

## 전자파의 이용과 전자파 장애

## 전자파의 두 얼굴



鄭 樂 三

韓國표준과학연구원 · 전자기연구부장

우리의 현대생활은 거의 모든 면에 있어서 각종 전자파의 사용에 전적으로 의존하고 있다고 해도 지나치지 않다. 우리가 늘 사용하는 전력의 생산과 송전, 라디오, 텔레비전, 전화 등 각종 통신은 물론, 마이크로파 오븐으로부터 비행기나 선박의 항해, 우주탐색에 이르기까지 그 어느 것 하나 전자파가 아니었으면 상상도 할 수 없는 것들이다.

오늘날 이러한 전자파의 사용이 가능하게 된 것은 약 1백년 전 헤르츠(Hertz)가 인공적으로 전자파를 발생시킬 수 있었던데서 비롯되었다. 이렇게 귀중하고 긴요한 천연자원을 사용하게 되지 않았더라면 우리 사회는 본질적으로 지금과는 전혀 다른 모습이 되었을 것이다.

## 1. 전자파의 양면성

최근에는 반도체기술이 발달해 전자 및 컴퓨터 산업의 눈부신 발전을 가져오고 또한 전자파의 이용도 급격히 증가하게 되었다. 이에 따라 수 많

은 전기 전자기기들이 만들어져 우리의 생활을 편리하게 해준다. 이제는 이러한 기기들이 생활 필수품화돼 이들 없는 현대사회는 상상조차 하기 어렵다.

반면에 이 기기들이 발생하는 많은 전자파는 바람직하지 않은 면에서 우리 생활에 직접 또는 간접으로 영향을 미쳐 일반에게 잘 알려진 수질 오염, 대기오염, 소음 등과는 성격이 다른 환경공해인 스펙트럼오염을 발생시킨다.

전자파 간섭 또는 방해(EMI, Electro-Magnetic Interference)라고 부르는 이 공해는 인체에 직접 나쁜 영향을 주는 경우도 있지만, 많은 경우가 기기들의 정상 작동을 방해하여 우리 생활에 영향을 미치고 있다.

이러한 문제가 보다 심각해지기 전에 불필요한 전자파의 발생을 억제하고 불가피하게 당면하게 될 전자파의 환경오염에 대처할 방안을 미리 강구하는 것은 무엇보다도 긴요하고 시급한 일이다. 과학기술 선진국에서는 이에 관해 상당한 연구가 이루어졌고, 이미 실질적인 조치를 취하기 시작

했다.

이 글에서는 전자파에 대한 일반적 내용과 그 이용에 관해 소개한 후 전자파 방해의 현황 및 앞으로의 전망을 살펴보고자 한다.

## 2. 에너지의 이동

과학에서 파(波) 또는 파동(waves)이라 함은 어떤 물체가 실제로 이동하지 않고 에너지가 한 곳에서 다른 곳으로 이동하는 것을 가리킨다. 이를 좀더 쉽게 이해하기 위해서 파동이 물체를 이동시키지 않고 어떻게 에너지만 이동시키는가를 보여주는 간단한 예를 들어보자. 한사람이 밧줄의 한 끝을 잡아 고정시키고 또 한사람이 밧줄의 다른 끝을 잡아 규칙적으로 반복하여 아래 위로 흔들면 물결같은 운동이 형성하는 것을 볼 수 있다. 이것을 따라 에너지가 밧줄의 한 부분에서 다른 부분으로 이동하는데, 이때 밧줄은 파동의 진행 방향과 수직 방향으로(아래 위로) 움직이나 밧줄 자체는 파동을 따라 진행하지 않는다.

많은 종류의 파동이 물질을 통해서(물질 내부나 어떤 물체의 표면을 타고) 진행하는데 이렇게 파동을 진행시키는 물질을 파동의 매질(medium)이라고 한다. 위에서 예로 든 밧줄 파동에서는 밧줄이 매질이며, 발성체로부터 귀에 전해지는 음파의 경우는 대개 공기가 매질이며, 바다의 파도는 물의 표면으로 진행한다.

그러나 어떤 파동은 물질적인 매질이 없이 진공에서도 진행할 수 있는데 전자파가 이에 해당하며, 바로 이 점 때문에 사람들은 전자파를 전기장과 자기장의 세기가 주기적으로 변함에 따라 전파하는 파동현상으로 그 매질은 전자기장(electromagnetic field)이며 다른 파동과 같이 물질적인 매질을 갖지 않는다. 여기서 장(field)은 중력이나 전자기력 같은 물리적인 성질로 특성지어질 수 있는 공간을 말하며, 중력장에서는 질량을 가지고 있는 물체가 힘(무게)을 느끼며 전자기장에서는 전기를 띤 물체가 힘을 느낀다.

파동은 진행방향과 매질의 운동방향의 관계에 따라 두 가지로 나눌 수 있는데 매질의 운동 방

향이 파동의 진행 방향에 수직인 경우를 횡파라고 하며, 평행인 경우를 종파라고 한다. 음파는 매질(대개 공기)이 소리의 진행 방향과 같은 방향으로 진동하므로 종파이며, 밧줄의 파동은 횡파이다. 전자파는 전기장과 자기장이 파동의 진행 방향에 각각 수직으로 진동하므로 횡파이다.

이러한 파동은 어떤 양(공기의 밀도, 물결의 높이, 전자기장의 세기 등)의 크기로 특성을 기술할 수 있다. 파의 마루에서 마루까지(또는 골에서 골까지)의 거리를 '파장'이라고 하며, 일정한 시간 동안에 몇개의 파장이 진행하나 즉, 단위 시간에 몇번 진동하는가를 나타내는 것이 '주파수'이며, 1초 동안 진동하는 수를 Hz(헤르츠)로 나타낸다. 따라서 파장과 주파수를 곱한 것은 단위시간에 얼마나 많은 파동이 진행하나를 나타내므로 곧 파동의 전파속도가 된다. 이러한 파동의 '전파속도'는 매질의 상태에만 관계되고 파장에는 관계가 없다. 예를 들면 전자파는 진공중에서 1초 동안 약 3억미터의 일정한 속도(정확히는 299,792,458m/초)로 진행한다. 따라서 전자파는 주파수가 높으면 파장이 짧고 주파수가 낮으면 파장이 길다.

## 3. 파장에 따라 구분

라디오나 TV에 전달되는 라디오파, 시외전화나 국제전화에 사용되는 극초단파, 우리 눈으로 볼 수 있는 태양이나 전등의 빛(가시광선), 그리고 병원에서 쓰는 X-선 등이 모두 전자파인데 이들이 전혀 다른 것 같이 보이는 것은 그들의 파장이 다르기 때문이다. 이와 같이 전자파는 주파수(또는 파장)에 따라서 특성이 다르므로 주파수에 의해 전자파의 영역이 분리되고 이에 따라 연구하는 방법도 다르다. 빛이 전자파의 일종이라고 말하고 눈에 보이지 않는 전자파가 있음을 처음으로 예언한 사람은 맥스웰(Maxwell)이며 1864년의 일이었다. 그 뒤 1888년에 헤르츠가 전하를 진동시켜 최초의 인공적인 전자파를 발생시켜 맥스웰의 이론을 증명하였다. 주파수의 단위 Hz(Hertz)는 그의 이름을 따른 것이다.

이러한 전자파의 주파수 범위는 수 Hz부터  $10^{23}$ Hz에 이르는 방대한 영역을 차지하는데 주파수에 따라 분류하여 띠를 만든 것을 전자파 스펙트럼이라 한다. 이 전자파가 주파수 특성에 따라 어떻게 이용되고 있는지 주파수대의 명칭과 그 주요 용도가 <표1>에 나타나 있다.

표 1. 전자파 스펙트럼과 주요 용도

주파수(파장)	명 칭	주요 용도
3kHz(100km)	VLF	해상통신, 표준시간, 주파수 방송
30kHz(10km)	LF	선박 및 항공기 유도 beacon 선박기상통보
300kHz(1km)	MF	AM 방송 SOS신호(500kHz)
3MHz(100m)	HF	국제방송, 시민방송 어업무선, 아마추어무선
30MHz(10m)	VHF	VHF TV(ch.2-ch.3) 경찰 및 택시 무선통신
300MHz(1km)	UHF	UHF TV(ch.14-ch.83) 경찰 및 택시 무선통화
3GHz(10cm)	SHF	시의 및 국제 전화 각종 레이더
30GHz(1cm)	EHF	우주통신, 전파천문학 (mm파) 단거리 군통신
300GHz(1mm)	(submm파)	미래의 통신 레이더
3THz(100μm)		대기오염측정, 레이저기술 광섬유 통신
30THz(10μm)	적외선	
300THz(1μm)	가시광선	태양광, 레이저기술
3PHz(100nm)	자외선	멸균, 소독

3백Hz에서 3MHz의 MF 주파수대는 중파라고 불리며, 우리가 잘 아는 AM 방송(535~1650kHz)과 SOS(500kHz)신호가 이에 속한다. 3MHz에서 30MHz의 HF 주파수대는 단파라고 부르며 주로 해외로 보내는 단파방송과 아마추어 무선, 시민방송(CB)에 사용된다.

30MHz에서 3백 MHz의 VHF 주파수대에는 FM방송(88~108MHz)과 VHF TV(채널 2~6은 54~88MHz를, 채널 7~13은 174~216MHz를 사용)가 주요한 용도가 되고 있다. 3백MHz에서

3GHz의 UHF 주파수대는 UHF TV(채널 14~83이 470~890MHz사용)가 이에 속하며, 마이크로파오븐이 2.45GHz를 사용하고 있다.

3~30GHz의 SHF 주파수대는 보통 마이크로파라고 부르며, 대부분의 마이크로파 통신과 레이다가 이 주파수대에 속한다. 제2차 세계대전에서 처음으로 레이다가 개발된 것은 이 주파수대이며 이를 연유로 해서 지금도 8.2~12.4GHz 사이를 X-밴드(band)라 부른다. 현재의 TV 위성중계 등 대부분의 인공위성을 이용한 통신이 모두 이 주파수대에서 행해진다.

3백GHz에서  $10^{23}$ Hz 정도까지는 서브밀리미터 파, 적외선, 가시광선(빛), 자외선을 거쳐 X-선, 감마선에 이르게 된다. 여기서 약 1PHz( $10^{15}$ Hz) 즉 파장으로는 약 4백~7백nm(1nm=0.0000001mm)의 지극히 작은 영역이 인간의 눈으로 볼 수 있는 전자파다. 이를 빛이라고 부르며, 빛이 전자파라고 알려지기 오래전부터도 이용되고 연구돼 왔다. 이 빛도 파장에 따라 다르게 보이는데, 이것이 곧 색으로 4백nm 근처가 보라색이며 파장이 길어짐에 따라 남 파랑 초록 노랑 주황색을 거쳐 7백nm 근처가 빨강색이다.

가시광선의 보라색보다 파장이 더 짧으면 인간의 눈으로 볼 수 없는데 이 영역이(약 4백nm부터 수nm까지) 자외선이다. 이 자외선의 이용으로는 우선 형광등을 들 수 있으며, 유리관안 표면에 입혀진 형광물질이 자외선을 받아 흡수하여 눈으로 볼 수 있는 형광을 발하게 된다. 또 해변에 가지 않고도 피부를 태울 수 있는 인공 태양 등은 바로 이 자외선 발생장치를 말한다.

X-선은 병원에서 인체내부에 이상이 있나를 찾아내고 진단하는데 사용되며 또한 암 치료에 사용된다. 특히 라듐에서 나오는 감마선은 암이나 피부병을 치료하는데 사용한다.

여기까지 전자파 전반에 관해 간단히 살펴 보았는데, 보통 전자파라 하면 적외선보다 파장이 긴 라디오파와 마이크로파를 뜻할 때가 많다. 다음은 특히 이 라디오파와 마이크로파 영역에서 최근에 대두되고 있는 전자파방해(EMI) 문제에 관해 알아보자.

#### 4. 잡음에서 출발했으나

EMI 문제가 처음 대두된 것은 1930년대로서 그 당시에는 전자파가 주로 라디오방송과 무선통신에 사용되었고 이 라디오파에 간섭을 일으켜 잡음이 나게 하는 것을 가리켰으며 '무선주파수 간섭'(RFI Radio Frequency Interference)이라 불렀다. 이 때는 전적으로 라디오 수신에서의 '전파 잡음' 문제를 다루었고 그 대상은 주로 신호 쇠퇴(fading)나 대기잡음과 같은 자연 현상들과 전기모터의 스파크, 자동차의 점화잡음 같은 비록 고의적은 아니더라도 인공적으로 발생하는 잡음 문제였다.

최근에는 앞에서 잠깐 말한대로 전자산업 및 컴퓨터기술의 발달로 전자파 이용분야 및 사용 주파수 영역이 엄청나게 확정되고 이에 따라 전자파 방해문제도 새로운 환경공해로 나타나게 되었다.

간단한 EMI의 예를 들면, 어떤 것은 거의 누구나 경험하는 것으로 대개 불쾌감이나 불편을 주는 것들로, 전기 면도기를 쓸 때 그 근처에 있는 라디오를 방해하여 '웅-' 소리나 '딱' 소리를 내게 하는 경우가 있다. 이는 전기 면도기에서 발생하는 전파 잡음이 전력선을 타고 따라가거나 공중으로 복사돼 라디오가 원하는 방송신호의 수신을 방해하기 때문이다. 다른 예를 들면 초인종이 울리거나 차폐가 제대로 안된 자동차가 밖에서 시동을 건 채 서있을 때 TV에 점들이나 점선들이 나타나거나 또는 화면이 멋대로 움직이는 경우가 있는데 이 모두가 전자파 방해의 결과이다.

#### 5. 로봇살인, 향로이탈도 가능

위의 경우는 단순히 불쾌감을 주는 정도일 수 있지만, 보다 심각한 예로서, 인공심장(heart pacemaker)을 가진 사람이 전기연장이나 차폐가 안된 자동차 옆에 있는 경우의 EMI 영향은 인공심장의 정상동작을 방해하게 된다. 이 결과는 단순한 불편으로 그치는 것이 아니라 그 사람의 의식을 잃게 하거나 또는 생명까지도 위협하게 하

는 결과를 가져온다.

현대 산업과 관련된 예로는, 얼마전 일본 자동차회공장의 로봇이 오동작을 일으켜 인명에 피해를 가져온 것이 EMI에 의한 자동제어장치의 잘못으로 나타났고, 우리나라에서 수출한 자동차의 자동정속 주행장치(cruise controller)가 가까이 부착된 고성능 라디오 때문에 오동작을 하는 것이 발견돼 시정해 준 사례도 있었다.

더 심한 경우는 험한 기상 조건을 만난 비행기들이 EMI로 운항에 차질을 빚거나 또는 폭우중 번개에 의해 컴퓨터 메모리가 지워지게 되어 항로를 이탈하거나 충돌을 일으킬 때다. 이 경우 많은 인명과 재산의 손실을 가져올 수 있다. 이외에도 군작전이나 전투중에 통신기나 레이더 또는 다른 첨단 전자장비 등의 전자파 방해 때문에 정상적인 동작을 못하게 되면 이는 곧 전투에 지는 결과를 가져올 수 있고, 경우에 따라서는 한 국가의 운명이 달라질 수도 있다.

이 때문에 스펙트럼오염을 일으키는 EMI 또는 전파잡음 문제는 일반인에게 쉽게 피부로 느껴지는 않지만 국가적 차원의 관심사가 되어, 미국 독일과 같은 선진국의 정부나 특정 산업체에서는 전기 전자기기에 특별한 EMI 관련 규제를 해오고 있다.

최근 우리나라에서도 관계법을 개정하여 이 문제를 국가적 차원에서 다루기 시작했으며, 한국 표준과학연구원을 비롯하여 관련 연구소들과 산업체에서 많은 연구를 하고 있다.

이러한 EMI 문제의 해결은 두 방향으로 이루어지는데 하나는 불필요한 전자파가 기기에서 새어나오지 못하게 하는 것이고, 다른 하나는 어느 정도 전자기장의 세기에는 견뎌내 정상동작을 할 수 있는 능력(내성이라고 함)을 갖게 하는 것이다. 이 모두 국가의 적절한 규제와 함께 연구를 위한 지원이 필요한 것은 물론이다.

#### 6. 인체에 어떤 영향을 주나

앞에서는 스펙트럼오염 또는 전자파방해의 대상이 기기인 경우를 살펴보면서 이에 의해 간접

적으로 어떻게 인명이나 산업 또는 사회에 영향을 끼치나 알아보았다. 이제는 전자파 환경오염의 대상이 기기가 아닌 사람인 경우를 살펴보자.

레이다나 마이크로오븐 같은 데서 나오는 강도 높은 전자파에 인체가 일정한 시간이상 노출되면 생체적인 해를 줄 수도 있다. 마이크로파오븐이 개발된 배경에는 레이다를 다루던 병사의 죽음이 있었다는 슬픈 얘기도 있다. 어느날 레이다 안테나 앞에서 일하던 병사가 걸보기에는 아무런 이상이 없이 죽었는데, 조사해 보니 속이 완전히 익어 있었다고 한다.

마이크로오븐에 사용되는 전자파의 주파수는 2.45GHz인데 이 주파수에서 물분자는 공진을 일

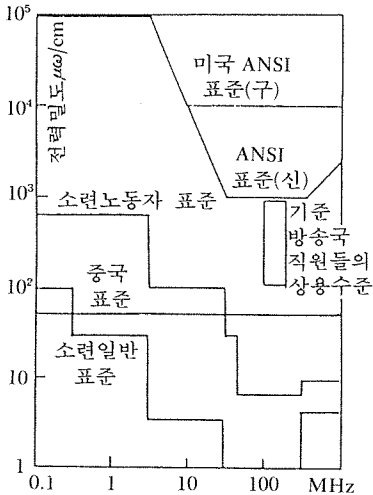


그림 1. 전자파 노출 허용기준

으킨다. 물이나 수분을 포함하고 있는 음식물이 주파수의 전자파로 쪼여지면 그 안에 물 분자가 공진을 일으켜 서로의 마찰에 의해서 열이 발생해 음식이 익게 된다. 이것을 전자파 에너지가 물에 흡수되었다고 한다. 따라서 자체에 수분을 포함하지 않은 사기그릇이나 플라스틱그릇 등은 전자파가 흡수되지 않고 그대로 투과하여 데워지지 않고 그 그릇 속에 담긴 물이나 음식만 뜨겁게 된다.

이렇게 전자파는 그 주파수에 따라서 생체에 무척 해로울 수도 있다. 그러면 어느 정도의 전자파 복사가 인체에 해로우냐하는 데는 아직도 논란이 많다. 인체에 해롭지 않은 전자파 복사의 한

계치를 정하는데 널리 사용되는 몇가지 표준이 있다. 그 중의 하나는 미국표준협회(ANSI, the American National Standards Institute)의 기준이며, <그림1>에 나타나 있다. 이 그림에는 또한 중국과 소련의 기준도 나타나 있다.

여기에 표시된 한계치 이상으로 노출되면 생식기관에 손상을 가져와 不妊을 일으키거나 안구에 손상을 가져와 백내장을 일으킬 수도 있다. 그러나 낮은 세기의 전자파에 오랫동안 노출됐을 경우 누적되는 전자파가 생체에 영향을 주는지 또는 순간적으로 강한 전자파가 인간 행동에 어떤 나쁜 영향을 주는지에 대해서는 잘 알려져 있지 않다. 일부 연구보고에 따르면 비록 약한 전자파라도 장시간 지속적으로 노출되면 인간의 중추신경에 영향을 준다고 한다. 컴퓨터터미널 앞에서 장시간 일하는 사람들이 머리가 자주 아프다는 얘기를 종종 듣는데, 그 원인이 눈의 피로에서 오는 것인지 또는 EMI에서 오는 것인지 알 수가 없으나 더 많은 조사와 연구가 이루어져야 할 것이다.

<그림1>에서 주목할 점은 새로운 ANSI기준(1982년 개정)이 1백 MHz 근처에서 종전보다 강화된 것과 소련의 기준은 전자파 분야 종사자와 일반 대중에 대한 기준이 다른데, 종사자에 대한 기준도 미국의 전체에 대한 기준보다 거의 1백배 정도나 더 엄격하다는 것이다. 참고로 방송국에서 일하는 사람의 경우(미국의 자료이나 다른 나라도 비슷할 것으로 생각됨) ANSI 기준에는 편찮은 것으로 나타나지만 소련기준으로는 허용치를 많이 벗어나고 있음을 볼 수 있다.

우리나라에서도 전자파 관련 산업이 급속히 발전하고 있는 추세이므로 명실공히 선진국 대열에 들기 위해서는 이에 관한 적절한 기준이 확립되어야 하고, 이에 앞서 관련 기술이 확립될 수 있도록 산업체, 연구소, 학교 그리고 관련 정부기관에서 많은 노력을 해야겠다.

◇ 이 글은 한국분석과학회 회지인 「분석과학」 제4권 2호에서 전재한 것임.....편집자