# 제 출 문

본 보고서를 「정보통신기기 전자파장해 시험방법 개선 방안 연구」과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006. 12. 31.

연구책임자 : 김영규(전파연구소)
연 구 원 : 고홍남(전파연구소)
문준철(전파연구소)
유한상(전파연구소)

# 요 약 문

1. 과 제 명 : 정보통신기기 전자파장해 시험방법 개선방안 연구
2. 연 구 기 간 : 2006.1.1 ~ 2006.12.31
3. 연구책임자 : 김 영 규
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

| 세부내용 | 연구자 | 월별 추진계획 | | | | | | | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 가. 연구총괄 | 김영규 | | | | | | | | | | | | | |
| 나. CISPR, EN 등 국제기구의 자료수집 및 동향 파악 | 문준철 | → | → | → | | | | | | | | | | |
| o CISPR, EN 등 국제기구의 시험방법 분석 | | | | | | | | | | | | | | |
| o KN 등 국내규격 및 관련 논문 분석 | | | | | | | | | | | | | | |
| 다. ISN 및 CDN을 이용한 시험방법 연구 | 문준철 | | | | → | → | → | | | | | | | |
| o 비차폐, 평형 케이블의 시험방법 분석 | | | | | | | | | | | | | | |
| o LCL 영향 분석 | | | | | | | | | | | | | | |
| 라. 전압 및 전류 프로브를 이용한 시험방법 연구 | 고홍남<br>문준철 | | | | | | | → | → | → | | | | |
| o 동축, 차폐 케이블의 시험방법 분석 | 유한상 | | | | | | | | | | | | | |
| o 공통모드 임피던스가 시험에 미치는 영향 분석 | | | | | | | | | | | | | | |
| 마. 측정불확도 산출 및 시험방법 개선 안 마련 | 고홍남<br>문준철 | | | | | | | | | → | → | → | → | |
| o ISN, 프로브를 이용한 전도시험의 측정불확도 산출 | 유한상 | | | | | | | | | | | | | |
| o 세부 시험절차 및 시험방법 개선안 마련 | | | | | | | | | | | | | | |
| 바. 연구보고서 작성 | 문준철 | | | | | | | | | | | | → | |
| 분기별 수행진도(%) | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | |

나. 세부 과제별 추진사항

1) 통신포트의 전자파장해 시험방법에 대한 국내외 자료수집 및 동향 파악
- CISPR, EN 등 국제기구의 시험방법 분석
- KN 등 국내규격 및 관련 논문 분석

2) ISN 및 CDN을 이용한 시험방법 연구
-비차폐, 평형 케이블의 시험방법 분석
- LCL이 시험에 미치는 영향 분석

3) 전압 및 전류 프로브를 이용한 시험방법 연구
- 동축, 차폐 케이블의 시험방법 분석
- 공통모드 임피던스가 시험에 미치는 영향 분석
- 차폐물질에 대한 전자파 차폐성능 효과 측정

4) 측정불확도 산출 및 시험방법 개선 안 마련
- ISN, 프로브를 이용한 전도시험의 측정불확도 산출
- 세부 시험절차 및 시험방법 개선안 마련

※ KN(Korean Normal) : 한국 규격
※ LCL(Longitudinal Conversion Loss) : 종변환 손실
※ CDN(Coupling and Decoupling Network) : 결합 감결합 회로망

## 5. 연구 결과

1) 통신포트 전자파장해시험의 측정불확도 산출
2) 세부 시험절차 및 시험방법 개선안 마련

## 6. 기대효과

1) 국내 통신포트의 전자파장해 시험방법 개선안 제시
2) 국제규격 변화에 능동대응으로 국내 관련산업 경쟁력 강화

## 7. 기자재 사용 내역

| 시설·장비명 | 규 격 | 수량 | 용도 | 보유현황 | 확보방안 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EMI 수신기 | CISPR 22 | 1식 | 전자파 장해 시험용 | 보유 | | |
| ISN | CISPR 22 | 1식 | 전자파 장해 시험용 | 보유 | | |
| 전압프로브 | CISPR 22 | 1식 | 전자파 장해 시험용 | 보유 | | |
| 전류브로브 | CISPR 22 | 1식 | 전자파 장해 시험용 | 보유 | | |

## 8. 기타사항

없음.

# SUMMARY

This paper discussed the test method of telecommunication port in CISPR 22. CISPR 22 specifices the limits of disturbance form ITE(Information Technology Equipment), and the methods of measuring them, for the purpose of suppressing EMI. It is issued by CISPR(International Electrotechnical Commission) as an international recommendation. The third Edition of CISPR Pub. 22, issued in 1997, included the measurement of conducted disturbance at the communication ports. Since then it has been technically modified twice; the fourth Edition was issued in April 2003, and the fifth in April 2005. The principal modifications in those Editions were changes to the values of LCL(Longitudinal Conversion Loss) in the ISN(Impedance Stabilization Network). For the measurement of a balanced cable with more than three line pairs or an unbalanced communication cable, for which ISN cannot be used, we should follow the procedures presented in CIS P R22 Annex C1.3 for measuring current with a current probe(CP), and in CIS P R Annex C1.4 for measuring voltage with a capacitive voltage probe(CVP). The values of the currents and voltages shall be below the limits. However, there have been several problems in making these measurements, because the measurements are difficult and it is hard to repeat the rests exactly. Therefore we analyze any difference noise levels observed at telecommunication ports when the ISN of Edition3 is used, and those observed when the ISN of Edition4 is used, and analyze the difference.

And a proposal document, CISPR/I/153A/CD, was issued in May 2005. We investigate the method of measuring conducted disturbance to review the validity of this proposal revision for the measurement methods specified in Annex C1.3.

# 목 차

표 목 차 ····· 422
그림목차 ····· 423

제 1 장 서 론 ····· 425
제 2 장 통신포트 전자파전도 시험방법 ····· 426
제 1 절 시험기준 ····· 426
제 2 절 통신케이블에 따른 전자파전도 시험방법 ····· 426
1. ISN/CDN을 이용한 시험방법(C.1.1) ····· 427
2. 차폐표면의 150Ω의 부하를 이용한 시험방법(C.1.2) ····· 435
3. 전류 및 용량성 전압프로브의 조합에 의한 시험방법(C.1.3) ····· 437
4. 비 차폐 접지와 비 ISN 사용에 의한 시험방법(C.1.4) ····· 439
5. 각 시험방법의 장단점 및 선택흐름도 ····· 440
제 3 장 CISPR 22 개정안(CISPR/I/153/CD) 시험방법 ····· 443
제 1 절. 동상모드 임피던스 조절 ····· 443
제 2 절. 피 시험기기로부터 보조기기의 차단 ····· 445
제 3 절. 진행파의 영향 ····· 446
제 4 절. 시험방법 개정안의 허용기준 ····· 446
제 5 절. 시험방법 측정불확도 추가 ····· 448
제 4 장 측정결과 및 고찰 ····· 449
제 1 절 ISN를 이용한 시험방법 측정결과 ····· 449
제 2 절 전압프로브를 이용한 시험방법 측정결과 ····· 451
제 5 장 결 론 ····· 453
참고문헌 ····· 455

# 표 목 차

표 1-1 A급기기의 전압 및 전류 허용기준 ····· 426
표 1-2 B급기기의 전압 및 전류 허용기준 ····· 426
표 3-1 개정안의 A급기기의 전압 및 전류 허용기준 ····· 446
3-2 개정안의 B급기기의 전압 및 전류 허용기준 ····· 446
3-3 ISN을 이용한 시험방법의 측정불확도 ····· 448
3-4 전류 및 전압프로브를 이용한 시험방법의 측정불확도 ····· 448

# 그 림 목 차

그림 2-1 ISN/CDN을 이용한 시험방법 ····· 427
그림 2-2 비 차폐 단일 밸런스 페어에 사용되는 ISN 회로도 ·· 429
그림 2-3 동축케이블에 사용되는 ISN 회로도 ····· 429
그림 2-4 카타고리 3케이블의 예 ····· 430
그림 2-5 공통모드 전류와 차동모드 전류 분포 ····· 431
그림 2-6 한 쌍의 통신선 등가회로 ····· 431
그림 2-7 한 쌍의 통신선 변환 등가회로 ····· 432
그림 2-8 통신선의 LCL과 방사전계강도의 관계 ····· 432
그림 2-9 카타고리 3에 대해 Edition 3와 4의 LCL 허용기준 ·· 434
그림 2-10 카타고리 5에 대해 Edition 3와 4의 LCL 허용기준 434
그림 2-11 카타고리 6에 대해 Edition 3와 4의 LCL 허용기준 435
그림 2-12 차폐표면의 150Ω의 부하를 이용한 시험방법 ····· 435
그림 2-13 150Ω의 부하를 이용한 시험방법 등가회로 ····· 436
그림 2-14 150Ω저항과 페라이트의 결합임피던스 측정회로 ····· 437
그림 2-15 전류 및 용량서 전압프로브의 조합에 의한
시험방법 ····· 438
그림 2-16 용량성 전압프로브의 등가회로 ····· 438
그림 2-17 비 차폐 접지와 ISN 사용에 의한 시험방법 ····· 440
그림 2-18 시험방법 선택 흐름도 ····· 442
그림 3-1 시험방법 C.1.1의 등가회로 ····· 443
그림 3-2 시험방법 C.1.2의 등가회로 ····· 444
그림 3-3 시험방법 C.1.3의 등가회로 ····· 444
그림 3-4 DCN과 ISN의 차단레벨 ····· 445
그림 3-5 개정안의 C.1.3의 시험배치 ····· 447
그림 4-1 ISN에 대해 통신상태별 노이즈 레벨 ····· 449

그림 4-2 카타고리 3에 대한 ISN 비교 측정 ····· 450
그림 4-3 카타고리 5에 대한 ISN 비교 측정 ····· 450
그림 4-4 카타고리 6에 대한 ISN 비교 측정 ····· 450
그림 4-5 전압프로브에 의한 전자파 전도시험 ····· 451
그림 4-6 전압프로브에 대해 통신상태에 따른 측정값 비교 ····· 452
그림 4-7 전압프로브에 사용시 흡수클램프의 영향 분석 ····· 452

# 제 1 장. 서 론

CISPR 22는 1985년에 처음 발행되어 전원선 및 통신포트에 대한 전자파 전도시험방법과 허용기준을 제시하였다. 전원선의 경우 유럽 및 일본 등 국제적으로 1985년 이후 규제하고 있으나 통신포트에 관한 전자파전도시험은 신뢰성과 재현성이 보장되지 않아 현제까지 적용이 보류되고 있다. 국내 역시 1990년부터 전원선에 대한 전자파전도시험을 시행하고 있으나 통신포트시험은 현재까지 유예한 상태이다. 현재 통신포트 전자파전도시험방법의 문제점으로는 각기 다른 통신케이블의 공통모드 임피던스 조절에 대한 명확하지 않아 시험의 재현성이 보장되지 않는다는 점이다. 이에 대해 CISPR 22는 지속적인 연구를 통해 수차례 개정해왔으며 최근 2006년 3월에 다섯 번째 Edition이 발행되었다. 또한 2005년 4월에는 CISPR 22 개정안(CISPR/I/153/CD)이 발표되어 향후 현재의 규격보다 개선된 규격이 제시될 것으로 사료된다. 국내 역시 국제규격에 맞춰 CISPR 22 Edition 4(2003년 4월)와 Amendment 1을 혼합하여 2005년 12월에 KN 22를 개정하여 고시하였다.

CISPR 22 개정 주요 내용은 ISN의 LCL값의 허용범위의 변경이다. 따라서 CISPR 22 Edition 3와 Edition 4에서 정의한 ISN의 상호 비교시험을 통하여 이에 대한 국내 통신포트 전자파전도 시험방법의 타당성과 세부 시험방법을 마련하고자 한다. 또한 ISN을 사용하지 못하는 케이블인 경우 전압 및 전류 프로브를 이용하여 시험하는데 이럴 경우 공통모드 임피던스를 적절히 조절하여야 한다. 각 통신케이블에 대한 시험방법을 분석하고 실제 측정을 통하여 규격 개정 전후의 시험방법에 따른 시험결과를 검토하고 분석하였다.

# 제 2 장. 통신포트 전자파전도 시험방법

## 제 1 절. 시험개요 및 허용기준

통신포트의 전자파전도시험의 목적은 피시험기기가 아날로그 혹은 디지털 신호로 통신 네트워크에 연결되어 통신할 경우 방사되는 방해신호가 주변기기에 영향을 미치는지를 시험한다. 방해전압 또는 방해전류의 허용기준은 150 Ω의 전체공통모드 부하 임피던스에 대하여 규정한다. 이러한 기준은 보조기기와 피시험기기에서 규정되지 않은 전체 공통모드 임피던스에 관계없이 독립적으로 재현 가능한 측정결과를 얻기 위해서이다.

허용기준은 0.15 ㎒부터 30 ㎒에서 공통모드 방사신호를 일정 전압 혹은 전류치를 제한하고 있다. 표 1과 2는 A급기기 및 B급기기에 대한 공통모드 전압과 전류의 허용기준을 나타내고 있다.

표 1-1. A급기기의 공통모드 전압 및 전류 허용기준

| 주파수 범위 MHz | 전압 허용 기준 dB(μV) | | 전류 허용 기준 dB(μA) | |
|---|---|---|---|---|
| | 준-첨두치 | 평균치 | 준-첨두치 | 평균치 |
| 0.15 ~ 0.5 | 97 ~ 87 | 84 ~ 74 | 53 ~ 43 | 40 ~ 30 |
| 0.5 ~ 30 | 87 | 74 | 43 | 30 |

표 1-2. B급기기의 공통모드 전압 및 전류 허용기준

| 주파수 범위 MHz | 전압 허용 기준 dB(μV) | | 전류 허용 기준 dB(μA) | |
|---|---|---|---|---|
| | 준-첨두치 | 평균치 | 준-첨두치 | 평균치 |
| 0.15 ~ 0.5 | 84 ~ 74 | 74 ~ 64 | 40 ~ 30 | 30 ~ 20 |
| 0.5 ~ 30 | 74 | 64 | 30 | 20 |

## 제 2 절. 통신케이블에 따른 전자파전도 시험방법

통신포트 전자파전도시험방법은 통신케이블 형태에 따라 각기 다른 시험방법이 적용되며 각각의 시험방법에 따라 장단점을 가지고 있다. CISPR 22의 부록 C는 각각의 통신케이블에 따른 시험방법을 제시하였다. C.1.1은 ISN/CDN을 이용한 시험방법, C.1.2는 차폐표면의 150 Ω의 부하를 이용한 시험방법, C.1.3은 전류 및 용량성 전압 프로브의 조합에 의한 시험방법, C.1.4는

비 차폐 접지와 비 ISN 사용에 의한 시험방법이다. 이들 각각의 시험방법에 대한 측정기기의 배치 및 시험방법을 알아보고 규격 개정에 따라 달라진 내용을 분석하였다.

시험조건은 대표적인 LAN의 경우 전도시험의 신뢰도를 높이기 위해서는 10% 초과된 조건에서 최소 250ms 동안 이 상태를 유지하도록 해야 하며 시험 트래픽의 범위는 실제적인 형태의 데이터 전송을 시뮬레이션 하기 위해서 주기적인 의사 랜덤 메시지로 구성되어야 한다. 만약 LAN이 절전상태에서도 전송을 유지한다면 이 기간 동안에도 측정되어야 한다.

## 1. ISN/CDN을 이용한 시험방법(C.1.1)

ISN/CDN을 이용한 시험방법은 비 차폐 단일 또는 복수의 평형 쌍선에 대해 시험한다. 비 차폐 단일 또는 복수의 평형 쌍선이라 함은 보통 UTP케이블을 의미하며 ISN을 사용하는 경우 UTP 케이블에 따른 LCL(Longitudinal Conversion Loss) 값을 만족하여야 한다. 만일 다른 형태의 케이블인 경우 KN61000-4-6에서 기술한 CDN을 사용할 수 있다. CDN의 LCL은 시험 대상품에 연결된 케이블 카테고리에 적당한 ISN의 최소 오차 값을 초과하면 안된다. 이 시험방법은 적은 측정불확도를 가지는 가장 좋은 측정결과를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

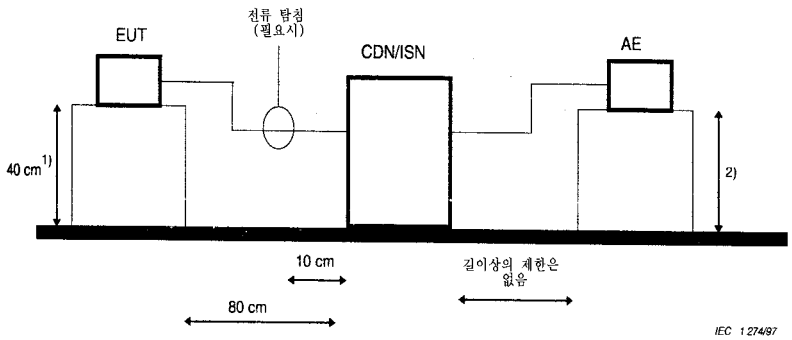



그림 2-1. ISN/CDN을 이용한 시험방법

그림 1은 ISN/CDN을 이용한 시험방법의 배치이다. 먼저 CDN/ISN을 기준면에 직접 연결한다. 그림에서 1)의 피시험기기는 접지 면으로부터 40cm 높이에 위치하며 2)의 보조기기의 높이는 관계없다. 그리고 피시험기기와 ISN/CDN는 80cm 간격을 유지하여야 하며 만약 전류 프로브를 사용할 경우 ISN/CDN으로부터 10cm 거리에서 측정하여야 하며 피 시험기기와

ISN/CDN의 거리는 관계없다. CDN/ISN의 측정 포트에서의 전압을 측정하고 전압 분배 요인을 고려하여 측정값과 허용기준과 비교한다. 전압분배요인이란 전압특정포트에 제공된 ISN의 전압 분배 인자이며 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{전압분배인자} = 20\log_{10}\left|\frac{v_{cm}}{v_{mp}}\right| dB$$

Vcm은 ISN곁의 피시험기기에 존재하는 공통모드 임피던스에 발생하는 공통모드 전압이고, Vmp는 전압측정포트에서 직접 측정한 수신기 전압이다. 전압분배인자는 전압측정포트에서 직접 측정한 수신기 전압에 추가해야 하고 그 결과를 전압허용기준과 비교하여 적용한다. 전압분배인자의 정밀도는 1 dB 이내여야 한다.

가. ISN(Impedance Stability Network)의 특성

(1) 주파수 범위 0.15 MHz ~ 30 MHz에서 공통 모드 종단 임피던스는 150 Ω±20 Ω, 위상 각 0° ±20° 이어야 한다.

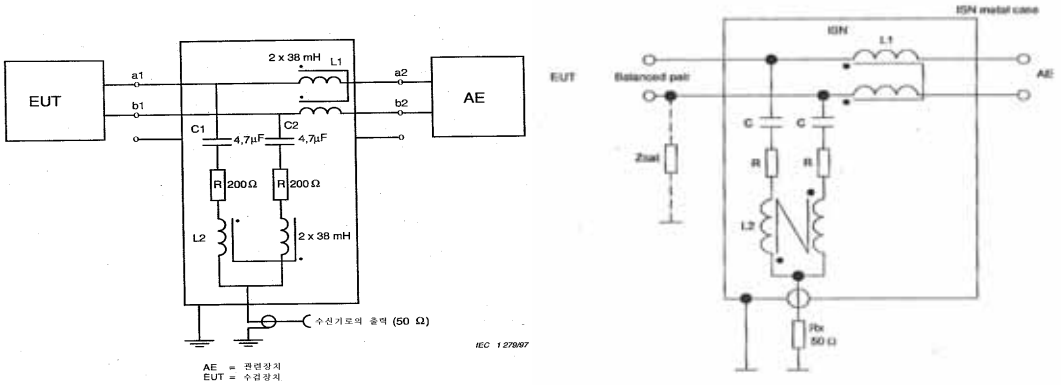
(2) ISN은 보조기기 혹은 통신포트와 연결된 부하로부터 충분한 격리가 있어야 한다. 보조기기로부터 발생된 공통모드전류나 전압으로 인해 ISN의 감쇠는 측정기의 입력 단에서 측정되어야하며 허용기준보다 10dB 이하이여야 한다. 적정 격리는 다음과 같아야한다.

150 kHz ~ 1.5 MHz > 35 dB ~ 55 dB
1.5 MHz ~ 30 MHz > 55 dB

(3) 원하는 주파수 밴드에서 ISN으로 인해 발생한 신호 감쇠 왜곡이나 신호품질의 악화는 피시험기기의 정상 동작에 중요한 영향을 주지 말아야 한다.

나. ISN의 회로 변경 및 추가

CISPR 22의 Edition 3에서 제시된 ISN은 실제 시험한 경우 거의 모든 제품이 허용기준을 초과하는 현상이 나타났다. 그 원인으로는 케이블의 해당 LCL값을 조절하지 않았기 때문이다. 따라서 Edition 4에서는 ISN의 LCL값을




a)Edition 3에서 제시한 ISN 회로 b)Edition 4에서 제시한 ISN 회로

그림 2-2. 비 차폐 단일 밸런스 페어에 사용되는 ISN 회로도

조절할 수 있도록 변경하였다. 그림 2의 a)는 Edition 3에서 제시한 ISN 회로이고 b)는 Edition 4에서 제시한 ISN 회로이다. 그림 b)에서 Zcat을 이용하여 LCL값을 조절하도록 하여 UTP케이블의 종류에 따라 주파수에 대한 정의된 LCL값을 설정하여 주어야한다. 그리고 그림 3은 동축케이블에 사용되는 ISN의 회로의 구조도이며 Edition 4에서 이를 추가하였다.

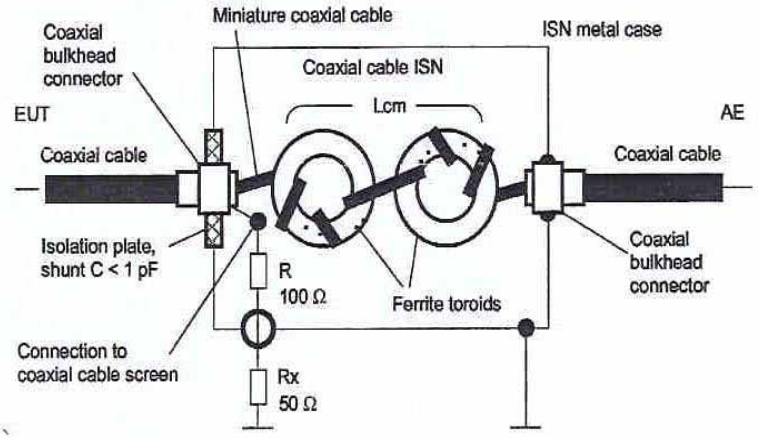



그림 2-3. 동축케이블에 사용되는 ISN의 회로도

다. LCL(Longitudinal Conversion Loss)

LCL은 꼬여진 한 쌍의 선이 얼마나 밸런스가 잘 이루어졌나를 알아보고 외부 신호들로부터 노이즈를 제거할 수 있는 케이블의 성능을 알아보는 기준이며 케이블이 주어진 환경에서 전자기적 방사를 얼마나 제한하는지를 측

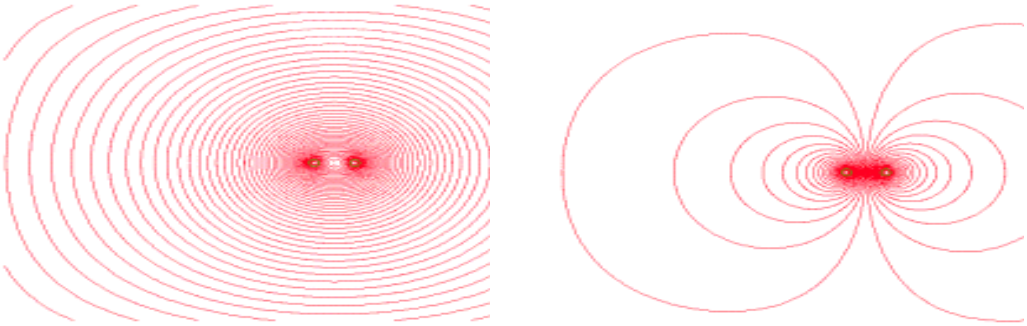
정하게 된다. 구조화된 케이블링은 전기적 노이즈 환경에서 적용되어 네트워크 속도를 증가시키게 되므로 케이블 밸런스는 매우 중요하다. 현대 산업에서는 높은 속도로 컴퓨터 네트워크가 이루어지므로 케이블 밸런스는 전기적으로 매우 중요한 파라메타이다. 카타고리 5e 혹은 6의 UTP 케이블과 같은 평형 쌍선은 노이즈나 혼신 뿐 만아니라 방사의 내성을 개선하기위해 꼬여있다. 이러한 케이블은 각 쌍에 대해 2개선의 임피던스는 접지 면과 밸런스를 이루도록 설계되었다. 원하지 않는 노이즈와 혼신은 스위치 혹은 네트워크 아답터에서 한 쌍의 전도체와 결부되고 차동 수신기의 신호를 차감하게 된다. 실제로 쌍선은 완전하게 밸런스를 이루지는 못한다. 따라서 수신기는 때때로 모든 노이즈를 제거할 수 없어 에러를 발생시키고 네트워크 안정성을 떨어뜨리게 된다. 그림 4는 UTP케이블 예로 카타고리 3케이블이다.

그림 2-4. 카타고리 3 케이블

좋은 밸런스를 가지는 통신선은 공통모드 신호를 얼마나 감소시키는가에 따라 달려있다. 공통모드 신호는 선의 전도체들 사이의 거리가 선과 접지와의 거리보다 작기 때문에 발생하는 공중선 주위의 전자기 필드가 주된 원인으로 발생한다. 차동모드 신호의 경우 위상차는 180도 이고 크기는 같으므로 두 전도체에 의해 발생되는 전계는 서로 상쇄하려는 경향을 갖는다. 이러한 LCL 측정은 네트워크 아날라이져를 사용하여 측정되는데 한 쌍의 선들 사이에 차동모드 신호를 인가한 후 쌍선과 접지 사이의 공통모드 신호를 검출하여 측정하게 된다. LCL은 차동모드신호와 공통모드신호의 비로 계산되어지며, dB로 표현되고, 그 값이 높을수록 좋은 밸런스를 가진다고 하겠다.

그림 4는 통신선으로부터 방사되는 차동모드 신호와 공통모드 신호이다. 그림 a)는 통신선으로부터 방사되는 공통모드 전류를 나타내며 그림2는 차동모드전류를 나타낸다. 공통모드와 차동모드의 전류크기는 같으며 두선간의 전

계강도 차이 역시 같다. 그림 b)는 차동모드 전류가 발생하는 원인은 전도체 간의 거리 때문이다. 만약 두 선간에 완벽한 밸런스가 이루어지지 않았다면 크기와 위상의 차이로 인해 공통모드 신호가 발생하게 된다.



a) 공통모드 전류　　b) 차동모드 전류

그림 2-5. 공통모드 전류와 차동모드 전류 분포

이러한 현상은 LCL을 계산함으로써 그 영향이 얼마나 미치는지를 알 수 있다. LCL의 정의는 ITU-T의 G.117에 나타나있다. 그림 6은 LCL의 계산하기 위한 회로 구조로서 한 쌍의 통신선에 대한 등가회로이다.

그림 2-6. 한 쌍의 통신선의 등가회로

이때 LCL 계산은 다음의 식에 의해 계산된다.

$$LCL = 20log_{10}\left|\frac{E_L}{V_T}\right| \quad [\mathrm{dB}]$$

그림 2-7. 한 쌍의 통신선의 변환 등가회로

그림 7은 그림 6의 변환 등가회로이다. Zc는 소스 임피던스이고 Z1+Z2는 차동모드 임피던스이다. 그리고 공통모드 임피던스는 Z1과 Z2의 병렬저항 + ZL 로서 접지 면과 공통모드 신호의 임피던스이다.

그림 8은 LCL과 방사 전계강도사이의 관계를 나타내는 그래프이다. 그래프는 방사 전계강도와 LCL은 반비례적으로 나타남을 알 수 있다. LCL값이 클수록 방사되는 전계강도가 작으며 보다 좋은 밸런스를 가진다고 할 수 있겠다.

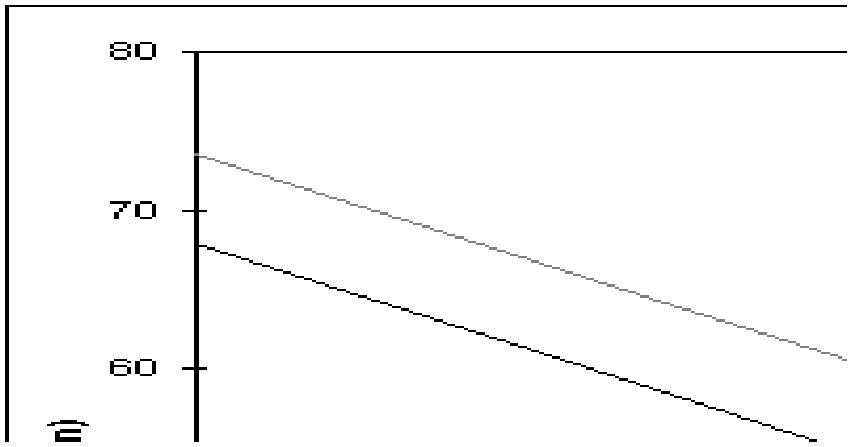



그림 2-8. 통신선의 LCL과 방사 전계강도의 관계

라. CISPR 22의 ISN에 대한 LCL 정의

CISPR 22는 개정과정에서 가장 주목할 부분은 ISN의 LCL의 정의를 변화시켰다는 점이다. 본 연구에서는 1997년의 Edition 3과 2003년 Edition 4를 비교하였다. Edition 3에서 LCL 정의는 전체주파수에서 허용오차를 계산하였지만 Edition 4이후에는 각각의 주파수에 대해 LCL을 계산함으로써 보다 정확성 시험이 이루어지게 되었다.

(1) CISPR22 Edition 3의 LCL정의

(가) UTP케이블의 카타고리 3의 LCL 허용한계는 다음과 같다.

150 *KHz*~1.5 *MHz* : 50 *dB*±3 *dB*

1.5 *MHz*~30 *MHz* : (50 *dB*~25 *dB*) ± 3*dB*

(나) UTP케이블의 카타고리 5의 LCL 허용한계는 다음과 같다.

150 *KHz*~1.5 *MHz* : 60 *dB*±3 *dB*

1.5 *MHz*~30 *MHz* : (60 *dB*~35 *dB*) ± 3*dB*

(다) 기타 UTP케이블의 LCL 허용한계는 다음과 같다.

150 *KHz*~1.5 *MHz* : 80 *dB*±3 *dB*

1.5 *MHz*~30 *MHz* : (80 *dB*~55*dB*)±3 *dB*

(2) CISPR22 Edition 4의 LCL정의

(가) UTP케이블의 카타고리 3의 LCL 허용한계는 다음과 같다.

$$LCL(dB) = 55 - 10\log_{10}\left[1+\left(\frac{f}{5}\right)^2\right]dB \quad (\pm 3dB)$$

(나) UTP케이블의 카타고리 5의 LCL 허용한계는 다음과 같다.

$$LCL(dB) = 65 - 10\log_{10}\left[1+\left(\frac{f}{5}\right)^2\right]dB$$

(± 3 dB for f 〈 2 MHz, -3 dB / +4.5 dB for 2 MHz ~ 30 MHz)

(다) UTP케이블의 카타고리 6에 대한 LCL 허용한계는 다음과 같다.

$$LCL(dB) = 75 - 10\log_{10}\left[1+\left(\frac{f}{5}\right)^2\right]dB$$

(± 3 dB for f 〈 2 MHz , -3 dB / +6 dB for f 2 MHz ~ 30 MHz)

CISPR22는 Edition4로 개정하면서 통신케이블 종류에 따른 LCL값을 다음 그림과 같이 변경하였다.

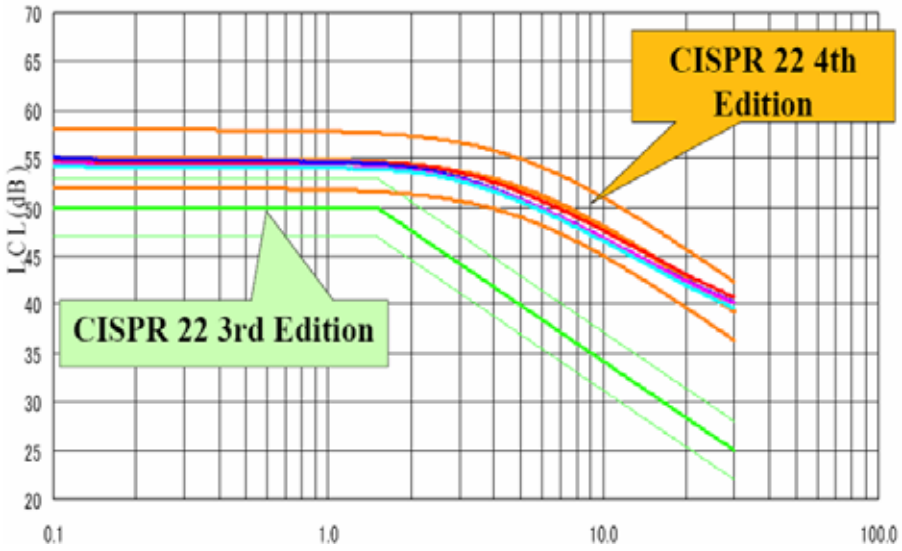



그림 2-9. 카타고리 3에 대해 Edition 3와 4의 LCL값

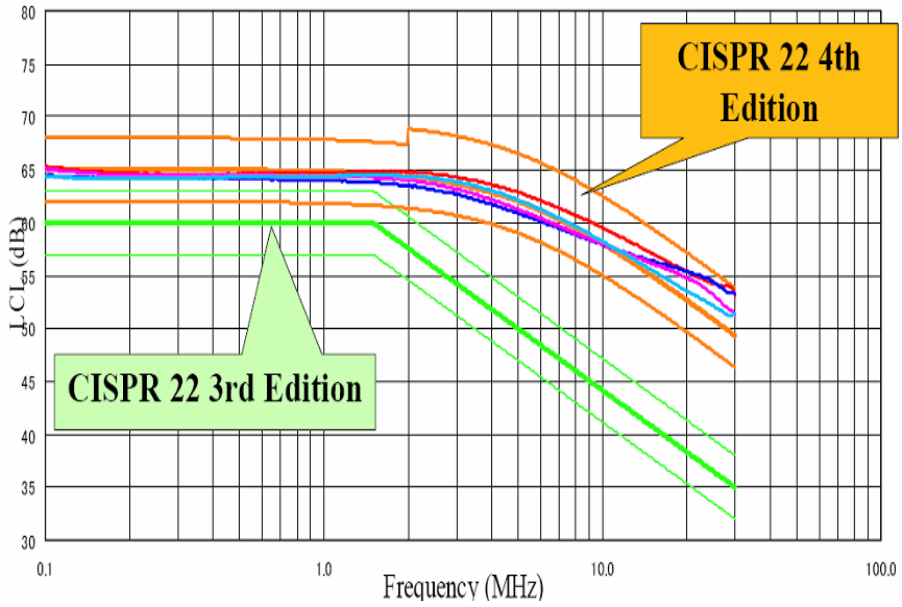



그림 2-10. 카타고리 5에 대해 Edition 3와 4의 LCL값

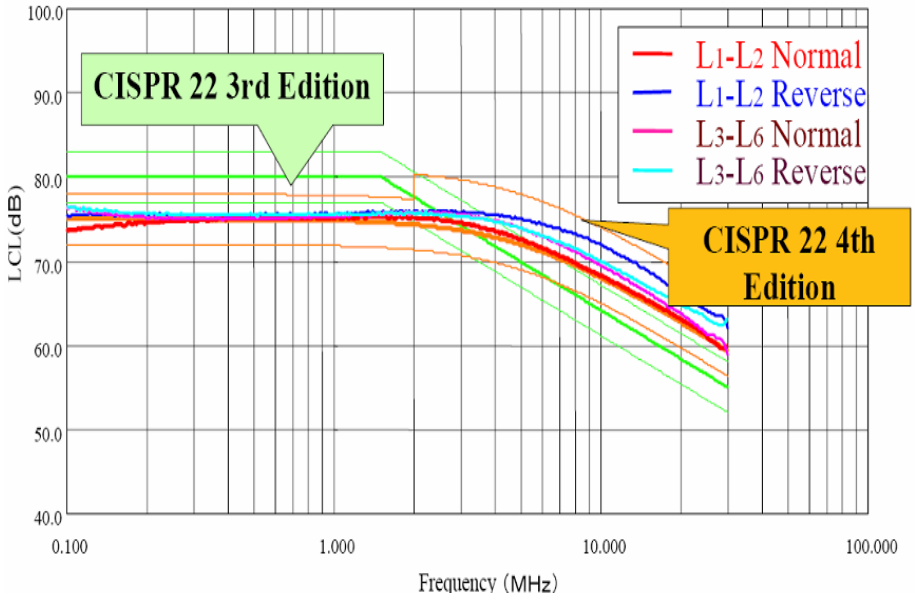



그림 2-11. 카타고리 6에 대해 Edition 3와 4의 LCL값

## 2. 차폐표면의 150 Ω의 부하를 이용한 시험방법(C.1.2)

차폐표면의 150 Ω의 부하를 이용한 시험방법은 모든 종류의 동축 케이블 및 차폐된 다중 쌍 케이블에 대한 시험방법이다. 그림 9와 같이 동축 및 차폐케이블의 차폐된 금속 표면부에 절연을 제거하고 접지 면에 대해 차폐면의 밖에 150 Ω 저항을 연결하고 150 Ω과 보조기기 사이에는 페라이트나 클램프를 연결하여 시험한다.

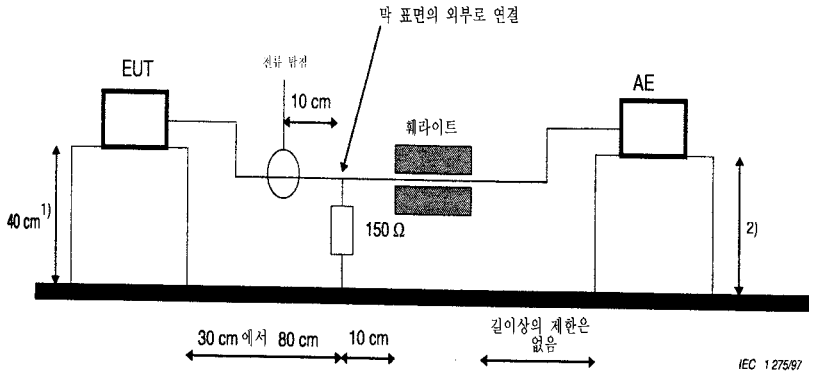



그림 2-12. 차폐표면의 150 Ω의 부하를 이용한 시험방법

전류 프로브를 이용하여 피시험기기에서 전도되는 방해전류를 측정하고 전류 허용한계에 만족하는지 시험한다. 만약 그림과 같은 시험배치에서 전압을

측정하기 위해서는 높은 임피던스의 프로브를 갖는 150 Ω 저항과 IEC 61000-4-6에서 정의한 50 to 150 Ω 어댑터를 병렬로 연결하여 측정할 수 있다. 측정된 전압은 적당한 보정 인자를 적용하여야 하며 50 to 150 Ω 어댑터의 보정인자는 9.6dB이다.

가. 페라이트 요구조건

그림 10은 150 Ω을 이용한 시험방법의 등가회로를 나타낸다. 150 Ω 저항의 오른쪽 부분의 공통모드 임피던스는 측정에 영향을 미치지 않을 만큼 충분히 커야 한다. 이것은 150 Ω과 $Z_{ferrite,}$ Z보조기기$_{cm}$의 결합임피던스가 충분히 커야함을 의미한다. 150 Ω 공통모드 임피던스에 대한 허용치는 0.15 MHz에서 30 MHz의 주파수 범위에서 ± 20 Ω이 넘지 않아야 한다. 따라서 150 Ω 저항과 병렬인 $Z_{ferrite}$ 와 Z보조기기$_{cm}$의 직렬 임피던스는 130 Ω보다 작아서는 안 된다. 즉 이러한 관계는 $Z_{aecm}$값과는 무관하게 유지되어야 함을 의미한다.

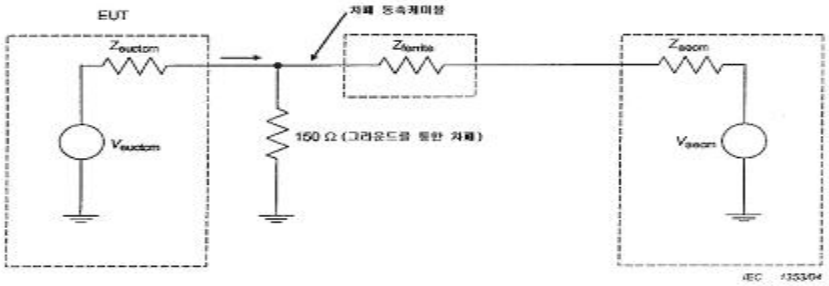



그림 2-13. 150 Ω을 이용한 시험방법 등가회로

페라이트의 임피던스 특성을 설정하기 위해서는 $Z_{aecm}$ = 개방회로, $Z_{ferrite}$ = 단락회로 라는 두 가지 경우가 고려되어야 한다. 만약 이러한 요구를 만족할 수 있도록 페라이트가 선택될 수 있다면 $Z_{aecm}$ 임피던스는 어떠한 값도 수용될 수 있을 것이다.

- $Z_{aecm}$ = 개방 회로 일때

$Z_{ferrite}$ 와 $Z_{aecm}$의 결합된 직렬 임피던스는 또한 개방회로이다. 150 Ω 부하와 병렬인 개방회로는 150 Ω이다. $Z_{ferrite}$는 어떠한 값도 무방하다.

- $Z_{aecm}$ = 단락 회로 일때

$Z_{ferrite}$ 와 $Z_{aecm}$의 결합된 직렬 임피던스는 $Z_{ferrite}$와 같다. 150 Ω저항 병렬인 저항은

$$[(150)(Z_{ferrite})]/(150 + Z_{ferrite}) \geq 130\ \Omega$$

되어 $Z_{ferrite}$ 임피던스의 해답은 1000 Ω으로 산출된다. 이것은 페라이트가 0.15 MHz에서 30 MHz 까지 전체적으로 걸쳐서 1000 Ω이라는 최소 임피던스를 가져야한다는 것을 의미한다. 주어진 페라이트의 설정값을 위해서 최소 임피던스(jωL)는 0.15 MHz의 최소 주파수에서 발생하는 것이다. 따라서 위의 두 가지 경우를 종합해보면 0.15 MHz에서 $Z_{aecm}$ = 단락회로 일 때 페라이트 임피던스에 대한 최소 요구조건을 설정함을 보여준다.

그림 11은 공통모드 임피던스 값을 설정하기 위해 페라이트의 위치가 적당한가를 시험하는 배치도이다. 임피던스메타는 Z와 기준접지 사이의 임피던스를 측정하기 위해 사용되어지며 다른 접근 방법으로 I와 V점에서 각각의 전압과 전류를 측정하고 임피던스를 계산한다. 임피던스 측정을 위한 최소한의 방법은 0.15 MHz에서 측정한다. 그러나 페라이트와 동축 케이블과 연계된 부유용량(stray capacitance)이 페라이트 임피던스 값을 감소시킬 수 있으므로 0.15 MHz에서 30 MHz 사이의 전체 주파수 범위에 걸쳐 임피던스를 측정하여야 한다. 케이블이 페라이트를 통과하는 배치방법은 다양하게 나타나게 되어 부유용량의 변화를 초래하게 된다. 따라서 시험기관에서는 주파수별 기준 임피던스 값을 보유하여야한다.

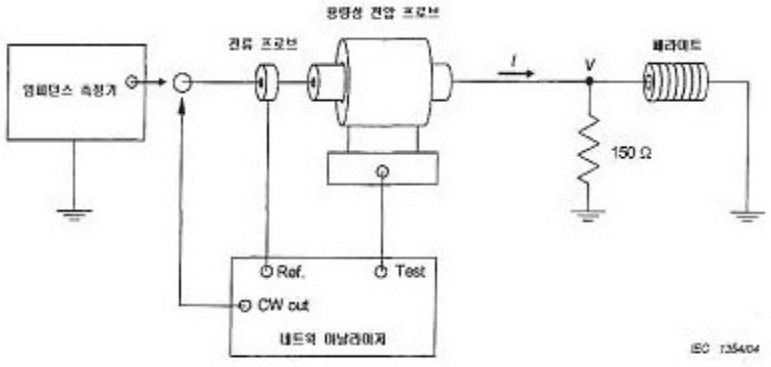



그림 2-14. 150 Ω과 페라이트의 결합임피던스 측정 회로

## 3. 전류 및 용량성 전압 프로브의 조합에 의한 시험방법(C.1.3)

전류 및 용량성 전압 프로브의 조합에 의한 시험방법(C.1.3)과 비 차폐 접지와 비 ISN 시험방법(C.1.4)은 다중선에 대한 시험방법으로 그림 12와 같다. 이러한 시험방법은 전류 및 전압 프로브를 동시에 사용하여 전류와 전압

값을 측정하며 측정된 값은 허용기준에 만족하여야한다. 이 시험방법은 모든 형태의 케이블에 비 삽입 형태로 적용할 수 있는 장점이 있으나 피시험기기에서 보조기기 접속점을 보았을 때의 전체공통모드 임피던스가 150 Ω 이 아니라면 일반적으로 너무 높은 결과 값이 나타난다. 그리고 피시험기기와 보조기기 사이의 케이블 길이가 1.25 m 이하일 때 가장 낮은 불확도를 갖는 장점이 있으나 특별히 긴 케이블들은 전압과 전류 측정에 역으로 영향을 주는 정재파 영향을 받을 수 있다.

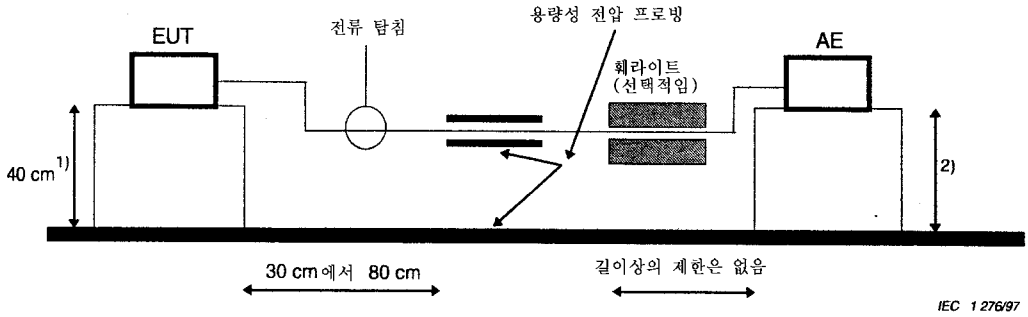



그림 2-15. 전류 및 용량성 전압 프로브의 조합에 의한 시험방법

가. 용량성 전압 프로브

그림 13은 용량성 전압 프로브의 등가회로이다. 전체 공통모드 임피던스의 편차는 주파수 범위 0.15 MHz에서 30 MHz 사이에서 150 ± 20 Ω 이다. 만약 용량성 전압 프로브의 전체 공통모드 임피던스를 120 Ω 으로 줄인다면 시험 대상품의 포트에 부착된 케이블에 대한 용량성 전압 프로브의 용량 값은 30 MHz에서 5 pF이하일 것이다. 30 MHz에서 5 pF는 거의 -j1.062 Ω 이며 이것은 150 Ω 과 평행하게 거의 148 Ω 의 조합된 전체공통모드로 작용할 것이다.

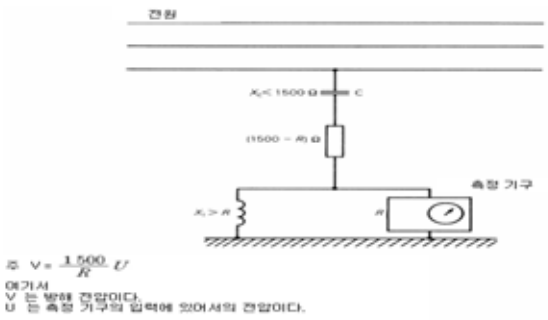



그림 2-16. 용량성 전압 프로브의 등가회로

용량성 전압 프로브의 구성에는 2가지의 접근 방법이 있다. 어느 편의 접근 방식이든 150 Ω 의 전체공통모드 임피던스가 존재한다면, 시험 대상품의 포트에 부착된 케이블에 대한 용량성 전압 프로브의 용량 값은 150 Ω 의 전체 공통모드 임피던스와 평행한 부하로써 나타날 것이다.

용량성 전압 프로브의 구성에 대한 첫 번째 접근은 피시험기기의 포트에 부착된 케이블로부터 5 pF이하의 부하성분을 얻기 위한 물리적 거리에 의존하는 단일 소자로써 프로브를 가지는 것이다.

용량성 전압 프로브의 구성에 대한 두 번째 접근은 피시험기기의 통신포트에 부착되는 케이블에 가까이 접근하는 용량성 결합 장치를 사용한다. 5 pF 이하의 프로브 용량과 10 MΩ이상의 임피던스를 가지는 오실로스코프형 전압 프로브는 용량성 결합 장치와 직렬로 놓인다. 용량성 결합장치의 용량과 직렬인 프로브 용량이 시험대상품의 포트에 부착되는 케이블에 대한 프로브 용량으로 존재 할 것이다. 실제로 용량성 결합 장치의 크기가 주어진다면 프로브 용량과 평행하게 큰 부유용량을 가지는 것이 가능하다. 이러한 경우 전체 용량성 부하는 프로브 자체의 그것보다 더욱 클 것이며 5pF이하의 부하를 가져야 한다는 규정은 무시될 것이다.

용량측정은 150 kHz에서 30 MHz 의 주파수 대역에서 동작하는 어떠한 용량 측정기로도 측정 될 수 있다. 용량은 시험대상품의 포트에 부착되는 케이블과 기준 접지면 사이에서 측정된다. 전도 방사 시험에서 사용되어지는 모든 같은 형태의 게이블이 이 용량 측정을 위해 사용되어져야 한다.

## 4. 비 차폐 접지와 비 ISN 사용에 의한 시험방법(C.1.4)

시험방법 C.1.3과 c.1.4는 비 삽입 시험방법으로 논란의 여지가 가장 많은 시험방법이다. 가장 큰 문제점으로 시험의 재현성을 갖기 위해 공통모드 임피던스를 어떻게 조절하느냐는 점이다. CISPR 22 Edition 4까지는 이러한 문제점에 대한 언급이 없었으나 최근 발행된 CISPR 22 Edition 5(2006년 3월)에서 이러한 문제점을 해결하기위한 새로운 시험방법이 제시되었다. 새롭게 제시된 시험방법은 정확한 공통모드 임피던스 얻기 위해 기준 공통모드 임피던스를 설정한 후 전압 및 전류 값을 측정함으로써 시험의 재현성을 향상시켰다.

측정절차는 먼저 C.1.3의 방법으로 측정하여 측정 결과가 허용기준 보다 높은 결과가 나온 경우 보다 정밀한 시험을 하기위해 각각의 주파수에 대해 C.1.4의 시험방법으로 재 측정한다. 그림 14는 기준 공통모드 임피던스를 측정하기위한 시험배치이다. 피시험기기에서 방출하는 주파수에서 케이블,

페라이트, 보조기기의 공통모드 임피던스를 기록한다. 페라이트의 위치는 공통모드 임피던스가 $150\Omega \pm 20\Omega$일 때까지 조정하고 그 위치는 기록하고 이 위치에서 전류 프로브를 이용하여 페라이트는 공통모드 전류를 측정한다. 그림 14에서 드라이브 프로브는 눈금 조정을 통해 공통모드 임피던스를 확인하는데 사용된다.

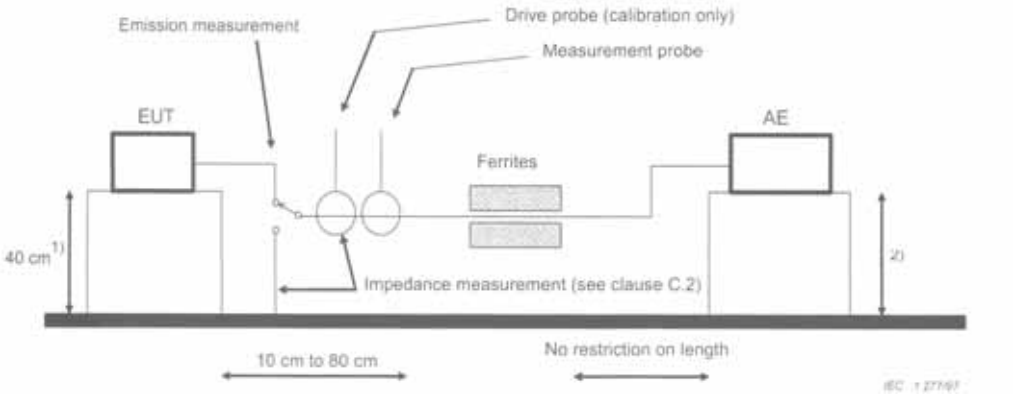



그림 2-17. 비 차폐 접지와 비 ISN 사용에 의한 시험방법

## 5. 시험방법별 장단점 및 선택 흐름도

가. 각 케이블에 대한 시험방법의 장단점

(1) ISN을 이용한 시험방법(C.1.1)

- 장점
  - 가장 적은 측정 불확도를 가짐
  - LCL(종방향 변환손실)을 고려되어야 함
- 단점
  - 모든 경우에 적용할 수 없음
  - 각기 다른 종류의 ISN/CDN의 많은 개수가 필요함
  - 보조기기의 대칭 신호에 대하여 ISN에 의한 절연은 제공되지 않음

(2) 차폐표면의 부하를 이용한 시험방법(C.1.2)

- 장점
  - 비 삽입 방법
  - 차폐 및 동축케이블에만 적용할 수 있음
  - 높은 주파수에 대한 적은 측정 불확도를 가짐
- 단점
  - 낮은 주파수에 대하여 측정 불확도 증가(1MHz이하)
  - 케이블의 절연 파괴가 필요함

· C.1.1과 비교하여 보조기기쪽에서 기인한 방해파에 대항하는 절연능력의 감소

(3) 전류 및 용량성 전압 프로브의 조합에 의한 시험방법(C.1.3)

- 장점

· 비 삽입 방법

· 모든 케이블에 적용할 수 있음

· 세밀하고 정확한 측정이 가능함

- 단점

· 만약 공통모드 임피던스가 150 Ω 기준값과 다르다면 잘못 측정이 될 수 있음

· 주파수와 임피던스의 어떤 극한 조건에 대해서는 불확도가 증가함

(4) 비 차폐 접지와 비 ISN 사용에 의한 시험방법(C.1.4)

- 장점

· 비 삽입 방법

· 적은 측정 불확도를 가짐

- 단점

· 모든 케이블에 적용할 수 없음

· 각 측정 주파수에 대한 페라이트의 개별적 조정하므로 많은 시간 소요됨

나. 시험방법 선택 흐름도

그림 2-18은 통신포트에 대한 전자파전도 시험방법을 선택하기 위한 흐름도로서 각각에 케이블에 대해 그림과 같은 프로세서로 선택하여 시험하여야 한다.

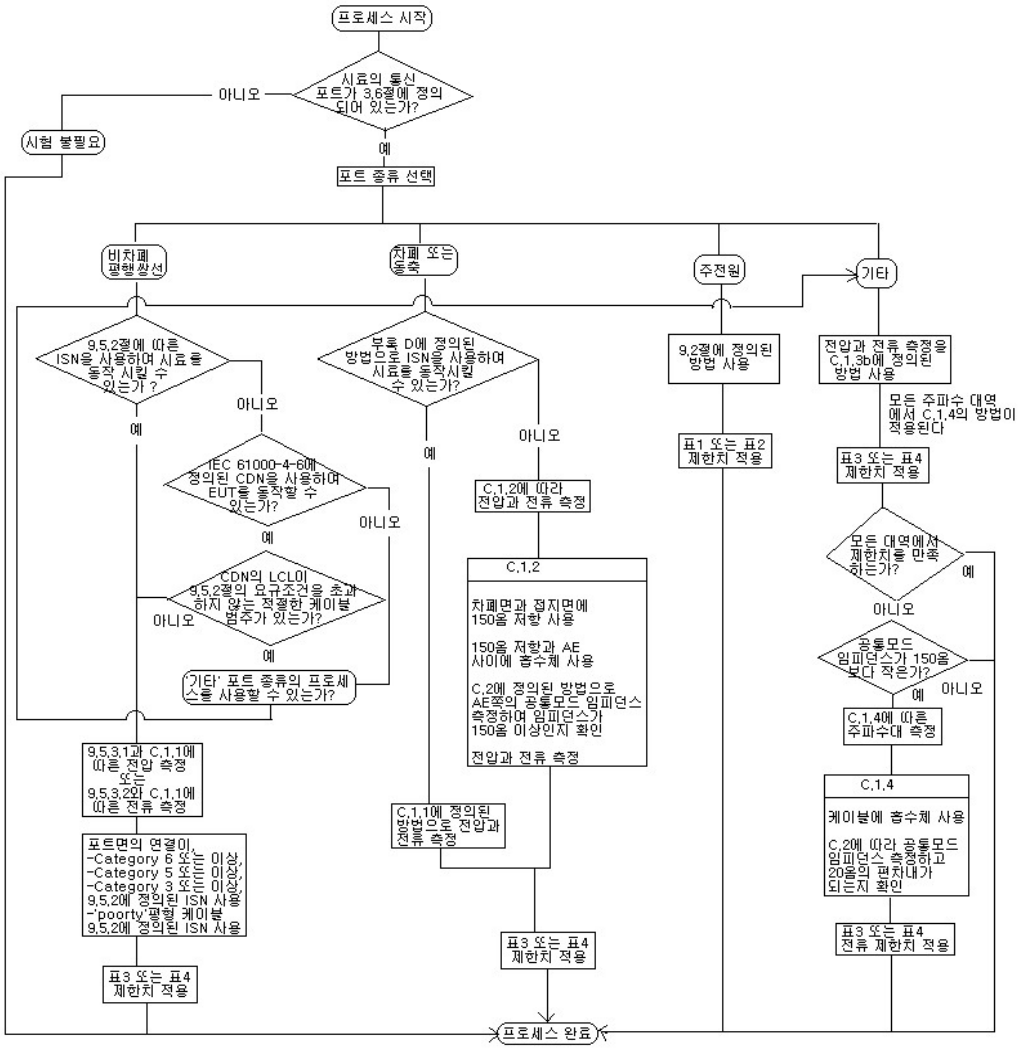



그림 2-18. 시험방법 선택 흐름도

# 제 3 장. CISPR 22 개정안 시험방법

2005년 4월에 비 삽입 통신포트 전도시험방법에 대한 CISPR 22 개정안(CISPR/I/153/CD)이 발표되었다. CD 문서의 주요내용은 비 삽입 시험방법에 대한 동상모드 임피던스 조절, 피 시험기기로부터 보조기기의 고립, 정상파의 영향, 허용기준에 대한 측정의 평가 등을 고려하여 CISPR 22의 시험방법의 C.1.4를 삭제하고 C.1.3을 개선한 측정법이 제시하였다.

## 제1절. 동상모드 임피던스 조절

시험방법 C.1.1과 C.1.2의 시험방법은 그림 16 및 17과 같이 150 Ω의 물리적으로 공통모드 종단 임피던스를 삽입하였다. 현제 CISPR 22에서는 보조기기로부터 전도된 공통모드 신호방사는 차단하고 ISN의 RF포트에서 피시험기기로부터 방사된 신호만을 검출하게 고안되었다. 만약 보조기기로부터 공통모드 신호가 방사되어 케이블을 통해 ISN으로 인가된다면 ISN은 강제적으로 신호를 차단한다. 그러나 이미 ISN 내부로 인가되었다면 ISN의 내부 회로에서 불평형이 발생될 때까지 차동모드신호에서 공통모드신호의 변환은 이루어지지 않을 것이다. 이러한 현상은 ISN의 내부 회로의 분포정수소자의 특성 때문이며 이러한 경우 ISN에 인가되는 신호가 피 시험기기에서 오는지 아니면 보조기기에서 오는지를 확인할 방법이 없다. 그러나 ISN의 피시험기기쪽 RF포트에서 발생되는 신호와 보조기기에서 발생되는 신호를 비교하여 피상전력의 상대크기와 위상을 측정한다면 어느 쪽에서 오는 신호인지를 명확히 알 수 있을 것이다. 이러한 피상전력은 전압 및 전류 프로브에 의해 측정된 전압 및 전류 값을 계산하여 얻을 수 있다.

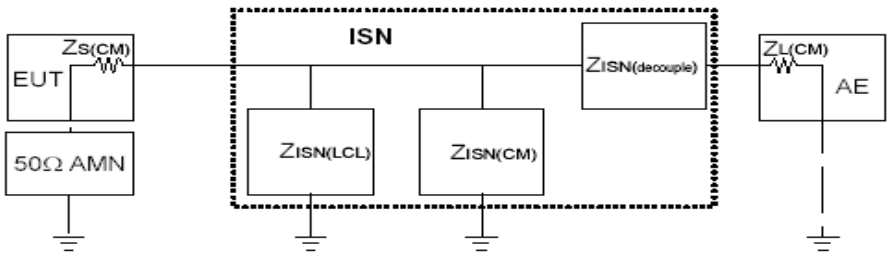



그림 3-1. 시험방법 C.1.1의 등가회로

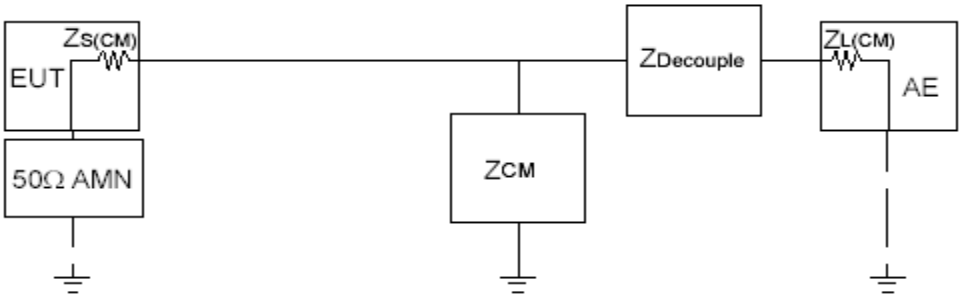



그림 3-2. 시험방법 C.1.2의 등가회로

그림 18은 시험방법 C.1.3에 대한 등가회로이다. CISPR 22의 Edition 4에서는 시험방법 C.1.3에 대해 그라운드의 공통모드 임피던스나 LCL의 정의하지 않았다. 그리고 C.1.4는 페라이트 디커플링 임피던스($Z_{Decouple}$)를 사용하였을 때 각각의 주파수에서 150 Ω의 공통모드 임피던스를 조절하도록 요구하고 있다. 그러나 이것은 비현실적이며 거의 불가능한 일이다. 실제구성에서 통신포트의 공통모드 임피던스는 거의 10 Ω에서 1000 Ω 사이에서 다양하게 나타난다. 비 삽입 방법으로 시험할 경우 이러한 변화는 항상 존재한다. 따라서 공통모드 전압 혹은 전류의 허용기준을 공통모드 임피던스의 기준값 150 Ω에 의해 비교하는 것은 잘못된 결과를 초래한다.

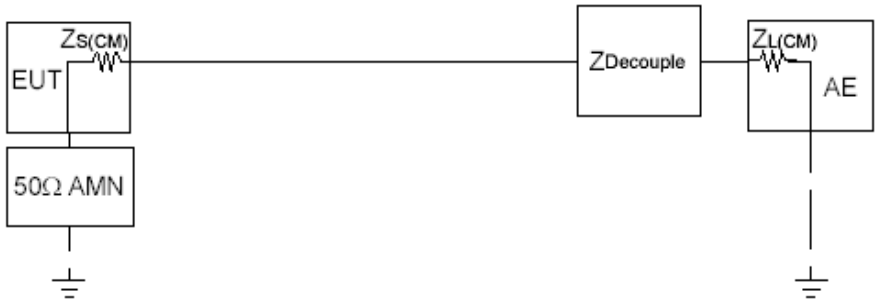



그림 3-3. 시험방법 C.1.3의 등가회로

그러나 전압과 전류 모두 측정된 값을 얻었다면 측정 포인트에서 공통모드 임피던스를 계산할 수 있다. $I^2R$과 방사손실들에 관계없이 공통모드 신호의 피상전력은 케이블의 전체길이에 따라 일정하다. 그러므로 기준이 되는 공통모드 피상전력을 결정할 수 있으며 전압과 전류 허용기준으로부터 피상전력의 허용기준을 얻을 수 있다. 따라서 피상전력의 허용기준을 적용하게 되면 150 Ω의 공통모드 임피던스를 조절할 필요가 없게 된다.

다음의 공식은 피상전력의 허용기준을 산출한 공식이다.

$$Limit_{(dBpVA)} = \frac{VoltageLimit_{(dB\mu V)} + CurrentLimit_{(dB\mu A)}}{2} = 10log_{10}[10^{\frac{VoltageLimit_{0dB\mu V)}}{20}} \times 10^{\frac{CurrentLimit_{0dB\mu A)}}{20}}]$$

따라서 측정된 전압과 전류의 피상전력(S)은 다음의 공식에 의해 얻을 수 있다.

$$S_{(dBpVA)} = \frac{Voltage_{measured(dB\mu V)} + Current_{measured(dB\mu A)}}{2}$$

## 제2절. 피 시험기기로부터 보조기기의 차단

ISN의 규격은 피 시험기기에서 보조기기사이가 적어도 35dB이상의 차단레벨이 있어야한다. 페라이드 튜브 디커플링 네트워크(DCN)는 이정도의 차단레벨을 제공할 수 없다. 그림 17은 DCN과 ISN의 차단레벨을 나타내고 있다.

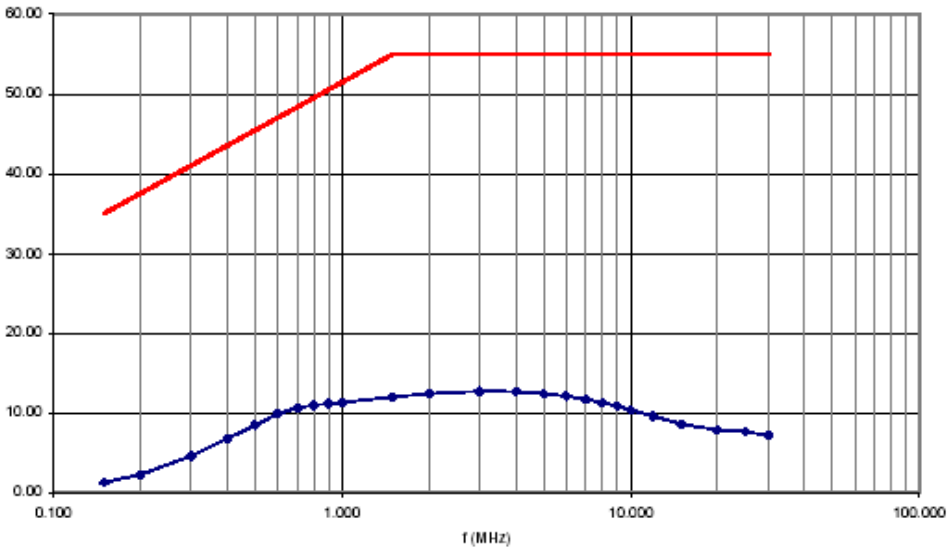



그림 3-4. DCN과 ISN 차단레벨

DCN는 측정하기 위한 신호를 감쇠시킬 수 있으므로 주의 있게 사용하여야 한다. 그러므로 비 삽입 측정방법에 있어 신호의 측정은 피시험기기와 보조기기의 조합이 잘 이루어져야 한다.

## 제3절. 진행파의 영향

피시험기기와 보조기기 사이는 전기적으로 단락이어야 하고 케이블의 길이는 가장 높은 주파수에서 파장의 최대 1/10 혹은 1/8 이여야 한다. 예를 들어 30 MHz에서는 최대 길이는 1.0 ~ 1.25 m이다. 많은 측정 결과에서 전기적으로 단락된 케이블을 사용하는 것은 현실적이지 못하다. 이것은 케이블의 공통모드인덕턴스와 기준 접지면 사이에서 피 시험기기 혹은 보조기기의 부유용량이 공진을 발생시킨다. 이러한 영향을 제한하기위해 가장 짧은 케이블 길이와 측정시 진행파를 완화하기위해 페라이트 디커플링 네트워크를 사용한다.

## 제4절. 시험방법 개정 안

### 1. 시험방법 개정안의 허용기준

피상전력의 허용기준은 테이블 3과 4의 공식에 의해 전압과 전류의 허용기준으로부터 피상전력의 허용기준을 얻을 수 있다. 측정절차는 피 시험기기로부터 보조기기의 디커플링 없이 전류 프로브에 의해 공통모드 전류와 용량성 전압프로에 의한 공통모드 전압을 측정하여야 한다. 그리고 측정결과의 합을 2로 나누면 dBpVA 단위의 신호의 피상전력을 얻을 수 있다.

$$S_{CM(dBpVA)} = [V_{CM(dB\mu V)} + I_{CM(dB\mu A)}]/2$$

표 3-1. A급 기기의 허용기준

| 주파수 범위 MHz | 전압 허용 기준 dB(μV) | | 전류 허용 기준 dB(μA) | | 피상전력 허용기준(dBpVA) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 준-첨두치 | 평균치 | 준-첨두치 | 평균치 | 준-첨두치 | 평균치 |
| 0.15~0.5 | 97 ~ 87 | 84 ~ 74 | 53 ~ 43 | 40 ~ 30 | 75 ~ 65 | 62 ~ 52 |
| 0.5~30 | 87 | 74 | 43 | 30 | 65 | 52 |

표 3-2. B급 기기의 허용기준

| 주파수 범위 MHz | 전압 허용 기준 dB(μV) | | 전류 허용 기준 dB(μA) | | 피상전력 허용기준(dBpVA) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 준-첨두치 | 평균치 | 준-첨두치 | 평균치 | 준-첨두치 | 평균치 |
| 0.15~0.5 | 84 ~ 74 | 74 ~ 64 | 40 ~ 30 | 30 ~ 20 | 62 ~ 52 | 52 ~ 42 |
| 0.5~30 | 74 | 64 | 30 | 20 | 52 | 42 |

## 2. 시험방법 변경 및 삭제

그림 20은 피상전력을 측정하기 위해 시험방법 C.1.3의 변경된 시험배치이다. 시험방법 C.1.4는 C.1.3과 같은 시험방법으로 시험시 허용기준에 만족하지 못했을 경우 추가적으로 개별주파수에 대한 시험방법이며 이것은 공통모드 임피던스를 보다 정확히 조절하여 시험하는 방법이다. 따라서 허용기준을 피상전력 값으로 한다면 시험 결과가 공통모드 임피던스와는 관계없으므로 개정안에서는 시험방법 C.1.4를 삭제하였다.

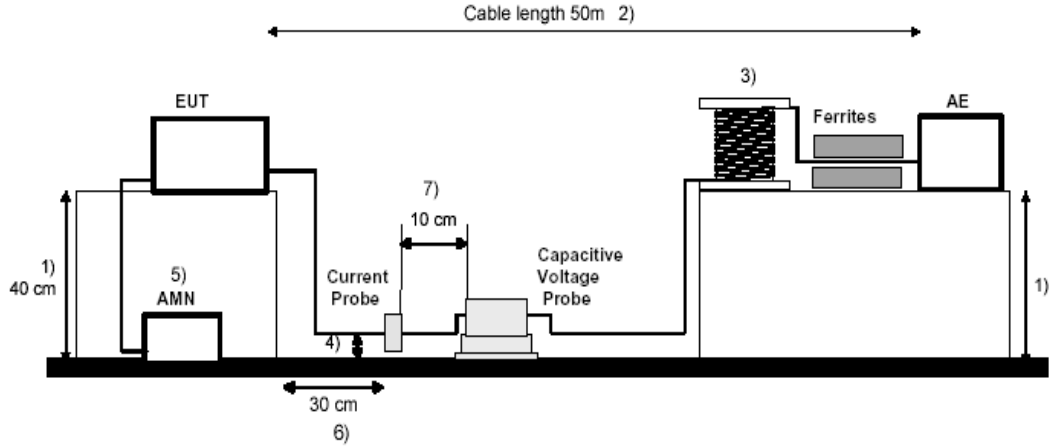



그림 3-5. 개정안 C.1.3의 시험배치

개정안의 시험방법은 전류 프로브 및 용량성 전압 프로브를 통해 전류와 전압을 측정한다. 전류와 전압의 측정값을 합산하여 2로 나누면 신호의 피상전력 S(dBpVA)를 구할 수 있으며 피시험기기는 그림 20과같이 시험하였을 때 테이블 3과 4의 dBpVA의 허용기준에 만족하여야 한다. 그림 20에서 1)은 기 접지 면으로부터 40 ± 1 Cm에 놓여져야 하며 2)는 케이블길이를 50 ± 0.5 m 으로 하여야한다. 그리고 3)의 AMN을 사용하여 피시험기기에 전력을 공급하는 경우 기준 접지면 위의 AMN은 접지면 가장자리로부터 10 Cm이상 떨어져야하며 4)는 케이블을 시험할 경우 기준 접지면 보다 3에서 5 cm 이상의 높은 위치에 있어야 한다. 또한 5)는 측정기기에 대한 피시험기기의 수평방사는 30에서 80 cm 사이에 있어야 하며 6)은 전압과 전류를 동시에 측정할 때는 하나의 측정이 다른 것에 영향을 최소화하기 위해 10 cm ± 2 cm 에 의해 서로 떨어져 있어야하고 프로브의 위상각은 ± 3.6˚보다 작아야 한다.

## 제5절. 시험방법 측정불확도 추가

개정안에서는 ISN을 이용한 시험방법과 전류 및 전압 프로브를 이용한 시험방법에 대한 불확도를 산출하여 시험결과에 적용하도록 하였다. 표 5와 6은 각 시험방법에 대한 시험의 측정불확도를 나타내었다.

표 3-3. ISN을 이용한 시험방법의 측정불확도

| Input quantity | $X_i$ | Uncertainty of $x_i$ | | $u(x_i)$ | $c_i$ | $c_i\,u(x_i)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | dB | Probability distribution function | dB | | dB |
| Receiver reading | $V_r$ | ±0,1 | $k$ = 1 | 0,10 | 1 | 0,10 |
| Attenuation ISN-Receiver | $L_c$ | ±0,1 | $k$ = 2 | 0,05 | 1 | 0,05 |
| ISN voltage division factor | $L_{amn}$ | ±0,2 | $k$ = 2 | 0,10 | 1 | 0,10 |
| Receiver corrections: | | | | | | |
| Sine wave voltage | $\delta V_{sw}$ | ±1,0 | $k$ = 2 | 0,50 | 1 | 0,50 |
| Pulse amplitude response | $\delta V_{pa}$ | ±1,5 | Rectangular | 0,87 | 1 | 0,87 |
| Pulse repetition rate response | $\delta V_{pr}$ | ±1,5 | Rectangular | 0,87 | 1 | 0,87 |
| Noise floor proximity | $\delta V_{nf}$ | ±0,0 | | 0,00 | 1 | 0,.0 |
| Mismatch: ISN-receiver | $\delta M$ | +0,7/-0,8 | U-shaped | 0,53 | 1 | 0,53 |
| ISN impedance | $\delta Z$ | +2,6/-2,7 | Triangular | 1,08 | 1 | 1,08 |
| AMN impedance | $\delta Z$ | +2,6/-2,7 | Triangular | 1,08 | 1 | 1,08 |

표 3-4. 전류 및 전압 프로브를 이용한 시험방법의 측정불확도

| Input quantity | $X_i$ | Uncertainty of $x_i$ | | $u(x_i)$ | $c_i$ | $c_i\,u(x_i)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | dB | Probability distribution function | dB | | dB |
| Receiver reading | $V_r$ | ±0,1 | $k$ = 1 | 0,10 | 1 | 0,10 |
| Attenuation Current Probe-Receiver | $L_c$ | ±0,1 | $k$ = 2 | 0,05 | 1 | 0,05 |
| Current Probe voltage division factor | $L_{amn}$ | ±0,2 | $k$ = 2 | 0,10 | 1 | 0,10 |
| Attenuation Voltage Probe-Receiver | $L_c$ | ±0,1 | $k$ = 2 | 0,05 | 1 | 0,05 |
| Voltage Probe voltage division factor | $L_{amn}$ | ±0,2 | $k$ = 2 | 0,10 | 1 | 0,10 |
| Receiver corrections: | | | | | | |
| Sine wave voltage | $\delta V_{sw}$ | ±1,0 | $k$ = 2 | 0,50 | 1 | 0,50 |
| Pulse amplitude response | $\delta V_{pa}$ | ±1,5 | Rectangular | 0,87 | 1 | 0,87 |
| Pulse repetition rate response | $\delta V_{pr}$ | ±1,5 | Rectangular | 0,87 | 1 | 0,87 |
| Noise floor proximity | $\delta V_{nf}$ | ±0,0 | | 0,00 | 1 | 0,.0 |
| Mismatch: Probe-receiver | $\delta M$ | +0,7/-0,8 | U-shaped | 0,53 | 1 | 0,53 |
| AMN impedance | $\delta Z$ | +2,6/-2,7 | Triangular | 1,08 | 1 | 1,08 |

# 제 4 장. 측정결과 및 고찰

## 제1절. ISN를 이용한 시험방법 측정결과

그림 4-1는 ISN를 이용한 전자파전도 시험방법으로 통신상태에 따른 노이즈 레벨 측정하였다. 먼저 EUT와 AE모두 연결하지 않은 상태와 통신포트만 연결 하였을 때 그리고  통신상태에서의 노이즈 레벨을 측정하였다. 측정결과 통신상태와 하지 않는 상태에서의 노이즈 레벨은 약 1~2dB 차이로 거의 변화하지 않았다. 이러한 결과로 우리는 통신포트 전자파전도시험은 통신조건보다는 통신포트가 얼마나 전자파로부터 차폐가 잘 되어있는가를 알아보는 시험이라 하겠다.

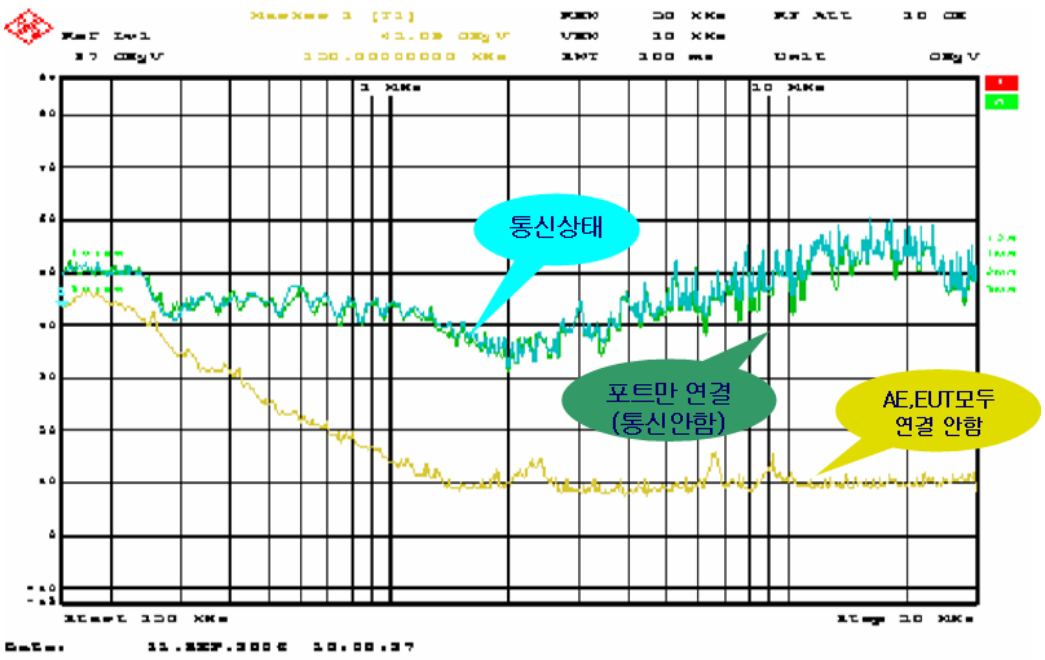



그림 4-1. ISN에 대해 통신상태별 노이즈 레벨

그림 4-2부터 그림 4-4는 Edition 3와 Edition 4에서 정의한 ISN을 비교 측정하였다. 측정조건으로는 ISN A,B,C는 각기 다른 제조사에 의한 Edition 3에 의한 것이고 new ISN은 Edition 4에서 정의한 ISN이다. 또한 피시험기기는 데스크탑 컴퓨터이고 통신조건은 EUT로부터 AE쪽으로 138k bytes로 통신하였다.

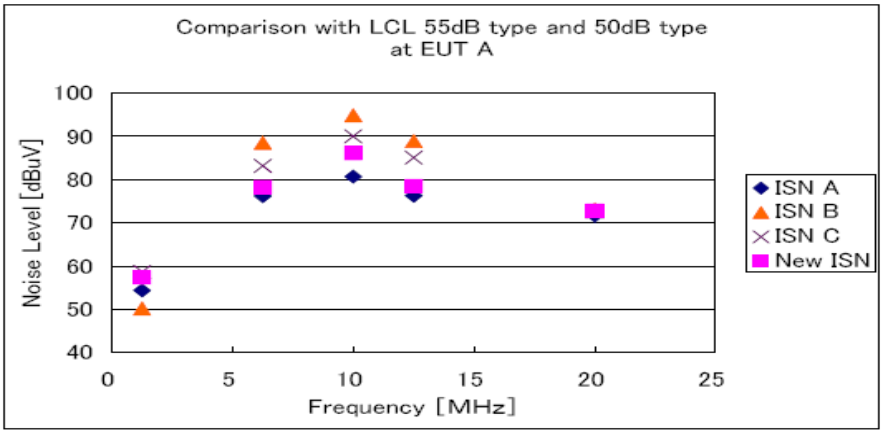



그림 4-2. **카타고리** 3에 대한 ISN 비교 측정

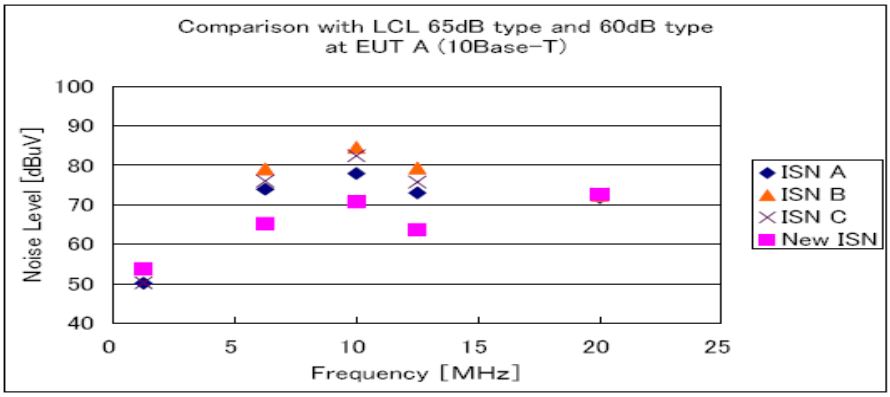



그림 4-3. 카타고리 5에 대한 ISN 비교 측정

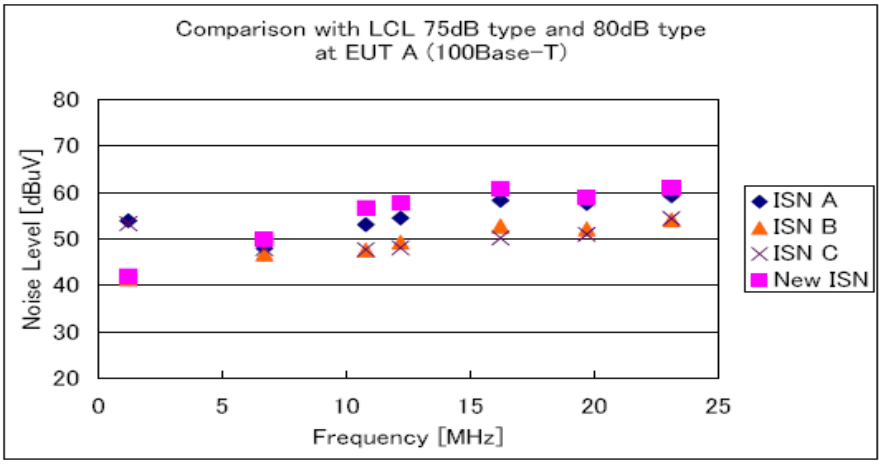



그림 4-4. 카타고리 6에 대한 ISN 비교 측정

측정결과 카타고리 3와 5에 대한 ISN은 Edition4의 LCL값이 Edition3 보다 낮아지므로써 보다 낮은 노이즈 레벨이 측정되었고 카타고리6에 대한 ISN은 Edition4의 LCL값이 Edition 3 보다 높아지므로써 높은 노이즈 레벨이 측정되었다. 이러한 결과는 측정노이즈 레벨은 ISN의 LCL값에 의해 결정됨을 알수 있었으며 이는 개정 전 규격으로 시험한 결과가 fail 확률이 높게 된 이유가 ISN의 LCL정의가 잘못됨을 알 수 있었다.

## 제 2 절. 전압프로브를 이용한 시험방법 측정결과

통신포트에 대한 전자파 전도시험에서 ISN으로 측정하지 못하는 경우 전압프로브에 의해 측정한다. 이러한 경우 공통모드 임피던스를 150 ± 20Ω이 되도록 하여야 하며 AE쪽에 흡수클램프를 사용하여 AE쪽에 영향을 미치지 않도록 하여야 한다. 다음 그림 4-5는 전압프로브를 사용하여 시험하는 경우 실제 시험배치이다.

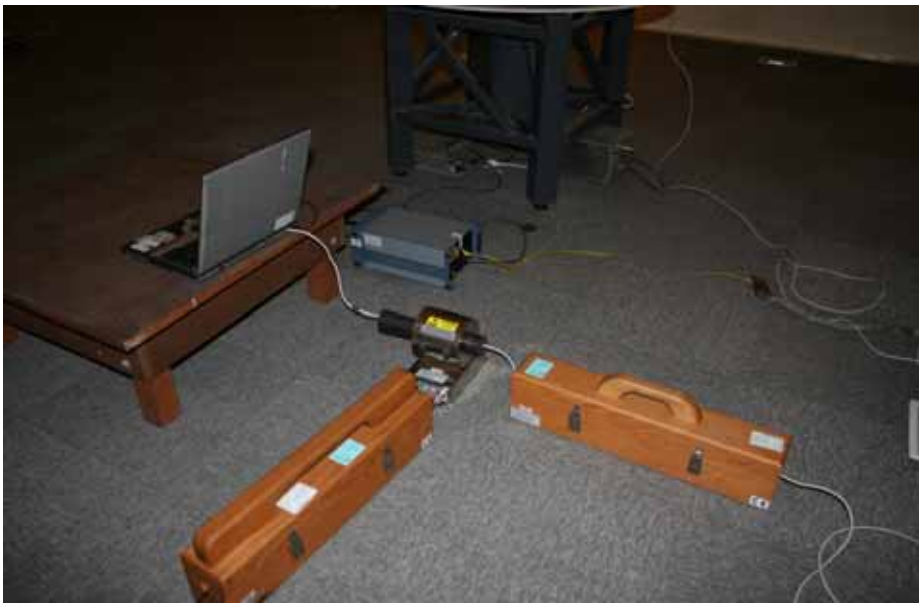


그림 4-5. 전압프로브에 의한 전자파전도시험

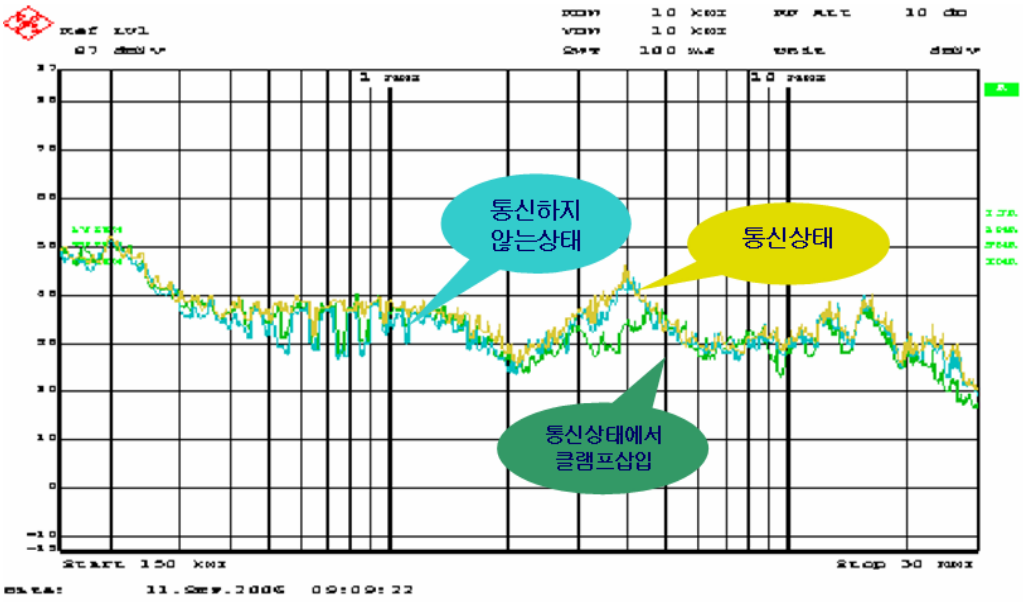



그림 4-6. 전압프로브에 대해 통신상태별 측정값 비교

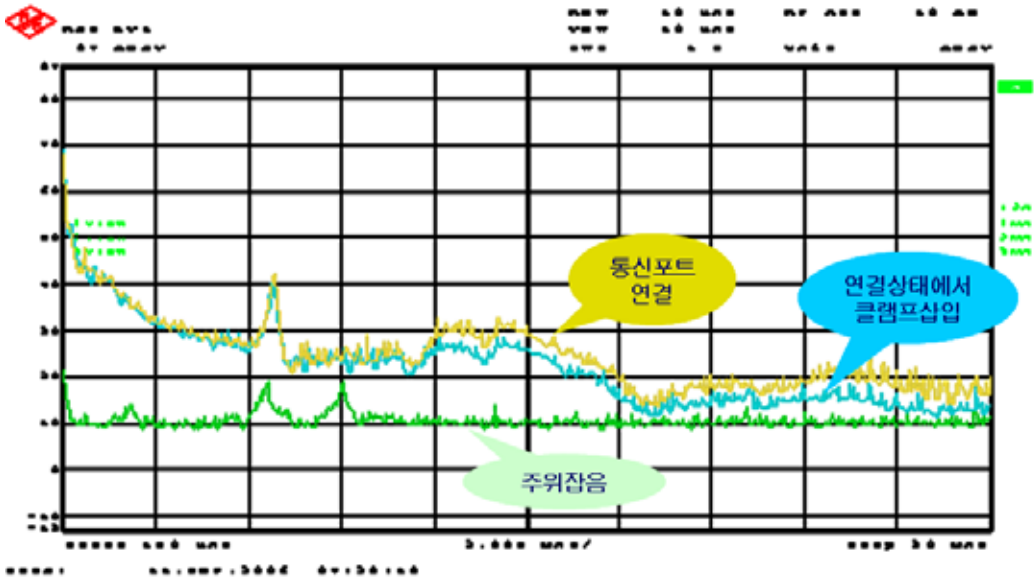



그림 4-7. 전압프로브 사용시 흡수클램프의 영향

측정결과 그림 4-6은 통신상태 유무에 따라 약 1~2dB 차이로 거의 영향이 없음을 알 수 있었으며 그림 4-7은 클램프에 의한 영향을 알아보는 시험으로 1~5dB 차이가 발생하여 측정결과에 큰 영향 끼침을 알 수 있었다. 따라서 전압프로브를 사용하여 시험하는 경우에는 반드시 흡수클램프를 삽입하여 AE쪽에 대한 영향을 최소화 하여야 한다.

# 제 5 장. 결 론

본 연구에서는 국제적으로 이슈가 되고 있는 통신포트의 전자파전도시험 방법에 대해 국내외 동향을 분석하고 CISPR22의 개정에 따른 시험방법을 연구하였다. 현재 통신포트의 전자파전도시험은 시험의 신뢰성과 정확성이 보장되지 않아 국내 및 국제적으로 시험방법 적용을 유예하고 있다. 통신포트의 전자파전도시험방법의 국제규격인 CISPR 22는 1985년 처음 발행되어 현재까지 5차례 개정되었다. 따라서 CISPR 22의 세부 시험방법과 현재까지 개정된 내용을 분석하여 국내규격이 가야할 방향을 제시하고자 한다.

먼저 ISN을 이용한 시험방법(C.1.1)에서는 케이블의 LCL특성을 고려하게 됨으로써 현재의 규격(Edition 5)이 이전 규격보다 정확한 시험이 이루어졌으며 ISN 구조의 변경으로 시험전 통신케이블의 정의된 LCL값을 조절하도록 하였다. 그리고 과거 규격에서는 UTP케이블에 대해서만 ISN구조가 제안되었으나 현재의 규격에서는 동축케이블에 대한 구조가 추가되었다.

동축케이블 시험방법(C.1.2)에서는 시험시 공통모드 임피던스를 150 Ω으로 유지하여야 하지만 이를 증명할 방법을 가지고 있지 않았다. 그러나 개정된 규격에서는 공통모드 임피던스를 전류 및 전압 프로브를 이용하여 각 시험기관에서 주파수별 기준 임피던스를 보유하여 그 값에 의해 시험함으로써 시험의 재현성을 갖도록 하였다.

다중선로에 대한 전자파전도시험방법(C.1.3과 C.1.4)에서는 그동안 공통모드 임피던스를 확인할 수 있는 방법이 제시되지 않았으나 현재 개정된 규격에서는 시험전 드라이브 프로브를 이용하여 공통모드 임피던스를 설정한 후 시험하여 시험의 정확성 향상시켰다. 그러나 최근 시험방법 C.1.3에 대한 개정안(CISPR/I/153/CD)이 발표되었다. 개정안의 주요내용은 시험방법 C.1.3을 개선한 것으로 페라이트 디커플링 임피던스를 사용한 경우 각 주파수에 대한 150 Ω 공통모드 임피던스를 조절하기는 현실적으로 불가능하므로 통신선의 길이를 50 ± 0.5 m로 제한하고 전류와 저항에 관계없이 피상전력 값으로 시험하도록 제안하였다. 따라서 피상전력에 대한 허용기준을 추가하고 전류와 전압의 측정값에서 2로 나눈 값이 허용기준에 만족하는지를 시험한다.

본 연구에서는 규격 변경에 대한 각각 시험방법을 실제 측정하여 규격이 개정됨에 따른 측정 결과를 분석하였다. 먼저 통신포트의 전자파전도시험방법인 CISPR 22의 Edition 3와 Edition 4에서 정의한 ISN의 상호 비교시험을 수행하였다. 측정결과 통신포트의 전도노이즈는 통신유무에 따라 약 1~2dB

변화를 보였으며 이는 전도노이즈가 통신상태보다 통신포트 자체노이즈에 의해 발생함을 알 수 있었다. 두 번째로 ISN을 사용하지 못하는 케이블인 경우 전압 및 전류프로브를 이용하여 시험하는데 이러한 경우 흡수클램프를 통해 공통모드 임피던스를 조절하는데 이에 대한 영향을 분석하기 위해 흡수클램프 유무에 대해 측정하였다. 측정결과 흡수클램프의 설치유무에 따라 약 5dB 정도 차이를 보였으며 이는 흡수클램프 설치 유무가 측정결과에 큰 영향을 미친다고 할 수 있을 것이다. 따라서 전압프로브를 사용하여 시험하는 경우 반드시 흡수클램프를 삽입하여 공통모드 임피던스가 허용범위 내에 있는지를 확인한 후 시험하여야 시험의 신뢰성을 갖는다고 하겠다.

본 연구는 앞으로 통신포트에 대한 전자파전도시험이 국내에서 적용 시나 지정시험기관 및 산업체에서 전자파전도시험 활용에 큰 도움을 주리라 사료된다.

# 참고문헌

[1] ITU-T Recommendation G.117:1996, Transmission aspects of unbalance about earth

[2] ITU-T Recommendation O.9: 1988, Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth

[3] Daneffel, H.R. and Ryser, H., Problem on the ISDN subscriber S and U interface, ISSLS 86, pp. 145-149, 1986

[4] Davies, W.S., Macfarlane, I.P. and Ben-Meir, D.,"Potential EMI from ISDN basic access systems," Electronic Letters, Vol. 24, No 9, pp. 533-534, April 1988

[5] Kuwabara, N., Amemiya, F. and Ideguchi, T., "Interference field emission due to unbalance in telecommunication lines," IEEE Int. Symp. on EMC, Nagoya, pp. 487-492, Sept. 1989

[6] van Maurik, R.M., "Potential Common Mode Currents On The ISDN S And T-Interface Caused By Cable Unbalance," IEEE Eighth International Conference on Electromagnetic Compatibility, Edinburgh, 21-24 September, 1992, IEE Conference Publicatrion No.362, pp. 202-206.

[7] Haas, Lee & Christensen, Ken, LAN Traffic Conditions for EMI Compliance Testing, IBM Corporation, Research Triangle Park, NC.

[8]VCCI, Report of Measuring LCL of ISN Specified by CISPR22 Edition4, February 4, 2004

[9]VCCI, Evaluation of the Characteristics, February of New ISNs, February 18, 2005