화(셀룰라폰 및 PCS)에서 방출되는 전자기장으로부터 인체가 국부적으로(특히, 머리 부분) 노출되는 환경에 적용
- 적용대상: 이동전화(셀룰라폰 및 PCS)에만 적용(일반인 기준)
- 주파수범위: 100 kHz~10 GHz
- 적용예외: 없음
- 기준내용: 휴대전화에 의해 인체의 머리 부분에 흡수되는 조직의 단위질량당 전자파 에너지 흡수율에 대한 최대치를 규정하고 있음

4-4 고시안에서 제외시킨 내용

4-4-1 유도 및 접촉전류

- 목적: 손목, 발목, 손가락, 발가락의 화상 및 쇼크 방지(최대 약 300 MHz 이하: 기준마다 주파수 다름(표 2 참조))
- 포함 여부: 고시안에서 제외시키기로 결정
- 이유: 측정상의 어려움

4-4-2 기본한계

- 내용: 전자기장에 대한 노출기준치를 초과하되

<표 2> 일반인에 대한 유도전류 및 접촉전류 제한치

기준	유도전류		접촉전류	
	주파수 (Hz)	최대 전류 (mA)	주파수 (Hz)	최대 전류 (mA)
ICNIRP	$10^7 \sim 1.1 \times 10^8$	100	$0.0 \sim 2.5 \times 10^3$ $2.5 \times 10^3 \sim 10^5$ $10^5 \sim 1.1 \times 10^8$	0.5 $2.0 \times 10^{-4} f$ 20
CENELEC	$10^7 \sim 10^8$	45	$0.1 \sim 7.5 \times 10^3$ $7.5 \times 10^3 \sim 10^5$ $10^5 \sim 3 \times 10^6$	1.5 $2.0 \times 10^{-4} f$ 20
IEEE/ANSI	$3 \times 10^3 \sim 10^5$ $10^5 \sim 10^8$	$4.5 \times 10^{-4} f$ 45	$3.0 \times 10^3 \sim 10^5$ $10^5 \sim 10^8$	$4.5 \times 10^{-4} f$ 45
JAPAN	$3 \times 10^5 \sim 3 \times 10^8$	45	$10^4 \sim 10^5$ $10^5 \sim 10^8$	$4.5 \times 10^{-4} f$ 45

라도 기본한계를 만족시키면 된다는 조항

- 목적: 실제 중요한 것은 기본한계로부터 도출된 전자기장강도는 최악의 조건을 고려한 보다 엄격한 값으로, 이를 완화하기 위함임.
- 포함 여부: 고시안에서 제외시키기로 결정
- 이유: 측정에 의해 증명하기 어려움

4-4-3 펄스 전자기장

- 내용: 레이다 등의 펄스파의 경우 첨두치가, 100 kHz 이하는 기준치의 1.5 배, 10 MHz 이상은 기준치의 32 배, 100 kHz ~ 10 MHz 대역은 1.5 배와 32 배를 보간한 값을 초과하지 않으면 됨.
- 목적: 펄스파의 실효치는 첨두치에 비해 매우 적으며, 높은 첨두치의 0.3 GHz ~ 수 GHz 주파수 범위의 펄스파가 열팽창에 의한 청각효과(윙윙거리는 소리)를 유발할 수 있으며, 확인되지는 않았으나 다른 영향도 있을 수 있으므로 이를 보호하기 위함(ICNIRP 기준 참조).

· 수치적 근거(ICNIRP 기준 참조):

- ① 100 kHz 이하는 정현파의 경우, 첨두치가 실효치의 1.4142 배임.
- ② 0.3 GHz ~ 수 GHz 의 주파수 범위에서, 30 μs 펄스의 청각효과에 대한 첨두 SAR 값의 임계치는 $130 \sim 520 \text{ W/kg}$ 이므로 마진을 두어 1,000 배로 제한.
- ③ 전반적으로 과학적 증거가 미약함을 ICNIRP 기준에서도 언급하고 있음.
- 인체보호기준에 포함된 사례:
 - ① INCIRP은 300 GHz의 전 주파수대역에서 펄스파에 대한 전자기장강도 첨두치를 설정
 - ② CENELEC은 300 MHz 이상의 $10 \mu s$ 이하로 지속되는 펄스에 대해 SA 한계치를 설정
 - ③ ANSI/IEEE는 0.1 MHz ~ 300 GHz 대역에서 펄스에 대한 첨두값 허용치를 수식형태로 주고 있음.
- 포함 여부: 이번에 제외시키고 추후에 검토하기로 결정
- 이유:
 - ① 인체영향에 대한 과학적 근거 미약
 - ② ICNIRP 기준에서 펄스에 대한 정의가 없고,

이를 고시에서 정의하기 어려움(타 기준은
펄스폭이 기준마다 다름)

V. 결 론

정보화 사회로의 발전과 더불어 다가오는 21세기에는 전파의 사용이 급증할 것이다. 일부 언론이나 유해론자들은 명확한 근거도 없는 상황에서 전자파의 부정적인 영향을 지나치게 강조하는 측면이 있다. 국내의 인체보호기준은 지금까지 연구된 연구 결과 중에서 과학적인 근거가 명확한 전자파의 영향으로부터 인체를 보호할 목적으로 제정된 것이며, 외국의 인체보호기준 중에서도 그 근거가 다소 불명확한 것들은 제외시킨 것이다.

현재 각국에서 논란이 되고 있는 미약한 전자파의 장기간 노출에 의한 비열적인 영향에 대해서는 객관적인 과학적 결론을 내리기 위해 WHO의 주도 하에 국제적으로 체계적인 연구를 수행하고 있고, 우리나라도 여기에 참여하여 다양한 연구를 수행하고 있다. 앞으로 전자파의 인체영향에 대한 새로운 연구결론이 도출되면 국내의 인체보호기준도 적절히 개정되어야 할 것이다.

우리는 현재 전력선이나 가전기기 등으로부터 방출되는 전자파 이외에도 무선통신기술의 발달로 인해 전파와 더불어 생활하고 있다고 해도 과언이 아니다. 따라서 앞으로 전자파의 인체영향에 대한 과학적이고 객관적인 연구를 통해 국민들의 전자파에 대한 막연한 불안감을 불식시킬은 물론, 연구결과들을 인체보호기준에 적절히 반영함으로써 생활주변의 전자파로부터 인체를 적절히 보호하면서 관련분야 산업도 균형있게 발전할 수 있도록 하여야 하겠다.

참고문헌

- [1] 전자기장 노출에 대한 인체 보호기준. 한국전자과학회, 1999.
- [2] 인체보호기준에 대한 전자기장 세기 측정방법, 한국전자과학회, 1999.
- [3] *Radio-Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to Electromagnetic Fields*, 전기통신기술심의회, 일본우정성, 1997.
- [4] Human exposure to electromagnetic fields - Low-frequency (0 Hz to 10 kHz), CENELEC DD ENV 50166-1, 1995.
- [5] Human exposure to electromagnetic fields - High-frequency (10 kHz to 300 GHz), CENELEC DD ENV 50166-1, 1995.
- [6] Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields(up to 300 GHz), ICNIRP, 1998.
- [7] IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, IEEE C95.1-1999, 1999.

≡ 필자소개 ≡

백정기

1978년: 서울대학교 전자공학과(공학사)

1984년: Virginia Tech(공학석사)

1988년: Virginia Tech(공학박사)

1978년 3월~1983년 2월: 국방과학연구소



1988년 10월~1989년 2월: 한국전자통신연구원

1989년 3월~1995년 2월: 동아대학교 전자공학과

1995년 2월~현재: 충남대학교 전파공학과 부교수

2000년 9월~현재: 충남대학교 부설 전자파기술연구소장

[주 관심분야] 전자파 전파 및 산란, 전자기장의 생체영향