

# 낙뢰(落雷)로부터 통신장치(通信裝置)를 보호(保護)하는 방법 (보다 고신뢰 서비스 제공을 위하여)

曹 圭 心

東亞엔지니어링株式會社(東亞그룹)  
技術顧問 技術士·工博

뇌(또는 뇌전 또는 천둥번개)는 강한 상승기류 등의 기상현상에 의해 대기중의 전하(電荷)가 축적되었던 것이 순간적으로 방전되는 현상이다. 여름의 강렬한 일사광선으로 인해 지표면이 달구어지고 그 상승기류에 의해서 뇌운(적란운)雷雲(積亂雲)이 형성된다. 수(數)볼트로 동작하는 트랜지스터나 IC에 비해서 수백(數百)~수만(數萬)볼트의 전압을 유기하기 때문에 장치를 파괴하기도 하고, 때에 따라서는 통신이 두절되는 중대한 피해를 주는 일이 있다. 다음은 뇌해(雷害)의 구조와 그 대책의 기본적인 아이디어를 소개한다.

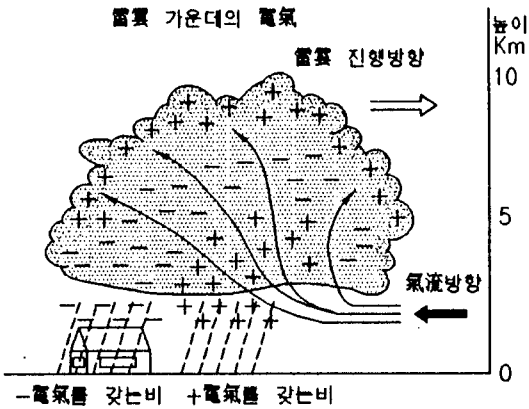
## I. 낙뢰(落雷)와 전기(電氣)

프랭클린(Franklin)은 뇌전(천둥번개 : Lightning)은 전기(電氣)라는 것을 연을 띄워 증명한 것은 유명한 이야기이다. 금일에 이르러서는 어린이들도 뇌전(천둥 번개)은 전기의 작용이라는 것을 알게 되었다. 뇌전(천둥 번개)은 구름이 가지고 있는 다량의 (+)와(-)전기가 방전해서 대단한 빛과 소리를 내는 것이다. 여름(夏)에는 구름이 공기중의 전기를 모아서, 다량의 전기를 가지는 수가 있다. 하나의 구름이 (+)전기를 가지면 그의 부근에 있는 구름은 (-)전기를 대전하게 한다.

그리고 (+)와 (-)전기를 가진 전기가 더욱 접근하면 구름과 구름사이의 공기를 깨고 방전이 일어난다. 이 때에 구름은 대단히 많은 전기(전하 : 電荷)를 가지고 있으므로, 방전할때는 강한 불꽃(Spark)때문에 대단히 강한 빛과 ‘피시——’하는 엄청난 높은 소리를 낸다.

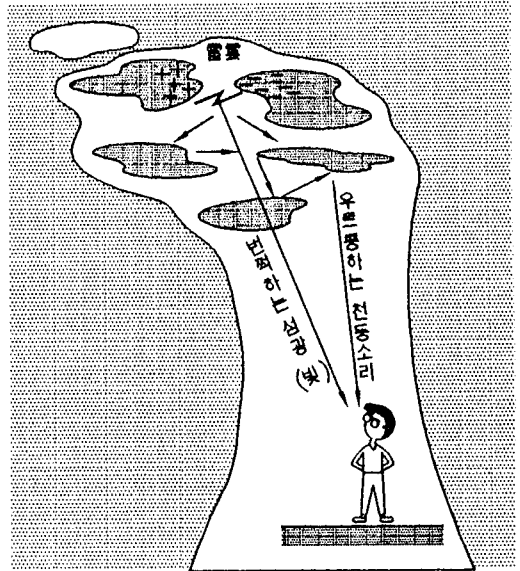
뇌전(雷電)또는 천둥번개는 위에서 말한바와 같이 이루어지는데 이것을 그림으로 그리면 그림 1과 같이 된다.

뇌전 또는 천둥번개가 친 다음에 비(雨)가 오는



〈그림 1〉 뇌운 모델

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

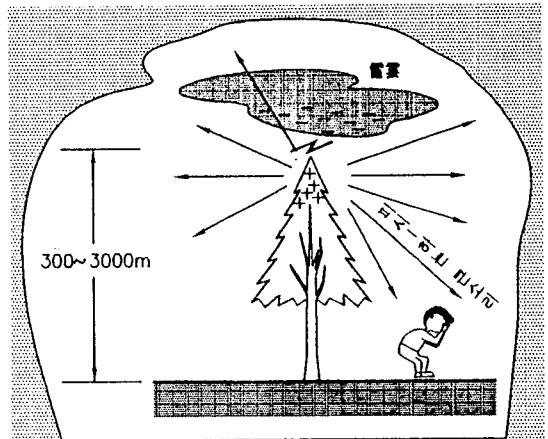


〈그림 2〉 우르릉하며 천둥소리를 내는 청둥번개

경우는 그림 1에서 보는 바와 같이 (+)비(+雨)와 (-)비(-雨)가 있게 된다.

뇌전(천둥번개)이 우르릉쾅하는 소리를 내는 것은 방전시에 나는 높은 소리가 구름에 부딪혀서 반사하여 울리기(산울림 같음)때문이다. 그림 2는 울림을 일으키는 양상을 표시한 것이다.

전기를 가진 구름이 지상에서 300~3,000m 정도로 가까이 내려오면 이것이 지상에 있는 물체와의 사이에 방전이 일어나는 때가 있다. 이것이 바로 낙뢰(落雷)이다. 그림 3은 지상에 있는 큰 나무에 낙뢰한 양상을 표시한것이다. 그림-4는 남산TV tower에 낙뢰(벼락)가 떨어지는 사진이다.

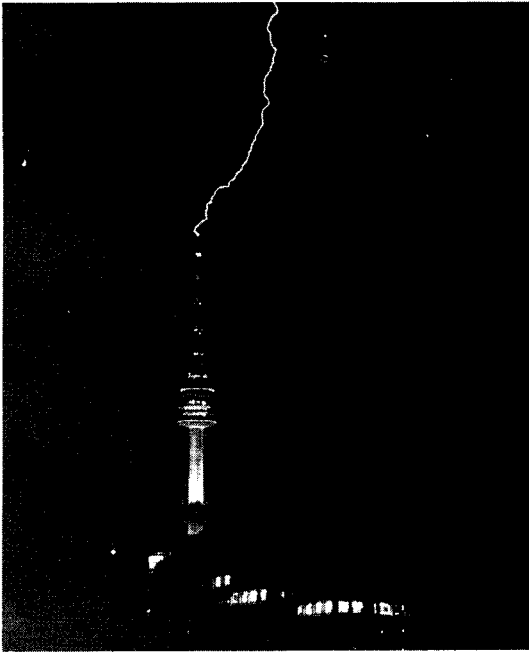


〈그림 3〉 피시-하는 큰소리를 내며 떠러어지는 낙뢰

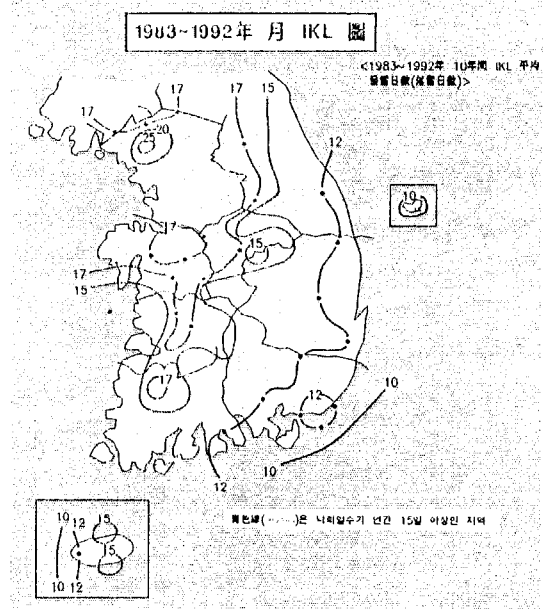
뇌전(천둥번개)이 관측된 날(日)을 뇌우일(雷雨日), 또는 발뢰일(發雷日)이라 한다. 그림 5 및 그림 6은 우리나라의 어느지역이 뇌우일이 많은가를 표시한 것이다. 그림 5와 6은 한국전력주식회사가 작성한 I.K.L.(Iso Keraunic Level : 年間平均發雷日數 또는 雷雨日數)圖 이며, 1968~1992년의 25년간의 연간 평균발뢰일수 및 1983~1992년의 10년간의 연간 평균발뢰일수를 나타낸 것이다. 통신장치의 뇌해(雷害 : 천둥번개에 의한 피해)는 뇌우일(雷雨日 : 천둥번개가 친날)이 많을 수록 그 피해가 크다. 그래서 그림 5나 그림 6

와 같은 I.K.L.도의 작성이 필요하게 된다.

여기서 통신장치가 받는 뇌전피해 즉, 뇌해의 구조에 착안하면 2종류의 형태(Pattern)가 있다. 하나는 통신시설로부터 먼거리의 장소에 낙뢰가 떨어져서 이때에 발생한 강전자계(強電磁界)로 인해 통신케이블등에 대단히 큰 전압이 유기되는 현상이다. 그 유도전압이 통신장치까지 전반(傳搬)해 옴으로써, 전자회로가 파괴되는 등의 피해가 발생한다. 2번째는 빌딩에 떨어진 낙뢰의 일부가 직접통신장치에 유입하던가, 또는 전위차가 생김으로



〈그림 4〉 남산 TV Tawor의 낙뢰(1994년 10월 2일 밤 10시경) (경향신문사 제공)



〈그림 6〉 IKL(Iso Kerounic Level)1983년~1992년의 〈10年間 平均 發雷(雷雨)日數〉(韓國電力公社 資料)

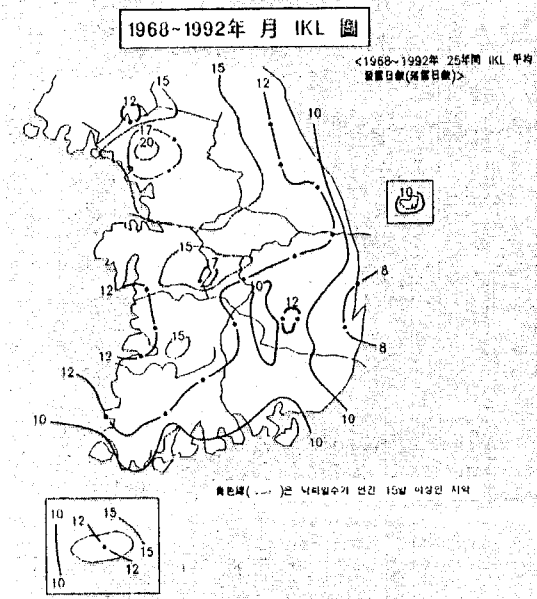
써 일어나는 피해이다.

## II. 통신선로, 상용전원으로 떨어지는 유도뇌 전씨지(induced lightning surge)와 그 대책

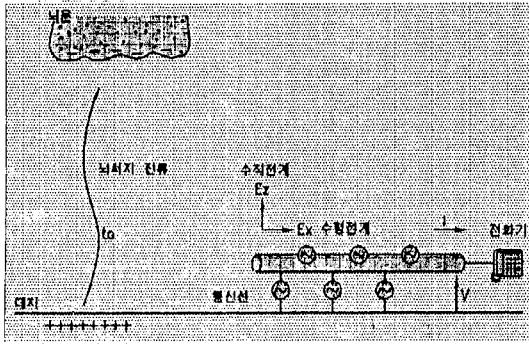
그림 7은 여름의 낙뢰의 예로서, 통신케이블에 유도되는 유도전압발생구조를 표시한 것이다.

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 절연파괴가 일어나고, 그 다음에 그 곳을 통해서 대지로부터 뇌운으로 빛의 약 1/3의 속도로 대전류(大電流)가 흐른다. 통신케이블등의 유도전압은 이 대지로부터 뇌운으로의 전류에 의해 발생하는 강전계(強電界)에 인한 것이다.

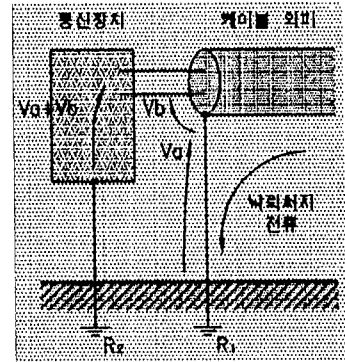
대지는 완전도체가 아니므로 수직전계와 수평전



〈그림 5〉 IKL(Iso Kerounic Level) 1968~1992년의 〈25年間 平均 發雷(雷雨)日數〉(韓國電力公社 資料)



(그림 7) 뇌서지 유도 메커니즘



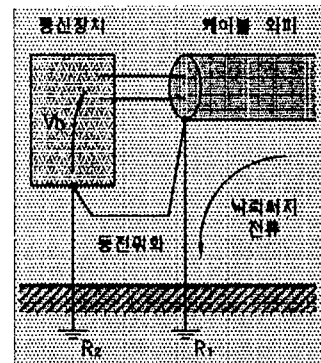
(a) 통신선만을 장치에 접속

계가 발생하며 그 2전계의 합친 전계를 길이의 방향으로 적분(積分)한 전압이 케이블단말에 유기된다.

통신케이블에는 플라스틱외피의 내측에 알루미늄 금속층(Al 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.

그림 8(a)는 케이블외피가 뺀아서 떨어진 장소에 접지를 하고, 통신선만을 장치에 접속한 경우이다. 유도에 의해 생긴 뇌서지 전류(雷surge電流)가 케이블외피의 접속점에 유입하면 접지임피던스(grounding impedance)로 인해 그 점의 전위가 수천~수만볼트 상승한다.

(Va)케이블외피와 통신선의 사이에도 수백~수천볼트의 전위차인 Vb가 발생하고 있음(단,  $Va \ll Vb$ )으로, 결과적으로는 장치에는 양쪽의 전압( $Va + Vb$ )이 합쳐져서 가해진다. 그러나 그림 8(b)와 같이 케이블의 외피도 장치에 접속하면 장치의 전자회로에는 외피의 통신선의 전위차( $Vb$ )만이 가해져, 전압이 그림 8(a)에 비해서 대폭적으로 감소된다. 이와 같이 접지를 접속하여 등전위화(等電位化)하는 것을 접지의 통합 또는 연접(連接)이라 한다. 이것이 뇌전피해대책(雷電被害對策)에서 가장 기



(b) 외피를 장치의 전자와 케이블 접속

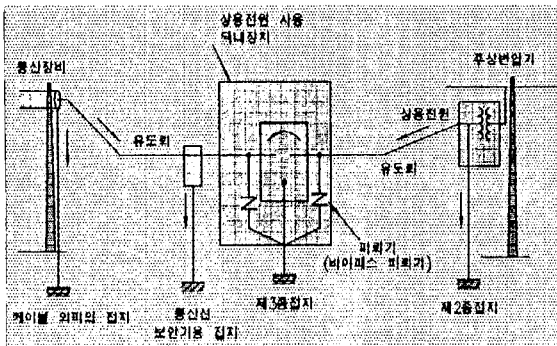
(그림 8) 통신선 유도전압의 접지구성 의존성

본적인 아이디어로 되어 있다.

그림 9는 맥내전화(宅內電話) 또는, 팩시밀리(FAX)등, 상용전원(商用電源)을 사용하는 맥내기기(宅內機器)에서 현재 우리나라에서는 이런 접지구성을 사용하고 있다. 통신케이블의 외피는 전주(電柱)에 부착(附着)해서 접지시키며, 보안기내의 피뢰기의 접지, 맥내기기의 제3종 접지(第三種接地)<sup>1)</sup>, 상용전원의 접지는 각각 별개로 마련되어 있다.

통신선에 뇌유도전압(雷誘導電壓)이 생긴 경우

1) 第三種 接地: 제3종 접지란 누전사고등에 대한 안전확보를 위해 금속프레임(Metal Frame)이 노출되어 있는 것 같은 장치는 접지하는 것이 전기설비기준에서 의무화되어 있으며 저전압배전계(低電壓配電械)의 장치에 적용하는 접지. 접지저항은 100Ω이하



(그림 9) 상용전원을 사용하는 대내기기의 접속구형 통신장치

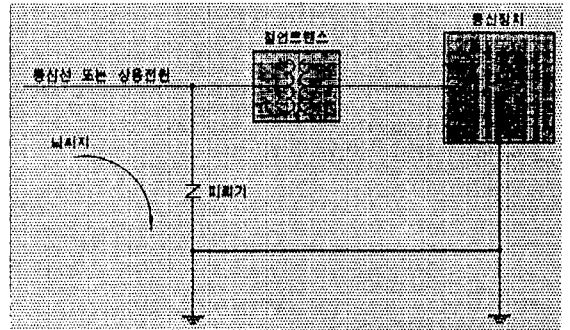
를 생각할때 그림 8(a)의 이유로 통신선으로의 유도전압이 대내기기측으로 직접유입하는데, 보안기로 1차 피뢰의 기능을 수행해도 접지전위가 상승하여 대내 기기의 제 3종 접지 또는 상용전원과의 사이에 전위차가 발생하기 때문에 결국은 대내기기에 대전압(大電壓)이 가해지게 된다.

이것은 상용전원에 뇌유도전압(雷誘導電壓)이 발생된 경우도 마찬가지이다.

이 대책은 각각의 접지를 상호를 연결하는 일이다. 그러나 고객의 대내에서는 상용전원의 접지를 연결하는 것이 곤란하기 때문에 그림 9와 같이 통신선과 전원선, 제 3종 접지의 사이에 피뢰기를 삽입하여 낙뢰찌지(落雷 surge)가 들어왔을 때 등전위화(等電位化)하게 한다. 이 방법을 바이패스 아레스터(bypass arrester)법이라 말하며 대내기기의 패키지(package)에 실장(實裝)하는 경우와 외부부착(外部付着)으로 대비하는 경우가 있다.

그림 9에 표시한 피뢰기는 어느 스텔스홀드(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 뇌유도전압의 침입을 샤프아웃(shut out)하므로 유효한 대책의 하나이다. 그러나 수만볼트에서도 견딜수 있는 성능을 얻는 것이 기술적으로 곤란하다는 것, 또 형상이 커짐으로써 경제적이지 못하다는 이유로 인해 뇌전(천둥번개)의 침입경로에 대해서 절연트랜스 하나만으

로 대책을 실시하는 것보다, 그림 10과 같이 피뢰기로 먼저 바이패스 시키고 여기서 막아내지 못하는 전압에 대해서 절연트랜스로 2차 대책을 실시



(그림 10) 피뢰기와 절연트랜스를 조합한 뇌해(雷害) 대책

하는 방법이 실용적인 아이디어이다. 이제까지는 주로 대내기기(宅內機器)의 예를 들어 설명하였지만 센터빌딩(대형빌딩)에 있어서도 통신케이블 또는 상용전원(商用電源) 으로부터 침입하는 뇌유도전압에 대해서는 근본적으로 동일하다.

### III. 빌딩직격뢰(Building直擊雷)와 그 대책

일반가옥에의 직격낙뢰(直擊落雷)는 극히 드물지만 센터빌딩(대형빌딩) 또는 천둥번개가 많은 산정무선중계소(山頂無線中繼所)에서는 낙뢰에 의해 빌딩내의 통신장비가 고장을 일으키고, 이것이 대규모 고장에 이르는 수가 있다. 그의 주요한 구조는 다음의 2가지를 제시할수 있다.

① 피뢰침등에 낙뢰한 뇌찌지전류(lightning surge current)가 빌딩의 철근이나 철골등에 흐름으로써 (a)그 일부의 전류가 통신장치에 유입한다. (b)격리된 장소에 설치된 장치사이에 전위차가 생긴다. (c)빌딩내를 배선해 놓은 케이블에 유도전압이 발생한다등의 현상이 발생하여 통신장치의 전자회로를 파괴한다.

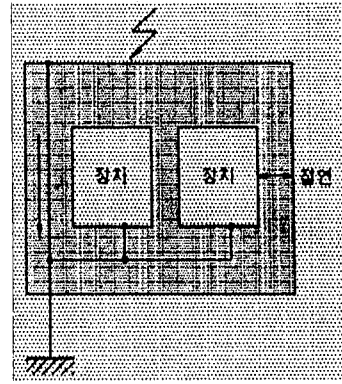
② 직격뢰 전류(直擊雷電流)가 대지로 유출함

으로써, 그 빌딩의 전위가 상승하기 때문에 먼 쪽으로 향해서 배선해 놓은 통신케이블 또는 상용전원으로부터 뇌전류(雷電流)가 유출하여 그 인출점(引出點)이 되는 피뢰기등을 파괴한다.

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

우선 상기 ①에 대하여 그 대책의 주된 예를 그림 11에 표시한다. 그림 11(a)는 장치에 침입하는 뇌전류를 극력으로 분산시켜 회로나 장치간에 발생하는 전위차를 작게 억제하는데 중점을 두는 방법이며 인터그레이티드어스(integrated ear-th : 인터그레이티드 接地)라고 부른다.

안테나 또는 도파관, 동축케이블을 접지하는 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(接地導體)를 마련하고 장치사이를 메쉬(mesh) 상태로 접속하여 전위차가 생기는 것을 억제하고 있다. 그림 11(b)는 뇌전류를 침입시키지 않는것에 중점을 둔 방법이며, 빌딩의 기둥 또는 벽, 바다, 주변장치로부터 완전히 절연하는 방법이다. 이것을 아이소레이티드그라운딩(isolated gro-



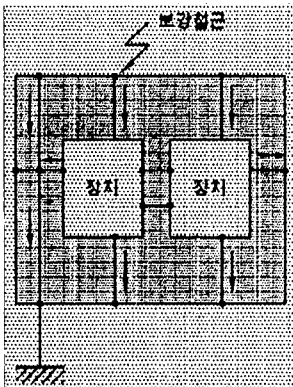
(b) 아이소레이티드 접지

(그림 11) 센터빌딩내에 있어서의 통신장치의 뇌피해 대책

unding)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 필요하다. 통신시스템이 고도화됨에 따라 그림 11(a)와 (b)의 장치가 혼재하기도하고, 종래의 무선, 전송(傳送)과 같은 구별이 곤란하게 되어 있고, 뇌대책의 관점은 물론, EMC(electromagnetic compatibility : 電子環境適合性), 또한 장치의 동작특성을 포함해서, 조화가 잡힌 기능적인 대책설계가 필요하게 되었다.

앞의 ②에 대해서는 그 주된 원인이 빌딩의 전위상승이기 때문에 (a)그 빌딩의 접지저항을 작게 하여 전위상승을 억제한다. (b)대전류가 유출하여도 파괴하지않게 설비의 내력(耐力)을 향상시키는 등의 대책이 필요하다. 접지저항을 경감(輕減)하는 방법은 경비가 더욱 증대함으로 보통은 우선, 설비의 내력향상책을 실시한다. 현재의 상황에서는 어느정도의 설비로 하면 어느정도의 신뢰성을 얻을 수 있는가가 명확하지 않다. 그리하여 경험적인 대책에 의존하고 있는 것이 실정이다.



(a) 인터그레이티드 접지

#### IV. 끝을 맺으면서

낙뢰(또는 벼락)의 연구는 역사가 길다. 낙뢰대책은 오랜세월에 걸쳐서 검토결과와 경험을 근거하여 실시되어 왔다. 뇌전(천둥번개)과 낙뢰를 연구하고 있는 학자, 연구원 또는 벼락에 관한 전기기기(電氣機器) 및 통신 및 전자기기(通信 및 電子機器)를 만들고 있는 회사도 많다. 그러나 전기

장치와 통신장치의 다양화, 고도화에 따라 점차로 이들은 민감하게 반응하게 되어있으며, 보다 고도의 방호기술(防護技術)이 요구되고 있다. 또, 장치의 고장상태도 점차로 변천하고 있다.

어제의 고장개소가 오늘의 고장개소가 아니다. 따라서 실태를 잘 파악한후에 그 뇌해발생(雷害發生) 구조 또는 전기통신장비에 끼치는 영향을 정량적(定量的)으로 규명하는 일이 한층 더 중요하게 되었다.

#### 저 자 소 개



曹 圭 心

1928年 12月 日生

서울대 공대 전자과 졸, 기술사(전기통신), 공학박사

체신부 공무국 근무(통신기좌)

한국전자통신 연구소 근무(실장)

고려통신기술용역주식회사 근무(대표이사)

강원대공대 전기공학과, 항공대 통신공학과(강사)

동아엔지니어링주식회사 근무(이사, 상무이사, 전무이상, 고문)