

# 전자파 환경의 전자기장 방출과 그 영향에 대한 고찰

윤광열\*

## A Study on Electromagnetic Field Emission and Its Effect on Electromagnetic Environment

Kwang-Yeol Yoon\*

요 약

EMF (전자기장)는 지식 기반 정보 사회에서 살기 위한 귀중한 자원 중 하나다. EMF는 우리의 삶을 쉽고 편리하게 만들어주는 가전제품과 휴대 전화, 개인용 컴퓨터, 의료 기기 및 방송 타워 등의 정보 통신 기기에 사용된다. 그러나 EMF 노출과 관련된 생물학적 유해성은 전기 통신 장치로부터의 신호도 증가하고 있다. 인체에 대한 EMF 노출의 영향에 대한 연구가 오랫동안 수행되었지만 EMF 효과가 유해한 지 여부는 아직 증명되지 않았다. 본 논문에서는 생활주변의 각종 전자기기로부터 방출 되는 전자장과 그 영향에 대해서 고찰한다.

### ABSTRACT

EMF (Electromagnetic Field) is a valuable resource for living in a knowledge-based information society. The EMF is used in home appliances that make our lives easy and convenient, and in telecommunication devices such as mobile phones, personal computers, medical devices and broadcasting towers. However, the biological hazards associated with EMF exposure are also increasing in signal from telecommunication devices. Studies of the effects of EMF exposure on humans have been conducted for a long time, but it has not yet been demonstrated whether the EMF effect is harmful. In this paper, we examine the electromagnetic field emitted from various electronic devices around living and its effect.

### 키워드

Electromagnetic Fields, Magnetic Field Strength, Biological Effects, Near Field, Electromagnetic Field Emission  
전자기장, 자기장 강도, 생물학적 영향, 근거리 장, 전자파 방출

## 1. 서 론

현대를 살고 있는 우리는 각종 전기 및 전자기장을 이용하는 문명이기에 전자파에 항상 노출되어 있다. 이들은 사용 또는 발생하는 신호의 주파수와 세기가 매우 다양하다. 그리고 기기가 전자기장을 복사하는 목적 또한 방송국 송신소, 이동통신기지국 및 이동통

신단말기(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

\* 교신저자: 계명대학교 전자공학과  
• 접수일 : 2019. 05. 13  
• 수정완료일 : 2019. 05. 29  
• 게재확정일 : 2019. 06. 15

• Received : May. 13, 2019, Revised : May. 29, 2019, Accepted : Jun. 15, 2019  
• Corresponding Author : Kwang-Yeol Yoon  
Dept. Electronics Engineering, Keimyung University,  
Email : yoonky@kmu.ac.kr

사용자가 해마다 증가하고 있고 사용횟수가 빈번하며, 무엇보다 인체에서 가장 중요한 부위인 머리에 근접하여 사용하는 기기이기 때문일 것이다.

미국, 캐나다, 호주에서는 이동통신 단말기에 대한 인체 노출 제한을 SAR(Specific Absorption Rate, 전자파흡수율)로서 규제하고 있으며 기타 선진국들은 유사하지만 각기 조금씩 상이한 SAR 노출 제한치를 권고하고 있으나 법적 규제는 아직 실시하지 않고 있다[1-4]. 미국, 유럽 등의 선진국에서 RF(무선주파수) 대역 전자기장의 생체 영향은 수십 년간 많은 실험실들의 연구 주제가 되었고, 최근에는 이동전화 사용 주파수 대역인 800~2,500MHz에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 대부분 통신관련 업체 또는 정부 지원에 의해 수행되고 있다. 그럼에도 불구하고 이런 연구의 대부분이 '휴대폰이 안전한가'에 대해 확신할 수 있는 결과를 내놓지 못하고 있는 실정이다[5-9].

전자파는 전기의 사용으로 발생하는 에너지의 형태로써 전계(電界)와 자계(磁界)의 합성파이다. 전자파는 우리 주변에 사용중인 전기기계 및 기구로부터 방출되는데 전기장파는 전기의 힘이 수직으로 미치는 공간을 말하며 미터당 볼트(V/m)로 표시하고, 자기장파는 자기의 힘이 수평으로 미치는 공간을 말하며 단위는 보통 밀리가우스(mG) 또는 나노테슬라(nT)로 표시한다.

전자파는 주파수(1초에 진동하는 횟수)에 따라 가정용 전원주파수 60Hz, 극저주파(0~kHz) 저주파(1k~500kHz), 통신주파(500kHz~300MHz), 마이크로웨이브(300MHz~300GHz)로 분류되고 적외선, 가시광선, 자외선, X선, 감마선 순으로 주파수가 높아지고 이중 극저주파와 저주파는 전계와 자계가 발생되어 인체가 장시간 노출되면 체온변화와 생체리듬이 깨져 질병으로 발전될 가능성이 크며, 심한 경우 뇌종양을 일으킬 수 있어 세계보건기구(WHO)가 조사에 나서는 등 전자파에 의한 유해성이 밝혀지고 있다.

주파수가 높은 강한 전자파가 인체에 도달하면 전신 또는 부분적으로 체온이 상승하여 건강에 영향을 준다는 것이 확인되어 있다. 이것을 열적 작용이라고 부른다. 주파수가 낮은 경우에는 체내에 유도된 전류가 신경을 자극하는데 이것을 자극작용이라고 부른다. 신경계의 기능은 체내의 전기 및 화학적 변화에 의하여 영향을 받으므로, 아주 강한 전자파는 스트레스를

일으키거나 심장질환, 혈액의 화학적 변화를 유발하여 인체에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 일반인이 일상생활에서 경험하는 약한 레벨의 전파에서는, 이러한 작용이 건강에 영향을 준다는 확실한 근거는 아직까지 없다.

본 연구에서는 전자파환경의 생활주변에서 사용하고 있는 전자기기로부터 방출되는 의도적인 자기장을 측정하고 그 영향에 대하여 고찰하도록 한다.

## II. 전자장의 영향

### 2.1 생활환경에서의 전자장이 미치는 영향

우리 생활주변의 의도적인 전파 발생원은 방송이나 통신용 안테나(방송국 및 중계소, 기지국, 선박이나 항공 통신용 송신장치, 인공위성 등), 이동전화 단말기(휴대폰, 워키토키 등), 레이더, 온열 치료용 의료기기, 전자기기 등이 있다.

최근의 전자파 유해성 논란의 대상은 송배전 선로나 가전제품 등에서의 극저주파(extremely low frequency: ELF)와 이동통신 단말기 사용과 기지국 시설의 증가에 따른 무선 주파수에서의 고주파(radio frequency: RF)이다. UN산하 국제암연구기구(IARC)는 1999년에 전자파를 발암인자 2등급으로 분류, 발암 가능성이 있는 물질로 규정했다. 세계보건기구에서는 1996년부터 2005년까지 0~300 GHz 사이의 전자파 노출에 대하여 국제적으로 일치된 기준을 마련하기 위해 건강영향평가와 환경영향평가 연구를 수행하고 있다. 여러 종류의 전자 가운데 인체에 영향을 미치는 전자파는 극저주파(ELF), 초저주파(VLF), 라디오파(RF) 및 마이크로웨이브(마이크로파) 등이다. 이는 두통, 시력 저하, 백혈병, 뇌종양, 인체에 누적된 뇌파 혼란 초래, 순환계 이상, 남자 생식기능 파괴, VDT증후군(Visual Display Terminal Syndrome) 및 안질환 유발 등 각종 질병에 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다. 각종 전기시설이나 전자제품 등에서 나오는 전자파는 무색, 무취로 우리의 눈에 보이지도 않고 더구나 피해가 금방 나타나는 게 아니다. 그러나 오래 누적되면서 자신도 모르는 사이에 증상이 심해지는 수가 많다. 전자파는 생체에서 열작용·비열작용·자극작용으로 피해를 준다. 열작용이란 조직세포의 온도를

순식간에 비정상적으로 상승시켜 기능 이상을 일으키거나 파괴하는 것이다. 생체에서 열작용의 피해가 가장 큰 곳은 뇌세포 등 열에 아주 약한 조직세포와 혈관세포가 거의 없는 눈의 수정체나 고환을 비롯한 생식기이다. 수정체는 렌즈와 비슷한 역할을 하는데, 두께의 조절에 의해서 가까운 곳과 먼 곳을 구별해서 볼 수 있으며 이것에 의해서 상이 맺히게 된다. 결국 눈의 수정체에 영향을 주기 때문에 시력에도 영향을 주게 된다. 비열작용이란 세포내 대사와 관련된 이온물질에 이상을 일으키고 종양세포의 억제 등 여러 기능을 가진 멜라토닌이라는 호르몬의 분비 이상을 초래, 심하면 각종 암을 발생케 하는 것을 의미한다[10]. 우리 몸의 신경 및 세포·호르몬 활동은 미세한 전기신호에 의해 조절되는데 인체가 강한 전자파에 노출될 경우 나트륨·칼륨과 같은 세포간 이온의 흐름이 교란돼 신체장애가 일어나게 된다.

보통 인체에 영향을 주는 자기장의 세기는 2~3mG(G는 가우스로 자기장의 단위, mG는 1/1000G) 이상이다. 지구자기장의 세기가 600mG인 것과 비교하면 이는 상당히 미약한 양이다. 그러나 전문가 들은 이 정도의 자기장으로도 인체에 미치는 영향은 작지 않다고 말한다. 지구자기장과 같은 안정된 자기장은 일정한 극성과 방향을 유지하고 있으므로 인체가 여기에 적응돼 있어 큰 해가 없다. 그러나 순간순간 바뀌는 자기장은 그 양이 미약하더라도 인체에 영향을 주기 때문이다.

이러한 부분은 전자파 환경에 따라 수치가 다르게 나타날 수 있다. 수치가 중요한 것이 아니고, 매일 얼마나 지속적으로 노출되느냐가 더욱 중요하다. 우리 인체는 기본적으로 전기가 통하고 있다. 인체의 미약한 전기신호 체계가 강한 전기장에 유도되면 비정상적인 전기가 흐르게 되며 사람의 체질에 따라 각종 질병을 유발시킨다. 우리 인체가 자기장에 노출되면 멜라토닌(Melatonin) 호르몬의 감소를 보인다[10]. 이로 인하여 발암의 빈도를 증가시키며 치명적인 세포막의 손상, 칼슘 이온 유출, 세포 신호와 생합성 경로변화 등으로 각종 질병을 유발시킨다.

만약 전자파의 유해성이 적나라하게 발표된다면, 기존의 전자전기제품을 만드는 전 세계의 대형 회사들은 전부 문을 닫아야 한다. 전자전기 부품 없이 자동차나 기계가 가동될 수 없는 이유이다. 이는 인류가

전자파를 피하려다 세계 경제공황 및 파멸에 직면하게 된다는 것을 뜻한다. 전자파가 인체에 미치는 영향은 전자장 피복에 따른 멜라토닌 생산 기능의 저하 및 리듬 변화의 가능성 검토와 전자파 환경에서의 인체 유도 평가를 고려해야 할 것이다.

### III. 전자기기의 근거리 전자파 영향

#### 3.1 생활환경에서의 근거리 자기장 측정 및 고찰

전자기장의 자기장(Magnetic Field Strength) 측정을 위한 실내 환경은 일반적인 사무실 및 집안을 가 상하였으며, 실내에서 일상 가장 많이 사용하는 전자기기를 대상으로 방출 자기장을 측정하였다. 측정에 사용한 장비는 NFA1000(3D-NF-Analyser)를 사용하였으며, 측정 주파수 범위는 5Hz~1000kHz이다.

측정기기의 자기장의 수치는 MKS단위인 nT(nano Tesla, 자속밀도)로서 표시되며 식 (1)과 같이 정의한다.

$$1T = 1 \text{ Wb/m}^2 \quad (1)$$

1mG = 100nT 또는 1T = 10,000G의 관계를 갖으며, 여기서 G(Gauss)는 자속밀도의 CGS단위로 자계의 세기를 나타내는 단위이다. 일반인에 대한 주파수 범위별 전자파강도의 기준은 표 1과 같다[11].

표 1. 주파수 범위별 전자파강도 기준  
Table 1. Electromagnetic intensity standard for each frequency range

Frequency(f)	Magnetic Flux Density(μT)	Electric Field Strength(V/m)
8Hz ~ 25Hz	5000/f	10,000
0.025kHz ~ 0.8kHz	5/f	250/f
0.8kHz ~ 3kHz	6.25	250/f
3kHz ~ 150kHz	6.25	87
0.15MHz ~ 1MHz	87	0.92/f
1MHz ~ 10MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0.92/f
10MHz ~ 400MHz	28	0.092
400MHz ~ 2,000MHz	1.375/f <sup>1/2</sup>	0.0046f <sup>1/2</sup>
2GHz ~ 300GHz	61	0.20

전자기기로부터 방출되는 자기장을 측정하기에 앞서, 자기장 측정치에 대한 비교 값 분석을 위하여 실내 환경에서 사용하고 있는 대부분의 전기사용을 차단하고 그때의 자기장 강도를 측정하였다. 그림 1에

자기장의 초기값을 표시하고, 이때의 자기장 강도는 4nT이다.



그림 1. 실내 자기장의 초기값(= 4nT)  
Fig. 1 Initial value of indoor magnetic field

사무실에서 가장 많이 사용하는 노트북을 이용하여, 작동 중 상태에서 노트북의 전원부, 본체 부분에 대해서 방출 전자파의 자기장을 측정하였다. 노트북의 전원부분에서 측정된 결과를 그림 2에 표시하였다. 측정 주파수 범위 5Hz~1000kHz 내의 자기장 강도는 58nT 이었으며, 그림 1에 표시한 자기장 초기값과 비교하면 14.5배 높은 것으로 나타났다.

그림 3에서는 노트북 전원부에서 주파수 대역별로 나누어 자기장을 측정하였다. 그림 3의 (a)는 60Hz에서 사용되는 자기장을 측정하였으며, 전기의 60Hz는 우리나라 상용 전기의 주파수이며, 일반적인 가정용 전기로 사용되고 있는 부분이다. (b)는 주파수가 100~120Hz 일 경우이며 이때의 측정값은 57nT이다. (c)는 150~180Hz 일 때 측정된 결과이며 이 주파수 대역에서의 자기장은 검출되지 않았다. (d)는 2kHz 이상일 때의 측정값이다. 따라서 노트북의 경우에는 다양한 주파수 대역에서의 전자파를 방출하고 있지만, 그 중 100~120Hz 사이에서의 자기장이 가장 많이 방출되고 있음을 알 수 있다.

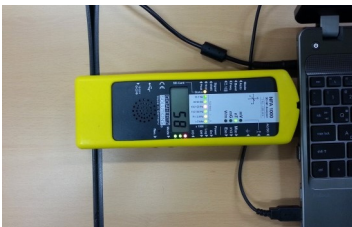


그림 2. 노트북 전원부의 자기장강도(= 85nT)  
Fig. 2 Magnetic field strength of notebook power



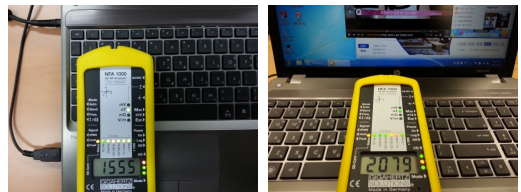
(a) 50~60Hz (b) 100~120Hz



(c) 150~180Hz (d) 180~2000Hz

그림 3. 주파수 대역별 방출 자기장 측정  
Fig. 3 Magnetic field measurement by frequency band

그림 4에서는 노트북 상판의 좌측, 중앙, 우측 부분에 대해서 방출 자기장을 측정하였다. 그림 4의 (a)~(c)의 측정 결과에서와 같이 노트북의 경우 본체 중앙 부분이 전자파 자기장의 세기가 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 노트북 본체의 중심 부분에는 컴퓨터의 주요 전자 부품장치 등이 많은 전기를 사용하고 있기 때문이다. 이 측정 결과는 노트북 본체의 구조에 따라서 달라 질 수가 있다.



(a) left side (b) center



(c) right side

그림 4. 위치에 따른 자기장 검출  
Fig. 4 Magnetic field detection by position

그림 5에서는 노트북의 상판에서 20cm 정도 높이에서 자기장 세기와 거리관계를 고찰하였다. 30cm이하의 근거리에서는 자기장 세기의 변화가 거의 없으나, 40cm이상 거리에서는 0.5배 정도 약해지는 것을 알 수 있다. 자기장의 세기는 거리에 반비례하며 어느 정도 이상의 거리에서는 자기장의 노출정도가 매우 약해지는 것을 알 수 있다.

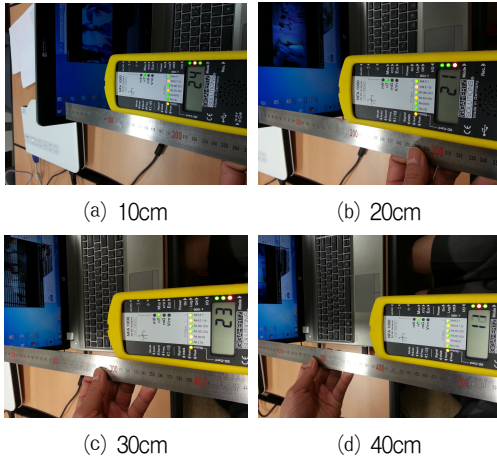


그림 5. 거리변화에 따른 자기장 세기  
Fig. 5 Magnetic Field Strength due to Distance Change

### 3.2 생활 전자기기의 자기장 방출

다양한 전자기기로 부터의 전자파 방출 측정을 위해 몇 가지의 생활 가전제품을 샘플로 정하고 각 전자기기의 대기전력 상태에서 먼저 측정하였다. 다음으로 전자기기가 작동 중일 때, 근접상태 및 30cm 이상 떨어진 지점에서 측정하여 비교하였다. 표 2 및 그림 6에 각 전자기기로 부터 방출되는 전자장의 측정 결과를 표시하였다.

표 2. 전자기기 별 자기장 측정 결과  
Table 2. Magnetic field measurement result by electronic equipment

Home Appliances	Magnetic Intensity(nT)		
	stand by power (ON)	work(close)	work(30cm)
Microwave Oven	671	19999	3005
Computer	72	834	190
TV	60	280	64
Refrigerator	46	263	72
Washing Machine	84	261	74
Electric Fan	81	6504	1626
Fluorescent Lamp	56	508	120

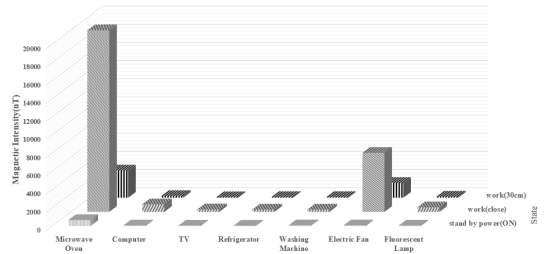


그림 6. 측정 상태에 따른 자기장 세기의 분포  
Fig. 6 Distribution of magnetic field intensity according to measurement state

자기장의 초기 값과 비교하면 대부분의 전자기기가 대기전력이 차단되지 않은 상태에서는 어느 정도의 전자장을 방출하고 있음을 알 수 있다. 특히 전자레인지의 경우 작동상태에서는 대기전력 상태 보다 약 30배가 큰 전자장을 방출하고 있음을 알 수 있다. 전자기기가 작동 중일 경우에는 대기전력 상태의 전자장 수치 보다 상당히 높은 수치의 전자장이 방출되고 있다. 주변에서 많이 사용하는 생활 가전기기의 측정에서는 전자레인지, 선풍기, 컴퓨터 순으로 전자장이 많이 방출 되고 있음을 알 수 있다.

## IV. 결론

우리 몸의 신경 및 세포·호르몬 활동은 미세한 전기신호에 의해 조절되는데 인체가 강한 전자파에 노출될 경우 나트륨·칼륨과 같은 세포 간 이온의 흐름이 교란돼 신체장애가 일어나게 된다. 지구자기장과

같은 안정된 자기장은 일정한 극성과 방향을 유지하고 있으므로 인체가 여기에 적용돼 있어 큰 해가 없다. 그러나 순간순간 바뀌는 자기장은 그 양이 미약하더라도 인체에 영향을 미칠 수 있다.

전자파의 유해로부터 벗어나려면 적극적인 방법과 소극적인 방법을 병행해야 한다. 자기장을 차폐하려면 제품을 설계를 할 때부터 자기장을 상쇄할 수 있는 구조를 포함하는 적극적인 방법이 고려되어야 한다.

전자기기의 전자장 방출 측정결과에서와 같이 전기제품을 쓰지 않을 때는 반드시 플러그를 뽑아 두는 습관이 필요하다. 대기전력 상태에서도 어느 정도의 전자장이 방출되고 있으므로 전자기기를 사용하지 않을 경우에는 플러그를 뽑아 두고, 작동 시에는 어느 정도 거리를 두고 사용하는 소극적 방법을 잘 활용하면 전자파 방지 뿐 아니라 절전효과도 있어 일석이조의 효과가 기대된다.

### References

[1] Ministry of Information and Communication, "Electromagnetic wave protection standard," *Technical report*, 2000.

[2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP), "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields(up to 300GHz)," *Health Physics*, vol. 74, no. 4, 1998, pp. 494-522.

[3] ANSI/IEEE Std. C95.1-1992, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Field, 3kHz~300GHz*, IEEE, New York, 1992.

[4] Ministry of Posts and Telecommunications, "Radio Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to Electromagnetic Fields," *Technical report*, Apr. 1997.

[5] K. Rothman, J. Loughlin, D. Funch, and N. Dreyer, "Overall Mortality of Cellular Telephone Customer," *Epidemiology*, vol. 7, 1996, pp. 303-305.

[6] J. Muscat, M. Malkin, S. Thompson, R. Shore, S.

Stellman, D. McRee, A. Neugut, and E. Wynder, "Handheld Cellular Telephone Use and Risk of Brain Cancer," *J. of the American Medical Association*, vol. 284, Dec. 2000, pp. 3001-3007.

[7] W. Choi and H. Shin, "Study on the Radio Regulations of the ITU Radio Regulations institutions and developed countries before and after regulations," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 6, June 2016, pp. 553-560.

[8] W. Choi and G. Seok, "Survey on ways to improve the system in preparation for changes in the radio management system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, Dec. 2018, pp. 1145-1154.

[9] H. Yoon and H. Shin, "A study on new radio wave law of system reorganization for korea," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 1, Mar. 2009, pp. 1-6.

[10] S. Hogn, "Effects of repeated nighttime exposures to 50Hz electromagnetic fields on the melatonin production and circadian rhythm," *Technical report*, 1997.

[11] Ministry of Information and Communication, "Study on Electromagnetic Wave Biomechanics and Standardization," *Technical report*, 2001.

### 저자 소개



#### 윤광열(Kwang-Yeol Yoon)

1994년 후쿠오카공업대학교 정보공학과 졸업(공학사)

1996년 후쿠오카공업대학교 정보공학과 졸업(공학석사)

2001년 큐슈대학교 대학원 시스템정보공학과 졸업(공학박사)

2001년 ~ 현재 계명대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 전파통신시스템, 전자파 전파