

第一章 智能建筑总论

智能建筑的概念

智能建筑 (Intelligent Buildings) 的概念是美国人最早提出的。1984 年 1 月美国康涅狄格 (CONNECTICUT) 州哈特福德 (HARTFORD) 市, 建成了世界上第一座智能化大厦 - City Place Building。该大楼采用计算机技术对楼内的空调、供水、防火、防盗及供配电系统等进行自动化综合管理, 并为大楼的用户提供语音、文字、数据等各类信息服务, 使客户真正感到舒适、方便和安全。随后日本、德国、英国、法国等西方国家的智能建筑相继发展。我国智能建筑的建设起始于 1990 年, 随着国民经济的发展和科学技术的进步, 人们对建筑物的功能要求越来越高, 尤其是随着国民经济信息化的发展和互联网技术的应用, 社会经济的各个环节都受益于信息网络, 智能建筑作为信息高速公路上一个节点, 90 年代中后期在我国形成建设高潮。互联网网络技术的发展和应用在改变人们工作、商务模式的同时, 也改变着人们居家生活的模式, 从而推动智能建筑技术的应用从商务办公大楼发展到住宅小区, 智能化住宅小区和智能大厦同属于智能建筑。

我国 2000 年 10 月正式实施的《智能建筑设计标准》GB/T50314-2000, 明确了智能建筑“是以建筑为平台, 兼备建筑设备、办公自动化及通信网络系统, 集结构、系统、服务、管理及它们之间的最优化组合, 向人们提供一个高效、舒适、便利、安全的建筑环境。”这个以国家标准形式对智能建筑的定义明确了智能建筑的内容及意义, 规范了智能建筑的概念, 符合智能建筑本身动态发展的特性。智能建筑是为适应现代社会信息化与经济国际化的需要而兴起, 是随计算机技术、通信技术和现代控制技术的发展和相互渗透而发展起来, 并将继续发展下去。

为了实现智能建筑定义中提出的高效、舒适、便利、安全的建筑环境, 就需要建筑物具有一定的建筑环境并设置智能化系统。其建筑环境一方面要适应 21 世纪绿色和环保的时代主题, 以绿色、环保、健康和节能为目标, 实现人与自然和谐的可持续发展, 另一方面还要满足智能化建筑特殊功能的要求, 适应智能化建筑动态发展的特点。其智能化系统是相对需求设置的。从安全性出发, 就需设置火灾自动报警与联动控制系统以及安全防范系统, 在安全防范系统中包括防盗报警系统、闭路电视监视系统、出入口控制系统、电梯群控系统、应急广播与应急照明系统等, 从而确保大楼内人员生命与财产的安全, 确保计算机网络中信息资源的安全; 考虑到舒适性与高效性, 需设置建筑设备监控系统, 实现对温度、湿度、照度及卫生度等环境指标的控制, 使人住者获得生理与心理两方面的舒适, 工作具有高效率与高创造力。通过对建筑物内大量机电设备的全面监控管理, 实现多种能量监管, 达到节能、高效和延长设备使用寿命的目的。考虑到工作上的高效性和便捷性, 需设置方便快捷和多样化的通信网络系统和办公自动化系统, 以创造一个迅速获取信息、加工信息的良好办公环境, 达到高效率工作的目的。因为建筑设备监控系统、安全防范系统和火灾自动报警系统按其功能均属于建筑设备自动化管理范畴,

所以按国际及国内习惯，将其概括为建筑设备自动化系统（BAS）。在我国智能建筑设计标准中对建筑设备自动化系统（BAS）的定义为：将建筑物或建筑群内的电力、照明、空调、给排水、防灾、保安、车库管理等设备或系统，以集中监视、控制和管理为目的，构成综合系统。因而，智能建筑中的智能化系统主要是由建筑设备自动化系统（BAS, Building Automation System）、通信网络系统（CNS, Communication Network System）和办公自动化系统（OAS, Office Automation System）三大子系统组成。

这三大子系统在智能建筑中并非独立堆砌，而是利用计算机网络和通信技术，在各系统间建立起有机的联系，把原来相对独立的资源、功能等集合到一个相互关联、协调和统一的完整系统之中，通过建筑物内所设的综合计算机网络管理系统对各子系统进行科学高效的综合管理，以实现信息综合、资源共享。这就是智能建筑中的系统集成。要实现系统集成，需要有一套标准的布线系统作为建筑物或建筑群内部之间的传输网络，它既使话音和数据通信设备、交换设备和其它信息管理系统彼此相连，又使这些设备与外部通信网络相连接，这就是综合布线系统。综合布线系统和公共通信网是实现智能建筑系统集成的桥梁。

由此可见，智能建筑是以综合布线系统为基础，以计算机网络为桥梁，综合配置建筑物内各功能子系统，全面实现对通信系统、办公自动化系统、大楼内各种设备（空调、供热、给排水、变配电、照明、电梯、消防、公共安全）的综合管理。

1.2 建筑智能化系统

1.2.1 建筑设备自动化系统

建筑设备自动化系统是采用计算机技术、自动控制技术和通信技术组成的高度自动化的综合管理系统，对建筑物中或建筑群中的电力供应、暖通空调、给排水、防灾、保安、停车场等设备或系统进行集中监视和统筹科学管理，综合协调、维护保养，保证机电设备高效运行，安全可靠，节能长寿，给用户提供一个安全、健康、舒适、温馨的生活环境与高效的工作环境。

2.1.1 建筑设备自动化系统的构成

建筑设备管理自动化系统的构成如图 1-1 所示。

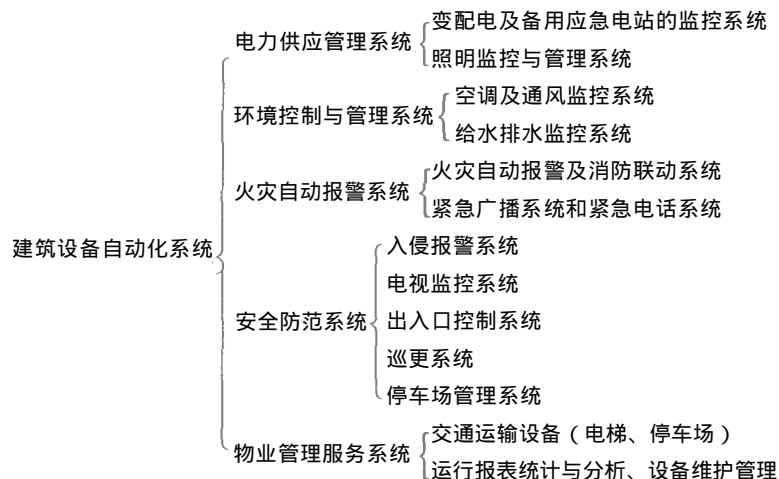


图 1-1 建筑设备管理自动化系统的构成

1.2.1.2 建筑设备自动化系统的功能

建筑设备自动化系统的功能主要体现在以下几点：

1) 以最优控制为中心的过程控制自动化

自动监视并控制各种机电设备的启/停 自动检测、显示、打印各种设备的运行参数及其变化趋势或历史数据 当参数超过正常范围时自动报警。对温度、湿度自动调节 使空调、照明及其它环境条件达到较佳和最佳的条件，使工作在智能建筑环境中的人无论是心理上还是生理上均感到舒适，从而大大提高工作效率。

2) 以可靠、经济为中心的能源管理自动化

在保证建筑物内环境舒适的前提下，提供可靠、经济的最佳能源供应方案。尽可能利用自然光和自然风来调节室内环境，以最大限度减少能源消耗。根据大楼实际负荷开启设备，避免设备长时间不间断的运行，从而达到节能的目的。

3) 以安全状态监视和灾害控制为中心的防灾自动化

提高建筑物及内部人员与设备的整体安全水平和灾害防御能力，提供可保护大楼内人员生命与财产安全的保安功能。另外安全保卫系统还要防止信息网络的泄漏和被干扰，防止信息、数据被破坏以及系统非法或不正确使用。

4) 以运行状态监视和计算为中心的设备管理自动化

及时提供设备运行情况的有关资料、报表 便于集中分析 及时进行故障处理 防止突发问题的贻误和恶化。按照设备运行累计时间打印维护保养报告，避免超前或延误维护，相应延长设备使用寿命。

1.2.2 办公自动化系统

办公自动化系统(OAS)利用先进的技术和设备提高办公效率和办公质量，改善办公条件，减轻劳动强度，实现管理和决策的科学化。办公自动化系统是以行为科学、管理科学、社会学、系统工程学、人机工程学为理论 结合计算机技术、通信技术、自动化技术等 不断使人的部分办公业务活动物化于于以外的各种设备中，并由这些设备与办公人员构成服务于某种目标的人机信息处理系统。即在办公室工作中，借助先进的办公设备取代人工进行办公业务处理、管理各类的信息，辅助领导决策。办公自动化的目的是尽可能充分地利用信息资源，最大限度地提高办公效率、办公质量 从而产生更高价值信息 提高管理和决策的科学化水平 实现办公业务科学化、自动化。

2.2.1 办公自动化系统的模式

办公自动化的模式有事务型、管理型和辅助决策型三种。其中事务型办公自动化系统由计算机软、硬件设备、基本办公设备、简单通信设备和处理事务的数据库组成。主要处理日常的办公操作 比如 文字处理、电子表格处理、文件收发登陆、电子文档管理、办公日程管理、人事管理、财务统计、报表处理、个人数据库等 是直接面向办公人员的。管理型办公系统是把事务型办公系统和综合信息(数据库)紧密结合的一种一体化的办公信息处理系统。综合数据库存放日常工作所必需的信息，供本单位的各个部门共享，以优化日常的工作，提高办公效率和质量。决策型办公自动化系统是在事务处理系统和信息管理系统的基礎上增加了决策或辅助决策功能的办公自动化系统。它不仅数据库的支持，还具有模型库和方法库，模型库是决策

支持系统的核心，其作用是提供各种模型供决策者使用，以寻求最佳方案，对决策者提供支持。

1.2.2.2 通用型办公自动化系统

根据各类建筑物的使用功能需求，办公自动化系统分为通用办公自动化系统和专用办公自动化系统。通用办公自动化系统内容主要包括对建筑物的物业管理营运信息及建筑物内的各类公众事务服务和管理。专业型办公自动化系统除具有通用型办公自动化系统的功能外，还应按其特定的业务需求，建立专用业务领域的办公自动化系统。例如，适用于工厂企业生产及销售管理的工厂企业办公自动化系统、适用于商品信息管理的商业型企业办公自动化系统等通用型办公自动化系统是建筑智能化系统设计内容的一部分，而专用型办公自动化系统的建设不在智能建筑基本建设范围里，但在智能建筑办公自动化系统设计时，应在信息环境设计中为其创造良好的基础条件

通用的办公自动化系统主要包括对建筑物内各类设施的资料管理、运行状况及维护进行管理的物业管理营运信息子系统、进行文字处理、文档管理等的办公管理子系统、对各类公共服务进行计费及人员管理的物业管理子系统、具有共用信息库，向建筑物内公众提供信息采集、装库、检索、查询、发布、导引等功能的信息服务子系统、能识别身份、门钥、信息系统密钥，并能进行各类计费的智能卡管理子系统以及电子会议系统等。

1.2.3 通信网络系统

智能建筑中的通信网络系统 (CNS)是楼内的语音、数据、图像传输的基础，它对来自建筑物或建筑群内外的各种信息予以接收、存贮、处理、交换、传输并提供决策支持的能力 同时与外部通信网络（如公用电话网、综合业务数字网、计算机互联网、数据通信网及卫星通信网等）相联 为建筑物或建筑群的拥有者 管理者 及建筑物内的各个使用者提供有效的信息服务 确保信息通畅。

智能建筑中通信网络系统主要包括采用金属对绞线接入、光纤接入、无线接入等接入网技术而设置的接入网设备、在提供已有的模拟通信环境的同时，还能向用户提供当前的数据通信 多媒体通信以及 ISDN 综合业务数字网要求的程控数字用户交换机、实现影像图像通信的有线电视与广播电视卫星系统、会议电视系统、公共广播系统及多功能会议系统等。根据实际需要，还可在建筑中设置移动通信中继收发通信设备和无绳电话系统等。

3 智能建筑的建筑环境

建筑是实施建筑智能化系统的平台 智能建筑要实现舒适、安全、方便、快捷的目标 从建筑环境的角度不仅要考虑建筑物的开间大小、室内布局、预留的容积率等，同时也要考虑适应 21 世纪绿色和环保的时代主题，以绿色、环保、健康和节能为目标，实现人与自然和谐的可持续发展。建筑可持续发展的重要内容之一是建筑节能与室内环保，建筑节能和室内环保需要新的设计、结构、材料、设备和控制手段 比如使用高科技环保型建材、充分利用自然资源（太阳能及自然光利用）、使用污水处理再利用技术、节约水资源、提供救生通道及换气保温通道、保护生存环境和人的健康等。另外建筑环境还应满足智能化建筑特殊功能的要求，必须有智能化系统的设置环境 比如配线管道、管井 的设置环境、系统主机房的设置环境等。智能化系统的设置环境要适应智能化建筑动态发展的特点，首先要具有足够的应变能力，能够在用户变

换 使用要求变动 技术升级引起的设备系统变更 乃至建筑内部配置的某些变动 都可以以最便捷的方式将系统调整到新的要求上。

智能化系统的设置环境包括系统机房（其中也包括综合布线系统所需的设备间、干线接线间）配线管道 管井 等设施。各系统的主机房可单设，也可综合设置。一般综合布线的设备间可设置在计算机主机房内，综合布线的设备间应距垂直电井的位置较近。这样不但可节省干线 而且给施工带来方便。对于垂直方向配线 大多是通过垂直管道并敷线 配线用空间 不论是在纵向上还是水平方向上，都要有足够的富裕度，特别是配线竖井，因为各个系统的干线都集中在这里，所以设计时其大小和位置设计时必须充分考虑。水平干线通道有多种选择，有线槽配线方式、线管配线和托架方式等。线槽配线方式就是在金属或塑料线槽中配线的方式，这种配线方式安装简单、配线容量大 但与吊顶通风管、给排水管道同装在吊顶里 引起净高降低。线管配线方式是将电线管预埋在楼板内，或在吊顶内明敷的配线方式，该方式施工简单，投资小，但配线容量小，扩充不易。托架方法是用天花板上的水平支撑架固定电缆托架，供水平电缆走线。

为适应现代办公的需要，在智能建筑中一般都采用开敞空间的设计，即采用大开间开放式的办公室，需要时采用灵活隔断，以适应灵活多变的使用功能。但在大开间的办公环境里计算机网络、电源、电话、以及其它电子设备连接电缆的布线管理问题便突出了出来。目前在开放式办公室布线管理通常采用以下几种方式。一种是高架地板方式，使用高架地板需在建筑设计时事先规划其建筑物的层高，因为高架地板通常安装高度为 30cm 左右，如果在普通层高的房间安装高架地板，使实际层高变小，容易使人产生压抑感。这种方式通常被用于专用的计算机房或工业控制机房环境。第二种是预埋金属管线方式。这种方式是在制作水泥地面时，预埋金属管线和预留出线口与过线口的方式。这种方式在目前大开间开放式办公室进行布线施工时经常采用。这种布线方式的优点是施工方便，投资小，它的缺点是不太灵活，不能满足配置能力的动态需要，如果想最大限度的满足最终用户的需要，就必须有足够多的管槽设计余量，但是这样会造成很大的浪费。第三种是采用地毯下安装扁平线缆的方式。它需要使用专门的扁平线缆和接插件，采用特殊的安装工具。这种方式在高速数据传输及与供电系统配合布线方面存在一定难度，且造价也高，因此目前很少采用。第四种是网络地板方式。网络地板是近年来集结构与配线于一体的新型材料。在网络地板中配线就叫做网络地板配线方式。这种地板具有结构设计的合理性、灵活性和先进性。在安装过程中，会自然形成网状的线槽，网状线缆槽提供了线缆组合结构化途径 每隔 50cm 有一条条状通路，线缆由安装在单面板或侧盖板的地板接线盒引出。这样可以方便灵活的设计布线系统的路由，也使安装线缆变得十分容易。用户可以在房间的任何位置，设计任何种类电子设备的出口，并可选择多种接口（如电源插座、数据与语音的接口模块等）与之相配合。当人员和电子设备增加或变换位置时，只需打开部分网络地板的盖板，变动或增加所需要的线缆，便可很快完成改变工作。因此，它不仅可满足现在办公室的需要，也可以满足未来的需要。另外，这种地板的高度仅有 4~5cm 不会象使用高架地板时使实际层高变小，而且电缆容量高。

第二章 计算机网络

计算机通信网络是智能建筑的基础。在智能建筑内部，借助于通信网络，使分散在建筑物中众多的事务管理计算机实现了资源共享，构成了办公自动化系统，为用户提供便捷、高效的办公环境；借助于控制网络，使分散在建筑物内部的不同类型的建筑设备和设施实现了综合自动化运行管理，为用户创造安全、节能、舒适的生活和工作环境。通过网络互联，使不同楼宇、不同地域的不同类型计算机网络连成一体，使不同网络上的用户能够互相通信和交换信息；借助于网络互联技术，使建筑物或建筑群中的办公自动化系统、通信自动化系统、设备自动化系统、安全防范自动化系统和消防报警系统有机的结合在一起，形成一个相互关联、协调统一的系统。本章主要介绍有关计算机网络方面的基本概念和基础知识。

2.1 计算机网络基础

2.1.1 计算机网络概述

计算机网络是将地理位置不同且具有独立功能的多个计算机，通过通信设备和线路连接起来，由功能完善的网络软件（网络协议、信息交换方式、控制程序和网络操作系统）实现网络资源（硬件、软件、信息）的共享。

计算机网络的构成如图 2-1 所示。图中方框中表示计算机设备，又称主机（Host），它可以带有几个终端，也可以是微型计算机、小型机等，带有可供用户访问的数据库；圆圈表示主机和通信介质之间的接口，又称为节点（Node）；连接节点的线段称为通信链路。通常，把节点和通信链路的集合

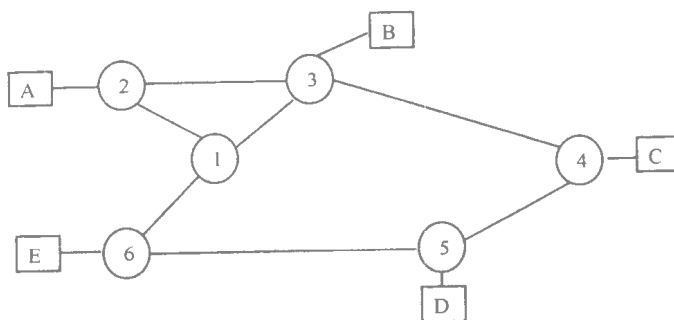


图 2-1 计算机网络构成

统称为通信子网，而主机、终端、终端控制器等的集合统称为资源子网。其中终端控制器对一组终端加以控制，可以接主机，也可以直接接到节点。用户通过终端访问网络。

通信子网可分为两类，一类为点对点子网，又称存储转发子网；另一类为广播子网，又称为多点共享子网。在点对点子网中，每一条通信链路只连接一对节点，如果不是接在同一条链路上的两个节点之间要通信，必须通过其它节点间接进行，这些中间节点往往先将信息接收下来，经过一段时间的存储之后，再转发到其它链路，因此，又称为存储转发子网。点对点子网的连接形式有多种，主要有星型连接、环型连接、树型连接等，如图 2-2 所示。

广播子网的特点是所有节点共享单一的通信媒体，任何一个节点发出的信息都能直接被所有节点收到，而不需经过中间节点的转接。广播子网可以采用无线的传播方式，也可以采用

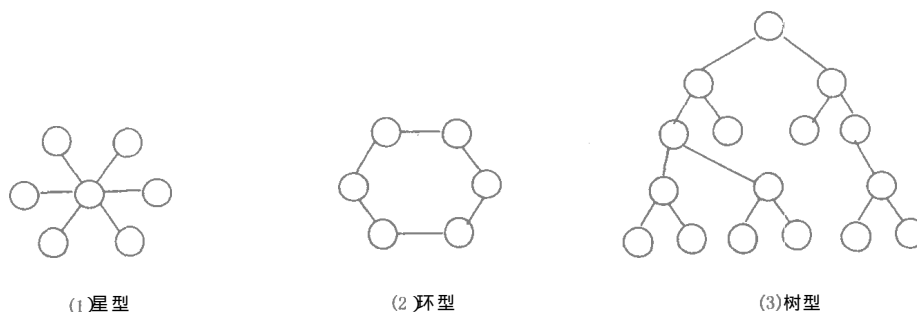


图 2-2 点对点子网

有线的传播方式。在计算机网络中，尤其是在局部网络领域，有两种有线广播子网占有很重要的地位，它们是总线网和环形网，如图 2-3 所示。

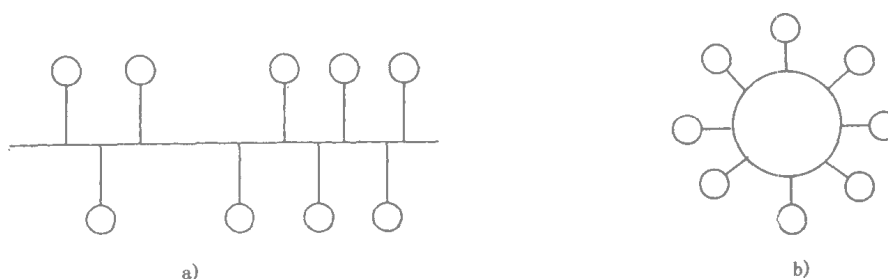


图 2-3 广播子网

a)总线网;b)环形网

计算机网络按其所覆盖的范围大小可分为广域网（远程网）、局域网和分布式多处理机系统三类。其中，远程网的地理范围通常在数公里以上；局域网通常在几米至几公里范围内；而分布式多处理机则局限于几米以内，多用于控制系统。

在智能建筑中，主要使用局域网。局域网常见的拓扑结构有三种：星型拓扑（star topology）、环型拓扑（ring topology）、总线拓扑（bus topology）如图 2-4 所示。

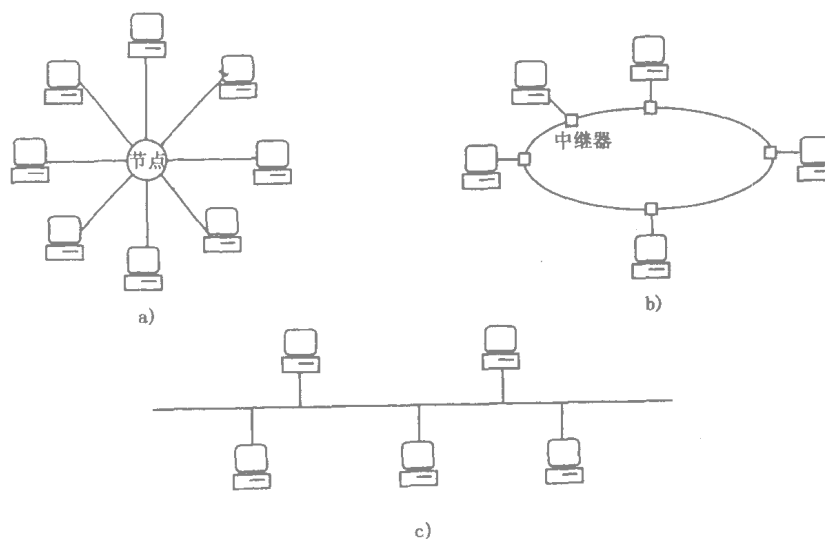


图 2-4 常见网络拓扑结构

a)星型拓扑;b)环型拓扑;c)总线拓扑

2.1.2 数据通信基础

2.1.2.1 数据通信的基本概念

数据通信是指通过数据通信系统将数据以某种信号方式从一处安全地、可靠地传送到另一处。数据通信包括数据传送和数据在传输前后地处理。

通信的目的在于传输信息，通常将信息的实体定义为数据，它有数字数据和模拟数据两种。例如计算机内部传送的二进制数据序列为数字数据，而图像、声音、温度、压力等为模拟数据。

信号是数据的表示形式，它使数据能以适当的形式在介质上传输。信号有模拟信号和数据信号两种基本形式。模拟信号是在一定的数值范围内可以连续取值的信号，其变化是连续的。如某些物理量的测量结果。数字信号是一种离散的脉冲序列，如数字计算机的输出、数字仪表的测量结果等。任何信号所能传输的信号频率都有一定的范围，被称为信道的带宽。传输速率是描述一个信道的传输信号能力的指标，它是以信道每秒钟所能传送的二进制位为单位，记作位/秒或比特/秒 (bit/s 或 bps)。

数据传输是指用电信号把数据从发送端传送到接收端，传输信道为数据信号从发送端传送到接收端提供了电通路。传输信道可以由同轴电缆、光纤、双绞线等构成的有线线路，也可以由微波、红外线、卫星中继等构成的无线线路，还可能由有线线路和无线线路的结合。

模拟数据和数字数据都可以用模拟信号和数字信号来表示，也可以用这两种形式来传送，所以信息的传送有四种组合。

(1) 模拟数据的模拟信号传送

一般来说，模拟数据是时间上的连续函数，并且占有一定的频谱范围，这种数据可以直接用占有相同频谱的电信号来表示，典型的例子是声音在普通电话线路中传输。

(2) 模拟数据的数字信号传送

典型的例子是声音或图像通过脉冲编码变成数字信号的传送。在计算机控制系统中，将被控对象的过程信息通过模拟/数据转换接口转换成数字编码，经过网络传输到操作站或监控计算机。

(3) 数字数据的模拟信号传送

数字数据的模拟信号传送即用数字信息对载波信号进行调制，使数字数据能与模拟信道的特性相匹配，以便在模拟信道上传输。在计算机网络中，把数字数据调制成模拟信号后发送，或者反过来，对接收到的模拟信号进行解调，还原成数字信息。这样的装置被称为调制解调器 (MODEM)。数字数据的模拟信号传送是目前计算机网络采用的主要传输方式之一。图 2-5 为数字数据的模拟信号传送原理。

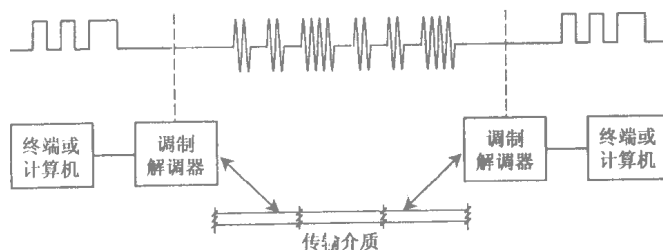


图 2-5 数字数据的模拟信号传送

(4)数字数据的数字信号传送

数字数据可直接表示成数字信号传输。计算机的输出通常为数字数据的数字信号形式，它以一定的编码方式经并行或串行总线传送，编码的目的是实现误码检测和同步，以保证传送的可靠性。由于数字信号实际上占有一定的频率范围，它所占用的频率范围称为基本频带，简称为基带，这种未经调制的数字信号被称基带信号，用它直接传输的网络称为基带网。

2.1.2.2 数据通信方式

数字数据通信按数据传输方向可分为单工通信、半双工通信和全双工通信。按同步方式分，又可分为异步通信和同步通信。

单工通信时，发送端和接收端之间只有一个传输通道，数据只能沿单一方向进行发送和接收如图 2-6a)所示。为了保证数据的正确接收，提供是否重发的信息，还要一个反向的应答信道。如计算机和输出设备(打印机、显示器、计算机控制系统中的执行器)之间的通信为单工通信。

半双工通信时，通信双方可交替发送和接收数据，但不能同时发送和接收。如图 2-6b)。

全双工通信时，设备之间有两个传输通道，数据可沿着两个方向同时传送，如图 2-6c)。

数据通信按通信双方使用的同步方式的不同分为异步通信和同步通信两种传输方式。

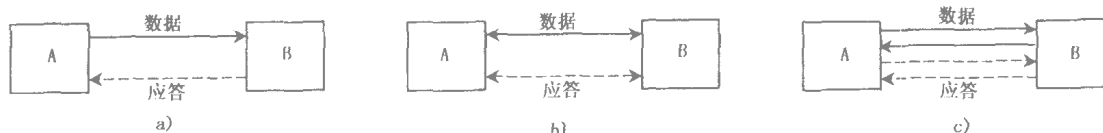


图 2-6 单工通信和双工通信

a) 单工; b) 半双工; c) 全双工

异步通信 (Asynchronous Communication) 在一个字符的前后分别插入起止位如图 2-7a)所示。起始位“0”表示一个字符的开始，其后的若干位表示字符本身，停止位“1”表示该字符结束，不传送字符时连续送“1”。接收端的接收器根据“1”到“0”的跳变识别起始位，确定有新的字符发送时，启动定时机构，并且根据双方已约定的每一位持续时间(收发两端采用相同的传输速率)，使接收端时标与发送端时标同步，接收端一旦接收到停止位，就使定时机构复位，准备接收下一个字符代码。并且在下一个字符起始位重新同步。

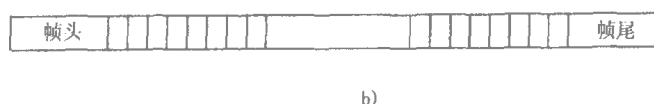
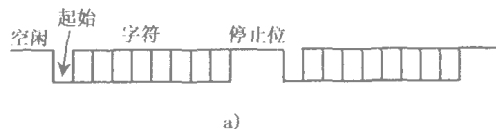


图 2-7 异步通信和同步通信

a) 异步通信; b) 同步通信

同步通信 (Synchronous Communication) 是比异步通信更有效的通信方式，它成块地传送字符或比特流。在数据块的前后分别加上前、后同步控制和校验字段(分别被称为帧头和帧尾)形成一个数据帧传送，使接收端能了解数据块的起始和结束如图 2-7b)所示。

2.1.2.3 数据通信的基本技术

数据通信的基本技术包括数字调制及编码技术、多路复用技术、信息交换技术、网络访问

的控制存取技术、差错控制技术等 这些技术是计算机网络正确、无错、有效传送的基础。

1) 数字调制及编码技术

数据编码是将数据表示成适当的信号形式，以便于数据的传输和处理。在数字数据传输系统中，主要采用如下两种数据编码技术：

(1) 数字数据的模拟信号编码

数字数据的模拟信号编码是将数字数据调制成模拟信号进行传输。常用的调制方式分为调幅、调相、调频三种。在通信中分别称为幅移键控 Amplitude Shift Keying, ASK)、频移键控 Frequency Shift Keying, FSK)、相移键控 (Phase Shift Keying, PSK)。三种基本调制方式见图 2-8。

幅移键控是用载波频率的两个不同振幅来表示两个二进制数据，如图 2-8a)。在有些情况下，用振幅恒定载波的存在与否来表示两个二进制值。ASK 方式容易受增益变化的影响，是一种效益较低的调制技术。

频移键控是用载波频率附近的两个不同频率来表示两个二进制数据，如图 2-8b)。这种调制方式不易受干扰的影响，比幅移键控 (ASK) 方式的编码效率高。

相移键控 (PSK)是用载波频率信号的相位移动来表示两个二进制数据，在如图 2-8c) 中，信号相位与前面信号串同相位的表示“0”，信号相位与前面信号串反相位的表示“1”。这种调制方式不易受干扰的影响，比幅移键控 (ASK) 方式的编码效率高。

这些基本调制方式也可以组合起来使用，常见的组合是 PSK 和 FSK 方式的组合及 PSK 和 ASK 方式的组合。

(2) 数字数据的数字信号编码

a. 不归零制编码 (Non-Return Zero, NRZ)

在不归零制编码中，用正电压表示二进制数据“1”，用负电压表示二进制数据“0”并且在表示一个二进制数据位 (码元) 时，电压均不需要回到零，因此被称为不归零码 (NRZ 码)。不归零制编码是一种全宽码，即一位码元占一位单位脉冲的宽度。它的优点是每个脉冲宽度越大，发送信号的能量越大，这有利于提高接收端的信噪比。另外，由于脉冲时间宽度与传输带宽成反比，即不归零制编码在信道上占用较窄的频带，并且在频谱中包含了码位的速度。但是，不归零制编码当出现连续的“0”或“1”时，难以分辨一位的结束和另一位开始。其次会产生直流分量的积累问题，这将会导致信号的失真和畸变，使传输的可靠性降低，并且由于直流分量的存在，使得无法使用一些交流耦合的线路和设备。因此，过去大多数传输系统都不采用不归零制编码形式。近几年，由于高速网络技术的发展，要求在高速网络中尽量降低信号的传输带宽，以利于提高传输可靠性和降低对传输介质的带宽要求，不归零制编码受到人们关注，在 FDDI、100BASE-T、100VG-AnyLan 等高速网络中都采用了不归零制编码。

b. 曼彻斯特 (Manchester) 编码

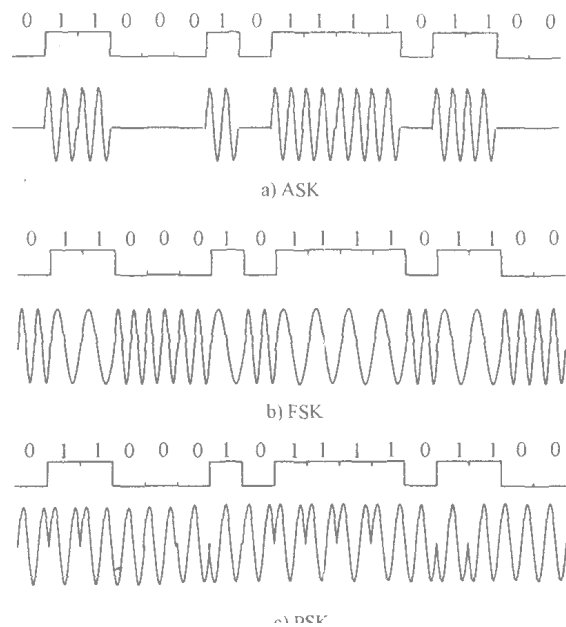


图 2-8 基本调制方式

在曼彻斯特编码中，用电压跳变的相位不同来区分二进制数“0”和“1”用正跳变表示二进制数“0”，用负跳变表示二进制数“1”，这种编码又称为相位编码。由于跳变都发生在每一个码元的中间，接收端可以方便地利用它作为位同步时钟，因此，这种编码也称为自同步编码。在以太网（Ethernet）中采用的是曼彻斯特编码。

c. 差分曼彻斯特（Differential Manchester）编码

差分曼彻斯特编码是曼彻斯特编码的一种修改形式。不同之处在于每位的中间跳变只用作同步时钟信号，而“0”和“1”的取值判断是用位的起始处有无跳变来表示，若有跳变则为“0”，若无跳变则为“1”，它的特点是每一位都是用不同电平的两个半位来表示，因而始终能保持直流平衡。这种编码也是一种自同步编码。在令牌环网（Token-Ring）中采用的是差分曼彻斯特编码。

三种编码方式如图 2-9 所示。

2) 多路复用技术

复用是计算机网络的基本概念，它允许多个信源在一个共享的通信通道上同时发送数据到多个接收端。无论是局域网还是广域网，传输介质的带宽一般都大于传输单一信号所需的带宽。为了有效地利用传输系统，通常采用多路复用技术，同时携带多路信号高效率地使用传输介质。目前，多路复用技术主要有频分多路复用技术（Frequency Division Multiplexing, FDM）、时分多路复用技术（Time Division Multiplexing, TDM）、码分多路复用技术（Code Division Multiplexing, CDM）等。

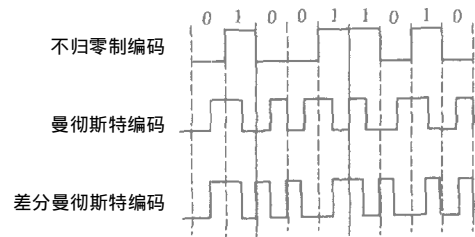


图 2-9 常用数字信号编码

FDM 是电话线路通信和宽带网常用的形式，即使用几种不同的载波频率调制多路信号，每一个载波信号形成一个子信道，每一条信道占有一定的带宽，互不重叠，且有一定频段间隔，如图 2-10。当携带多路信号的载波通过传输介质传送到另一端的多路复用器后，再解调成单路信号，输出到各自对应的输出线上。

TDM 是基带网常用的形式。实际上，大多数计算机局域网使用某种形式的 TDM。在 TDM 中，各个发送源轮流使用共享的传输介质，它将传输线的使用时间划分成若干个周期，每一周期再划分成与信道数 N 相对应 N 个时间片，每一时间片中传输对应于序号的信号，如图 2-11 所示。规定传送一个数据单元所需的时间为一个时间片，每个输入每次传送一个数据单元，如图 2-11 中 4 个时间片便可将 4 个输入轮流输入一次，这 4 个时间片便构成了一帧。对于某个 TDM，帧长是固定的，即帧所具有的时间片的个数等于输入的个数。与 FDM 类似，专用于某一特定信号源的时间片称为它的信道。

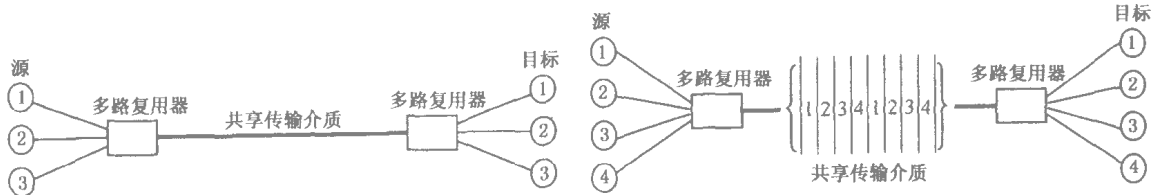


图 2-10 FDM 原理示意图 图 2-11 TDM 原理示意图

TDM 又分为同步 TDM 和异步 TDM。图 2-11 所示的为同步 TDM，它的每个时间片的长度固定且预先指定，因而从各个信号源的发送定时是同步的。在异步 TDM 中，时间片是按需动

态分配的，即输入有数据时才分配时间片，而且时间片与输入之间没有一一对应的关系，任何一个时间片都可以被用于传输任意一路输入信号。异步 TDM 又称为统计 TDM (STDM)。

码分多路复用 (CDM) 技术用于无线通信领域，在本书中不作介绍。

在此要注意区分传输介质和信道的概念，传输介质是指传输信号的物理实体，如双绞线、同轴电缆等，而信道则提供传送某种信号的带宽，着重体现介质的逻辑功能。一个传输介质可能同时提供多个信道，一个信道也可能由多个传输介质级联而成。

3) 信息交换技术

在网络中，常常要通过中间节点把数据从源站点发送到目的站点，交换方式是指中间节点转发信息的方式。网络中通常使用的交换技术有线路交换、报文交换和分组交换。

(1) 线路交换 (Circuit Switching)

线路交换是指通信网络中的各个节点在发送站和接收站之间建立一条专用的物理信道进行数据传送，传送结束后再拆除这一线路连接，如电话交换系统。

(2) 报文交换 (Message Switching)

报文交换方式不需要再两个站点之间建立专用的物理信道，而是把待发送的信息分割成一份份报文，在报文的头部加上源地址、目的地址、报文序号以及校验码等，然后以报文为单位，在网络上从一个节点传送到另一个节点，每一个节点接收整个报文并存储，实施差错校验和路由选择后，再发送到下一个节点，直至目的站。

(3) 分组交换 (Packet Switching)

分组交换也称为包交换，它是将报文分成若干个长度较短的报文段 (或称为分组 Packet)，它们是一组包含数据、通信控制信息 (如目的站地址、源站地址等) 差错控制信息 并以规定格式排列的二进制编码。超过最大报文长度的报文必须分成较小的报文段才可发送，每次只可发送一个报文段，因此适合于在中间节点的主存储器队列中存储，而不必访问外存储器，而且只要一个完整的报文段到达后 就可以转发 不必等待报文全部到达 所以 这些报文段可以经过不同的路由相当快地分别传送到目的站，然后再拼装成一个完整地报文。分组交换技术是计算机网络中使用最为广泛的一种交换技术。如现有的公共数据交换网和局域网基本上采用的分组交换技术。

在分组交换网络中，通常采用数据报和虚电路两种方式管理这些分组流。

在数据报 (Datagram) 方式中，每个分组独立地进行处理，由于网络的中间节点对每个分组可能选择不同的路由 因而到达目的站时 这些分组可能不是按发送的顺序到达 因此 目的站必须设法把它们按顺序重新排列。在这种方式中，独立处理的每个分组称为数据报。

在虚电路 (Virtual Circuit) 方式中 在发送任何分组之前 需要先建立一条逻辑连接 即在源站和目的站之间事先选定一条网络路由 然后 两站便可以在这条逻辑连接 虚电路 上交换数据。每个分组除了包含数据之外，还得包含一个虚电路标识符。在预先建立好的路由上，每个节点都必须按照既定的路由传输这些分组，不需要重新选择路由。当数据传输完毕后，由其中任何一站发出拆除连接请求，终止本地连接。

4) 网络访问的存取控制技术

网络中的各节点通过网络传递信息的过程是发送站将信息送上网络，然后接收站从网络中读取信息，为了迅速正确地实现这些网络的存取过程，就必须要有合理的存取控制方法，常用的控制方法有：轮询 (Polling)、令牌传递 (Token Passing)、CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection 带有冲突检测的载体监听多址访问) 等。

(1) 轮询

在局域网中，首先指定一台设备作为控制器或主设备，它承担信道的访问权限管理或仲裁机构的作用，这台设备以某种事先约定的顺序，依次询问其它从设备是否需要发送信息。轮询方法主要适用于有集中控制的网络，如星型拓扑网络、树型拓扑网络和总线控制器的总线网络，还适用于由时间响应敏感设备所组成的网络，如集散控制系统常采用轮询方式。

(2) 令牌传送

令牌传送控制是环型网络中常采用的一种方法。所谓令牌是一个沿环中的各个节点依次传送的信息包，令牌有空、忙两种状态。在网络启动时，由指定节点产生一个空令牌送到网上传送要传送信息的节点，在令牌传送到本节点并且判断令牌为空时，将令牌置成忙状态，并置入含有数据、源节点和目的节点地址的传送信息，形成信息包，然后送到网上传输。目的节点读取并存储该信息包，同时继续转发该信息包。当该信息包沿网络循环一周返回到原来的源节点时，由源节点撤消该信息包，并将令牌置成空状态，然后将它传送给下一个节点。

令牌传送的优点是：由于处理令牌传送的工作很少占用信道，所以，系统总的信息吞吐量，信道利用率高。另外，在不考虑误码的情况下，通信响应时间具有确定性。

(3) CSMA/CD

CSMA/CD 即带有冲突检测的载体监听多址访问技术，主要用于总线拓扑结构的网络中。由于接在总线上的各个节点共享一条传输总线，任何节点都可以平等地向传输总线发送信息，有可能同时有几个节点同时发送信息，导致传输总线上信息“冲突”。CSMA/CD 采用的是“先听后讲”加上“边听边讲”，即发送信息的站点首先对传输总线进行监听，以确定传输总线上是否有其它站点正在发送信息，如果传输总线上无数据传送，则可以发送；如果传输总线上有数据传送，则要继续监听总线，一直等到传输总线空闲时才可以发送。在发送的同时，还要继续监听总线，一旦监听到总线冲突发生，便立即停止发送，并向传输总线上发出一串阻塞信号来加强冲突，以便通知总线上的各个站点已发生冲突，然后再等待一段时间，重复发送信号。

5) 差错控制技术

信号在物理信道的传输过程中，由于线路本身的电气特性造成的随机噪声，信号幅度、频率和相位的衰减或畸变，电信号在线路上反射产生的回音效应，线路间的串扰，以及闪电、开关的跳闸、强电场和磁场的变化等都会造成信号的失真，从而使数字通信的发送端和接收端的数据不一致，产生误码。差错控制就是发现这种差错，并采取纠正措施，把差错控制在尽可能小的范围内。

在数字通信中，差错控制最常用的方法是差错控制编码。即将要发送的数据（信息位）在发送之前加上按照某种关系编码的冗余位，构成一个码字再进行发送；接收端收到码字后，再按发送端的编码关系查看信息位和冗余位，以检查传输过程中是否发生差错。差错控制编码可分为检错码和纠错码。检错码能自动检查差错，但不能纠正差错。纠错码不仅能发现差错，而且能自动纠正差错。

目前广泛采用的编码有奇偶校验码和循环冗余校验码（CRC（Cycle Redundancy Check, CRC））。

奇偶校验是通过增加冗余位使信息码字中“1”的个数保持位奇数或偶数，该冗余位叫做校验位。如果冗余位使编码中的“1”的个数为奇数，则称为奇校验，反之称为偶校验。这种方法的编码效率很高，物理上容易实现，但它只能查出编码中一位的差错，而不能检查出两位同时出错。奇偶校验是一种检错校验编码，不具备纠错能力。

CRC 码又称为多项式码，这种方法是把整个数据块当做一个连续的二进制数据，从代数结构来说，由二进制数位串组成的代码，可以看成是一个报文多项式，例如 110001 表示成多项式是 $x^5 + x^4 + x^0$ 。在发送前该报文多项式除以另外一个多项式 $G(x)$ ， $G(x)$ 被称为生成多项式。根据使用场合不同，生成多项式 $G(x)$ 也不相同。通常，普遍采用的 CRC 码有 16 位 CRC 码和 32 位 CRC 码，它们生成多项式 $G(x)$ 分别为：

16 位 CRC 码的生成多项式： $G(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

CCITT 推荐的 16 位 CRC 码的生成多项式： $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

32 位 CRC 码的生成多项式：

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

在发送报文时，将相除结果的余数作为校验码与报文一同发出，形成一组传送码。在接收端，把收到的传送码除以同一个生成多项式 $G(x)$ 。如果在传送中无差错，则余数为零；否则，在传送中出现差错，要求对方再发送一次。

CRC 码主要用于数据链路层控制协议中，广域网的数据链路层控制协议通常采用 16 位 CRC 码，而局域网多采用 32 位 CRC 码。

利用编码方法进行差错控制的方法有两类：一类为自动请求重发 ARQ (Automatic Repeater Quest, ARQ)，一类为前向纠错 FEC (Forward Error Correction, FEC)。在自动请求重发 ARQ 方式中，接收端查出错误后，设法通知发送方重发，直至收到正确码字。前向纠错 (FEC) 方式要前向纠错，必须采用纠错编码，所以它所使用的冗余位更多，编码效率低，而且纠错设备要比检错设备复杂得多。因此，尽管它比自动请求重发 (ARQ) 方法优越，如可用单向信道，发送端不设数据缓冲区，但是也只是用在实时性要求特别高的场合。此外，自动请求重发 ARQ 和前向纠错 FEC 也可以混合使用，即当码字中的差错个数在纠错能力以内时，直接进行纠正；当码字中的差错个数超出纠错能力时，则接收端要求重发，直到正确为止。

2.1.3 计算机网络系统的组成

计算机网络系统由硬件和软件两部分组成。硬件可分为资源子网和通信子网，资源子网是用于执行用户程序和作业的数据终端设备，如连接在网络上的计算机、打印机及其它输入输出设备。通信子网主要用于传输信息，而不执行用户程序，它包括传输介质、通信设备和通信控制设备等。网络软件包括通信协议、通信控制程序、网络操作系统和网络数据库等。

2.1.3.1 网络系统的硬件

网络系统的硬件主要包括网络服务器、客户计算机、通信介质、网络适配器、介质连接装置、收发器、中继器、集线器、调制解调器、网桥、网关、路由器、交换设备等。

1) 网络服务器

网络服务器是指为网络提供服务和进行管理的计算机系统。它可以将与它相连的打印机、磁盘驱动器、调制解调器和专用通信线路等设备提供给客户计算机使用。由于整个网络的用户都依靠不同的服务器提供不同的网络服务，因此，网络服务器是网络资源管理和共享的核心。

网络服务器按照在网络中的作用可分为文件服务器、打印服务器、数据库服务器、通信服务器、计算服务器、应用服务器等。文件服务器主要提供以文件存取为基础的服务，它将服务器上大容量的磁盘存储空间提供给网上的客户机，接受客户机发出的数据处理和存取请求。由

于文件共享服务是计算机网络中最基本、最常用的服务，因此，文件服务器也常常被简称为网络服务器或服务器；数据库服务器主要提供数据库操作服务，即以数据库检索、更新为基础的服务器；通信服务器负责网络中各个客户机与主计算机的联系、网络与网络之间的通信以及在客户机之间共享高速调制解调器等通信设备；应用服务器提供某种特定用途的服务，如电子邮件服务器；计算服务器可以提供科学计算等需要大量计算或特定计算的应用服务。

2) 客户计算机

客户计算机（或称为网络工作站）是连接到计算机网络上实现网络访问与应用的计算机，它是网络数据主要的发生和使用的场所，客户计算机上运行的软件使网络用户可以访问一个或多个服务器上的数据和设备。

网络工作站根据它在网络中空间或拓扑位置，可分为本地工作站和远程工作站。本地工作站是指同一类型的干线中或直接被网络传输介质连接在一起的工作站，它们可以与网络之间进行高速数据交换。远程工作站是指通过异步远程网桥或其它异步连接设备连接到某个局域网的一台计算机或终端。

3) 网络适配器

网络适配器通常称为网络接口卡或网卡，它是网络设备到网络传输介质的通信枢纽，是完成网络数据传输的关键部件。

网络适配器将计算机与网络电缆连通，所以网络适配器必须有一个端口连接到传输媒体，而其本身通常以接口卡的形式连接到网络设备上。在网络工作时，网络适配器一方面通过连接到传输介质的端口监测网络的状态，侦听媒体上的信号，当接收到有效的数据时，它会判断是否是发送给本站的数据，如果是，则将数据通过与网络设备的接口送给网络设备，否则将数据放弃或按原来的方向重发。另一方面，网络设备要发送的数据也要通过与网络适配器的接口送给网络适配器，网络适配器按照一定的发送时机（如传输媒体空闲或收到准予发送的信号）将数据发送到媒体上，从而实现网络设备之间的通信。

网络适配器把网络介质上的串行信号转换成计算机的并行数据流，也可以将数据格式由并行变成串行，并能进行信号再生，以便传送必要的距离。另外，网络适配器还完成信息包的装配和拆卸、网络存取控制、网络信号驱动等。为解决网络、网卡和设备之间的数据匹配问题，网络适配器还起到数据缓冲作用，以防止网络通信时数据的溢出或丢失。

由于网络适配器与网络传输介质共同实现 ISO 七层参考协议模型中的最低两层，即物理层和数据链路层，所以，网络适配器对网络的拓扑结构、传输介质及通信协议的选择有着决定性的影响。反之，网络的拓扑结构及通信介质等也决定了网卡的可选范围。

4) 网络传输介质

网络传输介质是网络中传输信号的通路，传输介质分为有线介质和无线介质两种。有线介质常用的有轴电缆、双绞线和光纤等。无线介质媒体包括红外线、无线电、微波及卫星（网络传输介质的介绍见第九章）。

5) 网络连接设备及集线器

(1) 调制解调器 (MODEM)

在局域网的覆盖范围内，其传输媒体一般是对绞线、同轴电缆或光纤等。但在实际工作中，往往要进行城市中不同区域间或不同城市间，甚至不同国家间的远程通讯。进行数据交换，最简便而又经济的方法是通过遍布于世界各个角落的公用电话系统。调制解调器的作用就是将计算机的数字信号调制为可通过普通电话线路传送的模拟信号（调制信号），同样它也

可以将电话线上的模拟信号“解调”为计算机能接收的数字信号。它的一端和计算机 RS232 接口相连，它们之间使用串行数字通信，它的另一端与公用电话网 (PSTN) 相连。接通电话网与远端的 MODEM 相连，MODEM 之间使用音频信号进行通信，如图 2-12 所示。

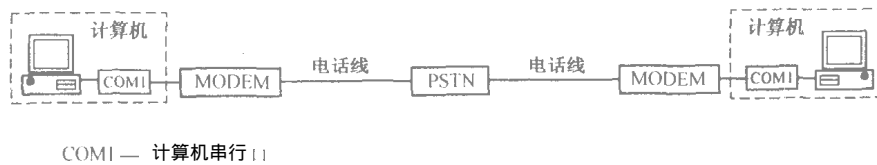


图 2-12 MODEM 与网络设备连接原理图

(2) 中继器 (Repeater)

中继器也称为转发器或重发器，它是网络物理层一种介质连接设备，用以扩展局域网，如图 2-13 所示，它在信号传输过程中起信号再生和放大作用。利用中继器还可以互连各种不同类型的介质，例如同轴电缆、光纤和双绞线等。

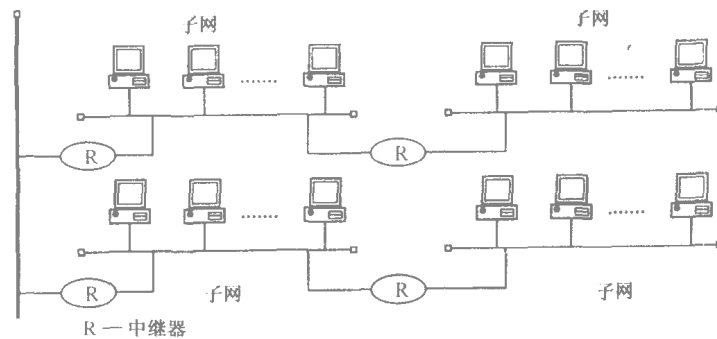


图 2-13 用中继器扩展的局域网

(3) 网桥 (Bridge)

网桥也称为桥接器或桥路，它是最简单的互连网络设备，用来连接相似类型的局域网。网桥有三方面的功能，一是可以把实际上分离的局域网连成一个逻辑上单一的局域网，一个局域网上的用户可以透明地通过网桥访问另外一个网络上的资源，访问如同在同一局域网上进行，从而扩大了网络的地理范围；二是把较大的局域网分成若干个逻辑子网，把通信性质相似的用户分配在同一子网中，实现通信分段，隔离网络通信流量，提高网络效率；三是帧识别或帧过滤 (frame filtering)，即网桥检查它所接收的每帧的帧头中的物理地址，用源地址来判断计算机连接到哪一个网段上，并用目的地址判断是否要转发该帧。

网桥与中继器的相同点在于它们都可以在不同的媒体之间发送数据包和帧，不同之处是，中继器转发它能接收到的所有信号，它在转发之前并不对所接收到的数据包和帧进行鉴别。而网桥在将接收的数据包转发之前，要完成基本的信息过滤功能，它阅读数据包最外层包络 (帧头) 在需要时才转发接收到的帧。

网桥从应用上可分为本地网桥和远端网桥。本地网桥互连两个或两个以上的局域网。如图 2-14 所示。远端网桥将快速的本地传输介质和慢速长途传输介质连通，如租用通信线路或租用卫星频道连接两个异地网络。如图 2-15 所示。

(4) 路由器 (Router)

路由器是在网桥的基础上改进而得到的一种端口设备，它提供各种各样、各种速率的链路和子网的接口，是实现网络层服务的设备。路由器可以完成比网桥更多的功能，路由器除了提

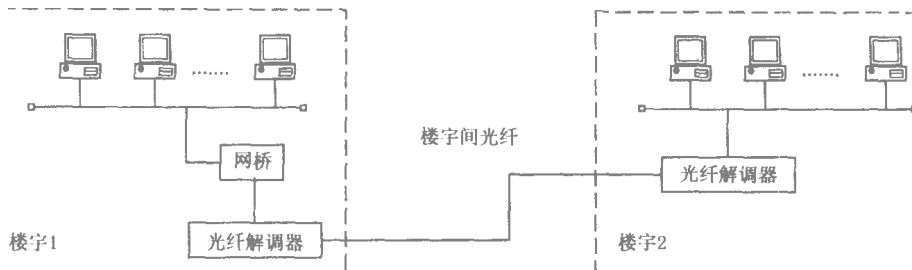


图 2-14 两个局域网的本地网桥互连

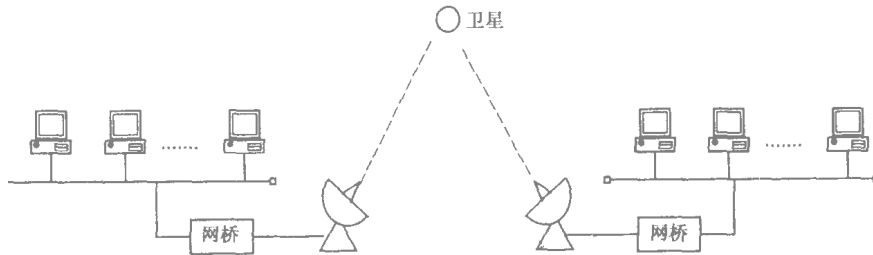


图 2-15 通过租用卫星频道的远程网桥互连

供过滤和桥接功能外，还提供复杂的路径控制和管理。网桥常用于局域网点到点之间的互连，用来连接相似类型的局域网。而路由器则可以建立大型的复杂的互连网。路由器是一种广域网技术，它既可以用于局域网和局域网之间的互连，也可以用于局域网和广域网之间的互连，如图 2-16 所示。

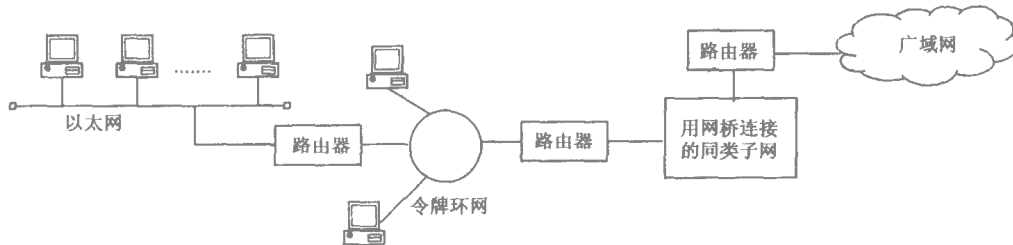


图 2-16 通过路由器组成的互连网

路由器可以通过通信协议本身的流量控制来控制信息传送，解决通信拥塞问题，同时，它还可以过滤网络中的错误，有错误的数据报不能通过路由器。

(5 网关 Gateway)

网关也叫网间连接器，它可以连接传输协议和物理网络都不相同的网络。网关是典型的通信服务器，它的作用是使两个或多个不同的网络之间相互通信。网关将数据重新分组，甚至进行数据交换，以便在两个网络之间进行通信。路由器将它接收的信息包或信息帧的寻址信息进行直接发送，并不改变这些报文的内容，而网关却要改变报文的格式，使之与接收端的应用程序相一致。所以，网关不仅能够连接分离的网络，还必须确保一个网络传输的数据与另一个网络的数据格式兼容。网关使用如图 2-17 所示。

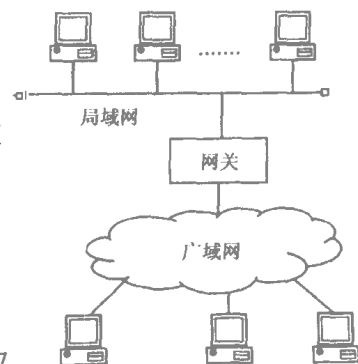


图 2-17 网关使用示意图