

# 전자파장해(EMI/EMC) 표준화 및 연구동향

## Current Status and Trend of Research and Standardization on EMI/EMC

권종화(J.H. Kwon)	전자파환경연구팀 연구원
박현호(H.H. Park)	전자파환경연구팀 선임연구원
최형도(H.D. Choi)	전자파환경연구팀 선임연구원
이형수(H.S. Lee)	전파기술연구부 책임연구원, 부장

최근 전기·전자 분야의 급속한 발전과 더불어 PCS 및 IMT-2000 등과 같은 무선 이동통신 서비스 사용이 증가함에 따라 전자파(Electromagnetic Wave)를 이용한 기술들이 하루가 다르게 개발되고 상용화되고 있다. 이러한 전자파 이용에 따른 역기능(inverse effect)으로 전자파 환경 오염에 대한 심각성과 국내·외 규제 기준의 폭이 점점 더 강화되고 있는 실정이다. 특히 전자파장해(EMC)에 대한 국제 규제 환경이 날로 강화되고 있어, 관련 분야의 제반 규제에 대한 기술적인 파악 및 대책 기술의 개발이 요구되고 있다. 본 고에서는 전자파장해 관련 국제 표준화 기구와 역할, 그리고 그러한 기구에서 논의중인 규제규격에 대해 알아보고, 이러한 기술기준에 대응하기 위한 노력의 일환으로 추진되어 온 국내·외 연구기관에서 수행된 전자파장해 관련 연구에 대해 기술하고자 한다.

## I. 서론

전기·전자산업과 정보통신 기술이 발달함에 따라 현대인들은 일상 생활에서의 편리함과 풍요로움을 누리는 반면 전자파에 의한 통신의 장애와 가정·산업용 전기·전자기기의 오동작(malfunction), 그리고 인체에 대한 유해성 논란 등의 부작용도 경험하고 있다. 또한 WTO(세계무역기구) 체제 하에서 진행되는 세계화의 추세가 국가간의 장벽을 허물고 세계를 하나의 시장으로 단일화하면서 기존의 관세 등과 같은 무역장벽의 영향력이 서서히 약화되는 반면 그 자리에 기술규격과 표준이 대신하면서 새로운 무역장벽의 수단으로 사용되고 있고 이와 맞물려 각국의 전자파장해(Electromagnetic Compatibility: EMC) 관련 기준이 점차 강화되어 가고 있다[1].

이에 따라 전자파장해로 인한 피해를 줄이고 기기

들로부터의 불요전자파 발생을 최소화 함으로써 국내에서 제작·생산되는 전기·전자기기에 대해 국내는 물론 국제적인 경쟁력을 향상시키기 위하여 생산 제품에 대한 전자파장해 방지 및 내성 기준설정과 관련된 각종 대책이 강구되고 있다. 이와 관련하여 제품개발 후 전자파장해 관련 문제발생 시에 설계변경이나 부수적인 부품을 이용하는 것과 같은 사후조치를 취하는 방식에서 최근 컴퓨터와 수치해석 기법의 급속한 발전으로 제품 혹은 시스템 제작 전에 적절한 수치해석 모델링을 통해 거의 실제 상황을 예측하여 충분히 분석한 후, 제작하는 과정으로 대책기술이 발전하고 있다. 또한 디지털 회로들이 소형화·집적화 되고, 동작 클럭 속도가 빨라짐에 따라 기존의 차폐구조물 해석이라든가 cable coupling 등 시스템 레벨에서의 문제들에 대한 대책에서 PCB 레벨 내지는 온칩 레벨의 EMI(Electromagnetic Interference)/EMC 문제

로 계속 확장되어 가고 있는 것이 국제적인 추세이다 [1],[2].

본 고에서는 전자파장해 관련 국제 표준화 기구와 역할, 그리고 그러한 기구에서 논의중인 규격 동향에 대해 알아보고, 이러한 기술기준에 대응하기 위한 노력의 일환으로 되어온 국내·외 연구기관에서 수행된 전자파장해 관련 연구동향에 대해 기술하고자 한다.

## II. 전자파장해 규격 동향

일반적으로 제작·유통되는 전기기기, 산업용·과학용·의료용(Industrial, Scientific, Medical: ISM) 기기, 정보기술기기(Information Technology Equipment: ITE)로부터 발생되는 불요전자파 관련 기준이 나라마다 다르다면 이것이 국제무역에 있어 비관세 장벽을 만드는 원인이 될 수 있고, 그러한 문제의 해결을 위해 각국의 주관청이 필요로 하는 통일된 국제기준의 개발이 필요하다. 또한 우리나라의 관련 제도 시행에 필요한 각종 전자·전기 기기의 불요전자파 허용기준과 측정방법을 표준화하여 정보사회 유지·발전에 기여하고 산업의 생산비용 절감 효과를 창출하며, 외국의 규제에 적극 대응할 수 있는 능력을 갖추기 위해 전자파장해 규격 관련 연구가 필요하다.

국제 사회의 전자파장해에 대한 관심은 유럽과 미국을 중심으로 시작되어 점차 전세계적으로 파급되고 있으며 현재는 공통된 규격을 적용하기 위한 작업이 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission: IEC) 산하의 국제무선장해특별위원회(International Special Committee on Radio Interference: CISPR)와 기술위원회(Technical Committee: TC) 77을 중심으로 본격화 되는 추세이다[3]. 국제전기기술위원회(IEC)는 표준화에 관한 제반문제와 전기 및 전자기술 관련 분야에 대한 국제간의 이해와 협력을 촉진하는 데 목적을 두고 있으며, 이러한 목적을 위해 IEC는 각 나라의 여건이 허용되는 한 각국의 국내위원회(National Commit-

tee)가 자국의 국가규격에 관한 그들의 업무에 적용할 수 있도록 국제규격 형식의 권고(recommendation)를 포함하는 간행물을 보급하고 있다.

세계 각국에서 시행하고 있는 전자파장해 관련 표준화 및 규제는 국제무선장해특별위원회(CISPR)와 TC77에서 작업한 표준규격에 근거하고 있으므로 상기 국제기구의 표준화 및 규격 동향을 파악하면 세계 각국의 전자파장해 관련 규제 변화에 대한 추이를 예측할 수 있을 것이다. 또한 그 외에도 UN 산하의 국제통신연합(International Telecommunication Union: ITU-R)과 국제표준화기구(International Standard Organization: ISO)에서도 EMC 관련 표준화가 논의되고 있다.

전자파장해와 관련된 국내규격은 1997년 정보통신부에서 고시된 전자파장해 방지규칙과 전자파 보호(내성)에 관한 규칙이 있으며 1999년부터 전파연구소에서 제·개정 작업을 추진하여 2000년 하반기에 새로운 기준을 고시할 예정이다. 국내규격은 자동차 분야를 제외하곤 거의 모든 분야에서 CISPR 규격을 최대한 반영하고 있는 실정이다.

### 1. IEC/CISPR

국제무선장해특별위원회(CISPR)는 국제전기기술위원회(IEC) 산하의 무선장해(radio interference) 현상과 관련되어 만들어진 특별위원회로서 1934년 최초의 공식회의를 개최한 후 매년 정기적인 회의를 개최하는 전자파장해에 관련된 가장 대표적인 국제기구로 성장해 오고 있다. IEC의 다른 기술위원회(TC)와 마찬가지로 CISPR 활동의 목적은 무선장해 현상과 관련된 문제 해결 및 표준화 제정을 위해 국제적인 협력을 도모하고, 협력의 결과로 무선장해 분야에 대한 표준을 제공하는 데 있다. 이러한 목적을 위해 CISPR은 다음과 같은 분야에 대한 연구를 수행한다[3].

- 1) 여러 가지 장애원에 의해 발생하는 불요전자파 차단
  - ① 전기·전자기기(electrical appliances of all types)

- ② 자동차 등에 사용되는 점화 시스템(ignition systems)
  - ③ 전력 시스템(electricity supply systems, including electric transport systems)
  - ④ 산업용, 과학용, 의료용(ISM) 기기
  - ⑤ 방송용 수신기기(sound and television broadcasting receivers)
  - ⑥ 정보기술기기(ITE)
- 2) 무선장해의 측정기법과 측정기기
  - 3) 장해원에 의해 발생하는 복사 전자파량 제한치 설정
  - 4) 무선장해에 대한 방송용 수신기기의 내성을 위한 요구사항

CISPR은 8개의 분과위원회(Sub-Commission: SC)로 구성되어 있는데 현재 각 분과위원회에서 담당하고 있는 분야와 2000년 CISPR 회의의 각 분과 위원회에서 논의중인 대표적인 사안을 <표 1>에 간단히 기술하였다.

국내에서는 1992년 폴란드 회의부터 참석하기 시작하여 매년 10여 명의 전문위원이 꾸준히 참석하고 있으며, 1998년에는 보다 조직적인 활동을 위해 정보통신부 전파연구소 산하에 EMC 기준전문위원회를 설립하여 소속 전문위원들로 그 대표단이 구성되어 보다 적극적으로 참여해 오고 있다. 현재 전파연구소 산하의 EMC 기준전문위원회는 산·학·연으로 구성된 20여 명의 전문위원들과 5개의 소위원회로 구성되어 CISPR 관련 국제규격 연구업무를 수행하고 있다.

## 2. IEC/TC77

국제전기기술위원회(IEC)의 TC77은 전자파 내성(electromagnetic immunity) 분야 기본규격(Basic Standard) 및 일반규격(Generic Standard)의 표준화 업무를 담당하는 국제전기기술위원회 산하의 국제표준기구이다.

IEC TC77은 1973년 6월에 설립되어 1974년 9월에 첫 모임을 가졌으며, 1981년 3월에 분과위원

회 77A와 77B, 1991년 11월에 77C가 구성되어 오늘에 이르고 있다. 당시에는 “네트워크를 포함하는 전기장치 간의 전자파 적합성”을 다루는 것으로 업무가 제한적이었으나 1992년 5월 이후 명칭을 “전자파 적합성”으로 바꾸고 전자파 내성 분야와 9kHz 이하의 전자파 방출 분야의 기본규격에 대한 국제표준화 작업을 주도하고 있다[3].

IEC TC77의 업무 범위는 전자파 적합성 분야에 대한 표준화로서 관련 표준규격 및 기술보고서를 준비하는 것이다. 특히, 이러한 문서는 일반적인 사용에 초점을 맞추고 있으며, 따라서 제품규격위원회에서 개별 제품규격 작업에 활용될 수 있는 일반규격을 작성하는 것을 목적으로 하고 있다. IEC TC77에 주어질 주요 업무 범위는 다음과 같다.

- 1) 전 주파수대역에 걸친 전자파 내성과 관련된 표준화 작업 목록: 기본규격 및 일반규격
- 2) 저주파수 대역( $f \leq 9\text{kHz}$ )에서의 전자파 방출(emission), 예를 들면 고조파(harmonics) 및 전압동요(voltage fluctuation): 기본규격, 일반규격, 제품(군)규격
- 3) CISPR 10(1992)에 포함되지 않은 고주파수 대역( $f \leq 9\text{kHz}$ )에서의 전자파방해(disturbances), 예를 들면 전원선 신호법(mains signaling)
- 4) IEC TC77의 업무 범위에 전자파 내성 분야 제품규격 표준화는 포함되지 않지만 제품규격위원회의 요구가 있을 때는 전자파 적합성 자문위원회(Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility: ACEC)와 협력하여 규격 준비
- 5) 전자파 적합성에 의해 야기되는 기능상의 안전과 관련된 업무

IEC SC77A의 업무는 저주파수( $f \leq 9\text{kHz}$ , 한계 주파수는 현상이나 장비에 따라 보다 높은 주파수로 바뀔 수 있음) 현상과 관련된 전자파 적합성 분야의 표준화이며, 현재 프로젝트팀 61000-3-1(Overview of 61000-3 standards)가 운영중이다. IEC SC77B의 업무는 고주파수( $f \geq 9\text{kHz}$ , 한계

<표 1> 국제무선장해특별위원회(CISRP) 각 SC의 담당 규제 분야

	방해파 측정과 통계방법에 대한 기준
CISPR A	<p>다른 SC(SC/B~SC/H), 즉 제품 규격 개발위원회에서 개발하는 제품군 규격(Product Family Standards)과 관련하여 각 제품군 규격에서 기준이 되는 기본측정방법과 측정장치에 대한 규격을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1GHz 이상의 측정을 위한 측정설비 및 측정기법</li> <li>• Ground Plane 없는 대용 시험장의 적정성(완전 무반사실에서 전자파 방사 측정)</li> <li>• 전자파 방사 및 내성 측정을 위한 Stirred Mode Reverberation Chamber 사용</li> </ul>
CISPR B	<p>산업용·과학용·의료용(ISM) 고주파 이용기기의 방해파 기준</p> <p>산업, 과학, 의료용(ISM) 고주파 이용기기에 대한 방해파 관련 기준을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1GHz 이하에서의 변동 방사파 측정법</li> <li>• 산업용 electro-heating 장비의 방사기준</li> </ul>
CISPR C	<p>송전선, 전기철도의 방해파 기준</p> <p>전기철도 전자파장해특성 한계치와 측정법 등 철도의 전기설비에 관한 표준화 및 규격에 대한 규격을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기철도 전자파장해특성 한계치 설정과 측정기법</li> <li>• 전기철도 시스템의 전자파장해 발생원 종류/발생양태/측정방법/측정조건</li> </ul>
CISPR D	<p>자동차 등 내열기관의 방해파 기준</p> <p>자동차 등 내열기관의 방해파와 자동차에 설치된 수신기의 보호에 관한 국제규격을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1GHZ~18GHZ 대역에 대한 기준치 설정</li> <li>• Ambient 신호 존재 시의 방사파 측정</li> <li>• 3m 측정법 및 측정의 불확실성 연구</li> </ul>
CISPR E	<p>방송 수신기에 관련한 방해파 기준</p> <p>전파 통신용 수신기를 제외한 각종 방송 수신기(위성방송, 케이블방송 포함)와 이에 접속되는 증폭기(amplifier), 녹음, 재생기 등 수신시스템을 구성하는 모든 관련기기의 방해파 측정방법과 허용기준을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DTV 필요 신호 명세(Specification of the Wanted Signal)에 대한 논의</li> <li>• 디지털 신호의 방송수신기(DTV)와 방송 관련 멀티미디어 장비의 방해파 및 내성 측정방법과 허용기준</li> </ul>
CISPR F	<p>가정용 전자, 전동기기에 대한 방해파 기준</p> <p>모터, 스위치장치, 제어장치를 내장한 가정용 전기기기, 전동공구 등과 유사한 전기기기, 사무기기, 정공업기기, 조명기기로부터 발생하는 방해파의 측정방법과 허용기준 및 가정용 전기기기의 내성에 관한 규격을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비상 조명 장치에 대한 테스트 요구</li> </ul>
CISPR G	<p>정보기술장치(ITE)에 대한 방해파 기준</p> <p>정보기술장치(ITE)에 대한 방해파 기준과 관련된 규격을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CISPR 22 제·개정 작업</li> <li>• ISN(Impedance Stability Network)과 PLT(Power Line Transmission)에 대한 연구</li> <li>• ITE 장치의 EMI 시험시 3m 측정거리 적용 연구(현재 10m를 원칙으로 함)</li> </ul>
CISPR H	<p>무선서비스 보호를 위한 기준</p> <p>다른 기준 위원회에서 사용될 수 있는 보호되어야 할 무선서비스의 특성 DB를 작성 및 규격을 심의하고 제·개정하는 제품 규격 위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 무선 서비스의 특성에 대한 데이터 베이스 구축 연구</li> <li>• EMC 제품의 방사표준에 대한 조사 연구</li> <li>• Generic 기준을 초과하는 CISPR 기준의 타당성에 대한 연구</li> </ul>

주파수는 현상이나 장비에 따라 보다 낮거나 높은 주파수로 바뀔 수 있음 현상과 관련된 전자파 적합성 분야의 표준화이며, 현재 공동작업팀(Joint Task Forces) 61000-4-20(TEM Cells)과 61000-4-

21(Reverberation chamber)가 운영중이다. IEC SC 77C의 업무는 핵 폭발에 의해 만들어지는 전자기장을 포함한 인공적인 고전력 현상으로부터 공공용·상업용 장비 및 시스템 설비를 보호하기 위한 전

자과 적합성 분야의 표준화이며, 현재 프로젝트팀 61000-1-3, 61000-2-11, 61000-4-25, 61000-4-32, 61000-5-3, 61000-5-6, 61000-5-7이 운영중이며 표준화 작업이 진행되고 있는 분야에 대해서는 <표 2>에 간단히 나타내었다.

<표 2> IEC TC77에서 현재 진행중인 표준화 작업 목록

<b>Section of IEC 61000 Part 1: General</b>
• EMC and functional safety
<b>Section of IEC 61000 Part 2: Environment</b>
• Compatibility levels for low frequency conducted disturbance and signaling in public low voltage and medium voltage networks • Classification of HEMP environment
<b>Section of IEC 61000 Part 3: Limits</b>
• Emission requirements regarding low frequency disturbance for equipment connected to public supply systems
<b>Section of IEC 61000 Part 4: Testing and Measurement Techniques</b>
• Overview • Immunity tests – detailed specifications • Guide on harmonics and interharmonics measurement • Flickermeter • TEM cell & Reverberation Chamber, Joint Task Force with CISPR • Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbance • HEMP requirements and test methods for equipment and systems
<b>Section of IEC 61000 Part 5: Installation and Mitigation Guidelines</b>
• HEMP protection concepts • Degrees of protection against electromagnetic disturbances provided by enclosures
<b>Section of IEC 61000 Part 6: Generic Standards</b>
• Generic standards for immunity in generating and high voltage substations

국내에서는 그 동안 CISPR을 중심으로 하는 전자파장해 관련 국제표준화 동향에 대해서 깊은 관심을 가지고 활동하여 왔으나, 앞으로는 IEC TC77의 국제표준화 활동에 보다 많은 관심과 활동을 가질 필요가 있다. 그 이유는 IEC TC77의 국제표준화 활동이 전자파장해와 관련하여 보다 넓은 분야에 걸쳐 표준화 작업을 진행하고 있으며, 근래에 들어 많은 표준규격 및 기술보고서를 출판하고 있기 때문이다. 우리나라의 전자파장해 관련 기술기준은 국제적인

수준으로 정비되어 가고 있고, 다른 어떤 나라보다도 정부로부터의 깊은 관심을 얻고 있다. 향후에도 급변하는 국제표준화 동향을 분석하고, 이에 근거한 외국의 관련 규제에 우리 산업체가 능동적으로 대처할 수 있도록 하며, 나아가서 우리나라의 관련 기술 기준의 선진화와 국제표준화 활동에 우리나라의 이익을 반영할 수 있도록 이 분야 연구의 활성화가 추진되어야 할 것이다.

### 3. 기타 표준화 기구

IEC/CISPR과 IEC/TC77 이외에도 UN 산하의 국제통신연합(ITU-R)과 국제표준화기구(ISO)에서도 전자파장해와 관련된 표준화에 대해 논의되고 있다.

ITU는 1865년에 창설되어 현재 177개 회원국이 참여하고 있고, 스위스 제네바에 본부를 두고 있으며, 전신·전화, 무선통신, 위성통신 등을 포함한 모든 전기통신에 관한 규칙의 제정, 권고안의 작성, 정보수집 및 발간, 보급 등을 주요 업무로 활동해 오고 있다.

ITU-RS에서는 주로 스펙트럼 공학과 관련한 분야를 다루고, ITU-TS는 “전자파방해 환경 영향으로부터의 보호”라는 주제로 연구활동을 하고 있는 작업반이며, 주요 연구분야는 통신기기의 내성 및 전기적 안정성에 관한 연구, 라디오주파수 및 과도파 간섭에 관한 연구, 낙뢰에 대한 접지와 보호에 관한 연구, 전력선에 의한 통신선로 간섭에 관한 지침서에 대한 연구이며, 3개의 실무 작업반을 구성하여 수행하고 있다. 연구결과는 K Series 권고, 지침서 및 핸드북 등의 형태로 제안된다.

## III. 전자파장해(EMI/EMC) 관련 연구 동향

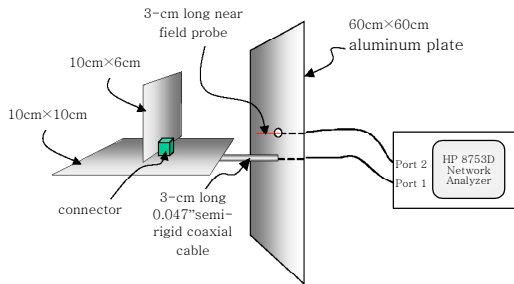
### 1. 국제 연구 동향

#### 가. 미국의 EMC 연구

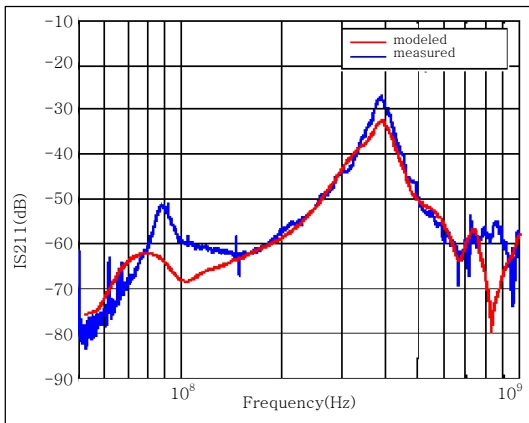
전자파와 관련된 연구는 미국 유수의 대학 연구소나 국가 혹은 기업 연구소에서 이미 많이 수행되

고 있고, 그 결과를 바탕으로 미연방통신위원회(FCC)나 ANSI 등의 표준화 기구에서 관련 규제 및 표준들을 제정하여 국제 표준화 기구에 제안하는 한편, 자국 내에서 판매되는 제품에 대해 이를 준수할 것을 강제하고 있다.

전자파의 여러 연구분야 중 EMI/EMC 대책과 관련되어 가장 왕성하게 연구하는 곳으로 UMR(University of Missouri-Rolla, www.emclab.umar.edu)의 EMC 연구실을 들 수 있다. UMR EMC 연구실은 10년 이상 여러 EMI/EMC 문제를 발굴·연구하고 실제 산업체와 연구된 기술들을 활발히 공유하고 있다[4].



(a) PCB Connector의 고주파수 특성 해석을 위한 실험



(b) PCB Connector의 고주파수 특성 해석을 위한 측정 및 시뮬레이션 결과

(그림 1) PCB Connector의 EMI 특성 해석 연구 (UMR EMC 연구실)

(그림 1)은 UMR EMC 연구실에서 수행중인 EMI/EMC 관련 연구 중 PCB Connector에서 EMI

특성 연구를 위한 실험장치(measurement setup) 및 측정 결과이다. 이와 같이 UMR EMC 연구실에서 수행하고 있는 연구분야들은 다음과 같다.

- Printed Circuit Board Design and Modeling
- Enclosure Design and Modeling
- Component Packaging Design and Modeling
- Novel EMI Reduction Techniques
- VLSI Component & Multi-Chip Module Design and Modeling
- Electrostatic Discharge Protection
- Transient Suppression
- Grounding, Filtering and Shielding
- Automotive Electronics and Electric Drives
- Information Technology Equipment
- Medical Equipment

UMR에서 최근까지 많은 연구를 했던 부분은 차폐 구조물에 대한 EMI 해석이다. 모든 전자 제품들은 외장 케이스가 필요하다. 그리고 그 외장 케이스에는 외부와 전원 연결, 신호선 연결 등을 위해서 hole 이나 aperture가 뚫려 있다. 실제 이러한 구멍들로 인해 내부나 외부에서 발생된 전자파가 구멍을 통과하여 외부나 내부의 회로에 영향을 줄 수 있게 된다. PCB에 대한 EMI/EMC 연구도 활발히 진행중에 있다. PCB 상에 일어나는 전자파 coupling 문제라든가 선로의 signal integrity 문제 등 PCB 상에서 일어날 수 있는 EMI/EMC 문제들에 대한 체계적인 연구가 진행중에 있으며, 최근에는 IC 레벨에서의 EMI/EMC 연구도 진행중에 있다.

현재는 그 동안의 EMC 관련 연구결과를 토대로 “EMI 전문가 시스템(Expert System)”을 개발하기 위해 IBM, Intel, HP 등과 같은 전자파 관련 전문회사들과 “EMC Consortium”을 구성하고 대내·외적으로 활발한 활동을 하고 있다.

또한 현재 전자파장해 현상과 관련되어 국내·외 산업체에서 어려움을 겪고 있는 여러 가지 이유 중 한 가지가 관련 분야에 대한 전문지식을 갖춘 인력



(그림 2) York EMC Service Ltd.의 EMC 측정 관련 시설

이 절대적으로 부족하다는 것이다. UMR EMC 연구실에서 추진하고 있는 또 다른 주요 업무는 EMC 분야에 대한 전문인력 양성과 더불어 산업체에서 EMC 담당자들의 재교육을 위한 여러 가지 교육 프로그램을 운영하고 있다.

#### 나. 유럽의 EMC 연구

지리적 특성상 좁은 지역에 인접된 많은 나라들로 구성된 유럽은 일찍부터 복잡한 통신망을 보호하기 위하여 유럽 연합소속 국가 내에서 판매되는 제품에 대해 EMI 규제를 시작하였고, 1996년부터는 전자파 내성을 포함하는 등 규제의 범위를 대폭 확대시키고 있다. 따라서 유럽에서는 이러한 국가 규제 활동을 기술적으로 뒷받침하기 위하여 EMI/EMC 관련 분야에 대해 다양한 연구가 일찍부터 시작되었다.

유럽에서 EMI/EMC 연구를 주도해 가는 연구 그룹들은 여러 군데가 있지만 그 중에서 가장 역사가 깊고 현재까지 많은 연구실적을 보여주고 있는 곳은 영국의 York 대학의 EMC 연구실(Applied Electromagnetics Research Lab., emc2.ohm.york.ac.uk)이다. 최근 이 연구실은 학교 부설로 York EMC Services(YES) Ltd.라는 전자파장해 관련 회사를 설립하고 (그림 2)와 같은 전자파 무반사실 및 야외 시험장과 같은 시설을 이용한 EMC 관련 시험 및 측정, 컨설팅, 그리고 단기강좌 등의 업무를 수행하고,

장기적인 EMI/EMC 대책 기술에 대한 계획 하에 다음과 같은 여러 기술들에 대한 연구를 활발히 진행 중에 있다[5].

- Cumulative Effect of Radiated Emissions from Metallic Data Distribution Systems on Radio Based Services
- Low Power Radio Devices - A Guide for The Purchaser and Systems Designer
- EMC Susceptibility of Low Power Radio Services
- A Study on The Application of Directive 95/54/EC Relative to The EMC of Road Vehicles
- Practical Limits for EMC Testing Limits at Frequencies above 1GHz
- Investigation into the Design Parameters of Magnetrons
- Preliminary Investigation into a Methodology for Assessing The Direct RF Susceptibility of Digital Hardware

차폐 구조물에 대한 차폐효과 해석에 대해서는 기존의 복잡한 수치해석기법의 대안으로서 간단한 회로 모델링을 이용하여 실시간으로 계산할 수 있는 알고리즘을 구축하였다. 그리고 고속 디지털 회로가 내장되어 있는 PCB나 칩 패키징에 대한 EMI

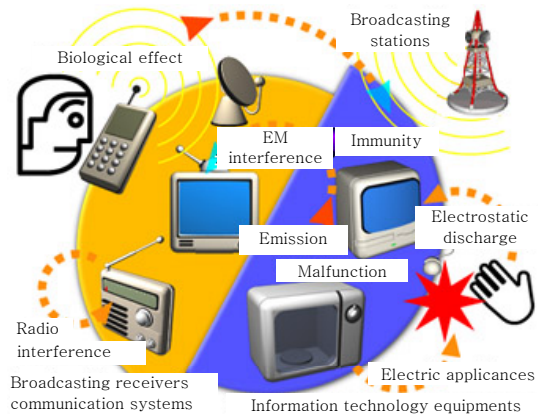
연구를 통해 디자인 설계규칙(design guideline) 구축에도 많은 연구가 진행되고 있으며, EMC 디자인에 대한 모델링 소프트웨어 개발도 진행중에 있다.

그 외에 벨기에에 있는 Ghent 대학에서는 차폐 구조물의 차폐효과해석에 대한 많은 연구 결과들을 국제 논문지나 컨퍼런스에 발표한 바 있다. 그리고 PCB 레벨에서의 EMI 연구로서 다중 전송 선로(multi-conductor transmission lines)에서의 coupling 해석에 대한 많은 알고리즘들을 제안하였으며, 고속 디지털 회로에서의 signal integrity나 radiation 문제에 대한 EMI 대책을 오랫동안 연구하였다. 뿐만 아니라 PCB나 MMIC에서의 ESD 문제 등에 대해서도 활발히 연구가 진행중에 있으며, 디자인 자동화를 위해 CAD 프로그램과 연동해서 EMI/EMC 문제를 자동적으로 해석할 수 있는 소프트웨어 개발에도 적극적으로 연구가 진행중이다.

#### 다. 일본의 EMC 연구

일본에서는 미국이나 유럽의 이론 중심의 연구와 달리 다양한 실험을 바탕으로 얻어진 광대한 데이터를 정확히 해석하고자 하는 노력을 통해 전자과장해 현상에 대한 실험식을 얻거나 대책 기법을 얻어내는 방향으로 진행되었다. 이러한 방식의 연구는 이론적 해석이나 수치해석 기법으로 정확한 원인을 규명할 수 없는 전자과장해 현상의 특성상 EMI/EMC 관련 해석 연구에 보다 적합한 방법으로 평가될 수 있으며, 최근에는 컴퓨터의 발전과 여러 가지 강력한 수치해석 기법들의 출현으로 이론적인 해석 부분도 강화하고 있다.

일본에서도 다른 나라들과 마찬가지로 여러 연구 기관에서 EMC 관련 연구가 진행중이지만 그 중 대표적인 연구그룹으로는 우정성(Ministry of communication) 산하 통신종합연구소(Communications Research Lab.: CRL)의 Yokosuka Radio Communications Research Center에 있는 EMC 담당 부서이다[6]. CRL EMC 담당부서에서 현재 수행중인 EMI/EMC와 관련 전반적인 연구내용과 그 중 전자과장해와 관련된 연구 결과에 대해 (그림 3)과



(그림 3) 일본 종합통신연구소(CRL)의 EMC Section에서 수행중인 EMC 관련 연구

(그림 4)에서 나타내고 있다.

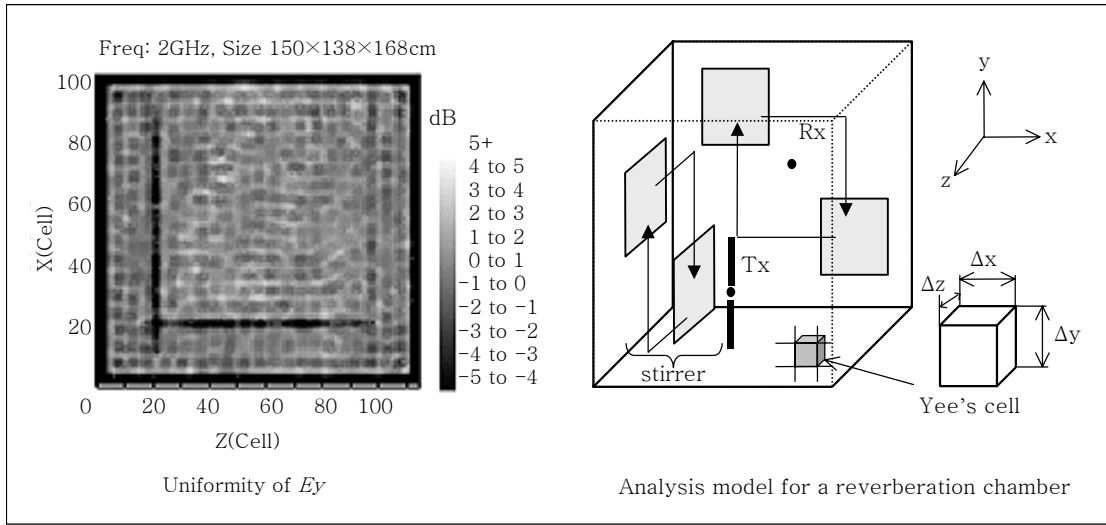
전기·전자 기기로부터 발생하는 불요전자파와 관련된 문제를 해결하기 위해 CRL의 EMC 담당부서에서는 다음과 같은 분야에 대해 연구를 수행하고 수행 결과를 관련 업체와 공유하는 한편, 일본 국내는 물론 국제 전자과장해 관련 표준 및 규격 제·개정에 기여하고 있다.

- EMI on mobile telecommunication technology
- Evaluation of EMI measurement with antennas
- Dielectrics and electrostatics
- Calibration system of EMI antennas
- Biological effects of electromagnetic waves
  - SAR estimation of a human head
  - Development of chambers for animal experiments
- Evaluation of EMC test equipment
  - Evaluation of a TEM-cell by using FDTD method
  - Evaluation of a reverberation chamber by using FDTD method

## 2. 국내 연구 동향

국제 표준화 기구에서 기술 선진국에 의해 만들어진 각종 전자과장해 규격은 전술한 바와 같이 각국





(그림 4) CRL에서 수행한 전자파잔향실(Reverberation Chamber) 해석 연구

의 자국내 산업의 보호를 위해 무관세 무역장벽으로 역할을 할 수 있어 이에 대한 기술적·정책적인 대책이 무엇보다 중요하다. 이러한 문제에 대응하기 위한 국내의 전자파장해 연구는 1979년부터 시작된 규격 인증업무와 관련한 시험검사로부터 시작되었다고 볼 수 있다. 그 당시는 최종 규격인증 단계에서 회로 등에 약간의 변형을 가하는 정도로 이루어졌으며, 근본적인 해결책을 제시하기 보다는 전자파에 대한 기본적인 개념 파악이 없이 실제 문제를 실험과 경험(trial-and-error)을 통해 해결하고 노하우를 축적하는 방식을 따르고 있어 급속도로 발전하는 관련 기술에 대해 적절하게 대응하지 못하였다.

따라서 전기·전자 분야와 관련된 순기능적 기술과 더불어 전자파장해 분야에 대한 보다 체계적인 연구가 필요하였으며, 전자파장해 현상과 관련된 본격적인 연구는 '90년대부터 시작된 정부출연연구기관의 관련 연구 과제들이라고 할 수 있다. 본 절에서는 '90년대 국내 연구소에서 수행하거나 현재 수행중에 있는 전자파장해 관련 연구에 대해 기술하고자 한다.

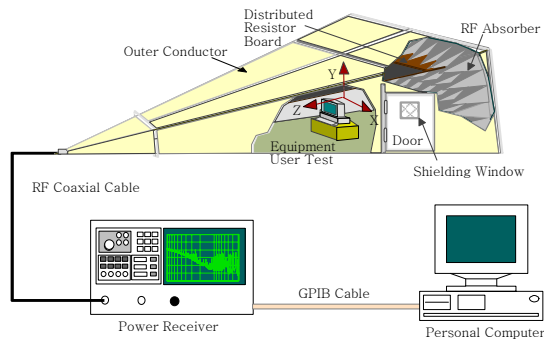
가. 한국전자통신연구원

우리나라가 전기·전자 제품에서 방출되는 불요

전자파에 대한 기술적 관리를 위하여 1989년에 전자파장해 검정제도를 정부가 도입하는 시기에 맞추어 전자파장해의 적절한 기준 설정, 측정 방법 및 방지 대책 기술의 필요성이 제기되면서 1990년 “전자파장해 측정 및 방지 대책 연구”라는 과제 명으로 전자파장해 관련 기술 개발이 시작되었다. 한국전자통신연구원 전자파환경연구팀에서 수행된, 그리고 현재 수행중인 EMI/EMC 관련 연구분야는 다음과 같다[7].

1) 전자파 무반사실 구축 및 TEM Waveguide 기술 개발

전자파 무반사실(Anechoic Chamber)은 일반적으로 EMI/EMS 시험장으로 활용되고 있는 야외시험장(Open Area Test Site: OATS)을 대응하는 시험장으로 한국전자통신연구원에서 보유하고 있는 전자파 무반사실은 측정거리 3m 및 10m법이 가능하며, 차폐효과와 시험장 감쇄 특성이 매우 높은 수준으로 유지되고 있다. 또한 전자파 측정 대응시설로 TEM Waveguide가 국제 표준화 기구에서 권고되고 있는데, ETRI에서 TEM 및 GTEM Cell을 자체 설계·제작하여 기술력을 확보하고 중소기업체에 기술전수를 한 바 있다. (그림 5)는 당 연구팀에서 개발한 GTEM Cell을 이용한 EMI/EMS 측정 시스템의 구성도이다.



(그림 5) GHz TEM(GTEM) Cell을 이용한 EMI/EMS 측정 시스템 구성도

현재, EMC 대응 간이 측정시설에 대한 표준화를 위해 야외시험장 및 전파무향실과의 상관성 연구와 차세대 이동통신 등 정보기술기에 대한 표준측정 방법에 대한 연구를 진행할 것이다.

### 2) PCB 전자파 대책 기술(PEMAS 시스템 개발)

전기·전자 기기에서 사용되는 클럭 신호의 주파수 증가와 각종 전기전자 제품들의 경박단소(輕薄短小)화로 인하여 집적회로(IC) 레벨의 설계에서 뿐만 아니라 PCB 레벨의 레이아웃 설계에서도 신호의 지연(delay)이나 반사(reflection), 누화(crosstalk) 등으로 인한 EMI 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 PCB 레이아웃 설계용 ECAD들도 네트 선로의 형태와 기판의 구성 등에 따른 SI(signal integrity) 해석이나 EMI 규제에 대응하기 위한 복사파의 예측 기능이 필요하다. 또한 1996년 유럽 연합에서 처음으로 제품에 대한 전자파 내성 규제가 시행되기 시작하면서 불요전자파장해 뿐만 아니라 전자파 내성에 대한 대책 기술의 중요성이 부각되어 제품의 전자파 문제를 PCB 단계에서 해결할 수 있는 PEMAS(Electromagnetic Analysis System for PCB) 시스템을 개발하고 있으나, 현재의 PEMAS 시스템은 PCB EMI 해석에 중요한 문제 중 하나인 접지면 노이즈 해석 등 해결해야 하는 많은 문제가 남아 있는 상태이다. 따라서 이런 문제들에 대한 적절한 솔루션을 제공하고, EMI 대책기술을 제공하기 위해 먼저 접지면을 고려한 칩 레벨 혹은 PCB 레

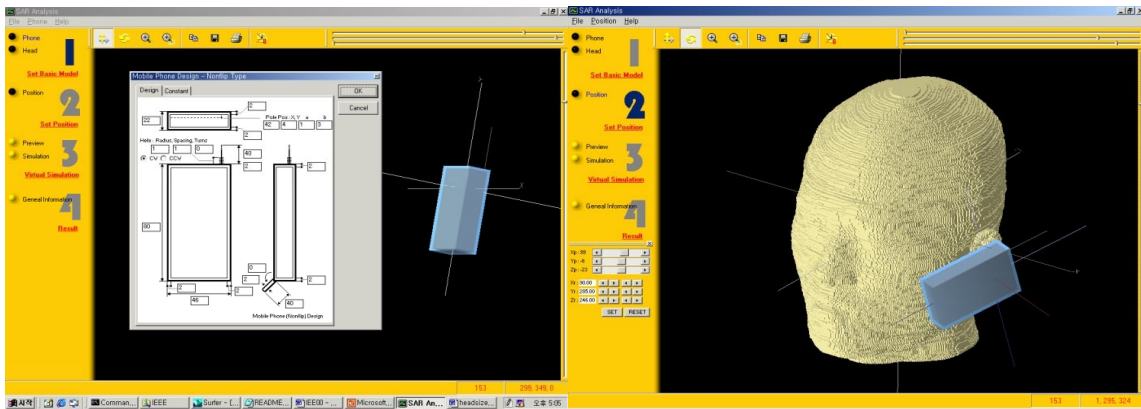
벨에서의 Interconnection에서의 정확한 EM 해석 등을 단계별로 개발할 예정이다.

### 3) 전자파흡수율 측정 시스템 개발

최근 무선통신 분야가 발전하면서 전자파환경 문제가 사회문제로 등장하고 있다. 휴대폰과 같이 장시간 동안 인체의 머리 부위에 밀착하여 통신하는 사용 환경 때문에 전자파의 생물학적 영향 여부가 연구 대상으로 관심을 모으고 있다. 미국 FCC는 1996년부터 휴대폰 등 이동통신단말기에서 방출되는 전자파의 인체 두부에 대한 전자파흡수율(Specific Absorption Rate: SAR) 값을 규제하고 있다. 우리나라도 전자파가 인체에 미치는 영향을 조사 분석하고, 전자파에 대한 인체보호기준을 수립하기 위하여 1997년부터 전자파인체보호기준, 전자파 생체영향에 대한 과학적 규명을 위해 정보통신부의 정책 과제가 한국전자통신연구원을 중심으로 한국전자파학회와 공동으로 연구가 수행되어, 그 결과로 전자파 노출에 대한 국민보건의 예방적 차원에서 2000년 12월 15일 전자파인체보호기준, 전자파흡수율측정기준, 전자파강도측정기준 등을 정보통신부에서 고시하게 되었으며, 현재 WHO 등의 국제적인 연구 프로토콜에 맞춰 전자파 노출에 대한 생체영향 및 적합성 평가 표준화 연구가 활발히 진행되고 있다. 전자파 생체영향 연구의 일환으로 당 연구팀에서 개발된 SAR 계산 프로그램의 실행 예를 (그림 6)에서 보여주고 있다.

#### 나. 한국표준과학연구원

최근의 디지털 기술과 반도체 기술 등이 급속히 발달함에 따라 전자산업 및 컴퓨터 기술에 눈부신 발전을 이루게 되었다. 따라서 전기·전자 기기의 경량화, 소형화, 고속화 및 광대역화가 가능하게 되었고, 또한 이들을 적은 구동 에너지로도 동작시킬 수 있게 되었다. 그런 반면 이들은 인위적인 제어가 어려운 자연현상을 원인으로 하는 미소한 전자파에도 민감하게 반응하여 오동작을 잘 일으키게 되고,



(그림 6) SAR 계산 소프트웨어(SAR Computational Analysis System: SARCAS)

또 많은 전기전자 장치가 사회 각 분야에 보급됨에 따라 전자파 밀집도가 증가하고 전자파 환경을 나쁘게 만드는 경우가 늘어나 나쁜 환경에 설치된 기기가 원래의 목표대로 동작하지 않아 사회에 혼란을 일으키거나, 인체 장애의 가능성이 제시되고 있는 등 많은 문제점들이 나타나고 있다.

이와 같이 갈수록 심각해지는 전자파장해 문제에 효과적으로 대처하기 위하여 전자파장해 현상의 정밀 측정이 요구되고 있어, 국내 측정에 대한 표준을 다루는 한국표준과학연구원의 전자기환경그룹에서 1995년부터 전자파 적합성 평가기술 및 대책/해석기술 관련하여 <표 3>과 같이 연구를 수행하고 있다 [8].

#### 다. 전파연구소

전기·전자 기기로부터의 불필요하게 발생하는 전자파(electromagnetic interference)를 가급적 줄이고, 외부 전자파 환경에 대한 전자파 감수성(electromagnetic susceptibility)을 줄여 기기 자체 전자파 내성을 강화하는 것이 전자파 적합성(EMC)을 만족시키게 되는 것이다.

과거 무선통신의 성능을 보호하기 위하여 전기·전자 기기로부터 발생하는 전자파장해를 규제하여 왔으나 산업기술의 발전에 따라 가정, 사무실, 산업현장 등에 전기제품 및 통신기기를 많이 사용함에 따라 전자파 환경이 악화되고 이에 따라 제품의 전자파 내성

을 강화하는 데 많은 노력을 기울여 왔으며 현재 우리나라 뿐만 아니라 유럽 공동체에서도 전자파 내성에 대한 규제를 강화하고 있다.

이러한 국내·외 상황에 대처하기 위해 전파연구소(www.rri.go.kr) 전파환경연구과에서는 전파의 환경 및 보호에 관한 연구, 전자파의 안전이용에 관한 연구, 전파감시기술의 개발 및 연구, 그리고 전파 감시제도의 연구 등을 담당하고 있다[9].

#### 1) 전파측정담당

- ① 전자전기통신 기기 안전운용 연구
- ② 전파품질 측정방법 연구

#### 2) EMC 기준연구담당

- ① PCB 기판에 대한 전자파 장해대책
- ② EFT 내성시험시 전원선을 통해 발생하는 복사파의 억압(suppression) 연구
- ③ 모듈라 칩 개발(전송속도 250MHz급)
- ④ 전자파간향실 개발 연구

#### 3) 안전기준담당

- ① 안전기준연구(Safety Standards Study)
- ② 수치해석연구(Numerical Analysis Study)
- ③ SAR 측정연구(Measurement Study for Human Exposure to EM Wave)

#### 라. 산업기술시험원

산업기술시험원 전자파팀에서는 1977년부터 국

<표 3> 한국표준과학연구원 전자기환경그룹의 EMC 연구

전자파 내성시험 및 평가기술	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전압변동내성 평가기술</li> <li>2. 자기장내성 평가기술</li> <li>3. 복사전자기장 내성시험</li> <li>4. RF 전도잡음 내성시험</li> <li>5. 펄스파형 내성시험</li> <li>6. 정전기방전 발생기 교정 시스템</li> <li>7. 측정 불확정도 분석연구</li> </ol>
전자파 방출시험	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 복사방출 시험환경</li> <li>2. 전자파 복사방출 시험시설 사이의 상관성연구(이론)</li> <li>3. 전자파 복사방출 시험시설 사이의 상관성연구(실험)</li> </ol>
전자파장해 대책 및 해석기술	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 다중형 복합손실 광대역 전파흡수제 개발</li> <li>2. 시스템 레벨 EMC 해석 기법 연구</li> <li>3. 휴대폰에 의한 인체 두부의 영향</li> <li>4. 야회 시험장과 전자파 무향실과의 상관 관계</li> <li>5. 임의파형 외부전자파와 전송선로의 결합해석 소프트웨어 개발</li> <li>6. 변조방식이 피시험기기의 복사 전자기장 내성에 미치는 영향</li> <li>7. 조합형 서지발생기의 SPICE 모델링</li> <li>8. 고조파 내성평가기술(Wavelet 변환을 이용한 고조파 신호처리 기법개발)</li> <li>9. 자기장 차폐기법 및 평가기술 개발</li> <li>10. 교류자기장 차폐효과 측정장치 개발</li> <li>11. 차폐 함체의 전자파 차폐효과</li> <li>12. 슬롯을 통한 불요전자파 방출 특성해석</li> </ol>
대의 시험검사 및 기술자원	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전자파 복사방출시험</li> <li>2. 전자파 내성시험</li> <li>3. 군사규격시험</li> <li>4. 전자파차폐 및 흡수성능시험</li> <li>5. 시험환경 특성분석</li> </ol>

내 산업계에서 EMI 실무 서비스를 제공한 이래 산업체를 위하여 전자파장해 전반에 걸친 시험평가 및 대책기술을 향상시키고, 전보다 더 빠르고 저비용의 보다 정확한 새로운 측정기술을 개발하고자 노력하고 있다. 특히 여전히 전자파장해 및 각국의 EMC 인증제도에 대해 인식이 부족한 산업체를 대상으로 지속적으로 세미나를 개최하고 요청시 개별적인 교육도 실시하고 있다. 또한 대부분의 EMC 측정장비는 외국에서 도입하거나 외국 기술에 의존하고 가격이 비싸기 때문에 EMC 현상을 간단하게 알고자 하는 많은 중소기업이 어려움을 겪고 있어 관련 장비들에 대한 정확한 특성해석과 제작기술을 연구하여 국산화하는 데 연구의 초점을 맞추고 있다. 다음은 산업기술시험원 전자과팀에서 수행한 연구 내용이다[10].

1) 측정기술분야

- ① 자기장 측정장치
- ② TEM Cell(GTEM Cell 포함)

③ EMC 측정용 안테나 및 LISN

2) 시험평가기술분야

- ① 발전소 제어 설비
  - ② 원자력 발전소 제어 설비
- 3) 전자파 관련 성능시험 및 각종 인증시험
- ① IEC/CISPR 규격, MIL-STD 461/462, 차폐효과, 삽입손실 시험 등
  - ② 전기용품안전관리법에 의한 전기용품 안전인증시험
  - ③ 전기·전자제품, 기계류, 의료기기 등 EN 규격에 따른 전자파시험
  - ④ Part 15, Part 18, Part 95 규정에 따른 전자파시험

마. 한국전기연구소

전기환경문제는 국민의 쾌적한 생활환경 요구와 EMI/EMC의 국내·외적인 법적 규제 강화와 더불어 전기환경 친화기술 개발을 요구하며, 전기분

야에서도 필수적인 과제로 부각되고 있다. 이러한 전기환경기술은 공학 및 자연과학의 여러 학문과 기술이 관련되는 복합기술이며, 피해자가 전가 수혜자인 모든 국민이 대상이 되는 중요한 공공기술 중의 하나이다.

한국전기연구소는 1986년에 전기환경연구팀을 발족시켜 지금의 전기·환경송전연구그룹에 이르기까지 교통신호시스템, 전력설비 등 각종 산업설비, 군용설비 및 일반 전기기기의 전기환경 문제를 해결하는 데 적극 기여하고 있으며, 전기환경 친화설계 및 대책기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있다[11].

전기·환경송전연구그룹의 전기환경 연구분야는 다음과 같다.

- 1) 써지 및 전도성 잡음 대책 기술 연구
- 2) 고속 철도 시스템의 EMI/EMC 대책기술 연구
- 3) 초고압 전력설비의 전기환경설계 및 대책기술 연구
- 4) 극저주파 전자계 안전성 평가 및 저감기술 연구

#### IV. 결론 및 향후 연구방향

본 고에서는 전자파 규격 관련 국제 동향에 대해서 국제전기기술위원회(IEC) 산하의 국제무선장해특별위원회(CISPR)와 TC77의 주요 활동에 대해 알아보았고, 한국전자통신연구원(ETRI)을 비롯한 국내·외 주요 연구소의 전자파장해 관련 연구에 대해 기술하였다.

최근에는 전자파를 이용한 기술들이 하루가 다르게 개발되고 상용화되고 있어서 전자파 이용에 따른 역기능으로 전자파 환경 오염에 대한 심각성과 규제 기준의 폭이 점점 더 강화되고 있는 실정이다. 특히 전자파장해에 대한 국제 규제가 날로 강화되고 있고, 관련 분야의 제반 규제에 대한 지속적인 연구 활동

을 통한 기술적인 파악과 대책 기술의 개발이 요구되고 있다. 또한 현재 세계화의 추세가 국가간의 장벽을 허물고 세계를 하나의 시장으로 단일화 하면서 기존의 관세 등과 같은 무역장벽의 영향력이 서서히 약화되는 반면 그 자리에 기술규격과 표준이 대신하면서 새로운 무역장벽의 수단으로 사용되고 있고 이와 맞물려 각국의 전자파장해 관련 기준이 점차 강화되어 가고 있다.

이러한 현실은 우리나라 전자파 분야의 제도를 선진화하고 법령을 국제표준에 적합하도록 개선하며 국제표준화를 위한 전문인력의 양성으로 관련 산업이 기술 경쟁력을 확보하도록 각종 지원과 환경 조성을 위해 정부는 물론 관련기관 및 단체, 그리고 산업체의 적극적인 동참이 필수적이라 할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

[1] 정연춘, “EMI/EMC의 최근 기술 동향,” 한국전자파학회지, Vol. 11, No. 1, Jan. 2000.  
 [2] 김종현, “EMC 기술 기준 동향,” 한국전자파학회지, Vol. 12, No. 1, Jan. 2001.  
 [3] 국제전기기술위원회(IEC), <http://www.iec.ch/>  
 [4] 미국 University of Missouri-Rolla EMC Lab., <http://www.emclab.umn.edu/>  
 [5] 영국 York 대학 EMC 연구실, <http://emc2.ohm.york.ac.uk/>  
 [6] 일본종합통신연구소(CRL), <http://www.crl.re.jp/>  
 [7] 한국전자통신연구원 전파기술연구부, <http://www.etri.re.kr/>  
 [8] 한국표준과학연구원 전자기환경보존그룹, <http://emi.kriss.re.kr/>  
 [9] 전파연구소, <http://www.rri.go.kr/>  
 [10] 한국산업기술원 전자파팀, <http://www.ktl.re.kr/>  
 [11] 한국전기연구소, <http://www.keri.re.kr/>, <http://environ.keri.re.kr/>