

局域网设计中的防雷安全技术分析

谢 锐, 凌 捷, 李振军

(广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090)

摘要: 研究局域网设计中的防雷安全技术, 分析了雷击的危害、雷击的方式; 并分析了雷击入侵计算机网络系统的几种方式, 针对这些入侵方式提出相应的防雷设计方法, 结合实际的网络防雷方案给出了具体的实施步骤, 给出了在局域网设计中的防雷保护设计应注意的一些问题.

关键词: 防雷; 局域网设计; 雷击

中图分类号: TP393. 02

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2006)01-0096-06

引言

雷电灾害是“联合国国际减灾 10 年”公布的最严重的 10 种自然灾害之一^[1]. 全球每年因雷击造成人员伤亡, 财产损失不计其数; 导致火灾、爆炸, 建筑物损毁等事故频繁发生. 随着计算机技术的发展, 越来越多的行业采用计算机网络技术来实现信息化管理, 但是近年来发生了多起计算机网络系统遭雷击破坏的事件^[2]: 同济大学膳食科计算机网络曾连续 5 次遭雷电侵袭, 主机房以及 8 个食堂电脑终端共有 19 个通讯接口损坏, 一万多名教工、学生无法用磁卡就餐; 武汉理工大学马房山校区遭雷击, 击坏 16 台网络交换机、1 台路由器, 几十个网卡; 武汉科技大学计算机网络遭雷击, 击坏 5 台网络交换机、服务器、网卡, 直接经济损失约 10 万元等等. 这些计算机网络系统遭到雷击破坏而瘫痪的事件, 常常造成巨大损失, 也使人们更加重视计算机网络系统的防雷技术, 必须研究一个充分的网络防雷方案, 保障网络系统的安全.

自富兰克林首先研究大气中的雷电现象开始, 国内外学者纷纷提出了防范雷击的技术方案, 主要是针对建筑物、电力线路、树木等的防雷保护进行研究, 并取得了卓有成效的成果^[3], 随着计算机网络的发展并不断深入人们的生产生活中, 计算机网络雷击事件也多方报道, 针对计算机网络的雷击问题, 国内外学者也进行了多方面的研究, 余济临^[6]从电磁角度提出了计算机网络防雷的思想, 分别对电源、网络、接地作了防雷的技术分析和理论设计参考, 刘宁^[7]等从该单位的网络防雷建设分析, 提出了计算机网络防雷设计思想, 其他学者也提出了众多不同的技术方案^[3-11], 这些方案考虑的角度不尽相同, 但还没有形成一个更加完善的网络防雷体系. 网络防雷的重点一方面是直击雷的防范, 另一方面是感应雷的防范, 要研究两者的防范设计融合为一个安全的网络防雷方案, 从而切实充分地保障计算机网络设备免遭雷击, 减少损失.

本文将讨论局域网设计中的防雷技术, 分析雷击的危害、雷击的方式、雷电的入侵途径和防雷的技术原理, 结合实例给出防雷设计的一般步骤. 对于研究网络的安全、防雷设计的思想都具

收稿日期: 2004-12-15

基金项目: 广州市科技计划项目(041G015, 2005Z3D029)

作者简介: 谢锐(1977), 男, 研究生, 主要研究方向为网络安全.

有指导意义,对计算机网络技术的普及应用、保障网络系统的安全具有重要意义。

1 雷击入侵网络系统

雷电灾害是如何入侵网络系统的呢?雷击主要有两种方式^[8]:直击雷和感应雷。雷电直接击中线路并经电器设备进入大地的雷击过电流为直击雷;而由雷闪电流产生的强大电磁场变化与导体感应出的过电压、过电流形成的雷击称为感应雷。

雷击入侵计算机网络系统的主要途径有如下几方面:

(1) 电源的破坏:雷击产生的强大电磁场,往往对网络系统的供应电源产生巨大的破坏,可能产生高电压和过电流,从而击毁网络设备。

(2) 直击雷的破坏:建筑物内的网络设备由建筑物的防雷装置保护,户外的网络线路可能受到直击雷的破坏。

(3) 线路的破坏:雷电产生的强电磁场沿着与设备相连的信号线、电源线侵入网络系统。由于雷电产生强大电磁场,该电磁场产生的强脉冲与导线耦合传导,从而沿着线路入侵。

(4) 接地体的破坏:设备接地体在雷击时产生瞬间高电位而损坏。这是因为防护直击雷的装置将雷电电流引向自身由接地体分流流入大地,在接地体上形成高电位,使与接地体连接的网络设备由于接地体电位升高而损坏。

在计算机局域网中,交换机、服务器、路由器等网络设备安置在建筑物内,受建筑物的防雷系统保护,直击雷破坏网络设备的可能性较小,但建筑物外部的网络线路可能受到直击雷的破坏,目前户外的网络线路基本采用光纤线路,大大减少了直接雷破坏的可能;局域网中发生雷击事件主要是感应雷的破坏,因此防雷的重点是感应雷。在防范雷击入侵的时候要注意设备安装方法,包括线路和布局、安装位置的规范,以免受雷电在空间分布的电场、磁场的影响而损坏线路和设备。

2 局域网防雷设计

网络防雷设计的基本原则是防止雷电产生的过电压、过电流以及电磁干扰,将计算机网络屏蔽在防雷保护器中间,使网络成为一个独立的保护区域。

针对局域网的防雷设计,要根据前面分析中提到的几种雷击入侵方式来进行设计,第1种防雷设计称之为电源防雷设计;第2种入侵方式对应的设计称之为直击雷的防雷设计;第3种和第4种都属于感应雷的防雷设计。因此,局域网的防雷设计主要考虑这3种形式的防雷设计。在具体的每一种防雷设计中还要根据实际情况采用多级保护设计,多级防雷设计是因为能量需要逐级泄放,传输线路会感应 LEMP(雷击电磁脉冲辐射),对于拥有网络系统的建筑物,多级防雷成本较低,保护较为充分,是局域网防雷的基本方法。

具体来说,局域网的防雷设计可从以下6个方面考虑:

2.1 电源系统的防雷设计

电源系统防雷主要是防止过电流、过电压的入侵,在电源部分应采用多级保护的方案^[9]。

(1) 一级防雷:在电源进入建筑物的总开关处安装电源防雷器,作为电源的一级防雷。

(2) 二级防雷:在网络控制室主机房的电源配电柜、在普通电源机柜安装电源防雷箱。

(3) 三级防雷:在服务器的电源端,安装插座式电源兼网络三级防雷器;在交换机的电源端,安装电源防雷器。

2.2 网络线路的防雷设计

这部分的设计主要针对感应雷的防雷设计. 在网络交换机、HUB 之间如果采用光纤线路连接, 光纤线路本身并不传导雷电流, 因此无需考虑此段线路的雷电防护, 但如果采用双绞线路连接, 则必须对双绞线路网络进行防护^[10].

网络线路防护一般在外线接口处采用第一级防护, 交换机、路由器处采用第二级防护, 终端设备处采用第三级防护. 防雷的安全性与采用的防雷级数成正比, 因此多一级防雷装置, 防雷效果更安全更可靠.

(1) 一级保护: 在外线接口处均安装网络防雷器进行一级防雷保护.

(2) 二级保护: 在路由器、防火墙的输入端、路由器连接到防火墙线路, 防火墙入口处、服务器与中心交换机之间、防火墙与中心交换机之间、交换机入口处均安装网络避雷器, 进行二级防雷保护. 在二级交换机(或集线器)与工作站之间、交换机(或集线器)的输出端与工作站安装对应数量的网络避雷器.

(3) 三级保护: 在终端设备和其他用户终端安装网络防雷器, 进行三级防雷保护.

2.3 网络屏蔽设计

当有雷电现象时, 在整个自然环境中将产生强大的交变磁场, 为了防止这个自然界中的强大磁场产生的强脉冲与导线耦合传导, 沿着线路入侵计算机网络系统, 必须对计算机网络系统进行网络屏蔽设计.

屏蔽系统是为了保证在有干扰环境下系统的传输性能. 抗干扰性能包括两个方面, 即系统抵御外来电磁干扰的能力和系统本身向外辐射电磁干扰的能力.

2.4 等电位与接地处理

根据国家相关技术标准^[12], 接地处理的一个原则是接地电阻必须小于 $1\ \Omega$, 才能保证接地线间不产生电位差、不相互干扰. 机房一般采用 4 种接地形式, 包括计算机专用直流逻辑地、交流工作地、安全保护地、防雷保护地.

2.5 综合布线防雷设计

结构化布线系统包括 6 个子系统^[11]: 工作区子系统、水平支干线子系统、管理子系统、垂直主干子系统、设备子系统和建筑群主干子系统. 在这些系统的连接中要从防雷的角度考虑, 采用光纤连接的子系统是最好的防雷措施, 光纤通道的周围应没有容易产生雷击的物品, 避免雷电击中这些物品而导致光纤网络的破坏, 同时做好网络的屏蔽措施; 如果采用双绞线的子系统则要注意在进出建筑物时网络线路的防雷以及连接到网络设备时的防雷.

2.6 设备选择

在做好相关的设计之后, 还有一个重要的问题是设备选择问题, 根据信息产业部标准^[13-14], 网络系统防雷器要满足如下要求:

(1) 网络防雷器: 网络防雷器的相位电压应满足通信设备接口的需要, 对雷电的响应时间应在 ns 级; 网络防雷器应满足数据传输速率及带宽的需要, 其接口应与被保护设备兼容; 网络防雷器的插入损耗应满足网络系统的要求.

(2) 同轴电缆防雷器: 同轴电缆防雷器插入损耗 $\leq 0.2\ \text{dB}$, 驻波比 ≤ 1.2 , 同轴电缆防雷器最大输入功率能满足发射机最大输出功率的要求, 安装与接地方便, 具有不同接头, 同轴电缆防雷器与同轴电缆接口应具备防水功能.

在做好防雷设计中, 要根据网络的要求选择参数匹配的防雷器, 防雷器的主要技术参数有

9个:标称电压 U_n 、额定电压 U_e 、额定放电电流 I_{sn} 、最大放电电流 I_{max} 、电压保护级别 U_p 、响应时间 T_a 、数据传输速率 V_s 、插入损耗 A_e 和回波损耗 A_r 等参数。

3 校园网实例防雷设计

如图1所示的拓扑结构(主干网)的校园网络。中心交换机为 Quidway S6506, 二级交换机为 Quidway^R S3026E。在中心机房放置有一台中心交换机、一台二级交换机、网管工作站、工作组服务器、防火墙、WWW、DNS、E-mail、FTP 等服务器; 在各分机房放有若干台二级交换机, 分机房分布于各栋楼中, 在各栋楼中分别有各信息点。该网络处于广东省内(雷电高发区), 是一个中型校园网络。

根据前面提出的防雷设计思想对这个计算机网络作防雷设计。

3.1 电源防雷设计

(1) 一级防雷: 该校园网地处广东雷电高发区, 虽然中心机房所在大楼防雷系统较好, 考虑到中心机房的重要性, 必须作一级防雷设计。在中心机房所在大楼总电源进线的配电柜安装电源防雷模块, 并联安装, 并在总UPS处安装电源防雷模块。对于各二级交换机的分机房的一级保护一般由分机房所在的大楼的防雷系统保护, 如果经检测该楼的防雷系统不满足网络的要求, 同样安装电源防雷模块, 进行一级防雷保护。

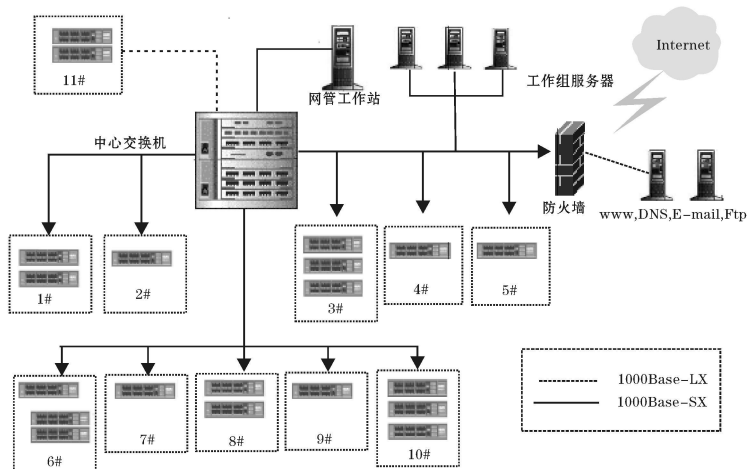


图1 主干网拓扑结构图

(2) 二级防雷: 对于中心机房和各分机房的电源进线处的配电柜内安装防雷器, 作二级保护。在电源的配电柜的防雷设计中要考虑电源的接线方式, 常见的是三相五线和单相三线制, 则应选用相应的电源防雷箱, 并联安装。

(3) 三级防雷: 在中心交换机和各二级交换机的电源输入处安装插座式防雷器, 作为电源的末级保护, 在网管工作站、防火墙、服务器的电源输入处安装带网络保护功能的插座式网络防雷器。

3.2 网络系统防雷设计

(1) 一级防雷: 在中心机房的网络输入端安装网络专用防雷器作一级保护。中心交换机和二级交换机是用光纤连接, 光纤防雷效果好, 因此这部分的网络可不作一级防雷设计。

(2) 二级防雷: 各二级交换机与 HUB、PC 机通过双绞线连接, 因此在各二级交换机的机柜内安装网络交换机专用防雷器, 24路端口保护。

(3) 三级防雷: 各HUB和PC机采用带有网络保护的防雷插座, 这部分的防雷保护已经在电源部分三级防雷中作了保护设计。

3.3 网络屏蔽防雷设计

在设计中采用的屏蔽方法是在连接硬件外层包上金属屏蔽层以滤除不必要的电磁波. 采用金属网、管套等围起保护网络设备, 在主机房将所有的金属门窗与天花板龙骨多次连接, 将雷电形成的脉冲电磁场从空间入侵的通道阻隔开来, 以达到电磁屏蔽的目的.

3.4 等电位与接地防雷设计

设计考虑采用综合接地方式, 即交流接地和安全工作接地合二为一, 与直流感地、防雷接地分别用三根接地引线引至大楼的地面, 再将它们与避雷地桩接成综合接地网, 这样, 它们应有同样的电位, 在发生雷击时便不会发生雷电反击而损坏设备.

3.5 综合布线防雷设计

在这部分的设计中可结合前面的线路设计来考虑, 同时在综合布线系统中要注意以下几个方面的问题:

- (1) 电源线路不要与网络线路同槽架设, 数据插座与电源插座保持一定距离.
- (2) 广域网线路不要与局域网线路同槽架设.
- (3) 网络线路沿墙壁布置时, 有条件应距离墙壁一定距离安装.
- (4) 屏蔽槽要有足够的厚度, 并要求两点接地.

3.6 防雷设备的选择

根据所选用的网络设备和所处的环境的电气特点, 估算各电气参数, 既估算电源的电压、电流值和电磁场的大小, 又结合实际的其他电气特性, 选择合适的网络防雷设备.

最后形成的整个网络的防雷结构如图 2 所示(局部示意图), 图中只标识了电源和网络线路的防雷设计, 未标识网络屏蔽、等电位、接地处理和综合布线等部分的防雷设计.

根据以上 6 个步骤的防雷设计, 对整个校园网络形成一个安全的防雷体系, 满足了该校园网络的防雷要求, 并取得了良好的效果.

4 小结

通过理论分析, 提出了网络防雷设计的一般步骤, 并结合实例, 设计了网络防雷安全的方案, 在进一步的研究工作中将研究网络防雷设备与所处的网络环境如何达到最优化工作, 争取更大程度的完善网络防雷安全体系. 网络防雷是非常重要的一项工作. 随着计算机网络的普及与应用, 越来越多的网络系统将步入人们的生活工作中, 而雷电是自然界随机性强、破坏力大的一种客观现象, 我们在作网络设计时必须对防雷做好充分的认识, 确保建成的网络系统安全可靠.

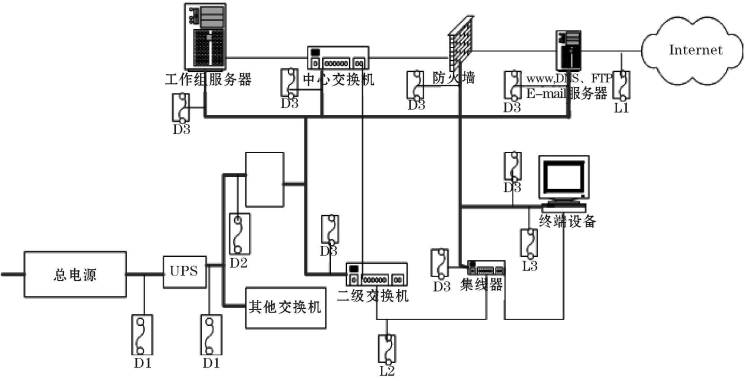


图 2 网络系统的防雷示意图(局部)

——电源线: D1 电源一级防雷; D2 电源二级防雷; D3. 电源三级防雷
——网络线: L1 线路一级防雷; L2 线路二级防雷; L3 线路三级防雷

参考文献:

- [1] 李明经. 渭南防雷[EB/OL]. <http://www.wnqx.com/f/Untile+78.htm>. 2001-04-26.
- [2] 中国防雷信息网. 计算机网络及监控系统[EB/OL]. [2005-03-25.] <http://www.cma-lpinfo.gov.cn:8/servlet/News?Node=830>.
- [3] Alexander Kern, Frank Krichel. Considerations about the lightning protection system of mains independent renewable energy hybrid-systems- practical experiences[J]. Journal of Electrostatics, 2004, 60(3) : 257-263.
- [4] T Horvath. Standardization of lightning protection based on the physics or on the tradition[J]. Journal of Electrostatics, 2004, 60(3) : 265-275.
- [5] M D Santos, P M Mellia-Smith, L E Moser. Flow control in the high-speed Thunder and Lightning ATM network[J]. Computer Communications, 2000, 23(10) : 928-935.
- [6] 余济临. 计算机网络的防雷措施[J]. 通信电源技术, 2004, 21(2) : 39-40.
- [7] 刘宁, 梁京章, 伍一坤. 实用有效的校园网防雷方案[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2004, 29(S) : 77-79.
- [8] 吴双全, 胡红一. 校园网防雷及其解决方法初探[J]. 教育信息化, 2003(3) : 36-37.
- [9] 刘晓辉. 管理监控网络系统的防雷设计[J]. 无线电工程, 2003, 33(1) : 55-57.
- [10] 黄敏, 张卫东. 校园网防雷系统设计与应用[J]. 计算机应用研究, 2002(9) : 132-133.
- [11] 张敏. 综合布线系统防雷设计浅谈[EB/OL]. [2001-09-12]. <http://www.ebteam.net/member/dqk/txf/jcdq/jcdq025.htm>.
- [12] GB 50057-94. 建筑物防雷设计规范[S].
- [13] GB9361-88. 计算机场地安全要求[S].
- [14] GB50174-93. 电子计算机机房设计规范[S].

The Lightning Protection Analysis and Design for LAN

XIE Rui, LING Jie, LI Zhen-jun

(Faculty of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: This paper analyzes the lightning damage, the interruption to the computer network, and the lightning protection method in the LAN design. Base on the analysis, it comes up with six measures and some problems in the lightning protection design.

Key words: lightning protection; LAN design; lightning