

낙뢰(落雷)로부터 통신장치를 보호하는 방법

—보다 고신뢰 서비스 제공을 위하여—

Protection for Telecommunications Equipment from Lightning
—to Provide service with Higher Reliability—

曹 圭 心*

Cho, Kyu Shim

Abstract

Lightening is a phenomenon in which electric charges accumulated in the air due to a strong ascending air current are instantly discharged. As the air current rises, the steam in the air turns into hail and grows to a certain size. Thunderclouds brought together by the ascending air current when the earth's surface is heated by strong summer sunlight produce what are called heat thunderstorms. Compared to transistors and IC's that operate at several volts, lightening induces voltages of from several 100 to several 10,000 volts and sometimes causes great damage, such as destroying equipment or delaying communication. The following describes the cause of lighting damage and basic idea behind countermeasures against such damage.

I. 머리말

뇌(또는 뇌전 또는 천둥번개)는 강한 상승기류 등의 기상현상으로 인해 대기 중에 전하(電荷)가 축적되었던 것이 순간적으로 방전되는 현상이다. 여름의 강렬한 일사광선으로 인해 지표면이 달구어지고 그 상승기류에 의해서 뇌운(雷雲, 積亂雲)이 형성된다. 수(數)볼트로 동작하는 트랜지스터나 IC에 비해서 수 백~수 만 볼트의 전압을 유기하기 때문에 장치를 파괴하기도 하고, 때에 따라서는 통신이 두절되는 중대한 피해를 주는 일이 있다. 다음은 뇌해(雷害)의 구조와 그 대책의 기본적 아이디어를 소개한다.

II. 본론

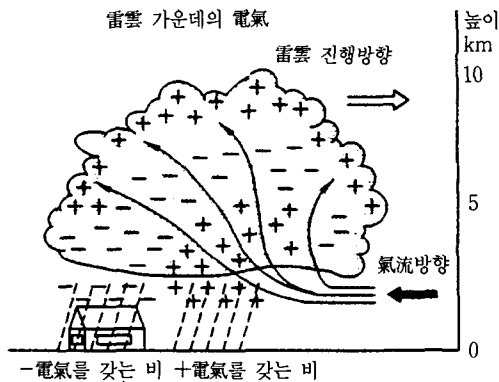
1. 낙뢰(落雷)와 전기(電氣)

프랭클린(Benjamin Franklin)은 '뇌전(천둥번개: lightening)은 전기'라는 것을 연(薦)을 띄워 증명한 것은 유명한 이야기이다. 금일에 이르러서는 어린 아이들도 뇌전(천둥번개)이 전기의 작용이라는 것을 알게 되었다. 뇌전은 구름이 가지고 있는 대량의 (+)와 (-)전기가 방전해서 대단한 빛과 소리를 내는 것이다. 여름에는 구름이 공기중의 전기를 모아서 대량의 전기를 가지는 수가 있다. 하나의 구름이 (+)전기를 가지면, 그 부근에 있는 구름은 (-)전기를 대전하게 한다. 그리고 (+)와 (-)전기를 가진 전기가 더욱 접근하면 구름과 구름 사이의 공기를 깨고 방전이 일어난다. 이때에 구름은 대단히 많은 전기(전하; 電荷)를 지니고 있으므로 방전할 때는 강한 불꽃(spark) 때문에 대단히 강한 빛과 '피시~~~'하는 높은 소리를 낸다.

*電氣通信技術士, 工博, 東亞엔지니어링 株式會社(東亞Group) 技術顧問.

뇌전(雷電) 또는 천둥번개는 위에서 말한 바와 같이 이루어지는데 이것을 그림으로 그리면 <그림1>과 같이 된다.

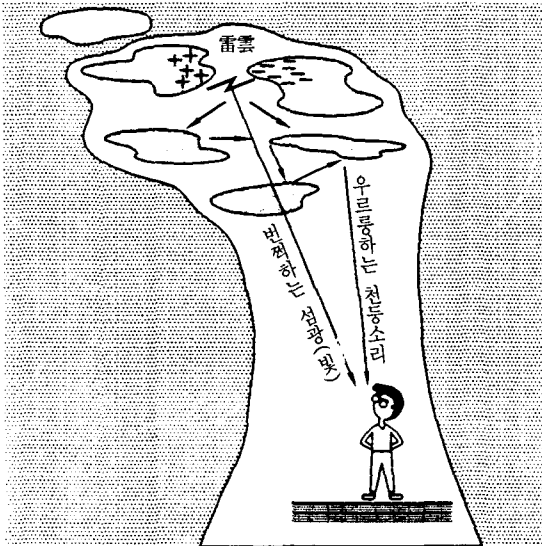
뇌전 또는 천둥번개가 친 다음에 비가 오는 경우는 <그림1>에서 보는 바와 같이 (+)비(雨)와 (-)비(雨)가 있게 된다.



<그림 1> 뇌운 모델

(우리나라 8, 9월에 가장 심한 비락의 산모는 적란운(뇌운) 기류에 따라 집중호우의 돌풍을 몰고 오는 수도 있다.)

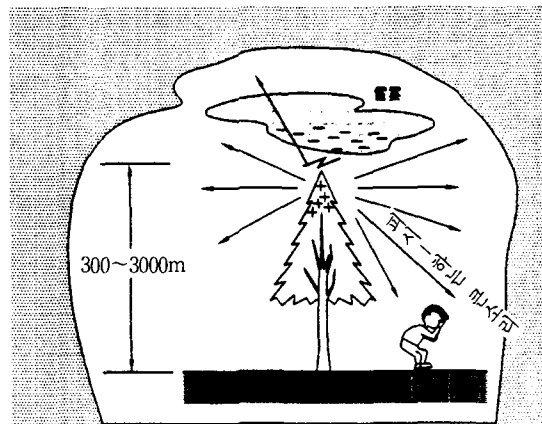
뇌전(천둥번개)이 우르르 광하는 소리를 내는 것은 방전 시에 나는 높은 소리가 구름에 부딪쳐서 반사하여 울리기(산울림 같음) 때문이다. <그림2>는 울림을 일으키는 양상을 표시한 것이다.



<그림 2> 우르릉하며 천둥소리를 내는 천둥번개

전기를 가진 구름이 지상에서 300~3,000m 정도로 가까이 내려오면 이것이 지상에 있는 물체와의 사이에 방전이 일어나는 때가 있다. 이것이 바로 낙뢰(벼락)이다. <그림3>은 지상에 있는 큰 나무에 낙뢰한 양상을 표시하는 것이다. <그림4>는 남산 TV 타워에 낙뢰(벼락)하는 사진이다.

뇌전(천둥번개)이 관측된 날을 뇌우일(雷雨日) 또는 발뢰일(發雷日)이라 한다.



<그림 3> 피시-하는 큰소리를 내며 떨어지는 낙뢰



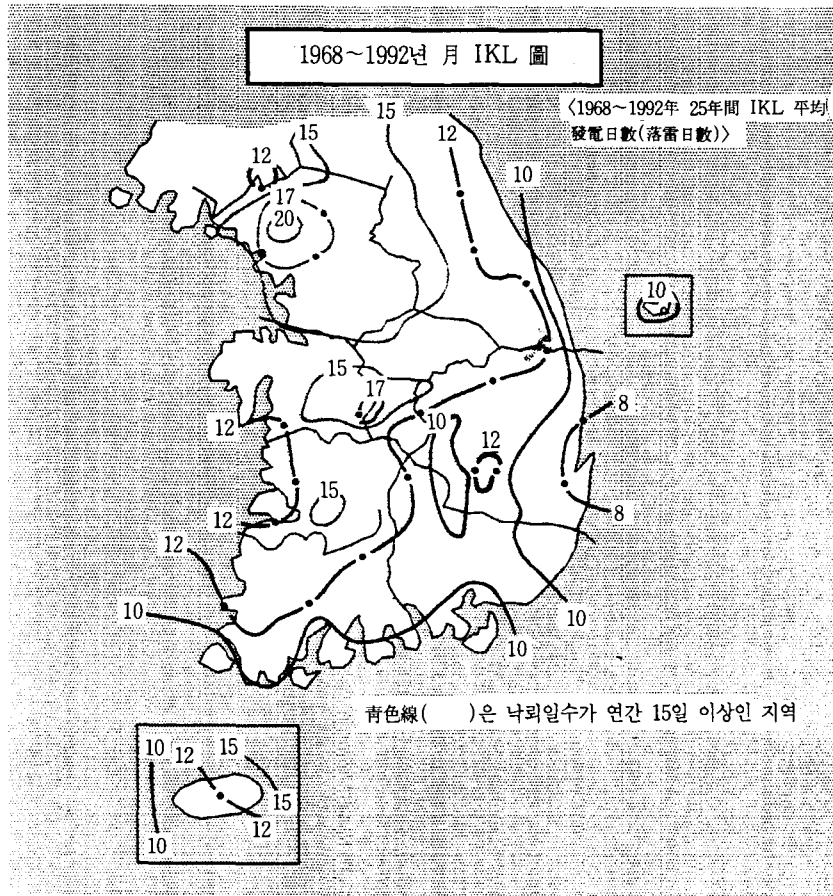
<그림 4> 남산 TV 타워의 낙뢰(1994년 10월 2일 밤 10시경)

<그림5>와 <그림6>은 우리나라에서 뇌우일이 많은 지역을 표시한 것이다. <그림5>와 <그림6>은 한국전력주식회사가 작성한 I.K.L.(Iso Keraunic

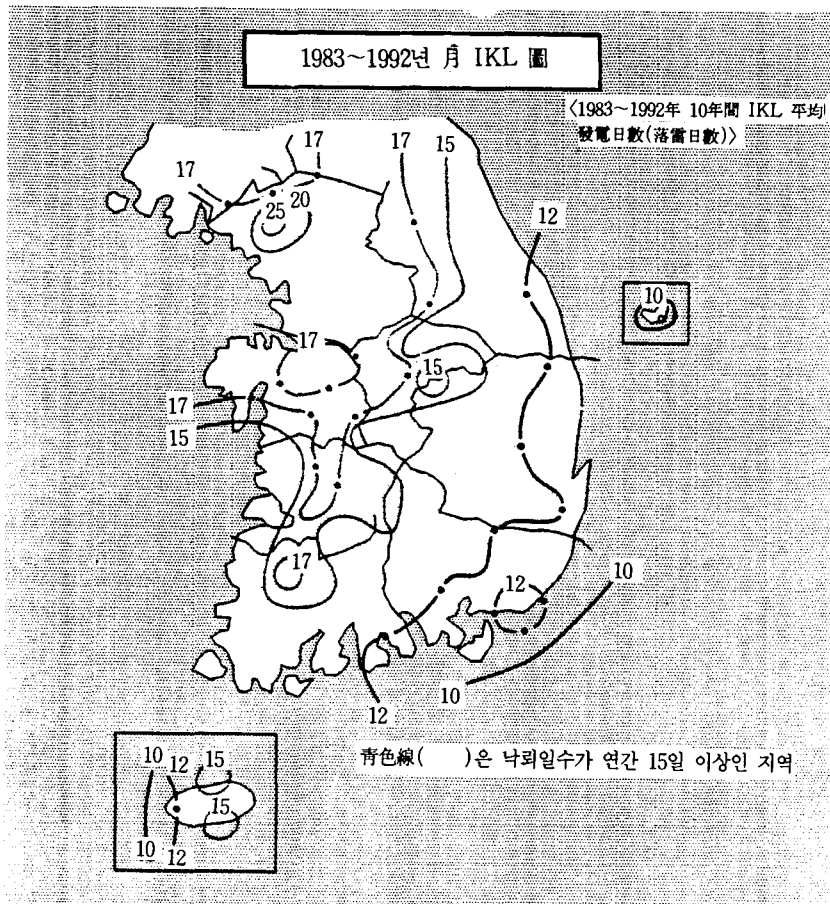
Level:년간 평균 發雷日數 또는 落雷日數)이며, 1968~1992년의 25년간과 1983~1992년의 10년간의 연간 평균 발뢰일수를 나타낸 것이다. 통신장치의 뇌해(雷害:천둥번개에 의한 피해)는 뇌우일(雷雨日:천둥번개가 친 날)이 많을수록 그 피해가 크다. 그리하여 <그림5>나 <그림6>과 같은 I.K.L.도 작성이 필요하게 된다.

여기서 통신장치가 받는 뇌전 피해 즉, 뇌해의 구조에 착안하면 2종류의 형태(pattern)가 있다. 하나

는 통신시설로부터 먼 거리의 장소에 낙뢰가 떨어져서 이때에 발생한 강전자계(強電磁界)로 인해 통신케이블 등에 대단히 큰 전압이 유기 되는 현상이다. 그 유도전압이 통신장치까지 전반(傳搬)해옴으로써 전자회로가 파괴되는 등의 피해가 발생한다. 두 번째는 빌딩에 떨어진 낙뢰의 전류의 일부가 직접 통신장치에 유입하던가, 또는 전위차가 생김으로써 일어나는 피해이다.



<그림 5> IKL(Iso Keraunic Level)<25年間 平均 發雷日數(落雷日數)>
(韓國電力公社 資料)

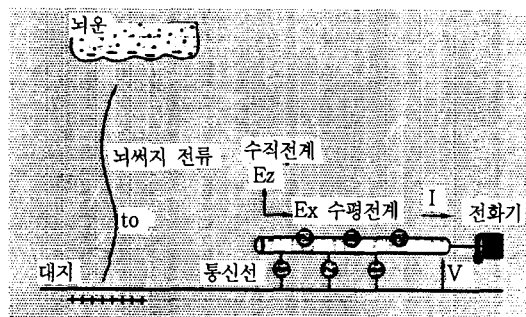


〈그림 6〉 IKL(Iso Keraunic Level) 〈10年間 平均 發電日數(落雷日數)〉
(韓國電力公社 資料)

2. 통신선로, 상용전원으로 떨어지는 유도뇌 전 썬지(induced lightning surge)와 그 대책

〈그림7〉은 여름의 낙뢰의 예로서, 통신케이블에 유도되는 유도전압발생구조를 표시한 것이다. 대지(大地)에는 (+)의 전하가, 뇌운(雷雲)의 하측(下側)에는 (-)의 전하가 축적된다. 처음에 뇌운(雷雲)으로부터 대지를 향해서 대기(大氣)의 절연과괴가 일어나고, 그 다음에 그곳을 통해서 대지로부터 뇌운으로 빛의 약 1/3의 속도로 대전류(大電流)가 흐른다. 통신케이블 등의 유도전압은 이 대지로부터 뇌

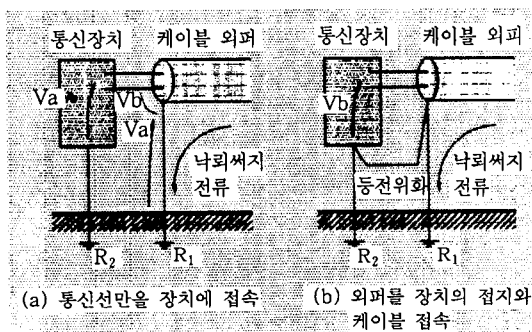
운으로의 전류에 의해 발생하는 강전계(強電界)로 인한 것이다.



〈그림 7〉 뇌썬지 유도 매캐니즘

대지는 완전도체가 아니므로 수직전계와 수평전계가 발생하며 그 두 전계의 합친 전계를 길이의 방향으로 적분(積分)한 전압이 케이블 단말에 유기된다. 통신케이블에는 플라스틱외피의 내측에 알루미늄속층(AI 金屬層)이 있으며, 그 속에 통신선을 수용하였으므로, 이들의 도체에는 대략 같은 전압이 유기된다. 그러나 이것들의 케이블단말에 장치를 어떻게 접속하느냐에 따라 전자회로(電子回路)에 가해지는 전압은 5배 10배의 차가 생긴다.

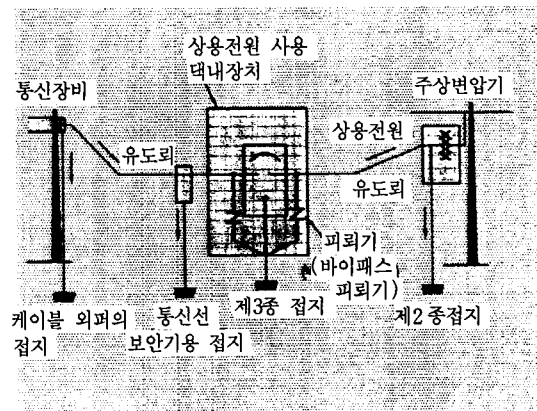
〈그림8〉(a)는 케이블외피가 뺀아서 떨어진 장소에 접지를 하고 통신선만을 장치에 접속한 경우이다. 유도에 의해 생긴 뇌썬지전류(雷surge電流)가 케이블외피의 접속점에 유입하면 접지임피던스(grounding impedance)로 인해 그 점의 전위가 수천~수만 볼트 상승한다(V_a). 케이블외피와 통신선의 사이에도 수백~수천 볼트의 전위차인 V_b 가 발생하고 있으므로(단, $V_b \ll V_a$) 결과적으로는 장치에는 양쪽의 전압($V_a + V_b$)이 합쳐져서 가해진다. 그러나 〈그림8〉(b)와 같이 케이블의 외피도 장치에 접속하면 장치의 전자회로에는 외피와 통신선의 전위차(V_b)만이 가해져 전압이 〈그림8〉(a)에 비해서 대폭적으로 감소된다. 이와 같이 접지를 접속하여 등전위화(等電位化)하는 것을 접지의 통합 또는 연접(連接)이라 한다. 이것은 뇌전피해대책(雷電



〈그림 8〉 통신선 유도전압의 접지구성 의존성

被害對策)에서 가장 기본적인 아이디어로 되어 있다.

〈그림9〉는 맥내전화(宅內電話) 또는 팩시밀리 등, 상용전원(商用電源)을 사용하는 맥내기기(宅內機器)에서는 현재 우리나라에서는 이런 접지 구성을 하고 있다. 통신케이블의 외피는 電柱에 부착해서 접지, 맥내기기의 제3종 접지¹⁾, 상용전원의 접지는 각각 별개로 마련되어 있다. 통신선에 뇌유도전압(雷誘導電壓)이 생긴 경우를 생각할 때 〈그림8〉(a)의 이유로 통신선으로의 유도전압이 맥내기기측으로 직접 유입하는데, 보안기로 1차 피뢰의 기능을 수행해도 접지전위가 상승하여 맥내기기의 제3종접지 또는 상용전원과의 사이에 전위차가 발생하기 때문에 결국은 맥내기기에 대전압(大電壓)이 가해지게 된다. 이것은 상용전원에 뇌유도전압(雷誘導電壓)이 발생된 경우도 마찬가지이다. 이 대책은 각각의 접지를 상호를 연결하는 일이다. 그러나 고객의 맥내에서는 상용전원의 접지를 연결하는 것이 곤란하기 때문에 〈그림9〉와 같이 통신선과 전원선, 제3종접지의 사이에 피뢰기를 삽입하여 뇌뢰썬지(落雷surge)가 들어왔을 때에 등전위화(等電位化)하게 한다. 이 방법을 바이패스·아레스터(bypass·ar-

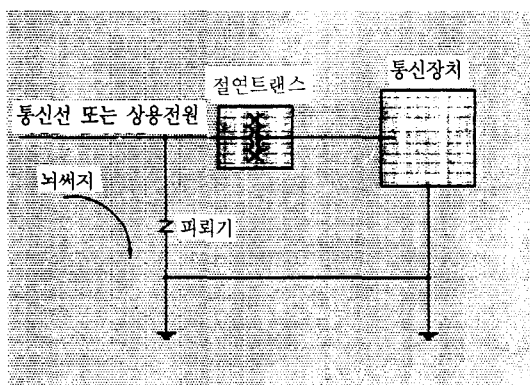


〈그림 9〉 상용전원을 사용하는 맥내기기의 접속구성 통신장차

1) 제3종 접지: 제3종 접지란 누전 사고 등에 대한 안전 확보를 위해 금속 프레임(metal frame)이 노출되어 있는 것 같은 장치는 접지 하는 것이 전기설비기술 기준에서 의무화되어 있으며 저전압배전계의 장치에 적용하는 접지. 접지 저항은 100Ω 이하.

rester)법이라 말하며 맥내기기의 패키지(package)에 실장(實裝)하는 경우와 외부부착(外部附着)으로 대비하는 경우가 있다.

〈그림9〉에 표시한 피뢰기는 어느 스텔쉬홀드(threshold)전압을 넘으면 단락상태로 되어 전위차를 해소하지만, 이것 이외에도 뇌유도전압이 침입하지 않도록 절연하는 기능을 갖는 것으로서 절연트랜스(isolation transformer)가 있다. 이 절연트랜스는 성능이 충분하면 뇌전유도 전압의 침입을 샷아웃(shutout)하므로 유효한 대책의 하나이다. 그러나 수 만 볼트에도 견딜 수 있는 성능을 얻는 것이 기술적으로 곤란하다는 것, 또 형상이 커짐으로써 경제적이지 못하다는 이유로 인해 뇌전(천둥번개)의 침입경로에 대해서 절연트랜스 하나만으로 대책을 실시하는 것보다 〈그림10〉과 같이 피뢰기로 먼저 바이패스 시키고 여기서 막아내지 못하는 전압에 대해서 절연트랜스로 2차 대책을 실시하는 방법이 실용적인 아이디어이다. 이제까지는 주로 맥내기기(宅內機器)의 예를 설명하였지만 센터빌딩(대형빌딩)에 있어서도 통신케이블 또는 상용전원(商用電源)으로부터 침입하는 뇌유도전압에 대해서는 근본적으로 동일하다.



〈그림 10〉 피뢰기와 절연트랜스를 조합한 뇌해(雷害) 대책

3. 빌딩 직격뢰(building 直擊雷)와 그 대책

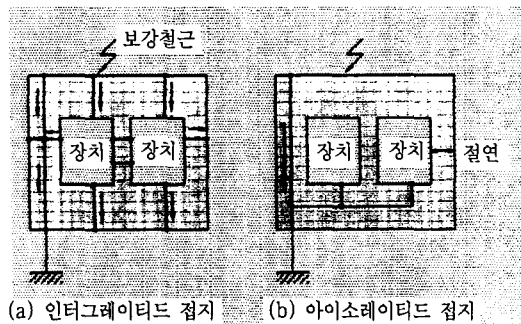
일반 가옥에 직격낙뢰(直擊落雷)는 극히 드물지

만 센터빌딩(대형빌딩), 또는 천둥번개가 많은 산정 무선중계소(山頂無線中繼所)에서는 낙뢰에 의해 빌딩내의 통신장비가 고장을 일으키고 이것이 대규모 고장에 이르는 수가 있다. 그의 주요한 구조는 다음의 두 가지를 제시할 수 있다.

- ① 피뢰침 등에 낙뢰한 뇌썩지전류(lightening surge current)가 빌딩의 철근이나 철골 등에 흐름으로써 (a) 그 일부의 전류가 통신장치에 유입한다. (b) 격리된 장소에 설치된 장치사이에 전위차가 생긴다. (c) 빌딩 내를 배선해 놓은 케이블에 유도전압이 발생한다, 등의 현상이 발생하여 통신장치의 전자회로를 파괴한다.
- ② 직격뇌전류(直擊雷電流)가 대지로 유출함으로써, 그 빌딩의 전위가 상승하기 때문에 먼 쪽으로 향해서 배선해 놓은 통신케이블 또는 상용전원선으로부터 뇌전류(雷電流)가 유출하여 그 인출점(引出點)이 되는 피뢰기 등을 파괴한다.

통신이외의 분야에서는 장치의 디지털화, 고기능화와 더불어 이와 같은 직격뢰로 인한 고장의 사례가 증가하고 있지만 아직도 체계적인 해석(解析)이나 대책이 이루어진 예가 적고, 경험적인 대책에 의존하고 있는 것이 현재의 실정이다.

우선 상기 ①에 대하여 그 대책의 주된 예를 〈그림11〉에 표시한다. 〈그림11〉(a)는 장치에 침입하는 뇌전류를 극력으로 분산시켜 회로나 장치간에 발생하는 전위차를 작게 억제하는 데 중점을 두는 방법이며 인테그레이티드 어스(integrated earth; 인테그레이티드接地)라고 부른다. 안테나 또는 도파관, 또는 동축케이블을 접지 하는 무선장치 또는 전송장치(transmission equipment)에 채용되고 있다. 특히, 산꼭대기에 있는 중계소와 같은 직격낙뢰의 빈도가 심한 빌딩에서는 장치의 주위에 낮은 임피던스(low impedance)의 접지도체(環狀接地)를 마련하고 장치사이를 맞물림 상태로 접속하여 전위차가 생기는 것을 억제하고 있다.



〈그림 11〉 센터빌딩내에 있어서의 통신장치의 뇌피해 대책

〈그림11〉(b)는 뇌전류를 침입시키지 않는 것에 중점을 둔 방법이며 빌딩의 기둥 또는 벽, 바닥, 또는 주변장치로부터 완전히 절연하는 방법이다. 이것을 아이소레이티드 그라운드링(isolated grounding)이라 부른다. 비교적 저주파에서 동작하며 높은 신뢰가 요구되는 디지털교환기에 채용되고 있다. 이 방법에서는 주위와의 절연이 완전치 않으면 대책의 효과를 얻을 수 없으므로 유지보수상에 큰 배려가 있다.

통신시스템이 고도화됨에 따라 〈그림11〉(a)와 (b)의 장치가 혼재하기도 하고, 종래의 무선, 전송(傳送)과 같은 구별이 곤란하게 되어있고 뇌 대책의 관점은 물론 EMC(Electromagnetic Compatibility: 電磁環境統合性) 또한 장치의 동작 특성을 포함해서 조화가 잡힌 기능적인 대책 설계가 필요하게 되었다.

앞의 ②에 대해서는 그 주원인이 빌딩의 전위상승이기 때문에 (a)그 빌딩의 접지저항을 적게 하여 전위상승을 억제한다. (b)대전류가 유출하여도 파괴

하지 않게 설비의 내력(耐力)을 향상시키는 등의 대책이 필요하다. 접지저항을 경감(輕減)하는 방법은 오히려 경비가 증대함으로 보통은 우선, 설비의 내력향상책을 실시한다. 현재의 상황에서는 어느 정도의 설비로 하면 어느 정도의 신뢰성을 얻을 수 있는가가 명확하지 않다. 그리하여 경험적인 대책에 의존하고 있는 것이 실정이다.

Ⅲ. 결론

낙뢰(또는 벼락)의 연구는 역사가 길다. 뇌 대책은 오랜 세월에 걸쳐서 검토결과와 경험을 근거하여 실시되어 왔다. 뇌전(천둥번개)과 낙뢰를 연구하고 있는 학자, 연구원 또는 벼락에 관한 전기기기(電氣機器)를 만들고 있는 회사도 많다. 그러나 전기장치와 통신장치의 다양화, 고도화에 따라 점차로 민감하게 반응하게 되어있으며, 보다 고도의 방호기술(防護技術)이 요구되고 있다.

따라서 실태를 잘 파악한 후에 그 뇌해발생(雷害發生)구조 또는 전기 통신장비에 끼치는 영향을 정량(定量)적으로 구명하는 일이 한층 더 중요하게 되었다.

●참고문헌

1. NTT 技術 ジャーナル, 1994년 4월號(日本, NTT)
2. NTT Review, 1994년 9월(NTT, Japan)
3. 電氣理論 ABC, 牧野秀雄(オー社)
4. 雷その被害と對策, 1988년 11월號, 教育社(日本)
5. 雷防護技術ガイドでック, 福富秀男(日本, NTT)