

정보통신기반시설 고출력전자파 영향 및 대책 연구

2014. 12.

제 출 문

본 보고서를 「정보통신기반시설 고출력전자파 영향 및 대책 연구」 과제의
최종 보고서로 제출합니다.

2014. 12. 31.

연구책임자 : 이성동(전파환경안전과 전파보호담당)

연구원 : 박수영(전파환경안전과 전파보호담당)

박복룡(전파환경안전과 전파보호담당)

안희남(전파환경안전과 전파보호담당)

요 약 문

본 연구에서는 국내 민간 주요 정보통신설비를 EMP 공격으로부터 효율적으로 방호하기 위한 대상 선정기준과 안전성 평가 기준에 대한 개선방안을 제시하였다.

EMP 방호 대상 선정방법 연구에서는 EMP 방호 대책이 모든 시설에 대해 시설 규모에 따라 막대한 예산이 수반되는 EMP 방호 차폐실 구축방법 이외에 대상 장비의 특성에 따라 장비 이중화, 우회경로 구성, 예비기기 확보 등 다양한 방호대책 방법과 대책 선정에 필요한 고려사항들을 제시하였다.

또한 시설 책임자 또는 책임기관의 입장에서 다양한 주요정보통신설비 중 설비의 운용 목적에 따라 EMP 방호대책 여부를 결정하기 위한방법론을 제시하였으며, 방호설비 설치 대상 설비 중 방호 대상 장비를 선정하는 방법론을 함께 제시하여 활용이 가능하도록 하였다.

금년 12월 제정된 「고출력·누설 전자파 안전성 평가 기준 및 방법 등에 대한 고시」의 제정 취지와 국제표준 도입 내용을 설명함으로써 고시의 이해를 돕도록 하였다.

민간 설비에 적합한 EMP 방호기준 마련을 위해 국내 민간주요정보통신설비에서 운용되는 장비에 대한 고출력 전자파 내성 시험을 진행하였다. 2013년에 이어 올해는 스위칭 허브와 하드디스크에 대한 내성을 검토하고 해당 기기의 내성 시험을 위한 절차를 확립하여 향후 안전성 평가 기준을 보다 합리적으로 적용할 수 있는 방안 마련에 도움이 되도록 하였다.

목 차

제1장 서론	1
제2장 EMP 방호 관련 국내외 표준화 및 규제 동향	3
제1절 IEC 표준화 동향	3
1. EMP 관련 IEC 표준화 체계	3
2. 핵 EMP 방호대책 관련 표준	6
3. 비핵 EMP 방호대책 관련 표준	9
4. 비핵 EMP 관련 최근 표준화 추진 동향	10
제2절 ITU 표준화 동향	11
1. EMP 관련 ITU 표준화 체계	11
2. 주요 표준 내용	11
제3절 국내외 관련 규제 동향	13
1. 국외 EMP 관련 규제 동향 (참고1)	13
2. 국내 관련 규제 동향	14
제3장 EMP 보호대상 설비 선정방안 연구	16
제1절 개 요	16
제2절 EMP 방호 고려대상 정보통신설비 범위 설정	17
1. 주요 정보통신설비 현황 조사	17
2. 고려대상 정보통신설비 범위	20
제3절 방호대책 적용 범위 결정	22
제4절 EMP 방호 방법 선정	25
제5절 보호대상 선정 방안	28
제4장 민간시설에 적합한 EMP 보호기준 마련	31
제1절 서 론	31
제2절 안전성 평가 고시 제정(안) 마련	32

1. 안전성 평가 기준 제정 방향	32
2. MIL-STD-188-125 기준 비교 분석	34
3. 안전성 평가 고시	36
4. 향후 개선사항	39
제3절 정보통신기기의 고출력 전자파 영향 분석	39
1. 고출력 전자파 방호기준 도출 방안	39
2. 고출력 전자파에 대한 정보통신기기 내성 특성	43
3. 허브에 대한 정보통신기기 내성 시험	45
4. 하드디스크에 대한 정보통신기기 내성 시험	52
제4절 정보통신기기 영향평가를 통한 민간 기준 적용 방안	54
제5장 결론	56
참고문헌	58
[부록] 고출력·누설 전자파 안전성 평가 기준 및 방법 등에 관한 고시	60

표 목 차

[표 1] EMP 관련 IEC 표준 세부 내용	4
[표 2] EMP 방사 및 전도 환경	8
[표 3] 각 부처별 대표적인 주요정보통신기반시설	18
[표 4] 전기통신사업법에 의한 중요한 전기통신설비	19
[표 5] 기간통신 설비 장애 원인 및 내역	24
[표 6] 대체접속 및 분산수용 관련 기술기준	27
[표 7] 신속한 서비스 복구 관련 기술기준	28
[표 8] EMP 대책 수립을 위한 단계별 고려사항	30
[표 9] 안전성 평가 기준과 MIL-STD 기준 비교	35
[표 10] 고출력·누설 전자파 안전성 평가 방사성 방호성능 기준	37
[표 11] 고출력·누설 전자파 안전성 평가 전도성 방호성능 기준	38
[표 12] 일반적인 건축물이 갖는 전자파 차단 성능 (IEC61000-4-36) ...	41
[표 13] 협대역 비핵 전기장	42
[표 14] 광대역 비핵 전기장	42
[표 15] IEC61000-1-3에서의 HEMP 영향실험	43
[표 16] 비핵 고출력 전자파 시험결과	44
[표 17] PC에 대한 주요 정보통신기기 내성 분류 등급 예시[6]	45
[표 18] 허브 고출력 전자파 영향 시험 결과	48

그 립 목 차

[그림 1] EMP 관련 IEC 표준화 현황	4
[그림 2] 공격 가능한 접근 위치의 분류	12
[그림 3] 정보통신기기 보호에 필요한 차폐레벨	12
[그림 4] 전자파 차폐실 및 차폐랙	16
[그림 5] 국가정보통신망 개념도	20
[그림 6] 이동통신 계층별 구성도	21
[그림 7] 4G 이동통신 시스템의 구성	23
[그림 8] EMP 대책 적용 절차	29
[그림 9] 고출력 전자파 방호 요구 성능 (Mil-STD-188-125)	33
[그림 10] 누설 전자파 방호 요구 성능 (EP1110-3-2)	34
[그림 11] 안전성 평가 수행 절차	37
[그림 12] EMP 방호기준 도출 개념	40
[그림 13] 핵 EMP에 의해 형성되는 전기장	42
[그림 14] 스위칭 허브 장애 확인을 위한 차폐실 시험 설정	45
[그림 15] 스위칭 허브 고출력 전자파 영향실험	46
[그림 16] 시험 전기장 레벨	47
[그림 17] 전자파 무반사실 측정	49
[그림 18] 허브에 연결된 랜케이블 유도에 의한 통신중단 가능성	50
[그림 19] 랜케이블에 의한 고출력 전자파 유도 시험방법	51
[그림 20] 랜케이블에 의한 고출력 전자파 유도 시험	51
[그림 21] 랜케이블에 의한 고출력 전자파 유도 시험 결과	52
[그림 22] 하드디스크 시험 자기장	54
[그림 23] 하드디스크 영향 시험	54

제1장 서론

고출력 전자파 (EMP : ElectroMagnetic Pulse)는 1960년대 핵 실험을 통해 그 위력이 알려진 이후로 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 최근 들어서는 다양한 형태의 비핵 EMP 발생장치가 개발되고 있으며 일부는 시장을 통해 구매하거나 관심이 있는 개인이 직접 만들어 사용할 수 있는 정도로 제작 기술이 공개되기도 하였다.

이러한 환경은 곧 국가 및 민간의 주요 정보통신설비에 대해 고출력 전자파 방호대책의 필요성이 증가하고 있음을 나타낸다. 특히나 북한과 대치하고 있는 우리나라의 경우 최근 북한의 핵 개발 소식은 EMP를 이용한 도발 가능성에 대해 충분한 대비가 있어야 함을 단적으로 나타내는 것이라고 할 수 있다.

EMP에 의한 공격이나 사고의 위험이 꾸준히 증가하고 있으며, 군을 중심으로 EMP 방호시설 구축이 늘어나고 있으나, 이러한 방호시설의 성능기준이나 시험방법에 대해 그동안 국내의 책임 있는 기관에서 명확히 제시하지 못한 것이 사실이다.

이에 최근 개정된 「전파법」 제56조(‘14.6.3 제정, 14.12.4 시행)는 EMP 방호시설에 대한 성능기준과 평가방법을 확립한 최초의 기준이며, 방호시설을 구축한 기관의 신청을 받아 고시된 성능기준과 시험방법으로 고출력 전자파에 대한 안전성 평가를 수행 하도록 규정되어 있다.

본 연구는 고출력·누설 전자파 안전성 평가 고시 제정을 위한 국제 표준 분석 및 국내 환경에 맞는 적용방안에 대한 분석 내용을 포함하고 있으며, 금년 12월 제정된 「고출력·누설 전자파 안전성 평가 기준 및 방법 등에 관한 고시」의 내용을 포함하고 있다.

또한 미국 군사용 기준을 기반으로 제정된 안전성 평가 기준을 국내 민간

정보통신기기의 운용 환경에 적합하도록 개선하기 위한 연구내용을 포함하고 있다. 이 연구의 목적은 다양한 정보통신기기에 대한 내성 시험을 통해 적합한 방호기준을 도출하기 위한 것으로 2013년 PC 및 노트북에 대한 내성 시험에 이어 금년에는 스위칭 허브와 하드디스크에 대한 내성 시험 및 분석을 수행하였다. 이를 통해 주요 정보통신설비의 EMP 방호시설을 보다 저렴하며, 효율적으로 구축·운영 할 수 있을 것으로 기대한다.

제2장 EMP 방호 관련 국내외 표준화 및 규제 동향

제1절 IEC 표준화 동향

1. EMP 관련 IEC 표준화 체계

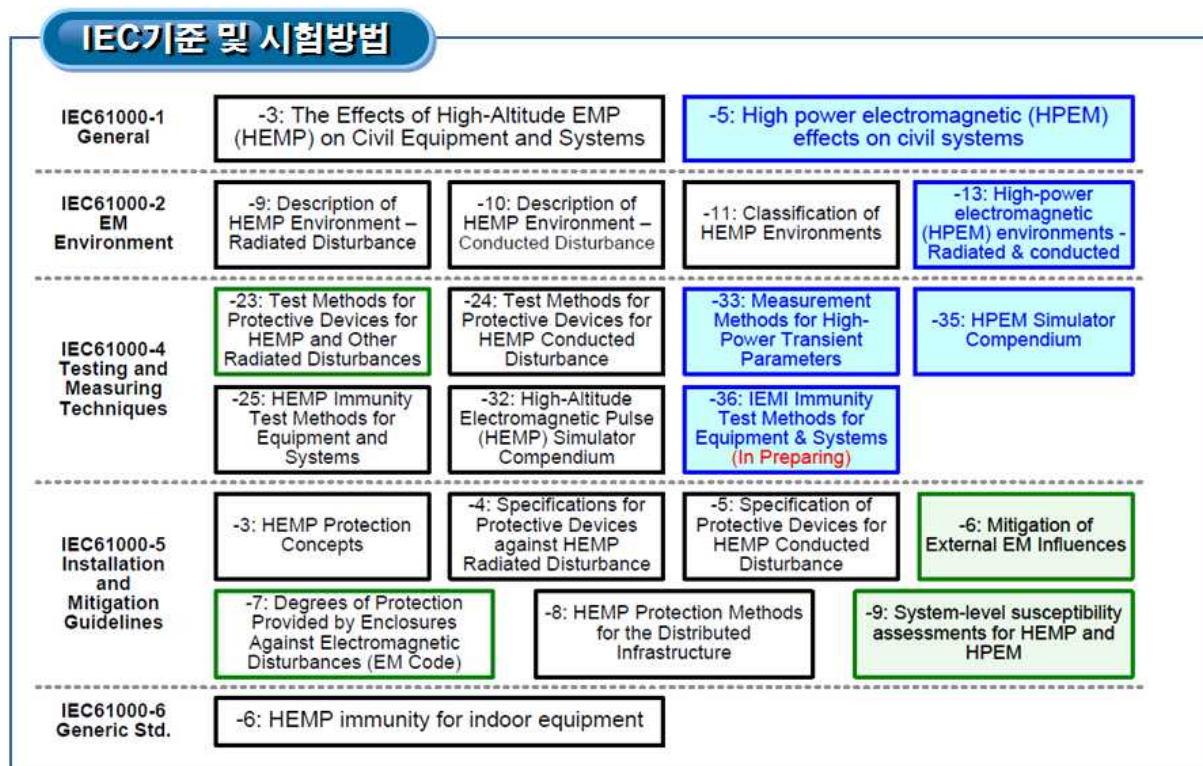
IEC (International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회)에서는 1989년 부터 핵 EMP인 HEMP (High-altitude Electromagnetic Pulse) 표준을 개발하고 있으며, 산하에 SC 77C를 구성(1991년)하여 HEMP의 영향으로부터 민수용 전자장비를 보호하기 위한 방호기준을 마련해왔다. 또한, 1999년부터는 비핵 EMP인 HPEM (High Power ElectroMagnetics)과 IEMI (Intentional ElectroMagnetic Interference) 위협에 대한 표준화를 진행하였다.

IEC에서는 핵 EMP에 대한 발생 및 측정 관련 표준화 진행이 완료 되었으며, 최근에는 비핵 EMP 또는 IEMI (Intentional ElectroMagnetic Interference)에 대한 발생 원리와 방호기술 표준화가 활발히 추진되고 있다.

IEC의 SC 77C에서는 표준 번호에 따라 내용을 분류하고 있으며, 다음과 같은 체계로 표준을 발표하고 있다.

- 61000-1-XX : 일반사항 (시스템에 대한 핵EMP 영향, 시스템에 대한 HPEM 영향)
- 61000-2-XX : 전자파 환경(HEMP 방사, 전도, 환경의 분류 등)
- 61000-3-XX : 전자파 방사 및 내성 허용기준
- 61000-4-XX : 시험방법 (방사, 전도, HEMP 내성, HEMP 시뮬레이터, HPEM 방사 등)
- 61000-5-XX : 설치 및 저감 가이드라인 (HEMP 방호 개념, 전자기 감응성 저감 등)
- 61000-6-XX : 일반적인 HEMP 기준(장비 또는 시스템의 HEMP 내성)

[그림 1]과 [표 1]에서는 최근까지 진행되고 있는 IEC의 EMP 관련 표준화 추진 현황 및 표준별 주요 내용을 정리하였다.



[그림 1] EMP 관련 IEC 표준화 현황

[표 1] EMP 관련 IEC 표준 세부 내용

표준번호	제목	내용
61000-1-3	HEMP on civil equipment and systems	미국, 러시아에서의 실험 결과를 바탕으로 고고도 핵폭발(HEMP)에 의한 전자기기 영향 기술 리포트, 각종실험 결과 요약
61000-1-5	High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems	민간용 시스템의 HPEM 영향 사례와 연구 배경 및 PC 실험 결과의 요약 등
61000-2-9	HEMP on Radiated disturbance. Basic EMC publication	고고도핵폭발에 의한 HEMP의 파 모양과 지구상에서의 전파에 관한 기술, early, intermediate and late time HEMP의 3종류의 전파, 파도모양에 대해서 기술
61000-2-10	HEMP of Conducted disturbance	전도성HEMP에 의한 가공선, 전력선, 안테나 등에 유기하는 파도 모양 · 수준 등
61000-2-11	Classification of HEMP environments	HEMP 방어 컨셉과 건물구조나 실드 수준 등에 의한 클래스 나눔

표준번호	제목	내 용
61000-2-13	HPEM of Radiated and conducted	HPEM 환경의 기술, 발생기의 개요와 파형 모양의 정의 등
61000-4-23	Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances	HEMP 방사에 의한 영향, 방어대책, 측정방법 등
61000-4-24	Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance	HEMP 전도방호용 디바이스(arrester나 저항 등)의 시험 방법
61000-4-25	HEMP immunity test methods for equipment and systems	기기·시스템의 건물환경과 차폐 수준에 따른 HEMP 내성레벨과 시험방법
61000-4-32	High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) simulator compendium	각국의 HEMP 시험장치 및 시험 사이트 소개
61000-4-33	Measurement methods for high-power transient parameters	고출력 과도현상 측정 방법
61000-4-35	High power electromagnetic (HPEM) simulator compendium	HPEM 시뮬레이터 자료
61000-5-3	HEMP protection concepts	HEMP 방어 대책의 컨셉(건물의 수준 ·필터 arrester의 수준 등)
61000-5-4	Specifications for protective devices against HEMP radiated disturbance.	HEMP의 방어 대책용 차폐에 관한 기술보고서
61000-5-5	Specification of protective devices for HEMP conducted disturbance.	HEMP의 방어 대책용 arrester· varistor· 필터의 내성 시험법
61000-5-6	Mitigation of external EM influences	외부 전자기 영향 완화방법
61000-5-7	Degrees of protection provided by enclosures against electromagnetic disturbances (EM code)	함체의 방호성능 표기법과 측정법
61000-5-8	HEMP protection methods for the distributed infrastructure	분산된 인프라구조를 위한 HEMP 보호 방법
61000-5-9	System level susceptibility assessments for HEMP and HPEM	HEMP와 HPEM의 시스템에 대한 내성 레벨평가 기술 및 방법
61000-6-6	HEMP immunity for indoor equipment	옥내기기의 HEMP 보호 대책용 (내성레벨)

2. 핵 EMP 방호대책 관련 표준

핵 EMP 발생에 따른 민간 장비 및 시스템의 영향을 다루고 있는 IEC 61000-1-3 표준에서는 1960년대 수행된 미국의 Starfish 핵 실험과 소련의 핵실험을 통해 핵 폭발이 수 십 km 떨어진 지점에서의 통신 및 전력 등에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였으며, 1970년에서 1980년대 사이에 이러한 EMP 영향을 직접 실험할 수 있는 대규모의 시뮬레이터가 제작되고 관련 정보통신기기에 대한 영향 실험이 본격적으로 수행되었음을 제시하고 있다.

이를 통해 핵 EMP 전기장에 의해 전력 케이블과 통신 케이블에 유도된 전류가 다양한 전력 및 통신 시스템 고장의 원인이 될 수 있으며, 각종 전력선과 전차(電車) 전원 등에 영향을 미칠 수 있다는 것을 실험 결과를 통해 제시하고 있다.

IEC 61000-2-9는 HEMP의 방사성 환경을 다루고 있으며, 고고도에서의 핵 폭발에 의해 발생하는 HEMP는 초기, 중기, 후기 파형으로 분류될 수 있다고 제시하고 있다. 표준에서 제시하는 각 파형은 다음과 같다.

o HEMP 초기 파형

$$E_1(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ E_{01} \times k_1 (e^{-a_1 t} - e^{-b_1 t}) & t > 0 \end{cases} \quad (\text{식1})$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, } E_{01} &= 50 \text{ kV/m} \\ a_1 &= 4 \times 10^7 \text{ s}^{-1} \\ b_1 &= 6 \times 10^8 \text{ s}^{-1} \\ k_1 &= 1.3 \end{aligned}$$

이 펄스의 침투 진폭은 최대 50 kV/m에 이른다. 펄스 최대 레벨이 10%에서 90% 까지 이르는데 걸리는 시간인 펄스 상승시간은 2.5 ns 이며, 최대값이 나타나는 시간은 4.8 ns이고, 유효 펄스폭을 나타내는 펄스의 반치폭은 23 ns 정도로 나타난다.

○ HEMP 중기 파형

$$E_2(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ E_{02} \times k_2 (e^{-a_2 t} - e^{-b_2 t}) & t > 0 \end{cases} \quad (\text{식2})$$

여기서, $E_{02} = 100 \text{ V/m}$

$$a_2 = 1,000 \text{ s}^{-1}$$

$$b_2 = 6 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$$

$$k_2 = 1$$

중기 펄스 파형의 첨두 진폭은 100 V/m 이고, 펄스의 반치폭은 693 ns 정도로 나타난다.

○ HEMP 후기 파형

후기 파형은 지구 자기장에 의한 자기유체역학 영향에 의해 생성되며, $1 \sim 1,000$ 초 범위의 시간 동안 지구에 수십 mV/m 의 전기장을 형성하고, 유도된 전기장은 수평 방향으로 나타나는 특징이 있다.

IEC 61000-2-10에서는 HEMP의 전도성 환경을 다루고 있으며, 고고도에서의 핵폭발에 의해 발생하는 초기, 중기, 후기 전자파에 의해 케이블에 유도되는 전류의 크기를 제시하고 있다. 초기 EMP에 의해 발생하는 전류는 가공선의 경우 길이가 200 m 이상에서 최대 4 kA 정도이며, 케이블의 길이가 짧을수록 더 낮은 전류가 유도된다. 중기 EMP는 대지 고유저항의 영향을 받으며 가공선의 경우 길이가 10 km 이상인 경우에 최대 800 A 의 전류가 유도되는 것으로 제시하고 있다.

IEC 61000-2-11에서는 IEC 61000-5-3에서 규정하고 있는 6개의 HEMP 방호 개념별 EMP 환경을 정의하고 있다. 먼저, 6개의 방호 개념은 각각 다음과 같다.

- 개념 1 : 지면 위의 나무, 벽돌 또는 콘크리트 블록 건물로 큰 창과 문을 가지고 있고 철근 또는 다른 차폐가 없는 경우로 전도 낙뢰 보호장치의 설치 여부에 따라 1A(0 dB)와 1B(20 dB)로 나뉨
- 개념 2 : 철근 콘크리트 건축물 또는 매설된 건축물(20 dB)로 전도 낙뢰 보호장치의 설치 여부에 따라 2A(0 dB)와 2B(20 dB)로 나뉨
- 개념 3 : 최소의 RF 차폐 성능(20 dB)을 가지는 차폐 합체. 작은 개구를 갖는 장비 박스가 전형적이며, 일반적인 낙뢰 과전압 및 EMI 전도 관통 보호(필터, 40 dB)를 가지고 있는 경우
- 개념 4 : 적절한 RF 차폐 성능(40 dB)을 가지고, 모든 관통구를 잘 접합한 차폐 합체로 일반적인 낙뢰 과전압 및 EMI 전도 관통구 보호(필터, 40 dB)를 가지고 있는 경우
- 개념 5 : 높은 RF 차폐 성능(60 dB) 및 관통구 보호 (과전압 및 필터링, 60 dB)를 갖는 차폐합체
- 개념 6 : 고품질의 RF 차폐 성능(80 dB) 및 관통구 보호 (과전압 및 필터링, 80 dB)를 갖는 차폐합체

표준에서는 각 개념 별 전기장 및 유도 전류에 대한 환경을 [표 2]와 같이 정의하고 있다.

[표 2] EMP 방사 및 전도 환경

등급	초기 EMP		중기 EMP		후기 EMP
	방사 (V/m)	전도 (A)	방사 (V/m)	전도 (A) (> 3 km)	방사 (V/m)
1A	50 k	4 k	100	400	0.04
1B	50 k	400	100	40	0.04
2A	5 k	4 k	10	400	0.04
2B	5 k	400	10	40	0.04
3	5 k	40	10	4	0.04
4	500	40	1	4	0.04
5	50	4	0.1	4	0.04
6	5	0.4	0.01	4	0.04

이 이외에 IEC 61000-4-23과 4-24는 각각 소형 및 대형 차폐 함체에 대한 방사성 EMP 방호성능을 측정하는 방법과 필터에 대한 전도성 차폐성능을 시험하는 방법을 제시하고 있다. 또한 IEC 61000-4-25에는 EMP 환경 등급에서 사용할 수 있는 정보통신기기의 내성을 확인하는 시험 방법을 규정하며, IEC 61000-4-32에서는 이러한 시험에 사용할 수 있는 각국의 시험시설의 사양을 제시하고 있다.

3. 비핵 EMP 방호대책 관련 표준

비핵 EMP 표준은 핵 EMP 표준과는 달리 다양한 신호 발생원이 사용되므로 전자파 발생 환경 및 방호대책에 대한 표준화가 계속적으로 진행되고 있는 단계이다.

IEC 61000-1-5에서는 비핵 EMP의 종류를 협대역 파형(CW), Ultra-Wide Band (Short Pulse) 파형 및 반복적 여기의 3가지 형태로 분류하고, 관련한 비핵 EMP에 대한 정보통신기기 영향 시험 결과, EMP 방호의 개념 및 기기 영향 분류방법을 제시하고 있다.

또한 PC에 대한 비핵 EMP 영향 실험 결과를 통해 전기장의 세기에 따라 데이터의 손실(Loss of data), 전원 리셋, 전원 꺼짐, 접속장애 및 디스크 에러 등의 오류가 나타남을 확인하였으며, 약 10 MW 신호 발생기의 경우 약 15 m 거리에서 정보통신기기를 영구적으로 손상시킬 수 있음을 실험결과를 통해 제시하고 있다.

IEC 61000-2-13에서는 비핵 EMP 발생기에 대한 분석을 통해 정보통신기기에 위해를 줄 수 있는 환경에 대한 분석 결과를 제시하고 있다. “Phaser (Pulsed High-Amplitude Sinusoidal Electromagnetic Radiation)”의 경우 주 파수는 1.1 GHz로 최대 전력이 1.8 GW를 나타내며, 이를 펄스 지속시간 100 ns로 증가시키고 10 m²의 개구면을 갖는 안테나를 사용할 경우 3 km 거리에서 2.3 kV/m의 전기장을 발생시킬 수 있다고 제시하고 있다. 이외에도 Dispatcher 및 Disrupter 등에 대해 분석하고 있다.

IEC 61000-4-33에서는 고출력 과도현상을 측정하기 위한 장비의 구성 및 교정 방법에 대해 규정하고 있으며, IEC 61000-4-35에서는 비핵 EMP 시험을 위해 사용 가능한 시험 장비를 규정하고 있다.

4. 비핵 EMP 관련 최근 표준화 추진 동향

최근 비핵 측정방법 관련 IEC 61000-4-36이 표준화 되었다. 이 표준에서는 정보통신기기 및 시스템의 의도적인 전자파 (IEMI)에 대한 내성 시험 방법을 규정하고 있다.

IEMI는 'Intentional Electromagnetic Interference'의 약자로 정보통신기기에 위해를 가하기 위해 인위적으로 발생시키는 전자파를 의미하며, 비핵 EMP를 의미하는 용어로 HPEM (High Power ElectroMagnetic)과 유사하게 사용되고 있다.

표준에서는 건축물에 대한 일반적인 차폐레벨을 규정하고 있으며, 건축물의 종류에 따라 0 dB에서 최대 30 dB 정도의 건축물 차폐 효과가 있음을 제시하고 있다.

또한, MIL-STD-464C 표준을 기반으로 현재의 기술로 발생 가능한 협대역 및 광대역 고출력 전자기장에 대해 제시하고 있으며, 최대 발생 가능한 전기장은 협대역의 경우에는 1 km 거리에서 최대 69 kV/m (8.5 GHz ~ 11 GHz)이고 광대역의 경우에는 100 m 거리에서 최대 33 V/m/MHz (30 ~ 150 MHz) 정도로 제시되었다.

또한 Hyperband, Mesoband 및 Narrowband 별 시험 레벨과 전도 및 방사 시험 개념을 제시하고 있다.

이 표준에서 제시하고 있는 비핵 고출력 전자파에 의한 전기장 레벨은 그동안 발표된 레벨 중 가장 높은 레벨로 향후 발생장치에 대한 세부 사항 검토를 통해 기준 정립에 반영이 필요할 것으로 판단된다.

제2절 ITU 표준화 동향

1. EMP 관련 ITU 표준화 체계

ITU-T Study Group 5에서는 전기통신설비의 안전성과 관련된 연구 및 표준화를 수행하고 있으며, 고출력 전자파로부터 정보통신기기 및 시스템을 보호하기 위한 표준화도 함께 진행하고 있다.

현재까지 EMP 관련 표준은 ITU-T K.78과 K.81이 발표되었으며, 각각 고고도 핵 고출력 전자파(HEMP)에 대한 정보통신센터의 내성에 대한 표준과 비핵 고출력 전자파 (HPEM)에 대한 정보통신시스템의 내성에 대한 표준이다.

또 다른 표준인 ITU-T K.87은 핵 및 비핵 고출력 전자파로부터 정보통신기기를 보호하기 위한 방법과 정보통신기기로부터 누출되는 정보를 차단하기 위한 방법 및 IEC와 ITU 관련 참조 표준에 대한 가이드이다.

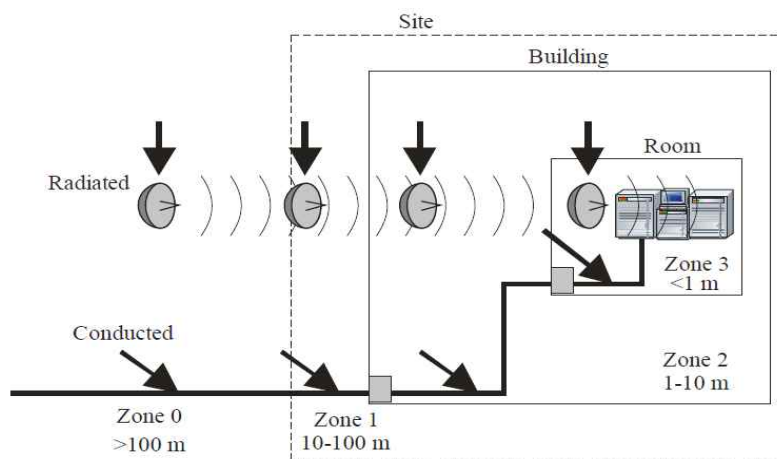
2. 주요 표준 내용

ITU-T K.78에서는 고고도 핵 전자파의 발생 환경을 E1 (초기 EMP), E2 (중기 EMP) 및 E3 (후기 EMP)로 분류하고, 건물에 대한 보호 개념을 IEC 61000-2-11 및 IEC 61000-4-25에 따른 6개의 등급으로 분류하고 있다. 또한 해당 등급의 건축물 내부에서 사용이 가능한 정보통신기기의 등급을 동일한 6개의 등급으로 분류하고 각각의 내성 시험방법 및 기준을 IEC 기준에 따라 제시하고 있다.

ITU-T K.81에서는 비핵 고출력 전자파 공격이 보호대상 정보통신기기 주변에서 고출력 전자파 발생기를 이용하여 전자파를 발생시키는 상황을 근간으로 주요 정보통신기기 보호 방법을 규정하고 있다.

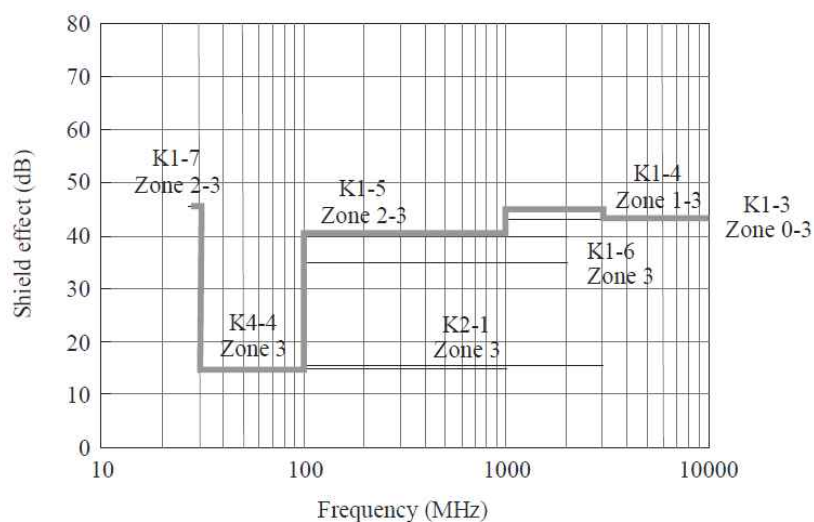
보호기준 도출을 위해 공격 가능한 장비의 성능을 일반 무선기기 (AI), 발생기 제작에 취미가 있는 일반인에 의해 제작 가능한 장비 (AII), 고출력 발생기 제작 전문가에 의해 제작되는 장비 (AIII) 및 공격 목적으로 전문적으로

제작된 장비 (AIV)의 4 단계로 분류하고, 고출력 발생장비의 이동성을 포켓 사이즈 (PI), 서류가방 사이즈 (PII), 자동차 장착 사이즈 (PIII) 및 트레일러 차량 장착 사이즈 (PIV)의 4단계로 분류하여 제시하고 있다. 또한 이러한 공격 장비를 가지고 있는 공격자가 접근 가능한 거리를 100 m 이상, 10 ~ 100 m, 1 ~ 10 m 및 1 m 이하로 규정하여 실제 정보통신기기가 노출될 수 있는 전자기 레벨을 도출하였다. [그림 2]는 이러한 공격자의 접근 위치 분류에 대한 개념을 나타내고 있다.



[그림 2] 공격 가능한 접근 위치의 분류

이렇게 산정된 전기장의 최대 레벨과 정보통신기기가 갖는 내성 레벨 (EMS)의 차이를 이용하여 정보통신기기 보호에 필요한 차폐레벨을 [그림3]과 같이 도출하였다.



[그림 3] 정보통신기기 보호에 필요한 차폐레벨

이 표준에 따르면 30 MHz부터 10 GHz 까지의 주파수 대역에서 약 50 dB 정도의 차폐성능을 확보하는 경우 고출력 전자파 공격에 대한 방어가 가능한 것으로 분석하고 있다. 안전 마진을 6 dB (민간 시설에 적용하는 IEC 표준에서는 통상적으로 6 dB를 적용하고 있음) 또는 20 dB (미국의 군사규격에서는 20 dB 적용)를 적용할 경우에 56 dB 또는 70 dB의 차폐로 비핵 EMP의 방호가 가능하다는 분석이다.

하지만 이 방호기준은 공격 가능한 비핵 EMP 발생기를 민간에서 현재 산업용으로 사용하고 있는 발생장치로 제한하고 EMP 공격을 목적으로 별도로 제작되는 고출력 발생기를 고려하지 않아 통상 알려진 것 보다 위협 레벨이 낮게 산정되어 있다. 따라서, 제시된 방호 기준을 직접 적용하는 것은 어려우나 방호 기준을 정하기 위해 고려하여야 하는 파라미터와 발생기의 출력, 이동 특성 및 보호대상 설비가 설치되는 환경 등에 대한 적용 방법이 구체화 되어 있어 기준을 도출하는 방법론에 대해서는 향후 기준 정립에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

제3절 국내외 관련 규제 동향

1. 국외 EMP 관련 규제 동향

미국은 핵심 기반시설에 관한 대통령 자문위원회 보고서에서 네트워크로 연결되는 정보시스템의 위협에 고출력 전자파를 규정하고 있으며, 국립소방협회의 재난관리 표준인 NFPA 1600에서는 고출력 전자파를 인적 재난으로 분류하고 있다. 또한 국토안보부 산하 연방위기관리청(FEMA : Federal Emergency Management Agency)은 고출력 전자파로부터 주요 기반시설을 보호하기 위한 방어 가이드라인인 CPG 2-17 (Electromagnetic Pulse Protection Guidance)을 비공개로 제정하고 있으며, 국가적 재난에 대비하기 위하여 제정된 47 CFR 215 (Federal Government focal point for electromagnetic pulse information)를 제정·운용하는 등 국토안보부를 중심으로 관련 대응 방안을 마련하고 있다.

유럽연합에서는 고출력 전자파 방호를 테러 대응방안으로 포함하는 "New European Approaches to Counter Terrorism" 보고서를 발간하였으며, 영국에서는 고출력 전자파 방호의 필요성에 대한 국방위원회 보고서 "Developing Threat : Electro-Magnetic Pulse (EMP)"를 2012년 2월에 출간하여 EMP 위협에 대한 관심과 대응을 나타내었다.

이 이외에 러시아는 2007년에 고출력 비핵 전자파에 대한 자동화 시스템 보호를 위한 규격 (GOST R 52863)을 제정하는 등 각국은 EMP 위협을 현실화된 위협으로 인식하고 관련 대응방안을 마련하고 있는 실정이다.

2. 국내 관련 규제 동향

국내에는 전자적 침해행위에 대비하여 주요정보통신기반시설의 보호 및 안정적 운용을 위해 「정보통신기반보호법」을 제정 할 당시 (2001. 1. 26)부터 고출력 전자파에 의해 통신기반시설을 공격하는 행위를 "전자적 침해행위"로 규정하고 대상 법률의 범위에 포함시키고 있다.

또한 국가·사회적 중요도, 다른 정보통신기반시설과의 상호연계성 및 국가 안전보장과 경제사회에 미치는 피해규모와 범위 등을 고려하여 주요정보통신기반시설을 공공 및 민간 분야로 나누어 지정하고 있으며, 현재 290여개의 시설이 지정되어 관리되고 있다.

하지만 현재 이 법에 의해 실제로 관리되고 있는 "전자적 침해행위"는 해킹, 컴퓨터바이러스, 메일폭탄 등 사이버 침해에 한하고 있으며, 고출력 전자파에 대해서는 시설의 취약점 분석 및 평가를 위한 세부 기준이 아직 마련되어 있지 않은 실정이다.

「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」에서는 2004년 1월 개정 시 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리폭탄, 메일폭탄, 서비스 거부 또는 고출력 전자파 등의 방법으로 정보통신망 또는 이와 관련된 정보시스템을 공격하는 행위를 하여 발생한 사태를 "침해사고"로 규정하고, 침해사고가 발생하여 집적된 정보통신시설에 심각한 장애가 발생할 우려가 있는 경우에 집적정보통신시설 사업자

는 당해 서비스 제공의 전부 또는 일부를 중단하는 긴급조치를 할 수 있도록 조항을 신설하였다.

또한 이 법률에서는 주요정보통신서비스제공자에게 정보통신망에 중대한 침해사고가 발생하여 정보통신망등에 심각한 장애가 발생할 가능성이 높은 경우에는 이용자에게 보호조치를 권고할 수 있도록 규정하고 있으며, 침해사고에 관한 정보의 수집·전파, 침해사고의 예·경보, 긴급조치 등의 침해사고 대응을 수행하도록 규정하고 있다.

이와 관련하여 미래창조과학부에서는 집적정보통신시설에 대한 보호조치 세부기준을 마련하여 훈령(집적정보통신시설보호지침)으로 공포하고 있으며, 보호조치 내용을 접근제어 및 감시, 가용성, 방호성, 방재성, 보호관리 체계화의 6개 분류 24개 항목으로 제시하고 있으나 고출력 전자파 방호에 대한 항목은 포함하고 있지 않은 실정이다.

고출력 전자파의 위험성이나 관련 대책의 필요성은 위에서 언급한 바와 같이 법률로 제시되고 있었으나, 관련 방호시설 구축 시 방호성능을 확인하기 위한 기준 및 절차가 규정되어 있지 않아 2014년 6월 「전파법」 개정을 통해 미래창조과학부에서 고출력 전자파에 대한 안전성 평가를 수행 할 수 있도록 체계를 확립하였다.

「전파법」 제56조로 신설된 “고출력·누설 전자파 안전성 평가”는 고출력 전자파에 대한 방호 또는 누설 전자파로 인한 정보누출 위험을 차단하기 위한 시설을 설치한 자가 관련 평가를 신청하는 경우 미래창조과학부에서 안전성 평가를 수행하는 내용을 규정하고 있다. 관련 안전성 평가는 동법 시행령에 의해 국립전파연구원에 위임되었다.

제3장 EMP 보호대상 설비 선정방안 연구

제1절 개 요

공기 중 또는 통신 및 전원 선로를 통해 침투하여 정보통신기기의 기능을 방해하거나 손상시키는 고출력 전자파를 차단하기 위해서는 일반적으로 자유공간으로 전달되는 전자파를 차단하는 방사 차폐 및 선로를 통해 전달되는 신호를 차단하는 필터가 설치된 차폐실 내부에 보호대상 정보통신기기를 설치하는 것이 일반적이다. 보호 설비의 규모가 작은 경우에는 차폐실이 아닌 차폐랙이나 차폐 함체를 이용하는 경우도 가능하지만 고출력 전자파 차단 원리는 동일하다.



a. 전자파 차폐실



b. 전자파 차폐랙

[그림 4] 전자파 차폐실 및 차폐랙

이러한 전자파 차폐시설을 구축하기 위해서는 규모에 따라 수 백만원에서 수 십 억원 까지의 많은 비용을 수반하기 때문에 모든 정보통신시설에 동일한 성능기준을 적용하여 설치하는 것은 적합하지 않으며, 국가안보 및 사회에 미치는 영향을 고려하여 중요도에 맞는 방호 성능기준을 적용하는 것이 가장 적합한 방법이다.

따라서, 본 연구에서는 다양한 정보통신시설 중 고출력 전자파에 대한 방호 대책이 필요한 설비를 선별하여 대상 범위를 축소하고, 전자파 차폐 방법 이외의 고출력 전자파 방호대책 방법 적용 가능성을 제시하였다. 이를 위해 국내 주요 정보통신시설의 현황을 조사하여 EMP 영향의 과급효과를 고려한 방호 필요 설비 대상을 한정하고, 한정된 설비 내에서도 적용이 가능한 다양한 고장처리 대책을 고려하여 실제로 EMP 방호 차폐시설을 해야 하는 설비를 도출하고 그 판단 기준을 일반화하여 제시하였다.

제2절 EMP 방호 고려대상 정보통신설비 범위 설정

1. 주요 정보통신설비 현황 조사

국내 정보통신 관련법에서는 국가 및 사회적으로 중요한 설비를 정하여 관리할 수 있도록 하고 있다.

먼저「정보통신기반보호법」에서는 주요정보통신기반시설을 지정하여 관리하고 있으며, 2014년 현재 공공 193개 및 민간 99개 시설로 총 292개의 시설이 지정되어 있으며, 지정된 주요정보통신시설의 예를 살펴보면 [표 3]과 같다.

미래창조과학부 관련 시설을 살펴보면 국가 시설로는 국가지도통신망, 초고속 국가망, 국가정보통신망, 우정사업정보센터 통합보안관제시스템, 우체국 금융시스템 등이 해당되며, 민간 통신사업용 설비로는 인터넷접속망, 인터넷 전화서비스 (VoIP), 이동전화(무선인터넷망), IPTV 서비스, 집적정보통신서비스망 등이 해당된다. 민간 통신사업자 시설의 경우 각각의 통신사업자 시설 모두에 대해 지정되어 있다.

안전행정부 관련 시설은 국가기반보호관리시스템, 민원24, 주민등록시스템이 있으며, 정부통합전산센터에서 운영하는 국가정보서비스망, 국가정보통신망 등이 있다. 또한 각 지방자치단체에서 운영하는 인터넷 및 업무시스템, 교통신호 제어시스템, 시도 중앙연계활용시스템이 있으며, 각 지자체의 지하철공사에서 운영하는 철도운영종합관제시스템 등이 해당된다.

[표 3] 각 부처별 대표적인 주요정보통신기반시설

부처	주요정보통신기반시설
미래창조과학부 (28개 기관 60개 시설)	국가지도통신망, 인터넷접속망, 초고속국가망, 국가정보통신망, 인터넷 전화서비스 (VoIP), 이동전화(무선인터넷망), IPTV 서비스, 집적정보통신서비스망, 인터넷주소자원관리시스템, 침해사고대응지원시스템, 공인인증시스템, 통합보안관제시스템, 우체국금융시스템, 연구관리시스템 등
안전행정부 (66개 기관 77개 시설)	국가기반보호관리시스템, 민원24, 주민등록시스템, 국가정보서비스망, 국가정보통신망, 인터넷 및 업무시스템, 교통신호 제어시스템, 시도 중앙연계활용시스템, 통합정보관리시스템, 사이버침해대응지원시스템, 철도운영종합관제시스템, 상수도정수제어시스템, 지역난방제어시스템, 인터넷뱅킹시스템, 물재생공정제어시스템, 경전철종합관리시스템, 긴급구조시스템, U-city 통합운영시스템 등
금융위원회 (40개 기관 49개 시설)	채권매매체결시스템, 유가증권매매체결시스템, 상장공시시스템, 코스닥매매체결시스템, 파생상품매매체결시스템, 청산결제시스템, 예탁자통신시스템, 신용보증기금업무시스템, 전자금융공동망시스템, 전자거래공인인증시스템, 보험정보망 공동조회시스템, 인터넷뱅킹시스템 등
산업통상자원부 (11개 기관 39개 시설)	송변전 SCADA 시스템, 배전자동화시스템, 전력계통 운영시스템, 천연가스배관망 원격감시제어시스템, 원자력발전소제어시스템, 수력발전소제어시스템, 화력발전소 제어시스템 등
국토교통부 (11개 기관 19개 시설)	항공운항정보관리시스템, 수치지도관리시스템, 열차집중제어장치, 철도승차권 예약발매시스템, 댐홍수경보시스템, 항공교통관제시스템, 고속도로교통정보시스템, 열차제어시스템 등
보건복지부 (7개 기관 8개 시설)	건강보험관리시스템, 국민연금관리공단, 사회복지 통합 관리망 병원 정보시스템 등

표에서 볼 수 있듯이 현재의 지정기준은 서비스의 종류를 기반으로 하고 있으며, 해당 서비스 제공을 위해 운용되는 모든 시스템들을 방호 대상으로 포함하는 넓은 개념을 가지고 있다.

이 이외에, 중요한 정보통신설비로 분류할 수 있는 시설은 「전기통신사업법」 제62조제2항에서 규정하고 있는 “중요한 전기통신설비”를 고려할 수 있으며, 미래창조과학부 고시 제2014-36호인 「중요한 전기통신설비」로 규정하고 있다.

이 고시에서 규정하고 있는 중요한 전기통신설비는 [표 4]와 같으며, 해당 시설들은 통신사 간, 원격의 지역간 및 국가간 통신의 매개 역할을 하는 중요한 시설로 사업적으로 뿐만아니라 국가적으로도 중요하게 관리하는 시스템에 해당된다.

[표 4] 전기통신사업법에 의한 중요한 전기통신설비

분류	중요한 전기통신설비
국제전기통신설비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해저광케이블 및 육양국 설비 ○ 인공위성(외국의 위성을 임차하는 경우를 제외) ○ 위성통신지구국 시설중 송수신장치 ○ 국제관문국교환기
시외전기통신설비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공위성 (외국의 위성을 임차하는 경우를 제외) ○ 위성통신지구국 시설중 송수신장치 ○ 광통신시설
기 타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인터넷 가입자접속 서비스 제공을 위한 전기통신설비로서 백본용 게이트웨이 및 라우터(전기통신설비의 상호접속기준 제43조에 따른 최상위 계위에 해당하는 기간통신사업자 설비) ○ 사업자별로 새로운 전기통신기술방식(교환·전송방식 등)에 의하여 최초로 설치되는 전기통신설비

중요한 전기통신설비는 통신사업자의 설비 중 국외의 타 서비스와 연동 및 다수의 이용자에게 영향을 미치는 시설로 정보통신기반설비에 비해 대상을 구체화하여 제시하고 있다.

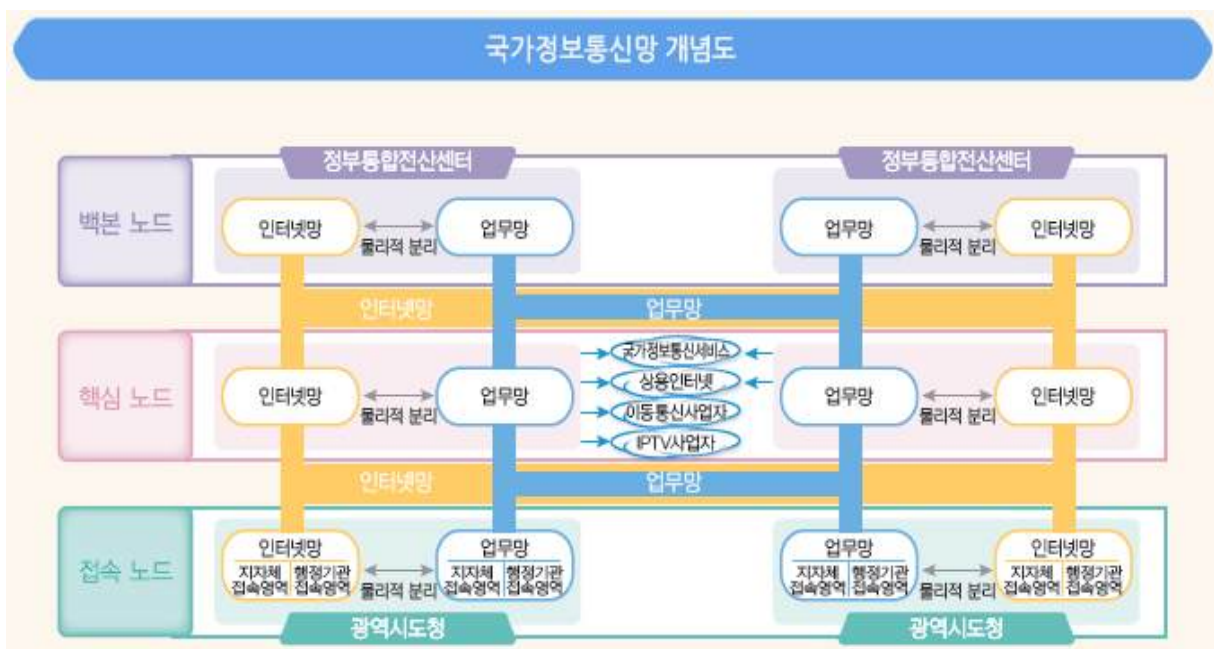
본 연구에서의 고출력 전자파 적용 대상 시설 검토는 [표 3] 및 [표 4]에서 제시하고 있는 중요 설비를 기반으로 분석하였으며, 이러한 설비들이 고출력

전자파에 의해 오동작 또는 고장을 일으키는 경우 그 파급효과 등을 분석하여 방호시설을 구축해야 하는 범위를 결정하였다.

2. 고려대상 정보통신설비 범위

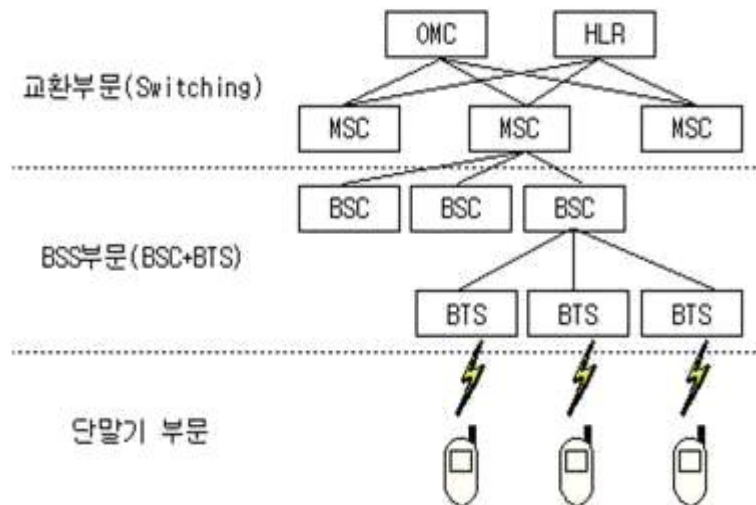
고출력 전자파에 의한 피해 특징은 전쟁, 테러 등 평시보다 국가 위기와 관련된 상황에서 발생하며, 강한 전자기장을 발생시켜 사회적으로 영향을 미칠 수 있는 주요 정보통신기기를 주 대상으로 오동작 또는 물리적인 고장을 유발시킨다는 것이다. 따라서 발생하는 고장이 국가·사회적으로 큰 파급효과를 나타낼 수 있는 시스템에 대해 대비를 한정할 필요가 있다.

이러한 사회적 파급효과를 주요정보통신시설을 예로 들어보면 전쟁 등 유사시에 사용할 수 있도록 설치·운영하고 있는 국가지도통신망의 경우 평상시 뿐만아니라 전쟁시에도 서비스의 중단 없이 원활한 통신이 제공되어야 하는 것이며, 중앙행정기관, 지방자치단체, 공공기관 등 정부기관에서의 문서처리 등 행정서비스 제공을 위해 구축한 국가정보통신망은 시스템의 고장으로 서비스가 중단되는 경우 정부의 행정서비스 전체가 중단되는 문제를 발생시킬 수 있어 시스템 전체에 대한 EMP 대책이 필요하다.



[그림 5] 국가정보통신망 개념도

반면, 민간을 대상으로 하는 통신서비스의 경우 인터넷 전화(VoIP), 무선 전화 및 IPTV 서비스 등이 해당되며, 해당 서비스들은 계층 구조를 이루고 있어 각 계층의 어느 부분에서 문제가 발생하는지에 따라 서비스가 중단되는 범위가 정해지고, 이러한 분석을 통해 영향범위가 큰 계층에 한정적으로 EMP 대책 적용이 가능하다. 무선전화를 예를 들면 기지국 또는 중계기장치의 문제인 경우에는 해당 기지국 또는 중계기(BTS, Base Transceiver System)가 커버하고 있는 범위 (통상적으로 수 100 m에서 수십 km 정도이며, 이용자가 밀집한 도심 공간일수록 더 좁은 공간 범위를 나타낸다)에 대해 서비스가 중단되는 문제를 나타낸다. 하지만 전국을 커버하는 핵심 Core 장비인 이동교환기(MSC, Mobile Switching Center)에서 문제가 발생하는 경우에는 전국의 해당 통신사 무선통신 서비스가 중단되는 경우도 발생할 수 있다.



[그림 6] 이동통신 계층별 구성도

이와 달리 각급 공공 연구기관에서 연구결과물 및 관련 진행사항을 관리하기 위해 구성·운영하고 있는 연구관리시스템의 경우에는 고출력 전자파 공격을 받아 시스템의 고장 또는 일시적인 중단이 발생하여도 관련 자료를 사용하는 이용자들에게 잠시 불편함을 줄 뿐 실제 사회적인 파급효과가 비교적 낮다. 특히 EMP 공격을 전쟁 및 테러 등 국가 비상사태에 준하는 상황으로 한정하는 경우, 더 명확히 구분이 가능하다. 이를 고려할 경우 관련 데이터들의 백업이 잘 이루어져 있거나 지역적으로 분리되어 이중화되는 경우에는 가장 중요한 보관 데이터에 대한 손상을 막을 수 있고, 서비스 제공을

위한 시스템은 파손 되더라도 향후 재구축이 가능하므로 별도의 고출력 전자파 대책이 필요하지 않을 수도 있다고 판단할 수 있다.

제3절 방호대책 적용 범위 결정

앞 절에서는 고려대상 정보통신설비의 범위를 시스템 개념으로 판단하는 방법을 제시하였으며, 본 절에서는 선정된 시스템을 구성하는 다양한 장비 중 어느 범위까지 EMP 방호대책이 필요한지를 결정하는 방법론을 검토하였다.

앞에서 언급한 국가지도통신망과 같이 국가재난발생시 사용을 목적으로 구축한 시스템의 경우 EMP 공격이 발생하였을 때 통신을 이루는 각각의 모든 단말까지 기능상 이상이 없이 동작할 수 있도록 내부의 모든 장비가 EMP에 대한 방호 대상이 되어야 한다.

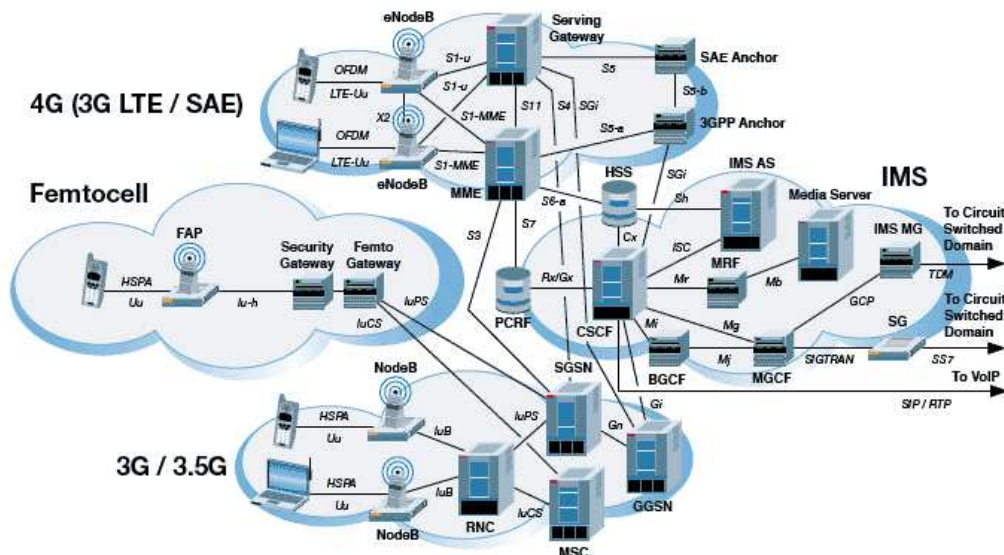
하지만, 이동통신설비와 같은 통신시스템은 시스템 문제 발생시 이동통신이 중단되는 문제를 발생시키긴 하지만, 소형 기지국의 경우에는 주변의 다른 기지국에 의해 임시적인 서비스가 가능하고 필요한 경우에는 이동 기지국 등을 이용하여 긴급한 서비스 복구가 가능한 특성을 가지고 있어 모든 설비까지 전쟁이나 테러에 의해 발생하게 될 EMP 공격에 대한 상시 대비를 갖출 필요는 없다.

이러한 시스템들은 시스템의 구성 상 상당히 넓은 지역에 영향을 동시에 미치거나 서비스 복구에 많은 시간이 소요되는 장비를 중심으로 EMP 대책을 적용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

EMP 공격이 각각의 시스템에 미치는 영향 분석을 위해서는 전체 네트워크 상의 각 기기의 역할을 분석하고 해당 장비의 문제 발생시 서비스 전체에 미치는 영향을 분석하는 방법이 가능하다.

[그림 7]은 4G 이동통신을 예로 시스템의 구성 형태를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 4G 단말의 통신 데이터는 주변의 가까운 기지국 (eNodeB)을

거쳐 Serving Gateway를 통해 VoIP나 Circuit Switching 서비스를 제공하는 IMS (IP Multimedia Subsystem)나 다른 이동통신망(3G)으로 연결된다.



[그림 7] 4G 이동통신 시스템의 구성

이러한 시스템 구조를 볼 때 단말과 가까운 기지국 장비 보다는 Serving Gateway와 같은 구조상 상위 계층의 장비 고장에 대한 파급효과가 큰 것으로 쉽게 판단할 수 있으며, 이는 곧 EMP 방호대책에 대한 필요성도 높음을 알 수 있다.

각 시스템의 서비스 전체에 미치는 영향을 확인하는 방법으로 시스템 기능 구조상의 각 기능을 분석하는 방법도 있지만, 발생하는 각 시스템의 고장 사례 분석을 통해 전체 서비스에 어떠한 영향을 미쳤는지를 확인하는 것이 정확하고 현실적인 방법이 된다.

주요정보통신설비를 구축·운용하는 사업자는 대부분 「전기통신사업법」에서의 기간통신사업자에 해당하며, 본 연구에서는 이러한 기간통신설비들의 중요한 고장 및 복구에 소요된 시간과 원인을 조사하여 보호 필요 설비를 확인해 보았다.

[표 5] 기간통신 설비 장애 원인 및 내역

년도	장애원인	장애시간	비 고
2011년	전용회선 정류기 장애	29분	전원
	기지국제어기(BSC) 장애	45분	통신기기
	광중계기 장애	7시간 20분	통신기기
	인위적 GPS 혼신	2시간 29분	GPS
	해저케이블 일부 소손	약 5일	케이블
	교환기 S/W 장애	25분	통신기기
	교환기 이상 동작	2시간 36분	통신기기
	변압기 고장	40분	전원
	통신국사 누전에 의한 정전	5시간 59분	전원
	케이블 절단	4시간 20분	케이블
	교환기 S/W 장애	4시간 30분	통신기기
	집중호우	약 4일	전원
	노티서버 장애	11시간	통신기기
	태풍 복상	약 2일	전원
	HLR 장비 장애	1시간 40분	통신기기
	기지국 호처리 장비 장애	40분	통신기기
	광케이블(7조) 단선	4시간 21분	케이블
	송전선로 단선	8시간 24분	케이블
	순환정전	5시간 40분	전원
2012년	교환기 백보드 불량	2시간 17분	통신기기
	교환기 장애	8시간 4분	통신기기
	태풍에 의한 정전 및 M/W 파손	약 3일	전원
	태풍에 의한 정전	약 2일	전원
2014년	HLR 장비 장애	5시간 39분	통신기기

[표 5]는 2011년부터 2014년까지 4년간 발생한 기간통신설비들의 24개 장애 내용을 정리한 것이며, 장애 내용을 분류하면 통신기기 이상 11건, 전원 이상 8건, 케이블 단선 3건 및 GPS 혼신 1건으로 나타났다. 이 중 정보통신기기 관련 장애를 세부적으로 분류해 보면 교환기 장애 5건, HLR 장애 2건 및 기지국제어장치 장애, 서버 장애, 호처리장치 장애, 광중계기 장애 각 1건으로 나타났다.

이러한 장애들은 통신사업자가 서비스 제공을 위해 다양한 설비를 운용하여 발생하는 많은 장애 중 서비스에 영향이 없는 장애를 제외하고 서비스 제공에 심각한 영향을 준 장애에 해당하며, 실제 EMP 관점에서도 공격에 따른 파급효과가 다른 장비에 비해 커서 방호 대책을 필수적으로 고려해야 하는 장비로 판단할 수 있다.

전체적인 장애 원인 및 복구시간을 살펴보면 태풍 및 집중호우에 의한 수·변전 설비의 침수로 발생하는 전원설비 이상에 따른 장애가 시스템 전체에 영향을 미치며 복구에 많은 시간이 소요됨을 알 수 있다.

케이블 장애의 경우에는 EMP 공격으로 발생할 수 있는 장애가 아니므로 분석 대상에서 제외하였다.

통신기기의 경우 교환기 관련 장애가 다른 장애에 비해 복구시간이 비교적 길고 광범위한 범위에 영향을 줄 수 있다. 그 외에 광중계기 장애 발생시 복구에 많은 시간이 소요되지만, 광중계기는 기지국의 음영을 보완하거나 셀 반경을 확장하기 위해 설치하는 장비로 고장에 따른 피해 이용자 범위가 크지 않아 EMP 대책 필요성은 낮은 것으로 판단된다.

제4절 EMP 방호 방법 선정

본 절에서는 앞 절에서 선정된 방호 필요 시스템 중 방호 대상 장비에 대해 어떠한 방호 방법을 적용하는 것이 적합한지를 판단하는 방안을 제시한다.

주요정보통신시설의 EMP 방호 목적은 외부의 EMP 공격이 있는 경우에도 목적하는 서비스를 원활하게 제공하는 것이며, 원활한 서비스 제공 자체를 다양한 분류로 나누어 생각 할 수 있다.

국가의 위기상황에서 운용되는 “국가지도통신망” 및 재난 관련 통신망 들은 신속한 상황의 전파 및 대응 체계의 전달 등을 위해 한시도 중단되지 않고 서비스를 제공할 수 있도록 설비에 대한 방호 대책을 적용하여야 한다. 하지만 일반 이용자의 편의를 목적으로 하는 정보통신설비에 대해서는 “국가지도통신망”과 같이 중단 없는 서비스가 아닌 신속한 서비스의 복구가 가능한 방호 대책을 적용하는 것이 합리적인 선택이다.

중단 없는 서비스를 위한 EMP 방호대책으로는 대상시설의 완벽한 차폐와 지역적으로 분리된 이중화를 적용할 수 있다.

대상시설의 완벽한 차폐의 경우에는 외부에서 발생한 EMP 전자파가 정보통신기기의 전자기 내성 이하로 감쇄될 수 있도록 특정 성능 이상의 차폐실을 설치하고 외부로 연결되는 모든 전도성 케이블 (광섬유 케이블 제외)에는 차단 필터를 설치하여 정보통신기기를 보호하는 방법이다. 일반적으로 EMP 용 차폐실이나 EMP 차폐 랙을 설치한다.

지역적으로 분리된 이중화의 경우에는 비핵 고출력 전자파의 공격 범위가 수 십 ~ 수 백 m 정도로 좁은 범위에 한정되는 특성을 이용해, 한 시스템에서 문제가 발생하는 경우 다른 시스템으로 서비스 중단 없이 자동으로 절체되는 또 하나의 복제 시스템을 거리적으로 떨어진 곳에 설치하여 별도의 전자파 차단장치 없이 EMP 공격에 의한 서비스 중단을 막는 방법이다.

현재 「전기통신사업법」에 의해 전기통신사업자에게 적용되는 「방송통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준」에서는 이와 유사한 대체접속계통의 설정, 복수 전송로의 구성 및 분산수용을 기간통신사업자에게 의무사항으로 규정하고 있어 어느 정도의 EMP 공격에 대한 대응 효과가 있는 것으로 판단된다.

[표 6] 대체접속 및 분산수용 관련 기술기준

○ 대체접속계통의 설정

- 교환망의 경우 두개의 중요통신국사 간을 연결하는 접속계통의 고장 등에 대비하여 이를 대체할 수 있는 다른 통신국사를 경유한 우회 접속계통을 마련한다.

○ 복수 전송로의 구성

- 중요통신국사간을 연결하는 전송로설비(전송설비 및 선로설비가 일체로 설치된 방송통신설비)는 고장 및 장애에 대비하여 다른 전송매체 또는 다른 지리적 경로에 의한 복수 전송로를 구성한다. 다만, 다른 소통수단이 확보된 경우에는 그러하지 아니하다.
- 중요통신국사간을 연결하는 방송통신회선은 복수의 전송로설비로 분산 수용한다.

○ 분산 수용

- 전체 가입자의 통신 트래픽이 한 개의 통신국사에 집중되지 않도록 다수의 통신국사에 분산하여 장애시에도 일정 수준의 서비스가 유지되도록 하여야 한다.

하지만 이러한 방법은 핵 EMP와 같이 우리나라 전체를 대상으로 공격이 가능한 경우나 여러 곳에 대해 동시에 공격이 이루어지는 경우에 대해서는 적용할 수 없는 방법이다. 따라서, 핵 EMP 방호를 대상으로 하는 시설의 경우에는 완벽한 차폐방법 적용이 필수이다.

신속한 서비스 복구가 가능한 EMP 방호대책으로는 신속한 대체가 가능하도록 예비 장비의 도입, 고장 수리를 위한 설비 비치, 중요 데이터의 백업 등을 적용할 수 있다.

기간통신사업자의 경우에는 EMP 뿐만아니라 다른 원인에 의한 장애의 예방을 위해 「방송통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준」에 의한 의무사항으로 이와 같은 대책을 적용하고 있으며, 이는 EMP 대책으로도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

신속한 서비스 복구를 위해 수행되고 있는 대책은 [표 7]과 같다.

[표 7] 신속한 서비스 복구 관련 기술기준

o 예비기기 등의 설치

- 중요한 통신설비가 자체만으로 신뢰도를 충분히 유지할 수 없을 경우에는 설비의 중요도, 고장발생률, 복구소요시간 등을 고려하여 예비기기를 설치한다. 다만, 이에 준하는 조치를 강구하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 예비기기를 설치한 경우에는 운용중인 설비에 장애가 발생했을 때 이를 예비기기로 신속히 전환되도록 한다.

o 시험기기의 확보

- 방송통신설비를 시공, 관리 또는 운용하는 사업장에는 그 설비를 점검 또는 검사하는데 필요한 시험기기를 확보하거나 이에 준하는 조치를 한다.

o 데이터의 복원

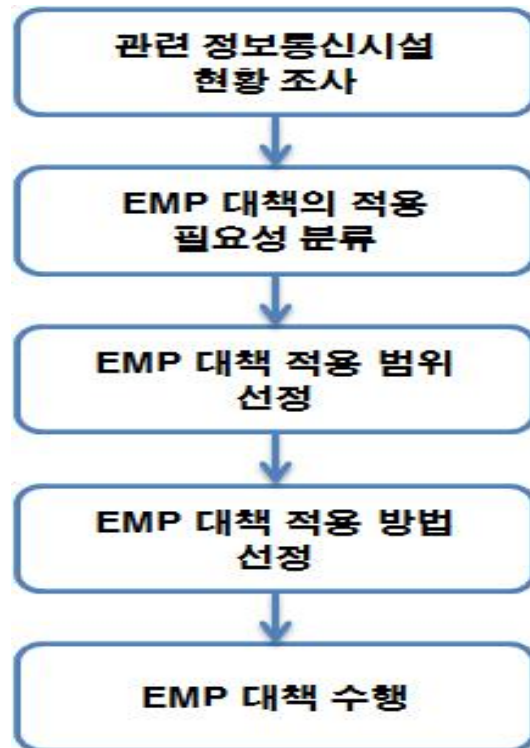
- 통신설비의 데이터 또는 이용자 데이터 등 중요한 데이터의 파괴시 복원이 가능하도록 전산보조기억장치를 구비한다.
- 데이터보관실 또는 데이터보관고가 전자파에 의한 영향이 우려되는 경우에는 이에 대한 대책을 강구한다.
- 중요한 통신설비 및 이용자 등에 관한 데이터는 통신비밀보호, 데이터보호 및 복원 가능성의 정도를 기준으로 하여 분류·관리한다.

EMP 방호 대상설비에 대해 중요도 및 운용의 유연성 등을 고려하여 제시된 다양한 방호대책을 적용하는 경우에는 많은 투자예산이 소요되는 EMP 차폐시설 구축 없이도 방호대책 수행이 가능할 것으로 판단된다.

제5절 보호대상 선정 방안

결과적으로 중요한 정보통신설비를 운용하는 기관에서 EMP 방호를 위해 대상설비를 선정하고 방호 방법을 선정하기 위한 작업은 [그림 8]의 절차에 따라 이루어져야 한다.

방호대책 선정 절차를 요약하면, 제2절에 따라 각 기관에서 보유 및 관리하고 있는 시설들 중 EMP 방호시설 구축이 필요한 시설을 선정하고, 제3절에 따라 대상 시설 중 전쟁, 테러 등 해당 기관의 업무에 적절한 위협 환경을 고려하여 고장에 따른 파급효과가 큰 대상 장비를 선정한다. 이후 제4절에 따라 대상 장비에 적용할 수 있는 방호방법을 선정하는 단계이다.



[그림 8] EMP 대책 적용 절차

EMP 대책 적용 절차 각각의 단계에서 고려되어야 할 사항을 요약하여 제시하면 [표 8]과 같다.

EMP 방호 대상시설은 그 종류와 운용되는 기능이 다양하여 일률적인 기준으로 방호 대상 여부 및 적용 방법을 판단하는 방법을 제시하기는 어렵다. 따라서 해당 시설의 관리 책임이 있는 기관에서 EMP 대책 적용 절차와 각 절차별로 제시된 대책 방법 선정을 위해 고려되어야 할 사항들을 적용한다면 모든 시설에 대해 차폐실 대책만을 적용하는 경우에 비해 보다 효율적이고 실질적인 대책을 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

[표 8] EMP 대책 수립을 위한 단계별 고려사항

고려 단계	고려 사항
EMP 대책 적용 필요성 분류	<ul style="list-style-type: none"> o 법적인 방호시설 설치 의무 대상 여부 o 전시 및 EMP 테러 발생시에도 완벽한 통신서비스 제공 필요성 여부 o EMP 공격시 특정시간의 통신서비스는 가능하나 신속한 복구 필요성 여부
EMP 대책 적용 범위 선정	<ul style="list-style-type: none"> o 핵 EMP 고려 대상 여부 o EMP 발생 환경에서도 단말까지의 완전한 서비스 필요성 o 장애 발생시 서비스 중단 범위 o 장애 발생시 기능 복구 (수리, 교체 등) 필요 시간
EMP 대책 적용 방법 선정	<ul style="list-style-type: none"> o 핵 EMP 고려 대상 여부 o 차폐 이외의 방법 적용 가능성

제4장 민간시설에 적합한 EMP 보호기준 마련

제1절 서 론

본 장에서는 지난 6월 3일 개정된 「전파법」 제56조에 의한 고출력·누설 전자파 안전성 평가 수행을 위한 세부 고시인 「고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 고시」(국립전파연구원 고시 제2014-20, 2014.12.4) 제정을 위해 수행된 연구와 향후 민간 주요 정보통신설비에 적합하도록 기준 개선을 위해 수행한 연구 내용을 제시한다.

「고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 고시」(이하 “안전성 평가 고시”)는 고출력 또는 누설 전자파 방호시설을 구축하고 해당 시설에 대한 성능평가를 필요로 하는 기관에서 신청하는 경우 고시에 제시된 기준 및 시험방법에 따라 평가를 수행하고 그 결과를 해당 기관에 통보하는 절차로 진행된다.

이번에 제정된 안전성 평가 고시는 미국의 MIL-STD-188-125를 근간으로 하고 있으며, 이 중 국내 환경에 적합한 내용을 발췌하여 기준 및 시험방법으로 도입하였다. 기준 마련 연구는 2013년부터 수행된 연구로 작년도에 도출된 기술기준(안)을 근간으로 금년도에는 기술기준 및 시험방법 세부 내용에 대한 근거 마련 및 전문위원회를 통한 검토를 통해 기준을 확정하였다.

또한 2013년도부터는 민간 정보통신시설에 적합한 EMP 보호기준 마련 연구를 진행하고 있다. 이 연구는 현재 기술기준으로 반영된 MIL-STD-188-125 기준이 미국 군사시설에 적용되는 매우 엄격한 기준으로 민간시설은 보다 완화된 기준의 적용이 가능함을 확인하기 위한 것이며, 정보통신기기의 EMP 내성을 측정하고, 이를 통해 정보통신기기가 장애를 일으키는 전자기 레벨을 분석하여 보다 완화된 기준을 도출하는 방향으로 단계적으로 수행되고 있다.

이를 위해, 2013년에는 PC 및 노트북에 대해 핵 EMP 및 비핵 EMP (CW 신호)를 인가하여 각각의 내성을 확인하는 연구를 수행하였으며, 금년도에는 허브(라우터) 및 하드디스크 등에 대한 내성 시험을 진행하였다.

본 장에서는 제2절에 안전성 평가 고시(안) 마련에 검토되었던 내용과 2013년도에 도출된 초안에서 추가 및 수정된 고시안을 설명하고, 제3절에서는 민간 정보통신기기에 적합한 보호기준 마련을 위해 수행한 허브 및 하드디스크에 대한 정보통신기기 내성 시험 결과를 제시하였다. 마지막으로 제4절에서는 정보통신기기 내성 시험을 통해 도출된 안전성 평가 기준 개선에 대한 중간 결과를 제시한다.

제2절 안전성 평가 고시 제정(안) 마련

1. 안전성 평가 기준 제정 방향

「전파법」에서 규정한 고출력·누설 전자파 안전성 평가는 강제로 적용되는 대상시설을 별도로 정하지 않고 어떠한 시설이든 시설자의 판단에 따른 자발적인 신청에 대해 제시된 기준으로 시설의 EMP 방호 성능을 평가하는 것이다. 이렇게 별도의 신청 범위를 정하고 있지 않으나 군 시설을 제외한 민간 분야의 시설이 실질적인 대상 시설이 된다.

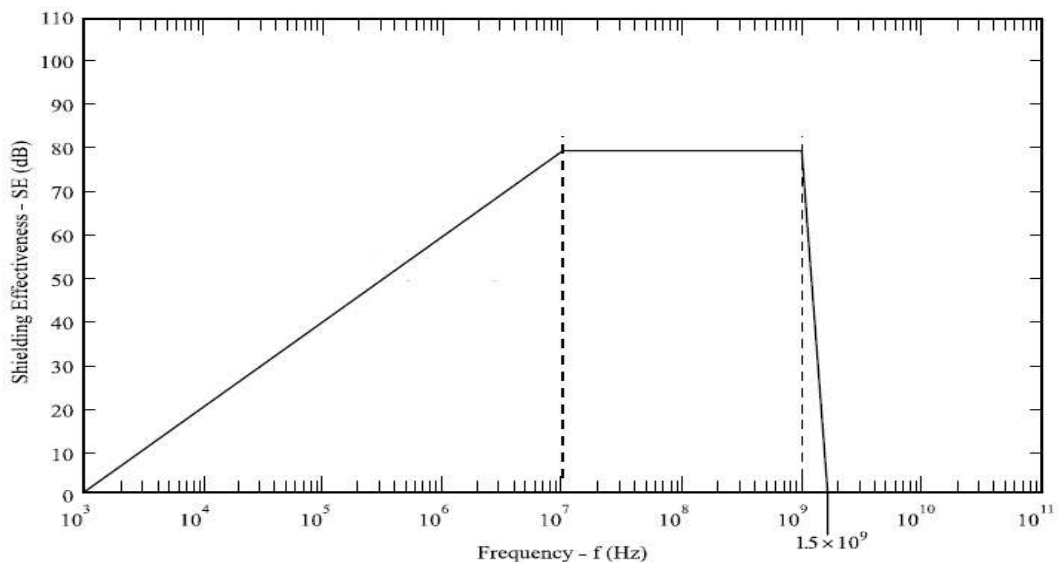
이러한 이유로 안전성 평가 기준은 민간 주요정보통신시설 보호에 적합하도록 규정을 마련하는 방향으로 추진하였다. 하지만 현재까지 민간 표준기관에서 제시된 관련 표준은 IEC에서 일부 기준 및 시험방법을 제시하고 있으나 실제 방호설비의 성능을 측정하고 평가하기에 세부적인 시험방법을 명확히 제시하고 있지 않다. 또한 관련 표준을 이용한 평가 수행이 실제로 국내 외에서 이루어진 경험이 없어 신규 적용에 따른 문제점 발생 등의 위험 요소를 가지고 있어 적용상 어려움이 있다.

이에 따라 안전성 평가는 국내·외적으로 많은 시험기관에 의해 적용된 사례가 많은 MIL-STD-188-125를 도입하도록 방향을 정하였다.

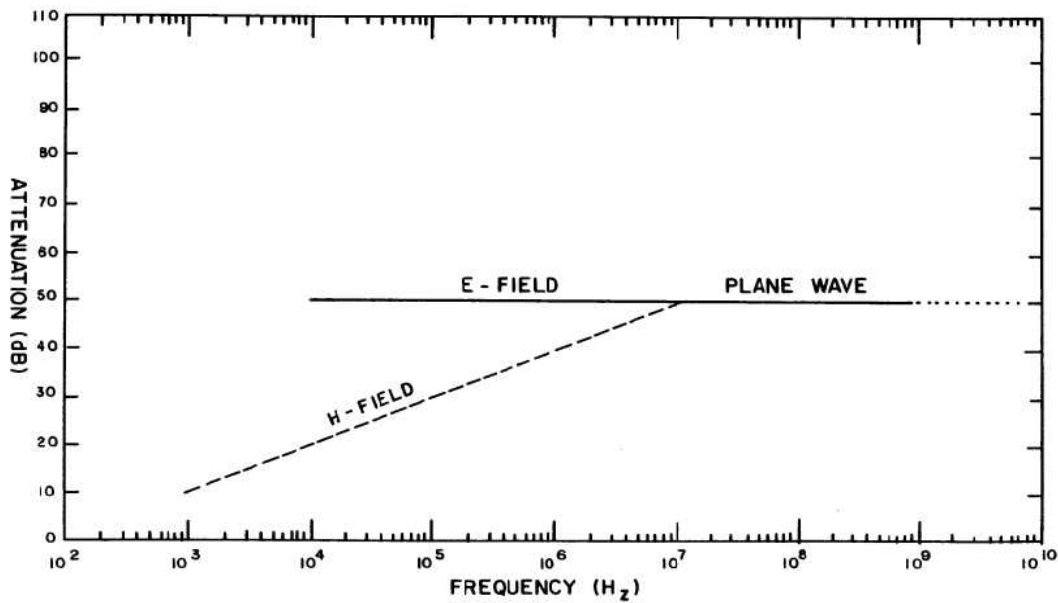
또한 현재 별도의 누설 전자파 방호시설에 대한 성능평가기준 및 시험방법을 두지 않고 고출력 전자파 및 누설 전자파에 함께 적용되는 시설 기준을 제시하였으며, 이는 방호시설의 전자파 차폐 성능에 대해 양방향성을 갖고 방호를 위해 요구되는 고출력 전자파 차폐 성능이 누설 전자파 차폐 성능보다 더 높기 때문에 가능하였다.

즉, 고출력 전자파 방호시설은 차폐 개념상 외부에서 정보통신시설이 있는 내부로 방사 및 전도성 전자파가 유입되는 것을 차단하기 위해 차폐실과 전원 및 통신용 필터를 사용하는 형태이며, 누설 전자파 방호시설은 내부의 정보통신기기로부터 발생하는 전자파가 외부로 방사 및 전도 형태로 누출되지 않도록 차폐실과 전원 및 통신용 필터를 사용하여 차단하는 형태이다.

통상적으로 차폐시설은 방사 전자파에 대한 차폐성능과 전도 전류에 대한 필터의 차단 특성이(삽입손실 특성, 펄스 전류 차단 특성은 제외) 양 방향에 대해 유사한 차단 특성을 가지며, 고출력 전자파 방호에 필요한 차폐성능 (80 dB)이 누설 전자파 차단에 필요한 차폐성능 (50 dB)에 비해 낮기 때문에 고출력 전자파 방호시설은 누설 전자파에 대한 방호도 가능한 것으로 판단이 가능하다.



[그림 9] 고출력 전자파 방호 요구 성능 (Mil-STD-188-125)



[그림 10] 누설 전자파 방호 요구 성능 (EP1110-3-2)

2. MIL-STD-188-125 기준 비교 분석

안전성 평가 기준은 MIL 표준의 기준과 시험방법을 그대로 도입하면서 국내 상황에 적합하도록 최소한의 안전성 확보에 필요한 필수 시험항목을 반영하였다.

먼저, 방사성 차폐성능 시험은 동일한 절차와 방법으로 수행하도록 규정하였으며, 전도성 방호성능 시험 (PCI : Pulsed Current Injection)은 초기 펄스 (Short Pulse)와 중간 펄스 (Intermediated Pulse) 시험만을 포함하고 후기 펄스 (Long Pulse)는 제외하였다.

후기 펄스의 경우 미국이나 러시아와 같이 수 백 km의 거리를 연결하는 전원이나 통신선에 대해 고전류가 유기되어 시스템에 손상을 가하는 것으로, 우리나라의 경우 그 위험성이 아직 많지 않은 것으로 알려져 있다. 또한, 외부에서 유입되어 정보통신기기에 직접 영향을 미치기보다 송전 및 배전 설비에 주로 영향을 미치는 것으로 안전성 평가에서 주 대상으로 하고 있는 정보통신설비 보호 목적의 방호시설 (차폐실)의 성능평가에는 적합하지 않기 때문이다.

하지만 후기 펄스에 대한 대책이 방호시설 성능을 평가하는 안전성 평가 항목에는 포함되지 않지만, 차폐시설이 설치된 건축물 전체의 EMP 방호 개념에서 필수적으로 확인되어야 할 사항으로서, 향후 안전성 평가의 범위를 건축물 내부의 수·변전 시설 등 방호차폐시설 이외의 범위까지 확대하는 경우에는 필수적으로 고려되어야 할 사항으로 판단된다.

[표 9] 안전성 평가 기준과 MIL-STD 기준 비교

시험 항목				안전성 평가	MIL-STD
인수시험	차폐성능시험			○	○
	PCI 시험	Short pulse		○	○
		Intermediate pulse		○	○
		Long pulse		×	○
확인시험	CWI 시험			×	○
	PCI 시험	Short pulse	Wire-to-ground	×	○
			Common mode	×	○
		Intermediate pulse	Wire-to-ground	×	○
			Common mode	×	○
		Long pulse	Wire-to-ground	×	○
			Common mode	×	○

MIL-STD-188-125에는 방호시설의 성능을 평가하는 시험으로 인수시험(Acceptance Test)과 확인시험(Verification Test) 2가지를 규정하고 있다.

먼저, 인수시험은 방호설비의 방사성 차폐성능을 측정하는 차폐성능시험(SE : Shield Effectiveness)과 전도전류 차단성능을 측정하는 전류주입시험(PCI, Pulsed Current Injection)의 2 종류가 있으며, EMP 방호와 관련된 방사성 차폐성능과 전도성 차단성능에 영향을 미치는 장비들이 설치가 완료된 시점에서 각각이 기준에 적합한 성능을 가지는지를 확인하는 시험으로 통상적으로 내부 및 외부 인테리어와 사용될 정보통신기기가 설치되기 이전에 수행된다.

인수시험 이후에는 EMP 방호성능과 관련이 없는 작업 (내·외부 인테리어,

장비의 설치 등)이 수행되므로 방호시설의 성능은 인수시험으로 최종 확인된다고 할 수 있으며, 내·외부 인테리어 설치 이후에는 이러한 재료들의 영향으로 차폐실에 대한 정확한 성능 측정이 어려워 이 인수시험의 측정 결과가 실제 구축된 방호설비의 최종 차폐성능으로 볼 수 있는 것이다.

확인시험은 내·외부 인테리어 설치 및 사용하고자 하는 정보통신설비의 설치가 완료된 후 수행하는 시험으로 차폐실의 정확한 차폐성능을 측정하기 보다는 인수시험으로 확인된 차폐성능이 이후의 인테리어 작업이나 기기 설치 작업중에 손상되지 않았는지를 확인하는 시험이며, 방사성 차폐에 대한 CWI 시험과 전도 차단에 대한 PCI 시험이 있다.

CWI 시험은 인수시험의 차폐성능 시험과 유사하지만 이와는 달리 원거리에서 방호시설 전체에 전자기장 형성이 가능하도록 신호를 발생시켜 방호설비 내부에서 전자파가 유입되는지 여부를 확인하는 시험이다.

PCI 시험은 핵 EMP에 의해 발생하는 초기, 중기 및 후기 파형에 의해 유도되는 전류를 대상 전원 및 통신선로에 직접 유도시키고 방호설비 (필터 등)가 이를 적정한 만큼 차단하는지를 확인하는 시험이다. 인수시험에서는 개개의 선로에 대해 유도 전류를 주입시키는 형태로 시험(wire to ground)이 수행되며, 확인시험에서는 이 시험뿐만 아니라 전원 또는 통신 선로 전체에 한꺼번에 펄스전류를 유도시키는 형태의 시험(common mode)이 함께 수행된다.

국내외 대부분은 인수시험으로 성능평가를 마무리 하며 연구반 논의에서도 인수시험 만으로도 방호시설에 대한 평가는 가능하므로 별도의 확인시험은 안전성 평가에서 제외하는 것으로 의견을 모았다.

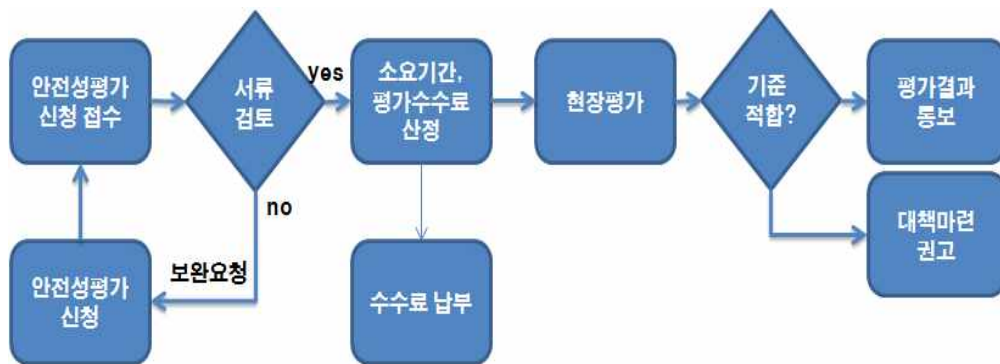
3. 안전성 평가 고시

안전성 평가 고시는 전체 13조의 본문과 4개의 별표 및 3개의 별지 서식으로 구성된다.

제1장은 총칙으로 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보 유출 방지를 위해 구축된 방호차폐시설 또는 장비보호시설을 적용 대상으로 하는 안전성 평가 기준 및 방법 등의 규정을 목적으로 하고 있다.

제2장은 안전성 평가 대상 및 절차를 규정하고 있다. 안전성 평가 대상은 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 구축된 시설이며, 안전성 평가 절차는 신청자의 신청에 따라 산정된 평가수수료를 납부하면 현장평가계획에 따라 현장평가를 수행하고 그 결과를 통보하는 형태로 진행된다.

안전성 평가 결과, 시설이 성능기준에 맞지 않는 경우에는 이에 대한 대책을 마련하도록 권고할 수 있도록 규정하고 있다.



[그림 11] 안전성 평가 수행 절차

제3장은 안전성 평가 기준 및 방법 등을 규정하고 있다. 제8조에는 안전성 평가 기준을 [표10]과 [표11]과 같이 제시하며, 제9조는 안전성 평가 방법을 제시하고 있다.

[표 10] 고출력·누설 전자파 안전성 평가 방사성 방호성능 기준

주파수 범위	방사성 방호성능 차폐 기준[dB]
10 kHz - 10 MHz	20 log f - 60 이상 f : 주파수(Hz)
10 MHz - 1 GHz	80 이상

[표 11] 고출력·누설 전자파 안전성 평가 전도성 방호성능 기준

전기적 인입점			주입 형태	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s)	실효값 (A/√s)
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 10	≤ 1× 10 ⁷	≤ 1.6 × 10 ⁻¹
	중펄스		선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것		
기타 전원선 (내부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 10	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 × 10 ⁻¹
오디오/ 데이터선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 0.1	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 × 10 ⁻³
	중펄스		선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것		
제어/ 신호선 (내부 → 내부)	저압선	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 0.1	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻³
	고압선	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 1.0	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻²
전선관 실드	신호/ 저전류	매설/ 노출	관-접지	총(벌크) 전류	≤ 0.1	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻³
	중전류	매설/ 노출	관-접지	총(벌크) 전류	≤ 1.0	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻²
	고전류	매설/ 노출	관-접지	총(벌크) 전류	≤ 10	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻¹

제9조제3항은 동조 제1항과 제2항에서 제시되는 안전성 평가 방법이 현장 여건상 적용하기 어려운 경우에는 국제 표준에 준하거나 국제 표준의 적용도 어려운 경우에는 신청자와 협의하여 정할 수 있도록 예외 규정을 두어 다양한 현장 여건을 고시에서 반영하지 못하는 부분을 보완하도록 하고 있다.

실제 방호시설이 구축되는 환경은 기준에 따른 방사 차폐성능 측정을 위해 필요한 측정거리가 확보되지 못하는 경우가 많으며, 이 경우에는 측정거리를 보다 짧게 규정하고 있는 IEEE-STD-299 등 다른 표준을 적용하거나 이러한 표준도 적용이 어려운 경우에는 정보통신기기의 EMP에 대한 안전성 확보의 측면에서 적용이 가능한 대안적인 방법을 신청자와 협의하여 정할 필요가 있음을 반영한 것이다.

제10조는 현재 고시에서 규정하고 있는 핵 EMP에 대한 기준 이외 비핵 EMP에 대한 기준이나 누설 전자파만을 목적으로 하는 방호시설에 대한 시

험을 요구하는 경우 이에 대한 수행 근거를 명시하고 적용하는 기준 및 시험 방법은 국제표준이나 통상적인 적용 방법 등 상호 협의하여 정하도록 규정하였다.

현재의 안전성 평가는 핵 EMP에 대한 방호기준을 제시하고 있으나 시설 구축자가 비핵 EMP 또는 누설전자파 만을 대상으로 하는 방호시설을 구축하는 경우에는 안전성 평가를 수행하는 국립전파연구원과 협의를 통해 적절한 기준 및 시험방법을 정하고 이에 대해 평가를 수행 할 수 있도록 규정하는 조항이다. 관련하여 비핵 및 누설 전자파에 대한 안전성 평가 기준은 2018년에 제정 완료할 예정이다.

제4장은 자문위원회 구성 방법, 처리기간 및 규제 일몰제에 따른 고시 재검토 기한을 규정하고 있다.

4. 향후 개선사항

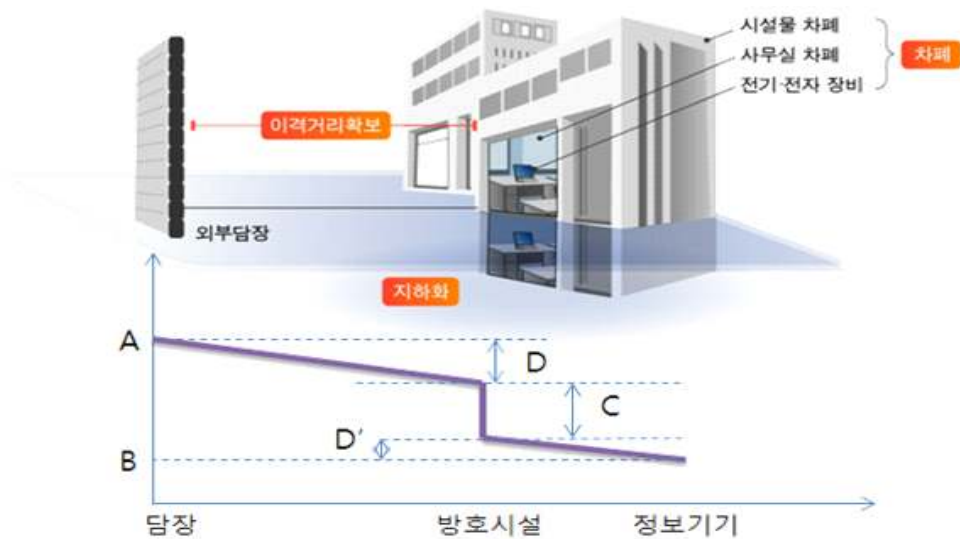
안전성 평가 고시는 MIL-STD를 기반으로 민간에 적용하기 위해 필요한 사항을 최소한으로 적용하도록 하였다. 하지만 군에서 사용하는 정보통신기기의 성능특성과 민간 정보통신기기의 내성 특성 차이와 전시를 대비하여 EMP 공격시 순간적인 오동작도 허용하지 않는 군 장비의 엄격한 기준이 민간에는 완화 될 수 있다는 점 등이 아직 안전성 평가 기준에 제대로 반영되지 못하였다. 이러한 사항을 고려할 경우 많은 민간 시설이 현재의 기준 보다 완화 된 기준으로 적용 될 수 있을 것으로 판단된다.

제3절 정보통신기기의 고출력 전자파 영향 분석

1. 고출력 전자파 방호기준 도출 방안

EMP로 부터 주요 정보통신기기를 보호하기 위한 방호기준은 외부에서 발생하여 정보통신기기가 설치된 위치까지 유입되는 전자파를 정보통신기기가 견딜 수 있는 신호레벨 (전자파 내성) 이하가 되도록 감쇄시키는 기능

을 하게 되며, 유입되는 전자파 레벨과 정보통신기기의 전자파 내성 차이가 방호시설이 EMP로부터 정보통신기기를 보호하기 위해 가져야 하는 성능기준인 방호기준이 된다.



[그림 12] EMP 방호기준 도출 개념

이러한 방호기준 도입 개념을 살펴보면, [그림 12]에서와 같이 접근이 외부담장 밖으로 차단된 환경의 경우 외부에서 발생 가능한 최대 전기장을 A라고 하면 이 전기장은 정보통신기기가 설치되어 있는 내부로 전달되는 동안 거리에 의한 감쇄인 D와 D', 그리고 건축물 재료에 의한 감쇄 C에 의해 신호 레벨이 B ($= A - D - C - D'$)로 감쇄된다. 이렇게 감쇄된 레벨이 정보통신기기의 전자파 내성 레벨보다 낮은 경우에는 EMP에 대한 위협은 없는 것으로 판단이 가능하며, 전자파 내성 레벨보다 높은 경우에는 (B - 정보통신기기 전자파 내성)에 해당하는 추가적인 차폐시설을 설치하여야 정보통신기기를 안전하게 보호할 수 있게 된다.

통상적으로 외부의 접근을 차단하는 환경은 각각의 기관마다 다르며, 최악의 경우에는 접근 통제 실패로 정보통신기기 근처까지 EMP 발생장치가 근접할 수도 있다. 또한 전자폭탄이나 핵 EMP의 경우에는 광범위한 지역에 대해 일정한 레벨의 전자기장을 형성할 수 있으므로 이러한 외부담장에 의한 거리감쇄를 기대할 수 없다.

[표 12] 일반적인 건축물이 갖는 전자파 차단 성능 (IEC61000-4-36)

Nominal Shielding (dB)	Description
0	Wood building
5	Room under wood roof
	Wood building, room 1
	Concrete, no rebar
	Wood building, room 2
10	Concrete and re-bar, room 1
	Concrete and re-bar, room 2
20	Concrete and re-bar, room 3
	Concrete and re-bar, room 4
	Metal building
30	Concrete and re-bar, well protected room

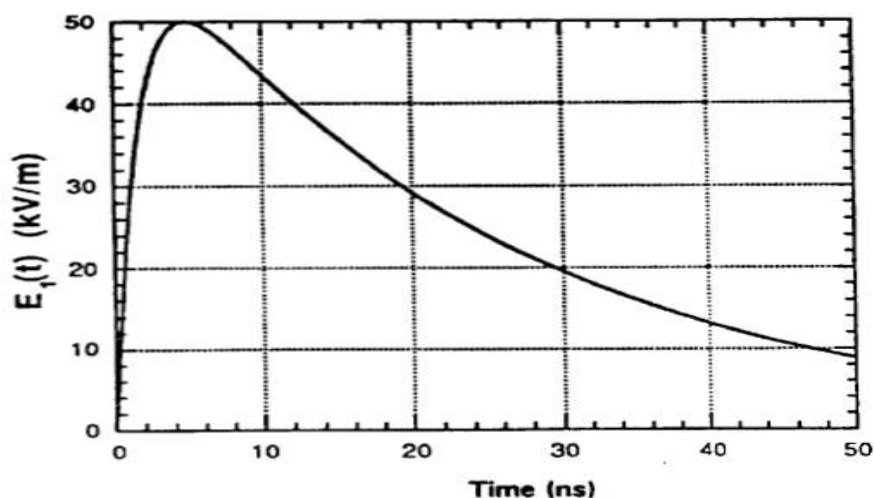
[표 12]는 IEC61000-4-36 표준에서 제시하고 있는 건축물이 갖는 일반적인 전자파 차폐성능을 나타내고 있으며, 철근이 없는 콘크리트 건물이나 목재 건축물의 경우 5 dB 정도이며, 철근이 포함된 경우에는 철근의 양이나 배치 방법에 따라 10 ~ 30 dB 정도를 갖는다.

이에 따르면 일반적으로 철근 콘크리트 건축물은 20 dB 정도의 차폐성능을 가지고 있는 것으로 판단할 수 있으나, 대형 창문이나 차폐성능이 없는 출입문을 포함하고 있는 경우에는 이러한 차폐성능을 기대 할 수 없는 경우가 많다. 따라서 이러한 환경을 가장 최악의 경우(worst case)로 일반화할 경우에는 거리 이격에 따른 감쇄나 건물에 의한 감쇄가 전혀 없는 경우로 생각할 수 있으며, EMP 방호 기준레벨은 이러한 환경을 기준으로 설정하는 것이 합리적이다. 이 경우 방호 기준레벨은 (공격 가능한 전기장 레벨 - 정보통신기기 내성 + 안전마진)의 형태로 나타난다.

이렇게 worst-case로 기준을 설정하면, 대책기관은 건물의 감쇄 특성 등 대상 시설의 특징을 고려하여 명확히 추가적인 차폐성능이 적용될 수 있는 경우에는 이를 완화하여 유연하게 적용하는 것이 가능하다.

방호기준 설정을 위해서는 중요한 2가지 파라미터 설정이 필요하다. 첫 번째가 “공격 가능한 전기장 레벨”이고 두 번째가 “정보통신기기의 내성”이다.

먼저, 공격 가능한 전기장 레벨은 핵 EMP의 경우 고고도 핵 전자파 (HEMP)는 수 백 km 반경에 대해 지상에서 최대 50 kV/m를 나타내는 것으로 알려져 있으며(그림 13), 비핵 EMP의 경우에는 협대역 신호의 경우 1 km 거리에서 최대 69 kV/m (표 13), 광대역 신호의 경우 100 m 거리에서 최대 33 kV/m/MHz (표 14)를 나타내는 것으로 알려져 있다.



[그림 13] 핵 EMP에 의해 형성되는 전기장

[표 13] 협대역 비핵 전기장

주파수 범위 (MHz)	전기장 (kV/m@1km)
2,000 - 2,700	18.0
3,600 - 4,000	22.0
4,000 - 5,400	35.0
8,500 - 11,000	69.0
14,000 - 18,000	12.0
28,000 - 40,000	7.5

[표 14] 광대역 비핵 전기장

주파수 범위 (MHz)	전기장 분포 (V/m/MHz@100m)
30 - 150	33,000
150 - 225	7,000
225 - 400	7,000
400 - 700	1,330
700 - 790	1,140
790 - 1,000	1,050
1,000 - 2,000	840
2,000 - 2,700	240
2,700 - 3,000	80

이렇듯, 공격 가능한 전기장 레벨의 정확한 산출 근거를 찾기는 어려우나 발생 레벨은 표준으로 정의되어 있어 이를 근거로 적용이 가능하다. 이와 달리, 일반 민간 정보통신기기에 대한 핵 또는 비핵 EMP 내성 레벨은 현재까지 표준이나 기술자료 등에서도 아직 정확하게 정의되어 있지 않다. 따라서 EMP 방호기준을 도출하기 위해서는 정보통신기기에 대한 내성레벨을 정확하게 도출하는 것이 필수적이다.

2. 고출력 전자파에 대한 정보통신기기 내성 특성

정보통신기기 주변에 형성되는 전자파는 세기가 높은 경우에 정보통신기기의 동작에 영향을 줄 수 있으며, 이러한 영향을 줄이기 위해 상용 제품들은 특정 레벨에 대해 전자파 내성(EMS)을 갖도록 법으로 규정하고 있다. 일반적인 정보통신기기의 전자파 내성은 80% AM 변조된 신호로 3 V/m의 전기장에 내성을 갖도록 규정되어 있다.

핵 또는 비핵 고출력 전자파에 의해 발생하는 전기장 또한 정보통신기기에 유사한 형태로 영향을 주게 된다. [표 15]와 [표 16]은 각각 핵 고출력 전자파 시뮬레이터를 이용하여 가전기기에 대한 영향을 시험한 IEC61000-1-3의 결과와 인위적인 고출력 전자파인 HPEM에 대한 IEC61000-1-5의 기기영향 실험 결과를 제시하고 있다.

[표 15] IEC61000-1-3에서의 HEMP 영향실험

시험 품목 유형	시험 품목	각종 시험 수준에서의 영향		
		6.7 kV/m	12.4 kV/m	16.6 kV/m
이동 무선	A사	-	비치명적 기능저하	비치명적 기능저하
	B사	-	-	비치명적 기능저하
	C사	-	-	비치명적 기능저하
컴퓨터	D사	치명적 기능저하	치명적 기능저하	고장
	E사	치명적 기능저하	치명적 기능저하	-
	F사	-	-	치명적 기능저하
휴대폰	G사	치명적 기능저하	-	치명적 기능저하
	H사	-	-	치명적 기능저하
일반 전화	I사	치명적 기능저하	치명적 기능저하	치명적 기능저하
	J사	-	-	고장
위성 접시	K사	고장(미검증)	-	-

실험 데이터에 따르면 핵 EMP의 경우 6.7 kV/m의 시험에서도 정보통신 기기에 치명적인 기능저하가 나타났으며, 비핵 고출력 전자파 시험에서는 30 V/m 정도의 전기장에서 데이터 손실의 문제가 발생하였다.

이와 유사하게 PC에 대한 EMP 영향실험 (2003년 연구)을 통해 전기장이 높은 환경에서 정보통신기기의 장애가 나타나는 전기장 레벨과 장애의 종류를 확인하였다. 이러한 실험 결과로 장애의 종류를 전기장이 제거되면 원래의 기능을 자동 또는 수동으로 회복할 수 있는 레벨인 “시스템 동작 이상 방지” 레벨과 소프트웨어적 또는 하드웨어적으로 손상이 발생하여 기기의 교체 및 수리가 필요한 “하드웨어 손상 및 소프트웨어 손상 방지”레벨 등 2가지 레벨로 구분하였다.

[표 16] 비핵 고출력 전자파 시험결과

실험대상	주파수 (GHz)	전기장 (V/m)	신호형태 (변조)	결과(영향)
133 MHz Pentium	2.713	30	CW	Loss of data
	2.770	50	AM*	Loss of data
	1.133	50	AM, Pulse	Reset
	2.675	50,70	AM, Pulse	Loss of access
	2.887	75	AM	Loss of access
233 MHz Pentium II	1.070	100	Pulse	Disk write error
	1.460	100	CW, AM, Pulse	Power down
	1.480	100	CW	Power down
300 MHz Pentium II	1.040	45	Pulse	Power down
	1.400	100	CW	Power down
		100	AM	Power down
		100	AM	Reset
		75	Pulse	Power down
		75	Pulse	Power down
		50	Pulse	Power down
		85	Pulse	Power down

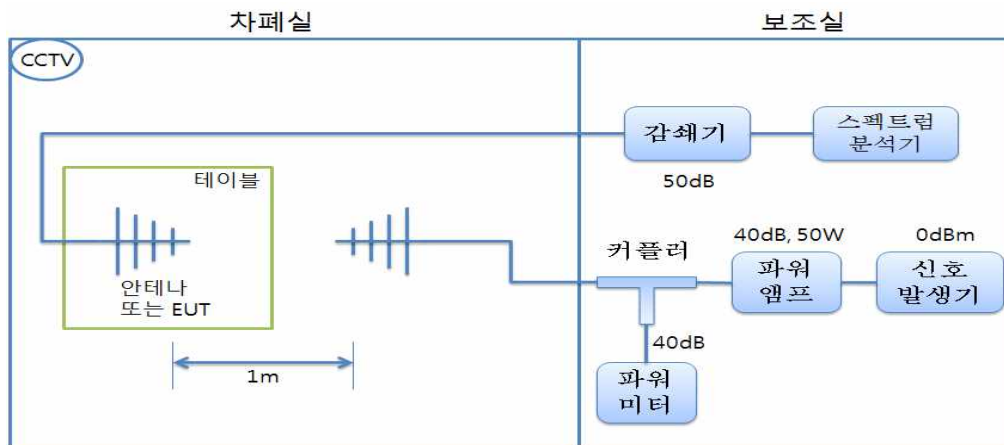
[표 17] PC에 대한 주요 정보통신기기 내성 분류 등급 예시[6]

등급	내성 분류 기준	내성 예
가 등급	시스템 동작 이상 발생 방지	90 V/m
나 등급	하드웨어 손상 및 시스템 소프트웨어 손상 방지	150 V/m

3. 스위칭 허브에 대한 정보통신기기 내성 시험

본 연구에서는 정보통신기기 중 스위칭 허브에 대하여 전기장 상승에 따른 장애의 종류와 장애 발생 레벨을 실험적으로 확인하였다.

먼저 스위칭 허브에서 발생하는 장애의 종류 확인을 위해 전자파 차폐실에서 전기장을 형성시킨 후 허브의 동작 여부를 확인하는 시험을 진행하였다.



[그림 14] 스위칭 허브 장애 확인을 위한 차폐실 시험 설정



a. 수직편파 및 수평편파 시험



b. 시험에 사용된 스위칭 허브 (허브1, 허브2)

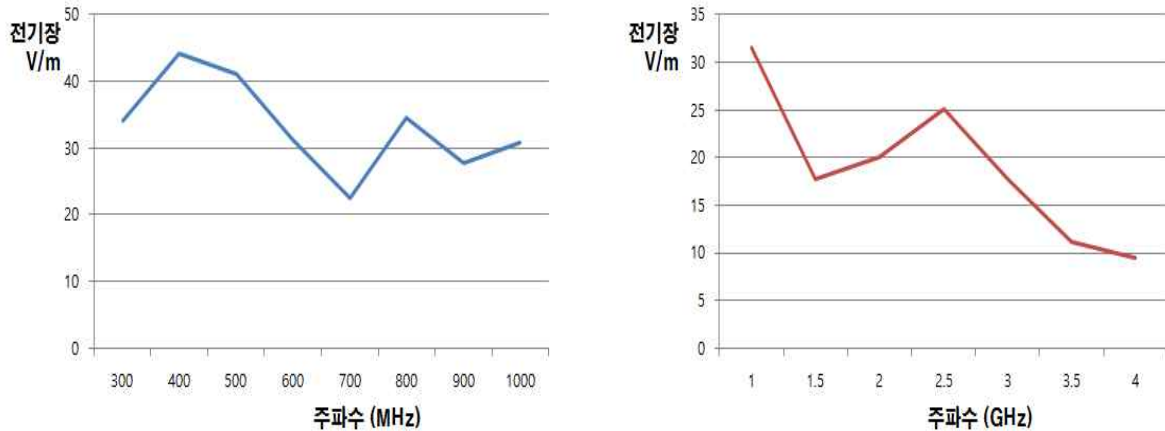
[그림 15] 스위칭 허브 고출력 전자파 영향실험

측정은 송신안테나와 1m 거리에 스위칭 허브를 설치하고, 신호 발생기에서 출력되는 0 dB CW 신호를 50 W 전력증폭기를 이용하여 증폭한 후 송신안테나를 통해 전기장을 형성하도록 설정하였다. 신호 발생기는 설정한 주파수 대역에 대해 1초 단위로 순차적으로 Sweep 하도록 하여 주파수 변화에 따른 동작 상태를 확인하도록 하였다. 시험 설정은 [그림 14]와 [그림 15]에 나타내었다.

스위칭 허브의 동작 상태를 확인하기 위해 차폐실 외부에서 LAN 케이블을 이용하여 2대의 노트북을 각각 허브의 다른 포트에 연결하고, 한 노트북에서 다른 노트북으로 Ping Test를 수행하여 데이터의 전송 상태를 연속적으로 확인 (1초당 1회) 하였다.

1 GHz까지의 시험에서 신호발생기를 Sweep 모드로 설정하여 1 MHz 단위로 300 MHz에서 1 GHz까지 0.5초 단위로 Sweep 하였으며, Sweep이 종료될 때 까지 지속적으로 Ping Test 결과를 확인하여 스위칭 허브 동작의 이상 유무를 확인 하였다. 또한 1 GHz에서 4 GHz까지의 시험에서는 5 MHz 단위로 Sweep 하였으며 나머지 설정은 동일하게 진행하였다.

[그림 16]은 시험에 사용된 전기장 레벨을 나타내었다.



[그림 16] 시험 전기장 레벨

스위칭 허브 시험 결과 일부 주파수 대역에서 노트북과 허브와의 접속이 끊어지는 현상이 나타났으며, 이러한 문제는 특정 주파수 대역에서만 반복적으로 나타났다.

허브1의 경우 790 MHz ~ 900 MHz 대역에서 통신이 끊어지는 현상이 나타났으며, 신호발생기 출력을 OFF 하여 전기장을 제거하는 경우나 이 대역을 벗어나는 경우에는 다시 정상적으로 동작하였다. 여러 번의 시험 도중 856 MHz 이후의 주파수에서 5개의 포트 중 2, 3번째 Indicator LED가 동작하지 않으며, 네트워크 연결이 불가능한 고장이 발생하였다. 이 경우 전기장 레벨은 약 30 V/m 정도 었다.

허브2는 300 MHz ~ 350 MHz 대역의 신호가 인가되는 경우 통신 중단 현상이 나타나며, 별도의 고장이 발생하지 않았다.

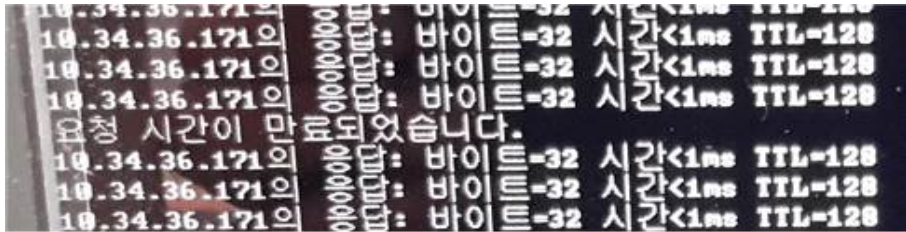
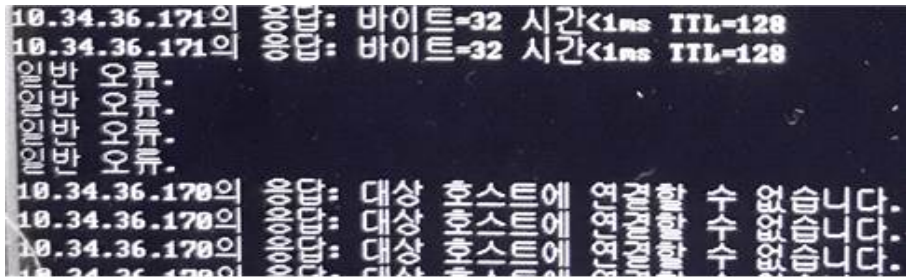
[표 18]은 통신 중단이 나타나는 주파수와 이 경우의 Ping 메시지를 나타내었다. 통신 중단이 나타나는 경우에는 “요청 시간이 만료 되었습니다”라는 메시지가 나타나며, 다시 정상으로 돌아오는 경우 응답시간이 정상적으로 표시된다.

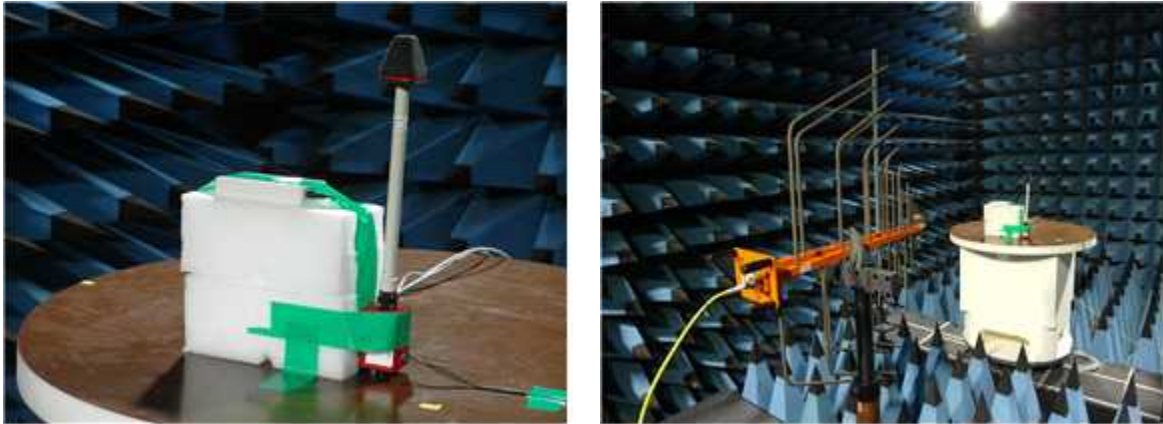
1 GHz에서 4 GHz 대역에 대한 측정에서는 통신 중단 등 이상 현상이 나타나지 않았다.

전자파에 의해 스위칭 허브에서 발생하는 이러한 이상 동작이 어느 정도의 전기장 레벨에서 발생하는지를 확인하기 위해 전자파 무반사실에서 전기장의 세기를 단계적으로 높여가며 이상 발생 여부에 대한 시험을 수행하였다.

전자파 내성 시험을 위해서는 EUT 공간에 대한 균일장을 측정하여 EUT 전체가 균일한 전기장을 받도록 하여야 하지만, 스위칭 허브의 경우 소형이며 전기장 변화에 대한 이상 동작의 추이를 평가하기 위한 실험이므로 허브와 함께 전기장 센서를 설치하여 시험하고자 하는 전기장을 측정하였다. [그림 17]은 전자파 무반사실에 설치된 시험 대상 스위칭 허브와 전기장 센서의 설치 모습이다.

[표 18] 허브 고출력 전자파 영향 시험 결과

	수직편파	수평편파
[허브 1]		
통신 중단	799 ~ 804 MHz	795 MHz 804 ~ 815 MHz 820 ~ 829 MHz
		
허브 고장	-	856 MHz ~
		
	※ 시험 이후 허브는 고장으로 정상동작하지 못함 (5개의 포트 중 2, 3번째 포트 Indicator LED 고장 및 네트워크 연결 불가)	
[허브 2]		
통신 중단	307 ~ 320 MHz, 329 ~ 331 MHz 341 MHz, 354 MHz	×
	335 MHz	320 MHz



[그림 17] 전자파 무반사실 측정

시험은 차폐실 시험을 수행한 모델을 포함하여 모델이 다른 3개의 허브 각 1개와 이 중 1개의 모델과 동일한 모델의 1개를 포함해 총 4개의 제품에 대해 시험을 수행하였다. 시험 주파수 대역은 차폐실 시험에서 통신 중단 현상이 나타난 1 GHz 이하 대역에 대해 수행하였으며, 1 kW 전력 증폭기를 이용하여 전기장 레벨 50 V/m ~ 150 V/m 에 대해 시험을 수행하였다.

시험 결과 70 V/m 이상에서 스위칭 허브에 연결된 두 노트북간의 통신이 중단되는 현상이 일부 주파수 대역에서 발생하였으며, 전기장 레벨이 높아 질수록 발생하는 주파수 대역이 증가하는 현상을 나타내었다. 특히 특정 주파수 대역 (90 MHz ~ 130 MHz, 160 MHz ~ 330 MHz)에서 통신이 중단되는 현상이 주로 발생하였으며, 전기장 송출을 중단하거나 주파수를 변경하는 경우 허브는 정상으로 동작하였다.

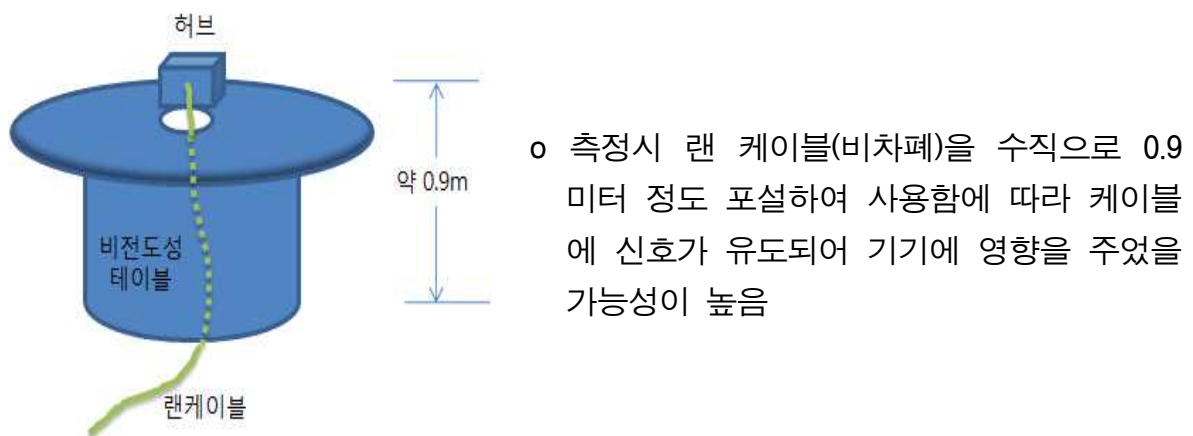
전체적인 시험 결과를 분석해 보면 수평편파보다 수직편파에서 영향이 더 많이 나타나는 현상을 보였으며, 일부 모델의 경우 시험 중 내부적으로 전원이 꺼져버리고 시험 종료 후 전원케이블을 제거한 후 다시 연결하면 정상으로 돌아오는 현상이 나타나기도 하였다. 시험 중 130 V/m에서 허브에 연결된 DC Adaptor에 고장이 발생하였고, 이를 교체하고 동테이프를 이용하여 Adaptor를 차폐 한 후 재 실험을 수행하였다.

결과적으로 스위칭 허브의 경우 70 V/m에서 네트워크에 연결된 단말간의

데이터 교환을 중계하는 본래의 역할에 문제가 발생하였으며, 전기장을 제거한 후에는 자동으로 정상기능으로 복구 되었다. 이외 130 V/m에서 허브에 전원을 공급하는 DC Adaptor에서 고장이 발생하였으나 이는 허브 자체의 고장이 아니라 분석에서 제외하였으며, 시험된 150 V/m까지의 전기장에서는 하드웨어적인 고장은 확인 할 수 없었다.

특이 사항으로 전자파 무반사실 시험 중 통신 중단이 나타난 주파수 대역인 90 MHz ~ 330 MHz 대역은 주로 수직 편파 시험에서 문제가 발생하였다. 이에 대한 원인 확인을 위해 시험 환경을 검토해 본 결과 허브 상태를 확인하기 위해 설치한 랜 케이블 포설 형태가 시험장 바닥면으로 포설되다가 시험용 테이블 중앙에서 수직으로 약 90 cm 정도 상승하여 허브의 포트에 연결되는 구조로 되어 있으며 (그림18 참조), 이 케이블에 수직편파로 진행하는 전자파에 대해 150 MHz ($\lambda/2$) 또는 300 MHz (λ) 대역의 주파수 유도가 잘 일어날 수 있을 것으로 판단되었다.

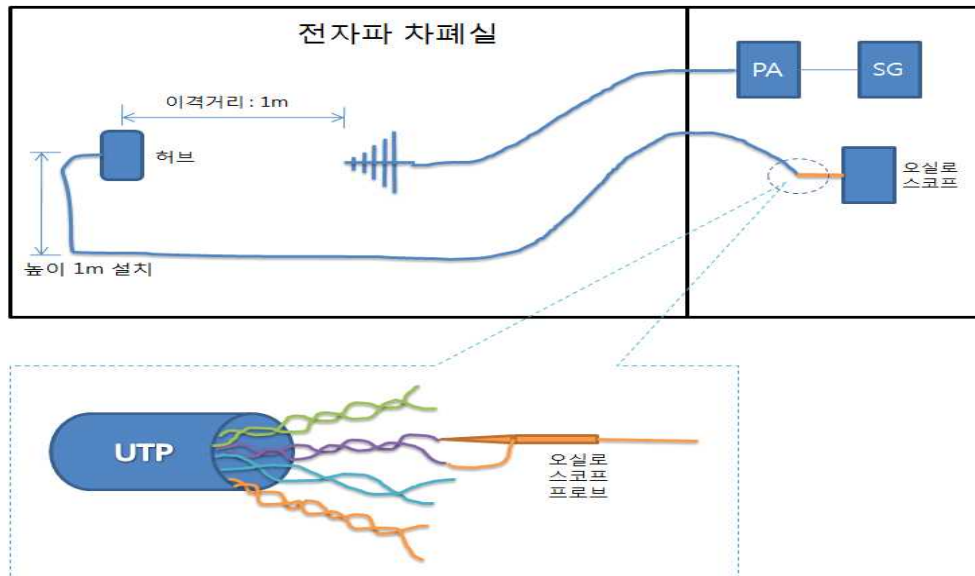
따라서 시험 결과가 허브 자체의 문제가 아닌 시험을 위해 설치한 케이블에 유도된 전자파에 의한 문제인지를 확인하는 시험을 별도로 진행하였다.



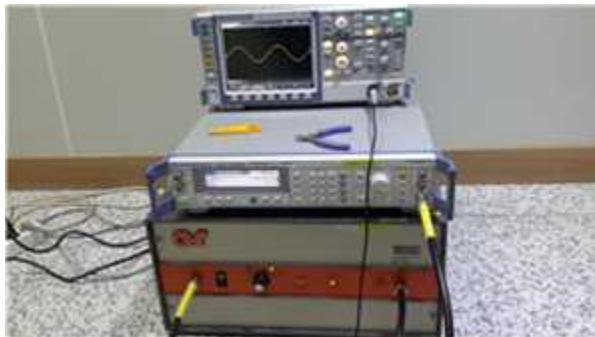
[그림 18] 허브에 연결된 랜케이블 유도에 의한 통신중단 가능성

랜케이블에 의한 영향을 시험하기 위해 허브 전자기 내성 시험시 구성한 설정과 동일하게 케이블을 설치 한 후 허브의 동작 없이 케이블 자체에 유도되는 전압을 오실로스코프로 측정하였다. 랜케이블의 종단에 연결된 허브는 전

원을 인가하지 않고 케이블을 실험과 동일한 조건으로 중단하는 역할만을 수행하도록 하였다.



[그림 19] 랜케이블에 의한 고출력 전자파 유도 시험방법



a. 송신장치 및 오실로스코프



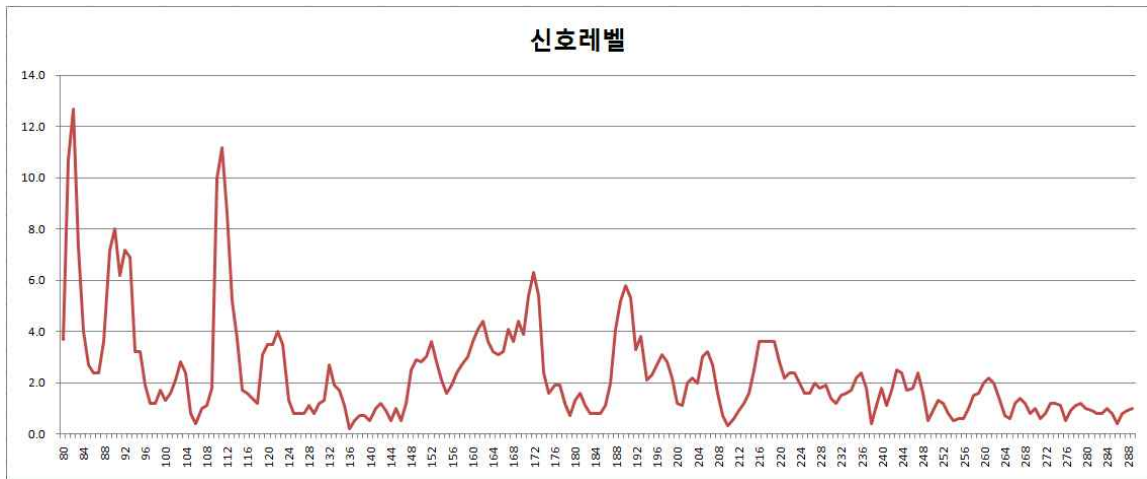
b. 차폐실 측정 환경

[그림 20] 랜케이블에 의한 고출력 전자파 유도 시험

시험결과 설정된 환경에서 랜케이블의 종단에 측정된 유도 전압은 최대 82 MHz에서 12.7 V 이며, 111 MHz에서 11.2 V 정도가 나타났다. 이러한 유도 전압은 케이블의 설치 위치 및 설정의 변경에 따라 변화가 심하게 나타났다으며, 이는 전자파의 반사가 많은 차폐실에서 측정한 영향이 큰 것으로 추정된다.

유도 전압은 270 MHz 이하에서 주로 나타나며, 그 이상의 주파수에서는

1.5 V 이하로 나타나 유도 전압이 기기에 미치는 영향은 없을 것으로 판단되었다.



[그림 21] 랜케이블에 의한 고출력 전자파 유도 시험 결과

실험 환경에서 케이블 자체에서 유도되는 전압은 최대 32 V (110 MHz) 까지 관측되었으며, 이 경우 Ethernet을 이용한 통신 불능 및 심지어 장비의 손상까지 가능한 것으로 예측할 수 있다. 따라서 실험 환경에서 200 MHz 이하의 주파수에서는 허브 자체의 고출력 전자파 영향 뿐만아니라 케이블에 의한 영향으로 볼 수 있을 것으로 판단되었다.

하지만 스위칭 허브의 특성상 랜 케이블이 연결되어 사용될 수 밖에 없는 장비이므로 EMP 대책을 위한 정보통신기기 내성을 확인하는 목적에서는 케이블에 의한 영향도 허브의 특성으로 함께 고려하는 것이 적절한 것으로 판단하였다.

4. 하드디스크에 대한 정보통신기기 내성 시험

주요정보통신기기 중 일부는 정보통신기기 자체의 장애 보다 정보통신기기 또는 별도의 저장장치에 저장된 데이터의 손상 여부가 더 중요한 경우가 있다. 이러한 경우에는 저장장치에 대해 별도의 EMP 방호 대책을 수행할 필요가 있다.

저장장치에 대한 EMP 방호대책 필요성을 확인하기 위해 대용량 저장장치의

주를 이루는 자기(magnetic) 기록장치인 하드디스크를 대상으로 시험을 진행하였다. 하드디스크는 크게 저장매체와 이를 제어하는 제어부로 나뉘게 되며, 제어부의 경우에는 고장시 별도의 수리를 통해 복구가 가능하나 저장된 데이터가 변질된 경우에는 복구할 수 없는 문제를 발생시키므로 확인 대상을 자기저장기록 부분으로 한정하여 시험을 진행하였다.

자기 저장장치 부분은 전기장이 아닌 자기장에 영향을 받기 때문에 시험도 자기장 영역에 대해 수행하였으며, 시험 내용은 다음과 같다.

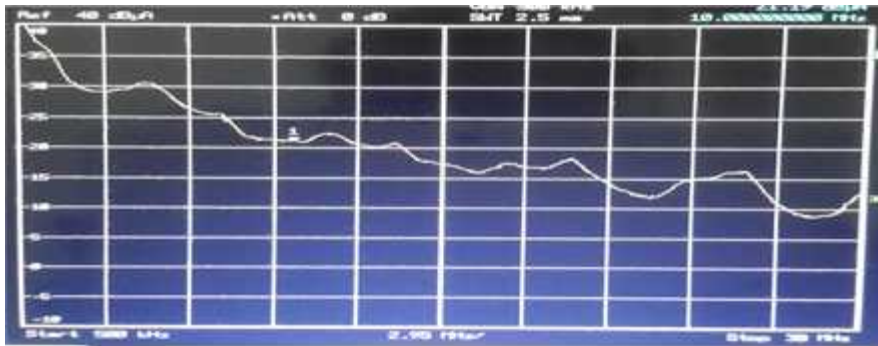
- 대상 : 외장형 하드디스크 1종 (USB 형태)
- 시험 주파수 : 500 kHz ~ 30 MHz (100 kHz 단위)
- 측정방법 : 하드디스크 운용 (대용량 데이터 방사) 중 루프 안테나를 통해 자기장을 형성하여 이상 유무 확인

시험은 송신안테나로부터 30 cm 이격하여 측정 하였으며, 수신루프안테나를 이용하여 30 cm 거리에서의 자기장 레벨을 측정함으로써 하드디스크에 형성되는 자기장 레벨을 확인하였다.

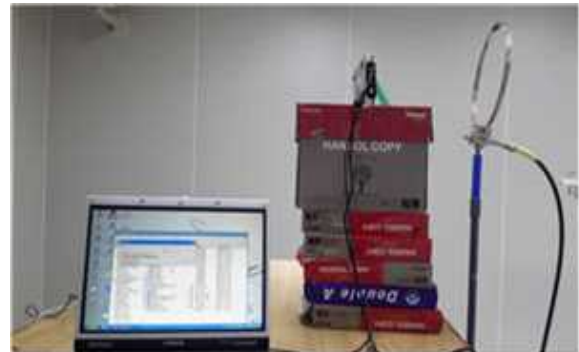
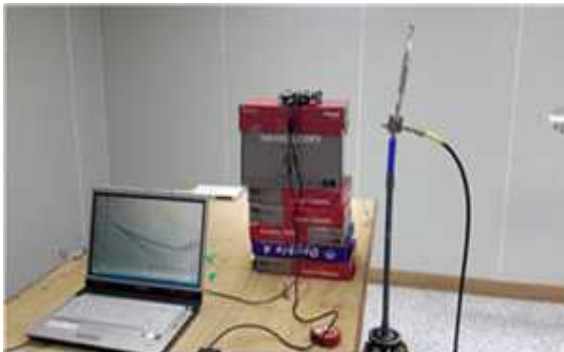
동일한 설정으로 송신안테나로부터 30 cm 거리에 외장형 하드디스크를 설치한 후 자기장 형성에 따른 이상 유무를 측정하였다. 하드디스크에 대해서는 전·후 및 모든 측면에서 수직과 수평편파 모두에 대해 시험하였다.

시험을 진행하는 동안 노트북에서 하드디스크로 데이터를 저장하도록 설정하였으며, 데이터를 기록하는 동안 에러 발생 여부를 확인하였다. 또한 시험이 종료된 후에는 'chkdsk' 명령을 이용하여 하드디스크의 상태를 점검하였다.





[그림 22] 하드디스크 시험 자기장



[그림 23] 하드디스크 영향 시험

시험 결과, 시험된 자기장 세기로는 하드디스크에 저장되는 데이터에 영향을 줄 수 없었으며, 이는 시험된 최대 자기장 최대 100 dBμA/m (0.1 A/m) 정도인데 반해 하드디스크의 데이터에 영향을 미치기 위해서는 약 240,000 A/m의 자기장이 필요하기 때문인 것으로 조사되었다. 통상 일반 산업용 데이터 삭제장치는 280,000 ~ 800,000 A/m의 자기장을 사용하고 있어 고출력 전자파 발생기 등을 통해 외부에서 발생한 자기장이 정보통신기기 내부의 하드디스크와 같은 자기 저장장치의 데이터를 손상시키는 것은 어려운 것으로 판단된다.

제4절 정보통신기기 영향평가를 통한 민간 기준 적용 방안

지금까지 앞절에서 수행된 시험을 통해 정보통신망을 연결하는 장비인 스위칭 허브에 대한 내성과 데이터를 저장하는 자기 저장장치에 대한 내성을 확인 하였다.

시험에 사용된 스위칭 허브의 종류 및 수량이 매우 한정적이라 주요 정보 통신설비에 사용되는 전체의 네트워크 장비를 대표할 수 없지만 이러한 시험을 통해 네트워크 장비의 내성을 확인하는 시험 방법과 이러한 장비에서 발생할 수 있는 장애의 종류와 장애 발생 원인 및 레벨에 대한 정보를 얻을 수 있었다.

현재까지의 시험결과를 정리하면 스위칭 허브의 경우에는 시스템 동작 이상 발생은 70 V/m 이상에서 발생하며, 하드웨어 손상은 시험된 최대 레벨인 150 V/m 보다 높은 레벨에서 발생할 것으로 추정된다.

등급	내성 분류 기준	전기장
가 등급	시스템 동작 이상 발생 방지	70 V/m
나 등급	하드웨어 손상 및 시스템 소프트웨어 손상 방지	150 V/m 이상

또한 정보통신기기가 오동작하여 잘못된 데이터를 저장하거나 데이터를 삭제하는 등의 문제를 제외하고 자기 기록장치에 저장된 데이터가 외부의 고출력 전자파에 의해 변형 또는 삭제되는 문제는 발생하지 않는 것으로 시험결과 확인 되었다.

제5장 결 론

본 연구에서는 국내 민간 주요정보통신설비를 EMP 공격으로부터 효율적으로 방호하기 위한 대상장비 선정방법 및 방호 시설의 안전성 평가 기준에 대한 개선방안을 제시하였다.

먼저 EMP 관련 국내외 표준 현황을 분석하여 IEC에서 핵 EMP에 대한 발생 환경, 시스템 영향, 시험방법 등의 표준이 완료되었고, 최근 들어 의도적으로 발사되는 비핵 EMP에 대한 표준화 작업이 진행되고 있음을 언급하였다. 특히 금년 11월에 발표된 비핵 EMP 관련 표준인 IEC 61000-4-36의 경우에는 그동안 제시되지 않았던 비핵 EMP의 최대 방사 전기장 레벨을 제시하고 있다.

EMP 방호 대상 선정방법 연구는 EMP 방호 대책이 모든 시설에 대해 시설 규모에 따라 막대한 예산이 수반되는 EMP 방호 차폐실 구축방법 이외에 대상 장비의 특성에 따라 장비 이중화, 우회경로 구성, 예비기기 확보 등 다양한 방호대책 방법과 방호대책 방법 선정에 필요한 고려사항들을 제시하였다.

또한 시설 책임자 또는 책임기관의 입장에서 다양한 주요정보통신설비 중 설비의 운용 목적에 따라 EMP 방호대책 여부를 결정하기 위한방법론을 제시하였으며, 방호설비 설치 대상 설비 중 방호 대상 장비를 선정하는 방법론을 함께 제시하여 활용이 가능하도록 하였다.

금년 12월 제정된 「고출력·누설 전자파 안전성 평가 기준 및 방법 등에 대한 고시」의 제정 취지와 국제표준 도입 내용을 설명함으로써 고시의 이해를 돕도록 하였다.

민간 설비에 적합한 EMP 방호기준 마련을 위해 국내 민간주요정보통신설비에서 운용되는 장비에 대한 고출력 전자파 내성 시험을 진행하였다. 2013년

에 이어 올해는 스위칭 허브와 하드디스크에 대한 내성을 검토하고 해당 기기의 내성 시험을 위한 절차를 확립하여 향후 안전성 평가 기준을 보다 합리적으로 적용할 수 있는 방안 마련에 도움이 되도록 하였다.

[참고문헌]

- [1] 정연춘, “고출력 전자기파 방호 제도 도입에 관한 연구”, 한국전자파 학회 논문지, 24(8), pp. 781-790, 2013년 8월
- [2] “고출력·누설 전자파 안전성 평가 제도 연구”, 국립전파연구원 보고서, 2013
- [3] EP 1110-3-2, Engineering and Design - Electromagnetic Pulse (EMP) and Tempest Protection for Facilities Proponent, U.S. Army, 31 Dec 1990
- [4] MIL-STD-188-125-1, High-Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection For Ground-Base C4I Facilities Performing Critical, Time-Urgent Missions, 7 Apr 2005
- [5] MIL-STD-461F, Requirements For The Control Of Electromagnetic Interference Characteristics Of Subsystems And Equipment, 10 Dec 2007
- [6] MIL-STD-464C, Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems, 1 Dec 2010
- [7] IEC 61000-1-3, The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems, June 2002
- [8] IEC 61000-1-9, Description of HEMP Environment - Radiated Disturbance Basic EMC publication
- [9] IEC 61000-2-10, Description of HEMP Environment - Conducted disturbance, Nov 1998
- [10] IEC 61000-2-11, Classification of HEMP Environments, Oct 1999
- [11] IEC 61000-4-23, Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances, Oct 2000
- [12] IEC 61000-4-24, Test methods for protective devices for HEMP and conducted disturbances, Feb 1997

- [13] IEC 61000-4-25, HEMP immunity test methods for equipment and systems, Nov 2001
- [14] IEC 61000-4-36, Testing and measurement techniques - IEMI immunity test methods for equipment and systems

[부록] 고출력·누설 전자파 안전성 평가 기준 및 방법 등에 관한 고시

1. 제정이유

고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 구축된 방호차폐시설 또는 장비보호시설의 안전성 평가기준 및 방법 등에 관하여 필요한 세부사항을 마련하기 위함

2. 주요내용

- 가. 안전성 평가 대상 시설에 대한 현장 평가 절차 마련(안 제6조)
- 나. 방사성 방호성능 기준 및 전도성 방호성능 기준 등 안전성 평가기준 마련(안 제8조)
- 다. 안전성 평가 방법 및 평가결과에 대한 권고대책을 마련하기 위하여 자문 위원회를 구성·운영(안 제11조)
- 라. 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 재검토기한을 2017년 12월 3일로 규정(안 제13조)

3. 참고사항

- 가. 관계법령 : 전파법 제56조, 전파법시행령 제98조의2
- 나. 합 의 : 해당 없음

● 국립전파연구원고시 제2014-20호

전파법 제56조제3항에 따른 고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 세부사항을 다음과 같이 정하여 고시합니다.

2014년 12월 4일
국립전파연구원장

고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 고시

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 고시는 전파법(이하“법”이라 한다) 제56조제3항에 따라 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 구축된 방호차폐시설 또는 장비보호시설(이하“시설”이라 한다)의 안전성 평가기준 및 방법 등에 관하여 필요한 세부사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(적용범위) 이 고시는 전파법 제56조에 따라 고출력·누설 전자파 방호를 위해 구축된 시설에 대하여 적용한다.

제3조(용어의 정의) ① 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. “고출력 전자파”란 지상 30 km 이상에서 핵 폭발에 의해 생성되는 고 고도 핵 전자파와 의도적으로 정보기기 등을 손상시키거나 오동작을 유발할 수 있는 고출력 비핵 전자파를 말한다.
2. “누설 전자파”란 정보기기로부터 자유공간 또는 전도성 경로를 통해 비의도적으로 누출되는 정보를 포함한 전자파를 말한다.
3. “안전성 평가”란 고출력 전자파 침해 및 누설 전자파로 인한 정

- 보유출 방지를 위해 구축된 시설의 방호성능 측정 및 기준 적합 여부 확인과 대책 마련 권고 등을 포함한 일련의 절차를 말한다.
4. “차폐성능”이란 차폐 없이 측정한 기준값과 차폐 후 측정한 시험값의 비로 표현된 값을 말한다.
 5. “방호차폐시설”이란 고출력·누설 전자파 차폐를 목적으로 정보기기 등을 보호하기 위해 건축물 또는 내부 공간 등에 설치하는 구조물을 말한다.
 6. “장비보호시설”이란 고출력·누설 전자파의 침해로부터 장비를 보호하기 위한 차폐 랙 등 시설을 말한다.
 7. “전도성 과도현상”이란 전력선·통신선 등에 유입되는 고출력 펄스에 의한 전도성 과도전압 또는 과도전류를 말한다.
 8. “인입점”이란 고출력·누설 전자파 차폐를 위한 시설의 내부와 외부를 연결하는 모든 종류의 개구를 말한다.
 9. “인입점 보호장치”란 외부로부터 시설 내부로 관통하는 인입점에 설치되는 도파관, 틸새 마감판, 필터 및 서지보호장치 등의 장치를 말한다.
 10. “기준값”이란 송·수신안테나 사이에 시험대상 시설의 차폐물이 없을 때 수신되는 전력 또는 전압 값을 말한다.
 11. “시험값”이란 송·수신안테나 사이에 시험대상 시설의 차폐물이 있을 때 수신되는 전력 또는 전압 값을 말한다.
 12. “기준전류”란 펄스 전류 발생기의 출력을 단락시킨 상태에서 발생하는 전류를 말한다.
 13. “주입전류”란 전도성 과도현상에 대한 시설의 방호 수준을 평가하기 위해 방호장치의 입력부에 기준전류의 인가 조건으로 주입되는 전류를 말한다.
 14. “잔류전류”란 시설 방호장치의 입력부에 주입된 전류에 대해 응답되는 방호장치 출력부의 전류를 말한다.
- ② 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 제1항에서 정하는 것을 제외하고는 관계 법령 또는 국제기준에서 정하는 바에 따른다.

제2장 안전성 평가 대상 및 절차

제4조(안전성 평가 대상) 안전성 평가는 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 구축된 시설을 대상으로 한다.

제5조(안전성 평가의 신청 등) ① 안전성 평가를 신청하려는 자(이하 “신청자”라 한다)는 다음 각 호의 서류와 함께 별지 제1호 서식의 안전성 평가 신청서를 국립전파연구원장(이하 “원장”이라 한다)에게 제출 하여야 한다.

1. 인입점 및 인입점 보호 장치가 포함된 시설의 세부 도면
2. 개인 또는 법인임을 증명할 수 있는 서류(전자정부법 제36조제1항에 따라 행정정보 공동이용을 통하여 확인 가능한 경우는 생략 가능)
- ② 원장은 제1항의 제출 서류가 미흡하거나 안전성 평가 시험에 필요한 조건이 확보되지 않은 경우에는 보완을 요구할 수 있으며, 1개월 이내 보완하지 않을 경우 해당 신청을 철회한 것으로 본다.
- ③ 원장은 안전성 평가에 필요한 측정개소, 소요기간 및 평가수수료 등을 산출하여 통보한다.
 1. 안전성 평가 수수료는 전파법시행령 제98조의2와 같다.
 2. 신청 대상 시설의 시험별 소요시간을 합산하여 매 1일당 8시간으로 소요기간 산출
- ④ 신청자는 제3항에 의한 평가 수수료를 납부하여야 한다.

제6조(안전성 현장 평가 절차) ① 원장은 제5조제1항의 서류검토 결과가 이상이 없는 경우에는 안전성 평가 대상 시설이 제8조의 안전성 평가 기준에 적합한지를 확인하기 위해 현장 평가를 실시한다.

- ② 원장은 제1항의 현장 평가를 실시하는 경우에는 현장평가계획을 현장 평가 7일전까지 신청자에게 통보하여야 한다.

- ③ 현장 평가는 관계 공무원 및 외부 전문가 등이 참여할 수 있다.
- ④ 원장은 제3항의 현장 평가에 참여하는 외부 전문가에 대해 예산의 범위 내에서 수당 및 여비를 지급할 수 있다.

제7조(안전성 평가 결과의 통보 등) ① 원장은 현장평가 결과 보고서를 검토하여 별지 제3호 서식의 안전성 평가 결과서를 신청자에게 통보하여야 한다.

- ② 원장은 검토 결과 안전성 평가 기준에 맞지 아니하는 경우에는 이에 대한 대책을 마련하도록 권고할 수 있다.
- ③ 원장은 제2항의 권고를 위하여 외부전문가의 자문이 필요한 경우 자문위원회를 구성하여 운영할 수 있다.

제3장 안전성 평가 기준 및 방법 등

제8조(안전성 평가기준) ① 방사성 방호성능 기준은 별표 1과 같다.
② 전도성 방호성능 기준은 별표 2와 같다.

제9조(안전성 평가방법) ① 방사성 방호성능 측정방법은 별표 3과 같다.
② 전도성 방호성능 측정방법은 별표 4와 같다.
③ 제1항 및 제2항에서 규정하는 측정방법을 적용하는 것이 어려운 경우 국제표준에 준하거나 신청자와 협의에 의해 정할 수 있다.

제10조(기타 방호성능 평가기준 및 방법) 원장은 신청자 요구 시 고출력 비핵 전자파 및 누설 전자파 등에 대한 방호성능 평가를 수행할 수 있으며, 적용 기준 및 방법은 협의하여 정할 수 있다.

제4장 보 칙

제11조(자문위원회의 구성 등) ① 제7조에 의한 자문위원회는 위원장 1인을 포함한 4인이상 14인 이내로 구성한다.

② 위원장 및 위원은 산·학·연 관련 전문가를 대상으로 원장이 위촉한다.

③ 원장은 제1항의 자문위원회를 구성하여 운영하는 경우 참석하는 외부 전문가에 대해 예산의 범위 내에서 수당 및 여비를 지급할 수 있다.

제12조(처리기간) ① 원장은 안전성 평가 신청을 받은 경우 접수일로부터 제5조제3항에 따라 산정된 처리기간 내에 안전성 평가 결과를 통보하여야 한다. 다만, 제5조제2항에 따른 제출 서류 보완 등에 소요되는 기간은 처리기간에 산입하지 아니한다.

② 제1항의 처리기간을 적용함에 있어서 전문적인 기술검토 등 특별한 추가 절차를 거치기 위하여 부득이하게 소요되는 기간은 처리기간에 산입하지 아니한다. 이 경우 원장은 신청자에게 그 사유 및 예상 소요기간 등을 서면으로 통보하여야 한다.

제13조(재검토 기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령 훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후, 법령이나 현실 여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2017년 12월 3일까지로 한다.

부 칙<제2014-00호,2014.12.4.>

이 고시는 2014년 12월 4일부터 시행한다.

[별표 1]

방사성 방호성능 기준

(제8조 관련)

주파수 범위	방사성 방호성능 차폐 기준[dB]
10 kHz - 10 MHz	20 log f - 60 이상 f : 주파수(Hz)
10 MHz - 1 GHz	80 이상

[별표 2]

전도성 방호성능 기준

(제8조 관련)

<내부 전기적 인입점에서 잔류전류 요구사항 >

전기적 인입점			주입 형태	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s) ⁵⁾	실효값 (A√s) ⁶⁾
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 10	≤ 1× 10 ⁷	≤ 1.6 × 10 ⁻¹
	중펄스		선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것 ¹⁾		
기타 전원선 (내부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 10	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 × 10 ⁻¹
오디오/ 데이터선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 0.1	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 × 10 ⁻³
	중펄스		선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것 ¹⁾		
제어/ 신호선 (내부 → 내부)	저압선 ³⁾	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 0.1	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻³
	고압선 ³⁾	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 1.0	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻²
전선관 실드	신호/ 저전류 ⁴⁾	매설/ 노출	관-접지	총(벌크) 전류	≤ 0.1	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻³
	중전류 ⁴⁾	매설/ 노출	관-접지	총(벌크) 전류	≤ 1.0	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻²
	고전류 ⁴⁾	매설/ 노출	관-접지	총(벌크) 전류	≤ 10	≤ 1 × 10 ⁷	≤ 1.6 ×10 ⁻¹

< RF 안테나선 인입점에서 잔류전류 요구사항 >

전기적 인입점	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s) ⁵⁾	실효값 (A \sqrt{s}) ⁶⁾
수신선	실드 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
	선 전류	≤ 0.1	손상 또는 성능저하가 없을 것 ²⁾	
송신선 송수신선	실드 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
	선 전류	≤ 1.0	손상 또는 성능저하가 없을 것 ²⁾	

- 1) 합부 판정을 위한 최대 잔류 전류, 최대 전류 상승률 및 실효값의 구체적인 값은 없으며, 인입점 보호장치의 손상 또는 성능저하만 없으면 된다.
- 2) RF 안테나선 차폐 및 내부 도체에 대한 합부 판정을 위한 최대 전류 상승률 및 실효값의 구체적 기준은 없으며, 인입점 보호장치의 손상 또는 성능 저하만 없으면 된다.
- 3) 저압은 최대 동작전압이 90 V 미만이며, 고압은 90 V 이상인 경우이다.
- 4) 저전류는 최대 동작전류가 1 A 미만이며, 중전류는 1 ~ 10 A, 고전류는 10 A를 초과한 경우이다.
- 5) “최대 전류 상승률”이라 함은 $t = 0$ 에서 $t = 5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 시간에 대한 전류 상승분(di/dt)의 최대값을 말한다.
- 6) “실효값”이라 함은 $t = 0$ 에서 $t = 5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 전류 파형의 제곱에 대한 루트(root)값을 말한다.

[별표 3]

방사성 방호성능 측정방법

(제9조 관련)

1. 일반 사항

본 측정방법은 10 kHz에서 1 GHz 주파수 대역에서 방호차폐시설 또는 장비보호시설의 고출력·누설 전자파의 방사성 방호성능을 측정하기 위한 표준 측정절차를 제공한다.

방사성 방호성능 측정은 차폐성능에 영향을 미칠 수 있는 내·외장재 및 조명시설 등이 설치되기 전에 측정하는 것을 원칙으로 한다.

2. 측정 배치 및 조건

2.1 측정시스템의 성능은 다음 조건을 만족하여야 한다.

2.1.1 측정시스템의 동작영역은 시험 요구사항의 20 dB 이상이어야 한다.

2.1.2 전원선 및 RF 케이블(신호선)을 포함한 측정시스템은 외부 전·자기장의 영향을 받지 않아야 한다.

2.1.3 차폐성능 측정에 직접적인 영향을 주는 모든 장비는 측정 이전에 교정 되어야 하며, 해당 장비는 교정 주기 내에 있어야 한다.

장 비	특 성
발진기	10 kHz ~ 1 GHz
전력 증폭기	10 kHz ~ 1 GHz, 동작범위에 필요한 전력 출력
전치증폭기	10 kHz ~ 1 GHz, 동작범위에 필요한 증폭 및 잡음 지수
수신기, 네트워크 분석기 스펙트럼 분석기	10 kHz ~ 1 GHz
안테나 세트	· 10 kHz ~ 10 MHz : 루프 안테나 · 10 MHz ~ 1 GHz : 바이코니컬 / 대수주기 안테나

3. 측정방법

3.1 차폐성능을 측정하기 위한 절차는 다음 각 호와 같다.

3.1.1 측정계획의 수립

3.1.2 측정대상 및 시설 주변의 전파환경 측정

3.1.3 측정주파수 및 측정지점 확인

3.1.4 기준값 측정

3.1.5 시험값 측정

3.1.6 차폐성능 평가

3.2 측정주파수의 선정 기준은 다음과 같다.

3.2.1 측정 주파수는 다음 표와 같다.

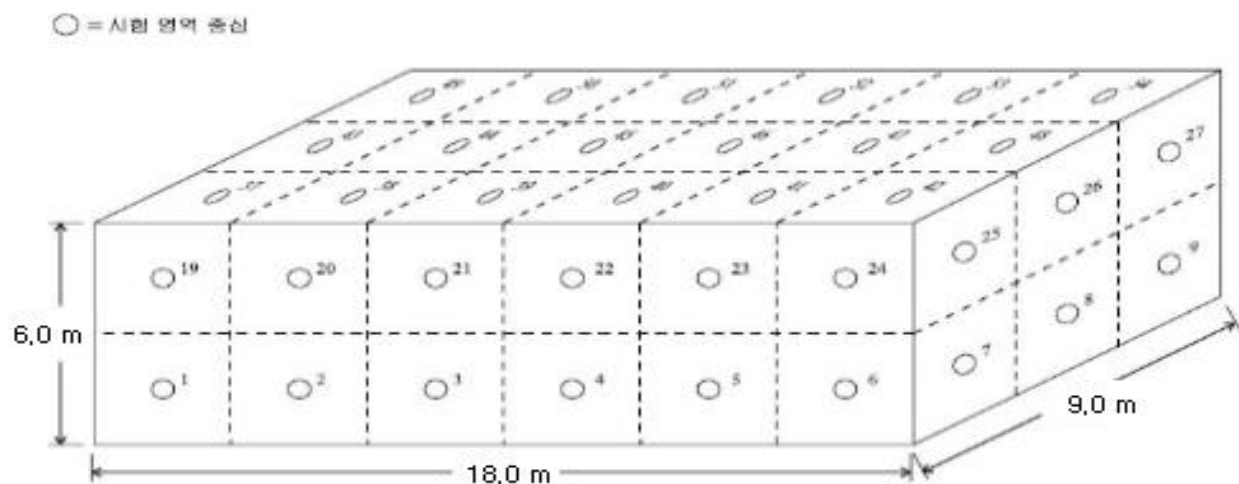
주파수 대역	측정주파수(개)	비 고
10 kHz - 100 kHz	20	· 10 kHz ~ 10 MHz : 자기장 차폐 효과 측정 · 10 MHz ~ 1 GHz : 평면파 차폐 효과 측정
100 kHz - 1 MHz	20	
1 MHz - 10 MHz	40	
10 MHz - 100 MHz	150	
100 MHz - 1 GHz	150	

3.2.2 필요시 측정주파수에 대하여 건축물 및 차폐시설의 주변 전파환경을 측정하여 혼변조 등의 전파간섭 여부를 확인한다.

3.3 측정지점의 선정기준은 벽면을 3 m × 3 m 간격으로 분할하여 중심점에서의 차폐성능을 측정한다.(그림 1)

3.3.1 측정지점의 3 m × 3 m 간격 분할이 어려운 경우 가능한 면적으로 측정할 수 있다. 단, 측정지점에 대해서는 보고서에 기술하여야 한다.

3.3.2 모든 기계 및 전기 관련 인입점을 설정하여 측정한다.



[그림 1] 측정 지점

3.4 측정대역별 송·수신 안테나의 측정거리는 다음과 같다.

기준레벨 측정거리	시험레벨 측정거리	비 고
3 m	$d_2 : 2 - \delta$ m $d_3 : 1.0$ m	d_2 와 d_3 는 ± 0.5 m 조정 가능하지만 총 간격 3 m를 유지해야 함

δ : 차폐시설 벽의 두께

d_2 : 차폐시설 외벽면으로 부터의 송신안테나 위치

d_3 : 차폐시설 내벽면으로 부터의 수신안테나 위치

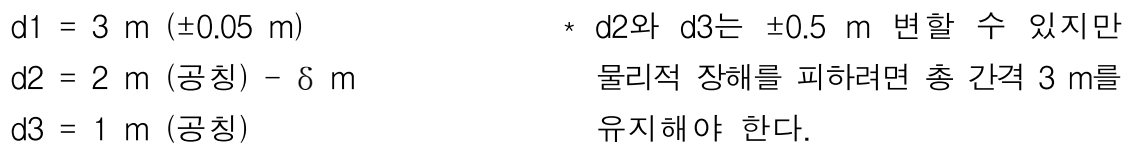
3.5 기준레벨 측정절차는 다음 각 호와 같다.

3.5.1 송신시스템(신호발생기, 전력증폭기)과 송신안테나는 건축물 및 차폐 시설 외부에 설치한다.

3.5.2 안테나는 바닥으로부터 1.5 ~ 2 m 이상 이격시킨다.

3.5.3 안테나에 연결하는 RF 케이블은 안테나 연결부로부터 적어도 1 m 길이에 대해 휘어지지 않고 직선을 유지하도록 한다.

3.5.4 송신안테나의 이격거리는 동일선상에서 3.4의 기준값 측정거리와 같다.



3.6 수신시스템 및 안테나 설치 절차는 다음 각 호와 같다.

3.6.2 주변 환경의 영향으로 수신시스템의 동작영역 확보가 어려울 경우 안테나를 제외한 수신시스템은 시설 내부에 설치할 수 있다

3.6.4 수신안테나의 이격 거리는 차폐벽면을 기준으로 3.4에서 제시된 거리를 따른다.

3.7.1 모든 측정시스템은 그림 2에서와 같이 설치 후 신호발생기의 RF

출력을 'OFF'한 상태에서 충분히 예열시킨다.

3.7.2 동작범위는 송신시스템의 출력을 고정한 상태에서 수신기가 선형적으로 동작되는 진폭범위에서 측정 가능한 최대 및 최소 신호진폭의 비로 결정한다. 단, 최대진폭 측정시스템과 최소진폭 측정시스템의 구성이 다를 경우 시스템에 포함된 감쇠기 및 증폭기의 특성을 보상한다.

3.7.3 신호발생기의 RF 출력을 'ON'하여 수신기에서 측정되는 값을 확인하고 측정에 포함된 감쇠기의 감쇠량과 증폭기의 이득을 보상하여 기준값으로 결정한다. 단, 수신기는 선형영역에서 동작하여야 한다.

3.7.4 측정주파수에 대해 수직·수평편파 각각을 측정한다.

3.8 시험값 측정은 다음 각 호와 같다.

3.8.1 3.5.1부터 3.5.4까지 동일하게 설치한다.

3.8.2 송신출력을 기준값 측정 시에 사용된 값으로 동일하게 유지한 상태에서 시설 외·내부에서 송·수신안테나를 마주보게 정렬하여 각각의 측정지점을 이동하며 측정한다.

3.8.3 감쇠기 또는 전치증폭기를 사용하였다면, 적용된 감쇠량 또는 이득을 기록하고 수신기의 측정값을 보상하여 시험값으로 기록한다.

3.8.4 주기적으로 3.7에서 측정된 기준값의 변동을 확인하여야 하며, 만약 ± 2 dB이상 편차 발생 시 기준값을 다시 측정하도록 한다.

3.8.5 측정지점에 따라 수직·수평편파별로 시험값을 측정한다.

3.9 수신시스템 및 안테나의 설치는 다음과 같다.

3.9.1 수신시스템(수신기, 감쇠기, 전치증폭기)과 수신안테나는 시설 내부에 설치한다.

3.9.2 수신안테나의 이격거리는 차폐벽면을 기준으로 3.4의 시험레벨 측정 거리를 따른다.

3.9.3 차폐성능 측정에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 가능한 시설

내부에는 측정자만 상주한다.

3.10 차폐성능 계산식은 다음과 같다.

$$\text{차폐성능}(SE) = 10\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = 20\log\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

V_1 : 기준값 전압

V_2 : 시험값 전압

P_1 : 기준값 전력

P_2 : 시험값 전력

[별표 4]

전도성 방호성능 측정방법

(제9조 관련)

1. 일반 사항

1.1 전도성 방호성능 측정은 전력선, 통신선과 같은 전도성 과도현상이 침투할 수 있는 케이블에 연결된 시설 인입부 장치에 대해서 측정하며, 시설 내부에 운용할 기기가 설치되기 전에 측정하는 것을 원칙으로 한다.

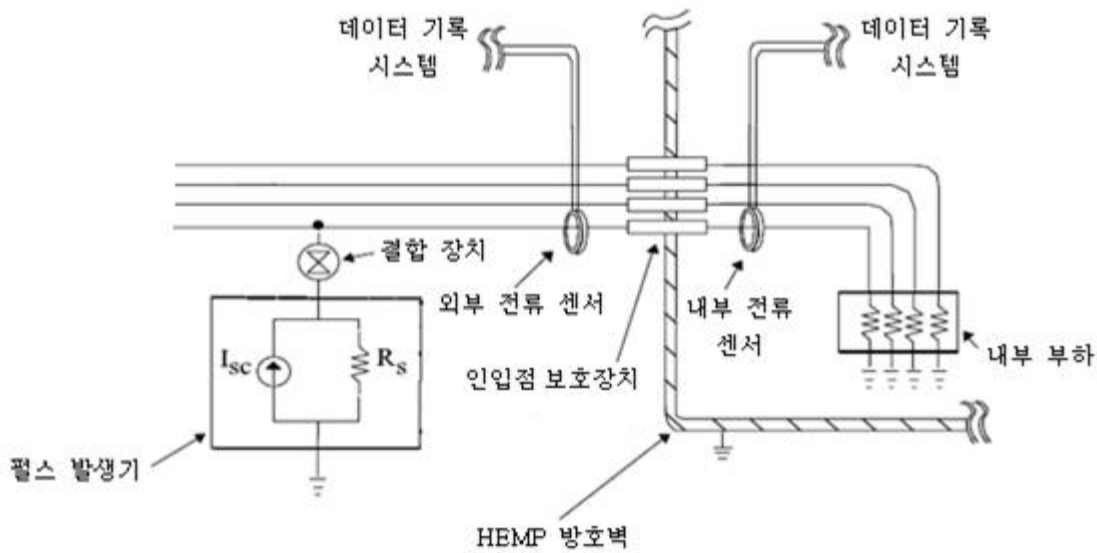
1.2 시설 내부에 기기가 운용되고 있는 경우에는 기기를 시설 인입부 장치로부터 분리하여 측정한다.

2. 측정 배치 및 조건

2.1 전도성 방호성능을 측정하기 위한 시험장비는 다음과 같다

기기명	구 분		
	단펄스	중펄스	충전선 펄스 ^{주)}
펄스 발생기	단락전류 : ≥ 5 kA 신호 임피던스 : $\geq 60 \Omega$	단락전류 : > 250 A 신호 임피던스 : $\geq 10 \Omega$	단락전류 : > 400 A 신호 임피던스 : $\geq 50 \Omega$ (가변 펄스폭)
전류 센서 (외부 주입용)	10 kHz ~ 750 MHz 0 ~ 5 kA	dc ~ 10 MHz 0 ~ 250 A	10 kHz ~ 750 MHz 0 ~ 400 A
전류 센서 (내부 잔류용)	100 Hz ~ 750 MHz 0 ~ 5 kA	dc ~ 10 MHz 0 ~ 250 A	100 Hz ~ 750 MHz 0 ~ 100 A
오실로스코프	100 Hz ~ 750 MHz	dc ~ 10 MHz	100 Hz ~ 750 MHz
데이터 기록계	0 ~ 5 ms	0 ~ 50 ms	0 ~ 5 ms
전치증폭기	100 Hz ~ 750 MHz	-	100 Hz ~ 750 MHz
계측기 차폐 및 전원	필요한 경우 펄스 발생기로 부터 절연	필요한 경우 펄스 발생기로 부터 절연	필요한 경우 펄스 발생기로 부터 절연
케이블류, 감쇠기, 모의부하 저항	필요한 경우	필요한 경우	필요한 경우

주) RF 안테나선 내부 도체(신호선) 측정용

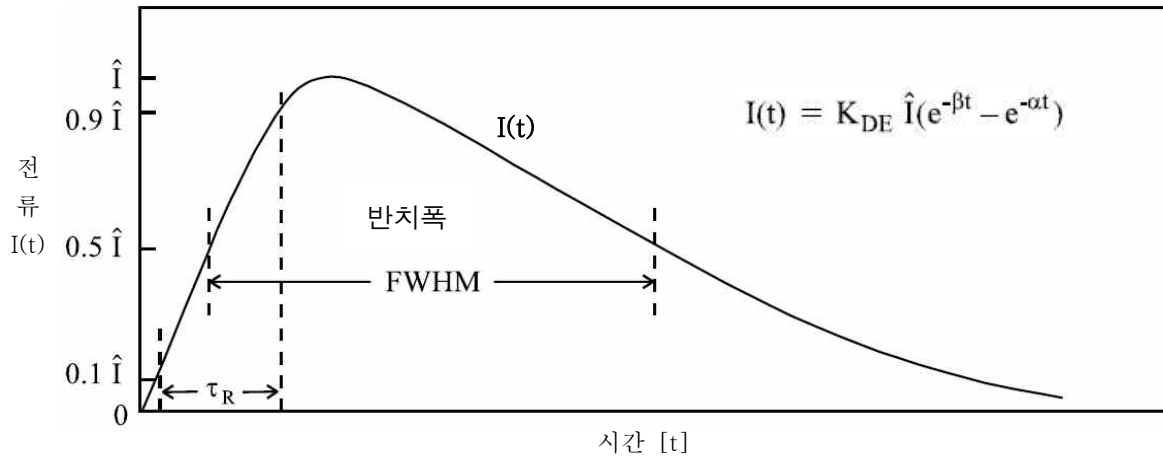


[그림 1] 선-접지 시험 배치도

- 2.2 시험 배치도는 그림 1과 같다. 펄스 발생기의 출력은 시험선에 직접 결합이 될 수 있으며, 외부 및 내부 전류센서는 인입점 보호장치 단자로부터 15 cm 이내에 위치되어야 한다.
- 2.3 시험 시에는 외부 부하가 없는 상태로 개방되고, 내부 부하는 저항으로 구성되어야 한다.
- 2.4 인입점 보호장치가 방호시설에 설치된 후에 시험을 하여야 한다.

3. 측정방법

- 3.1 전도성 방호성능은 각 전기적 인입점의 외부 인입부에 그림 2의 이중지수함수 전류 파형을 표 1, 2와 같은 조건으로 주입한다.
- 3.1.1 모든 주입전류에 있어서 측정된 내부 잔류전류가 최대 잔류 전류 값의 한계값을 초과하지 않아야 한다.
- 3.1.2 인입점 보호장치의 시험 후 물리적 검사, 서지보호장치가 설치된 경우 dc 1 mA 전류에서의 전압(금속 산화물 바리스터의 경우) 또는 dc 절연파괴 전압(스파크 갭의 경우)의 측정, 그리고 잔류전류 데이터 분석을 통하여 보호장치에 손상 또는 성능저하가 없어야 한다.



여기서, \hat{I} = 최대 전류, KDE, α , β = τ_R 과 반치폭의 함수

※ τ_R : 최대 전류의 10 %에서 90 %까지 상승하는데 걸리는 시간(상승 시간)

[그림 2] 전도성 과도현상 펄스전류 파형도(단락회로)

<표 1 - 전기적 인입점에서 주입 전류 요구사항>

전기적 인입점		주입 형태	최대 단락전류 \hat{I} (A) ⁷⁾	소스 임피던스 Z_S (Ω)	상승 시간 τ_R (s)	반치폭 (s)	부하 임피던스 (Ω)
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스	선-접지 ¹⁾	2500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
	중펄스	선-접지	250	≥ 10	$\leq 1.5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	50
기타 전원선 (내부 → 내부)	비제한 선 단펄스	선-접지	2500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
	제한선 ⁵⁾ 단펄스	선-접지	$800/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
오디오/데이터선 (외부 → 내부)	단펄스	선-접지	$5000/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	50
	중펄스	선-접지	250	≥ 10	$\leq 1.5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	50
제어/신호선 (내부 → 내부)	비제한 선 단펄스	선-접지	$5000/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
	제한선 ⁶⁾ 단펄스	선-접지	$800/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
전선관 실드	매설 ⁴⁾	관-접지	800	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 ⁵⁾
	노출	관-접지	5000	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 ⁵⁾

1) 인입점에 인접한 그라운드에 대해 방호벽 관통선이 각각 시험된다.

2) 2개 중 작은 값을 선택하며, V_{rated} , I_{rated} 는 인입점 보호장치(필터 등)의 최대 정격전압 및 최대 정격전류를 의미한다.

- 3) 2개 중 큰 값을 선택하며, N은 케이블 내부 관통 도체의 개수이다.
- 4) 전선관의 노출 길이가 1 m 미만인 경우 매설로 한다.
- 5) 전선관 내부의 선은 내부기기에 연결하며, 연결되지 않는 선은 부하 임피던스($2\ \Omega$)에 공통 연결한다.
- 6) 외부에 노출된 케이블의 길이가 5 m 미만이고, 연결된 기기의 크기가 2 m 미만이며, 다른 전기적 도체(접지 제외)에 연결되어 있지 않은 경우를 제한선으로 한다.
- 7) 최대단락전류는 $t = 0$ 에서 $t = 5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 전류 파형 $I(t)$ 의 최대값을 말한다.

<표 2 - RF 안테나선 인입점에서 주입 전류 요구사항>

전기적 인입점 (RF 안테나선)			주입 형태	주입 주파수 ¹⁾ (MHz)	최대 단락전류 \hat{I} (A) ⁴⁾	소스 임피던스 Z_S (Ω)	상승 시간 τ_R (s)	반치폭 (s)	부하 임피던스 (Ω)
외부 도체 (실드)	매설	단펄스	실드- 그라운드 ²⁾	미적용	800	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	$50^{2)}$
	노출	단펄스	실드- 그라운드 ²⁾	미적용	5000	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	$50^{2)}$
내부 도체 (신호선)	단펄스		신호선-실드	≤ 30	위협 레벨 ¹⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	$50^{2)}$
	충전선 펄스		신호선-실드	> 30	위협 레벨 ¹⁾	≥ 50	$\leq 5 \times 10^{-9}$	다양함 ³⁾	$50^{2)}$

- 1) 주입 주파수와 위협 레벨은 커플링 측정결과를 산출하여 구한다.
- 2) 신호선은 $50\ \Omega$ 으로 RF 안테나선의 외부 도체(실드)에 종단되어야 한다.
- 3) 충전선 펄스 발생기(Charge line pulser)의 출력 충전선의 길이는 주입 주파수의 1/4 파장인 길이를 가져야 하며, 충전선 펄스 발생기의 전류 용량이 부족할 경우 단펄스 발생기를 사용하여야 한다.
- 4) 최대단락전류는 $t = 0$ 에서 $t = 5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 전류 파형 $I(t)$ 의 최대값을 말한다.

3.2. 전기적 인입점에서의 전류 주입은 다음 각 호와 같다.

- #### 3.2.1 인입점 보호장치 및 내부기기의 손상을 최소화하기 위해 다음과 같이 전류 크기를 표 1의 최대 전류까지 증가시키면서 적용하여야 한다.

3.2.2 최대 전류의 10 % 미만인 전류와 인입점 보호장치 내부의 비선형 소자 동작전압에서의 전류 중 더 큰 전류를 최소 시험전류로 한다.

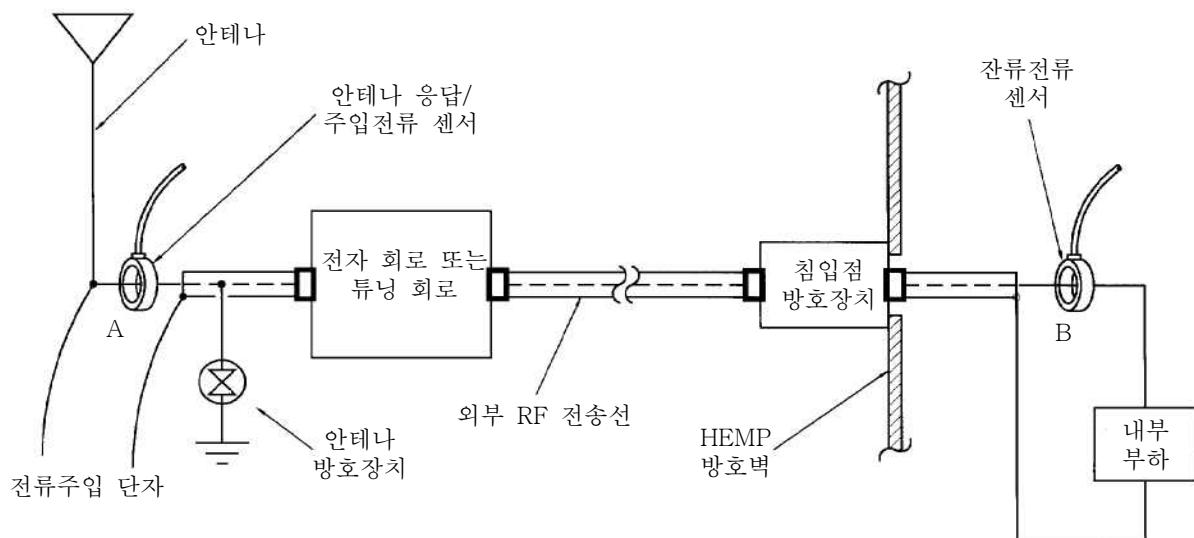
3.2.3 전류의 크기를 대략 두 배수로 증가시켜가며 최대 전류까지 주입 시험한다. 이 때, 표 1, 2에 있는 최대 주입 전류의 110 %를 넘지 말아야 한다.

※ 동일한 인입점 보호장치가 3개 이상 설치되어 있을 경우, 3번째 이상은 최소 전류와 최대 전류만 주입 시험한다.

※ 인입점 보호장치에 시험한 전류 펄스 수, 최대 전류값, 펄스폭은 향후 유지보수를 위해 기록되어야 하며, 시험한 총 전류 펄스 수가 침입점 보호장치 정격 수명의 90 %를 넘을 경우 그 보호장치는 교체하여 시험하여야 한다.

3.3 RF 안테나선 인입점에서의 전류 주입은 다음 각 호와 같다.

3.3.1 결합 측정은 그림2와 같이 안테나, 안테나 방호장치(있을 경우), 전자 기기 및 튜닝 기기(있을 경우), RF 전송선, 침입점 방호장치로 이루어진 안테나 부속시스템이 완전히 구축된 상태에서 수행되며, 방호벽 외부에 튜닝회로가 있는 안테나의 경우 최소 동작주파수, 중간대역 동작 주파수, 최대 동작주파수에서 수행된다.



[그림 2] 결합 측정 및 안테나 부속시스템의 구성도

- 3.3.2 안테나선은 전기자기 방호벽 내부에서 RF 전송선의 특성임피던스와 동등한 내부 저항 부하는 30 cm 미만인 길이의 케이블로 연결하여야 한다.
- 3.3.3 결합 측정을 위한 송신 안테나의 위치 및 편파는 최대의 안테나 응답을 얻을 수 있도록 설정하고, 안테나 단자지점(A)과 방호벽 내부지점(B)에서 전류를 측정한다.
- 3.3.4 측정된 최대 전류값과 해당 주파수로부터 최대 주입 전류(표 2의 위협레벨)와 주입 주파수를 결정한다.
- 3.3.5 안테나 단자 지점(A)에서 전류를 주입하며, 방호벽 외부에 튜닝회로가 있는 안테나의 경우 최소 동작주파수, 중간대역 동작주파수 및 최대 동작 주파수에서 시험한다.
- 3.3.6 RF 안테나선 실드 PCI 시험은 단펄스 발생기를 사용한다.
- 3.3.7 RF 안테나선 내부도체 시험에서는 주입 주파수가 30 MHz 이하인 경우 단펄스 발생기를 사용하고, 30 MHz를 초과하는 경우는 주입 주파수의 1/4 파장의 길이를 가진 충전선 펄스 발생기(Charge line pulser)를 사용한다. (충전선 펄스 발생기의 전류 용량이 부족할 경우 단펄스 발생기를 사용한다.)
- 3.3.8 최대 주입 전류는 충전선 펄스 발생기의 단락전류가 커플링 측정 시 측정된 최대 전류값의 2배가 되는 전류이며, 이 최대 주입전류는 대략 10 %, 25 %, 50 %, 100 %의 순서로 주입하여 시험한다.
- 3.4 펄스 전류 주입 측정은 다음 각 호와 같다.
- 3.4.1 펄스 발생기와 데이터 기록 시스템을 설치하고 교정을 수행한다.
- 3.4.2 시험선의 전원을 끄고 센서를 설치한다.
- 3.4.3 신호-노이즈 비를 만족하는지 확인하기 위해 데이터 기록 시스템의 노이즈를 점검한다.
- 3.4.4 시험 구성 및 내부기기 상태 등을 확인한다.
- 3.4.5 펄스 전류를 시험선에 주입한다.
- 3.4.6 측정지점의 그래프 또는 값을 기록한다.

3.4.7 측정값과 잔류전류의 한계값을 비교하여 만족하지 못하면, 인입점 보호장치를 수리 또는 교체하여 재시험한다.

3.4.8 최소 전류주입 레벨부터 최대 전류주입 레벨까지 높여가면서 3.4.1~3.4.7의 단계를 반복한다.

3.4.9 시험선의 전원을 끄고 펄스발생기의 출력 연결 및 센서를 제거한다.

3.4.10 서지보호장치가 설치되어 있으면, 이를 분리하여 dc 1 mA에서의 전압(금속산화물 바리스터의 경우), 또는 dc 절연파괴 전압(스파크 갭의 경우)을 측정한다. 측정값이 서지보호장치 사양을 만족하지 못하면 수리 또는 교체하여 재시험한다.

3.4.11 다른 시험선에서 3.4.2~3.4.10의 단계를 반복한다.

[별지 제1호 서식]

안전성 평가 신청서

접수번호	접수일	처리기간
신청자	기관명	법인등록번호 : 사업자등록번호 :
	대표자 (서명 또는 인)	생년월일
	주 소	전화번호
시공사	상 호	정보통신공사업 등록번호:
	주 소	전화번호
신청시설 구분	[] 방호차폐시설 [] 장비보호시설	
방호성능	신청 최대주파수	차폐 레벨
	[] 1 GHz 이하	[] 80 dB 이상
	[] 1 GHz 초과~18 GHz 미만	[] 기타(dB)

「고출력·누설 전자파 안전성 평가에 관한 고시」 제5조에 따라 위와 같이 방호차폐시설(또는 장비보호시설)에 대한 안전성 평가를 신청합니다.

년 월 일

국립전파연구원장 귀하

제출서류	담당자 확인사항	수수료
1. 시설의 세부 도면(측정점 확인 가능) 2. 개인 또는 법인 증명서류 등	법인등기사항전부증명서 등	전파법시행령 제 98조의 2(고출력·누설 전자파 안전성 평가 수수료)

처리 절차



신청자

국립 전 파 연 구 원

[별지 제2호 서식]

현장평가 결과 보고서	
상호 또는 성명	
시설 또는 기기 명칭	
현장평가 결과	
기타 사항	
<div style="text-align: right;"> 년 월 일 </div>	

210mm×297mm[일반용지 60g/㎡(재활용품)]

방사성 방호성능 시험 성적서

1. 측정개요

- 가. 신청인 :
 나. 측정장소 :
 다. 측정기간 :
 라. 측정대상 : $m(L) \times m(W) \times m(H)$
 마. 측정자 :

2. 측정장비

품 명	모델명	규 격	제조사(S/N)

3. 측정내용

- 가. 장비배치
 나. 측정주파수
 다. 측정 시 특이사항 등

4. 측정결과

전도성 방호성능 시험 성적서

1. 측정개요

- 가. 신청인 :
- 나. 측정장소 :
- 다. 측정기간 :
- 라. 측정대상 : $m(L) \times m(W) \times m(H)$
- 마. 측정자 :

2. 측정장비

품 명	모델명	규 격	제 조사(S/N)

3. 측정내용

- 가. 장비배치
- 나. 전기적 인입점에서 잔류전류 요구사항
- 다. RF 안테나선 인입점에서의 잔류전류 요구사항 결과 등

4. 측정결과

[별지 제3호 서식]

안전성 평가 결과서	
상호 또는 성명	
시설 또는 기기 명칭	
평가 결과 (시험성적서 별첨)	
평가 연월일	
기타 사항(권고 대책 등)	
<p>위 시설 또는 기기는 「전파법」제 56조에 따라 평가되었음을 증명합니다.</p> <p style="text-align: right;">년 월 일</p> <p style="text-align: center;">국립전파연구원장 직인</p>	

210mm×297mm[일반용지 60g/㎡(재활용품)]

정보통신기반시설 고출력전자파
영향 및 대책 연구



520-350 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2014. 12.

발 행 인 : 최 영 진

발 행 처 : 미래창조과학부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4416

인 쇄 : 리드릭

Tel. 02) 2269-1919

<비매품>

ISBN : 978-89-97525-98-0

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.