

项目 3 中型局域网的组建

项目目标

- (1) 掌握千兆以太网和万兆以太网技术
- (2) 熟悉千兆以太网和万兆以太网组网设备
- (3) 掌握交换机的级联方法
- (4) 会进行以太网的层次设计
- (5) 知道如何运用生成树协议防止交换环路
- (6) 理解虚拟局域网技术并会配置
- (7) 会用子网掩码划分子网
- (8) 会规划组建中型局域网

项目背景

- (1) 网络机房
- (2) 校园网络

3.1 用户需求与分析

目前中型局域网建设在我国的需求很大,如许多小型企业发展成为中型企业、组建成立了许多高职院校、许多中学发展壮大等。

中型局域网建设的前提在于应用信息技术、信息资源、系统科学、管理科学、行为科学等先进的科学技术不断使人们的办公业务借助于各种办公设施(主要是指计算机)以达到对单位内部工作的统一管理。中型办公网目前存在很多问题,主要集中在资料统筹管理、财务资料安全性和内部与 Internet 的连接上。一般中型企业的资料已被录入到微机中,但在资料打印、文件共享、应收账款查询、库存查询、连接到 Internet 等方面缺乏功能模块的支持。

根据企业办公要求中型局域网需具备以下特点。

- (1) 灵活性,各种部件可以根据用户需要自由安放,即不受物理位置和设备类型的局限,但总体采用综合布线方案。
- (2) 独立性,有清晰合理的层次结构,便于维护,各个子系统之间相互连接的同时又

不影响其他子系统的正常使用。

(3) 高扩展性,无论各硬件设备技术如何发展,都能很方便地连接到系统中去。

(4) 先进性,采用先进的网络技术,保证在未来若干年内占主导地位。

(5) 模块化,在布线系统中除去敷设在建筑物内的线缆外其余各接插部件都是模块化部件,方便管理和使用。

(6) 开放性,保证系统开放性良好能够和其他网络互联。

(7) 兼容性,采用综合布线方案,可支持保安系统、电话系统、计算机数据系统、会议电视、监视电视等。

3.2 相关知识

3.2.1 千兆位以太网技术

千兆位以太网(Gigabit Ethernet, GE)是提供 1000Mbps 数据传输速率的以太网,采用和传统 10/100Mbps 以太网同样的 CSMA/CD 协议、帧格式和帧长,因此可以实现在原有低速以太网基础上平滑、连续性的网络升级,从而能最大限度地保护用户以前的投资。

1. 千兆位以太网的技术特点

(1) 传输速率高,能提供 1Gbps 的独享带宽。

(2) 仍是以太网,但速度更快。千兆位以太网支持全双工操作,最高速率可以达到 2Gbps。

(3) 仍采用 CSMA/CD 介质访问控制方法,仅在载波时间和槽时间等方面有些改进。

(4) 与以太网完全兼容,现有网络应用均能在千兆位以太网上运行。

(5) 技术简单,不必专门培训技术人员就能管理好网络。

(6) 支持 RSVP、IEEE 802.1P、IEEE 802.1Q 等技术标准,提供 VLAN 服务、质量保证服务和支持多媒体信息标准。

(7) 有很好的网络延展能力,易升级,易扩展。

(8) 对于传输数据(Data)业务信息有极佳的性能。

目前,千兆位以太网主要应用于主干网,是主干网的主流技术。

2. 千兆位以太网的标准

1995 年 11 月 IEEE 802.3 工作组委任了一个高速研究组,研究将快速以太网速度增至 1000Mbps 以太网的可行性和方法。1996 年 6 月 IEEE 标准委员会批准了千兆位以太网方案授权申请。1996 年 8 月成立了 802.3z 工作委员会,目的是建立千兆位以太网标准,包括在 1000Mbps 通信速率情况下的全双工和半双工操作、802.3 以太网帧格式、载波侦听多路访问和冲突检测技术、在一个冲突域中支持一个中继器、与 10BASE-T 和 100BASE-T 向下兼容技术等。1998 年 6 月正式推出了千兆位以太网 802.3z 标准,该标

准主要描述光纤通道和其他高速网络部件,1999 年又推出了铜质千兆以太网 802.3ab 标准。

(1) 1000BASE-SX

1000BASE-SX 使用短波长激光作为信号源的网络介质技术,配置波长为 770~860nm(一般为 850nm)的激光传输器,只能支持多模光纤。使用的光纤规格有两种:62.5 μ m 多模光纤,在全双工方式下的最长传输距离为 275m;50 μ m 多模光纤,在全双工方式下的最长传输距离为 550m。

(2) 1000BASE-LX

1000BASE-LX 使用长波长激光作为信号源的网络介质技术,配置波长为 1270~1355nm(一般为 1300nm)的激光传输器,既可以支持多模光纤,又可以支持单模光纤。使用的光纤规格为 62.5 μ m 多模光纤、50 μ m 多模光纤、9 μ m 单模光纤。使用多模光纤在全双工方式下的最长传输距离为 550m;使用单模光纤在全双工方式下的最长传输距离为 3000m。

(3) 1000BASE-CX

1000BASE-CX 使用了一种特殊规格的铜质高质量平衡屏蔽双绞线,阻抗为 150 Ω ,最长有效距离为 25m,使用 9 芯 D 型连接器连接电缆。

(4) 1000BASE-T

1000BASE-T 用 4 对 5 类或超 5 类 UTP 作为网络传输介质,最长有效传输距离为 100m,采用这种技术可以将 100Mbps 平滑地升级为 1000Mbps。

3.2.2 万兆以太网技术

快速以太网是以太网技术中的一个里程碑,它确立了以太网技术在桌面的统治地位,随后出现的千兆以太网更是加快了以太网的发展。然而以太网主要是在局域网中占绝对优势,在很长的一段时间中,由于带宽以及传输距离等原因,人们普遍认为以太网不能用于城域网,特别是在汇聚层以及骨干层。1999 年年底成立的 IEEE 802.3ae 工作组进行了万兆以太网技术(10Gbps)的研究,并于 2002 年正式发布 IEEE 802.3ae 10GE 标准。万兆以太网不仅再度扩展了以太网的带宽和传输距离,更重要的是,使以太网从局域网领域向城域网领域渗透。

1. 万兆以太网的主要特性和优势

基于当今广泛应用的以太网技术,万兆以太网具有与各种以太网标准相似的有利特点,但它同时又具有相对以前几种以太网技术不同的特点和优势,主要体现在以下几个方面。

(1) 物理层结构不同

万兆以太网是一种只采用全双工数据传输的技术,其物理层(PHY)和 OSI 参考模型的第一层(物理层)一致,负责建立传输介质(光纤或铜线)和 MAC 层的连接。MAC 层相当于 OSI 参考模型的第二层(数据链路层)。万兆以太网标准的物理层分为两部分,

即 LAN 物理层和 WAN 物理层。LAN 物理层提供了现在正广泛应用的以太网接口,传输速率为 10Gbps;WAN 物理层则提供了与 OC-192c 和 SDH VC-6-64c 相兼容的接口,传输速率为 9.58Gbps。与 SONET(同步光纤网络)不同的是,运行在 SONET 上的万兆位以太网依然以异步方式工作。WIS(WAN 接口子层)将万兆位以太网流量映射到 SONET 的 STS-192c 帧中,通过调整数据包间的间距,使 OC-192c 的略低的数据传输速率与万兆位以太网相匹配。

(2) 提供 5 种物理接口

千兆位以太网的物理层每发送 8b 的数据要用 10b 组成编码数据段,网络带宽的利用率只有 80%;万兆位以太网则每发送 64b 只用 66b 组成编码数据段,比特利用率达 97%。虽然这是牺牲了纠错位和恢复位而换取的,但万兆位以太网采用了更先进的纠错和恢复技术,确保数据传输的可靠性。

万兆位以太网标准的物理层可进一步细分为 5 种接口:850nm LAN 接口适于用在 50/125 μ m 的多模光纤上,最大传输距离为 65m;50/125 μ m 的多模光纤现在已用得不多,但由于这种光纤制造容易、价格便宜,所以用来连接服务器比较划算;1310nm 宽频波分复用(WWDM)LAN 接口适于用在 66.5/125 μ m 的多模光纤上,传输距离为 300m;66.5/125 μ m 的多模光纤又叫 FDDI 光纤,是目前企业使用最广泛的多模光纤;1550nm WAN 接口和 1310nm WAN 接口适于在单模光纤上进行长距离的城域网和广域网数据传输,1310nm WAN 接口支持的传输距离为 10km,1550nm WAN 接口支持的传输距离为 40km。

(3) 带宽更宽、传输距离更长

万兆位以太网标准意味着以太网具有更高的带宽(10Gbps)和更远的传输距离(最大传输距离可达 40km)。另外,过去有时需采用数千兆位捆绑以满足交换机互连所需的高带宽,因而浪费了更多的光纤资源,现在可以采用万兆位互连,甚至 4 万兆位捆绑互连,达到 40Gbps 的宽带水平。

(4) 结构简单、管理方便、价格低廉

由于万兆位以太网只工作于光纤模式(屏蔽双绞线也可以工作于该模式),没有采用载波监听多路访问、冲突检测协议和访问优先控制技术,简化了访问控制的算法,从而简化了网络的管理,并降低了部署的成本,因而得到了广泛的应用。

(5) 便于管理

采用万兆位以太网,网络管理者可以用实时的方式,也可以用历史累积的方式轻松地看到第 2 层到第 7 层的网络流量。它允许“永远在线”监视,能够鉴别干扰或入侵监测,发现网络性能瓶颈,获取计费信息或呼叫数据记录,从网络中获取商业智能。

(6) 应用更广

万兆位以太网主要工作在光纤模式上,所以它不仅可以在局域网中得到应用,更把原来仅用于局域网的以太网带到了广阔的城域网和广域网中。另外,随着网络应用的深入,WAN、MAN 与 LAN 融和已经成为大势所趋,各自的应用领域也将获得新的突破,而万兆位以太网技术让工业界找到了一条能够同时提高以太网的速度、可操作距离和连通性的途径。万兆位以太网技术的应用必将为三网发展与融和提供新的动力。

(7) 功能更强、服务质量更好

万兆位以太网技术提供了更多的新功能,大大提升 QoS,具有相当的革命性,因此,能更好地满足网络安全、服务质量、链路保护等多个方面的需求。

当然,万兆位以太网技术基本承袭了以太网、快速以太网及千兆位以太网技术,因此,在用户普及率、使用方便性、网络互操作性及简易性上皆占有极大的优势。在升级到万兆位以太网解决方案时,用户不必担心既有的程序或服务会受到影响,因为升级的风险非常低,可实现平滑升级,保护用户的投资;在未来升级到 40Gbps 甚至 100Gbps 都将是很明显的优势。

2. 万兆位以太网规范和物理层结构

万兆位以太网规范包含在 IEEE 802.3 标准的补充标准 IEEE 802.3ae 中,它扩展了 IEEE 802.3 协议和 MAC 规范,使其支持 10Gbps 的传输速率。除此之外,通过 WAN 界面子层(WAN Interface Sublayer, WIS),万兆位以太网也能被调整为较低的传输速率,如 9.584640Gbps (OC-192),这就允许万兆位以太网设备与同步光纤网络的(SONET)STS-192c 传输格式相兼容。

(1) 万兆位以太网网的主要联网规范有以下 7 种。

10GBASE-SR 和 10GBASE-SW: 主要支持短波(850nm)多模光纤(MMF),光纤距离为 2~300m。10GBASE-SR 主要支持“暗光纤”(Darkfiber),暗光纤是指没有光传播并且不与任何设备连接的光纤;10GBASE-SW 主要用于连接 SONET 设备,它应用于远程数据通信。

10GBASE-LR 和 10GBASE-LW: 主要支持长波(1310nm)单模光纤(SMF),光纤距离为 2m~10km。10GBASE-LW 主要用来连接 SONET 设备;10GBASE-LR 则用来支持暗光纤。

10GBASE-ER 和 10GBASE-EW: 主要支持超长波(1550nm)单模光纤(SMF),光纤距离为 2m~40km(约 131233 英尺)。10GBASE-EW 主要用来连接 SONET 设备,10GBASE-ER 则用来支持暗光纤。

10GBASE-LX4: 10GBASE-LX4 采用波分复用技术,在单对光缆上以 4 倍光波长发送信号。10GBASE-LX4 系统运行在 1310nm 的多模或单模暗光纤方式下。该系统的设计目标是针对于 2~300m 的多模光纤模式或 2m~10km 的单模光纤模式的。

(2) 万兆位以太网的物理层结构如下。

PMD(物理介质相关)子层:PMD 子层的功能是支持在 PMA 子层和介质之间交换串行化的符号代码位。PMD 子层将这些电信号转换成适合于在某种特定介质上传输的形式。PMD 是物理层的最低子层,标准中规定物理层负责从介质上发送和接收信号。

PMA(物理介质接入)子层:PMA 子层提供了 PCS 和 PMD 层之间的串行化服务接口,它与 PCS 子层的连接称为 PMA 服务接口。另外,PMA 子层还从接收位流中分离出用于对接收到的数据,进行正确的符号对齐(定界)的符号定时时钟。

WIS(广域网接口)子层:WIS 子层是可选的物理子层,可用在 PMA 与 PCS 之间,产生适配 ANSI 定义的 SONET STS-192c 传输格式,或 ITU 定义 SDH VC-4—64c 容器

速率的以太网数据流。该速率数据流可以直接映射到传输层而不需要高层处理。

PCS(物理编码)子层:PCS子层位于协调子层(通过GMII)和物理介质接入层子层之间。PCS子层将经过完善定义的以太网MAC功能映射到现存的编码和物理层信号系统上去。PCS子层和上层RS/MAC的接口由XGMII提供,与下层PMA接口使用PMA服务接口。

RS(协调子层)和XGMII(10Gbps介质无关接口):协调子层的功能是将XGMII的通路数据和相关控制信号映射到原始PLS服务接口定义(MAC/PLS)接口上。XGMII接口提供了10Gbps的MAC和物理层间的逻辑接口。XGMII和协调子层使MAC可以连接到不同类型的物理介质上。

3. 万兆位以太网物理层的工作原理

在万兆位以太网中,协议结构上最主要的区别体现在物理层,这里不仅出现了多种新型物理接口,还在工作原理上与以前版本以太网差别很大,下面进行简单的介绍。

由于10Gbps以太网实质上是高速以太网,所以为了与传统的以太网兼容必须采用传统以太网的帧格式承载业务。为了达到10Gbps的高速率,并采用OC-192c帧格式传输,就需要在物理子层实现从以太网帧到OC-192c帧格式的映射功能。同时,由于以太网的原设计是面向局域网的,网络管理功能较弱、传输距离短,并且其物理线路没有任何保护措施。当以太网作为广域网进行长距离、高速率传输时必然会导致线路信号频率和相位产生较大的抖动,而且以太网的传输是异步的,在接收端实现信号同步比较困难。因此,如果以太网帧要在广域网中传输,需要对以太网帧格式进行修改。

以太网一般利用物理层中特殊的10B(Byte)代码实现帧定界。当MAC层有数据需要发送时,PCS子层对这些数据进行8B/10B编码,当发现帧头和帧尾时,自动添加特殊的码组SFD(帧起始定界符)和EFD(帧结束定界符);当PCS子层接收到来自底层的10B编码数据时,可很容易地根据SFD和EFD找到帧的起点和终点从而完成帧定界。但是SDH中承载的千兆位以太网帧定界不同于标准的千兆位以太网的帧定界,因为复用的数据已经恢复成8B编码的码组,去掉了SFD和EFD。如果只利用千兆位以太网的前导(Preamble)和帧起始定界符(SFD)进行帧定界,由于信息数据中出现与前导和帧起始定界符相同码组的概率较大,采用这样的帧定界策略可能会造成接收端始终无法进行正确的以太网帧定界。为了避免上述情况,10Gbps以太网采用了HEC(Header-Error-Check,头部错误检测)策略。IEEE 802.3 HSSG小组为此提出了修改千兆位以太网帧格式的建议,在以太网帧中添加了长度域和HEC域。为了在定帧过程中方便查找下一个帧的位置,同时由于最大帧长为1518字节,则最少需要11位($2^{11}=2048$),所以在复接MAC帧的过程中用两个字节替换两个字节作为长度字段,然后对这8个字节进行CRC-16校验,将最后得到的两个字节作为HEC插入SFD之后。

10Gbps WAN物理层并不是简单地将以太网MAC帧用OC-192c承载。虽然借鉴了OC-192c的块状帧结构、指针、映射以及分层的开销,但是在SDH帧结构的基础上做了大量的简化,使修改后的以太网对抖动不敏感,对时钟的要求不高。具体表现在:减少了许多开销字节,仅采用了帧定位字节A1和A2、段层误码监视B1、踪迹字节J0、同步状

态字节 S1、保护倒换字节 K1 和 K2 以及备用字节 Z0,对没有定义或没有使用的字节填充 00000000。减少了许多不必要的开销,简化了 SDH 帧结构,与千兆位以太网相比,增强了物理层的网络管理和维护,可在物理线路上实现保护倒换。其次,避免了烦琐的同步复用,信号不是从低速率复用成高速率流,而是直接映射到 OC-192c 净负荷中。

10Gbps 以太局域网和 10Gbps 以太广域网(采用 OC-192c)物理层的速率不同,10Gbps 以太局域网的数据率为 10Gbps;而 10Gbps 以太广域网的数据率为 9.58464Gbps (SDH OC-192c,是 PCS 层未编码前的速率)。但是两种速率的物理层共用一个 MAC 层,MAC 层的工作速率为 10Gbps。采用什么样的调整策略将 10Gbps MII 接口的 10Gbps 传输速率降低,使之与物理层的传输速率 9.58464Gbps 相匹配,是 10Gbps 以太广域网需要解决的问题。目前将 10Gbps 速率适配为 9.58464Gbps 的 OC-192c 的调整策略有 3 种:在 GMII 接口处发送 HOLD 信号,MAC 层在一个时钟周期停止发送;利用“Busy idle”,物理层向 MAC 层在 IPG 期间发送“Busy idle”,MAC 层接收到后,暂停发送数据,物理层向 MAC 层在 IPG 期间发送“Normal idle”,MAC 层接收到后,重新发送数据;采用 IPG 延长机制,MAC 帧每次传完一帧,根据平均数据速率动态调整 IPG 间隔。

在以太网 IEEE 802.3ae 中规定,万兆位以太网帧最小为 64 字节,最大可达到 1518 字节。

3.2.3 交换机之间的连接

1. 交换机的级联

两台交换机之间有两种级联方式:一种是使用直通网线把一台交换机的级联端口与另一台交换机的普通端口相连,如图 3-1 所示;另一种是使用交叉网线把两台交换机的普通端口相连,如图 3-2 所示。

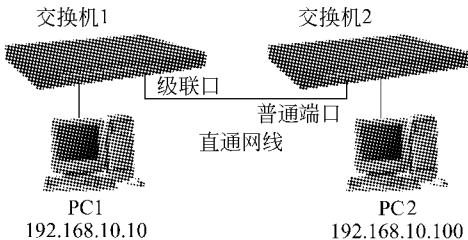


图 3-1 级联端口与普通端口的级联

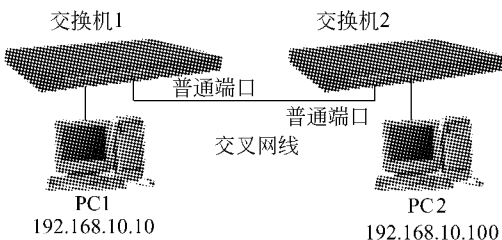


图 3-2 两台交换机普通端口的级联

2. 交换机的堆叠

有的交换机支持堆叠功能,称为堆叠式交换机。堆叠式交换机的级联口与一个堆叠模块的普通端口用直通网线相连即可。交换机的堆叠如图 3-3 所示。

堆叠与级联的比较如下。

(1) 交换机的堆叠采用的是专用模块,与交换机级联相比,不会占用交换机的端口,

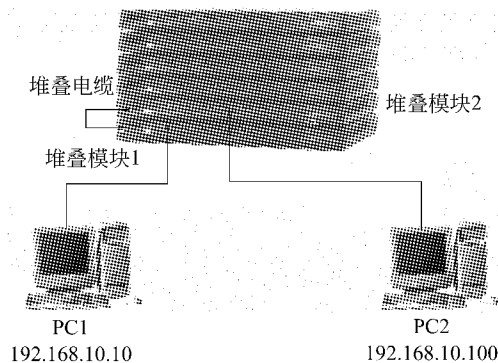


图 3-3 交换机的堆叠

速率比级联高,相当于一台更大的交换机。

(2) 如果交换机是一台可网管交换机,通过堆叠方式可以将网管功能传递到与之相连的交换机上,从而实现用一个 IP 地址管理多台交换机。

(3) 交换机的堆叠适用于连接大量更集中的终端,如大的计算机机房联网;交换机之间的级联适用于层间连接,如接入层与分布层、分布层与核心层之间的连接。

3.2.4 以太网的层次设计

试想一下,如果仅靠人的名字来找人会有多么困难。如果没有国家、城镇和街道地址,要找世界上的某个人简直不敢想象。

在以太网中,主机的 MAC 地址类似于人的名字。MAC 地址表示某一主机的独特身份,而不指示主机在网络中的位置。如果 Internet 中的所有主机(超过 40 亿台)都只用其唯一的 MAC 地址来标识,要查找一台确定的主机无异于大海捞针。

此外,为帮助主机通信,以太网技术还会生成大量的广播流量。广播将发送到一个网络中的所有主机,它非常消耗带宽,会减慢网络速度。如果连接 Internet 的数百万台主机都在一个以太网中,并且都使用广播,将会是一种怎样的情景?

由于这两个原因,由许多主机组成的大型以太网通常效率极低。因此,最好将大型网络分割成更便于管理的多个小型网段,其方法之一便是使用层次设计模型。

1. 以太网的层次结构

目前,大中型骨干网的设计普遍采用三层结构模型,即核心层、分布层和接入层,每个层次都有其特定的功能。在网络中,层次设计用于将设备分组到多个以分层方式构建的网络。它包括更小、更易于管理的组,可让本地流量保留在本地。只有预定流向其他网络的流量进入更高的层。

层次式设计有如下 3 个基本层。

接入层——提供到本地以太网中主机的连接。

分布层——相互连接较小的本地网络。

核心层——分布层设备之间的高速连接。

图 3-4 所示为以太网的三层结构。这种层次式分层设计提高了效率,优化了功能,加快了速度。由于可以在不影响现有本地网络性能的情况下新增本地网络,从而可以根据需要伸缩网络。

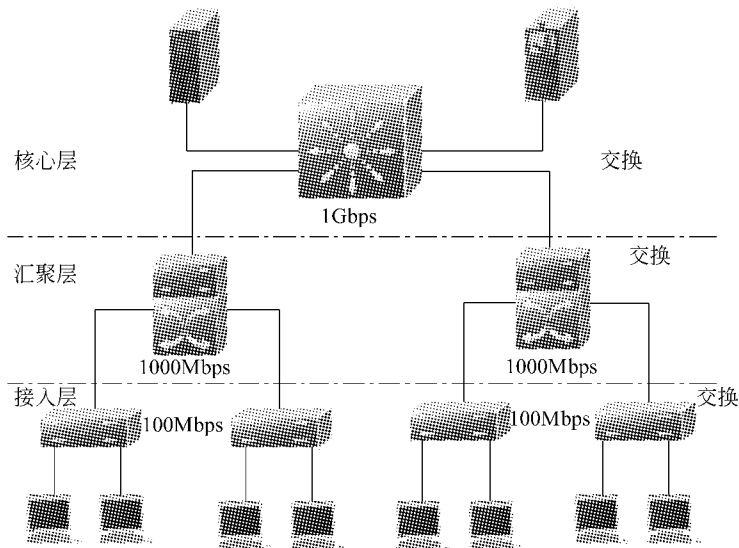


图 3-4 以太网的层次结构

在这种新型的层次式设计中,需要使用逻辑寻址方案来标识主机的位置,也就是 Internet 协议(IP)寻址方案。

2. 逻辑寻址

人的名字一般不会改变,而人的住址则不然。对于主机,其 MAC 地址不会改变,它是物理方式分配到主机网卡的地址,称为物理地址。无论主机在网络中的什么位置,其物理地址都保持不变,就像人的名字一样。

IP 地址则类似于人的住址,称为逻辑地址,因为它是根据主机位置以逻辑方式分配的。IP 地址或网络地址由网络管理员根据本地网络分配给每台主机。

IP 地址包含两部分:第一部分标识本地网络,IP 地址的网络部分对于所有连接到同一本地网络的主机都是一样的;第二部分标识特定主机,在同一个本地网络中,IP 地址的主机部分是每台主机所独有的,如图 3-5 所示。

在层次网络中通信的主机同时需要物理 MAC 地址和逻辑 IP 地址,就像寄送信件同时需要收信人的名字和地址一样。

3. 接入层、分布层和核心层设备

IP 流量根据与以下各层相关的特性和设备来管理:接入层、分布层和核心层。IP 地址用于确定流量应保留在本地,还是应上移到层次或网络的更高层。

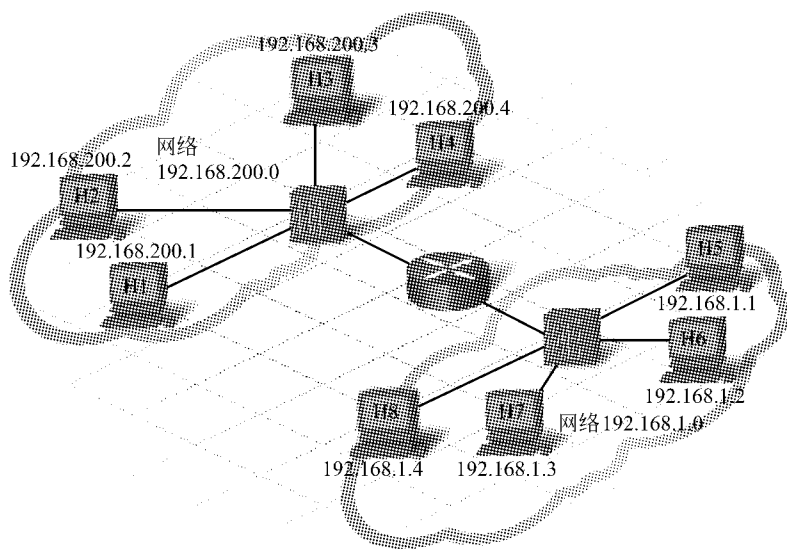


图 3-5 网络地址和主机地址

(1) 接入层

接入层为终端用户设备连接到网络提供连接点,允许多台主机通过网络设备(通常是集线器或交换机)连接到其他主机。一般而言,同一个接入层中所有设备的 IP 地址都有相同的网络部分。

根据 IP 地址的网络部分,如果某信息的发送目的是本地主机,则该信息会保留在本地;如果发送目的是不同的网络,则会上传到分布层。

(2) 分布层

分布层为不同的网络提供连接点,并且控制信息在网络之间的流动。它通常包含比接入层功能更强大的交换机,以及用于在网络之间路由的路由器。分布层设备控制从接入层流到核心层的流量的类型和大小。

(3) 核心层

核心层是包含冗余(备份)连接的高速中枢层,它负责在多个终端网络之间传输大量的数据。核心层设备通常包含非常强大的高速交换机和路由器,其主要目的是快速传输数据。

3.2.5 生成树技术

配置生成树技术能保证网络稳定可靠。

1. 交换网络中的冗余链路

设计网络时必须考虑到冗余功能,从而保持网络高度可用,并消除任何单点故障,如图 3-6 所示。在关键区域内安装备用设备和网络链路即可实现冗余功能。使用备份连接