

# 第一篇 计算机网络技术基础

## 第 1 章

### 计算机网络概述

#### 学习目标

- (1) 了解计算机网络的应用；
- (2) 理解计算机网络的定义和功能；
- (3) 了解计算机网络的产生和发展；
- (4) 掌握计算机网络的分类及拓扑结构；
- (5) 了解计算机网络通信的含义及相关技术。

#### 1.1 计算机网络的应用

当今世界正处于一个信息及相关技术飞速发展的时代,其中发展较快、影响较大的就是计算机网络技术。计算机网络被应用于各个领域,从信息浏览、电子邮件、网络游戏,到远程办公、远程教育、金融、航天、工业自动化,等等,已经深深融入人们的日常工作、生活中,成为不可或缺的重要技术手段。计算机网络的应用主要体现在以下几方面。

##### 1.1.1 企业应用

许多企业都拥有一定数量的计算机,它们帮助企业记录各种企业信息,进行信息的管理。通过网络将一定数量的计算机连接在一起,可以大大提高企业办公效率,进一步提升经济效益。

###### 1. 实现资源共享

一般的企业、机构、学校都拥有和使用很多计算机,通常分布在工厂、办公楼、校园内。同时,这些机构还可能各自拥有许多分支机构,分布在不同地区,大都相距很远。为了实现对各种办公、生产、经营等信息的收集、分析、管理,一般需要将分支机构的计算机各自组建



局域网,并将地理位置分散的局域网互联起来,构成一个大型的信息化网络系统。通过网络系统,可以实现跨地区、跨机构的资源共享。企业通过计算机网络完成对信息资源的访问与管理,完成对企业的全面管理。

### 2. 提高可靠性

通常情况下,企业会将重要文件复制在多台计算机上。在网络环境中,可以利用网络实现多台计算机互为备份,如果其中一台设备发生故障,还可以使用其他计算机中的备份文件,避免造成系统工作中断。

### 3. 节约经费

微机的性价比很高,大型机的运行速度可以是微机的几十倍,但它的价格与运行维护费用却是微机的几百倍。因此在系统设计时,通常将一台或几台性能较强、配置较高的微机/大型机作为服务器,用于处理、存放数据,每个用户配置一台性价比高的微机作为客户机,从而构成客户端/服务器模型(C/S模型)。在这种模型中,客户机向服务器发送请求信息,服务器为其提供相应信息检索、处理等服务。

### 4. 提高系统的可扩展性

随着企业规模的扩大,计算机网络应用的规模也将随之增大。当企业需求的信息量和访问量增加时,可以增加服务器的数量;当企业用户的数量增加时,可以增加客户机的数量。在网络环境中,网络规模的扩大、服务器与客户机数量的增加是很容易实现的。

### 5. 实现远程通信

在网络环境中,企业的工作人员可以远程访问企业的网络资源,实现远程办公;可以与其他工作人员使用电子邮件、微信、QQ等工具,实现远程交流。发达的网络环境使工作与交流变得非常方便、快捷。

## 1.1.2 大众应用

进入20世纪90年代,计算机网络开始为普通个人和家庭用户提供服务,为大众提供了生活便利和娱乐体验。

### 1. 远程访问信息

个人计算机连入Internet,可以通过浏览器访问各类互联网资源,如政府、学校、娱乐、科技、旅游、购物等各方面的信息。随着报纸、杂志等成为在线式,它们也可以根据人们的喜好提供个性化的信息服务。

### 2. 远程通信

进入21世纪,网络通信成为人们通信的基本手段。电子邮件可以包含文本、声音、图像等各种多媒体信息,它以非常低廉的价格、非常快速的方式,与世界上任何一个角落的网络用户联系。BBS(论坛)可以为网络用户提供针对某一问题进行交流、讨论的平台。社交软件,如微信、QQ、MSN、Facebook、Twitter等,可以将文字、语音、影像、文件等实时传输给对方,受到广大用户的欢迎。

### 3. 娱乐工具

家庭娱乐在网络产业中拥有巨大且不断发展的市场。人们可以在家里点播视频/音乐、直播电视节目、玩多人网络游戏等,它们都正发展为或者已经是交互式的网络资源。

随着计算机和网络技术的不断普及和发展,计算机网络应用的范围也在不断扩大,应用



领域也越来越宽广,许多新的网络应用不断涌现出来,如工业自动化、军工航天、交通物流、远程教育、数字图书馆、网上购物、网上银行等。计算机网络的广泛应用促进了网络、软件、信息产业与服务等相关产业的高速发展,也推动了产业结构和从业人员结构的变化。

## 1.2 计算机网络的定义和功能

计算机网络给人们的生活和工作带来了极大的便利,如网上办公、网上购物、网上银行、网上通信、网上娱乐等。计算机网络不仅可以传输文本,还可以传输图像、声音、视频等多媒体信息。目前,计算机网络已广泛应用于政治、经济、文化、科技、生活的各个领域。1997年比尔·盖茨在美国拉斯维加斯的全球计算机技术博览会上提出一个精辟论点——“网络就是计算机”,在信息时代,计算机网络起着非常重要的基础作用。

### 1.2.1 计算机网络的定义

目前,计算机网络的定义并未统一,以下给出详细和简单两种定义。

详细定义:计算机网络由地理位置分散的具有独立功能的多个计算机系统,利用通信设备和传输介质互相连接,并配以相应的网络软件,以实现数据通信和资源共享的系统。该定义比较全面、详细地描述了网络的物理特性、组成及功能。

简单定义:计算机网络是一些互相连接的、自治的计算机的集合。该定义简单、直接地描述了网络的基本特征:计算机网络有多台计算机,它们通过某种方式连接在一起(网络设备和传输介质),并且每台计算机都能够独立工作。以上特征是判断计算机网络的基本依据。

计算机网络系统由硬件系统和软件系统组成,具体包括计算机系统、通信线路、网络协议、网络软件等。

### 1.2.2 计算机网络的功能

计算机网络应用广泛,在我们的工作和生活中起着非常重要的基础作用。计算机网络的最基本和最重要的功能是数据通信和资源共享。

#### 1. 数据通信

数据通信是计算机网络最主要的功能之一。数据通信是依照一定的通信协议,利用数据传输技术在两个终端之间传递数据信息的一种通信方式和通信业务。它可实现计算机和计算机、计算机和终端以及终端和终端之间的数据信息传递,是继电报、电话业务之后的第三种最大的通信业务。

#### 2. 资源共享

资源共享是人们建立计算机网络的主要目的之一。计算机资源包括硬件资源、软件资源和数据资源。硬件资源的共享可以提高设备的利用率,避免设备的重复投资,如利用计算机网络建立网络打印机;软件资源和数据资源的共享可以充分利用已有的信息资源,减少软件开发过程中的劳动,避免大型数据库的重复建设。

#### 3. 提高系统可靠性

如果一个系统对于一台计算机的依赖性过高,可能会出现因设备故障而致使系统瘫痪



的情况。在计算机网络环境中,可通过两台或多台计算机互为备份,实现系统的冗余备份功能,从而提高整个系统可靠性。

#### 4. 集中管理

计算机网络技术的发展和应用,使得现代的办公手段、经营管理等发生了变化。目前,已经有了许多管理信息系统、办公自动化系统等,通过这些系统可以实现日常工作的集中管理,提高工作效率,增加经济效益。

#### 5. 协调运算

计算机在设计之初就是为了提高计算效率。科学领域的研究始终离不开计算,甚至由于有些计算的题目过大,致使一台计算机难以完成。此时,就可通过计算机网络系统或应用软件的统一管理和协调,使多台计算机协同工作,共同完成计算任务,提高系统性能。

#### 6. 均衡负荷

均衡负荷是指工作被均匀的分配给网络上的各台计算机系统。网络控制中心负责分配和检测,当某台计算机负荷过重时,系统会自动转移负荷到较轻的计算机系统去处理。

#### 7. 实现分布式处理

网络技术的发展,使得分布式处理成为可能。对于大型的课题,可以分为许许多多小题目,由不同的计算机分别完成,然后再集中起来,解决问题。

## 1.3 计算机网络的产生和发展

计算机网络发展迅猛、应用甚广,纵观其发展大致经历了以下四个阶段。

### 1. 面向终端的计算机网络

计算机是 20 世纪最先进的科学技术发明之一,对人类的生产和活动产生了极其重要的影响,并以强大的生命力飞速发展。最初的计算机主要应用于军事科研,价格昂贵,数量很少。那时,因技术所限,一台计算机只供一个人使用,应用时必须来到计算机机房,在计算机控制台上进行操作。这种方式并不能充分利用计算机资源,而且用户使用极不方便。随着计算机软硬件的发展,出现高速大容量存储器、多道程序和分时操作系统,使计算机能够同时处理多个应用进程,并允许多个用户通过终端同时访问一台计算机。但由于终端是通过异步串行口与计算机相连的,因此仍然需要到计算机机房的终端进行操作。后来,为了实现对计算机的远程操作,研究人员利用通信技术,实现了计算机和终端的远程连接,使用户可以通过自己办公室的终端使用计算机机房的计算机。

这种将地理位置分散的不同终端,通过传输介质及相应的通信设备与一台计算机相连,即以单台计算机为中心的联机系统,被称为第一代计算机网络——面向终端的计算机网络(见图 1-1),为计算机技术的进一步发展奠定了良好的理论基础和技术基础。

面向终端的计算机网络的实质是一台主机与多个终端连接的网络,在每个终端和主机之间都有一条专用的通信线路。这种系统的线路利用率很低,而且主机兼具数据处理和通信处理两大功能,加重了主机负担。为了解决这些问题,系统中加入了集中器(terminal controller,终端控制器)和前端机(front-end processor,前端处理器)。集中器用于连接控制多个终端,使多台终端共用一条通信线路与主机通信。前端机置于主机前端,承担通信处理功能,以减轻主机的负担。

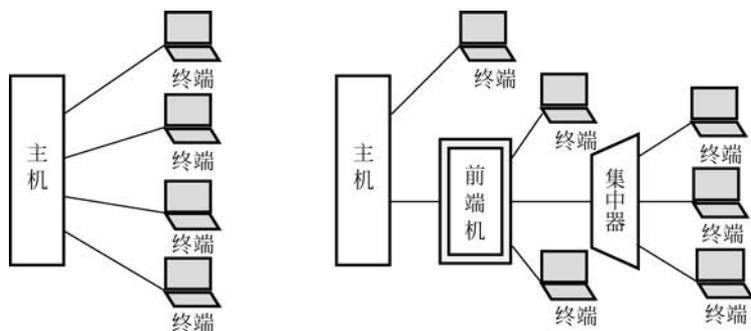


图 1-1 面向终端的计算机网络

面向终端的计算机网络的第一个典型实例,是 20 世纪 50 年代,美国麻省理工学院林肯实验室为美国空军设计的 SAGE 半自动化地面防空系统。该系统分为 17 个防区,每个防区的指挥中心装有两台 IBM 公司的 AN/FSQ-7 计算机,通过通信线路连接防区内各雷达观测站、机场、防空导弹和高射炮阵地,共计连接 1000 多个远程终端,形成联机计算机系统,由计算机程序辅助指挥员决策,自动引导飞机和导弹进行拦截。SAGE 系统最先采用了人机交互作用的显示器,研制了小型计算机的前端机,并提供了高可靠性的多种路径选择算法。这个系统被认为是计算机技术和通信技术结合的先驱。

最早将计算机通信技术应用于民用的,是 20 世纪 60 年代,美国航空公司与 IBM 公司设计的分机订票系统 SABRE-1。该系统由 1 台中央计算机与全美范围内的 2000 多个终端组成,具有交互式处理和批处理能力,人们可通过该系统在远程终端预订机票。

面向终端的计算机网络的主要特征如下。

(1) 终端到计算机的连接,不是计算机到计算机的连接。终端是连接到计算机主机的装置,如显示器、键盘、鼠标等。用户通过终端键盘输入命令等,将信息传送给主机,主机则执行并将结果回送给终端显示器上显示。在分时系统中,多个用户可通过各自的终端“同时”使用一台主机,就好像每个用户独享主机资源。面向终端的计算机网络就是终端到计算机主机的连接,共享主机资源,但终端不能独立工作。因此,严格地说,面向终端的计算机网络并不是真正意义上的计算机网络。

(2) 主机负荷较重。多个终端共享一台主机,主机既要承担通信功能,又要处理所有终端提交的任务,承担大量的数据处理工作,因此主机负荷较重、效率低。

(3) 通信线路的利用率低。分散的终端都要独占一条通信线路,费用高。在终端聚集的地方,可采用集中器,尽量减少通信费用。

(4) 集中控制,可靠性低。所有终端连接在一台主机,由主机统一控制管理,终端对于主机的依赖性很高。如主机出现故障,将导致整个系统瘫痪。

第一代计算机网络——面向终端的计算机网络,没有资源共享的目的,但通过将计算机技术与通信技术相结合,使用户终端可以远程连接主机,从而实现远程通信功能,这可以认为是计算机网络发展的初级阶段。

## 2. 以资源共享为目标的网络

20 世纪 60 年代,随着计算机性价比的提高,许多机构已拥有多台计算机。为了进一步加强通信,充分利用本地和远程系统的软硬件资源、信息资源,人们提出将地理位置分散且



具有独立功能的计算机互相连接起来,共同完成数据处理和通信功能。这种以资源共享为目标的计算机网络被认为是计算机网络发展的第二个阶段。

以资源共享为目标的网络的第一个典型代表,是 20 世纪 60 年代后期,由美国国防部高级研究计划局(ARPA)资助,由一些大学和公司共同合作研究开发的 ARPANET。最初该网络是只有 4 个节点的实验性网络,以电话线路作为主干网络,两年后建成 15 个节点,进入工作阶段。ARPANET 发展很快,它是因特网的雏形,是因特网初期的主干网。

最初 ARPANET 的网络结构如图 1-2 所示。图中 IMP 由通信线路连接,构成通信子网。它负责通信处理,具有路径选择和存储转发功能。主机之间的信息交换需要通过 IMP 完成。

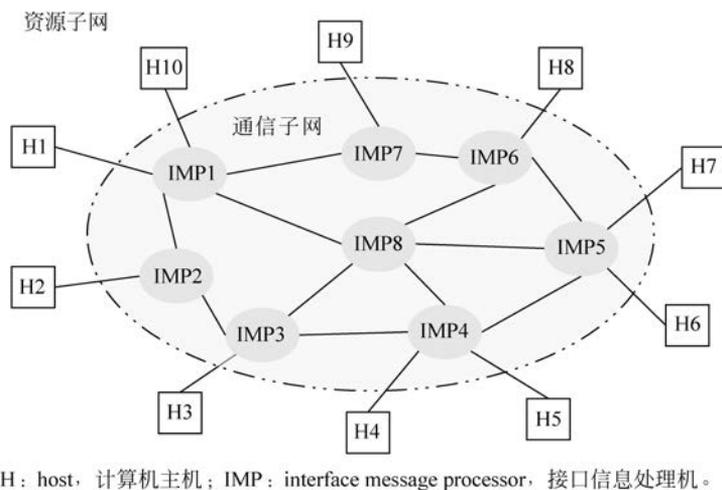


图 1-2 ARPANET 的网络结构

ARPANET 是计算机网络发展的一个里程碑,它的出现标志着以资源共享为目标的计算机网络的诞生,为网络的发展奠定了非常重要的实践基础和理论基础。它的主要贡献表现在以下几个方面。

- (1) 第一个以资源共享为目标的计算机网络。
- (2) 使用 TCP/IP 协议作为通信协议,使网络具有很好的开发性。
- (3) 实现了分组交换的数据交换方式。
- (4) 提出了计算机网络的逻辑结构由通信子网和资源子网组成。

### 3. 标准化网络

ARPANET 出现后,计算机网络发展迅猛,人们对组网的技术、方法和理论的研究日趋成熟。为了促进网络产品的开发,20 世纪 70 年代,各大计算机公司相继推出自己的网络体系结构及实现这些结构的软硬件产品。如 IBM 公司的 SNA(系统网络体系结构)、DEC 公司的 DNA(分布式网络体系结构)、Univac 公司的 DCA(数据通信体系结构)等,但各个公司的网络标准和技术差异很大。由于没有统一的标准,不同厂商的产品之间互联很困难。因此,建立开放式的网络,实现网络标准化,已成为必然的趋势。

1977 年,国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)为适应网络标准化发展的需要,成立了 TC97(计算机与信息处理标准化委员会)下属的 SC16(开放系统互联



分技术委员会)。SC16 在研究分析各公司网络体系结构的基础上,开始制定开放系统互联的一系列标准。1984年,ISO颁布了“开放系统互联参考模型”(open system interconnection/reference model,OSI/RM)的正式文件,即著名的国际标准 ISO 7498。该标准已被国际社会广泛认可,它极大地推动了网络标准化进程,促进了计算机网络理论体系的形成和技术的进步。它的出现标志着计算机网络进入了第三阶段——标准化网络阶段。网络标准化推动了网络的迅速发展和推广。

#### 4. 高速网络(Internet 互联网)

因特网是全球性的、最具影响力的计算机互连网络,它是使用路由器将分布在世界各地的、数以千万计的、规模不一的计算机网络互连起来的大型网际网。因特网也是在一个巨大的通信系统平台上而形成的一个全球范围的信息资源网,已经成为覆盖全球的信息基础设置。

因特网的管理机构是 Internet 协会,它是一个完全由志愿者组成的组织,其目的是推动 Internet 技术的发展与促进全球化的信息交流。在 Internet 协会中,有专门负责协议因特网技术管理与技术发展的分委员会 IAB(Internet 体系结构委员会)。IAB 的主要职责是:根据因特网的发展需要制定 Internet 技术标准、发布相关工作文件,进行 Internet 技术方面的国际协调,与规划因特网发展战略。

中国于 1994 年正式接入因特网,并在同年开始建立与运行自己的域名体系。因特网在我国发展迅速,全国已建起具有相当规模与技术水平的因特网主干网,如中国教育与科研计算机网(CERNET)、中国公用计算机互联网(CHINANET)、中国科学技术网(CSTNET)、中国金桥信息网(CHINAGBN)、中国联通网(UNINET)、中国移动网(CMNET)等。其中,中国公用计算机互联网已覆盖我国大部分省市,中国教育与科研网已联通了上百所大专院校,金桥网将中国经济信息展示给全世界。

1997 年 6 月 3 日,中国互联网信息中心(CNNIC)在北京成立,负责管理我国的 Internet 主干网。其主要职责是:域名/IP 地址分配等注册服务,网络技术、政策法规等信息服务,网络通信目录、主页目录、各种信息库等目录服务。

互联网以其开放性改变了人们的生活,为人们带来了便利,互联网技术的应用渗透到工作生活的方方面面。人们利用互联网传递信息、共享资源,工作效率和生活质量都得到了显著提高。随着计算机网络技术的不断进步,计算机网络正向着更快的传输速率、更强的功能、更安全的使用环境、更丰富的资源的趋势不断发展进步。

## 1.4 计算机网络的分类

计算机网络从不同角度有不同的分类方法,常见的分类方法主要有:按照网络覆盖的地理范围分类、按照传输介质分类、按照传输技术分类、按照所使用的网络操作系统分类、按照拓扑结构分类等。下面将选择最常用的分类方式进行介绍。

按照网络覆盖的地理范围进行分类,计算机网络可分为局域网、城域网、广域网。

### 1. 局域网

局域网(local area network, LAN)是最常见、应用最广的一种网络。局域网随着整个计算机网络技术的发展和提高得到充分的应用和普及,几乎每个单位都有自己的局域网,有的家庭中甚至都有自己的小型局域网。所谓局域网,就是在局部地区范围内的网络,它所覆盖的地区范围较小。局域网在计算机数量配置上没有太多限制,少的可以只有两台,多的可达



几百台。一般来说在企业局域网中,工作站的数量在几十台到两百台。

局域网的地理覆盖范围从几十米到几千米,一般用于一个办公室、一栋楼、一个公司的有限范围内,将各种计算机、终端及外部设备互联成网络,不存在寻径问题,不包括网络层的应用。局域网按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同,可分为共享局域网和交换局域网。

局域网的主要特性有:网络地理覆盖范围较小、传输速率高(最快速率可达 10Gb/s)、误码率低、拓扑结构简单(常用的拓扑结构有总线型、环型、星型等)。

IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers,电气和电子工程师协会)的 802 标准委员会定义了多种主要的局域网:以太网(Ethernet,IEEE 802.3)、令牌环网(token ring,IEEE 802.5)、光纤分布式接口网络(FDDI,IEEE 802.8)、异步传输模式网(ATM)以及最新的无线局域网(WLAN,IEEE 802.11)。

## 2. 城域网

城域网(metropolitan area network,MAN),地理覆盖范围从几十千米到一百千米,一般是在一个城市范围内。城域网可以说是局域网网络的延伸,通过局域网之间的互连,如连接政府机构的局域网、医院的局域网、电信的局域网、公司企业的局域网等。城域网连接的计算机数量更多,可以实现大量用户之间信息的传输。由于光纤连接的引入,使城域网中高速的局域网互联成为可能。城域网的主要特性介于局域网和广域网之间。目前,城域网的发展越来越接近局域网,通常采用局域网和广域网技术构成宽带城域网。

## 3. 广域网

广域网(wide area network,WAN),地理覆盖范围从几百千米到几万千米,可跨省市、地区、国家、洲及全球,因此又称为远程网。广域网一般通过中间设备(路由器)和通信线路,实现城域网、局域网之间的互联。广域网的主要特性有:地理覆盖范围大、传输速率较低、网络拓扑结构比较复杂。

# 1.5 计算机网络的拓扑结构

拓扑结构是几何学中的一个概念,它将现实中的实体抽象成点(节点),将实体之间的连接抽象成线,从而便于研究实体之间的关系。计算机网络拓扑结构是指计算机网络节点和通信线路所组成的几何形状,反映出网络在物理上或逻辑上的布置方式或关系,即计算机网络中实体之间的网络结构。典型的计算机网络拓扑结构有:总线拓扑结构、环状拓扑结构、星状拓扑结构、树状拓扑结构、网状拓扑结构。

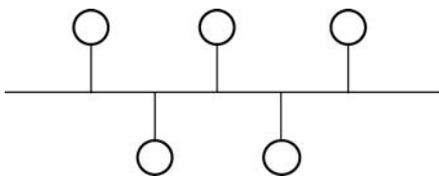


图 1-3 总线拓扑结构

### 1. 总线拓扑结构

总线拓扑结构采用 1 根同轴电缆(1 条信道,即总线)作为主干线,网络中所有节点都通过相应的硬件接口连接到总线上,通过总线进行数据传输,如图 1-3 所示。

总线拓扑结构网络采用广播式传输技术,任何一个节点都可以发送数据到总线上。因为所有节点共享 1 条公用的传输信道,所以一次只能由 1 个节点发送数据,数据沿总线传输,可以被其他所有节点接收。各节点在接收数据后,根据其目的物理地址决定是接收还是丢弃。总线拓扑结构的典型代表是粗细同轴电缆所组成的以太网。



总线拓扑结构的主要特征如下。

- (1) 所需线缆少,设备投入量少,成本低。
- (2) 结构简单灵活,易布线和维护,易扩展。
- (3) 资源共享能力强,便于广播式传输。
- (4) 网络节点间响应速度快,传输速率高。
- (5) 各节点平等,都有权争用总线,不受某节点仲裁。
- (6) 采用分布式协议,不能保证信息的及时传送,实时性较差。
- (7) 网络效率和带宽利用率低,并且当负荷过重时性能迅速下降。

## 2. 环状拓扑结构

在环状拓扑结构中,各节点通过环路接口连在一条首尾相连的闭合环状通信线路中,每个节点只与两侧的两个节点之间有点到点的连接,如图 1-4 所示。信号在环中从一个节点到另一个节点单向传输,直至到达目的地。环状拓扑结构有两种:单环结构和双环结构。单环结构的典型代表是令牌环(token ring),双环结构的典型代表是光纤分布式数据接口(FDDI)。

环状拓扑结构的主要特征如下。

- (1) 各节点间无主从关系,结构简单,易于管理维护。
- (2) 信号沿环单方向传输,延迟固定,实时性较好。
- (3) 两节点间路径唯一,简化了路径选择。
- (4) 可靠性差,任何节点或线路的故障都会引起全网故障,且故障检测困难。
- (5) 可扩充性差。

## 3. 星状拓扑结构

星状拓扑结构是由中心节点和通过点到点通信链路连接到中心节点的各个节点组成,如图 1-5 所示。中心节点执行集中式通信控制策略,任何两个节点之间的通信都必须通过中心节点。中心节点可以是集线器、中继器、交换机。目前局域网大多采用星状拓扑结构。

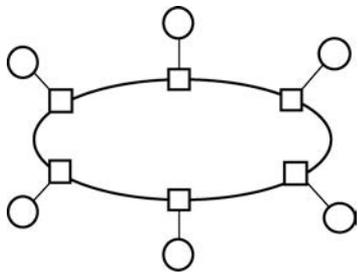


图 1-4 环状拓扑结构

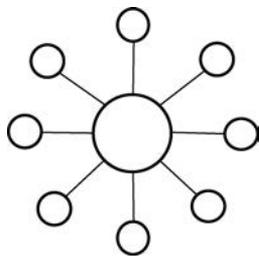


图 1-5 星状拓扑结构

星状拓扑结构的主要特征如下。

- (1) 结构简单,连接方便,易管理和维护,易扩展、升级。
- (2) 易实现结构化布线。
- (3) 每个节点直接连到中心节点,故障易检测、易隔离。
- (4) 通信线路专用,电缆成本高,且通信线路利用率不高。
- (5) 由中心节点控制和管理网络,可靠性依赖于中心节点,一旦中心节点出现故障,则整个网络瘫痪,因此对中心节点要求很高。
- (6) 中心节点负担重,易成为信号传输的瓶颈。



#### 4. 树状拓扑结构

树状拓扑结构是总线拓扑结构或星状拓扑结构演变出来的,如图 1-6 所示。树状拓扑结构采用分级的集中控制方式,它的顶端节点称为根节点,其传输介质可有多条分支,分支还可有子分支,但不形成闭合回路,信号在上、下节点间传递。

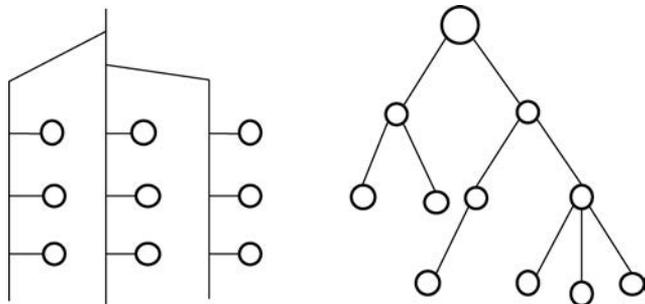


图 1-6 树型拓扑结构

树状拓扑结构的主要特征如下。

- (1) 易于扩展。
- (2) 易隔离故障,可靠性高。
- (3) 天然分级结构,各节点按层次连接。
- (4) 各个节点对根的依赖性大,一旦根节点发生故障则全网瘫痪。
- (5) 电缆成本高。

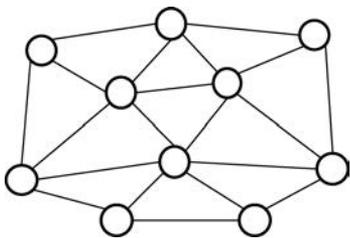


图 1-7 网状拓扑结构

#### 5. 网状拓扑结构

网状拓扑结构又称完整结构,各节点与通信线路互联成不规则形状,节点间没有固定的连接形式。一般每个节点至少与其他两个节点相连,即每个节点至少要有两条链路与其他节点相连,如图 1-7 所示。网状拓扑结构一般用于大型网络。

网状拓扑结构的主要特征是:可靠性高、管理复杂。

## 1.6 通信概述

### 1.6.1 通信的含义

通信是人与人之间通过某种媒体,以某种方式进行信息的交流与沟通,如面谈、电话、电报、书信、网上交流等。无论是哪种通信方式,都必须遵循一定的规则:标识通信双方(发送方和接收方)、通信双方一致同意或遵守的通信方法、采用一致或通用的语言和语法;通信时一致的信息传输的时间和速度、有保障信息传输质量的机制等。只有双方共同遵循相同的规则,才可能进行有效的通信。

### 1.6.2 通信要素

计算机网络通信是通过网络将各自独立的设备进行连接,通过信息交换实现人与人、人