

第 3 章 计算机网络的硬件组成

【情境描述】 计算机网络的硬件组成包括网络传输介质(双绞线、同轴电缆、光纤及无线传输介质等)、网络设备(交换机、路由器、网卡等)等。而究竟需要哪些硬件设备则取决于网络的逻辑构型,即网络拓扑结构。组建局域网最基本的技能是制作双绞线,那么如何制作双绞线呢? 计算机或网络设备出现故障后如何检测和排除故障呢?

3.1 计算机网络的拓扑结构

3.1.1 计算机网络的拓扑结构概述

计算机网络的拓扑结构是指一个网络的通信链路和节点构成的几何布局,它是从图论演变过来的。拓扑学首先把实体抽象为与其大小、形状无关的“点”,并将连接实体的线路抽象为“线”,进而研究点、线、面之间的关系。

计算机网络通过网络中的各个节点与通信线路之间的几何关系来表示网络结构,拓扑结构主要是指构成计算机网络的通信设备(节点)通过传输介质(连线)连接而成的拓扑图。因此,网络拓扑结构对整个网络设计、网络性能、系统可靠性与通信费用等有着比较重要的影响。

网络拓扑结构主要有总线拓扑结构、星状拓扑结构、环状拓扑结构,以及由这些基本结构混合而成的树状拓扑结构、网状拓扑结构等。

3.1.2 几种典型网络拓扑结构

1. 总线拓扑结构

在总线拓扑结构中,所有端用户采用同一媒介连接。这样所有的站点都通过相应的硬件接口直接连接到传输介质(总线)上。如图 3-1 所示,任何一台设备可以在不影响系统中其他设备工作的情况下与总线断开。

1) 总线拓扑结构的主要特点

(1) 所有的节点都通过网络适配器直接连接到一条作为公共传输介质的总线上,总线可以是同轴电缆、双绞线或者光纤。

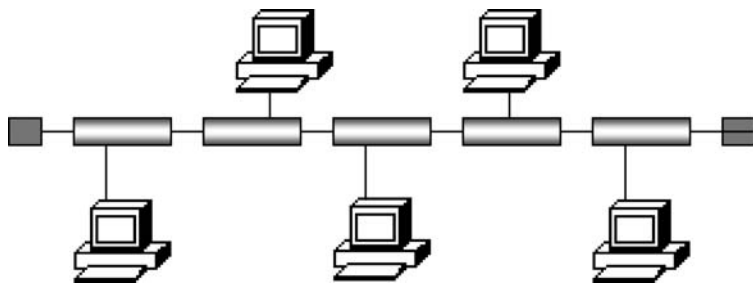


图 3-1 总线拓扑结构

(2) 任何一个站点发送的信号都将沿着总线(介质)广播,而且都能被其他所有站点接收,但在同一时间内,只允许一个站点发送数据。

(3) 由于总线作为公共传输介质被多个节点共享,就有可能出现同一时刻有两个或两个以上节点利用总线发送数据的情况,因此会出现“冲突”,从而造成本次数据传输失败。

2) 总线拓扑结构的优点

- (1) 电缆长度短,成本低且易于布线和维护。
- (2) 用户入网灵活、站点或某个端用户失效不影响其他站点或端用户通信。
- (3) 结构简单。
- (4) 可靠性较高。

3) 总线拓扑结构的缺点

(1) 总线拓扑结构的网络不是集中控制的,所以故障检测需要在网上的各个站点上进行。

(2) 在扩展总线的干线长度时,需重新配置中继器、剪裁电缆、调整终端器等。

(3) 一次仅允许一个端用户发送数据,其他端用户要发送数据则必须等待获得发送权,在节点多重负荷下,传输效率低。

(4) 便于数据有序传输而制定的介质访问控制方式,在一定程度上增加了站点的硬件和软件费用。

2. 星状拓扑结构

在星状拓扑结构中存在一个中央节点,星状拓扑结构中的每个节点都要用一条专用线路与中央节点连接,从而构成一条点到点连接。星状拓扑结构的基本特征是由一台设备作为中央节点(如 hub) 集结着来自其他各从属节点的连线。它属于一种集中式的从属结构。从属节点一般由计算机或网络打印机等担任,如图 3-2 所示。

中央节点一般是集线器或交换机,它是整个网络的通信控制中心,负责向目的节点传送数据包,任何两个节点之间的通信都要通过中央节点转接,所以对整个系统的通信控制技术非常简单。

1) 星状拓扑结构的主要特点

(1) 在星状拓扑结构中,任何节点都通过点到点的通信线路与控制全网的中央节点

连接。

(2) 星状拓扑结构易于实现,便于管理。

(3) 网络的中央节点是全网可靠性的瓶颈,中央节点的故障可能造成全网瘫痪。

2) 星状拓扑结构的优点

(1) 利用中央节点可方便地提供服务和重新配置网络。

(2) 单个连接点的故障只影响一个设备,不会影响全网,容易检测和隔离故障,便于维护。

(3) 任何一个连接只涉及中央节点和一个站点,因此控制介质访问的方法很简单,从而访问协议也十分简单。

3) 星状拓扑结构的缺点

(1) 每个节点直接与中央节点相连,需要大量电缆。

(2) 一旦中央节点产生故障,则全网不能工作,所以对中央节点的可靠性和冗余度要求很高。

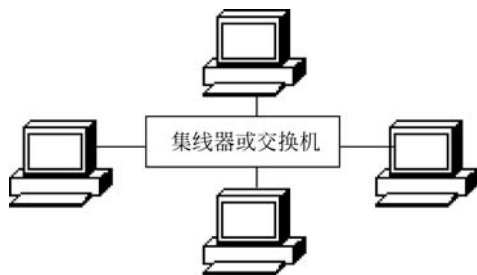


图 3-2 星状拓扑结构

3. 环状拓扑结构

顾名思义,环状拓扑结构是“环状”的,它是由连接成封闭回路的网络节点组成的,每一节点仅与它左右相邻的节点连接。环状网络的一个典型代表是令牌环局域网,其拓扑结构如图 3-3 所示。

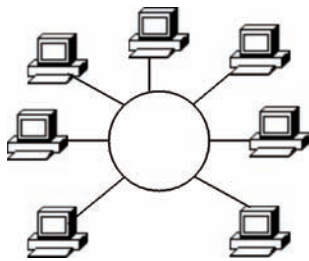


图 3-3 环状拓扑结构

1) 环状拓扑结构的主要特点

(1) 在环状拓扑结构中,节点通过点对点通信线路连接成闭合环路。

(2) 环中数据沿一个方向逐站传送。

(3) 传输延时确定。

(4) 环中每个节点与通信线路都会成为网络可靠性的瓶颈,环中任何一个节点出现故障,都可能造成网络瘫痪。

2) 环状拓扑结构的优点

(1) 由于两个节点间只有唯一的通路,因此大大简化了路径选择的控制。

(2) 网络中所需的电缆短,不需要接线盒,价格便宜。

(3) 扩充方便,增减节点容易。

3) 环状拓扑结构的缺点

(1) 由于环中传输的任何报文都必须经过所有节点,因此如果环的某一点断开,则环中所有端点间的通信便会终止。

(2) 为保证环的正常工作,需要较复杂的环境维护处理,环节点的加入和撤出过程都比较复杂。

3.2 传输介质

传输介质是网络中信息传输的媒体,是网络通信的物质基础之一。传输介质的性能和特点对传输速率、通信距离、可连接的网络节点数目和数据传输的可靠性均有很大的影响。根据不同的通信要求,必须合理地选择传输介质。在网络中常用的传输介质有双绞线、同轴电缆、光纤和无线电等。

3.2.1 双绞线

双绞线是最常用的传输介质,它是由两根绝缘的铜导线用规则的方法绞合而成。通常把若干对双绞线(2对或4对)捆成一条电缆并以坚韧的护套包裹着,如图3-4所示,以减小各对导线间的电磁干扰。每根铜导线的绝缘层上分别涂有不同的颜色,即橙白、橙、绿白、绿、蓝白、蓝、棕白和棕色,以便于用户区分不同的线对。双绞线绞合的目的是减少信号在传输中的串扰及电磁干扰。双绞线常用于模拟语音信号或数字信号的传输。

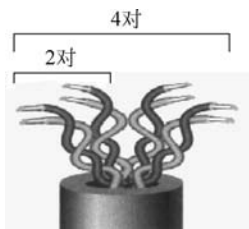


图 3-4 双绞线

1. 双绞线的分类

双绞线是网络中最常用的传输介质,尤其在局域网方面。

根据屏蔽类型,双绞线分为非屏蔽双绞线(UTP)和屏蔽双绞线(STP)两大类。

(1) 非屏蔽双绞线。该类双绞线的外面只有一层绝缘胶皮,因而重量轻、易弯曲、安装和组网灵活,比较适用于结构化布线。在无特殊要求的小型局域网中,尤其在星状网络拓扑结构中,常使用这种双绞线电缆,如图3-5所示。

(2) 屏蔽双绞线。屏蔽双绞线的最大特点在封装在其中的双绞线与外层绝缘皮之间有一层金属材料,如图3-6所示。这种结构能减少辐射,防止信息被窃听,同时还具有较高的数据传输速率。如5类屏蔽双绞线在100m内传输速率可达到155Mb/s,而同样条件下非屏蔽双绞线的传输速率只能达到100Mb/s。但由于屏蔽双绞线的价格相对较高,安装相对困难,且必须采用特殊的连接器,技术要求也比非屏蔽双绞线高,因此屏蔽双绞线只使用在大型的局域网环境中。



图 3-5 非屏蔽双绞线

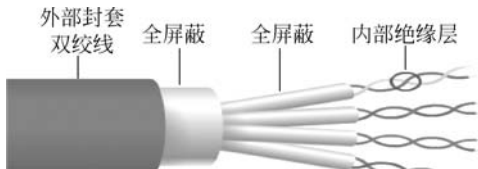


图 3-6 屏蔽双绞线

根据传输数据的特点,双绞线又可分为 3 类、4 类、5 类、超 5 类、6 类、超 6 类和 7 类等类别。其特点及用途如表 3-1 所示。

表 3-1 双绞线性能和用途

类别	最高工作频率 /MHz	最高数据传输率/(Mb/s)	主要用途
3 类	15	10	适用于 10Mb/s 的网络
4 类	20	45	适用于 10Mb/s 的网络(一般不用)
5 类	100	100	适用于 10Mb/s 和 100Mb/s 的网络
超 5 类	200	155	适用于 10Mb/s、100Mb/s、1000Mb/s 的网络(4 对线可实现全双工通信)
6 类	250	1000	适用于传输速度高于 1Gb/s 的网络
超 6 类	300	1000	在抗干扰方面有所改善
7 类	600	10 000	适用于 10Gb/s 的网络

2. RJ-45 连接器

在网络组建过程中,双绞线的接线质量会直接影响到网络的整体性能。双绞线在各种设备之间的接法也非常有讲究,应按规范连接。下面主要介绍 8 针 RJ-45 连接器的标准接法及其与各种设备的连接方法,目的是使大家掌握规律,提高工作效率,保证网络正常运行。

1) 8 针 RJ-45 连接器标准接法

由于双绞线一般用于星状网络的布线,每条双绞线通过两端安装的 RJ-45 接头(俗称水晶头)将各种网络设备连接起来。双绞线的标准接法不是随便规定的,必须符合 EIA/TIA 568B 标准或 EIA/TIA 568A 标准,如图 3-7 所示。

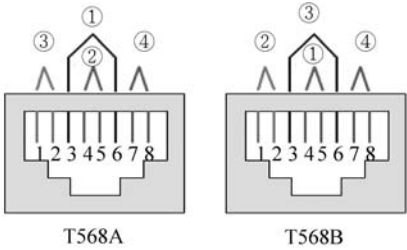


图 3-7 RJ-45 连接器标准

(1) EIA/TIA 568A 标准线序如下。

1 2 3 4 5 6 7 8
绿白 绿 橙白 蓝 蓝白 橙 棕白 棕

(2) EIA/TIA 568B 标准线序如下。

1 2 3 4 5 6 7 8
橙白 橙 绿白 蓝 蓝白 绿 棕白 棕

2) 直通线与交叉线

(1) 直通线: 两端都按 T568B 标准线序连接或两端都按 T568A 标准线序连接。

(2) 交叉线: 一端按 T568A 标准线序连接,另一端按 T568B 标准线序连接。

在制作网线时,如果不按标准连接,虽然有时线路也能接通,但是线路内部各线对之

间的干扰不能有效消除,从而导致信号传输时误码率增高,最终影响到网络整体性能。只有按规范标准布线,才能保证网络的正常运行,也会给后期的维护工作带来便利。

3.2.2 同轴电缆

同轴电缆也是一种常见的网络传输介质。它由一层网状导体和一根位于中心轴线位置的铜质导线组成,铜质导线、网状导体和外界之间分别用绝缘材料隔开,如图 3-8 所示。

由于同轴电缆具有较强的抗干扰能力、屏蔽性能好等特点,因此在中小型局域网常用于总线拓扑结构设备与设备之间的连接中。

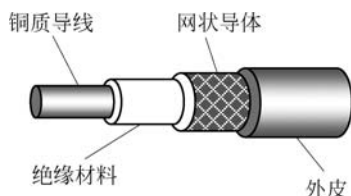


图 3-8 同轴电缆

1. 同轴电缆的结构

从图 3-8 可知,同轴电缆的结构分为四部分,各部分的作用如下。

- (1) 铜质导线: 同轴电缆的中心导线应是多芯或单芯铜质导线,是信号传输的信道。
- (2) 绝缘材料: 隔离铜质导线和网状导体,目的是避免短路。
- (3) 网状导体: 环绕铜质导线的一层金属网,作为接地线使用。在网络信息传输过程中,可用作铜质导线的参考电压。
- (4) 外皮: 用于保护网线免受外界干扰,并预防网线在不良环境中受到氧化或其他损坏。

2. 同轴电缆的分类

1) 按带宽和用途划分

同轴电缆可分为基带和宽带两种。基带同轴电缆传输的是数字信号,在传输过程中,信号将占用整个信道。即在同一时间内,基带同轴电缆仅能传送一种信号。宽带同轴电缆传送的是不同频率的模拟信号,这些信号需要通过调制技术调制到各自不同的正弦载波频率上。传送时应用频分多路复用技术将信道分成多个传送频道,在同一时间内,如数据、声音和图像等在不同的频道中被传送。

2) 按直径划分

按直径划分,同轴电缆可分为粗缆和细缆两种。粗缆适用于较大的局域网的布线,它的布线距离较长,具有较好可靠性和较强的网络抗干扰能力,安装时需要采用特殊的装置(收发器),不用切断电缆,两端头装有终端器,故网络安装、维护和扩展比较困难,并且造价较高。细缆常在总线型网络中出现,常采用 BNC/T 型接头。细缆直径较小、易弯曲,安装较易、造价较低且具有较强的抗干扰能力。但由于网络中电缆系统的断点太多,如果一个用户出现故障,常常会影响其他用户的正常工作,从而影响网络系统的可靠性。

3) 按特性电阻值划分

按特性电阻值划分,可将同轴电缆分为 50Ω 和 75Ω 两种。 50Ω 同轴电缆常用于计算机网络中,主要用来传输数字信号;而 75Ω 同轴电缆常作为 CATV 系统中的标准传输电缆,主要传输模拟信号。

3.2.3 光纤

从 20 世纪 70 年代到现在,通信技术和计算机技术都得以飞速发展,计算机的运行速度大约每 10 年提高 10 倍。但在通信领域里,信息的传输速率则提高得更快,从 20 世纪 70 年代的 56Kb/s 到现在的 1Gb/s 或几百 Gb/s (光纤通信),相当于每 10 年提高 100 倍乃至 1000 倍。因此光纤通信成为现代通信技术中的一个十分重要的领域。

光导纤维是一种细小柔软并能传导光线的介质,它由纤芯、包层和护套层组成。其中纤芯和包层由玻璃制成,护套层由塑料制成,其结构如图 3-9 所示。

1. 光纤通信的工作原理

光纤通信的主要组成部件有光收发器和光纤,如果用于长距离传输信号还需要中继器。光纤通信实际上是应用光学原理,由光收发器的发送部分产生光束,将表示数字代码的电信号转变成光信号后导入光纤传播,在光缆的另一端由光收发器的接收部分接收光纤上传输的光信号,再将其还原成为发送前的电信号,经解码后再处理。光纤通信系统中起主导作用的是光源、光纤和光收发器。从原理上讲,一条光纤不能进行信息的双向传输,如需进行双向通信时,须使用两条或多条光纤,一条用于发送信息,另一条则用于接收信息。为了防止长距离传输而引起的光能衰减,在大容量、远距离的光纤通信中每隔一定距离需设置一个中继器,图 3-10 为光纤通信原理示意图。

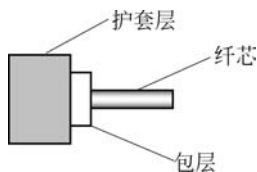


图 3-9 光纤

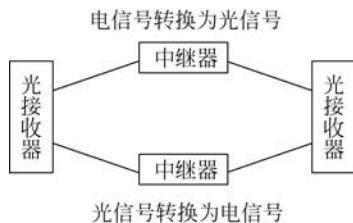


图 3-10 光纤通信原理示意图

2. 光纤的分类

光纤主要分为多模光纤和单模光纤两种类型,如图 3-11 所示。

1) 多模光纤

多模光纤采用发光二极管 LED 为光源,这样只要射到光纤表面的光线的入射角大于某一个临界角,就可产生全反射。由于其芯线粗,因此允许许多条不同角度入射的光线在

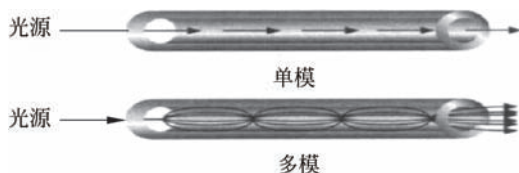


图 3-11 单模光纤和多模光纤

一条光纤中传输。

多模光纤的特点是传输速度低、容量小、传输距离短。但这种线缆成本较低,一般用于建筑物内或地理位置相邻的环境中。

2) 单模光纤

单模光纤采用激光二极管 LD 作为光源。由于其芯线较细,当光纤的直径减小到只有一个光的波长时,光纤就像一根波导一样,它可使光线一直向前传播,而不会产生多次反射。单模光纤的衰耗较小,在 2.5Gb/s 的高速率下可传输数十千米而不必采用中继器。

单模光纤的特点是传输频带宽、信息容量大,传输距离长(最长可达 10km),需要激光光源。由于成本高,所以常在建筑物之间或地域分散的环境中使用。

3. 光纤的优点与缺点

1) 光纤的优点

与铜质电缆相比,光纤具有以下优点。

(1) 传输信号的频带较宽,通信容量大,信号衰减小(在较长距离和范围内信号是一个常数),应用范围广。

(2) 电磁绝缘性能好,保密性好,数据不易被窃取。

(3) 中继器的间隔较大,因此可以减少整个通道中继器的数目,可降低成本。

(4) 抗化学腐蚀能力强,可用于一些特殊环境下的布线。

(5) 传输速率高,目前实际可达到的传输速率为几十 Mb/s 至几千 Mb/s。

2) 光纤的缺点

光纤也有缺点,主要表现在以下几方面。

(1) 光纤通信多用作计算机网络的主干线,光纤的最大问题是与其他传输介质相比价格昂贵。

(2) 光纤连接和光纤分支均较困难,而且在分支时,信号能量损失很大,故光纤的安装与维护需要专业人员才能完成。

3.2.4 无线传输

无线传输是指利用无线技术进行数据传输的一种方式。无线网络数据传输可以分为公网数据传输和专网数据传输。公网数据传输包括卫星通信、GRPS、2G、3G、4G、5G 等,

专网无线传输包括 Wi-Fi、ZigBee、蓝牙等。卫星通信适合远距离传输,ZigBee、蓝牙适用于近距离传输。

3.3 网络设备

通信子网由通信设备(网络设备)、通信线路(传输介质)组成,以完成网络数据传输、转发等通信处理任务。通过传输介质将计算机和网络设备连接成计算机网络,而为了实现更大范围的资源共享,就需要在网络与网络之间相互通信。人们把这种将网与网连接而构成的更大规模的网络称为网络互联。要实现网络互联,就需要网络设备,常用的网络设备有集线器、网桥、交换机、路由器、网关和网卡等。

3.3.1 集线器

集线器就是通常所说的 hub,英文 hub 就是中心的意思。像树的主干一样,它是各分支的汇集点。集线器通过对工作站进行集中管理,能够避免网络中出现问题的区段对整个网络正常运行的影响。

1. 集线器的功能

在网络中,集线器是一个共享设备,主要功能是对接收到的信号进行再生放大,以扩大网络的传输距离。依据 IEEE 802.3 协议,集线器功能是随机选出某一端口的设备,并让它独占全部带宽,与集线器的上联设备(交换机、路由器或服务器等)进行通信。

(1) 集线器只是一个多端口的信号放大设备。当一个端口接收到数据信号时,由于信号从源端口到集线器的传输过程中已有了衰减,所以集线器便将该信号进行整型放大,使被衰减的信号再生(恢复)到发送时的状态,紧接着转发到其他所有处于工作状态的端口上(广播)。以太网的每个时间片内只允许有一个节点占用公用通信信道而发送数据,所有端口共享带宽。

(2) 集线器只与它的上联设备(如上层集线器、交换机、路由器或服务器)进行通信,同层的各端口之间不直接进行通信,而是通过上联设备再通过集线器将信息广播到所有端口上。由此可见,即使是在同一集线器中两个不同的端口之间进行通信,都必须经过两步操作:①将信息上传到上联设备;②上联设备再将该信息广播到所有端口。

2. 集线器的分类

集线器有很多种分类方法。集线器可以按速度、配置形式、管理方式和端口数不同进行分类,如表 3-2 所示。在组网时,用户应根据网络中要连接的计算机和其他设备的数量选择合适的集线器,并留下一些扩展的余地。

表 3-2 集线器的分类

分类标准	类 型	用 途
RJ-45 端口数	8 口	集线器的端口数目,根据要连接的计算机的数目而定,如有 16 台 PC,最好购买 24 端口的集线器,以便扩展
	16 口	
	24 口	
速度	10Mb/s	目前已基本不用
	100Mb/s	适用于中小型的星状网络
	10M/100Mb/s 自适应	可工作在 10Mb/s 或 100Mb/s 速度下

3.3.2 网桥

网桥工作在数据链路层,是连接两个同构网络的设备,它具有两个端口,通过 MAC 地址来判别网络设备或计算机属于哪个网段。网桥提供了网络扩展和局域网互联的功能,也可以实现远程局域网和局域网之间的互联。网桥主要具有过滤、转发和学习功能。

现在组建网络时已很少用到 2 端口网桥,而是使用多端口网桥——交换机。

3.3.3 交换机

交换是一种在网络中连接多台主机、多个网段或多个局域网,实现高速并行连接通信的网络设备。

1. 工作原理简介

交换机是基于网络交换技术的产品,具有简单、低价、高性能和高端口密集的特点,体现了桥接技术的复杂交换技术,它工作在 ISO/OSI 参考模型的第 2 层(数据链路层)。它的任意两个端口之间都可以进行通信而不影响其他端口,每对端口都可以并发地进行通信而独占带宽,从而突破了共享式集线器同时只能有一对端口工作的限制,提高了整个网络的带宽,如图 3-12 所示。

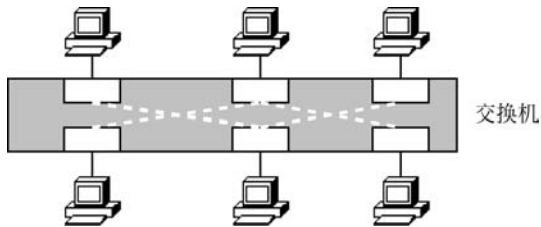


图 3-12 交换机的工作原理

网络中交换机的工作原理与电信局的电话交换机的原理相似。例如,在电话交换系统中,当一个电话用户需要与另一个电话用户通话时,拨打对方的电话号码,电信局的电话交换机收到电话号码后就会自动建立两个用户之间的连接,使通话只在这两个用户之