

<h2 style="margin: 0;">1 GHz 이상 ISM 기기의 기술기준 및 시험방법에 관한 연구</h2>	<p style="margin: 0;">조 광 윤</p> <p style="margin: 0;">한국전자통신연구원</p>
---	---

I. 서 론

근래 디지털전파통신기술의 급속한 발전과 경제적 여유로 생활 여건이 향상됨에 따라 ISM 주파수 대역의 수요는 산업활동뿐만 아니라 일상생활에 이르기까지 그 이용영역이 확대되고 있는 추세이다. 일례로써, 가정에서 밤을 밝혀주는 조명기기도 ISM 주파수 대역의 전자파 에너지를 이용하는 제품이 출현되고 있으며, 가정의 필수품으로 자리 잡은 마이크로웨이브오븐/전자렌지도 이 주파수 대역을 이용하는 대표적인 기기들이다. 국제전기통신연맹(ITU) 무선규정(Radio Regulation) Resolution No.16에서는 ISM 대역으로 명명되는 특정주파수대역의 전자파 에너지를 산업, 과학, 의료기기에 이용할 수 있도록 규정하고 있다. 대표적인 ISM 기기로 마이크로웨이브오븐의 경우, 가정용은 수백 와트(대략 500W 정도)의 전자파 에너지가 사용되며, 산업용은 약 1 kW ~2 kW 정도의 전자파 에너지가 사용된다. 또한, ISM 주파수 대역의 통신분야 이용은 900 MHz 코드 없는전화기, 아마추어 무선, RFID(Radio Frequency Identification), 블루투스(Blue tooth), LAN(Local Area Network) 등이 있다. ITU 무선규정 Resolution No. 63에서 규정한 ISM 주파수 대역은 <표 1>과 같다.

근래 무선기기에 디지털기술이 도입되면서 ISM 주파수 대역의 무선기기도 전자파 간섭문제가 심각해지고 있다. 그러므로 현재 CISPR11에서는 1 GHz 이상의 주파수 대역을 사용하는 ISM 기기에 대한 전자파 기준을 설정하고 이를 확대해 나가는 연구가 한창 진행되고 있다. 1 GHz 이상의 전자파기준 설정은 CISPR/SC B 뿐만 아니라 CISPR/SC H에서도 매

<표 1> ITU 무선규정의 ISM 주파수대역

* Resolution No.63 of ITU Radio Regulation 참조

중심 주파수 (MHz)	주파수 대역폭 (MHz)	최대 복사제한	비고 (ITU RR 63 주석번호)
6.780	6.765 ~ 6.795	고려중	S5,138
13.560	13.553 ~ 13.567	비제한	S5,150
27.120	29.957 ~ 27.283	비제한	S5,150
40.680	40.66 ~ 4.70	비제한	S5,150
433.920	433.05 ~ 434.79	비제한	S5,138 (지역1 국가)
915,000	902 ~ 928	비제한	S5,150
2,450	2,400 ~ 2,500	비제한	S5,150
5,800	5,725 ~ 5,875	비제한	S5,150
24,125	24,000 ~ 24,250	비제한	S5,150
61,250	61,000 ~ 61,500	고려중	S5,150
122,500	122,000 ~ 123,000	고려중	S5,150
245,000	244,000 ~ 246,000	고려중	S5,150

(전자파내성기준(예를 들면 CISPR20 등)을 만족한 여타 기기에 대한 ISM 기기의 전자파 적합성 확보를 위하여 그 위치에서 별도의 측정이 이루어져야 한다.)

우 중요도가 높은 프로젝트로 추진되고 있으며, 일부 기준은 이미 국제표준화 작업 단계에 들어가 있다<표 2>.

본 고는 전파연구소의 EMC 기준전문위원회의 B 소위원회의 표준화 연구과제 보고서 중에서 ISM 기기 관련 표준화 활동의 일부 내용을 발췌, 기술한 것이다. 2003년도 EMC 기준전문위원회 B소위원회에서는 1) CISPR/B, F 및 H의 표준화 활동 동향 조사 분석, 2) ISM기기 전자파기준 및 시험방법과 의사손에 관한 연구, 3) 국내 ISM기기의 현장 전자파 방출

〈표 2〉 국내 ISM 주파수대역 할당

주파수대역(MHz)	이용 내역
26.965~27.405	생활무선국
46.51~46.97	코드없는전화기
49.695~49.97	"
220	특정 소출력 무선국
448.7375~449.2625	생활무선국
424.1375~424.2625	"
914~915	코드없는전화기
959~960	"

레벨 실태조사 등의 활동을 추진하였다.

II. ISM 기기 관련 CISPR 표준화 활동 동향 조사 연구

2003년 한국 제주 CISPR 회의 이후에 진행되고 있는 CISPR/SC B 및 CISPR/SC H의 활동 프로젝트에 관련한 기술문서 중에서 금년도에 배포 검토된 CISPR/SC B와 CISPR/SC H 문서는 CISPR/SC B 29건 그리고 CISPR/SC H 28건이었다. 본 절은 이 문서의 내용을 기초하여 ISM 기기에 대한 전자파기준 및 측정방법에 대한 국제표준화 활동과 무선서비스 보호를 위한 전자파 기준설정에 관한 국제 표준화 활동의 최근 동향을 기술한다.

2-1 CISPR/SC B 표준화 활동 동향

CISPR/SC B는 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 기기로부터 발생하는 전자파방출 기준과 측정 방법에 대한 국제표준을 제·개정 한다. 이 위원회에는 두 개의 WG(Working Group)을 두고 있는데, WG1은 'ISM 기기 또는 작동에 스파크가 필요한 기기(내연기관의 엔진 점화 장치는 제외)에서 방출된 간섭 전자파에 관한 표준화 연구'를 수행하며, WG2는 전력선, 전압기기 및 전기철도(Electric Traction)에서 방

출된 간섭전자파에 관한 표준화 연구를 수행한다. 2003년 현재 CISPR/SC B의 활동계획에 포함된 표준화 연구과제는 모두 4건이다. 지금까지 이 위원회에서 연구하여 승인된 국제표준은 1999년 8월에 발행한 CISPR11Ed.3.1과 2003년 3월에 발행된 CISPR 11 Ed.4.0이 있다.

2-1-1 CISPR 11 Am. 2 f5 Ed.3.0 개정 - 특수 의료기기 추가

이 프로젝트는 CISPR11의 부록 A에 있는 ISM 기기에 특수 의료기기(x-ray 장치)의 추가를 목표로 한다. 이 프로젝트의 안건이 CISPR/B/244/CD 문서로 작성되어 2000년 9월에 각 회원국의 회람 투표를 실시하였다. 투표결과 많은 회원국에서 반대 의사를 제시하여 2001년 영국 브리스톨 CISPR/SC B 회의에서 의장이 표준화 작업중단을 선언하였다. 그러므로 2003년 현재까지도 표준화 작업이 진행되지 못하고 PWI(Potential new Work Item) 단계에 머물러 있다. 앞으로 이 프로젝트는 CISPR/SC B의 작업 프로그램에서 제외될 것으로 전망된다.

2-1-2 CISPR 2 f2 Ed.4.0 개정 - 산업용 전기가열장치 추가

이 프로젝트는 CISPR11 Ed.3.1 ISM 기기의 범위에 산업용 전기가열장치를 추가하는 것을 목표로 한다. 이 프로젝트는 CISPR/B/242/CD 문서로 처음 제안되었으나 이후에 CISPR11에서 다루는 모든 ISM 기기의 종류별 분류와 관련하여 전면적 개정 작업이 추진되어 2003년 6월 현재 A2CD(Approved for 2nd Committee Draft) 단계에 있다.

2-1-3 CISPR 11 Am. 1 Ed.4.0 개정 - 마이크로웨이브 전력을 이용한 자외선복사 장치(Ultraviolet irradiator) 규정 명확화

이 프로젝트의 목표는 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 동작하는 산업용 UV(Ultraviolet) 방사기에서

나오는 복사전자파에 대한 기준을 정하는 것이다. CISPR11 Ed.4.0 <표 6>의 그룹2/B급 ISM 기기에 제시된 기준에서 B급 ISM 기기의 복사전자파기준은 그대로 두고, A급 기기의 기준치를 12 dB 완화시키자는 제안이 CISPR/B/273/CD 문서로 나왔고 이 제안에 대한 각 회원국의 검토의견이 CISPR/B/287/CC 문서로 제출되었으며, 이 문서를 기초하여 CISPR/B/296/CDV 문서가 작성되었다. 이 의제는 2003년 6월 각 회원국에 회람 투표를 시행한 결과 P 멤버 25개국 중 23개국 찬성(92 %)으로 전폭적인 지지를 얻음으로써 통과되어 FDIS 문서 작업 단계로 넘어갔다.

2-1-4 CISPR11 Am. 2 f2 Ed.4.0 개정 ISM 기기의 정의 및 범위 조정 작업

2001년 6월 영국 브리스톨 CISPR/B 회의에서 현재 CISPR11 Ed.3.1에 규정한 ISM 기기의 분류에 대한 논의결과, 개정 필요성이 인정되어져 질의서(관련 문서CISPR/B/263/Q) 형태로 각국의 검토 의견을 받기로 하였다. CISPR/B/276/DC에 대한 각 회원국의 검토의견이 CISPR/B/288/INF로 정리되었는데 이 문서를 기초하여 CISPR 11 Ed.3.1 ISM 기기 분류와 정의에 대한 수정 보완 내용을 담은 CISPR/B/304/CD 문서가 준비되었다. 또한, 이 문서 내용에 대한 각국의 검토의견을 담은 문서가 CISPR/B/310/CC로 작성되어 다시 각 회원국에 회람되었다. 2003년 한국 제주에서 개최된 CISPR/B 회의에서는 CISPR/B310/CC에 종합된 각 회원국의 검토의견을 중심으로 회의가 진행되었는데 주요 쟁점사항은, ISM기기의 측정주파수 대역을 0~400 GHz로 확대하는 것, CISPR11 Ed.3.1의 ISM 기기의 그룹 1의 정의 및 그룹 2 정의에 EDM(Electro Discharge Machine) 및 아크 용접기를 추가하는 것, 소모 전력에 따른 그룹 1/그룹 2, A급/B급의 분류 및 추가 항목별 기준치 재조정 등이다. 검토된 모든 회의결과는 새로운 편집번호가 부여되는 CISPR11 Ed.4.0으로 정리된다.

2-2 CISPR/SC H 표준화 활동 동향

CISPR/SC H는 1998년 독일 프랑크푸르트에서 첫 회의가 개최되었으며, 무선서비스의 보호를 위한 전자파간섭기준설정 등에 관한 국제표준화 작업을 추진한다. 이 위원회는 2003년 활동계획에 모두 6건의 표준화 연구과제가 있었으나 CISPR 31 Ed. 1.0(무선서비스 특성 데이터베이스) 프로젝트가 금년도에 종료되어 2004년에 국제표준으로 발행될 예정이므로 이를 제외하고 현재 5건의 표준화 연구과제가 g활동 계획에 포함되어 있으며, 하부에는 3개의 Working Group을 두고 있다.

2-2-1 IEC61000-6-3 및 IEC61000G-6-4 Generic Standard 통합 작업

이 프로젝트는 현재 두개로 구분된 IEC61000-6-3과 IEC61000-6-4 Generic standard를 하나로 통합하면서 9 kHz 이하 주파수 대역에 대한 전자파방사기준의 Generic standard도 하나로 통합시키는 것을 작업 범위로 하고 있다.

이 프로젝트에 관련하여 CISPR/H/60/CD 문서에 두 Generic standard 통합안이 제시되었는데, 이 제안에 대한 각 회원국의 찬성/반대 의견이 엇비슷하게 갈리고 있다. 단지 9 kHz 이하 주파수 대역의 전자파 방사기준의 Generic standard는 IEC/TC77의 SC77/A에 책임이 있으므로 이 통합작업에는 이 위원회들의 공동노력이 필요하다는 결론이다.

2-2-2 1 GHz 이상 주파수대역의 전자파방사기준의 Generic standard 제정 작업

이 프로젝트는 IEC 61000-6-3과 IEC 61000-6-4 Generic standard에 1 GHz 이상의 주파수대역에 대한 전자파방사기준도 포함하자는 것이다. 이 제안은 CISPR/H/64A/DC 문서로 작성되어 각 회원국에 회람되었는데, 각 회원국의 검토 의견은 대체적으로 기준제정의 필요성을 인정하는 분위기이다. 일례로 스

위스 검토의견을 보면, 무선서비스보호를 위하여 1 GHz 이상 주파수 대역의 전자파기준을 다음과 같이 규정하자고 제안하였다.

- 측정거리 3 m 기준으로 1~3 GHz 주파수 대역에서 47 dBV
- 측정거리 3 m 기준으로 3~6 GHz 주파수 대역에서 53 dBV

또한, 제조자 기준으로는 첨두치로 약 67 dBV/m, 평균치로 약 52 dBV/m가 적합하다는 의견을 제시하였다.

2-2-3 전자파방사기준 설정원칙(CISPR32 Ed. 1.0) 제정 작업

이 프로젝트는 1~18 GHz 주파수 대역의 전자파 방사기준을 설정하는 원칙에서 전자파 방사기준 계산식에 사용되는 확률인자 적용 기준을 정하자는 것이다. 현재 적용하고 있는 CISPR23의 계산공식은 기준설정에 디지털이동통신 등 새로운 무선서비스의 이용이 많은 전파환경에서는 미흡한 부분이 많으므로 새로운 설정기준에 CISPR23 기준의 $P_1 \sim P_{10}$ 확률인자 기준값을 정하자는 것이다.

1) P_1 : 방해원 복사패턴 관련 확률인자

복사원은 항상 무이득안테나의 특성을 가져야 한다. 그러므로 0 dB의 등방성 안테나 이득을 기준으로 한다. 그러나 1 GHz 이상의 방해원은 복사패턴을 가지므로 0 dB가 적용될 수 없다. 연구결과에 의하면 1~18 GHz 주파수 대역의 방해원의 평균이득 P_1 은 3~12 dB 정도 된다고 한다. 만약 방사기준에 대한 측정이 OATS에서 수행된다면 방해파원의 복사패턴에 관한 확률은 항상 무 이득 안테나의 특성을 가지는 등방성 안테나 이득을 기준으로 하므로 0 dB를 적용한다. 그러나 1 GHz 이상의 방해원은 복사패턴을 가지므로 0 dB가 적용될 수는 없으므로 방해원 안테나의 평균이득 P_1 은 주파수에 따라 변화한다. 그러므로 P_1 은 3~15 dB로 하자는 제안도 있다.

2) P_2 : 방해원에 대한 피해수신기(victim receiver)의 안테나 이득 관련 확률인자

수신 안테나의 이득 G는 간섭 확률을 줄여 준다. 모든 안테나의 이득은 방해파의 강도에 대해서 6 dB로 제안된다. 따라서 허용되는 방해파 강도는 $G_w - 6$ dB이다. 그러므로 P_2 는 $G_w - G_{wd} = G_w - 0.3G_w$ dB를 적용하자는 것이다. 이 P_2 확률인자는 피해 수신기의 안테나이득의 감소를 의미하는 것이므로 CISPR/H/62A/CD 문서의 관계 기준을 완화하려면 더욱 확실히 하여 P_2 는 0.7 Gw가 아니라 부호를 바꾸어서 $-0.7 G_w$ 로 정해야 한다는 의견도 있다.

3) P_3 : 이동수신기 관련 확률인자

보호 받아야 할 전체대역에서 고려되어야 할 확률 인자이다. 즉 P_3 은 3 dB이다.

이 P_3 확률인자는 P_1 과 P_2 와 관계가 있으므로 삭제하자는 제안도 있다.

4) P_4 : 방해원의 주파수가 임계주파수에 있을 확률인자

어떤 이동무선 수신기도 희망파 강도와 방해파 강도에 관계되는 보호비 R이 높을수록 어느 지점으로 이동하게 된다. 그러나 근래 이동무선서비스는 이동무선 수신기의 일정한 값으로 조정할 것을 요구한다. 따라서 이 확률인자는 수정될 수 없으므로 P_4 는 6 dB를 적용하자는 것이다. 이 P_4 확률인자는 방해전자파원에서 나오는 잡음 스펙트럼과 밀접한 관계가 있으므로 제품군의 전자파 방사기준 전반에 걸쳐 영향을 주므로 보다 많은 자료를 가지고 더욱 연구한 후에 결정하자는 제안도 있다.

5) P_5 : 방해원의 전자파방사 기준치 이하의 확률인자

이 값은 전도전자파 방출에 대한 연구결과를 근거로 정한 것이며, 광대역 변조를 사용하지 않는 모든 장치에 적용된다. 그러므로 확률인자 P_5 는 2 dB

로 정하자는 것이다. 이 P₅ 확률인자는 CISPR23의 기준설정과 관련이 거의 없으므로 삭제하자는 의견도 있다. 또한, 피해무선수신기 대역폭(B_{want}), 측정수신기 대역폭(B_{meas}) 및 잡음원 대역폭(B_{noise})의 상호관계 설정을 다음과 같이 정의하여야 한다는 의견도 있다.

- (a) B_{noise} < B_{meas} 및 B_{want}(협대역)
- (b) B_{want} < B_{noise} < B_{meas}
- (c) B_{meas} < B_{noise} < B_{want}
- (d) B_{noise} < B_{meas} 및 B_{want}(광대역)

위 규정으로 CISPR/H/62A/CD 문서 식 (4)는 다음의 관계로 수정하여야 한다는 의견도 있다.

- 경우 (a)는 상관관계가 없음.
- 경우 (b)에서 E_p = E_m[B_{want}/B_{noise}]^{1/2}
- 경우 (c)에서 E_p = E_m[B_{noise}/B_{meas}]^{1/2}
- 경우 (d)에서 E_p = E_m[BS/B_{meas}]^{1/2}

그러므로 CISPR/H/62A/CD 문서 식 (4)에서 분자와 분모는 서로 바뀌어야 한다는 것이다.

6) P₆ : 무선서비스 대역폭에 따른 간섭 확률인자

광대역 전자파방출에 대한 간섭은 수신기의 대역폭에 관계된다. 대역폭을 높이면 높일수록 방해원의 간섭레벨도 함께 높아진다. 따라서 수신기의 협대역 방해특성보다는 광대역 특성을 주로 고려하여 보호비를 정한다. 그러므로 광대역 방해원의 허용 전자파방출기준은 다음 식으로 규정된다.

$$E_p = E_m \sqrt{\frac{B_{meas}}{B_{want}}}$$

여기서,

- E_m: 측정된 방해파의 강도
- E_p: 무선서비스에 대한 허용 방해파 강도
- B_{meas}: 측정수신기의 대역폭
- B_{want}: 희망파 신호에 대한 무선서비스의 대역폭. 무선서비스를 보호하기 위하여 B_{meas}<B_{want}의 조건

이 성립되어야 한다. 따라서 P₆은 다음 식과 같다.

$$\mu_{p6} = 10 \cdot \log \left\langle \frac{B_{meas}}{B_{want}} \right\rangle$$

CISPR/H에서 조사한 보고서에 의하면 P₆은 무선서비스의 선택에 따라 달라지므로 평균 약 6.5 dB 정도라는 것이다. 그러나 이것은 주파수에 따라 달리 적용되므로 P₆ = -f(frequency) [dB]로 하자는 것이다. 이 P₆ 확률인자는 주파수에 관계하지 않으므로 모든 예외 조항은 삭제하여야 한다는 의견도 있다.

7) P₇ : 방해원과 피해수신기의 간헐적 운용에 따른 확률인자

1일 평균 90 %의 무선서비스가 발생하는 지역은 6 dB 기준이 적용된다. 그러나 24시간 동안 서비스되는 지역은 0 dB가 적용되어야 한다는 견해와 안전서비스를 해치므로 이 기준이 적용될 수 없다는 견해도 있다. 그러므로 P₇은 6 dB로 정하자는 제안이다.

8) P₈ : 방해원과 피해수신기 사이의 거리와 측정거리와의 비

방해원의 전자파 방출기준은 시험장에서 규정된 측정거리에서 측정된다. 그러나 수신기가 의도한 바대로 사용될 때 피해수신기와 방해원 사이의 거리는 항상 달라진다. 이에 대하여 CISPR 규정거리는 3 m으로 한다. 그러나 측정거리가 실제 사용거리보다 짧을 경우는 d_{inten}/d_{meas} 비율로 감쇠한 것으로 계산한다. 따라서 P₈은 다음 식으로 계산하자는 제안이다.

$$\mu_{p8} = 20 \cdot \log \left\langle \frac{d_{inten}}{d_{meas}} \right\rangle$$

9) P₉ : 서비스 지역의 가장자리에 있을 확률인자

이동무선수신기는 항상 서비스 지역의 가장자리에 위치하지 않는다. 그러므로 허용 방해파 강도의 계산을 위하여 희망파 강도는 서비스 가장자리에서 항상 희망파 강도의 최소치 보다 높다. 희망파 강도

는 거리에 선형적으로 감소하며, 서비스 지역은 거리 제곱에 따라 증가한다.

$$0.5A = \left(\frac{d}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$E(d) = 7 \cdot \frac{\sqrt{P \cdot G}}{\left(\frac{d}{\sqrt{2}}\right)}$$

이러한 조건으로 희망파 신호강도는 3 dB 씩 줄어든다. 따라서 P₉는 3 dB를 적용하자는 제안이다.

10) P₁₀ : 빌딩의 감쇠 확률인자

선택적으로 결정할 경우 CISPR/H/39CD에서는 선택 a)에서 0 dB~6 dB로 규정하고. 선택 b)에서 2~12 dB로 규정한다. 그러나 방해원과 피해수신기의 위치를 고려하여 6 dB 또는 12 dB로 규정하고자 제안하였다. 따라서 P₁₀은 6 혹은 12 dB로 하자는 제안이다.

2-2-4 Generic Standard를 초과하는 제품기준에 대한 조정 작업

이 프로젝트는 아직까지 지정된 책임자가 없다. 2003년도 한국 제주회의에 앞서 각 제품기준에서 Generic standard 기준을 초과하는 기준이 어떤 것이 있는지를 파악하기 위하여 CISPR/H 의장이 각 제품 기준 관련 위원회 의장에게 설문조사식 의견 제시를 요청하였으나 아직까지 종합된 문서는 작성되지 않았음. 앞으로 이 의제는 작업프로그램에서 제외될 가능성이 많다. 관련문서는 CISPR/H/59/DC, CISPR/H/74/INF이다.

2-2-5 무선서비스 특성에 관한 데이터베이스(CISPR33 Ed. 1.0) -- 무선서비스특성 데이터베이스 DTR(Draft Technical Report) 발행

CISPR/H/WG3에서는 무선서비스특성에 관한 데이터베이스 작업을 추진하여 CISPR31(Database on

the characteristics of radio services) Ed. 1.0 제정하는 작업을 추진해 왔다. 이 작업프로그램은 당초 2005년 완료일로 추진되었으나 예상보다 빨리 추진되어 2004년 CISPR31 Ed.1.0이 발행될 예정이다.

Ⅲ. 국내 ISM기기의 현장전자파레벨 실태조사 연구

국내 방전가공기 운용 현장의 전자파방출레벨의 실태를 파악하기 위하여 2003년 9월~10월 동안 방전가공기 사용현장에서 국제규격인 CISPR11 ISM 기기의 측정방법을 적용하여 다음과 같은 세부조건에서 조사하였다.

- 1) 피시험기기 및 수량 : EDM 기기, 4대
- 2) 시험장소 : 기기 설치 현장 및 제조 공장
- 3) 시험항목 : 전도 전자파(150 kHz~30 MHz) 및 복사 전자파(30 MHz~7 GHz)
- 4) 피시험 기기의 전원 : 3상, AC 220 V, 60 Hz
- 5) 피시험 기기 동작 조건 : 통상 동작 조건
- 6) 측정 적용 규격 : CISPR11 그룹 1/A급 기기

3-1 전도 전자파레벨 조사결과

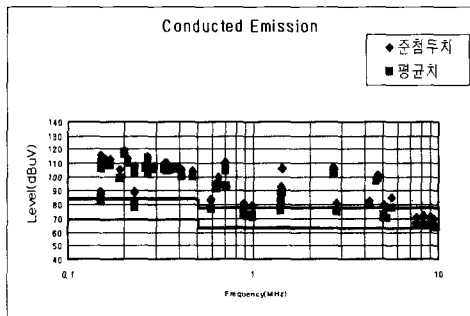
150 kHz ~ 30 MHz 주파수 대역에서 피시험기기 4대를 선정하여 전도 전자파레벨을 시험하였으나 모두 CISPR 11 기준에 부합되지 못하였다. 측정결과, 준 첨두치로 43.6 dB, 평균치로 48.3 dB 초과된 것으로 나타났으며, 전체 시험주파수 대역에서 평균 약 20 dB 정도 CISPR 기준을 초과한 것으로 나타났다[그림 1].

일부 제품의 경우에는 10 MHz 이상의 고주파 대역에서 양호한 특성을 보이고 있으나 평균치 기준에 부합되지 못하였다[그림 2].

3-2 복사 전자파레벨 조사결과



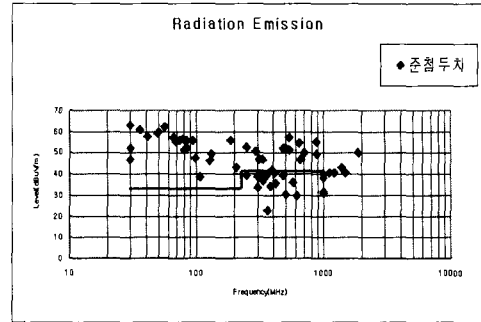
[그림 1] 현장 전자파레벨 실태조사



[그림 2] 전도전자파 측정결과

복사전자파레벨 조사도 30 MHz ~ 1000 MHz 주파수대역에서 피시험기기 4대를 선정하여 시험한 모두 CISPR11 기준에 부합되지 못하였다. 30 MHz~200 MHz 주파수대역에서 평균 25 dB CISPR11 기준치를 초과하였다. 200 MHz ~ 1000 MHz 주파수 대역에서는 10 dB 정도 초과하였다. 또한 1 GHz ~ 7 GHz 주파수 대역은 평균 약 40 dBuV/m 이하로 낮게 나타났다. 다행히도 무선 LAN 등 통신기기들이 많이 사용하고 있는 주파수 대역에서 비교적 낮은 방출 레벨을 보였다[그림 3].

본 실태조사는 피시험기기가 일반적인 부하조건에서 동작하고 있는 상태를 만들어 실시하였다. 만약 최대의 부하조건으로 동작 상태를 만들어 전자파 방출레벨을 측정하였더라면 결과는 CISPR 기준치



[그림 3] 복사전자파 측정결과

보다 훨씬 큰 차이를 보였을 것이다. 특히, 전도전자파 잡음의 경우 방전전류에 비례하여 전자파레벨이 높아지는 경향을 보였으며, 전반적으로 CISPR 11 기준치보다 평균 20 dB 및 25 dB 초과한 것으로 나타났다.

국내 방전기기 제조업체의 EMI 대책기술능력은 전반적으로 부족한 편이었다. 그러므로 이들 기기에 대한 전자파환경은 기술의 성숙도를 봐가면서 관리되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 의사 손 및 ISM 기기의 전자파기준 연구

4.1 의사 손 연구

의사 손은 휴대용 전기기기와 대지 간에 인체의 임피던스를 모사하는 전기회로망(IEV161-04-27)으로 정의된다. CISPR는 사람이 직접 손으로 잡고 이용하는 기기에 대한 전자파시험은 실제와 유사한 상황을 연출하기 위하여 전원 임피던스 안정화 회로망(LISN)에 의사 손을 넣어 시험회로를 구성하도록 규정한다. 본 연구는 의사 손 적용이 30 MHz 이하 주파수 대역의 전도 전자파 시험에 국한되어 있는 규정의 적정성과 30 MHz 이상의 주파수대역의 전자파 시험에도 의사 손 및 의사 인체가 적용되어야 하는지 타당성 파악을 위하여 CISPR 표준 의사 손을 제작하였고, 의사 손 적용에 따른 시험결과를 분석하였다.

4-1-1 CISPR 의사 손 규격

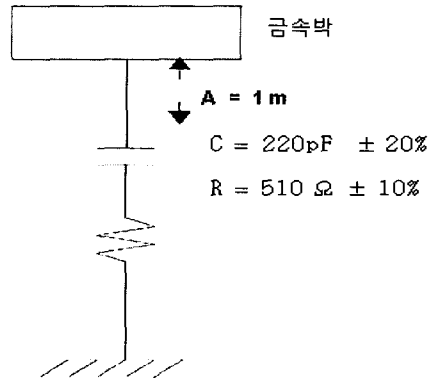
CISPR16-1 의사 손에 대한 기준은 일정한 크기의 가늘고 긴 얇은 금속박에 RC 회로가 접지된 형태의 것으로 규정하고 있다. 의사 손의 금속박은 사람 손이 닿는 부분을 모의하는 것으로써 적용 부위를 특수한 방법으로 감싸서 고정시키도록 되어 있으며, RC 회로 저항(R) 510 Ω±10 %, 콘덴서(C) 220 pF±20 %가 직렬로 구성되어 있다. 이 의사 손 RC 회로는 금속박과 접지 사이에 들어간다. 피시험체의 손잡이나 기기의 몸체 주위에서 사용자의 손을 모의하기 위해 사용되는 금속박 스트립의 폭은 통상적으로 60 mm이다. 키보드의 경우에는 더욱 실제에 가깝게 최대 100 mm×300 mm 크기의 금속판을 키보드 상단에 올려놓고 측정하도록 규정한다. 의사 손 RC 회로와 금속박 사이를 연결하는 리드선의 길이는 대략 1 m 정도의 길이이다. 만약 의사 손의 시험배치에서 더 긴 리드선이 필요할 경우에는 측정주파수 30 MHz 근처에서 전체 인덕턴스(L)가 1.4 μH보다 작은 리드 선을 사용하여야 한다. 리드 선은 자유공간에서 하나의 선으로 가정할 수 있으므로 측정 상한주파수가 30 MHz에서 리드 선의 인덕턴스는 1.4 μH보다 작을 것이다. 이 리드 선의 인덕턴스는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$L = (\mu l / 2) [1n(4l/d) - 1] [H]$$

여기서, μ 는 자유공간투자율($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)이고, l 은 리드 선의 길이(m), d 는 리드선의 직경(m)이다. 참고로 인덕턴스 $L=1.4 \mu H$ 인 리드 선을 사용할 때, 의사 손은 주파수 30 MHz에서 가장 안정된 임피던스를 나타낸다[그림 4].

4-1-2 의사 손을 적용한 전자파 측정결과

본 연구는 가정용 전기청소기를 대상으로 동일한 동작모드에서 의사손이 사용되었을 때와 사용되지



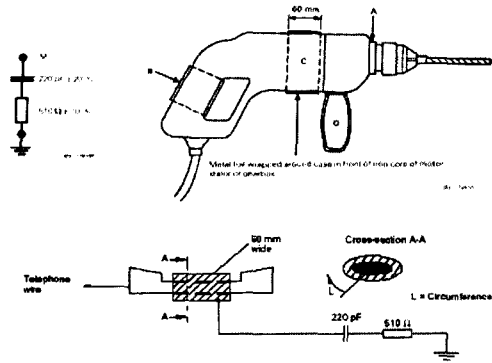
[그림 4] 의사 손 RC 회로
* A 선의 인덕턴스는 $L < 1.4 \mu H$ (30 MHz 기준)

않았을 때를 비교하기 위하여 다음은 세부기준을 적용하여 측정결과를 비교 분석하였다.

- 1) 조사시험항목 : 잡음단자전압(Conducted Emission)
- 2) 시험기준 : CISPR14-1(2001)
- 3) 사용시설 및 장비
 - 실드 룸
 - 전원공급장치
 - 의사전원 회로
 - 수신기(R/S)
 - CISPR 의사 손
- 4) 입력전원 : 220 Vac, 60 Hz
- 5) 의사손 적용기준
 - ANSI C63.4-2001 : CISPR16-1, 1999, 21절을 따름

IEC61000-4-6 의사 손 적용기준은 대체적으로 휴대용 제품으로써 금속 부분이 대지 접지에 직접 접촉이 되지 않은 제품에 적용된다. 대상 제품은 전기공구, 가정용기기, 휴대용 믹서, 전화기 핸드 셋, 조이스틱, 키보드 등이 있다[그림 5].

만약 시험배치에서 선의 길이가 1 m 이상 길게



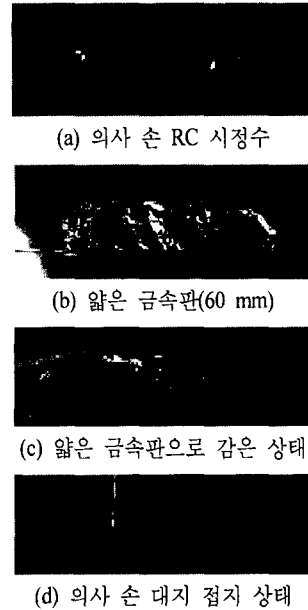
[그림 5] 의사 손 RC 회로와 얇은 금속박의 부착 위치 예

되어야 하는 경우에는 30 MHz 기준주파수에서 리드 선의 인덕턴스는 1.4 uH 이내로 하여야 한다. 의사 손 RC 회로는 가능한 얇은 금속박 또는 접지 중에 가까운 곳에 위치시켜 측정해야 한다. 측정결과, 8 MHz ~ 10 MHz 및 26 MHz ~ 29 MHz 주파수 대역에서 의사 손을 사용하지 않고 전자파 특성을 측정한 결과는 의사 손을 사용하여 측정한 것에 비하여 7 dB ~ 8 dB 더 높은 침투치를 보였으며, 전체의 시험 주파수대역에서 평균 3 dB ~ 4 dB 편차를 보였다. 특히, 26 MHz ~ 29 MHz 주파수 대역에서 매우 큰 편차를 보였다. 그러므로 30 MHz 이상의 주파수 대역에서는 더욱 큰 편차의 측정결과가 나타날 것으로 추정된다[그림 6].

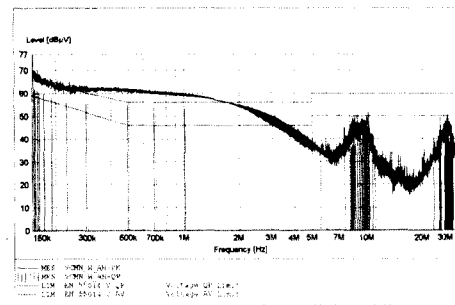
[그림 6]은 시험에 적용한 의사 손 실제 모양과 시험배치를 나타낸 것이다.

다음은 주파수 30 MHz 이하에서 의사 손을 적용한 경우의 측정결과와 적용하지 않고 측정한 결과를 나타낸 것이다. 또한, 의사 손을 적용한 측정결과와 의사 손을 적용하지 않고 측정한 결과는 [그림 7], [그림 8]과 같다.

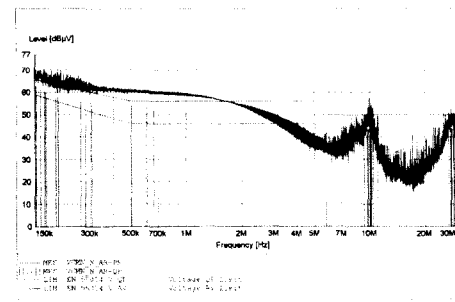
또한, 30 MHz 이하 주파수대역에서 의사 손 적용에 따른 영향을 비교 분석한 결과 30 MHz 이상의 높은 주파수 대역으로 갈수록 더욱 심한 차이를 보였다.



[그림 6] 의사 손 회로 및 시험 배치



[그림 7] 의사 손을 사용한 측정 결과



[그림 8] 의사손이 없는 측정 결과

4-2 ISM 기기 전자파기준 및 시험방법 연구

ISM기기 등 고주파 이용기기의 전자파 기준 및 시험방법에 대한 연구는 최근 정통부 고시로 제정된 전자파장해방지기준(정통부 고시 제2001-115호: 2001. 12.12)을 비롯하여 미국 FCC part 18 및 MP-5 시험기준, 유럽 EN55011:1998+A1:1999) 기준 그리고 국제표준으로 CISPR11 Ed.3.1을 기초하여 관련 세부기준 내용을 조사 분석하였다. CISPR 기준은 1999년에 ISM 기기의 전자파기준 및 측정방법에 관한 국제표준으로 CISPR11 Ed.3.1을 발행한 이래 여러 차례의 수정 보완작업을 추진한 결과 최근 CISPR11 Ed.4.0이 발행되었다. CISPR11에서 규정한 1GHz 이상 주파수대역의 전자파기준은 <표 3>~<표 6>과 같다.

우리나라의 1 GHz~18 GHz 주파수대역에 대한 ISM 기기의 전자파 기준은 허용기준의 단위 표기를 제외하고 CISPR 11 기준에 조화되어 있다. CISPR 11 기준은 dBuV 단위를 사용하고 국내기준은 dBpW 단위를 사용한다. 또한, 18 GHz 이상 400 GHz 이하 주파수 대역의 허용기준은 CISPR/B에서 연구 중이다. 금년도에는 정통부 제2000-182호(2000.10.27)과 CISPR11 기준을 기초하여 ISM 기기의 전자파시험기준 개정안(전파연구소 KN11)을 작성하여 전파연구소에 제출하였다.

<표 3> CW형 전자파 방해를 발생시키고 400 MHz 이상 주파수 대역에서 동작하는 2종/B급 기기의 전자파방사 기준

주파수대역 GHz	3 m 측정거리의 전기장 강도 dB μ V
1 ~ 2.4	70
2.5 ~ 5.725	70
5.875 ~ 18	70

- 주 1) 무선서비스 보호를 위해 보다 낮은 허용기준을 적용할 수 있다.
- 주 2) 침투치 측정은 RBW 1 MHz, 1 MHz 이상의 VBW로 한다.

<표 4> CW형 외의 전자파 방해를 발생시키고 400 MHz 이상의 주파수 대역에서 동작하는 2종/B급 기기의 전자파 방사 기준

주파수 대역 GHz	3 m 측정거리의 전기장 강도 dB μ V/m
1 ~ 2.3	92
2.3 ~ 2.4	110
2.5 ~ 5.725	92
5.875 ~ 11.7	92
11.7 ~ 12.7	73
12.7 ~ 18	92

- 주 1) 무선서비스의 보호를 보다 낮은 허용기준을 적용할 수 있다.
- 주 2) 침투치 측정은 1 MHz의 RBW 및 1 MHz 이상의 VBW로 한다.
- 주 3) 위 기준은 마그네트론을 이용한 마이크로웨이브 오븐과 같은 유동레벨의 전자파원에 대하여 적용한다.

<표 5> 400 MHz 이상 주파수 대역에서 동작하는 2종/B급 기기의 전자파 방사 기준 (Weighted) 기준

주파수 대역 GHz	3 m 측정거리의 전기장 강도 dB μ V
1 ~ 2.4	60
2.5 ~ 5.725	60
5.875 ~ 18	60

- 주 1) 무선서비스의 보호를 보다 낮은 허용기준을 적용할 수 있다.
- 주 2) 가중치 측정은 1 MHz의 RBW 및 10 Hz의 VBW로 한다.
- 주 3) 이 기준의 확인을 위한 측정은 2개의 중심주파수 주위에서만 수행할 필요가 있다. 즉, 1,005 MHz ~ 2,395 MHz 대역에서 가장 높은 방해를 그리고 2,505 MHz ~ 1,7995 MHz 대역(5,720 MHz ~ 5,880 MHz 대역 외)에서는 가장 높은 침투치 방해를 각각 측정한다. 또한 측정 스펙트럼 분석기의 주파수 간격은 10 MHz로 한다.

<표 6> 우리나라의 400 MHz 이상의 주파수대역에서 동작하는 2중/B급 기기허용기준

주파수 범위 (MHz)	첨두치 허용기준(dBpW) (3 m)		
	RBW (1 MHz) ≤VBW (주 1)	RBW (1 MHz) ≤VBW (주 2)	RBW (1 MHz) VBW=10 Hz (주 3)
1 ~ 2.3	70	92	60
2.3 ~ 2.4	70	110	60
2.5 ~ 5.725	70	92	60
5.875 ~ 11.7	70	92	60
11.7 ~ 12.7 (주 4)	70	73	60
12.7 ~ 18	70	92	60

- 주 1) 허용기준에 부적절한 경우 (주 2)의 허용기준을 적용한다.
 - 주 2) 허용기준에 적합할 경우에는 1,005 MHz ~ 2,395 MHz 대역 및 2,505 ~ 17,995 MHz 대역에서만 정밀측정 (VBW=10 Hz)한다.
 - 주 3) 첨두치 허용기준을 적용한다.
 - 주 4) 11.7 GHz~12.7 GHz 대역은 2003년 12월 31일까지 종전 기준인 57 dBpW (ERP 준첨두치)와 병행하여 적용할 수 있다.
- *전자파 방사기준(1 GHz~18 GHz)은 2004년 1월 1일부터 시행한다.

V. 결 론

1 GHz 이상의 전자파에너지를 사용하는 ISM 기기의 전자파기준은 현재 1~18 GHz의 대역에서 그 기준치가 규정되어 있다. 하지만 현재 CISPR/SC H에서 추진되고 있는 Generic standard는 아직 연구 중에 있다. 최근 CISPR/SC B는 ISM 주파수대역을 사용하는 기기의 종류를 확대하는 방향으로 표준화 방향을 잡고 있고, 휴대용ISM기기의 전자파시험에는 의사 손을 사용하도록 CISPR11 Ed.4.0에 규정하고 있는 등 표준화 활동 영역의 폭도 넓혀나가고 있다. CISPR/ SC B 뿐만 아니라 CISPR/SC H에서도 2003년도 활동계획에 ISM 기기의 전자파기준 설정

원칙을 새로이 정하려는 프로젝트를 추진하고 있다. 이 새로운 원칙은 당연히 기기 제조사에게는 불리하게 적용될 것으로 예측되는 바 CISPR/SC H의 표준화 활동 동향은 특히 예의 주시해 나가야 할 것이다. ISM 기기 현장전자파 방출레벨 실태조사는 방전가공기(EDM)를 대상으로 하였다. 실태조사결과 국내 산업현장의 전자파방출레벨이 CISPR에서 규정한 기준레벨보다 매우 높다는 사실을 파악할 수 있었다. 그러나 방전가공기의 작동 조건이나 기기의 설치 규격 등 제반 지식이 미흡하여 과다한 전자파방출레벨의 원인 파악은 할 수 없었다. 현장에 종사하는 기기 운용자들도 전자파 측정이나 전자파 대책을 위한 기술이 확보되지 있지 않은 것 같았다. 앞으로 보다 광범위로 현장 전자파 방출 레벨 실태조사와 대책기술의 보급이 요구된다.

금년에 ISM 기기 전자파 기준 및 시험방법에 관한 국제표준 CISPR11 Ed.4.0이 발행되었다. 이 Ed. 4.0 발행 본에서는 ISM기기의 전자파시험에 의사 손을 적용하도록 규정하고 있다. 이 규정을 적용하여 의사 손을 제작하고 의사 손에 적용에 의한 시험결과의 비교 분석 결과 30 MHz 이하 주파수 대역의 전도 전자파 시험뿐만 아니라 30 MHz 이상의 주파수 대역의 복사 전자파시험에도 의사손이 적용되어야 한다는 사실을 파악할 수 있었다. 앞으로 30 MHz 이상의 주파수 대역에서 적용할 의사 손에 관한 표준화 연구는 전자파내성시험에 전신인체를 적용하는 문제도 포함하여 더 전문적으로 폭 넓게 추진해 나가야 할 것 같다. 지금까지는 EMC기준전문위원회 B 소위원회에서 위원회 활동차원으로만 연구되었으나 연구에 할애되는 시간이나 연구비 등 전반적으로 연구 역량이 못 미치는 것 같다.

또한, ISM 기기의 전자파기준 및 시험방법에 관한 연구는 국내·외 기술기준으로 미국 FCC 기준, 유럽 EN 기준 및 CISPR11 등을 비교 분석하여 국내 시험방법에 관한 개정안 작성 제출하였다. 그리고

CISPR11Ed.4.0에 규정된 전자파기준과 조화된 국내 ISM기기의 전자파기준은 ISM기기에 대한 현장 전자파 방출레벨 조사결과를 분석해 가면서 보완해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] CISPR 11-1999, Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment - Electromagnetic disturbance characteristics - Limits and methods of measurement.

[2] CISPR 20-1996, Limits and methods of measurement of immunity characteristics of sound and television broadcast receivers and associated equipment.

[3] CISPR 16-1-1999, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus.

[4] CISPR 16-2-1999, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity.

[5] CISPR/B/245/CD-2000, Proposed amendment to CISPR 11: The use of the artificial hand for hand-held equipment which fall within the scope of CISPR 11.

[6] CISPR/B/247/CD-2000, Amendment to CISPR 11 (1997): Editorial change of Table 1 of CISPR 11 in accordance with the recent change of ITU-R Radio Regulations.

[7] IEC60050(161)-1990, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 161: Electromagnetic compatibility.

[8] *The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers*, Vol. 8 no. 5.

[9] Matsuzawa, 마이크로 加工技術.

[10] 井上, Wire Cut 放電加工.

[11] 放電加工技術研究部會, 放電加工技術 百問百答.

[12] EN 55011-1998, Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement.

[13] 정보통신부 고시 2001-115호, 산업, 과학, 의료용 등 고주파이용기기류의 장애방지기준, 2001년.

[14] 정보통신부 고시 2000-182호, 전자파적합성시험기준(KN11), 2000년.

[15] CISPR/B/295/FDIS ~ CISPR/B/319/CD 문서, 2003년.

[16] CISPR/F/371/INF ~ CISPR/308/AC 문서, 2003년.

[17] CISPR/H/56/DTR ~ CISPR/H83/DC 문서, 2003년.

≡ 필자소개 ≡

조 광 운



1978년 2월: 광운공과대학교 전자공학 (공학사)

1994년 2월: 광운대학교 산업정보통신공학 (공학석사)

2002년 2월: 한국항공대학교 항공통신정보공학 (공학박사)

1980년 4월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 전파기반연구부 책임 연구원

2003년 ~ 현재: EMC기준전문위원회 B소위원회 위원장, CISPR /SC H National Committee 위원장

[주 관심분야] EMI/EMC, Bio-Electromagnetics, 전파통신시스템 등