

第 3 章 计算机网络设备

在计算机网络中,联网的计算机要通过传输介质、网络设备才能够连接起来,这些网络设备负责信号的传输、差错的纠正、流量的控制、网络的互联、路径的选择等,确保发送端主机发送的数据能够正确地到达目的端的主机。本章讨论通信子网中的网络设备和传输介质,介绍它们的特性和工作原理。

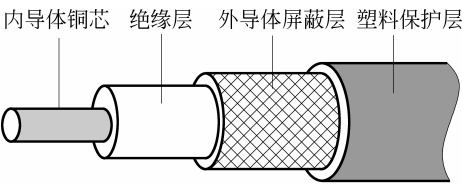
3.1 传输介质

传输介质是计算机网络最基础的通信设施,是连接网络上多个节点的物理通道。网络中的传输介质可以分为两类:有线介质和无线介质,有线介质包括同轴电缆、双绞线和光纤,无线介质包括无线电波、微波、红外线、卫星通信等。

3.1.1 同轴电缆

1. 同轴电缆的结构与分类

同轴电缆的结构如图 3-1(a)所示,它由内导体、绝缘层、屏蔽层和外保护层组成。联网时还需要使用专用的连接器件,图 3-1(b)是细同轴电缆使用的 BNC 头和 T 形头。



(a) 同轴电缆的结构



(b) 同轴电缆的连接器件

图 3-1 同轴电缆及其连接器件

同轴电缆主要有以下型号:

- (1) RG-8 或 RG-11, 匹配阻抗为 50Ω , 用于 10Base5 以太网, 又叫粗缆网。
- (2) RG-58A/U, 匹配阻抗为 50Ω , 用于 10Base2 以太网, 又叫细缆网。
- (3) RG-59/U, 匹配阻抗为 75Ω , 用于 ARCnet(早期一种令牌总线型的网络)和有线电视网。
- (4) RG-62A/U, 匹配阻抗为 93Ω , 用于 ARCnet。

同轴电缆又分为基带同轴电缆和宽带同轴电缆,基带同轴电缆屏蔽层使用网状铜丝织成,其特性阻抗为 50Ω ,适合传输数字信号;宽带同轴电缆屏蔽层使用铝箔缠绕而成,其特性阻抗为 75Ω 或 93Ω ,主要用于传输模拟信号。

在局域网中最常使用的是特性阻抗为 50Ω 的基带同轴电缆,数据传输率为

10Mbps。

2. 同轴电缆的主要特性

根据同轴电缆的直径粗细,50Ω 的基带同轴电缆又可分为细缆(RG-8、RG-11)和粗缆(RG-58)两种。粗缆的连接距离较长,在使用中继器的情况下,粗缆的最大传输距离可达 2500m(单段最远 500m,最多 5 段)。由于安装时不需要切断电缆,因此可以根据需要灵活调整计算机的入网位置。但粗缆网络必须安装收发器和收发器电缆,安装难度也大,所以总体造价高。细缆连接距离较短,在使用中继器的情况下,细缆的最大传输距离可达 925m(单段最远 185m),安装则比较简单,造价低,但由于安装过程中要切断电缆,两头装上基本网络连接(BNC)头,然后接在 T 形连接器两端,所以当接头多时容易产生接触不良的隐患,这是目前运行中的细缆以太网最常见的故障之一。

同轴电缆有较强的抗干扰能力,为了保证同轴电缆具有良好的电气特性,电缆屏蔽层必须接地,同时两头要有 50Ω 的终端适配器来削弱信号反射作用。

用粗缆和细缆连接的网络都是总线拓扑结构,即一根线缆上接多台计算机,这种拓扑结构适用于计算机密集的环境。但是当任一连接点发生故障时,故障会影响到串接在整根电缆上所有的计算机,故障的诊断和修复都很麻烦。所以,它正逐步被双绞线或光缆所替代。

3.1.2 双绞线

1. 双绞线的结构与分类

双绞线是由两根绞合的绝缘铜线外部包裹橡胶外皮而构成的,有两对线型和四对线型,两对线型的接插头称为 RJ-11,四对线型的接插头称为 RJ-45,如图 3-2 所示。

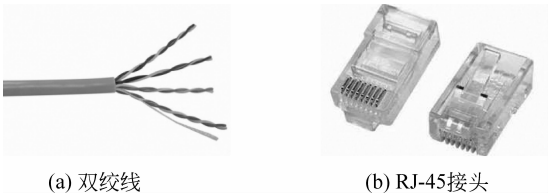


图 3-2 双绞线与 RJ-45 接头

双绞线电缆分为屏蔽双绞线(STP)和非屏蔽双绞线(UTP)两大类。屏蔽双绞线因为有屏蔽层,所以造价高,安装复杂,只在特殊情况(电磁干扰严重或防止信号向外辐射)下使用,非屏蔽双绞线无金属屏蔽材料,只有一层绝缘胶皮包裹,价格相对便宜,安装维护也容易,因而得到广泛使用。

按照传输特性分,双绞线分为 7 类。

- (1) 1 类线: 主要用于传输语音(一类标准主要用于 20 世纪 80 年代初之前的电话线缆),不用于数据传输。
- (2) 2 类线: 用于语音传输和最高传输速率 4Mbps 的数据传输,早期用于 4Mbps 的令牌环网。
- (3) 3 类线: 该电缆的带宽为 16MHz,用于语音传输及最高传输速率为 10Mbps 的

数据传输,主要用于 10Mbps 以太网(10Base-T)。

(4) 4 类线: 该电缆的带宽为 20MHz,用于语音传输和最高传输速率为 16Mbps 的数据传输,主要用于 16Mbps 的令牌环局域网和 10Mbps 以太网。

(5) 5 类线: 该类电缆增加了绕线密度,外套一种高质量的绝缘材料,带宽为 100MHz,用于语音传输和最高传输速率为 100Mbps 的数据传输,主要用于 100Mbps 以太网(100Base-T)以及 10Mbps 以太网,是最常用的电缆。

(6) 超 5 类线: 超 5 类线具有衰减小、串扰少的特点,并且具有更高的衰减与串扰的比值(ACR)和信噪比、更小的时延误差,性能得到很大提高。超 5 类线带宽 200~300MHz,主要用于 1000Mbps 以太网(1000Base-T)。

(7) 6 类线: 该类电缆的带宽为 350~600MHz,它提供 2 倍于超五类线的带宽。6 类线的传输性能远远高于超 5 类标准,最适用于传输速率高于 1Gbps 的应用。

双绞线电缆主要用于星形网络拓扑结构,即以集线器或网络交换机为中心,各网络工作站均用一根双绞线与之相连,这种拓扑结构非常适合结构化综合布线,可靠性较高,任何一个连线发生故障时,故障不会影响到网络中其他的计算机,故障的诊断与修复也比较容易。

2. 双绞线的主要特性

- (1) 传输距离一般不超过 100m,传输速度随双绞线类型而异。
- (2) 价格低,重量轻,易弯曲,安装维护容易。
- (3) 可以将串扰减至最小或加以消除,屏蔽双绞线抗外界干扰能力强。
- (4) 具有阻燃性。
- (5) 适用于结构化综合布线。

3. 双绞线的接线方式

常用的 5 类双绞线有 4 对线,8 种颜色,分别是橙色、橙白色、绿色、绿白色、蓝色、蓝白色、棕色、棕白色,每种颜色的线都与对应的相间色的线扭绕在一起。从传输特性上看,8 条线没有区别。连接计算机网络时,只需要 4 根线就可以了,究竟用哪 4 根线? 如何连接? 电子工业协会(EIA,后与其他组织合并形成电信工业协会(TIA))做出了规定,这就是 EIA/TIA-568A 和 EIA/TIA-568B 标准,简称 T568A 或 T568B 标准。这两个标准规定,联网时使用橙色、橙白色、绿色、绿白色这两对线,它们连接在 RJ-45 接头的 1、2、3、6 这 4 个线槽上,其他 4 根线可以在结构化布线时用于连接电话等设备。具体接线线序如表 3-1 和表 3-2 所示。

表 3-1 EIA/TIA-568A 接线标准

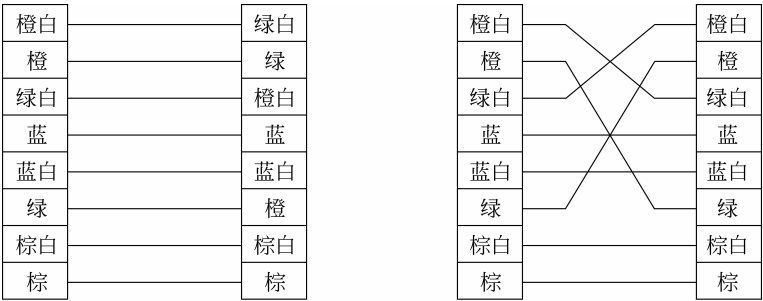
RJ-45 线槽	1	2	3	4	5	6	7	8
色彩标记	绿白	绿	橙白	蓝	蓝白	橙	棕白	棕

表 3-2 EIA/TIA-568B 接线标准

RJ-45 线槽	1	2	3	4	5	6	7	8
色彩标记	橙白	橙	绿白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕

双绞线接线可以根据需要制作成直连线(或称直通线、正接线)和交叉线(或称反接线)。直连线是指双绞线两端接线线序一致,都用 T568A 或都用 T568B,由于习惯的关系,多数直连线用 T568B 标准。交叉线是指双绞线两端分别使用不同的接线标准,一端用 T568A,另一端用 T568B。

两种接线方法分别用于不同的场合。直连线用于连接不同类型的设备,不同类型的设备其内部接线线序是不同的,如图 3-3(a)所示,如计算机网卡与交换机或集线器连接,交换机与路由器连接,集线器普通口与集线器级联口(Uplink 口)的连接等。交叉线用于连接相同类型的设备,相同类型的设备内部接线线序相同,如图 3-3(b)所示,如两个计算机通过网卡连接,两个集线器或两个交换机之间用普通口连接,集线器普通口与交换机普通口的连接等。实际上,不管是哪种接线,都是为了保证一个设备的发送端(1 橙白、2 橙)连接另一个设备的接收端(3 绿白、6 绿)。当两个不同类型的设备相连时,由于设备内部线序不一致,用直连线恰好实现一个设备的发送端与另一个设备的接收端相连;当两个相同类型的设备相连时,由于其内部线序一致,所以用交叉线恰好实现一个设备的发送端与另一个设备的接收端相连。



(a) 直连线连接不同设备 (b) 交叉线连接相同设备

图 3-3 直连线与交叉线的使用

现在,新型网络设备都有自动识别发送端和接收端的功能,交叉线的使用越来越少。

3.1.3 光纤

光纤是网络传输介质中传输性能最好的一种介质,在大型网络系统的主干网几乎都用光纤作为传输介质,光纤也是发展最为迅速的、最有前途的传输介质。

1. 光纤的结构

光纤的横截面为圆形,由纤芯、包层两部分构成,二者由两种光学性能不同的介质构成。其中,纤芯为光通路,包层由多层反射玻璃纤维构成,用来将光线反射到纤芯上。实用的光缆外部还须有加固纤维(尼龙丝或钢丝)和 PVC 保护外皮,用以提供必要的抗拉强度,以防止光纤受外界温度、弯曲、外拉等影响而折断。光纤的结构如图 3-4 所示。

2. 光纤传输原理

光纤传输系统的结构如图 3-5 所示。在发送端先将电信号通过发光二极管转换为光信号,在接收端使用光电二极管将光信号转换成电信号。

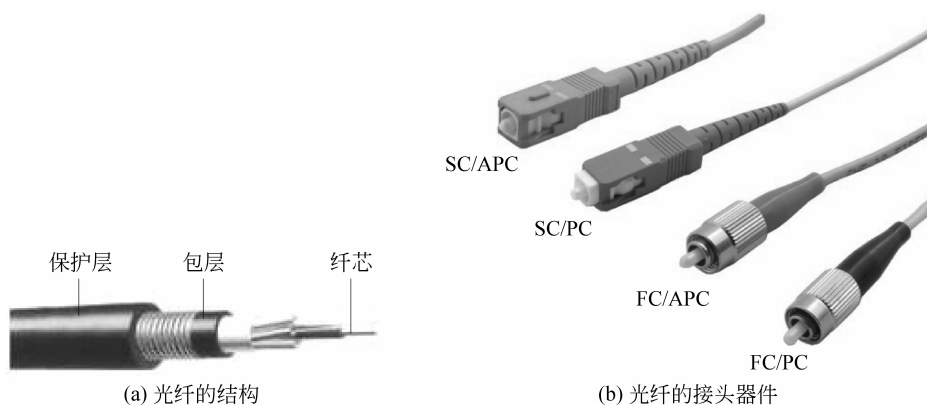


图 3-4 光纤的结构

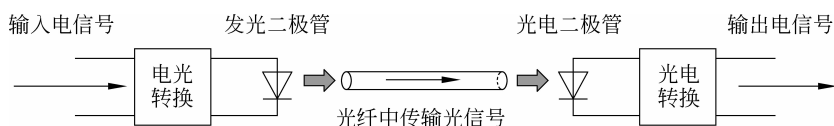


图 3-5 光纤传输系统的结构

光纤分为单模光纤 (Single Mode Fiber, SMF) 和多模光纤 (Multi-Mode Fiber, MMF) 两种类型。

单模光纤内径小于 $10\mu\text{m}$, 只传输单一频率的光, 光信号沿轴路径直线传输, 用红外激光管作光源 (ILD)。其特点是: 速率高, 可达百 Gbps; 传输距离远, 达数十公里; 成本高。单模光纤中的信号传输如图 3-6(a) 所示。

多模光纤纤芯直径为 $50\sim 62.5\mu\text{m}$, 可以传输多种频率的光, 光信号在光纤壁之间波浪式反射, 多频率 (多色光) 共存, 用发光二极管作光源 (LED)。其特点是: 传输距离近, 约 2km, 损耗大, 成本低。多模光纤中的信号传输如图 3-6(b) 所示。

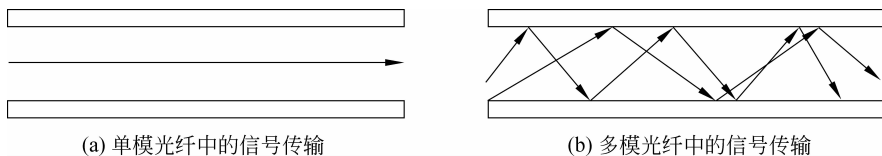


图 3-6 光信号传输过程

3. 光纤的主要特性

- (1) 信道带宽大, 传输速度快, 可达 1000Mbps 以上。
- (2) 传输距离远, 就单段光纤的传输距离而言, 单模光纤可达几十公里, 多模光纤可达几公里。
- (3) 抗干扰能力强, 传输质量高。由于光纤中传输光信号, 所以不受外部电磁场干扰。
- (4) 信号串扰小, 保密性好。

- (5) 光纤尺寸小,重量轻,便于敷设和运输。
- (6) 光纤使用制作塑料和玻璃的材料,材料来源丰富,符合环境保护要求。
- (7) 无辐射,难于窃听。
- (8) 光缆适应性强,寿命长。

3.1.4 无线传输介质

无线传输就是利用大气层和外层空间传输电磁信号。地球上的大气层为大部分无线传输提供了物理通道,就是常说的无线传输介质。无线传输所使用的频段很广,目前主要的无线传输方式有无线电波通信、微波通信、卫星通信和红外通信。

1. 无线电波通信

无线电是指频率范围在 $10\text{kHz}\sim 1\text{GHz}$ 的电磁波谱,这一频率范围被分为短波波段、超高频波段和甚高频波段。无线电波主要用于无线电广播和电视节目以及手提电话通信,无线电波也可用于传输计算机数据。

无线电波分为管制和非管制两个部分。非管制频段是开放的,可以随意使用;管制部分必须经过专门的部门批准,在美国是联邦通信委员会(FCC),在中国是国家无线电管理委员会。

无线通信有两种方式:单频通信和扩频通信。

所谓单频通信,是指信号的载波频率单一,其载波的可用频率范围遍及整个无线频率。与有线传输相比,单频通信传输速率低,有效传输距离小,若提高传输率和传输距离,就需要特别高的发射功率,而大型发射塔、发射天线、大功率收发器等将使单频通信价格非常昂贵。另外,单频通信信号在开放的空间传输,很容易与其他电磁波混杂,抗干扰能力很差,而且非常容易被窃听。

所谓扩频通信,是扩展频谱通信的简称。它是指用来传输信息的射频带宽远大于信息本身带宽的一种通信方式,扩频通信系统的出现,被誉为是通信技术的一次重大突破。

扩频技术通常有 4 种类型:

(1) 直接序列扩频,简称直扩(DS)。所传送的信息符号经伪随机序列(或称伪噪声码)编码后对载波进行调制。经伪随机序列调制后的速率远大于要传送信息的速率,调制后的信号频谱宽度也将远大于所传送信息的频谱宽度。

(2) 载波频率跳变扩频,简称跳频(FH)。载荷信息的载波信号频率受伪随机序列的控制,快速地在给定的频段中跳变,此跳变的频带宽度远大于所传送信息的频谱宽度。

(3) 跳时(TH)。将时间轴分成周期性的时帧,每帧内分成许多时间片。在一帧内哪个时间片发送信号由伪码控制,由于时间片宽度远小于信号持续时间,从而实现信号频谱的扩展。

(4) 混合扩频。几种不同的扩频方式混合应用,例如,直扩和跳频的结合(DS/FH),跳频和跳时的结合(FH/TH),以及直扩、跳频与跳时的结合(DS/FH/TH)等。

扩频通信的特点如下:

(1) 抗干扰性能好。它具有极强的抗人为宽带干扰、窄带瞄准式干扰、中继转发式干扰的能力。

(2) 隐蔽性强、干扰小。因信号在很宽的频带上被扩展,则单位带宽上的功率很小,即信号功率谱密度很低。信号淹没在白噪声之中,别人难于发现信号的存在,再加之不知道扩频编码,就更难拾取有用信号。

(3) 易于实现码分多址。扩频通信占用宽带频谱资源通信,改善了抗干扰能力,是否浪费了频谱资源呢?其实正相反,是提高了频带的利用率。正是由于扩频通信要用扩频编码进行扩频调制发送,而信号接收需要用相同的扩频编码进行解扩才能得到,这就给频率复用和多址通信提供了基础。充分利用不同码型的扩频编码之间的相关特性,分配给不同用户不同的扩频编码,就可以区别不同用户的信号,众多用户只要配对使用自己的扩频编码,就可以互不干扰地同时使用同一频率通信,从而实现了频率复用,使拥挤的频谱得到充分的利用。

2. 微波通信

微波是频率范围在 $3\sim 300\text{GHz}$ 的无线电波。微波通信主要采用扩频通信的原理。微波扩频通信技术的特点是:利用伪随机码对输入信息进行扩展频谱编码处理,然后在某个载频上进行调制以便传输。我国微波通信常用的微波频段及其代号为 L、S、C、X。数字微波系统按接入方式分为点对点、点对多点两种。点对点方式是指连接的双方用一对微波扩频传输设备相连;点对多点方式是指扩频系统含一个中心点和若干分布接入点,若干分布接入点以竞争方式或固定分配方式分享中心点提供的总信道带宽。

微波数据通信系统有两种形式:地面(基于地球表面)系统和卫星系统,它们使用的频率比较相似。一般微波通信指的是地面微波。

地面微波使用频率较低的频段,一般使用 $4\sim 28\text{GHz}$ 的频率范围,采用定向式抛物面形天线收发信号,要求与其他地点之间的通路没有障碍或视线能及,由于微波信号具有极强的方向性,直线传播,遇到阻挡就被反射或被阻断,而地球是圆的,所以在传输距离超过 50km (有高架天线时可以更远些)或遇到高山阻隔时,需要设置中继站,将信号放大再进行传输。

微波通信由于其频带宽、容量大,可以用于各种电信业务的传送,如电话、电报、数据、传真以及彩色电视等均可通过微波电路传输。

地面微波系统的主要用途是完成远距离的通信任务,适合在不便于铺设电缆的场合使用。与同轴电缆相比,穿越相同的距离,地面微波系统所需的放大器或中继器要少得多;也可以用微波连接两个分开的建筑,在建筑间传输闭路电视或局域网的信号;在建筑物中有时也采用小规模的地面微波方式组建局域网,微波信号通过小型发送装置与中心位置的集线器通信,多个集线器通过微波设备相互连接到一起便组成了一个完整的网络。

微波通信不需要申请,但是地面微波设备经常采用受控制的频率,所以需要缴纳一定费用,使用时间也要受到限制。

微波通信的特点如下:

(1) 通信频段的频带宽。微波频段占用的频带约为 300GHz ,而全部长波、中波和短波频段占有的频带总和不足 30MHz ,前者是后者的 1 万多倍。一套微波中继通信设备可以容纳几千甚至上万条话路同时工作,或传输电视图像信号等宽频带信号。

(2) 受外界干扰的影响小。工业干扰、大气中电磁波干扰及太阳黑子的活动对微波

频段通信的影响小(当通信频率高于 100MHz 时,这些干扰对通信的影响极小),但它们严重影响短波以下频段的通信,因此,微波中继通信较稳定和可靠。

(3) 通信灵活性较大。微波通信采用中继方式,可以实现地面上的远距离通信,并且可以跨越沼泽、江河、湖泊和高山等特殊地理环境。在遭遇地震、洪水、战争等灾祸时,通信的建立、撤收及转移都较容易,这些方面比电缆通信具有更大的灵活性。

(4) 天线增益高,方向性强。当天线面积给定时,天线增益与工作波长的平方成反比。由于微波中继通信的工作波长短,因而容易制成高增益天线,降低发射机的输出功率。另外,微波具有直线传播特性,可以利用微波天线把电磁波聚集成很窄的波束,使微波天线具有很强的方向性,减少通信中的相互干扰。

(5) 投资少,建设快。在通信容量和质量基本相同的条件下,以每信道每公里为单位计算,微波中继通信线路的建设费用不到同轴电缆通信线路的一半,还可以节省大量有色金属,建设时间也比后者短。

3. 卫星通信

卫星通信系统实际上也是一种微波通信,它以卫星作为中继站转发微波信号,在多个地面站之间通信,卫星通信的主要目的是实现对地面的“无缝隙”覆盖,由于卫星工作于几百、几千甚至上万公里的轨道上,因此覆盖范围远大于一般的移动通信系统,3 颗卫星可以覆盖地球表面。但卫星通信要求地面设备具有较大的发射功率,因此不易普及使用。卫星通信系统由卫星段、地面段、用户段 3 部分组成。卫星段在空中起中继站的作用,即把地面站发上来的电磁波放大后再返送回另一地面站。地面站则是卫星系统与地面公众网的接口,地面用户也可以通过地面站出入卫星系统形成链路,地面站还包括地面卫星控制中心以及跟踪遥测指令站。用户段即各种用户终端。卫星通信广泛应用于视频、电话、数据等的远程传输。

卫星通信提供两种连接方式:点对点的方式和一点对多点的方式。点对点的方式中,卫星用来连接两个地面站;一点对多点的连接方式中,卫星发送的信号可以被多个地面站接收。

卫星通信系统的特点如下:

(1) 下行广播,覆盖范围广。对地面的情况如高山海洋等不敏感,适用于在业务量比较稀少的地区提供大范围的覆盖,在覆盖区内的任意点均可以进行通信,而且成本与距离无关。

(2) 工作频带宽。可用频段为 150MHz~30GHz。目前已经开始开发 Q、V 波段(40~50GHz)。Ka 波段甚至可以支持 155Mbps 的可视数据业务。

(3) 通信质量好。卫星通信中电磁波主要在大气层以外传播,电波传播非常稳定。虽然在大气层内的传播会受到天气的影响,但仍然是一种可靠性很高的通信系统。

(4) 网络建设速度快、成本低。除建地面站外,无须地面施工。运行维护费用低。

(5) 信号传输时延大。高轨道卫星的双向传输时延达到秒级,用于话音业务时会有非常明显的中断。

(6) 控制复杂。由于卫星通信系统中所有链路均是无线链路,而且卫星的位置还可能处于不断变化中,因此控制系统也较为复杂。控制方式有星间协商和地面集中控制两种。

4. 红外通信

红外通信是指利用红外线作为传输手段的通信方式。红外通信系统中红外线的传输方式主要有两种：一是点对点方式，二是广播。使用点对点红外介质的优点是可以减少衰减，使窃听更困难，但实施时，注意保证发射器和接收器处于同一直线上，中间不能有任何阻隔。而红外广播系统是向一个广大的区域传送信号，并且允许多接收器同时接收信号。

红外通信主要应用于以下几个方面：掌上电脑、笔记本电脑、个人数字处理设备和桌面计算机之间的文件交换，计算机装置之间传送数据，控制电视、盒式录像机和其他设备。

红外通信的主要特点是：价格低，高带宽，安装简单，高可靠性，轻便。

3.2 物理层上的网络设备

3.2.1 集线器

1. 集线器及其作用

集线器(hub)是将网络中的站点连接在一起的网络设备。在局域网上，每个站点都需要通过某种介质连接到网络上，在使用双绞线联网时，由于其 RJ-45 接头的特殊性，使得将多个工作站连接在一起必须通过一个中心设备。这样的中心设备就称为集线器或集中器，由于大多数集线器都有信号再生或放大作用，且有多多个端口，所以集线器有时还称为多端口中继器，如图 3-7 所示。集线器的作用是将网络中的计算机连接在一起。在日常生活中，要将多个电灯连在一起，可以将各电线简单地拧在一起，而如果在网络中将各种电缆简单地拧在一起，这将产生严重的杂波使网络中断，必须使用集线器这样的专用设备来实现连接，如图 3-8 所示。



图 3-7 集线器

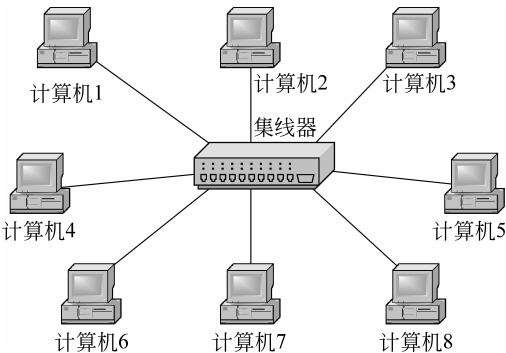


图 3-8 集线器将计算机集中在一起

2. 集线器的工作原理

下面以普通共享式以太网集线器为例，介绍集线器的工作原理。

从网络体系结构上看，集线器工作在物理层，因此，它只能机械地接收数据，经过信号再生后，再将数据转发出去。集线器不能够识别源地址和目的地址，没有地址过滤功能，所以当集线器收到数据时，为了使数据能够传送到目的站点，采用广播方式，即从一个端

口接收数据,向除入口之外的所有端口广播,如图 3-9 所示。

从内部结构看,集线器只有一条背板总线,集线器上的所有端口都挂接在这条总线上,一个站点传输数据时,要独占整个总线的带宽,其他站点只能处于接收状态。多个站点若都想发送数据,就得用竞争的方法来获得介质访问的权利,因此,集线器多个端口连接的站点共处在一个冲突域中。这种竞争的工作方式使得集线器的每个端口获得的实际带宽只有集线器总带宽的 N 分之一(N 为集线器端口数量)。以一台 8 口 100Mbps 集线器为例,假设每个端口上的站点发送数据的机会是均等的,那么,由于背板总线被 8 个站点轮流占用,某站点发送数据时独享 100Mbps 带宽,而在其他站点发送数据时,其所占带宽为零,所以在一个发送周期内,每个端口获得的平均带宽只有 12.5Mbps,如图 3-10 所示。

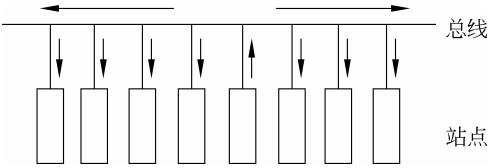


图 3-9 广播通信

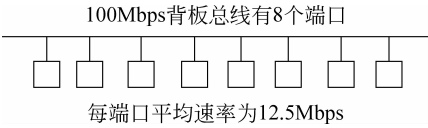


图 3-10 端口均分总线带宽

当局域网站点很多,一个集线器端口不能将所有站点连入网络时,可以采用集线器级联的方法,有些集线器有级联口(uplink 口),可以用直连线一端连接一个集线器的级联口,另一端连接另一个集线器的普通端口;如果集线器没有级联口,则可以用交叉线连接两个集线器的普通口。集线器级联后,相当于增加了集线器的端口数量,降低了每个端口的平均速率,扩大了广播的范围,也扩大了冲突的范围。

3. 集线器的分类

集线器也像网卡一样,是伴随着网络的产生而产生的,它的产生早于交换机,更早于后面将要介绍的路由器等网络设备,所以它属于一种传统的基础网络设备。集线器技术发展至今,也经历了许多不同主流应用的历史发展时期,所以集线器产品也有许多不同类型。下面就对目前主流的集线器产品分类方法做一个综述。

1) 按端口数量划分

这是最基本的分类方法之一。我们常听说要买一个 16 口或 24 口集线器,这“16 口”、“24 口”指的就是集线器的端口数。如果按照集线器能提供的端口数来分,目前主流集线器主要有 8 口、16 口和 24 口等几大类,但也有少数品牌提供非标准端口数,如 4 口和 12 口的,还有 5 口、9 口、18 口的集线器产品,这主要是想满足部分对端口数要求极严、资金投入比较谨慎的用户的需求。

2) 按带宽划分

集线器也有带宽之分,如果按照集线器所支持的带宽不同,通常可分为 10Mbps、100Mbps、10/100Mbps 自适应 3 种,基本上与网卡一样(网卡还有 1000Mbps 的,1000Mbps 以上带宽一般都由交换机来提供)。

3) 按照配置的形式划分

集线器因为是最基础的网络设备,也是网络集中管理的最基本单元,几乎不需要什么

软件来支持,配置起来非常简单、方便,一般情况下只需要把节点连接好,插上电源,开启各节点即可完成连接过程的配置。如果按整个集线器的配置来分,一般可分为独立型集线器、模块化集线器和堆叠式集线器 3 种。

(1) 独立型集线器。这种类型的集线器在低端应用是最多的,也是最常见的。独立型集线器是带有许多端口的单个盒子式的产品,多个端口共享总线带宽,与之相连的站点必须以相同的速率工作。独立型集线器具有低价格、容易查找故障、网络管理方便等优点,在小型的局域网中广泛使用。但这类集线器的工作性能比较差,尤其在速度上缺乏优势。

(2) 模块化集线器。这种集线器一般都配有机架,带有多个卡槽,每个槽可放一块通信卡,每个卡的作用就相当于一个独立型集线器,多块卡通过安装在机架上的通信底板进行互连并进行相互间的通信。

(3) 堆叠式集线器。这种集线器可以多个堆叠起来使用,通过特定端口互连在一起。堆叠在一起的集线器可以当作一个单元设备来进行管理。例如,当 5 个 12 口的集线器堆叠在一起时,可以看作是 1 个 60 口的集线器。一般情况下,当有多个集线器堆叠时,其中存在一个可管理集线器,利用可管理集线器可对此可堆叠式集线器中的其他独立型集线器进行管理。堆叠式集线器可以非常方便地实现对网络的扩充。

集线器的堆叠和级联不同。级联是通过集线器的某个端口与其他集线器相连的,而堆叠是通过集线器的背板连接起来的。虽然级联和堆叠都可以实现端口数量的扩充,但是级联后的多台集线器在逻辑上仍是多个被管理的网络设备,而堆叠后的数台集线器在逻辑上是一个被管理的网络设备。

4) 从是否可进行网络管理划分

按照集线器是否可被网络管理划分,有不可通过网络进行管理的不可网管型集线器和可通过网络进行管理的可网管型集线器两种。

(1) 不可网管型集线器。这类集线器也称为傻瓜集线器,是指无须进行配置,并且不能进行网络管理和监测的集线器。这类集线器属于低端产品,通常只用于小型网络,这类产品比较常见,只要插上电,连上网线就可以正常工作。

(2) 可网管型集线器。这类集线器也称为智能集线器,可通过 SNMP (Simple Network Management Protocol,简单网络管理协议)对其进行简单管理,这种管理大多是通过增加网管模块来实现的。可网管集线器在外观上都有一个共同的特点,即在集线器前面板或后面板都提供一个 Console 端口。该端口的接口类型因不同品牌或型号可能不同,有的为 DB-9 串行口,有的为 RJ-45 端口。

3.2.2 中继器

1. 中继器及其作用

中继器(见图 3-11)是一种延伸网络覆盖范围的设备,其主要作用是将接收的信号再生或放大,再传输出去。不管哪种类型的局域网,其最大联网距离都是有限制的,如 10Base-2 一个网段跨越距离不能超过 185m,10Base-5 一个网段跨越距离不能超过 500m,而各种双绞线网络一个网段跨越距离一般不能超过 100m,等等。如果需要更远的连接,就需要使用中继器,如图 3-12 所示。



图 3-11 中继器

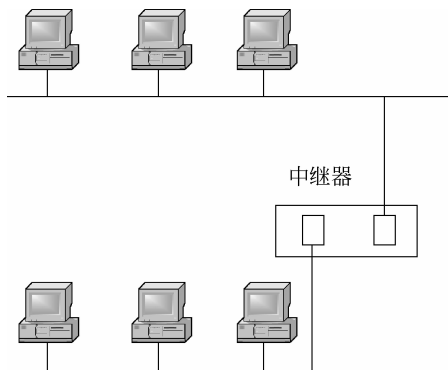


图 3-12 用中继器扩展网络

但是,用中继器不能无限地延伸网络,各种协议对于能使用的中继器数目有各自的限制,这是因为中继器延长了网络传输距离,同时也增加了信号传输时间。而网络上由于 MAC 定时特性对信号传输时延有上限要求。例如,在以太网中规定最多可以使用 4 个中继器,连接 5 个网段,且这 5 个网段中只有 3 个能安装设备,另两个网段仅作延长距离用,这称为以太网的 5-4-3 规则。

集线器也可以起到信号再生放大作用,所以,集线器是一个多端口的中继器。

2. 中继器的分类

中继器可分为两类:直接放大式和信号再生式。

直接放大式中继器是一个简单的放大器。经过一段传递后到达的信号幅度衰减,波形变差并且叠加了各种噪声,在经过直接放大式中继器后,所有这些都被放大传递到下一个网段中去,如图 3-13(a)所示。

信号再生式中继器不但有放大功能,而且有信号再生功能,它对输入的信号重新进行放大和整形后得到“干净”的无噪声信号送入下一个网段,如图 3-13(b)所示。

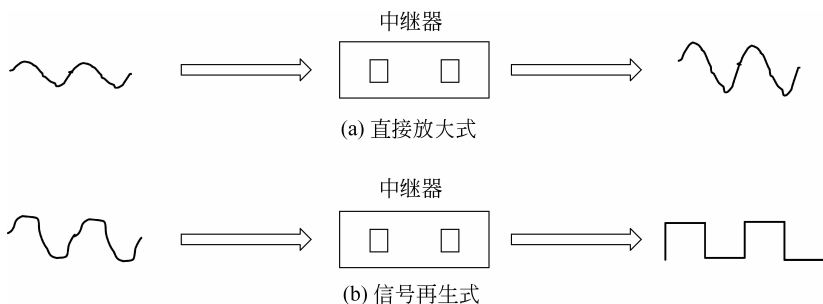


图 3-13 放大式中继器与再生式中继器

3.2.3 调制解调器

1. 调制解调器及其作用

调制解调器(modem)是通过电话拨号接入因特网的必备硬件设备。通常计算机内部使用的是数字信号,而通过电话线路传输的信号是模拟信号。调制解调器的作用就是:

当计算机发送信息时,将计算机内部使用的数字信号转换成可以用电话线传输的模拟信号,通过电话线发送出去;接收信息时,把电话线上传来的模拟信号转换成数字信号传送给计算机,供其接收和处理。

2. 调制解调器的分类

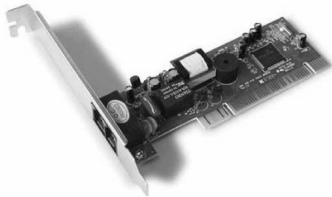
1) 按调制解调器与计算机的连接方式划分

(1) 外置式调制解调器。放置于机箱外,有比较美观的外包装,通过串行通信口与主机连接。这种调制解调器方便灵巧、易于安装,闪烁的指示灯便于监视其工作状况。但外置式调制解调器需要使用额外的电源与电缆,如图 3-14(a)所示。

(2) 内置式调制解调器。是一块印刷电路板卡,在安装时需要拆开机箱,将其插在主板上,较为麻烦。这种调制解调器要占用主板上的扩展槽,但无须额外的电源与电缆,且价格比外置式调制解调器要便宜一些,如图 3-14(b)所示。



(a) 外置式调制解调器



(b) 内置式调制解调器

图 3-14 调制解调器

(3) PCMCIA 插卡式调制解调器。主要用于笔记本电脑,体积纤巧。用它配合移动电话,可方便地实现移动办公。

(4) 机架式调制解调器。相当于把一组调制解调器集中于一个箱体或外壳里,并由统一的电源进行供电。机架式调制解调器主要用于因特网、内联网、电信局、校园网、金融机构等网络的中心机房。

(5) USB 接口的调制解调器。USB 技术的出现,给计算机的外围设备提供了更快速、更简单的连接方法。USB 接口的调制解调器只需将其接在主机 USB 接口就可以。

2) 按连入因特网的方式划分

(1) 普通拨号调制解调器。是一种让用户用拨号方式访问因特网的设备,采用幅度调制、频率调制和相位调制等调制方法,实现电话网中的模拟信号和计算机中的数字信号的相互转换。具有传输速率低、上网和打电话不能同时进行的特点。其最高速率只有 56kbps。

(2) ADSL 调制解调器。ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line,非对称数字式用户线路)是一种可以让家庭或小型企业利用现有电话网,采用高频数字压缩方式进行宽带接入的技术,它采用 DMT(离散多频调制),用多信道、多频率的调制方法达到传输线的最佳利用。

ADSL 调制解调器能在现有普通电话线上提供高达 8Mbps 的下载速度和 1Mbps 的上传速度,上网和打电话互不干扰。

(3) Cable 调制解调器。即电缆调制解调器,是一种将计算机和有线电视网络连接起

来,让用户通过有线电视网既可以上网又可以看电视节目的网络设备。其原理和普通调制解调器一样,将数据进行调制后,在电缆的一个频率范围内传输,接收时进行解调。和普通的调制解调器不同的是,Cable 调制解调器所连接的是有线电视网络而不是电话网,它通过有线电视网的某个传输频带进行调制解调以传输数据信号,其他空闲频段仍然可用于有线电视信号的传输;而普通调制解调器传输信号时要占用电话网的全部带宽,不能传输其他信号。

3.3 数据链路层上的网络设备

3.3.1 网卡

1. 网卡及其作用

网卡又叫网络接口卡或网络适配器,是组建网络必不可少的设备,每台联网计算机至少要有一块网卡。网卡一端有与计算机总线结构相适应的接口,另一端则提供与传输介质的接口,通过网卡,可以将计算机与传输介质相连接。从网络体系结构角度看,在 OSI 参考模型中,主机应该具有 7 层结构,网卡提供 OSI 参考模型的物理层和数据链路层服务功能,使计算机具有通信功能,实现低层通信协议。网卡还给计算机带来了一个地址,使计算机在网络中有唯一标识,这个地址叫物理地址或 MAC 地址。网卡有许多类型,但由于以太网是当前市场的主流产品,所以本节主要结合以太网卡来介绍网卡的基础知识。图 3-15 给出了几个网卡的图片。

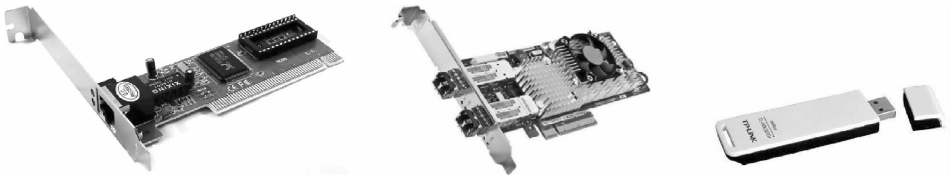


图 3-15 网卡

2. 网卡的功能

网卡的功能结构如图 3-16 所示。在网络通信中,网卡主要完成以下功能:

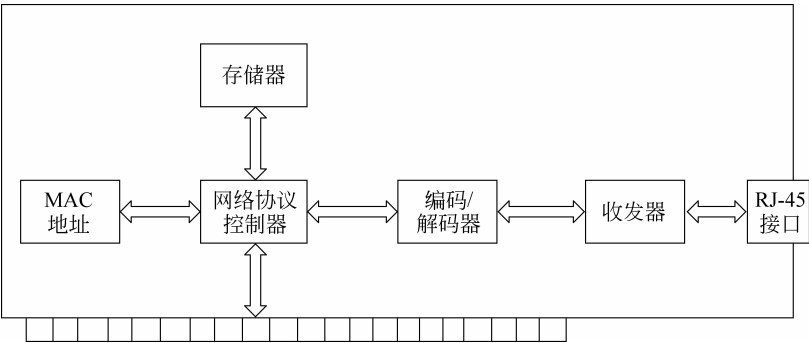


图 3-16 网卡的功能结构

(1) 连接计算机与网络。网卡是局域网中连接计算机和网络的接口,它通过总线接口连接计算机,通过传输介质接口连接网络。多数网卡支持一种传输介质,但是也有同时支持多种介质的网卡,如二合一网卡、三合一网卡。

(2) 进行串行/并行转换。网卡和局域网之间的通信是通过同轴电缆或双绞线以串行传输方式进行的,而网卡和计算机之间的通信则是通过计算机主板上的 I/O 总线以并行传输方式进行的。因此,网卡的一个重要功能就是要进行串行/并行转换。在发送端,要将来自计算机的并行数据转换成串行数据在网络里传输;在接收端,网卡要将从网络中传来的位串转换成并行数据交给计算机。

(3) 实现网络协议。不同类型的网络,其介质访问控制方法以及发送接收流程是不同的,传输的帧的格式也是不同的,使用什么协议进行通信,取决于网卡上的协议控制器,协议控制器决定了网络中传输的帧的格式和介质访问控制方法。在发送端,网卡负责将数据组装成帧,加上帧的控制信息;在接收端,网卡负责识别帧,并负责卸掉帧的控制信息。

(4) 差错检验。网卡以帧为单位检查数据传输错误,在发送端发送数据时,网卡负责计算检错码,并将其附加到数据的后面;在接收端,网卡负责检查错误,如果收到错误的帧,就丢弃,如果收到正确的帧就送主机。

(5) 数据缓存。在发送端,主机将发送的数据送给网卡,网卡发送数据并将发送的数据暂存在自己的缓存中,如果接收端发来确认信息,网卡就将缓存中的数据清除,腾出缓存发送新的数据,如果接收端没有正确收到,网卡就从缓存中重发数据,直到正确收到为止。在接收端,缓存用于暂存已经到达但还没有处理的数据,每处理完一帧数据,就将该数据从缓存中清除,准备接收新的数据。

(6) 编码解码。为改善传输质量,发送端网卡在发送数据的时候,需要对传输的数据重新编码。以以太网为例,在发送数据时,要将数据用曼彻斯特编码进行编码后送传输介质传输;在接收端,网卡从传输介质接收曼彻斯特编码,并将其还原成原来的数据。

(7) 发送接收。网卡上装有发送器和接收器,用于发送信号和接收信号。

3. 网卡的种类

网卡有很多种,在组装时是否能正确选用、连接和设置网卡,往往是能否正确连通网络的前提和必要条件。下面从不同角度介绍网卡类型。

(1) 网卡支持的网络类型。不同的网卡,支持不同协议(类型)的网络。现在流行的是以太网,所以以太网卡是主流产品,其他还有令牌环网、FDDI、ATM 网等。

(2) 网卡支持的传输速率。以以太网为例,可选择的速率就有 10Mbps、10/100Mbps、1000Mbps 甚至 10Gbps 等多种,但不是速率越高就越好。例如,为连接在只具备 100Mbps 传输速度的双绞线上的计算机配置 1000Mbps 的网卡就是一种浪费,因为其至多也只能实现 100Mbps 的传输速率。

(3) 网卡支持的总线类型。计算机中常见的总线插槽类型有 ISA、EISA、VESA、PCI 和 PCMCIA 等。在服务器上通常使用 PCI 或 EISA 总线的智能型网卡,工作站则采用 PCI 或 ISA 总线的普通网卡,笔记本电脑则采用 PCMCIA 总线的网卡或采用并行接口的便携式网卡。

(4) 网卡支持的电缆接口。网卡最终要与网络进行连接,所以也就必须有一个接口

使网线通过它与其他计算机网络设备连接起来。不同的网络接口适用于不同的网络类型，目前常见的接口主要有双绞线的 RJ-45 接口、细同轴电缆的 BNC 接口和粗同轴电缆的 AUI 接口、FDDI 接口和 ATM 接口等。而且有的网卡为了适用于更广泛的应用环境，提供了两种或多种类型的接口，如有的网卡会同时提供 RJ-45 接口、BNC 接口或 AUI 接口。

4. 网卡地址

每块网卡都有一个世界上独一无二的地址，这个地址叫物理地址，又叫 MAC 地址，这个地址在网卡的生产过程中被写入网卡的只读存储器中。以太网卡的物理地址是由 48 位二进制数组成的。但是，由于二进制数不便于书写和记忆，所以实际表示时用 12 位十六进制数来表示。十六进制数到二进制数的转换很简单，即将每 4 位二进制数写成 1 位十六进制数就行了。

例如，网卡地址为 0000 0000 0110 0000 0000 1000 0000 0000 1010 0110 0011 1000，用十六进制数表示为 00-60-08-00-A6-38。

这 48 位二进制数中，前 24 位为企业标识，后 24 位是企业给网卡的编号。

为了统一管理以太网的物理地址，保证每个网卡物理地址在全世界唯一，不与其他地址重复，IEEE 注册管理委员会(RAC)为每一个网卡生产商分配一个 24 位的企业标识，这就意味着生产厂商获得一个企业标识后，它可以生产 2^{24} (16 777 216)块网卡。

要查看网卡地址可以使用 IPCONFIG /ALL 命令，具体步骤如下：

- (1) 单击【开始】菜单，选择【运行】命令。
- (2) 在【运行】对话框中输入 CMD，然后单击【确定】按钮，调出 DOS 窗口。
- (3) DOS 窗口中输入命令 IPCONFIG /ALL 即可查看网卡上的物理地址，如图 3-17 所示。



图 3-17 查看网卡地址

3.3.2 网桥

1. 网桥及其作用

网桥是一个将网络互联起来的设备,它可以在数据链路层上连接两个局域网,使之相互通信。网桥设备如图 3-18 所示。从网络体系结构角度看,网桥是数据链路层的设备,它可以识别帧和物理地址,相对于物理层上的互联(用中继器或集线器连接两个局域网)而言,网桥有地址过滤功能,它能够识别哪些地址属于一个网络,如果源地址和目的地址属于同一个网络,网桥就丢弃数据帧,不会向其他网络转发;如果源地址和目的地址不属于同一个网络,网桥就会转发数据帧。



图 3-18 网桥设备

正是由于网桥有地址过滤功能,使得网桥具有以下几个方面的作用。

(1) 隔离局域网间的冲突。用网桥连接两个局域网时,一个局域网内部的通信,网桥不会向其他网络广播,不会像集线器或中继器那样,因为网络互联而引起冲突加剧的现象的出现,网桥将冲突范围限制在一个网络内部;但是,网桥不能隔离广播,当网桥收到一个广播帧时,会向与之相连的所有网段广播,如图 3-19 所示。

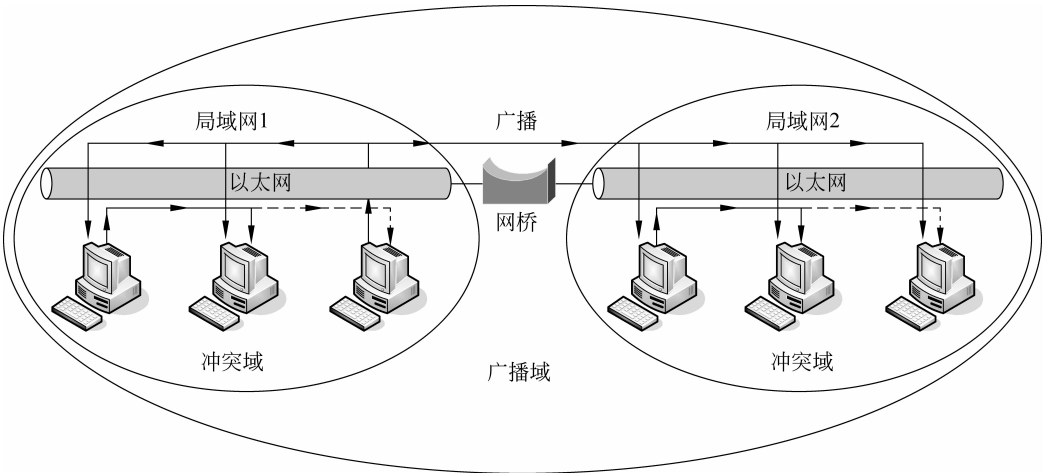


图 3-19 网桥连接两个局域网后的冲突域和广播域

(2) 提高网络性能。如果一个大型局域网连接的站点很多,网络性能变差,这时可以将大型网络分成几个较小的网络,将彼此通信量大的站点(如一个部门的站点)划分在一个网段中,网段之间用网桥连接。由于一个网段内部的通信不会被广播到其他网段,而网

段内部通信又占通信量的绝大部分,所以相当于减少了一个网段内部的站点数,减轻了竞争介质的程度,提高了网络的性能。

(3) 提高网络的安全性。由于网桥的地址过滤功能,使得网络内部通信不会被其他网段的站点收到,所以提高了网络的安全性。

(4) 扩展网络覆盖范围。利用网桥可以扩展网络的覆盖范围,与中继器比较,网桥扩展网络覆盖范围理论上不受限制,由于网桥将整个网络分成了一个个小的网段,每个网段都可以看成是一个独立的网络,只要一个网段内部的传输距离满足信号传输时延要求就可以了。但是由于网桥是依靠物理地址寻址,寻址效率太低,所以在大型的网络互联中不使用网桥。

2. 网桥的工作原理

网桥的工作原理可以概括为:先建立桥接表,根据桥接表转发数据帧。网桥的工作原理可以用图 3-20 加以说明。图中,局域网 1 和局域网 2 用网桥相连,用 101、102、201、202 分别代表 4 个主机的地址,1 和 2 是网桥的端口。

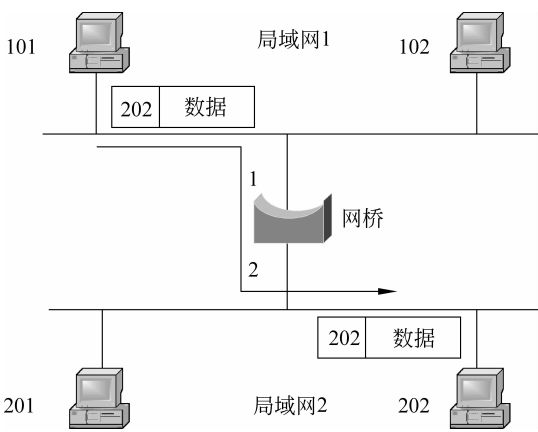


图 3-20 网桥的工作原理

1) 建立桥接表

某站点发送数据帧时,网桥收到这个数据帧后,就读取帧中的源地址和目的地址,并将源地址和接收该帧的端口记录在桥接表中,如此,经过一段时间后,桥接表中就会逐渐填满记录,形成一张完整的信息表,这个表的内容是动态的,如果某个站点长期不发送数据,它的记录将被清除。网桥的这种自己建立桥接表的功能叫自学习功能。网桥的桥接表如表 3-3 所示。这个桥接表就是网桥过滤地址、转发数据的依据。

表 3-3 网桥的桥接表

端口	MAC 地址	端口	MAC 地址
1	101	2	201
1	102	2	202

2) 转发数据

网桥依据桥接表转发数据。当网桥收到一个数据帧时,就读取帧中的源地址和目的

地址,然后去查桥接表,根据桥接表中记录的信息,网桥可能采用以下几种策略:

(1) 如果源地址和目的地址对应的端口是同一端口,网桥认为这是一个网络内部的通信,会丢弃数据帧。

(2) 如果源地址和目的地址对应的端口号不同,网桥就只向目的地址对应的端口转发数据帧。

(3) 如果读取的目的地址在桥接表中没有相应的记录,网桥为了能够将数据送达接收站,将向除接收端口外的所有端口广播数据帧。

3. 网桥的类型

网桥的类型较多,但大都可以归纳为 IEEE 802 委员会制定的两种网桥类型:透明网桥(transparent bridge)和源路由网桥(source routing bridge)。

1) 透明网桥

透明网桥(也叫自学习网桥)在内部有一个记录了网桥各端口所接网络站点地址的数据库,即桥接表,上述网桥的原理就是透明桥的原理。

之所以叫透明网桥,是因为网桥对网上计算机完全透明。透明网桥的主要优点是安装和管理十分方便,且与目前的 IEEE 802 产品兼容,缺点是功能较简单,只能决定数据是转发还是丢弃,不能选择最佳路径。

2) 源路由网桥

源路由网桥与透明网桥不同,它没有所连接网段上站点信息的桥接表,而是根据数据帧里包含的路由信息来转送信息的。通常源路由网桥适用于令牌环网。

在源路由网络上,路由信息是由源站点放在数据包里的,一个站点在同另一个站点通信之前,必须先寻找到通向目的站点的路径。源站点首先向全网广播一个探测数据包,当该数据包经过每一个源路由网桥时,网桥会将路由信息放入该数据包中。这样,当这个数据包到达目的站点时,其内部就包含了一张它所经过的所有网段和网桥的表,有时称这样的表为“地图”。目的站点会使这个探测数据包按原路返回,当源站点重新收到它发出的探测包后,从这个包内就会找到一条到达目的站点的完整路径。

当探测到一条通向目的地站点的路径后,源站点会把相应的路由信息放入所有发向该目的站点的数据包中,中间各网桥再依据包中的路由信息将数据向前传递。

由于网络的复杂性,从一个站点到另一个站点的路径可能不只有一条,这时源站点可以从得到的几条不同路径中按照某一准则选择一条,从而实现最佳路径选择,更好地平衡网络负载,提高网络性能。

4. 生成树算法

1) 循环连接

在比较复杂的网络互联环境中,有可能出现类似图 3-21 的循环连接(回路)情况,一旦出现,循环连接将导致网桥循环转发一个数据帧,严重降低网络性能。

在图 3-21 中,假设地址为 101 的主机 A 向地址是 202 的主机 D 发送一个数据帧 F,网桥 1 和网桥 2 都在自己的 1 号端口(代表局域网 1)收到这个数据帧,并且都在自己的地址表里做了记录:101 是来自自己的端口 1。因为桥接表中原来没有主机 D 的地址,所以网桥 1 和网桥 2 都用广播的方法将数据帧发送给局域网 2,网桥 1 发送的数据帧被网

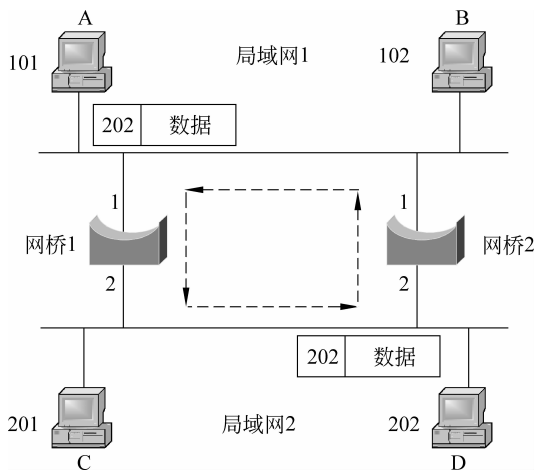
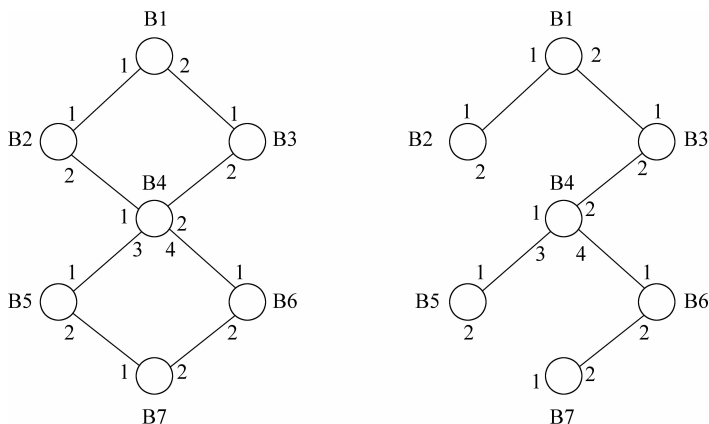


图 3-21 网桥循环连接

桥 2 接收,于是,网桥 2 认为数据帧 F 的源地址 101 来自 2 号端口(局域网 2,这是最关键的一个错误),于是修改桥接表。同样,网桥 2 发送的数据帧也被网桥 1 收到,网桥 1 也将桥接表中 101 的地址修改为端口 2;接下来,网桥 1 和网桥 2 还是没有找到主机 D 的地址,于是又向局域网 1 广播……如此下去,F 帧在网络中无限循环,网桥中的桥接表也不断地循环更新,一会儿是 101 来自端口 1,一会儿又指明 101 来自端口 2。若恰好某个时刻,两个网桥都指明 101 来自端口 2,而局域网 2 中的主机 C 发送一个数据帧给主机 A,数据帧到达网桥后,网桥认为主机 A 的地址 101 在局域网 2 中,于是将这个数据帧丢弃。由此可见,网桥循环连接将严重影响网络的工作,必须加以避免。

2) 生成树算法

解决循环连接问题采用的方法是生成树算法(spanning tree),下面结合图 3-22(a)所示的网桥循环连接,介绍生成树算法是如何解开这个回路的。



(a) 多个网桥形成回路

(b) 解开回路后的网络连接

图 3-22 生成树算法