5. 전파정보누설 방지기술 연구

임현창, 윤상주, 우기평

전파정보누설 방지기술 연구

요 약 문

1. 정보누설 방지대책 = TEMPEST 란

- 미국 NSA(National Security Agency)에 의해 만들어진 약어로서 컴퓨터나 다른 전자 장비로 부터 누출되는 미약전파에 의한 정보를 보호하기 위한 방법을 말할때 사용된다.

(※ TEMPEST = Terminal Electro-Magnetic Pulse Escape Safeguard Techiques)

2. EMI와 TEMPEST의 차이점

- TEMPEST → 정보를 포함하고 있는 전자파의 방사레벨을 제한
- EMI → 정보의 포함 유·무에 관계없이 모든 전자기기에서 방사되는 전자파의 레벨을 제한함.
- 따라서 EMI 규제와 TEMPEST의 규제는 기술적으로 다름
- EMI 규제를 만족시키는 장비가 반드시 TEMPEST 장비가 아님

3. 연구의 목적 및 필요성

- 정보화사회가 급속히 발전되고 있는 시점에서 정보처리 기기들의 사용이 급속히 증가 되고 있으나, 이들 중요 정보들이 타인에 의해 도청되며 도청되어진 정보들이 악용되어 개인의 사생활과 국가안보 등의 차원에서 커다란 위험이 될것으로 예측되는바 이에 대한 대책 방안을 연구하여 도청으로부터 정보기기에서 처리되는 정보내용을 보호하고 관련기술의 규격화를 제도적으로 확보하는 것이 필요함.

(그림 1 참조)

4. 연구 내용

가. 정보보호의 필요성

나. 정보누설 대책의 국내동향

다. 정보누설 대책의 외국현황

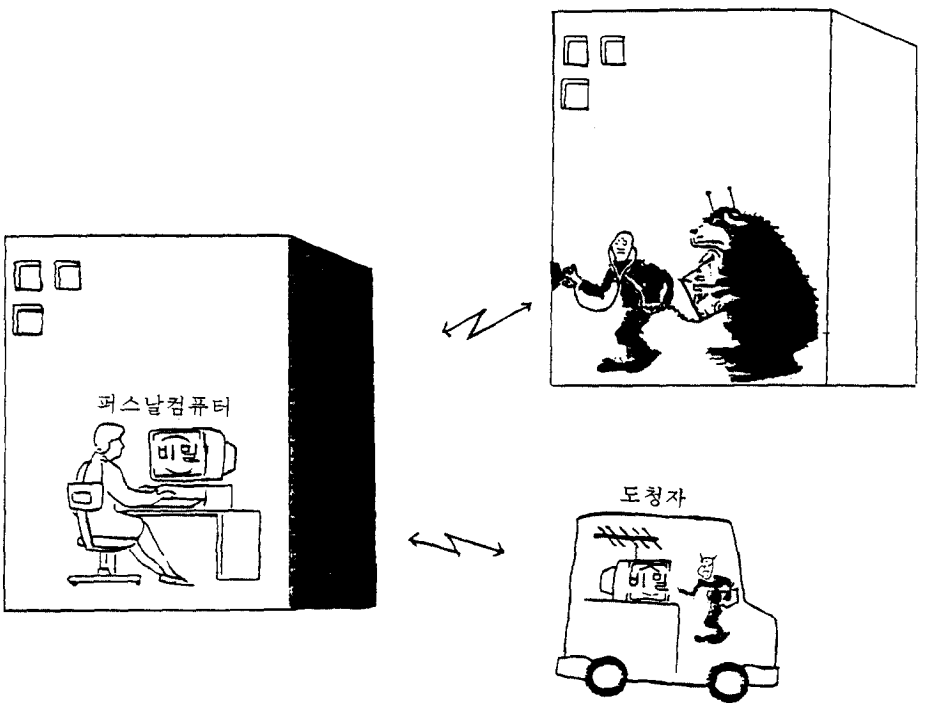
라. 전자파에 대한 국제규정

마. 정보기기로부터의 정보누설 형태

바. 정보 취급기기의 정보누설 방지 대책기술

5. 기대 효과

- 전산기기, 정보망 및 정보통신 장비의 중요정보 및 비밀보호 기능
- 독자적인 TEMPEST 억제 및 시험평가 기술 확보



(그림 1) 정보누설의 모양

전파정보누설 방지기술 연구

Safeguard Against Wavelength Leakage Abstruct

1. TEMPEST(Terminal Electro-Magnetic Pulse Escape Safeguard Techiques) is a code word denominated by NSA to describe the security against data leakage on fine wavelength emanation from computer and electronic system.

2. Difference between EMI and TEMPEST

   TEMPEST - Control Electromagnetic wavelength which carries data

   EMI - Control all magnetic wavelength regardless whether or not it carries data

   EMI technigues differ from TEMPEST technigues and those systems which suffice for EMI regulations do not necessarily satisfy TEMPEST reguirements.

3. Purpose and Necessity of researcs

   As the information society develops the use of data processing equipment increases as well. The necessity of safeguard arrangement againet any leakage of data from electronic equipment to infringe privacy and national security it at all time high.

4. Contents of Reserch

   a. Necessity for safeguard againet data leaks

   b. Safeguard policy against data leaks in korea

   c. Safeguard policy against data leaks in overseas

   d. Snternational rules and regulations on electro-magnatic wavelength

   e. Types of data leaks from data equipment

   f. Safeguard techniques against data leaks from data processing equipment

5. Expected Effects

   - Safeguard functions against leaks of critical data and secrecy from computer system, data network and data communication eguipment

   - Biguisition of discrete TEMPEST techniques and terling and evaluation technigues.

목 차

제 1 장 서 론 ---------- 315

제 2 장 정보보호 기술의 필요성 ---------- 316

제 3 장 정보누설 대책의 국내동향 ---------- 317

1. 지금까지의 연구개발 실적 ---------- 317

제 4 장 정보누설 대책의 외국동향 ---------- 322

1. 외국의 동향 ---------- 322

2. 외국의 생산 및 판매현황 ---------- 324

제 5 장 전자파에 대한 국제규정 ---------- 325

1. FCC의 기술동향 분석 ---------- 325

2. 정보기기에 대한 FCC EMI LIMIT 비교표 ---------- 330

제 6 장 정보기기로부터의 정보누설 형태 ---------- 331

1. 정보누설의 방사경로 ---------- 331

2. 정보기기내에서의 전파누설 방사경로 ---------- 332

3. 전자회로상에서 발생되는 노이즈 원인 및 대책법 ---------- 336

4. 정보누설 방출원의 유형 ---------- 342

5. 디지탈 응용기기의 노이즈 대책 ---------- 346

6. 정보기기 및 주변장치에서의 누설전자파 방사 ---------- 352

제 7 장 정보 취급기기의 정보누설 방지대책 기술 ---------- 356

1. 정보누설의 원인 ---------- 356

2. 정보기기에 대한 차폐기술 ---------- 356

3. 정보누설에 대한 접지기술 ---------- 367

4. 광섬유를 이용한 정보누설 대책기술 ---------- 372

제 8 장 결 론 ---------- 382

※ 참 고 문 헌 ---------- 384

제 1 장 서 론

모든 전기·전자기기는 특성상 기기고유의 전자파를 방출시키는데, 전산기기 또는 전송타자기(Tele-Typewriter) 등 정보처리 및 통신장비의 운용중 방출되는 미약한 전자파는, 고감도 수신장비 및 정보처리 장비에 의해 탐지 및 재생되므로 보호되어야할 중요 정보내용이 노출되는 위험성이 크게 부각되고 있는 실정이다.

TEMPEST(Terminal Electro-Magnetic Pulse Escape Safeguard Techiques) 라는 용어는 컴퓨터의 전자누설에 의해서 제기된 보안 위협을 기술하기 위해서 1950년대부터 유래되기 시작했으며, 그 당시에는 그 명칭조차 비밀에 부쳐졌다.
정보누설을 방지하기 위한 컴퓨터의 차폐 프로젝트도 비밀리에 실시되었으며, 워드프로세서와 퍼스날 컴퓨터가 확산됨에 따라 외국의 정보기관에서는 보안 정보기기기의 적절한 공급을 위해서 일반 산업체의 공개적인 도움을 얻게 되었다.

또한 누설전자파를 탐지하면 암호장치를 사용한 통신장비의 신호도 탐지 가능하기 때문에 암호화 하기전의 전도성방출(Conducted Emission)신호와 안테나를 통한 복사성 방출(Radiated Emission) 신호를 비교하여 암호체계 자체의 알고리즘도 분석 가능하게 될 것으로 예측된다.

정부에서 처리되는 대부분의 자료는 그것이 국가안보에 관한 사항이든 또는 민간의 개인생활에 관한 사항이든 어떤 형태로든 보호 되어야 하기 때문에 이에 모든 정보기기는 결국은 TEMPEST의 요건을 갖추었거나 차폐실에서 사용되어야 한다.
따라서 누설전자파의 특성분석, 피탐지 억제기술 확보를 위한 TEMPEST 현상분석 및 보호대책 수립 연구가 정보화사회의 중추를 이루는 정보통신 시대에 필수적으로 선행되어야 하며, 선진국이 기술이전을 금지하고 있는 미약한 전자파의 탐지/재생과정 적용기술을 연구 함으로서 독자적인 기술을 확보할수 있는 방안을 제시하고자 한다.

제 2 장 정보보호 기술의 필요성

컴퓨터나 워드프로세서 또는 단말기, 프린터, 모뎀등 디지탈 기기로 부터의 불요전자파는 도체면을 따라서 전도되거나 공간을 통하여 방사된다. 그런데 이렇게 방사되는 전자파를 근거리나 원거리에서 도청하여 정보를 추출해 내는 기술은 최첨단의 기술을 요하는 것이다. 즉 이러한 방사전자파로 부터 정보를 재생하기 위해서는 안테나기술, RF/MW(Radio Frequency/Micro /Wave) 수신기 기술 디코딩(Decoding)기술이 요구되는 것이다. 그리고 먼 거리에서 특정 정보로부터 선택된 정보를 도청하기 위해서 안테나는 고지향성, 고이득, 광대역 특성을 갖는 것이어야 하며, 수신기는 고다이나믹레인지, 고감도, 고분해능의 특성을 가지고 있는 것이어야만 가능한 것이다.

이처럼 상대방이나 상대국이 최첨단의 도청기술을 이용하여 우리의 산업체나 국가 기관의 중요한 비밀이나 기술을 탐지해낼 수 있다는 사실을 생각한다면 그 심각성은 자못 큰것이다.

정보가 가장 중요한 현대의 정보화 사회에서는 정보의 주체가 정보기관이든 공공기관이든 또는 각 개인이든 그 정보의 안정성이 보장되고 보호되어야 한다는 점은 그 사회나 국가가 유지되기 위한 전제 조건이자 필수적 요건인 것이다.

제 3 장 정보누설 대책의 국내동향

1. 지금까지의 연구개발 실적

TEMPEST 관련 대책평가기술과 불요전자파 억제기술을 효과적으로 개발하기 위한 전제 조건은 정확한 측정이 이루어질 수 있는 관련 표준이 확립되어 있어야 한다. 이는 측정에 관계되는 측정장비, 측정시설, 안테나, sensor, 측정방법 등이 전자파 표준에 맞게 성능이 유지되어야 하는 것을 의미한다.

지금까지 국내에서는 한국표준과학연구원에서 수행되어온 전자파 표준 및 EMI/EMC 관련 연구가 본 연구와 관련이 있으며 그 연구결과 및 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 주요 연구결과

o 전자파 표준 확립·유지

- 10MHz-18GHz 의 주파수 대역에서 전력, 임피던스, 전압, 감쇠량, 잡음온도, 전자기장의 세기 및 안테 특성 측정 관련 국가표준 확립 및 유지향상

o 정밀 측정 자동화 기술개발 - 전자파 측정 자동화

- 10MHz-18GHz 의 주파수 대역에서 전력, 임피던스, 전압, 감쇠량등 2-port 기기의 특성을 자동 측정하는 6-port 자동회로망 분석기 시스템 개발

o 전자기장의 세기 표준 연구

- 10MHz-18GHz의 주파수 대역에서 Loop 안테나, Dipole 안테나, OEG(Open Ended Waveguide)안테나 및 Horn 안테나를 이용한 표준 전자기장 발생 및 측정법, 표준안테나 개발

o 누설 전자파 측정기 설계제작

- 2.45GHz용, 300KHz-1.5GHz용 누설전자파 측정을 위한 Dipole-Diode, 열전대, 진행파형 등방성 Probe 제작 및 관련 소프트웨어 개발

전파정보누설 방지기술 연구

o 전자파 잡음온도 표준 연구

- 동축형(10MHz-18GHz) 및 도파관형(X-band, P-band)Radiometer의 제작으로 수신기, 증폭기 등의 잡음온도 측정 시스템 개발

o 전자파 간섭 측정 및 극복기술 개발

- 야외시험장 구성 및 시험장 감쇠량 측정 시스템 개발
- 전자파 무향실 구성 및 성능평가 기술개발

o 전자파 장해 측정시스템 구성 및 평가기술 개발

- 야외시험장 설계기준
- 시험장 감쇠량 이론 연구
- 측정시설간의 상호 연관성 연구
- 장해 전자파 방출 특성 측정시스템 개발
- 전자파 내성 측정 시스템 개발

o 안테나 성능 평가기술 개발

- 야외시험장 설치 및 평가를 위한 시험장 감쇠량 연구
- 안테나 인자 교정법 연구
- 표준 안테나 개발
- 30 x 60m 야외시험장 건설

o 안테나 교정기술 및 야외시험장 설치 기술개발

야외시험장의 설계기술과 야외시험장에서 표준안테나를 이용한 EMI/EMC 측정용 안테나 교정기술 개발

- 야외시험장 설계기술과 야외시험장에서의 광대역 안테나 교정기술 개발
- 반파장 공진 dipole 표준안테나 및 대수주기 안테나 제작

o 진동 및 전자파 환경시험

- 전자파 무향실에서 우리별 2호의 불요복사 및 전자파내성 측정을 위한 기술개발

전파정보누설 방지기술 연구

o 안테나 특성 표준 확립

- 50MHz-40GHz 대역에서 쓰이는 안테나의 이득, 편파, 방사패턴등을 정밀 측정할수 있는 시스템 및 소프트웨어 개발

o 전자파 전력 국가표준 확립

- 동축형(10MHz-18GHz), 도파관형(X, P, K, Ka-band)마이크로파 미소열량계 시스템을 이용한 국가 전력표준 확립 및 국제비교

o RF 전압표준 확립

- 1GHz 주파수 대역에서 TVC, μ-potentiometer 교정시스템 및 S/W 개발

o 전자파 차폐 및 흡수기능 복합재료의 성능평가기술 개발

- 전자파 차폐효과 측정시스템 개발
- 전자파 흡수 성능 측정시스템 개발

o 전자파장해 측정설비의 표준제정을 위한 연구

- 전자파 잡음 방출 측정장치에 대한 국내외 규격 검토 및 표준안 제시
- 전자파 내성 측정장치에 대한 국제표준화규격 및 외국규격 검토와 표준안 제시
- 전자파 잡음 방출 및 내성 측정환경에 대한 국내외 규격 검토 및 표준안 제시

o 전자파 시험검사 기술 개발

- 전자파 차폐실 성능평가 기술 개발
- 야외시험장 및 전자파 반무향실 성능평가 기술 개발
- TEM cell 제작
- Parallel Plate Line 제작
- 전자파 간섭현상(RE, CE, RS, CS) 측정시스템 개발
- 관련 안테나 및 소프트웨어 개발

o 연구시설 설치

- 전자파 차폐실 (7 x 6 x 3m)
- 전자파 무향실 (13 x 10 x 8m)
- 야외시험장 (30 x 60m)

나. 현기술 실태의 취약성

요구되는 기술은 극히 미세한 전파를 가능한한 먼거리에서 주파수와 방향을 선별하여 수신하고 수신된 신호로부터 정보를 재생할수 있는 특성을 추출해내는 최첨단의 탐지기술과 이와는 정반대로 최첨단의 기술로도 탐지하지 못하게 정보를 포함하고 있는 불요전자파 억제 및 방해를 이용한 정보보호 기술인데 이것은 우리나라가 외국에 비해 기술적인 열세가 두드러진 전파(RF) 기술의 최첨단이므로 국내에서의 현 기술 상태는 개념적으로는 크게 문제는 없으나 경험부족이 취약점이다.

우리나라에서 80년대 중반부터 기업체와 연구기관, 정부기관에서 전기·전자제품이나 자동차 등의 수출과 관련하여 EMI/EMC에 관심을 갖기 시작하여 본격적으로 이에 대한 연구가 수행되어 국내규격을 마련한 것은 근래의 일로서 EMI/EMC 관련측정기술이나 불요전자파 억제기술의 수준이나 이에 필요한 소재나 부품개발의 기술 수준은 아직 국제수준에 못 미치며, 게다가 국내·외 상용 규격에 적합한 수준의 대책이 수행된 제품도 수십 m 에서도 정보탐지가 가능한 상태로서 더욱더 엄격한 억제기술이 필요하며 이에 대한 경험이 국내에는 거의 없는 실정이다.

다. 앞으로의 전망

보안을 요하는 정보의 처리가 한곳에 집중되어 있던 때는 그곳을 완전히 TEMPEST 차폐하는 것이 대책의 주를 이루어 왔으나 다양한 개인용 컴퓨터나 단말기 및 주변기기들의 확산과 정부·공공기관이나 군, 단체, 기업 또는 개인의 정보이용으로 인한 정보처리의 분산화로 인해 여러 장소에서 쓰이는 각각의 정보처리기기들에 대한 정보보호의 중요성이 대두되게 되었고, 따라서 TEMPEST 대책된 기기들의 필요성이 증대되고 있다. 앞으로 1990년대 하반기에는 TEMPEST 대책된 기기들의 상용화도 예측되고 있으며 대상기기도 증가할 것으로 예상된다.

이러한 추세는 각국 정부의 경우 자국의 공공기관이나 금융기관들에 대한 정보보호를 위한 대책권고와 개인 및 사회정보에 대한 정보보호법 제정에 대한 요구가 증가되고 전자 및 소재 기술들의 발달로 인한 TEMPEST 대책의 비용절감에 의해 가속화 될 것이다.

라. 국내에서 연구개발하는 대신 기술도입 가능성

정보탐지를 위한 고가의 수신기도 수입하기가 쉽지 않다는 점과 미국의 경우 TEMPEST 관련 측정방법 및 절차, 대책기술등이 비밀로 분류되어 있고, 대책된 기기도 구입하기가 어려운 실정이다. 또 일본, 영국, 프랑스, 독일 등의 국가도 이에 대한 연구는 비밀과제로 분류하여 수행하고 있다는 점을 감안할때 기술도입은 현실적으로 불가능하다.

제 4 장 정보누설 대책의 외국동향

1. 외국의 동향

가. 미국

미국에서는 1960년대초부터 TEMPEST(Transient Electromagnetic Pulse Emonation Standard)란 이름으로 국방성과 NSA(National Security Agency)간의 공동연구로 수행한 과제 이름으로, 이 과제는 약 20년간 비밀로 되어 왔으며 TEMPEST란 과제명조차 약 7-8년전까지는 비밀로 되어 있었다.

지금에 있어 TEMPEST란 컴퓨터나 다른 전자장치로부터 방사되는 신호를 조사, 연구하고(특별히 거리를 두고 정보를 도청하는 것) 또한 이를 방지하기 위한 대책을 연구·개발 하는 것을 의미한다

1980년대 초에 미 정부에서는 ITP Program(Industrial Tempest Program) 이란 제도를 만들어서 정부와 계약하고 있지 않은 관련 산업체에서도 계약에 참여할 수 있는 기회를 주기 위해 국가표준인 NACSIM 5100A를 만족시키는 장비들을 PPL(Preferred Products List)에 게재하고 있다.

현재는(1988년말 기준) 미국에서 약 175개의 회사가 TEMPEST 차폐된 장비를 만들고 또한 시험하도록 허가를 받았으며 그 시장은 1986년 $874 million 에서 해마다 급신장의 증가율을 보이고 있으며 고객은 정보사업, 군사분야, 경찰이나 사법부 등 정부관련 기관이나 사업체 등이다.

미국의 TEMPEST 규정은 NSA(National Security Agency) 가 규정한 템페스트의 필요 조건은 비밀로 분류되어 공개되지 않으며 구 NACSEM 5100을 개정한 현재 NACSIM 5100A 표준에 수록되어 있다.

다음은 TEMPEST 관련 규정에 관한 것이다.

표 4-1 미국의 TEMPEST 관련 규정

구 분	내 용
NACSIM 5100 A/B	Compromising Emanations Laboratory Test Requirement
NACSEM 5201	TEMPEST Guidelines for Equipment/System Design
NACSEM 5109	TEMPEST Testing Fundamentals
NACSEM 5204	Shielded Enclosures
NACSEM 5112	NONSTOP Evaluation Techniques
NACSIM 5203	Guidelines for Facility Design and Rde/Black Installation

나. 영국

1980년초까지 TEMPEST 수신기를 미국으로부터 수입해 왔으나 현재는 일부를 외국으로 수출을 함. 영국의 TEMPEST 규정은 NSA(National Tempest Authority)의 BID-01/202이다. 중요내용은 비밀로 함.

다. 네덜란드

1985년 봄 전자 Mail Network 구성시 정보유출 문제를 확인하기 위한 연구결과발표(Post Telecom and Telegraph) 내용은 비밀로 함.

라. 일본

1980년초 미국으로부터 TEMPEST 수신기 수입한 이후, 장기적인 계획을 수립하여 계속적인 연구를 수행해 오고 있으며, 1992년도 이후에는 독자적인 TEMPEST 규격 입안과 제정, TEMPEST 규격의 시행지원 체제 정비등을 목표로 연구에 박차를 가하고 있다. 내용은 비밀로 함.

마. 스웨덴, 프랑스

자체연구중이며 모든 내용은 비밀로 함.

바. 뉴질랜드, 오스트리아

1980년초 미국으로부터 TEMPEST 수신기 수입 이래로 현재는 독자적인 연구수행중이며 내용은 비밀로 함.

2. 외국의 생산 및 판매현황

1986년도의 템페스트 매상고를 통해서 본 시장주역은 다음과 같다.

표 4-2 템페스트 시장점유율

회 사 명	시 장 점 유 율
Wang	21%
IBM	11%
Systematic	9%
Zenith/Inteq	8%
Dataproducts	6%
Xerox	6%
Other	39%
Total	100%

템페스트 시장은 신규 회사의 참여, 고참회사의 퇴진, 빈번한 병합 및 매입, 왕성한 기술개발에 따른 신제품 과제품의 타이프, 차폐기술, 시험 및 도청기술에 있어서의 진보와 규제요건의 변화등으로 말미암아 급속히 변화하고 있다.
몇개 대형회사들은 퍽 안정된 지위를 누리고 있으며, 반면 소규모회사들은 기복이 심하고 많은 회사들이 병합되고 있다.

제 5 장 전자파에 대한 국제규정

1. FCC의 기술동향 분석

가. 디지탈 기기로부터의 전자파방사 측정에 대한 절차

o 1983년 FCC에 의해 채택된 MP-4는 대형 및 소형 디지탈기기의 방사 및 전도 측정에 대하여 한가지 방법으로 기술하고 있으며 이것은 측정, 측정장비 및 이러한 시험에 사용되여지는 시험조건 등을 자세히 언급하고 있다.

※ MP4 : 정보처리장치 측정법

o 1989년 3월, 위원회는 디지탈기기의 측정절차에 대하여 폭넓은 검토 및 개정에 대한 행동에 착수했으며 MP-4를 새로운 절차인 TP-5로 대치할 것을 제안하였다

o 새로운 절차는 컴퓨터업계 및 측정전문가들의 제안 및 FCC의 경험 등을 토대로 하여 측정을 어떻게 수행할 것인지에 대한 명확한 지침을 제공하기 위하여 설계 되었다.

o 무역협회, 컴퓨터 제조업체 그리고 시험소 등으로 구성되는 전체 41개 회사가 이 절차에 대한 COMMENT를 등록하였고 이중 16개사는 2차 COMMENT를 등록 하였다.

o 이러한 COMMENT 들은 제안된 시험절차에 많은 변경을 요청하였다.

COMMENT를 한 회사들은 시험절차의 특정 방향에 대한 접근에 동의하지 않았으며, 디지탈 기기의 측정방법에 대한 FCC 절차의 제안 내용은 국제적인 시험 절차인 CISPR PUBLICATION 22와 일반적으로 조화를 이루어야 한다는 것에 동의하였다.

o C63.4-1988은 국가적으로 인정된 9KHz에서부터 1GHz까지의 범위에서 모든 종류의 저전압 전기·전자장치로 부터 무선잡음방사 시험 절차이다.

o ANSI C63위원회는 FCC 및 COMMENT를 한 회사들에 의해서 제기되어진 많은 안들을 포함시켜 C63.4-1988을 개정할 것이라는 COMMENT를 등록하였다.

디지탈 기기의 무선잡음방사 측정 수행을 위해 위원회에서 사용 되어지는 절차로써 ANSI C63.4-1991이 사용되어지도록 FCC RULE PART 15를 재정할 것을 제안하였는데 ANSI C63.4-1991에는 디지탈기기가 FCC 규격에 적합한지를 결정함에 있어서 사용되지 못할 세가지 항목이 있다.

첫째, Hand Held 제품을 측정할때 Artificial Hand(인공손) 의 사용을 명시한 Section 5-7의 사용을 허가하지 않을 것이다. 이 Section의 절차는 낮게 측정된 방사 레벨을 보여주기 때문이다. Artificial Hand의 사용이 부적절한 이유는 HAND-HELD 제품을 사용할때 항상 손에 들고서 사용하는 것이 아니기 때문이다.

둘째, 방사성 잡음레벨 측정의 대체로서의 Absorbing Clamp 측정법을 허가하지 않을 것이다. 위원회의 Limit는 방사성 잡음방출의 측정에 기초를 두기 때문에 흡수 클램프를 사용하여 얻은 결과가 Digital 전자장비로 부터의 방사성 잡음방출과 상관관계가 있다는 것을 보여 주기에 불충분 하기 때문이다.

셋째, 단시간의 방출(Short Duration Emission)이나 Click에 대한 Limit의 완화를 허락치 않을 것이다.

Short Duration Emission은 마치 연속적인 Emission과 같이 무선통신(Radio Communication)에 방해를 일으킬 것이다.

현재 위원회는 FCC Office of Engineering Technology Bueeltin 55(Oet 55)dp 명시된 Horizontal Test Site Attenuation 값에 만족하는가가 확인되는 측정을 포함하여 Rule의 2,948 Section에 따라 측정상의 File을 요구하고 있다.

TP-5 NPRM(Notice of Proposed Rule Making) 은 본 영역에서의 No Change를 제안했다. 많은 논평가(비평가)들은 다음과 같은 이유로 인하여 Oet 55가 측정상의 적합성을 결정하기에는 충분하지 않다고 전했다.

- Oet 55는 Broadband Antenna의 사용을 허가하지 않는다.
- Oet 55는 현재의 이론적인 Site Attenuation Model을 사용하지 않는다.
- Oet 55에는 Vertical Site Attenuation 측정 규정이 없다.

FCC는 새로운 측정절차 및 Test Site 요구조건에 대한 과도기가 필요하다는 것을 인정한다. 그러므로 우리는 1992. 6. 23 또는 그 이후에 승인신청을 하는 제품에 대하여 C63.4-1991의 사용을 수행할 것을 제안한다. ANSI C63.4이 채택된후 1992년 6월 24일 이전까지는 MP-4(1987)나 C63.4-1991 둘중 어느 것이나 Rulepart 15 Sub-part B에 이르는 Digital Device의 Test를 위하여 사용되어질 수 있을 것이다.

나. FCC MP-4와 ANSI C63.4/11.4D의 차이점

1991년 1월 FCC는 현행 MP-4(정보처리장치 측정법) 대신 ANSI(미국 규격협회) C63.4-1990의 채택을 예고 하였다.

현행의 FCC MP-4와 ANSI C63.4/11.4D의 주요 차이점은 다음과 같다.

표 5-1 현행 FCC 측정법 MP-4와 ANSI C63.4/11.4D 대조표

항 목	MP - 4	A N S I C63.4/11.4D
배치형기기에 관한 규정법	상세한 규정없음	탁상형기기에 관한 측정법과는 명확히 분리되어, 상세히 규정되고 있다.
1GHz 이상의 방사 측정 규정	없 음	1GHz-40GHz에 관한 규정 있음
시험용 테이블의 높이	1m	0.8m
안테나 높이(≥10m)	1m - 6m	1m - 4m
그라운드 플레인 (傳導試驗)	수평평면에 국한	수평평면 및 수직평면(테이블의 뒤편 40㎝ 거리) 2mx2m크기
LISN의 사용대수 및 LISN의 위치	전도시험에 1대(EUT용 LISN은 테이블 끝에서 수직으로 내려진 케이블이 LISN옆에 높인 나무봉 위치에 오도록 배치한다.)	2대(EUT용 및 기타의 기기용) 방사시험에도 사용가 LISN은 EUT의 가장 가까운 부분으로부터 적어도 80㎝ 이상 멀리한다.

항 목	MP - 4	A N S I C63.4/11.4D
케이블 처리 및 기기배치	전도시험에 EUT용 전원 케이블을 LISN상의 2개의 나무봉에 8자형으로 감는다. 인터페이스 케이블은 최대 에미션이 확인되도록 조작한다. 탁상형기기는 에미션이 최대가 되도록 배치한다.	LISN까지의 전원 케이블 나머지 부분은 중앙부에서 묶는다. 탁상기기의 배치는 고정되어 측정중 이동하지 않는다. 인터페이스 케이블의 나머지 부분은 테이블로 부터 느려진 부분이 그라운드 플레인상 40㎝ 위치에 오도록 중앙부에서 묶는다. 케이블은 예비시험때 최대 에미션의 위치를 발견하기 위해 이동할 필요가 있으나, 통상은 기기의 상하로는 가져가지 않는다.
신고하는 노이즈 데이터	10dB의 마진이 없는 모든 노이즈	상위 6포인트(20dB 이상의 마진이 있는 것은 제외)

다. FCC PART15 NEW RULE 요약

FCC(미연방통신위원회)당국은 1989년 4월 18일부로 FCC PART 15를 전면 개정하였고, 이 개정된 규정을 1989년 6월 23일부터 적용키로 하였으며 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 개요

기존의 FCC PART 15 규정은 무선주파수장치에 대한 각 제품별 규정이었으나 제품의 출력특성과 주파수 스펙트럼을 기초로하여 무선주파수장치를 비의도적 복사체(Unintentional Radiator)와 의도적 복사체(Intentional Radiator)의 두가지로만 분류하여 기술기준을 통합한 좀더 융통성 있는 규정으로의 변천임.

2) 주요 개정내용

o 기술적 사항

- EMISSIONS LIMITS

PRODUCT	변 경 전	변 경 후
COMPUTING DEVICE	CLASS A LIMIT : 30METER 측정규격	CLASS A LIMIT : 10METER 측정규격 #규격동일(측정거리만 변경)
CORDLESS TELEPHONE	CONDUCTED EMISSION LIMIT : 450KHz-30MHz : 100uV 이하	CONDUCTED EMISSION LIMIT : 450KHz-30MHz : 250uV 이하 # 규격 완화
RECEIVER	RADIATED EMISSION LIMIT : 25- 70MHz 320uV/m 이하 70-130MHz 500uV/m 이하 130-174MHz 500-1500uV/m 이하 174-260MHz 1500uV/m 이하 260-470MHz 1500-5000uV/m 이하 470-1000MHz 5000uV/m 이하	RADIATED EMISSION LIMIT : 30- 88MHz 100uV/m 이하 88-216MHz 150uV/m 이하 216-960MHz 200uV/m 이하 960MHz이상 500uV/m 이하 # 규격 강화
	CONDUCTED EMISSION LIMIT : 450KHz- 9MHz 100uV 이하 9MHz-10MHz 100-1000uV 이하 10MHz-25MHz 1000uV 이하	CONDUCTED EMISSION LIMIT : 450KHz-30MHz : 250uV 이하 # 9MHz 이상에서 규격강화

- Restricted Frequencies

인명의 안전(Safety-of-Life) 또는 특정의 정부활동을 위해 지정되어 있는 주파수 BAND에 의도적 복사체(Intentional Radiator)로 부터의 전파간섭을 최소화하기 위하여 주파수의 제한 Band를 지정하였으며 이 주파수 Band 에서는 일반적인 Radiated Emission Limit 이하의 Lavel만이 허용됨.

2. 정보기기에 대한 FCC EMI LIMIT 비교표

표 5-2 제1종 정보장치(FCC CLASS A 해당)

구분 / 규격	VCCI						FCC	
RADIATED EMISSION	주파수 범위	'86년 12월 - '87년 11월에 제조된 제품		'87년 12월 - '89년 11월에 제조된 제품		'89년 12월 이후에 제조되는 제품		주파수범위 (측정거리)	LIMIT (3m)
	(측정거리)	3m	10m	3m	10m	3m	10m	30- 88MHz 88- 216MHz 216-1000MHz	49.5dBμV/m 54.0dBμV/m 57.0dBμV/m
	30MHz-230MHz 230MHz-1,000MHz	60dBμV/m 67dBμV/m	50dBμV/m 57dBμV/m	54dBμV/m 61dBμV/m	44dBμV/m 51dBμV/m	50dBμV/m 57dBμV/m	40dBμV/m 47dBμV/m		
CONDUCTED EMISSION	(MODE)	QUASI PEAK	AVERAGE	QUASI PEAK	AVERAGE	QUASI PEAK	AVERAGE	(MODE)	QUASI PEAK
	150KHz-500KHz 500KHz- 30MHz	89dB 83dB	76dB 70dB	83dB 77dB	70dB 64dB	79dB 73dB	66dB 50dB	0.45-1.6MHz 1.6 - 30MHz	60dB 69.5dB

표 5-3 제2종 정보장치(FCC CLASS B 해당)

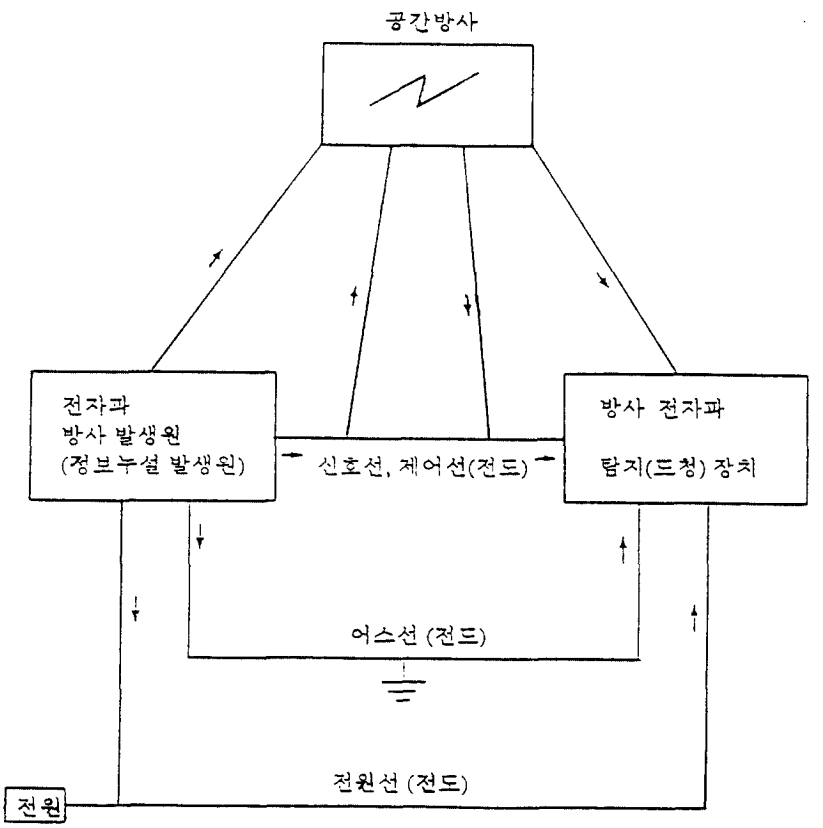
구분 / 규격	VCCI						FCC	
RADIATED EMISSION	주파수 범위	'86년 12월 - '87년 5월에 제조된 제품		'87년 6월 - '88년 11월에 제조된 제품		'88년 12월 이후에 제조되는 제품		주파수범위 (측정거리)	LIMIT (3m)
	(측정거리)	3m	10m	3m	10m	3m	10m	30- 88MHz 88- 216MHz 216-1000MHz	40.0dBμV/m 43.5dBμV/m 46.0dBμV/m
	30MHz-230MHz 230MHz-1,000MHz	50dBμV/m 57dBμV/m	40dBμV/m 47dBμV/m	44dBμV/m 51dBμV/m	34dBμV/m 41dBμV/m	40dBμV/m 47dBμV/m	30dBμV/m 37dBμV/m		
CONDUCTED EMISSION	(MODE)	QUASI PEAK	AVERAGE	QUASI PEAK	AVERAGE	QUASI PEAK	AVERAGE	(MODE)	QUASI PEAK
	150KHz-500KHz 500KHz- 5MHz 5MHz- 30MHz	76-66dB 66dB 70dB	66-56dB 56dB 60dB	70-60dB 60dB 64dB	60-50dB 50dB 54dB	66-56dB 56dB 60dB	56-46dB 46dB 50dB	0.45-30MHz	48dB

※ 150KHz-500KHz의 허용값은 주파수를 대수로 허용값을 dB로 표시할때 직선적으로 감소한다. * CONDUCTED EMISSION UNIT:dBuV

제 6 장 정보기기로부터의 정보누설 형태

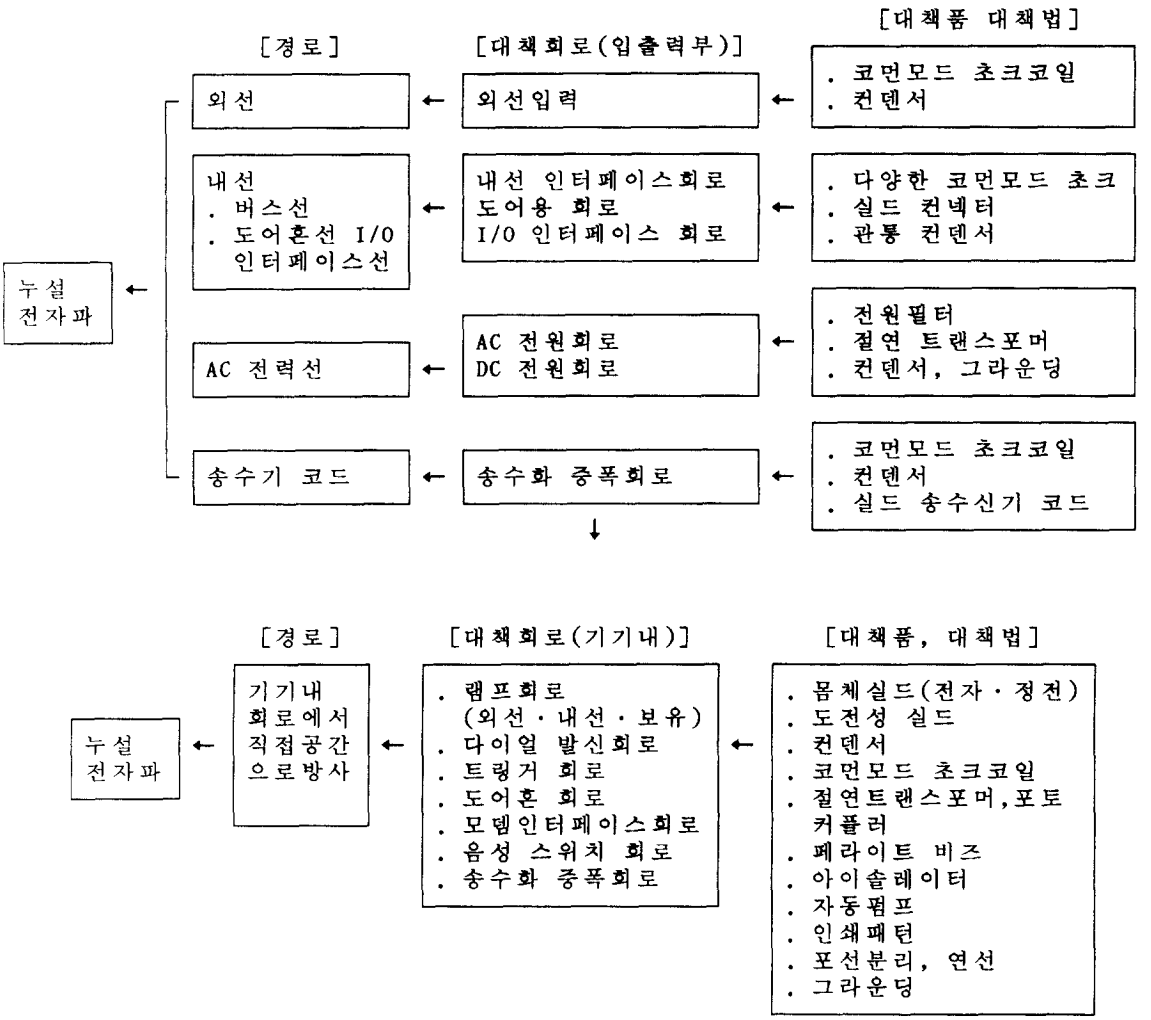
1. 정보누설의 방사경로

디지탈 회로나 컴퓨터를 사용한 전자기기나 정보처리기기의 사용이 정부기관, 사무실, 산업체, 가정등으로 널리 보급됨에 따라 그 기기에서 방사되는 전자파는 중요 정보는 물론 다른 전자기기에 여러가지 장해를 주는 사례가 많이 발생하고 있다. 다음은 방사되는 전자파가 발생원에서 어떤 경로를 지나 방사되는지 알아보기로 한다. 방사전자파의 전파경로는 그 전파형태에 따라서 크게 3가지로 구분된다. (그림 6-1)은 그 경로를 도식으로 나타낸 그림이다.



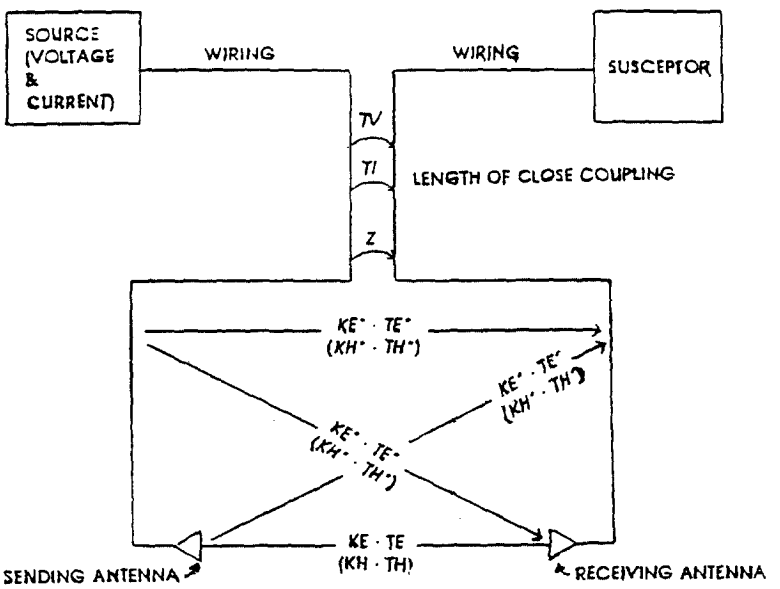
(그림 6-1) 전자파의 방사경로

2. 정보기기내에서의 전자파누설 방사경로



가. 전자 회로상의 결합 경로에 따른 4가지 누설형태

- 근접된 wire 사이의 Capacitive Transfer
- 근접된 wire 사이의 Inductive & Resistive Transfer
- 원방 전계 E에 대한 wire나 Aperture의 수신작용
- 원방 자계 H에 대한 wire나 Loop의 수신작용



1. TV = Voltage transfer function } close-coupled wires
2. TI = Current to voltage transfer function
3. KE = Voltage to E-field transfer function (antenna source)
4. TE = E-field to voltage transfer function (antenna receptor)
5. KE* = Voltage to E-field transfer function (wire source)
6. TE* = E-field to voltage transfer function (wire receptor)
7. KH = Current to H-field transfer function (antenna source)
8. TH = H-field to voltage transfer function (antenna receptor)
9. KH* = Current to H-field transfer function (wire source)
10. TH* = H-field to voltage transfer function (wire receptor)
11. Z = Common impedance (contained in the TI Mode)

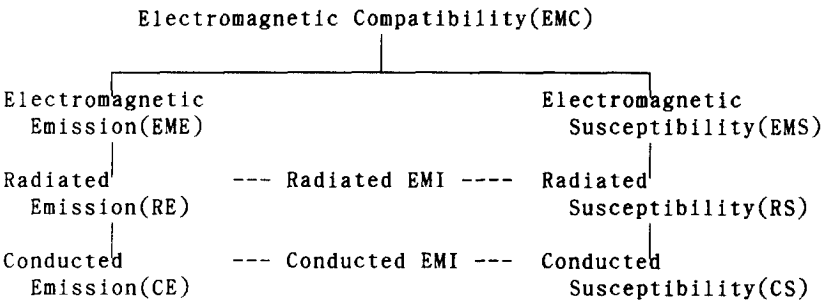
(그림 6-2) 전자회로상의 누설 형태

나. 전자 회로상의 정보누설 형태

대부분의 장해 전자파는 공간 중으로 방사되거나 또는 기기에 연결된 전원선이나 신호선을 통하여 전도된다. 매개경로의 형태에 따라 이러한 장해 전자파의 종류는 크게 방사성 장해전자파(radiated EMI)와 전도성 장해전자파(conducted EMI)로 나뉘어 진다. 방사성 장해 전자파(또는 방사성 잡음)는 다시 방사성잡음 방출(radiated emission)과 방사성잡음 감응(radiated susceptibility)으로 구분되며, 전도성 장해전자파(또는 전도성 잡음) 역시 전도성잡음 방출(conducted emission)과 전도성잡음 감응(conducted susceptibility)으로 분류할 수 있다. 여기에서 "감응"이란 어떤 장비나 시스템 등이 장해전자파에 쉽게 영향을 받는 것을 뜻하는 것으로 전자파방해를 배제하고 제기능을 발휘하며 동작할 수 있는 특성, 즉 내성이 결여된 상태에 있는 것을 말한다.

앞의 경우와는 다르게, 전자기적합성을 확립하기 위해 요구되는 접근방식에 의하여 장해전자파를 먼저 장해전자파 방출(Electromagnetic Susceptibility, EMS, 또는 잡음감응)로 나눈 다음 매개경로의 형태에 따라 다시 구분하는 경우도 있다. 이러한 측정대상의 구분을 정리하면 다음과 같다.

표 6-1 EMI/EMC 측정대상



위의 그림에서 알수 있는 것과 같이 EMI/EMC 측정대상은 크게 4가지, 방사성잡음 방출(RE)과 전도성잡음방출(CE), 그리고 방사성잡음 감응(RS)과 전도성잡음 감응(CS)으로 분류될 수 있다.

전도에 의한 경로는 기기에 직접 접속된 전원선을 통하여 전도되는 경로, 기기간에 접속된 신호선이나 제어선을 통하여 전도되는 경로, 어스선을 통하여 전도되는 경로 등이 있다.

- 전원라인 등에서 누설되는 정보의 Pick-up

  컴퓨터 등의 정보는 비교적 높은 주파수에서 정보가 누설되고 있다고 생각되고 있고, 이 주파수대에서의 규제치는 CISPR 등에 의하면 50-60dBμV(-70dB μV) 정도이다.

이들 잡음 단자전압으로서 나타나는것 중에서는 모든 정보를 포함하지 않는 단순한 잡음도 있지만, 만일 정보가 이 정도 레벨에서 누설되고 있다고 하면, 흡수 Clamp 같은 Pick-up 수단으로 수신기로 부터 충분한 레벨로 정보를 빼내는 것이 가능하고 그 밖에 전원라인과 같은 저임피던스 회로에서의 Pick-up은 다른 수단으로도 가능하다.

3. 전자회로상에서 발생되는 노이즈 원인 및 대책법

정보누설과 우선적으로 관계가 깊은 것은 기기의 내부구성이며 중요한 요소의 하나이다. 배선은 간단히 생각하면 시스템 블록다이어그램에 따라서 그냥 케이블을 연결하면 될것 같아 보인다. 그러나 배선에는 반드시 노이즈의 유입이라는 문제가 걸리므로 배선에 주의를 기울여야 한다. 그러면 좋은 배선을 논하기에 앞서 노이즈원에 대하여 살펴보기로 하자.

가. 노이즈 원인

방사되는 신호의 레벨이 매우 낮은 경우는 그 시스템이 존재하는 환경을 이해하여 노이즈의 방사를 최소한으로 막는 것이 성패를 좌우한다고 할수 있다.

전자 노이즈는 크게 세가지로 분류된다. 먼저 도체를 통하여 누화되는 노이즈는 노이즈가 많은 환경을 관통하는 와이어 같은 도체가 주변에 존재하여 노이즈를 발사하는 안테나 역할을 한다.

특히, 파워서플라이 리드선이 아주 대표적인 도체를 통해 방사되는 노이즈의 예이다. 두번째 노이즈는 공통 임피던스를 타고 누설되는 노이즈이다.
이 노이즈는 서로 다른 두개의 회로로부터 오는 전류가 공통 임피던스(대표적인 것이 접지면)를 타고 흐를때 발생한다. 이때 각 회로의 접지 전위는 상대방 회로의 접지 전위에 영향을 받는데, 두 회로의 접지 전위가 틀리게 되면 한 회로로부터 다른 회로로 접지를 타고 노이즈 전류가 흐르게 된다.

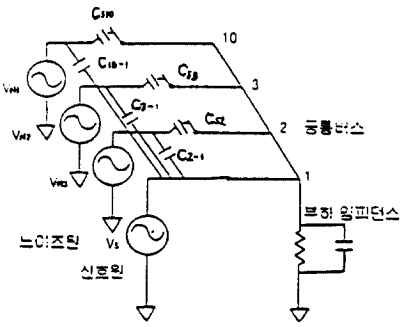
세번째 노이즈원은 공중으로 전파되어 날라다니는 전자장이다. 오늘날 관심을 가지고 있는 EMI는 위에 언급한 세가지 노이즈를 모두 줄이고자 하는 대책의 일환이라고 보면 된다.

스위치와 복잡한 배선을 사용한 자동화 시스템에서의 노이즈의 주범은 바로 인접한 배선 또는 채널이다. (그림 6-4)는 스위치에서 채널간에 어떻게 노이주가 누설되는지를 보여주고 있다.

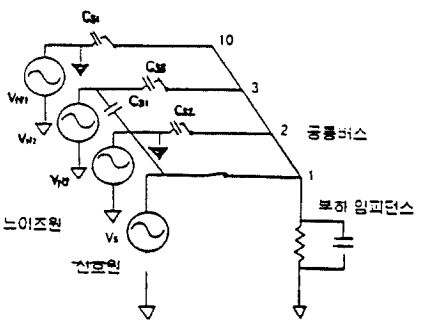
인접 채널간의 노이즈를 줄이는 길은 간단하다. 노이즈 누설은 면적과 거리에 비례하므로 스위치와 도체간의 간격을 멀게 하면 된다.

그러나 이 방법은 현실성이 없다. 이는 현대의 시스템 추세는 부피를 작게 하기 위해서 스위치들도 점점 더 부품의 집적도가 높아지기 때문이다.

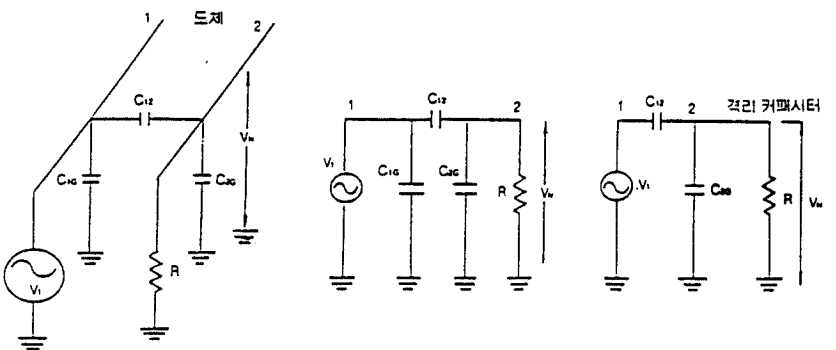
(그림 6-4)와 같은 상황에서 노이즈를 줄이는 길은 레벨이 낮은 신호가 흐르는 케이블은 레벨이 큰 신호가 흐르는 케이블에서 가급적 멀어뜨려준다. 그리고 잡음이 흐를 소지가 있는 케이블에 접지로의 신호 경로를 만들어 준다. (그림 6-5 참조)



(그림 6-4) 인접채널간의 노이즈 누화



(그림 6-5) 접지 리드에 의한 인접채널간의 노이즈 누화감소



(a) 도체간의 노이즈 누화 (b) 노이즈 누화시 등가회로 (c) 차폐시 등가회로

(그림 6-6) 차폐에 따른 효과

나. 노이즈 감소방법

노이즈 감소방법은 아래와 같이 크게 네가지로 요약될 수 있다.

1) 차폐 (Shielding)

2) 접지 (Grounding)

3) 발란싱 (Balancing)

4) 격리 (Isolation)

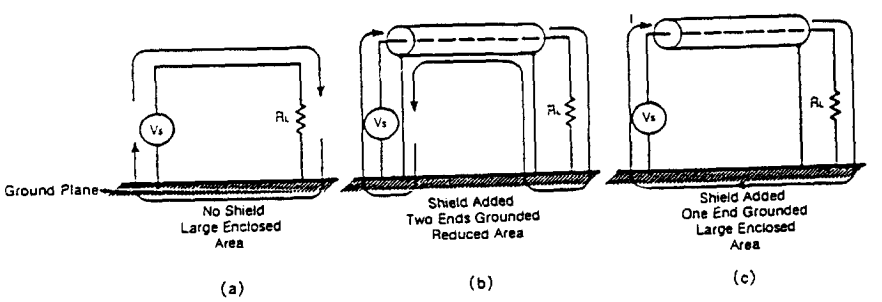
위의 각각에 대하여 알아보도록 하자.

1) 차폐 (Shielding)

노이즈를 막기 위하여 차폐하는 것은 시스템의 커패시티브성 누화나 인덕턴스성 노이즈를 막기 위한 방지 대책이다. 채널간의 커패시티브성 노이즈 누화는 이해 하기도 쉽고 차폐하기도 쉽다. (그림 6-6)이 노이즈가 도체간에 누화되는 것을 보여주고 있다. 한 도체로부터 다른 도체로 노이즈가 누화되는 것은 도체 사이의 커패시턴스 C12 때문이다. 두 도체간의 접지로의 커패시턴스 병렬 합에 의하여 생성되는 임피던스 보다 훨씬 작은 부하 저항 R에 강하되는 노이즈 전압은

$$VN = j\omega RC \quad V_1$$

으로 주어진다. 만일 위의 그림(b)의 등가회로의 C를 줄이면 도체로 누화되는 노이즈는 줄어들게 된다. 이 커패시턴스를 줄이는 간단한 방법은 두 도체간의 거리를 띄우는 길인데, 이렇게 함으로써 8dB 정도의 노이즈 감쇄 효과를 얻을 수 있다.



(그림 6-7) 차폐와 접지에 의한 인덕티브성 노이즈 감소

그러나 거리를 멀리하는데는 제한이 있고, 또 거리를 멀게하면 부하 저항값이 늘어나므로 결코 좋은 방법이 못된다. 노이즈를 줄이는 방법중 좋은 것이 도체를 균일한 전장을 받아들이는 접지된 차폐를 하면 도체상에 유기되는 노이즈 전압을 줄일 수 있다.

만일 이때 실드를 접지시키지 아니하면 노이즈 유기는 차폐하기 전과 동일해진다. 이는 차폐를 접지시키므로써 이웃 도체에서 누화된 노이즈가 도체로 누화되기 전에 저 임피던스의 접지 회로를 따라 흘러 들어가기 때문이다.

그러나 만약 차폐를 접지시키지 않으면 저 임피던스 경로가 없어지므로 노이즈가 도체로 유기되는 것은 마찬가지 결과를 낳는다.

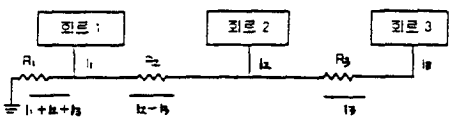
앞서 언급한 차폐는 우선 커패시티브성 노이즈 누화를 줄이기 위한 방법이었다. 그러나 이 차폐 방법은 인덕티브성 노이즈를 줄이는데도 효과가 있다. 누화되는 인덕티브성 노이즈는 신호 경로가 형성하는 루프의 면적에 따라서 달라지는데, 차폐를 어떻게 접지시키는가에 따라서 누화되는 노이즈의 양이 달라진다.

(그림 6-7)은 차폐를 접지시키기에 따라서 루프의 면적이 얼만큼 달라지는가를 보여 주고 있다.

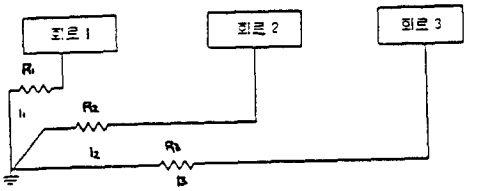
이처럼 차폐의 양끝을 접지시키는 것이 노이즈 누화를 최소화 시키는 것이다.

2) 접지 (Grounding)

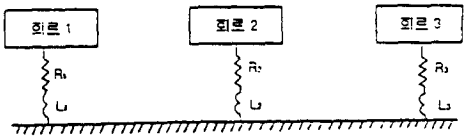
접지를 잘설계하는 것은 노이즈의 원인에서 설명한 공통 임피던스를 타고 흐르는 노이즈 누화를 줄이기 위한 것이다. 흔히 설계하기 쉬운 공통 접지 시스템은 (그림 6-8)과 같이 일렬로 연결된 접지 연결로서 노이즈 측면에서는 바람직하지 않은 방법이다. 이는 각 회로들의 접지 포인트 사이에 존재하는 임피던스가 접지 준위의 차이를 만나면 노이즈 전류를 형성시키기 때문이다. 공통 임피던스를 발생시키지 않은 방법은 흔히 병렬 접지 시스템을 구축하는데, 이 병렬 접지시스템에는 (그림 6-9)와 같은 개별 접지시스템이 있고, (그림 6-10)과 같은 접지면(Ground Plane)형성 시스템이 있다. 병렬 접지 시스템은 기구적으로는 매우 번거로운 작업이지만 공통 임피던스에 의하여 누화되는 전류를 줄이는 측면에서는 아주 좋은 방법이다.



(그림 6-8) 공통 직렬접지



(그림 6-9) 개별접지 시스템



(그림 6-10) 접지면 형성 시스템

이 방법은 음성 주파수 대역에서 유용한 접지방법이다. 우리가 흔히 진공관 앰프를 설계할때 배선에 따라서 앰프의 성능이 천차만별이라는 것은 바로 이와같은 접지 형성과도 관계있다. 접지면 형성 시스템은 주로 10MHz 이상의 고주파 신호를 다루는데 사용되며, 회로의 접지를 가장 가까운 저 임피던스 접지면인 시스템 샤시에 연결하는 방법이다.

3) 발란싱(Balancing)과 격리(Isolation)

발란싱과 격리는 플로팅 측정시 공통 접지에 따른 노이즈 영향을 줄이기 위한 방법이다. 먼저 발란싱은 접지에서 시작된 노이즈가 하이 단자와 로우 단자를 타고 흐를때 만일 하이 단자와 로우 단자의 임피던스가 다르면 부하로 노이즈 전류가 흘러 들어간다.

그러나 하이단자와 로우단자의 임피던스가 동일하다면 한 접지에서 시작된 노이즈 전류는 하이단자와 로우단자의 경로를 거쳐서 다시 접지로 돌아가게 되어 부하에 영향을 미치지 않게 된다. 이 임피던스 발란싱을 맞추는 방법은 우선 특성 임피던스를 반드시 맞추어 주고 하이단자와 로우단자의 케이블 재질이나 길이를 동일하게 하여 인덕턴스를 동일하게 해준다.

그리고, 하이단자와 로우단자는 자장 누화를 막기 위하여 케이블을 서로 꼰다.

격리의 주목적은 노이즈 전류가 흐르는 접지 루프를 끊어주는 것이다. 이 격리의 대표적인 방법이 트랜스포머를 이용하거나 고급의 측정 환경이 요구되는 분야는 전기를 빛으로 바꾸었다가 다시 전기 정보로 바꾸는 방법도 사용한다.

4. 정보누설 방출원의 유형(Type)

최근 각 방면에 보급이 급증되는 마이크로 컴퓨터와 OA(Office Automatic) 기기 등의 정보처리기기와 각종 전기·전자기기에서 발생되는 잡음(미약전자파)은 주로 내장되어 있는 IC(Integrated Circuit)를 중심으로 하는 전자소자 및 프린트기판이 문제의 주된 원인으로 파악되고 있다. 이것에서 발생되는 잡음은 정보누출이 원인이 됨은 물론이고 TV와 라디오, 공공의 통신에 방해를 주는 것까지 광범위하게 걸쳐 있다.

이러한 불요파가 증가 경향을 나타내는 배경으로는 최근 ROM(Read Only Memory)과 RAM(Random Access Memory)마이크로프로세서 등의 논리소자에서 연산속도가 고속화되고 동시에 IC의 집적도가 고도화 되는 것과 프린트기판의 고밀도화가 급격한 변화를 만들어 디지탈회로 고유의 전자파적인 잡음을 발생시키는 하나의 원인으로 되고 있다. 이러한 잡음의 레벨이 낮은 것이어도 회로의 고밀도화에 의한 크로스토크 잡음(Crosstalk Noise)과 임피던스 부정합에 의한 잡음이 상승적으로 작용하고 때로는 외부 시스템으로 영향을 미칠 수 있는 잡음레벨에 달하는 것이다.

전자회로에서 방사되는 주된 잡음은 열잡음과 같이 회로망의 종합등가 저항에 의해 생기는 잡음과 외부와의 유도 및 결합에 의해 발생되는 잡음으로 분류되어 진다. (표 6-2 참조)

그리고 이렇게 방사되는 미약전자파는 외부에 작용하여 위해와 방해를 일으킬수 있고 그 방사원이 비밀을 처리하는 정보기기 였을 경우 비밀 정보누설 제공의 원인의 될수 있는 것이다.

여기서는 정보기기로 주로 사용되는 컴퓨터의 디지탈회로의 누설잡음과 그 방사에 대하여 기술하기로 한다.

표 6-2 회로에서 발생되는 잡음의 분류

	분류	종 류	영 향
회로잡음	능동형	열잡음 (Thermal Noise)	o 자신의 회로망과 외부 회로망에 영향을 끼쳐 위해와 장애를 유발시킴 o 정보기기 회로망에서의 잡음은 정보누설 제공의 원인이 됨.
		쇼트잡음(Shot Noise)	
		후릭카잡음 (Fliker Noise)	
		팝콘잡음 (Pop-Corn Noise)	
	수동형	소자와 배선간의 전자적 결합	
		외부에서의 유도	

가. 디지탈 회로의 잡음

지금까지 디지탈 시스템 설계자들은 설계시 전자기파 적응성(Electromagnetic Compatibility)에 대해서 그렇게 많이 이용되었다. 이젠 마이크로 프로세서(Micro Processor)가 이 모든것을 바꾸어 놓았다. 디지탈 전자공학은 더욱 발전되어가고 있으며 이의 적용범위는 작은 장난감에 까지 이르게 된 것이다.

이러한 디지탈 공학의 적용 범위가 확산됨에 따라 그에 수반되는 부작용 현상이 나타나면서 - 로봇의 오동작, 타통신의 영향, 인체 재해, 중요 정보누설 등 - 디지탈 시스템 설계자들은 더 이상 전자기파 적응성을 무시할 수 없게 된 것이다.

디지탈 전자공학의 잠재적인 상호간섭을 인식한 FCC(미연방 통신위원회) 에서는 미국에서 판매되는 디지탈 전자제품에 대해 전자파방사(Emission) 의 한계에 대한 법규를 지키도록 정하고 있으며, 기타 다른나라들에서도 비슷한 법규를 정해 놓고 있다. 이러한 제반법규들은 외부에 위해와 방해를 가할 수 있다는 측면에서 모든 전기·전자기기 들에 대해서 고려된 사항이지만 정보누설의 방지 측면에서 정보처리 기기반을 대상으로 살펴본다면 위와 같은 규제 조건보다도 보다 더 엄밀하고 까다로운 규제 조건이여야만 된다는 것이다.

디지탈 설계는 수행되는 기능이 방정식으로 나타나는 순수한 수학의 세계에서 이루어진다. 그렇지만 그 로직(Logic)이 맞다 하더라도 회로를 만들어보면 잡음 때문에 제대로 동작하지 않는 때가 종종 있다. 그리고 비록 그것이 동작하더라도 전자파방사 문제 때문에 그 제품을 정식 판매할 수 없는 경우도 있다.

따라서 잡음과 전자파방사에 대한 실용적 고려는 초기설계단계, 배치단계 그리고 검사단계를 거치는 동안 계속 고려되어야 한다.

디지탈 시스템은 역시 잡음과 상호간섭의 잠재력을 가지는 Radio-Frequency(RF) 시스템이다. 거의 대다수의 디지탈 설계자들은 디지탈 설계에 대해서는 잘 알고 있지만 그들이 설계하고 있는 바로 그 RF 시스템에 대해서는 잘 대응하지 못할 때가 있다. 더우기 요즘 많은 아날로그 회로 설계자들이 디지탈 회로를 설계하지만 그들은 그라운딩, 전력분포 그리고 상호연결에 대한 상이한 기술이 필요하다는 것을 알지 못하며 특히 중요정보가 전자파방사에 의하여 누출될 수 있다는 심각성을 대다수 설계자들이 모른다는 사실이다.

예를들면 단일점 그라운딩(One Point Grounding)은 아날로그 회로에서는 아주 바람직한 것이지만 디지탈 회로에서는 잡음과 전자파의 방사 원천이 된다는 것이다. 언뜻 볼때 겨우 수mA 의 직류전류를 끌어내는 작은 집적회로(IC) 디지탈 로직 게이트를 잡음의 심각한 원천이라고 여겨지지 않는다.

그러나 그것이 고속으로 동작할때 도체의 인덕턴스 성분과 결합해서 잡음과 방사의 주요 원천이 된다.

인덕터를 지나는 전류의 변화에 의해 발생되는 전압은 $V=L\frac{di}{dt}$ 이며, 이때 L은 인덕턴스이며 di/dt는 전류변화 비율이다.

이것은 단지 4mA의 전류변화에 불과하다.

만약 전원의 배선이 500nH의 인덕턴스를 갖는다면 이러한 한개의 게이트 동작 상태가변환될때 전원배선에서 생성되는 잡음전압은 $V=L\frac{di}{dt}$ 에 의해서 1V가 될 것이다.

이것을 전형적인 시스템에서 그러하듯이 많은 게이트 숫자로 곱해보면 보통 시스템의 전원전압이 5V이므로 이것 역시 잡음의 주요한 원천임을 실감할 수 있다.
디지탈 회로에 있어 잡음과 전자파의 방사는 시스템의 그라운드, 파워, 선(Wire), 신호도체, 주변장치 등에서 일어나게 되는 것이다.

나. 전자회로로부터 방사

내부에 전기가 흐르고 있는 선(Wire)은 다른 선을 접속시킴으로써 물리적으로 도청될 수 있다. 그러나 선 내부의 전기의 흐름은 직접적인 접속이 없이도 측정할 수가 있는 것이다. 전류속의 변화는 근거리에서 탐지할 수 있는 외부 자기장을 일으킨다. 전자유도의 기술을 이용한 측정기는 보통 상용화 되고 있다. 이 측정기는 문제의 와이어 둘레에 Sensor Assembly를 죄어 붙임으로써 작동시킨다.

자기장은 거리가 멀어지면서 급속히 떨어지므로 물리적 접근이 제한되고 있는 곳에서는 보통 시스템 보안에 별 문제가 발생되지 않는다. 훨씬 먼 거리에서 유선상의 신호를 도청하는 것은 전류 흐름속의 변화가 대기중 빛의 속도로 퍼지며, 무한대의 범위를 갖는 전파의 방사를 낳기 때문에 가능하다.

보통의 환경에서 전자회로로 부터의 방사는 회로 진동 주파수와 같다. 복합적 흐름은 한조의 단순조화 진동으로 분석될 수 있으며, 방사는 각 성분의 주파수에서 생길 것이다.
전자기술의 큰 몫은 회로에 있어서의 전이를 되도록 예리하고 날카롭게 하여 한 상태에서 다른 상태로 순간적인 전이의 성질을 갖는 직각파 또는 스텝함수에 가깝게 하는데 주력하고 있다.

직각파의 분석은 기본 주파수의 홀수배인 주파수에서 특히 에너지 용량이 높다는 것을 보여주고 있다. 주파수가 높아짐에 따라 방사된 광자의 에너지도 똑같은 비례로 높아진다.

다. 정보기기내에서의 방사

컴퓨터 회로로 부터의 방사는 회로상의 동작 주파수가 올라가면서 착실히 증가한다. 누설의 레벨도 마찬가지로 선(Wire)및 기타 회로소자의 공진주파수 및 컴퓨터 케이블의 흡수 및 반사재료 그리고 주파수에 따른 환경에 달려 있으나 역시 주파수가 올라가면 따라서 올라가는 성질을 갖고 있다.

컴퓨터 회로에서는 기본 주파수가 넓은 범위를 갖는다. RS-232 직렬 데이타 링크는 구식 텔레타이프 텔레프린터용 110Hz로부터 비디오터미날용 19.2KHz까지 그리고 RS-422는 훨씬 높은 주파수를 사용한다.

그래픽 스크린을 위한 비디오 Dot Clock은 해상도에 따라 1-30KHz 범위를 사용한다. 퍼스날컴퓨터의 프로세서는 2MHz부터 12MHz까지 사용하며, 대형컴퓨터와 최근의 마이크로 프로세서를 이용한 워크스테이션에서는 더 높은 주파수가 사용된다.

플로피디스크 드라이브와 같은 많은 장치들은 10만에서 100만Hz의 중간대역에서 사용하며, 가까운 거리에 있는 AM 라디오에서 요란하게 잡힐수 있다.

디지탈 전자제품에서의 방사형태는 차동모드방사(Dittevential Mode Emission)와 공통모드방사(Common Mode Emission)의 형태로 일어날 수 있다.

5. 디지탈 응용기기의 노이즈 대책

PCB Level에서의 대책은 PCB Type의 선간폭, 접지선의 위치와 길이등 설계시에 다음과 같은 사실들을 고려해야 한다.

예를 들어 전원공급선을 서로 멀리 두어 이면에 배치한 경우에 인덕턴스가 커지고 혼신과 방사가 발생하는 반면, 인접배치하는 경우는 혼신이 감소하고 방사루프가 작아져서 방사량도 줄일 수 있다.

- 필요 이상의 고속소자는 사용하지 않는다.
- 신호의 하강시간이 고주파 발생을 좌우한다.
- 고압용 MOS 소자는 많은 고주파 성분을 갖는다.
- 전원이나 접지부의 패턴폭은 1mm 이상으로 넓게 한다.

가. 사후대책

전자파누설 문제가 발생했을때 그에 대한 대책수순을 간단히 보면 파형분석, 1차 대책, 시행착오, 2차대책, 시행착오, ..., 대책수립의 순서로 이루어지는데, 이때 접지방식에 따른 공통모드 노이즈 특성을 보면, 1점접지의 경우는 용량성 결합에 대한 차폐 효과로 접지가 없는 경우에 비해 거의 일정한 레벨로 노이즈가 감소되고 2점접지의 경우는 유도성결합에 대한 차폐효과도 가능해져서 주파수에 따라 노이즈의 감쇄량이 더욱 커지게 된다.

이와는 달리 노멀모드 노이즈 특성을 보면 저주파대역에서는 1점접지의 경우가, 고주파수대역에서는 2점접지의 경우가 효과적이다.

2점접지의 경우에 저주파대역에서 노멀모드노이즈 특성이 불리한 이유는, 2개의 접지점을 통해 형성된 전류루프에서 접지전위차가 나타나고 이것이 노멀모드노이즈로 반영되기 때문이다.

반면에 고주파대역의 노멀모드 노이즈 특성에서 2점접지의 경우가 유리한 이유는 유도성결합에 대한 차폐가 가능해지기 때문이다. 1점접지방식에서는 이러한 차폐효과를 기대할 수 없다.

결론적으로 1점접지를 이용할 것인지, 2점접지를 이용할 것이지의 결정은 노이즈 발생원의 주파수대역을 고려해야 한다.

노이즈발생원이 저주파대역을 차지하는 경우는 접지전류 루프의 접지전위차가 문제시되므로 1점접지 방식이 바람직하다. (표 6-3 참조)

표 6-3 디지탈 응용기기의 노이즈 대책

현 상	원 인	대 책
마이크로프로세서 내장제어 장치의 빈번한 패리티에러	신호반사에 의한 Ringing	. 구동용 논리소자에서 직렬로 Damping 저항 삽입 . 패턴길이를 짧게하여 반사를 감소시킴
제어장치 동작시 데이터 어드레스 차이로 데이터에서 이상 발생	버스의 구동능력 부족으로 파형굴곡 및 파형분할	. 버스상의 풀업저항에 병렬저항을 추가하여 구동능력증대 . 임피던스 정합을 통한 파형분할 방지
디스플레이단말 장치의 정전노이즈내압 및 전원선 노이즈내압 저하	플립플롭의 노이즈 내성부족	플립플롭출력과 카드커넥터 사이에 게이트 삽입
제어장치 동작중 빈번한 오동작(Data-miss)	Tri-State 게이트에 의한 버스에서 고임피던스로 되는 타이밍에서 노이즈 내성부족	버스에 풀업저항 추가
제어장치 동작중 데이터전송 정지 및 Time-out	플립플롭의 Clear 단자부에 크로스토크노이즈	플립플롭의 Clear 단자에 콘덴서 삽입
제어장치 에러	IC 내부의 접지 Bound	클럭라인을 데이터라인의 IC와 분리
데이터라인에 크로스토크 방지용 콘덴서 삽입후 다른 회로가 오동작	대책회로의 노이즈가 다른 회로에 영향	. 콘덴서 제거 . 데이터라인과 평행한 패턴을 최소화
외부신호 노이즈 내압 부족	버스 신호선의 일부가 노이즈 내성 부족	. H/L 액티브 변경(CMOS 제외) . 클럭신호등에서 배선길이가 긴 경우 시간이짧은 펄스로선택
마이크로프로세서 내장장치의 특정동작시 노이즈내성저하	ACK 신호의 상승 동작이 늦음	오픈콜렉터소자를 Tri-State 게이트로 변경
Multi-Drop형 신호 케이블의 데이터 전송장치	신호반사에 의한 파형분할	. 연결길이 단축 . 파형분할부분을 논리적으로 제거
제어장치 데이터 전송시 데이터 이상	플립플롭 동기화회로에서 메타스테이블에 의한 과도상태 발생	. 플립플롭 동기화회로의 입력 Mask . 플립플롭 2단 구성
마이크로프로세서 내장제어 장치의 프로세서 정지	쌍방향 전원의 Enable 신호와 방향전환 신호의 동시 변화에 의한 부정합	Disable 신호시 방향전환토록 논리변경

나. 대책부품 활용사례

신호라인의 경우 노이즈의 발생원인은 디지탈회로에 있어 많이 발생하는데 그 원인으로 다음과 같이 분류할 수 있다.

1)로직 IC에서 발생하는것

2) 반사에 의한것

3) 크로스토크에 의한것

4) 임피던스의 Miss Match에 의한것

5) 전원회로에서 유입되는 경우

6) 신호간의 R, L, C 결합

일반적으로 디지탈 회로에서 발생하는 노이즈는 주로 극히 높은 주파수 성분을 포함한 소자의 스위칭시 과도 현상에 의해 발생한다.

즉 전압, 전류의 시각적인 변화 $\frac{dv}{dt}$, $\frac{di}{dt}$ 가 급격할때 생기며, 고속일수록 크게 된다. 또, 디지탈 신호의 구형파는 상승과 하강시 많은 고조파를 발생시켜 이것이 선을 타고 전파되거나 복사 노이즈화 되어 결합되어진다.

신호라인 대책의 경우 접지, 차폐, 필터가 기본이되어 이를 정보누설 방지대책의 3요소라 한다. 중요한 것은 이것들을 어떻게 조화시켜 사용하느냐에 따라 효과를 기대할 수 있고, 이들 각각이 독립적으로 사용되는 것은 아니다.

정보누설 방지대책 수립의 기본인 접지처리는 회로 설계단계부터 확실하게 하지 않으면 원가면에서도 매우 불리하게 작용하는데, 예를 들어 PCB 설계단계에서 수십원이 든다면, 시스템 레벨에서는 수천원, 크게는 수십만원이 들게 된다.

뿐만 아니라 접지처리가 잘못되면 필터의 기능을 충분히 발휘할 수도 없다. 차폐와 접지와의 관계에서 접지를 잘하지 않으면 효과를 기대하기 어렵다.

우선 접지처리는 잘되었다고 가정하고 필터를 사용하는 방법에 대해 알아보면, 이 역시 어느 부분에 어떤 특성의 필터를 사용할 것인가 하는 것이 쉬운 것이 아니다. 잘못하면 임피던스의 미스매칭에 의해 이상발진을 일으키거나 노이즈를 저감하기는 커녕 오히려 증가시키는 경우도 있다.

다. 극복기술

바람직한 전자파 누설을 방지하기 위해서는 우선 기기로부터 방출되는 잡음을 줄여 정보누설이 되지 않도록 하여야 한다.

이러한 전자기적 합성은 엄격한 법적 규제는 물론 잡음원과 매개경로, 구성요소의 각자에 대해 명확히 그 특성을 평가하고 여러가지 경우의 대책을 수립하여 전자파 누설을 억제함으로써 획득될 수 있는 것이다.

1) 가스킷

금속면의 접합부는 처음에는 완전히 접촉되어 있어도 장시간 경과하면 노이즈가 누설하거나 침입하게 되는 것이 보통이다.

가스킷은 접합부를 전기적/기계적으로 일체화 하기 위해 사용하는데, 탄력성이 있는 가스킷을 사용하면 하우징의 도전성이나 차폐성을 유지할 수 있다.

이음매로부터 주위의 환경이나 전자파가 침투해 들어오는 것을 막기 위한 것으로서 패킹용과 차폐용 또는 복합용이 있다.

이러한 극복기술은 적용대상에 따라, 목적에 따라, 각기 다르게 적용되기 때문에 어떤 일관된 적용기법이 없고 단지 여러 경우에 따라 많은 시행착오를 겪으면서 하나하나 터득해 나가는 수 밖에 없는것 같다.

따라서 국내의 전문기술인이 모여 서로의 경험을 이야기하고, 사례를 발표할 수 있는 기회를 자주 가짐으로써 낙후되어 있는 국내의 극복 기술 기반을 향상 시키게 되고, 저잡음의 고품위 제품의 생산이 가능케 될 것이다.

실제 극복기술에서 다루어야 할 부분에는 다양한 대책부품의 종류와 특성, 접지(grounding)와 차폐의 원리 및 기법, 차폐소재의 특성, 전자파 흡수체와 가스킷(gasket)의 종류와 특성등 매우 많은 부분들이 있다.

2) 핑거 스트립

핑거 스트립은 컴퓨터나 통신 계측기기 실드룸등의 개폐부, 도어부에서 사용되고 전자파 실드 정전어스, 방열효과 슬라이드 기능을 가지는 접촉 스프링이다. 재질은 주로 베릴리움 동이며, 주석이나 은으로 도금되어 있다.

3) 실드 스크린

실드룸의 창, CRT의 전면, 전자기기의 계기나 디지탈 표시창과 같은 곳은 전자파 실드 특성을 가진 투명판이 필요하다.

재질 및 구조상으로 볼때 다음과 같은 종류가 있다.

① 아크릴 또는 유리에 금속을 진공 증착하여 도전성을 갖게한것

② 아크릴 또는 유리의 층간에 모넬메탈 직물 메시(직경 0.05㎜)를 끼워 넣은것

③ 폴리에스텔 네트에 금속을 도금하여 2매의 투명한 중간막에 넣고 그 외측을 유리로 하고 있는 것이다.

6. 정보기기 및 주변장치에서의 누설전자파 방사

퍼스날컴퓨터는 약 100MHz에서 텔레비젼이나 FM 라디오에 심한 간섭을 일으키는 전자파 방사를 야기시킨다. 이러한 전자파를 탐지할 수 있는 기기를 사용하면 보다 더 낮은 레벨의 전자파 방사도 아주 먼 거리에서 탐지해 내고 분석될 수 있는 것이다. 또한 컴퓨터의 직접회로 패키지내의 선(Wire)을 포함하여 회로기판 및 컴퓨터의 수명과 각종 내부 및 외부장치를 연결하는 컴퓨터 내부의 선들은 모두 방사의 원인이 되는 것이다.

CRT(음극선관)안의 고압전자빔은 안테나를 필요로 하지 않는다. 급속한 가속, 변조 및 돌연한 감속이 CRT 표시장치의 요체이기 때문에 자동적으로 RF(Radio Frequency) 방사를 일으키는 것이다. 이러한 방사를 고도의 지향성 안테나를 갖춘 도청장비라면 복잡한 사무실이 운집되어 있는 곳에서 목표가 되는 사무실내의 CRT 화면의 내용이나 프린터되는 내용을 탐지해 낼수 있는 것이다.

일정한 표준에 의해서 적절한 차폐 공법으로 제작하지 않으면, 퍼스날 컴퓨터에서 발생되는 전자파로 인해 텔레비젼이나 FM 라디오에 심한 간섭을 일으키는 전자파 복사를 야기시킨다. 전자파를 검출하는 기기를 사용하면, 훨씬 낮은 레벨의 전자파 복사도 훨씬 먼거리에서 검출하고 분석할 수 있다.

통상적인 라디오튜너는 마이크로볼트로 계측할 수 있는 감도를 갖고 있으나, 특수 기기는 그 보다는 훨씬 성능이 좋다.

전파망원경의 경우 성능이 100억 광년이나 떨어진 퀘이자(준항성체)로 부터 신호를 식별할 수 있는 것으로 미루어 보아, 휴대 또는 트럭에 탑재한 장치의 성능을 추정할 수 있다. 그러므로 우수한 장치는 틀림없이 통상적인 소비재 제품보다도 1000배 이상의 감도를 갖고 있는 것으로 추측된다.

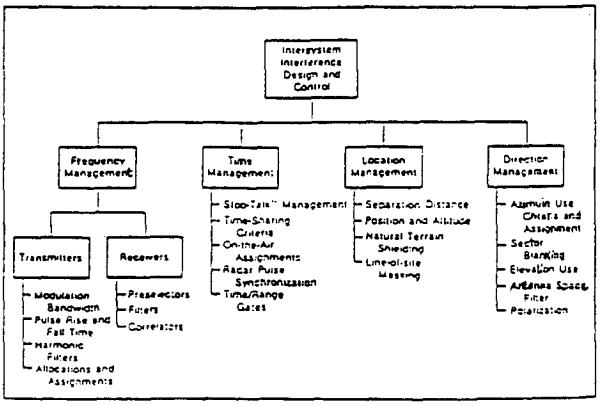
컴퓨터 회로로부터의 복사는 주파수가 올라가면서 따라서 증가한다.

누설의 레벨도 마찬가지로 와이어 및 기타 회로소자의 공진주파수 및 컴퓨터 케이스의 흡수 및 반사재료 그리고 주파수에 따른 환경에 달려 있으나, 역시 주파수가 올라가면 따라서 올라가는 성질을 갖고 있다. 광자의 에너지는 그 주파수와 비례하며 그 투과력과 밀접한 관계가 있다.

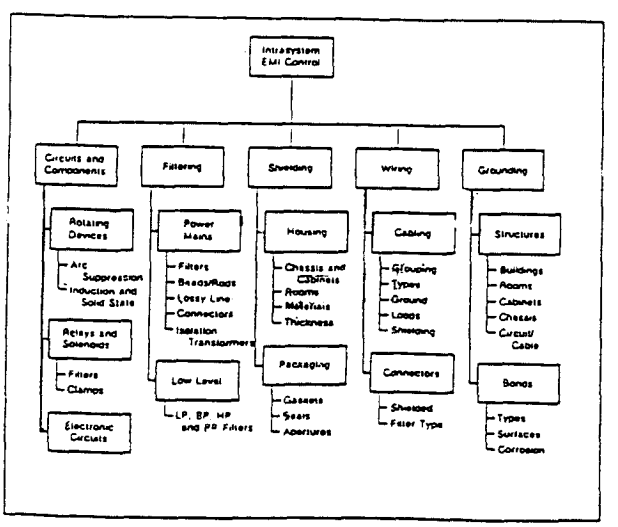
컴퓨터 시스템으로 부터의 복사량과 종류에 따라서는 각각의 신호가 다른신호 때문에 잡히지 않는다고 추정되는데 특정 대형컴퓨터에 있어서는 이러하지 않을수 있다. 내부적인 신호는 일반적으로 병렬로 되어있고, 그리고 대형컴퓨터 시스템의 외부신호는 한번에 많은 신호를 보낼 수 있는 대규모 장치가 보통이다.
그러나 몇몇 요소는 특히 소형컴퓨터 시스템에 있어서 일반적인 잡음의 해독으로 쉽게 대상신호를 잡을 수 있다. 신호처리와 여과는 둘다 신호의 규칙성과 소음을 분리시키기 위한 소음의 일반적인 불규칙성에 의존한다.

한 시스템의 전압레벨과 클럭주파수는 일반적으로 도청이 가능할 수 있으므로, 시그날 프로세서는 특정진폭과 주파수를 가진 신호를 찾을수 있는 것이다.
소음으로부터 신호를 추출하는데 사용하는 방법은 빠른 산술에 달려 있다.
예를들면 각종 디지탈 필터를 위한 이산무리에 변환과 반사의 제거를 위한 자기 상관함수인데 이것들은 분석된 모든 자료들에 대하여 여러값의 합계를 필요로 한다.

반도체 회사들은 싱글 칩으로된 디지탈 시그날 프로세서를 1986년에 대량으로 시장에 내놨는데, 이 프로세서는 영상프로세서, 고속변복조장치, 레이다세트와 같은 다른 시스템과 함께 도청장치의 비용을 현저히 낮추고 있다. 공개시장에서는 볼수 없을지라도, 앞으로 5년후에는 NSA(국가보안처)가 보유하고 있는 장비의 칩 정도로 축소된 완전한 도청작용을 기대할 수 있을 것이다. 이와 같은 회로은 재래식이지만 매우 감도가 높은 라디오 수신기로부터 얻은 자료와 출력문구, 수치 또는 화상자료를 디지탈화하고 프로세스 한다. 시스템 내부의 전자파를 제어하는 기술에는 적절한 대책부품의 선택을 비롯하여 접지기술, 차폐기술, 여과기술, 배선기술등이 포함되며, 관련 세부 기술은 (그림 6-11, 6-12)와 같다.



(그림 6-11) Inter-System 정보누설 방지대책 기법



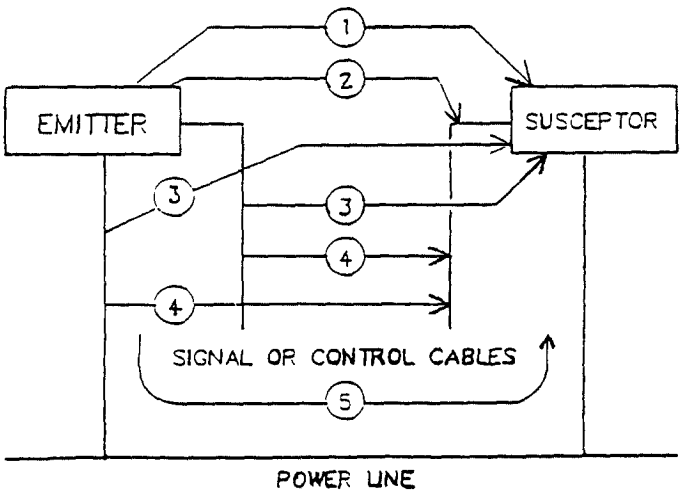
(그림 6-12) Intra-System 정보누설 방지대책 기법

이러한 극복기술은 적용대상 및 목적에 따라, 각기 다르게 적용되기 때문에 어떤 일관된 적용기법이 없고 단지 여러 경우에 따라 많은 시행착오를 겪으면서 하나하나 터득해 나가는 수 밖에 없는 것 같다.

첫째로 형태를 달리하는 신호는 보통 그 주파수를 달리하고 있다. 그러므로 한 주파수를 잡게 되면 라디오의 주파수를 맞추는 것과 다를바 없이 쉽다.

둘째는 직렬통신이 아주 흔한데, 특히 터미날 프린트와 모뎀에서 그러하며, 게다가 이것들은 전파방사 효과가 큰 케이블에 접속되고 있다. CRT의 래스터 스캔도 역시 직렬 신호이다. 더욱이 주변장치에 대한 신호는 공중에서 분산되어 고성능 지향성 안테나를 사용하므로서 분리될 수 있다.

표준화된 신호레벨과 직렬통신의 프로토콜(고정자료율 ;스타트, 스톱과 패리티비트 : 인쇄가능 문자의 제한과 제어부호의 한정;자연언어의 사용)과 CRT(동기펄스 ; 수평 및 수직의 귀선기간:연속적 주사선간의 고도의 유사성)가 암소음(background noise)으로 부터 전파발사를 추출하는 것을 비교적 용이하게 하며, 사실 직렬전송은 소음이 많은 장거리 접속을 극복하기 위해 특별히 설계해야 한다. (그림 6-13 참조)



A. RADIATION FROM SOURCE CASE TO SUSCEPTOR CASE AND CALBES (1 and 2)

B. RADIATION FROM SOURCE CABLES (ESPECIALLY THE POWER CABLE) TO SUSCEPTOR CASE AND CABLES (3 and 4)

C. DIRECT CONDUCTION FROM SOURCE TO SUSCEPTOR VIA A COMMON CONDUCTOR, FOR EXAMPLE, THE POWER LINE (5)

(그림 6-13) 신호방사 경로

제 7 장 정보 취급기기의 정보누설 방지대책 기술

1. 정보누설의 원인

누설은 라디오 송신기에서와 같이 가속화한 전자가 광자(光子)를 방출하기 때문에 발생하는 것이다. 이 누설은 FCC의 규제를 받기전 까지는 퍼스날 컴퓨터에서 오는 텔레비젼 수신의 간섭으로 또는 마이크로웨이브 오븐이 가까이 있는 페이스 메이커(심장고동 보조장치)에 미치는 간섭으로 널리 경험하고 있다.

TEMPEST 차폐기준은 FCC의 방사 요건보다도 수천배나 엄격하다. 방사의 강도는 주파수가 높을수록 증가하며, 집적회로의 속도가 빨라질수록 문제가 더욱 심각 해지고 있다. 최악의 누설은 차폐하지 아니한 직렬자료 케이블에서 발생하는데, 그 까닭은 (이 케이블이) 우수한 안테나의 물리적 특성과 비교적 큰 전압진폭을 갖는 연속적인 개개의 비트로 된 최상의 깨끗한 신호를 결합하기 때문이다.

NSA와 기타 기관에서는 불과 수백달러 값의 전자장치와 지향성 안테나를 가지고 200 미터 밖의 번화한 사무실에 설치된 시리얼프린터로 가는 데이터를 카피할 수 있는 능력을 공개적으로 데몬스트레이션 한바 있다. 건강에 대한 우려를 낳게한 CRT 스크린으로 부터의 낮은 레벨의 누설도 모든 표시된 데이타를 가로챌 수 있을 만큼 높다. 대규모 메모리 어드레스, 와이드워드와 중복된 I/O를 갖춘 컴퓨터에서 오는 고도의 병렬신호는 소음속에서도 상당한 차폐 기능을 갖고 있다.

2. 정보기기에 대한 차폐기술

템페스트 도청으로 부터 컴퓨터 시스템을 보호한다는 것은 단순히 금속판으로 감싸는 것만으로 되는 것이 아니다. 예를들면 차폐에 있어서 전체적으로 컴퓨터실을 차폐하지 않는한 사용자에게 접근을 못하도록 완전한 차폐준비는 어려운 것이다.

또한 거기에는 편리도 고려해야 한다. 케이블의 신축성이 있어야 기계를 이동할 수 있다. 스크린은 사용자가 볼수 있어야 하고, 키보드를 만질 수 있어야 하며, 디스크하고, 키보드를 만질 수 있어야 하며, 디스크와 주변기기의 커넥터를 위한 공간이 있어야 한다.

컴퓨터나 다른 장치에 있어서 이들 공간은 모두 잠재적인 누설점이며, 복사를 최소화하기 위한 적절한 대책이 강구되어야 한다. 템페스트 설계기사는 이러한 요구조건에 대처하는데 이용할 수 있는 많은 자재와 기술이 있어야 한다.

이러한 차폐되지 않는 회로에 의한 방사는 아주 발달된 도청기술을 이용하면 1마일 정도 떨어진 거리에서도 정보를 탐지해낼 수 있는 것이다.

민감한 자료로부터 잠재적인 도청자를 물리적으로 격리시키는 것이 시스템에 대한 보안대책을 수립하는 손쉬운 조치가 될 것이다.

그러나 조심스러운 대책을 세우자면 역시 차폐를 하지 않을 수 없다.

표 7-1에 표시한것처럼 거리를 멀리한 격리적인 보안은 보통 실제적이 못되며, 500피트 떨어진 장소로부터의 도청은 아주 간단한 기계장치로서도 가능하다는 것이 입증되고 있다. 전문가들은 반마일 밖에서 CRT 스크린을 읽을 수 있다고 대강 시인하고 있으며, 1마일 밖에서 자료를 읽을 수 있다고 해도 결코 놀랄일이 아닐 것이다.

가. 거리에 따른 신호의 감쇄량 분석

거리, 차폐 또는 기타 원인에 의해서 나타나는 레벨의 감소는 보통 데시벨(dB)로 표시하는 대수계산자로 계측한다. A가 선형 계산사상 신호출력의 감쇄량 또는 상대적 감소일때, 그리고 D가 데시벨로 측정한 감소라면,

$A = 10$

또는 역으로

$D = 10 \log A$ 이다.

가령, D가 10일때 A는 10이고, D가 20일때, A는 100이다. 만일 상대레벨이 전자복사에서 보통 그러하듯이 전압레벨로서 측정된다면, 그 공식은

$D = 20 \log V_1 / V_2$ 이다.

이와같이 전압이 10배 떨어지면 전력은 100배가 떨어진다.

템페스트 제작자가 100 데시벨의 감쇄량으로 차폐한다는 것은 수신신호가 발신신호보다도 10배 약하다는 뜻이며, 따라서 방사의 전기장은 10배 약하다는 뜻이다.

방사의 비지향성 전력은 방사원으로 부터 거리의 제곱에 비례해서 떨어지며 전압은 직선적으로 떨어진다. 송신기와 수신기 사이의 거리를 배가하므로서 전력은 4, 전압은 2로 줄어든다. 대수 계산척에서 거리를 2배로 하면 6데시벨의 손실을 더하는 것과 같다. 거리를 통해서 90 데시벨을 이루기 위해서는 수신기를 30,000배 이상 멀리 떼어놓아야 한다.

감쇠율 인수와 데시벨 표시와의 관계는 표 7-1에 표시되어 있다.

2 x Pi(6.28)로 나눈 파장의 거리를 전이점으로 부터 전파가 본질적으로 균형이 잡혀 있는 파장의 5배수까지 관례에 따라 측정한 전이구역이 있다.

표 7-1 거리에 따른 신호의 감쇠량

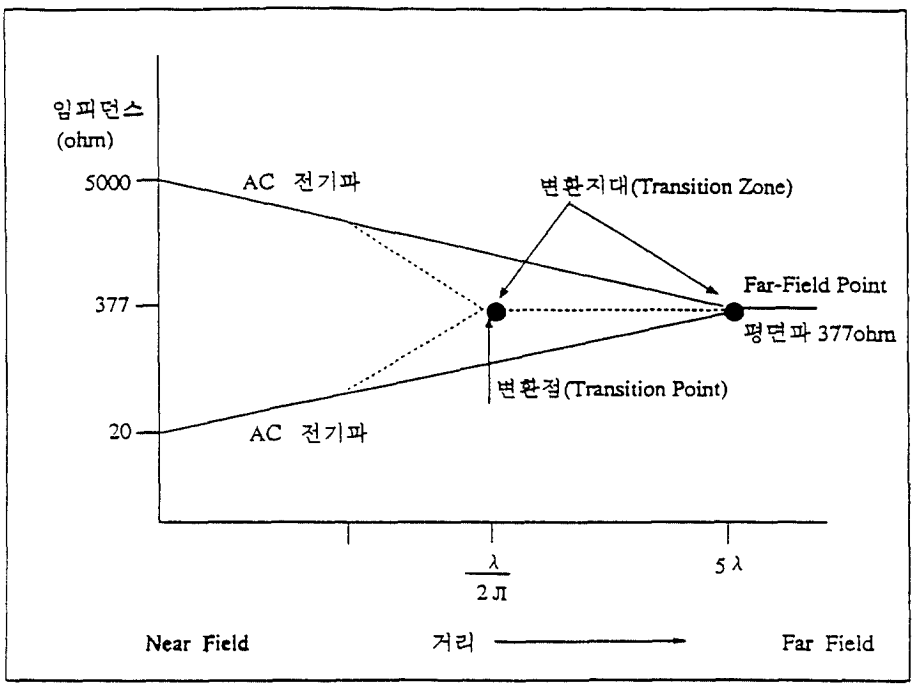
거 리 (=전압의 감쇠량)	감 쇠 량(전력)	감쇠량, dB
1	1	0.0
2	4	6.0
3	9	9.5
4	16	12.0
5	25	14.0
10	100	20.0
100	10000	40.0
1000	1000000	60.0
10000	100000000	80.0
100000	10000000000	100.0

방사체로 부터 어느 한쪽의 장이 지배하는 전이점까지의 지역을 근거리 음장이라고 부르고, 전이구역을 넘어선 지역을 자연 원거리 음장이라고 부른다.

근거리 음장은 저주파수와 작은 밀폐함 속에서 매우 중요하다. 그것은 62.8피트의 파 또는 16MHz에 대해서는 10피트의 거리에서 그리고 160MHz의 파에 대해서는 1피트의 거리에서 끝난다. 가장 높은 주파수에서는 방의 차폐는 중요하지 않으며, 개별 유니트의 차폐가 가장 중요하다. 차폐자재의 효능은 전기, 자기와 평면파에 따라 매우 다르다. 단순한 경우는 금속평판에 수직으로 접근하는 평면파이다.

우선 첫째로 표면에 흡수 반사된 에너지의 양은 콘덕턴스가 무한대로 가면서 영으로 가는 자재의 임피던스에 의존한다. 정확히 매치가 될때는 파가 장애를 받지 않고 계속되며, 임피던스 영(Zero)의 표면에서는 전반사가 이루어진다.

377ohm 사이의 부정합 또는 전기 및 평면파에 대한 보다 높은 임피던스의 금속에 대한 영(Zero)의 임피던스는 이들에 대하여 차폐하기 쉽게 한다.



(그림 7-1) 니어필드(Near Field), 파필드(Far Fiele) 및 변환지역

표면을 침투하는 파중에서 전기와 자기장은 운동 방향으로는 직각을 이루고 양극에는 평행을 이루며, 금속판안에 전류와 자기장을 유도한다. 양극의 전도성이 무한하다면 유도 전기장은 입사방사의 장과 같을 것이며 또한 방향이 상반되므로 서로 상쇄할 것이다. 자기장들이 동시에 일어나고 양극에 전류를 유도한다.
전기장이 사라지면 완전차폐의 신호가 될 것이다.

실제 금속은 유한이지만 매우 높은 전도성을 갖고 있으므로, 평면파와 전기파에 대해서 매우 효과적이다. 낮은 임피던스의 자기장은 효과적으로 차폐에 연결할 수 있으므로 아주 두껍지 않는한 유도전류가 시트의 다른면으로 통과하여 거기서 재방사 한다. 막판인 경우, 원표면으로 부터의 파의 반사가 두개의 파 사이에 간섭을 일으키며, 건설적일 수도 있고(내부의 장을 증가시켜)또는 파괴적일 수도 있다.

차폐된 밀폐함 안에서 가스켓과 구멍은 차폐의 파 말소 효과가 작용할 수 있도록 사방으로 차폐의 도전율을 유지하는 것이 매우 중요하다. 재료들간의 부정합, 갭 또는 전도에 있어서의 단절은 누설점이 되며, 크건 작건 이 누설은 고려되어야 한다. 배기구멍과 케이블 입구는 입사 방사의 파장에 따라 누설을 야기시킨다.
파장이 구멍 크기의 두배 이내일때는 자유롭게 통과한다. 파장이 증가함에 따라 누설하는 힘은 반비례로 감소한다. 달리 말하면 데시벨(dB)에 있어서의 차폐 효과는 주파수의 대수와 함께 떨어진다.

한 평면파에 하나의 평면금속판과 같은 간단한 경우에도 전자방정식의 정확한 해답은 비실제적이다. 엔지니어들은 수년간에 걸쳐 꾀 정확한 개산법을 여러 가지로 연구해 왔으며, 2dB 이내로 밀폐하는 차폐능력을 예견할 수 있는 소프트웨어를 주장하는 회사들도 있다.

차폐의 기본원리는 동판과 같은 우수한 전기도체의 박막이 전파방사에 거의 완전한 장벽이 된다고 하지만 그러나 어떤 틈새도 강력히 방사할 수 있다. 와이어망도 역시 망상 간격보다 훨씬 긴 파장을 갖는 광자에 대하여 거의 완벽한 장벽이 되고 있따.
1피트의 파장은 1KHz의 주파수에 해당하므로, 수분의 1인치의 간격을 갖는 망이 가장 적당할 것이다. 같은 이치로, ¼ 인치까지의 좁은 구멍과 찬넬은 차폐효과를 감소시키지 않고도 케이블의 입구를 허용하며, 또한 와이어망과 기타 도체 가스켓은 보다 큰 틈을 봉할 수 있다. 통풍구를 위해서는 벌집판을 사용한다. 이 벌집판은 양축을 따라 적당한 좁은 간격과 균일한 전기적 특성을 갖추고 있다.

나. 차폐효과 분석

1) Shielding의 목적 : 복사 전자파 에너지가 특정 영역의 경계내에만 존재하도록 하거나, 반대로 특정영역 경계 밖에만 존재하도록 함.

2) Shielding의 종류

- solid shielding
  - single solid shielding
  - multiple solid shielding
  - thin-film shielding
- non-solid shielding
- braid shielding

3) Shielding effectiveness

4) Shielding 효과를 결정하는 변수

Shielding material

thickness

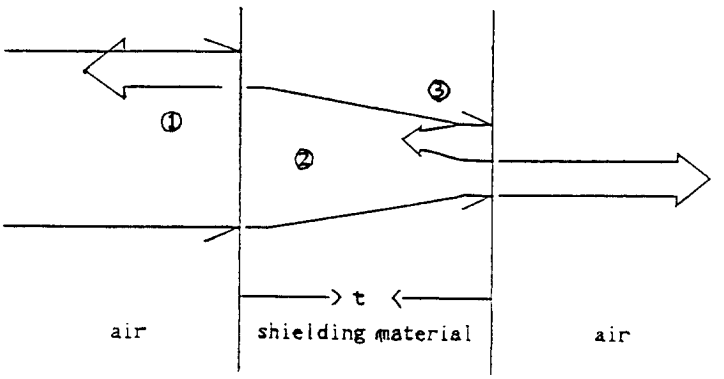
frequency

distance

Shielding discontinuity의 양

Shielding discontinuity의 형태

가) Shielding 효과에 의해 전자파가 감쇄하는 mechanism



o air - material 불연속면에서의 반사

o material 내에서의 감쇄

o material - air 불연속면에서의 반사

나) Shielding effectiveness = S

$$S = R + A + B \quad [dB] \qquad 식(7\text{-}1)$$

R = ①과 ③의 제1차 반사 손실의 총합

A = ②의 감쇄 손실

B = ①과 ③의 제2차 이상의 반사 손실의 총합으로 인한 correction factor

Shielding material 내에서의 감쇄 A는

$$A = 20 \log_{10} e = 8.686t (\pi f \mu \sigma m)^{1/2} \qquad 식(7\text{-}2)$$

α 는 감쇄정수,

μ 는 material의 permeability,

σm는 material의 conductivity

이며, air-material과 material-air 불연속면에서의 반사 손실의 총합 R은 다음과 같이 구해진다.

$$R = -20 \log \frac{2 \left| \eta m \right|}{\left| \eta a + \eta m \right|} \quad -20 \log \frac{2 \left| \eta a \right|}{\left| \eta m + \eta a \right|} \qquad \text{식(7-3)}$$

여기서 $\eta a = 377\Omega$인 자유공간의 특성임피던스, ηm은 material의 특성 임피던스로

$$\left| \eta m \right| = (1+j) (\mu \omega / 2 \sigma m)^{1/2} \qquad \text{식(7-4)}$$

이다.

Correction factor B는 A ≪ 10dB 일때

$$B = 20 \log \left| 1 - \rho \, 10 \quad (\cos\theta - j \sin\theta) \right| \qquad \text{식(7-5)}$$

으로, 여기서

$$\rho = \left(\frac{\eta m - \eta a}{\eta m + \eta a} \right)^2$$

$$\theta = 3.54t \, (f \, \mu \, \sigma m)$$

이다.

다. 차폐의 종류

1) 벽

템페스트 문제에 대한 최초의 포괄적인 해답은 100만불 내외의 비용으로 컴퓨터실 전체를 동으로 피복하는 것이었다. 이 차폐실에는 창문이 없고, 컴퓨터에 전기와 냉각수를 공급하고, 사용자에게 에어콘디슈닝을 제공하는데 까다로운 문제가 있었다. 출입구도 조심스럽게 설계했어야 했다. 출입문을 처리하는 가장 완전한 방법은 일종의 공기차단 방법인데, 컴퓨터실에 들어가는 문에 조그마한 차폐실이 있고 또 다른문이 외부에 달려 있어서 이것이 유일한 출입문 이어서 한개 이상의 문이 동시에 열지 않도록 되어 있다.

정보사회에서는 이러한 방에는 전화가 없다. 원거리 접촉이 전혀없기 때문에 컴퓨터가 외부로부터 침입을 받을 염려가 없다. 한편으로는 시설에 대한 설치나 유지보수를 위해서 원거리 진단을 하고져 하는 컴퓨터 기사들에게는 문제점이 되고 있다.

2) CRT의 금속망 스크린

금속망은 여러해동안 CRT 터미날에 사용될 수 있는 유일한 차폐물질이었다. 전파의 복사 누출을 방지할 수 있을 만큼 조밀한 망사조직은 스크린의 조명도를 감소시켰으며, 그리고 철사의 간격과 스크린의 화소가 너무 근접할때는 물결모양이 나타날수 있다. 금속층이 빛을 통과시킬 만큼 얇으나 긴 파장의 전파복사를 차단할 만큼 효과가 있을때는 구리-금속샌드위치를 사용할만 하다.

3) 밀폐

장치의 밀폐를 재설계함으로서 많은 보호효과를 얻을 수가 있다. 대개는 구멍(통풍구, 스크류와 스위치의 입구)이 많아서 그 접점에서 누설된다. 이 누설점을 막는 것은 비교적 쉽다. 어떤 컴퓨터의 장치는 FCC의 방사레벨을 충족한 코팅을 입힌 플라스틱 케이스에 포장되어 있다. 이러한 시스템을 금속 케이스로 바꿈으로서 전파방사를 현저히 줄일수 있다. 커넥터 부근에 일어나는 누설은 내부 차폐를 보다 개선하고 케이스와의 결합을 보다 개선한 커넥터로 대체할 필요가 있을 것이다.

4) 코팅

몇가지 자료는 무선전파 발사를 흡수하는 컴퓨터 케이스의 내부에 박막층으로 사용될 수 있다. 그것들은 그것 자체만으로도 꽤 효과가 있으며 금속박판에 도포해서 결합점을 채우는데 사용했을때 매우 효과적이다. 어떤 것은 비교적 적은 비용이 드는 프로세서에 의해서 스프레이로 처리할 수 있다.

5) 차폐 케이블

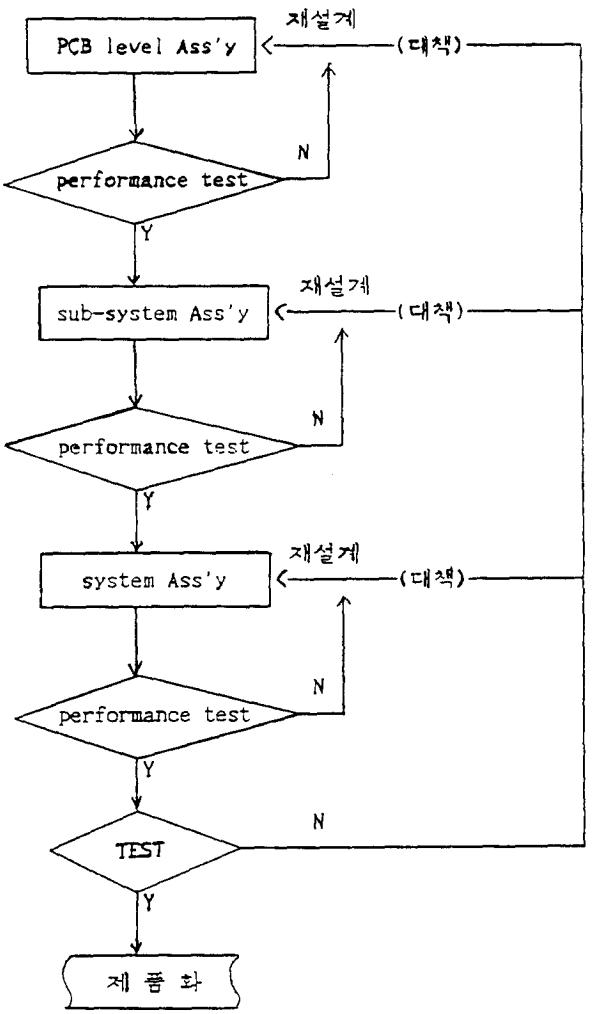
데이타 케이블은 보통 누설을 방지하기 위해서 뿐만 아니라, 케이블이 수신안테나로서의 작용이 있기 때문에 전송중에 데이타의 손실이나 에러를 야기시킬 만큼 강한 외부의 신호를 받는 것을 방지하기 위해서도 차폐되고 있다.

편복선방사 차폐 케이블과 금속튜브에 밀폐한 외장 케이블을 포함하여, 통상적인 상업용으로 몇가지 등급의 차폐가 가능하다. 훨씬 정밀한 차폐가 템페스트 응용에 이용할 수 있다. 방사가 누설될 수 있는 곳에 차폐의 틈이 없도록 접속점과 커넥터에 각별한 주의를 기울어야 한다.

6) 회로의 재설계

방사를 차폐하는 것보다 방사를 감소시키기 위해서 소음나는 부품을 대체하고 회로를 재설계 하는 편이 비용을 훨씬 줄일 수 있게 하는 경우가 많다. 대부분의 경우 방사는 몇개의 접점에서 발생하게 되는데 그 접점을 규명하는 것이 차폐 요건을 크게 감소시키거나 이를 제거할 수 있게 할 것이다. 이러한 접근방법은 템페스트 기종이 한 제품을 두개의 다른 모델로 생산할수 있을 만큼의 높은 매상고를 올릴 수 있는가에 그 성패가 달려 있다.

다음은 회로의 재설계 과정을 보인 것이다. (그림 7-2 참조)



(그림 7-2) The Problem - Solving Approach

3. 정보누설에 대한 접지기술

IEEE Green Book(접지에 대한 권고 규정, NSI/IEEE 표준 142-1982)에서는 접지저항이 5Ω이하가 되도록 권고하고 있다. 만일 건물내에 아주 민감한 전자장비가 있으면, 여건이 허락하는 한 접지저항 5Ω 이하로 낮출것을 권고하고 있다.

전기시설물에는 여러가지 목적에 따라 접지를 한다.

그 대표적인 것을 예로 들면 아래와 같다.

① 보안을 위한 접지 : 운용자의 안전을 위한 접지

② 안테나에 대한 접지 : 주로 수직 안테나의 효율적인 방사를 위하여 많이 쓴다.

③ 일렉트로닉 접지

④ RF의 간섭으로부터 실딩 : 그라운드, 어스, 접지등 호칭이 여러가지로 불리며, 범위가 넓으므로 여기서는 전자기기의 접지방법, 즉 일렉트로닉 접지에 대하여 주로 다루기로 하겠다.

가. 접지의 종류

1) 일렉트로닉 그라운드

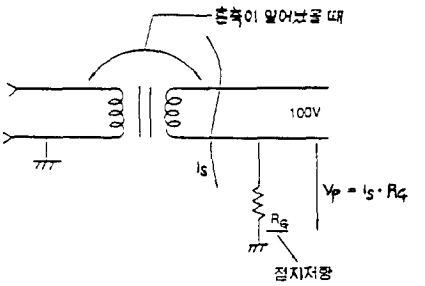
하나의 시스템은 여러대의 전자기기로 구성되어 있으며, 이 각각의 장비는 모두 접지되어야 한다. 여러대의 장비를 접지시키다 보면 접지선끼리 하나의 루프를 형성하는 경우가 있다.

이렇게 생성된 그라운드 루프에 쇄교하는 자속의 변화가 있다면 그 루프에 전류가 흐르게 된다. 여러 기기를 개별적으로 접지공사를 하는것도 어려움이 많으므로 접지공사를 하나만 하고 샷시접지를 모두 하나의 접지선에 연결하는 것이 보통 이다. 이렇게 하면 여러기기의 공통 임피던스로서 작용하게 되나, 그러나 여기에 따른 문제점은 남아 있게 된다. (그림 7-3, 7-4 참조)

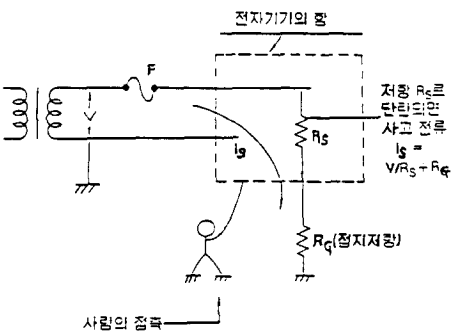
가) 그라운드 루프

그라운드 루프는 장비의 내부 혹은 장치를 조합시킨 상태에서 나아가서는 여러 시스템에 걸친다든지 하는등 여러가지 형태로 발생한다.

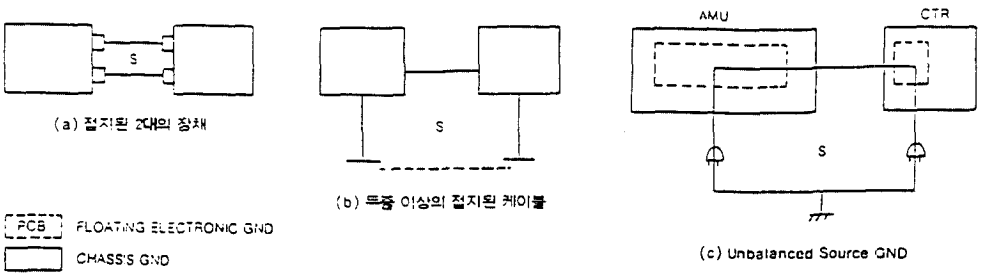
(그림 7-5)에서 여러가지 경우에 그라운드 루프가 생기는 예를 보였다.



(그림 7-3) 보안용 접지의 효과



(그림 7-4) 전자기기의 보안용 접지



(그림 7-5) GND 루프가 생기는 예

루프에 의해서 트러블이 생기는 것은 루프에 흐르는 전류에 그 원인이 있다. 아무리 큰 루프가 생겨도 그 흐르는 전류가 전혀 문제가 되지 않거나 루프를 쇄교 하는 자속이 없어서 전류가 발생하지 않는다면 전혀 상관은 없다.

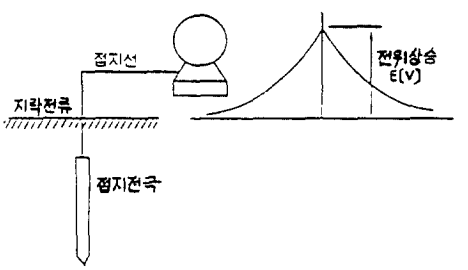
루프에 유기되는 기전력은

$$V = \frac{-d}{dt} \int B \cdot S = 22\ fBS \times 10$$

이 된다.

여기서 단위는 Bigauss Si ㎠ 이다.

이들 루프에 의한 문제점을 제거하기 위해서는 ① 루프를 끊는다 ② 루프의 면적을 적게 한다 ③ 쇄교하는 자속을 줄인다 ④ 자속에 의한 기전력을 상쇄한다 (그림 7-6 참조)



(그림 7-6) 접지 설비의 구성과 전위상승 개념

나. 접지의 필요성

종래부터 접지는 지구(대지)를 대상으로 소요 접지저항을 얻기 위한 접지설계를 주체로 검토되어져 왔다. 그러나 최근의 전자화, 고도 정보화에 따라 접지는 단지 대지를 대상으로할 뿐만 아니라 지상공간의 전위변동을 적게 하기 위해 혹은 전위의 기준점을 확보한다는 접지시스템의 문제에까지 전개되어 왔고, 그 대응이 필요하게 되고 있다.

접지라는 것은 (그림 7-7)과 같이 전기·전자·통신설비 기기를 대지와 전기적으로 접속하는 것이다. 이를 접속하기 위한 터미널 접지전극이다. 이 전극이 대지와의 사이에 전기적 저항을 갖기 때문에 지락전류에 의해 옴의 법칙에 따르고 접지전극 부근에 전위 상승이 생겨 여러가지 장해를 일으키게 된다.

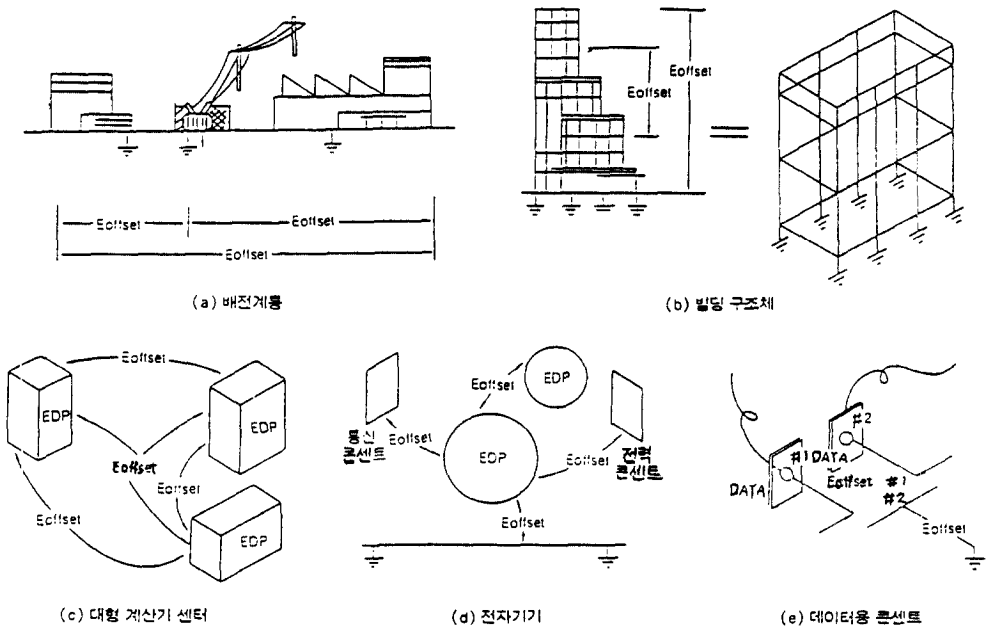
이상적으로는 접지저항이 다시 말해서 전위상승이 0이면 아무런 장해가 생기지 않는다. 그러나 현실적으로는 있을 수 없으므로 이러한 장해는 없게 하는 일이 접지목적의 기본이다. 전위상승에 따르는 장해로서는 최악의 경우에는 인체의 감전이 있고, 거기에 대해서는 손상, 잡음발생과 오동작이 생긴다.

접지는 강전용접지와 약전용접지로 구별된다. 전자는 보안용이고 후자는 기능용이다. 보안용접지는 인간 및 전기관련 설비기기의 안전의 확보를 위함이다.

기능용접지는 전기·전자·통신기기의 안정된 가동을 확보하기 위한 것이다. 저압전로에 사용하는 계통접지 기기접지등의 강전용 접지는 사용주파수 영역이고, 직류저항으로 간주하여 실용상 지장이 없다. 이에 대하여 전자통신기기의 신호용접지와 같은 약전용접지는 고주파 영역이고, 교류저항이 되어 접지 임피던스로서 파악할 필요가 있다. 전위차(Eoffset)의 개념을 (그림 7-7)에서 보자. 대지를 어떤 종류의 저항체라고 생각할때 상대적으로 보면 거기에 전위차(Eoffset)가 생긴다.

이것은 대지에 있어서 뿐만이 아니라 철골조 빌딩구조체에 대해서도 전력용 콘센트와 통신용 콘센트의 상호간 내지는 기기상호간에 있어서도 전위차가 생긴다.

이러한 것의 전위차가 몇 볼트되는가 라는 정량적인 파악은 곤란하지만, 어쨌든 전위차가 존재하는 것은 명백하다.



(그림 7-7) 전위차의 개념도

보안용접지에 관해서는 종래의 빌딩과 같은 형태가 적용된다. 기능용접지에 관해서는 인텔리전트 빌딩의 구성 요소인 전력·통신설비기기의 안정된 가동을 확보하고 기능을 충분히 발휘시키기 위해 필요 불가결한 것이고, 시스템화된 접지형태가 필요하다. 좁은 빌딩 공간내에서는 전력을 공급하기 위한 약전선이 혼재하고 있어 노이즈가 생길 경우도 있다. 또 뇌가 빌딩을 직교하거나 선로를 거쳐 서지가 침투하여 약전, 통신기기를 파괴하는 경우도 있다. 이것을 예방 보호하기 위한 대책으로는 필터나 보안기 등을 사용하는 것이 있다. 그러나 그것만으로는 불충분하고 궁극적으로는 접지를 설치하는 것이 필요하게 된다.

4. 광섬유를 이용한 정보누설 대책기술

광섬유 도파관의 유리섬유는 전류를 전도하지 아니하고, 주위에 전계가 없으며, 전파방사가 없는 절연체이다. 유리코아로부터 빛의 누설은 매우 낮고, 케이블의 전도가 없는 바깥층을 통한 누설은 전무하다.

광섬유 케이블의 실재 도청은 사람의 눈에 띄지 아니한채 섬유를 깨고 심선을 접속하여야 하기 때문에 불가능하다. 전송된 빛의 레벨은 심선의 가닥에서 반으로 내려가기 때문에 도청은 어려운 것이다. 이러한 성질 때문에 광섬유는 TEMPEST 시장에서 흔히 LAN(Local Area Network)과 차폐실간의 접속, 그리고 앞으로 거의 모든 지역통신에 사용될 것으로 사료된다.

광섬유는 비밀보안성이 크고 운용거리가 긴 두 요소의 조화로 여러 종류의 유선 케이블을 광섬유로 대체하는데 아주 유리한 특성을 갖고 있다. 물론 비밀 원격통신은 데이타의 암호화 및 음성의 파장을 바꾸는 것이 요구 되어진다.

광섬유 LAN은 상업시장에서 중요한 자리를 차지해 가고 있으며, 현재 유리섬유는 동선보다 덜 비싸며, 광섬유 케이블은 동축 케이블보다 비싸지 않다.

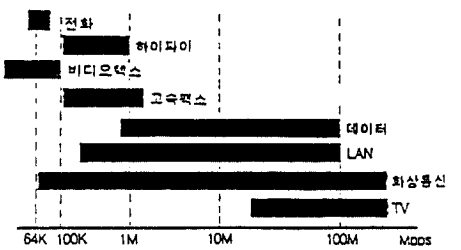
앞으로 수년간 더 연구하면 전자신호와 광신호를 서로 변환하는데 필요한 값싼 집적 전자광 회로를 얻을 수 있게 될 것이며 그렇게 되면 광섬유 LAN 으로 하여금 모든 시스템 가격에서 모든 전자적 LAN과 견줄 수 있게 될 것이다.

한편 TEMPEST 시장은 광섬유 LAN과 기타 통신의 성장에 중요 요소가 될 것이며, 민간시장에서 침투하는데 필요한 광섬유 LAN의 대량생산 체제와 저렴한 비용을 낳게 할 것이다.

가. 광통신망에 의한 광통신기술

통신기반이 급속하게 증가됨에 따라 여러가지 신기술이 개발되어 지고 있다. 특히, 현재의 통신기술 변화로 미루어 미래 통신망은 광을 기반으로 형성될 것임을 쉽게 예측할 수 있다.

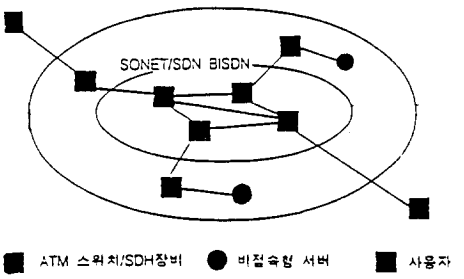
21세기에 이르면 사용자들이 데이터, 음성, 화상등의 다양한 서비스를 하나의 단말기를 통해 접할수 있는 BISDN의 제공이 현실화될 것으로 보이며, BISDN을 실현할 수 있는 전송망으로써 고속/광대역이 용이한 광이 가장 적합한 것으로 알려져 있다. 따라서 망의 광(光)화는 BISDN 실현의 전제조건으로 개발이 급속하게 이루어져 현재 일부국가에서는 이의 실용화가 이루어지고 있는 상태이다. (그림 7-8 참조)



(그림 7-8) 서비스별 전송속도 비교

일반적으로 망의 광화는 국제 통신망이나 장거리 통신망을 우선적으로 광화하는 하향식(Top-down)방식과 통신망의 최하부 구조라할 수 있는 가입자 망을 우선적으로 광화하는 상향식(Bottom-up)방식이 동시에 추진되고 있다.

하향식은 단위거리당 투자비용이 적으나 총투자비용이 너무커 국가차원의 투자가 이루어지고 있으며, 상향식은 단위거리당 투자비용은 크나 선행투자 비용이 적어 투자 위험율이 낮아 현재 선진국의 통신사업자들을 중심으로 급속한 속도로 개발이 추진되고 있다. (그림 7-9 참조)

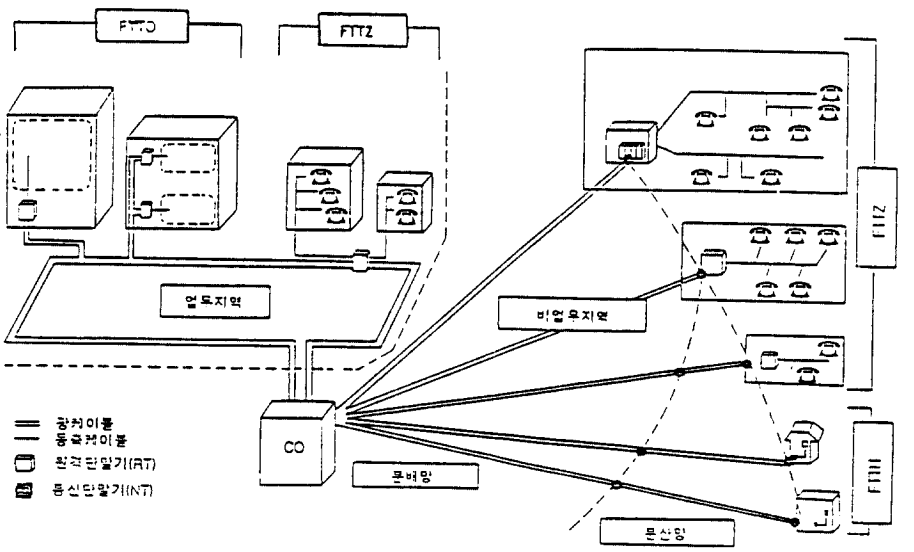


(그림 7-9) BISDN 통신망 개요

가입자망을 우선적으로 광화하는 상향식 방식으로 일반적으로 중심국 (CO:Central Office)에서 가입자의 단말기 사이의 전송로를 광화하는 것을 의미한다.
일반적으로 광가입자는 크게 FTTO(Fiber To The Office), FTTC(Fibet To The Curb: 일본의 경우FTTZ) 그리고 FTTH(Fiber To The Home)등 세가지 형태로 분류된다.

현재의 광가입자망은 업무용 대형빌딩을 중심으로 구현되고 있으며, 일반적으로 협대역 서비스인 POTS(Plain Old Telephone Service)를 제공하는데 사용되고 있다. 이러한 업무용 빌딩에서의 광가입자망 구현을 FTTO라 하며, 기존 금속망과 비교하여 운용비용이 적어 초창기 광가입자망의 주류를 형성할 것으로 보인다.

특히, 신축건물의 경우 기존망의 대체비용 등이 없이 FTTO의 구현이 용이하게 이루어질 것으로 보며 초창기 광가입자망은 거의 업무용 대형빌딩에서 구현되어 점차적으로 소형빌딩으로 전개되는 양상이 될 것이다. (그림 7-10 참조)



(그림 7-10) NTT의 광가입자망 구조

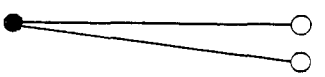
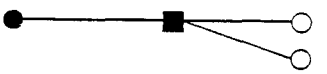
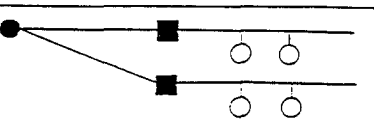
비업무 지역 즉 가정에서의 광가입자망의 전개는 일반적으로 새로운 서비스에 대한 요구가 업무지역에 비해 낮아 전개속도가 더딜 것으로 예상된다. 특히, 아직은 일반 가정에 광케이블을 부설하는 것은 기존 동선에 비해 설비 비용이 커 21세기초에나 가능할 것으로 보인다.

따라서 모든 가입자(가정)에 하나의 광전송망을 제공하는 FTTH에 앞서 수십 내지 수백 가입자를 하나의 존으로 묶어 존까지 광전송망을 제공하는 FTTC 혹은 FTTZ (FiberTo The Zone)이 전개될 것으로 보인다.

나. 광가입자망의 구조

화상전송, 고속 LAN, MAN과 같은 고속/광대역 서비스에 대한 가입자의 요구는 앞으로 급속히 증가할 것이다. 하지만 이러한 서비스들은 기존 금속망이 제공할 수 없는 큰 망유연성을 요구하게 된다. 또한 POTS를 제공하는 초창기 광가입자망은 기존의 기술 및 설비를 이용할 수 있도록 설계되어야 한다. 이외에 망구조의 단순화와 많은 가입자의 수용이 가능하도록 하여야 한다. (표 7-2 참조)

표 7-2 광가입자망의 기본 형태

구 분	망 구 조	주 요 특 성
능동 성형		고신뢰성 유지 망구조 단순 긴 무중계 전송길이 호의 중심국 집중
이중 성형 (수동/능동)		다중화에 의한 고효율성 유지 저렴한 광전송망 설비비용 DLC의 이용가능(능동형) 저가의 RT이용가능(수동형)
스타버스형 (수동)		다중화에 의한 고효율성 유지 저렴한 광전송망 설비비용 단말기의 추가 설치가 용이 집중점의 제어가 필요

망 구조는 현재 표 7-2에서 보는 바와 같이 3가지 구조가 연구되고 있으며, 수동분할 성형(passive split star) 및 능동성형(active star)망이 가장 활발하게 연구되어지고 있다.

수동분할 성형은 나무구조형 망을 확대한 개념으로 광전송망의 중간에 위치한 노드에서 망이 분기된다. 중심국에서 전송된 데이터는 데이터내에 포함된 가입자 정보를 통하여 노드에서 각 가입자에게 전송되며, 각 가입자가 전송한 데이터는 일반적으로 TDMA 방식에 의하여 중심국에 전송된다. 폭주를 처리하는 자동이득제어 :Automatic Gain Control)와 위상고정회로(Phase Locked Loop)가 수동분할 성형망을 구축하는데 있어 가장 중요한 기술로 현재 많은 연구가 이루어지고 있다.

능동성형망은 기존의 디지탈망을 가장 용이하게 대체할 수 있는 구조로 단거리 통신에 유용하다. 능동성형망은 중심국에서 가입자의 단말기까지 하나의 광전송망을 제공함으로써 고 신뢰성을 지니게 되며 망구조가 매우 간단한 이점은 있으나 중심국에 호가 집중되어 폭주 처리가 어렵게 된다.

다. 광가입자망의 전송방식

협대역 서비스에서 사용되는 전송방식은 네가지 방식이 사용되고 있다.

SDM(Space Division Multiplexing)은 송/수신의 경우 서로 다른 광케이블을 사용하여 데이터를 전송하는 방식으로 망구조가 단순하여 구현이 용이하다는 이점은 있으나 사용되는 광케이블이 일반 광케이블에 비해 두배의 가격으로 2Km 이내의 단거리 전송에 사용된다.

TCM(Time Domain Compression Multiplexing)은 하나의 광케이블에 데이터를 송/수신하는 방식이다. TDM은 수신기의 단면발광형 발광다이오드(Edge-Emitting)와 검파기(송신기)의 레이저다이오드의 이중작용에 의해 이루어지며, 이 방식의 이점은 수신기와 송신기간의 접속장치가 필요없으며, 송신비트 속도가 단말기 데이터 속도의 두배가 된다.

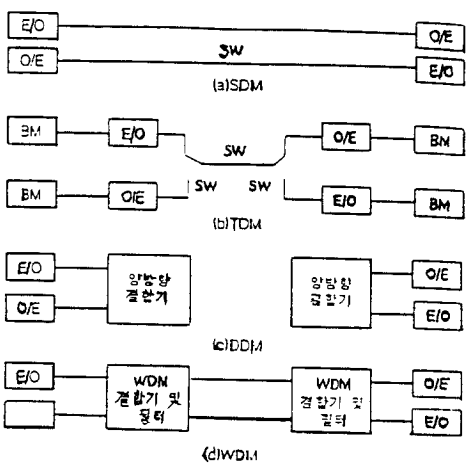
DDM(Directional Division Multiplexing)은 단일 광섬유의 단일 파장에 효과적인 방식으로 광 결합기의 궤환감쇄량(returm loss) 에 비해 광섬유의 궤환감쇄량이 커 전송길이가 짧아지게 되는 단점을 지니고 있다.

WDM(Wavelength Division Multiplexing) 은 송·수신 신호의 파장을 다르게 함으로써 하나의 광섬유에서 데이터를 송/수신할 수 있는 방식이다.

이외에 현재 주파수를 분할하여 전송하는 FDM(Frequency Division Multiplexing) 방식과 전송신호를 논리회로에서 처리할수 있는 CDM(Code Division Multiplexing) 방식에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

FDM은 전송망의 대역폭이 신호대역폭의 수십배에 달하여 기존의 단순한 전자회로로는 이를 검파할 수 없게 되는 단점을 지니고 있다. CDMA 방식은 전자회로에서의 광 전송신호의 처리가 가능하나 소자의 선형성이 커야되는 단점을 지니고 있다. 분기식(multipoint) 다중화방식은 PMP(Point-to-Multipoint)전송에 응용되는 방식으로 WDMA(Wavdlength Division Multiplexing Access), FDMA(Frequency Division Multi-plexing Access), CDMA(Code Division Multiplexing Access) 그리고 TDMA (Time Division Multiplexing Access)방식으로 분류된다.

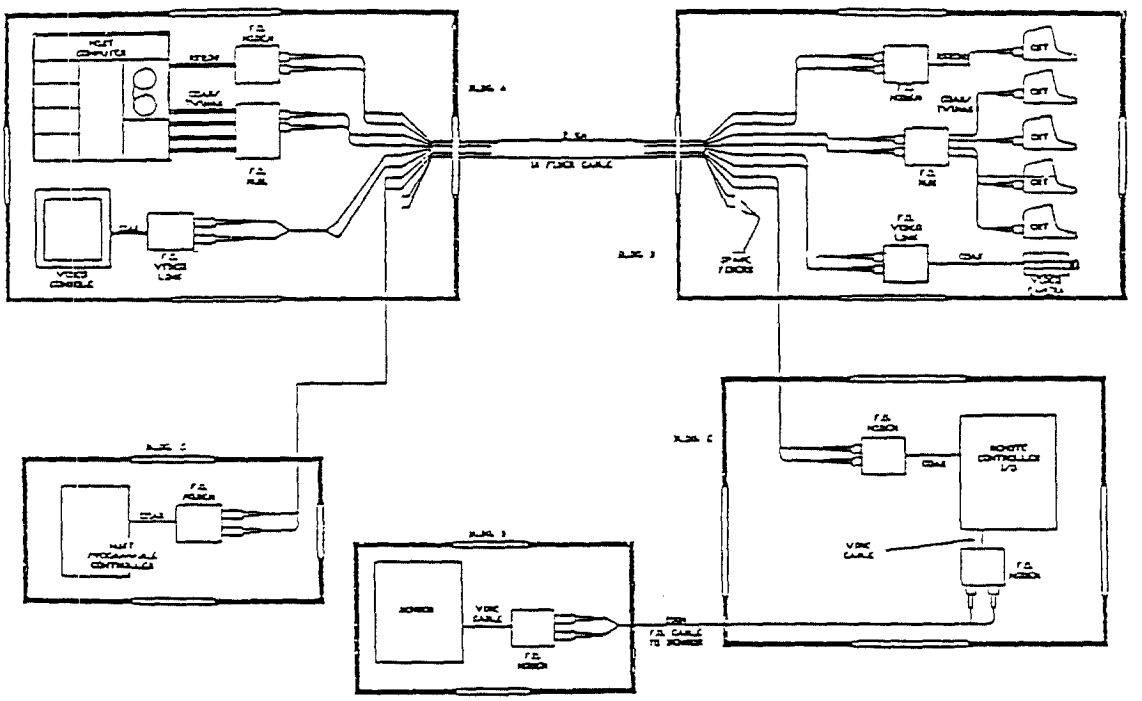
현재 기존 TDM광의 융합, ONU LD 그리고 LSI의 적용성 등으로 미루어 TDMA 방식이 가장 유망한 방식으로 간주되고 있다. 하지만 ONU(Optical Network Unit)가 주파수, 파장 혹은 코드로 처리할수 있는 FDMA, WDMA, CDMA 방식에 비해 TDMA 방식은 시간차에 의한 다중화 방식으로 양방향 전송방식의 경우에 전송지연이 크게 발생하게 된다. 따라서 현재의 TDMA방식의 연구는 이러한 전송 지연시간을 최소화하는 방향으로 나아가고 있다. (그림 7-11 참조)



(그림 7-11) 광전송방식의 유형

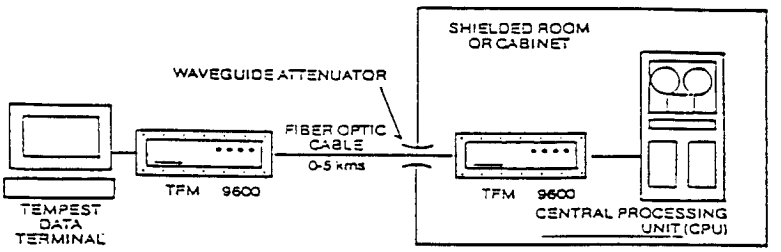
라. 광섬유를 이용한 정보누설 방지대책 예

Honeywell Fiber Optic Network Example



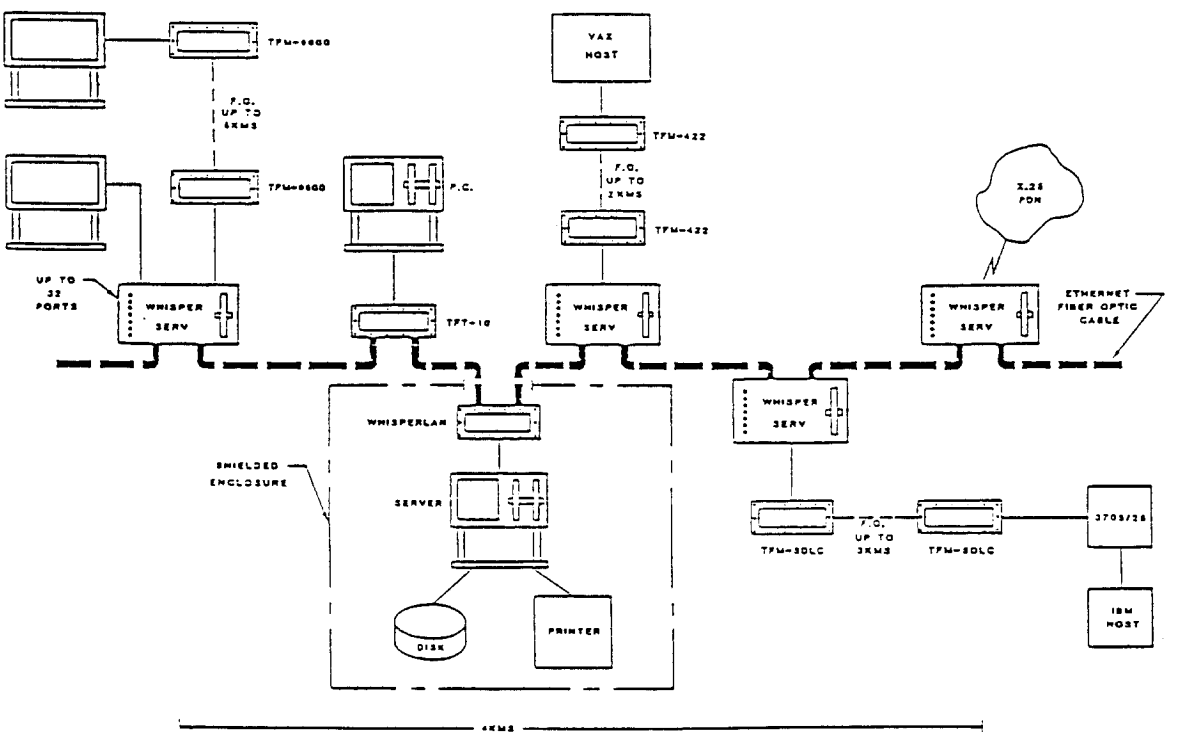
FiberCom Data Modem and WhisperNet Configurations

a)

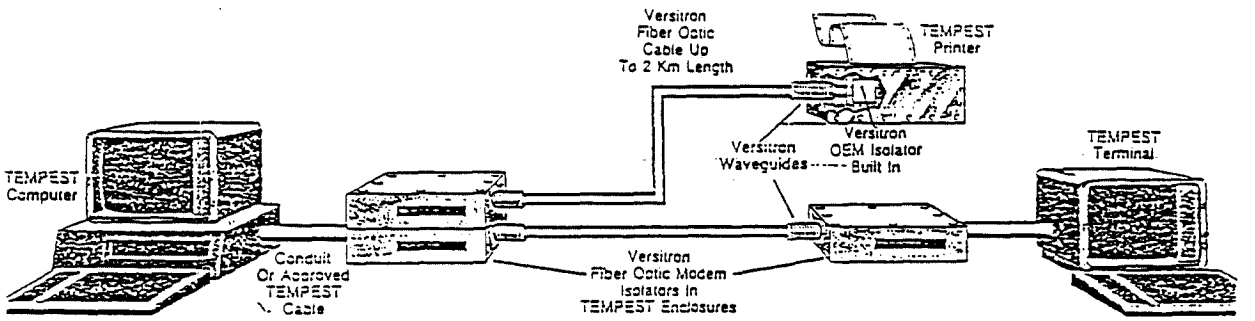


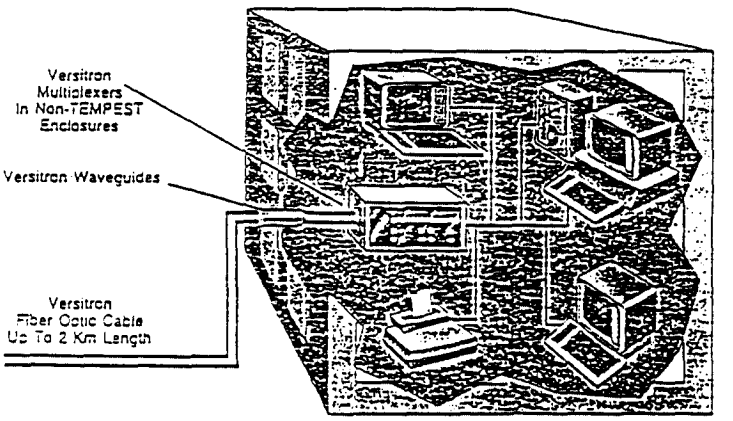
Point-To-Point Link

b)



Versitron TEMPEST Configuration Example





TEMPEST Building

제 6 장 결 론

TEMPEST는 어떤 문자의 약어가 아니라 전자장비에서 발생되어 정보화 될수도 있는 비의도적인 방사 또는 전송 신호를 정의하는 짧은 이름이다. 그 정의 자체는 비밀에 속하지 않지만 북대서양 조약기구(NATO)와 같은 조직에서는 비의도적인 전자파의 억제 기준을 높은 수준의 비밀로 취급한다. 이 전파는 정보를 얻어내는데 이용될 수 있으므로 전자파 기준을 만드는 국가기구의 설립은 중요한 의미를 가진다.

이 전자파는 직접 방사되거나 혹은 선로를 통하여 전도될 수도 있는데 이를 탐지하고자 하는자에 의해 계속 정보가 가로채어 진다면 무서운 결과를 초래할 수도 있다.
국가기밀이 전자파를 이용한 탐색 행위에 의해 위협받는 경우가 점점 많아짐에 따라 많은 나라에서는 전자파 기준(Standard)를 마련하기 위해 국가기구를 설치하고 있다.
모든 전자장비에서는 전자파가 발생되는데 많은 나라에서 측정기술과 전자파 발생에 관한 기준을 개발하기 위하여 노력하고 있다. 영국과 미국은 전자파 보안성의 여러가지 측면을 다루는 실험을 25년도 넘게 해 왔다.

TEMPEST를 설치하는데 있어서의 첫 단계는 국가가 보유, 혹은 개발중인 군사적, 경제적, 정치적 데이터들이 국가에 얼마나 중요한 것인가, 만약 중요한 정보가 적대적인 집단에 의해 탐색되어질 경우 어떠한 결과를 초래할 것인가를 판단하는 일이다.
또한 함께 고려해야 할 것은 어떤 능력이 있는지 평가하는 일이다. 이를 위해서는 그 위협성을 평가하는 작업이 행해져야 한다.

만약 정보 도난의 위협성이 실지로 존재한다고 판단되면 방사되고 있는 전자파의 유출을 방지하기 위한 조처가 취해져야 한다. 위협성 평가는 어떤 장비가 가장 정보유출 가능성이 많은지 알아내기 위해 반드시 행해야 한다.

위협성 평가를 하고, 그 장비에 안전장치를 하여 일정한 수준의 안전성이 생김을 확인하기 까지의 작업에는 이런 업무에 익숙한 여러명의 기술자와 관리자들이 필요하다.

그러기 위하여 전자 장비의 생산과정에 적용하여야 할 전자파 방사기준을 필요로 할 것이며 또한, 이를 실험하기 위하여 적합한 측정기기가 있어야 한다.

그런 실험에서는 어떤 수준의 전자파가 발산되어 탐지 될 수 있고, 정보를 재생할 수 있는가 하는 것도 포함될 것이고 이런 실험에서 부터 국가 기준과 측정기술을 결정해야 한다. 이의 시발점은 기존의 전자파 규정을 보완하여 사용하고 이 규정을 보다 엄격한 제한하에 두는 것이다.

비디오 Display 유니트, 프린터, 복사기, 워드프로세서 등 전자 정보처리기기의 전자파 방사를 억제하는 방법은 올바른 설계, 고품질 소자, 차폐, 필터링 등의 조합이다. 때에 따라서는 정보처리기기를 Shield Room 에 넣고 전송선과 전원 공급선에 필터를 사용하여야 할때도 있다. 고정 설비가 보안 수준을 유지하고 있는가, 또는 정비 보수과정에서 보안수준이 손상되지 않았는가를 검사하기 위하여 TEMPEST의 이동 검사도 필요하다. 이 업무를 담당할 조직은 보안을 요하는 정보기기의 생산업체와 긴밀하게 접촉하여 기준에 맞도록 지도해야 하며, 또한 기준과 규정을 유지 개정하고 관수품 공급자를 검열, 단속하는 업무도 담당하여야 한다.

전문 지식과 기술직 및 관리자를 갖춘 조직을 설립 운영하기 위해서는 이 문제를 깊이 있게 알아야만 기술을 개발할 수 있고 그러므로서 올바른 해답을 찾을 수가 있다. 그러기 위하여 어느 정도의 전자파의 발산이 인정할 수 있은 수준이고, 어느 정도의 발산이 인정하여서는 안되는 수준이며, 어느 정도의 발산이 제3자에 의하여 탐지될 수 있는 수준이라는 것을 판단할 수 있는 측정기기기가 있어야 한다.

이와 같은 실험을 통하여 일정한 거리에서 주어진 레벨 이상의 신호가 발산되어서는 안된다는 국가기준이 산출될 수 있으며, 이 기준은 피측물의 어느 각도 에서나 적용되어야 한다. 이와 같은 실험은 또한 고정 장소의 검사, 취약한 부분의 탐지등 검사방법을 결정할 수 있을 뿐더러 방사 요인을 찾아내어 이를 해결할 수도 있다. 예로서 스크린이 달려있는 문이 열렸을때 정보가 탐지될 수도 있다는 특수 조건의 경우도 검토되어야 하며, 실지로 2중문을 설치하여 하나씩밖에 열리지 않게 하는 경우도 있다.

가장 정보유출 가능성이 높은 장소는 복잡한 도시에서 여러 집단이 함께 사용하는 고층 빌딩이다.

이러한 여러 제약여건에서도 정보기기에 의한 전파정보누설 방지 및 보호대책이 계속적으로 연구되어야 하겠다.

※ 참 고 문 헌

1. FCC Bulletin OET 55, "Characteristics of Open Area Test Sites", October 1989, U.S.A.
2. FCC / OET MP-4, "FCC Methods of Measurement of Radio Noise from Computing Devices", December 1983, U.S.A.
3. MIL-STD 285, Military Standard Attenuation Measurements for Enclosures, Electromagnetic Shielding, for Electronic Test Purposes, Method of.
4. 이중근, "전자파 장해 방지기술 연구"
5. 이중근, "전자파 내성 평가 기술 연구", 1992.
6. CISPR 16, "CISPR Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Method", 1987.
7. IEC 801-3, "Electromagnetic Compatibility for Electrical and Electronic Equipment, Part 3 : Immunity to Radiated, Radio Frequency, Electromagnetic Fields", 1990.
8. IEC 801-6, "Electromagnetic Compatibility for Industrial-Process Measurement and Control Equipment, Part 6 : Immunity to Conducted Radio Frequency Disturbances above 9KHz", 1990.
9. NBS Technical Note 1013, Using TEM Cell for EMC Measurements of Electronic Equipment
10. Technical Note 1319, Generation of Standard Electrostatic Fields in a TEM Cell