

컴퓨터 모니터에서의 전자파 발생현황 및 국제관련기구 안전기준과의 비교분석에 관한 연구

이동훈* 설병수** 신중현*** 류상민***

* : 부경대학교 산업시스템안전공학부 교수, ** : 한국전기안전공사 부산지사

*** : 부경대학교 안전공학과 대학원

I. 서론

근래에 들어와 산업화가 급속히 진행되면서 공해문제가 심각하게 대두된 것과 마찬가지로 전자산업의 발달에 힘입어 전자공학을 응용한 여러 종류의 다양한 장비가 널리 보급됨에 따라 전자파 공해문제가 꾸준히 제기되었다.¹⁾ 이를 전자파 장애 (EMI : Electromagnetic Interference)라고 한다. 특히 컴퓨터 화면에서 전자파가 발생되어 사용자에게 심각한 영향을 준다는 VDT증후군, 전력선 주변의 주민들에게 발생된다는 백혈병, 휴대폰의 사용에 의하여 발생할 수 있다는 뇌암 등, 인체에 해로운 효과가 발생된다는 검증된 또는 검증되지 않은 내용이 마스크에 의하여 그대로 전달됨으로 인하여 전문적 지식이 부족한 일반인들에게 상당한 심리적 압박을 주어 왔다.^{2~3)}

전자파(Electromagnetic Wave)란 전기장과 자기장이 교번적으로 바뀌면서 광속으로 전달되는 파동이다. 보통 전파(Radio wave) 또는 고주파(High frequency)라고도 불리지만, 엄밀히 말하자면 전자파는 아주 넓은 주파수 대역(Spectrum)을 포함한다. 저주파에서 고주파, 마이크로파, 밀리미터파, 원적외선, 적외선, 가시광선, 자외선, X선, 감마선 및 우주선이 모두 전자파에 포함한다. 태양에서 지구로 오는 거의 모든 에너지가 바로 전자파의 형태로 전달된다. 이 에너지로서 지구의 대기온도가 일정히 유지되어 생물이 생존할 수 있고 식물은 광합성을 할 수 있는 만큼, 전자파란 일단 유익한 것으로 보아야 한다. 이렇게 자연발생적인 전자파가 있는가하면, 각종 전기·전자기기에서 생성된 인위적인 유해한 전자파도 함께 존재한다.

본 연구는 이에 대한 기초적인 연구 조사로서 우선 국내에서 생산, 시판되고 있는 Computer의 VDT(Visual Display Terminal)에서 발산되는 전자파 복사량을 ELF, RF별로 전계 및 자계의 세기를 측정하고, 외국의 전자파 인체 노출 안전 기준에 적용하여 그 유해성을 분석하고, 현재 선진국에서 일방적으로 끌여가고 있는 전자장의 생체영향연구를 국내에서도 수행하는데 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적을 두고 있다.

II. 전자파 인체 노출 안전기준에 대한 국내의 동향

인체 관련 전자파 연구는 크게 인체보호 기준분야와 전자파의 인체유해 관련

분야로 나뉘어 연구되고 있으며, 인체보호 기준분야는 국외 전자파 인체보호 기준분석 및 국내 전자파 환경 측정으로 이루어져 있고, 인체유해 관련분야는 동물 실험, 역학 조사, SAR 측정 및 분석으로 구성되어 있다.

전자파의 인체 유해성 여부가 사회적 문제로 부각되면서 정부는 EMI에 대해서는 1989년부터 전자파장해 검정규칙을 제정하여 시행하고 있으며, 1996년에는 전자파 장해 기준을 국제 기준인 CISPR(Comite International Special des Perturbations Radioelectriques)기준으로 상향 조정하였고, 1997년에는 현행 검정 제도를 등록제도로 전환하여 국가 중심의 규제제도를 민간으로 대폭 이양하였다. 또한 1996년 정부는 선진국의 추세에 따라 EMS에 대한 기준 및 시험 방법을 제정하였으며, 자동차에 대해서는 1997년 7월 1일부터 시행하고 나머지 기기들은 2000년 1월 1일부터 시행 예정이다. 전자파의 인체 유해성 여부가 부각되면서 1996년 3월 한국전자파학회에서는 『전자장과 생체관계 연구회』를 발족하여 이에 대한 본격적인 연구에 착수하여 현재 활발한 연구가 진행되고 있으며, 금년에는 국민들의 불안감을 해소하기 위해 인체 보호 기준을 제정하여 권고하고, 전자파적합 등록 제도의 개선을 추진할 계획이다.

한편 국외에서는 RF/MW 대역 전자파의 생체효과에 대한 학회가 미국 매릴랜드에서 1953년 4월 처음 개최된 이래 이 분야에 대해 많은 연구결과가 발표되었다. 이러한 축적된 연구결과들을 토대로 미국, 소련을 비롯한 세계의 주요국들은 1970년대 후반에서 1980년대에 전자파에 대한 인체보호기준을 마련하였다. 그리고 미국의 FCC(Federal Communication Commission)는 1996년 8월 전자파의 인체장해에 관련된 기준을 제정하고 1997년 1월부터 전자파 방출기기에 대한 강제규정으로 적용시키기에 이르렀다. 노출기준 설정시 이상적으로는 인체의 위해 가능성이 전혀 없는 수준으로 기준치를 낮추면 좋으나 실제적으로는 기준치 설정에 따른 경제적인 충격과 위해 가능성에 대한 위험을 적절히 고려하여야 하므로 (risk - benefit analysis) 직업환경의 경우 사용자와 노동자, 일반대중의 경우 전자파 관련 사업자와 보건단체간의 적절한 합의가 있어야 한다. 또한 주어진 노출기준을 정확히 측정할 수 있는 장치 및 방법에 대한 실제적인 측면도 적절히 고려되어야 한다. 예컨대 미국을 비롯한 서구권은 경제적인 측면을 강조하여 노출기준이 다소 높을 수 있지만 인체 위해에 대한 과학적 근거가 확보되면 낮춘다는 관점에서 인체보호기준을 설정하였고, 소련을 비롯한 동구권에서는 경제적, 기술적인 허용 범위내에서 최대한 낮게 안전기준을 설정하고 유해 가능성이 없다는 충분한 근거가 확보되면 기준치를 높인다는 관점을 견지하고 있다. (동구권의 기준은 서구권의 기준에 비해 10 ~ 100배 정도 엄격함)

이외에도 미국의 IEEE/ANSI 및 FCC기준, 유럽의 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization) 표준규격 및 IRPA(International Radiation Protection Association) 등이 기준을 마련하고 있는 실정이다.

III. 실험 및 고찰

III - 1. 실험장치 및 방법

전자기장과 생체와의 상호작용을 이해하기 위해서는 전자기장이 생체내부에서 얼마만큼 흡수되는가를 파악하는 것으로부터 시작된다고 할 수 있다. 우리 생활 환경 주변에 퍼져있는 전자기장이 생체에 흡수되는 정도는 여러 가지 전자기장을 결정짓는 변수 즉, 주파수, 세기, 파형 및 생체의 유전성질 등이 서로 복잡한 함수관계를 갖고 있어서 이를 정량적으로 측정하는 것은 매우 어려운 문제이다. 더구나, 인체에 흡수되는 정도도 주위의 전자기장의 크기에 직접적인 영향을 받으므로 우리 생활주변의 전자기적인 환경을 파악하는 것은 매우 중요한 작업이다. 저주파영역에서는 전자계에 의해 인체에 유도된 유도전류밀도를 고주파영역에서는 인체에 흡수된 전자파에너지, 즉 비흡수율(Specific Absorption Rate)를 기본적인 노출량으로 하여야 하나, 이는 측정이 어려우므로 측정 가능한 전계 및 자계강도로 측정한다.

따라서 본 실험에서는 기초적인 연구 조사로서 우선 우리 생활 주변에 널리 사용되고 있는 컴퓨터 모니터에서 발산되는 주파수별로 전기·자기장의 세기를 측정하여 외국의 기준과 비교하였다. 그림 1은 본 실험장치의 개략도를 나타내고 있다. 전자기장의 측정은 60Hz의 저주파수대와 30 MHz ~ 1 GHz의 고주파수대로 나누어 실시하였다. 60Hz 저주파수에서의 전자기장 측정은 ELF 전자계측정기(ELF/Power Frequency EMF Survey Meter, Model HI-3604, HOLADAY INDUSTRIES, USA)를 사용하였고, 한편 고주파수대의 전자기장측정은 스펙트럼 아날라이저(Spectrum Analyser, Model R3261C ADVANTEST, JAPAN)로 광대역에 걸친 주파수별 컴퓨터 모니터의 출력상황을 개괄적으로 측정한 후 강한 전계 세기의 주파수에서 개별적으로 6분간 평균을 취하였다. 이 때 각기종(14", 15", 17" 및 20")별로 컴퓨터 모니터의 전, 후, 측면에서 전계 및 자계강도를 수평적 이격거리에 따라 측정하였다. 또한 인체와의 상호작용을 고려하기 위하여 우리 몸의 중요부분(머리부분)에 위치한 지상 1.6m 높이에서 측정하였다.

한편 컴퓨터 모니터로부터의 정확한 방사 전자기장 세기를 측정하기 위하여 주변환경의 수많은 노이즈원으로부터 차폐를 실시하기 위하여 전자파차폐실(RF Shielding Room, 크기 : 4m(W) × 4m(D) × 4m(H), 2cm 두께의 합판 양면에 0.6 mm 정도의 아연도 강판을 접착한 구조)내에서 모든 측정 실험을 행하였다.

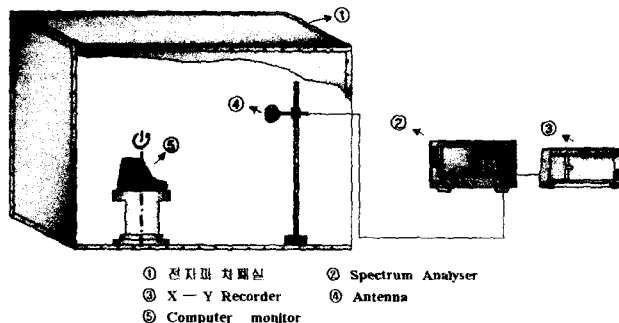


그림 1. 실험장치의 개략도

III-2 실험결과 및 고찰

표1은 고주파수대(30~1,000MHz)에서의 컴퓨터 모니터 각 기종별(14", 15", 및 17")과 컴퓨터 모니터와 Spectrum Analyzer의 수신 안테나와의 수평적 이격거리(0.5m, 1.0m, 및 1.5m)에 따른 컴퓨터 모니터로부터 발산되는 전계강도의 측정값 및 관련 국제기구의 안전기준과 비교를 한 것이다.

- ① 14"모니터의 경우 : 249.5MHz 주파수에서 발산 전계강도가 14.53~19.32 V/m로 나타났고, 350MHz 주파수에서는 12~13.74 V/m로 측정되었다. 표1에서 알 수 있듯이 이는 관련 국제기구 기준값의 대략 44~70%(일반인) 및 20~31%(직업인) 정도로 일반인의 경우가 직업인 보다는 2.2~2.3배 정도로 비교적 높게 나타났음을 알 수 있었다.
- ② 15"모니터의 경우 : 249.5MHz 주파수에서 발산전계강도가 12.37~15.76 V/m로 나타났고, 350MHz 주파수에서는 발산전계강도가 13.02 V/m 및 107.9 MHz 주파수에서는 발산전계강도가 12.55 V/m로 측정되었다. 이는 관련 국제기구 기준값의 대략 45~61%(일반인) 및 20~26%(직업인) 정도로 14"와 같이 일반인의 경우가 직업인 보다는 2.2~2.3배 정도 비교적 높게 나타났으나, 전체적으로는 14"에 비해서는 오히려 5~10% 정도 적게 나타났다.
- ③ 17"모니터의 경우 : 249.5MHz 주파수에서 발산전계강도가 11.40~18.65 V/m로 나타났고, 350MHz 주파수에서는 발산전계강도가 13.62 V/m 및 325 MHz 주파수에서는 발산전계강도가 11.51 V/m로 측정되었다. 이는 관련 국제기구 기준값의 대략 41~68%(일반인) 및 19~30%(직업인) 정도로 14"의 경우와 같이 일반인의 경우가 직업인 보다는 2.2~2.3배 정도로 나타났으며, 15"와는 비슷한 값을 나타내었다.

표1. 각 기종별 고주파수대(30~100MHz)에서의 발산전계강도 측정값 및 국제안전기준과의 비교표

	단위(V/m)											
	0.5 m				1.0 m				1.5 m			
	正面	左面	右面	後面	正面	左面	右面	後面	正面	左面	右面	後面
14"	16.45 249.5MHz	13.74 249.5MHz	15.34 249.5MHz	16.79 249.5MHz	15.25 249.5MHz	15.98 249.5MHz	14.65 249.5MHz	19.32 249.5MHz	17.15 249.5MHz	13.17 249.5MHz	14.53 249.5MHz	12.03 249.5MHz
15"	12.37 249.5MHz	14.96 249.5MHz	12.55 249.5MHz	15.92 249.5MHz	14.73 249.5MHz	15.17 249.5MHz	16.30 249.5MHz	17.42 249.5MHz	14.79 249.5MHz	13.96 249.5MHz	13.03 249.5MHz	15.76 249.5MHz
17"	11.51 249.5MHz	17.70 249.5MHz	16.08 249.5MHz	13.76 249.5MHz	15.72 249.5MHz	18.65 249.5MHz	14.18 249.5MHz	11.40 249.5MHz	15.31 249.5MHz	14.81 249.5MHz	13.62 249.5MHz	13.17 249.5MHz
관련국제기구의 안전기준												
	일반인						직업인					
ANSI/IEEE	27.5 V/m						61.4 V/m					
IRPA/ICNIRP	27.5 V/m						61 V/m					
CENELEC	27.5 V/m						61.4 V/m					
NRPB	-						62.5 V/m					
TCO	-						60 V/m					

< 단, 전계측정값은 최대값을 나타냄, 측정기기 : ADVANTEST R3261C >

표2는 60Hz(Extremely Low Frequency)에서의 각 기종별 (14", 15", 17" 및 20") 및 컴퓨터 모니터와 ELF 전자계 측정기와의 수평적 이격거리 (0.25m, 0.5m)에 따른 컴퓨터 모니터로 부터 발산되는 전계강도 및 자계강도의 측정값 및 관련국제기구 안전기준과 비교한 것이다. 표2에서 알 수 있듯이 14", 15", 17" 및 20" 모니터 전체의 경우 ANSI, IRPA, CENELEC, WHO 및 ACGIH 의 안전 기준 보다는 훨씬 적은 값을 나타내고 있으나, 스웨덴의 MPR 및 TCO 규격에는 거의 접근 또는 상회하는 정도의 높은 자계강도 값을 나타내고 있다.

표1. 60Hz 에서의 전계와자계세기 측정값 및 국제규격

온도:28±2℃, 습도:35±5%RH

	측정값															
	전계(V/m)								자계(μT)							
	0.25 m				0.5 m				0.25 m				0.5 m			
	正面	左面	右面	後面	正面	左面	右面	後面	正面	左面	右面	後面	正面	左面	右面	後面
14"	110.5	89.3	78.2	62.3	26.7	19.7	18.9	16.8	0.017	0.046	0.067	0.044	0.017	0.024	0.028	0.017
15"	104.1	99.1	79.5	66	28.2	26.1	25.7	18.7	0.016	0.048	0.019	0.024	0.016	0.019	0.016	0.016
17"	110.9	93	84.2	76.7	34.5	26	27	22	0.017	0.043	0.037	0.017	0.015	0.019	0.017	0.015
20"	97.9	98.2	100.8	67.3	35.8	35.8	28.7	25.6	0.014	0.017	0.014	0.015	0.014	0.014	0.014	0.014
	전계								자계							
	일반인				직업인				일반인				직업인			
ANSI/IEEE	610V/m				610V/m				200 μT				200 μT			
IRPA/ICNIRP	5KV/m				10KV/m				100 μT				500 μT			
CENELEC	10KV/m				25KV/m				530 μT				1,300 μT			
WHO	10KV/m				10KV/m				-				-			
ACGIH	1KV/m				25KV/m				1,000 μT				-			
MPR	25KV/m(50cm)				-				0.25 μT(50cm)				-			
TCO	1V/m(30cm)				-				0.2 μT(30cm)				-			

< 단, 전계측정값은 최대값을 나타냄, 측정기기 : HOLADAY HI - 3604 >

IV. 결론

본 연구는 컴퓨터 모니터의 각 기종별로 발산하는 전계 및 자계강도를 측정하여 관련 국제기구의 안전기준과 비교한 전자파 관련 기초 조사 연구로서 향후 국내의 전자파 노출 허용기준 제정 및 국내 전자·전기 제품에 전자파에 대한 기초자료를 제공하는데 그 의의가 있었다. 본 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째 : 고주파수대(30~1,000MHz)에서 컴퓨터 모니터에서 발산되는 전자파는 국제기구의 안전기준보다는 다소 낮은 41~70%(일반인) 및 19~31%(직업인)으로 나타났으며

둘째 : 저주파수대(60Hz)에서 컴퓨터 모니터에서 발산되는 전자파는 스웨덴 MPR 및 TCO를 제외한 국제기구의 안전기준보다는 훨씬 적은 값(1%

이하)으로 나타났으나, MPR 및 TCO의 안전기준에는 거의 접근 또는 상회하는 값으로 나타났음을 알 수 있었다. 그러나 향후 관련 국제기구들이 전자파 관련 안전기준을 상향 조정하는 추세이므로 국내에서도 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

참고문헌

1. Martin Blank, *Electromagnetic Fields Biological Interactions and Mechanisms*, Advances in Chemistry Series 250, American chemical Society Washington, DC 1995.
2. N. Wertheimer and E. Leeper, "Electrical wiring configuration and childhood cancers," *Am. J. Epidemiol.*, 109, 273-284, 1979.
3. 이기철, "전자파와 인체," 한국전자파기술학회 주최 1995년도 기술강연회 프로시딩 pp. 39-68, 1995년 6월.