

网络技术基础

教学提示：网络技术是电子信息技术的基础构成内容。本章简单介绍通信网络基础、数据通信网络、互联网、无线传感器网络、物联网、移动互联网、云计算、区块链等领域所涉及的主要关键技术。

教学要求：本章要求学生了解通信网络基础、互联网、物联网、无线传感网络等相关技术及其现状和发展趋势，重点了解云计算、区块链等最新技术。

本章介绍物联网技术，包括以下小节：

- 5.1 通信网络基础
- 5.2 数据通信网络
- 5.3 互联网技术
- 5.4 无线传感器网络
- 5.5 物联网技术
- 5.6 移动互联网
- 5.7 云计算技术
- 5.8 区块链技术
- 5.9 本章小结
- 5.10 为进一步深入学习推荐的参考书目
- 5.11 习题

5.1 通信网络基础

信息传输领域的基本矛盾是有限的频谱资源和日益增长的用户需求之间的矛盾。为了解决这个矛盾,通信由点到点之间的通信发展为网络通信。

5.1.1 从点到点通信到通信网络

图 5.1 为不同的通信方式。

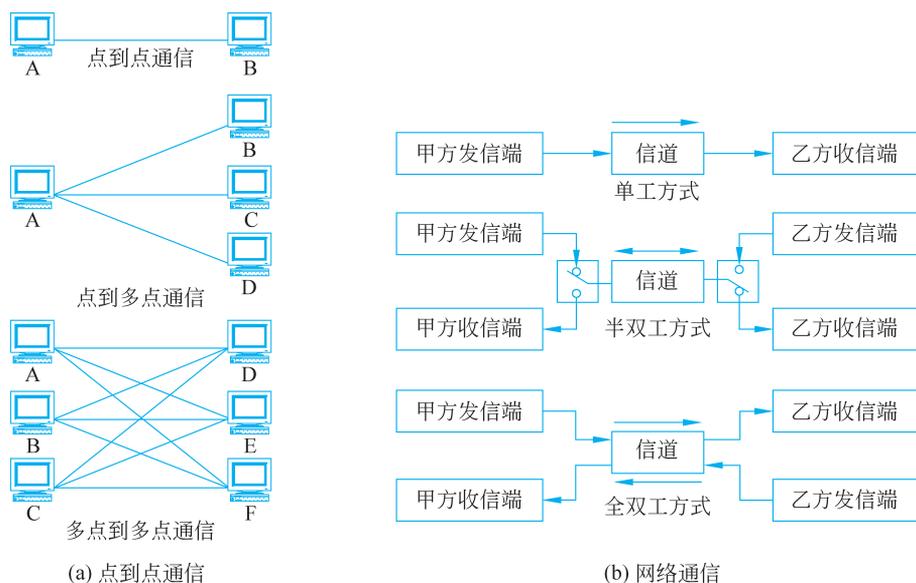


图 5.1 不同的通信方式

点到点通信模型是基本的通信形式。要实现多用户间的通信,则需要一个合理的拓扑结构将多个用户有机地连接在一起,并定义标准的通信协议,以使它们能协同工作,这样就形成了一个通信网络。

信息技术、管理科学、经济与社会的发展,促成了物联网的出现,如图 5.2 所示。

通信网络的发展大致经过了 3 个阶段。

第一阶段(1880—1970 年),属于模拟通信网络时代,网络的主要特征是模拟化、单业务单技术。这一时期电话通信网络占统治地位,电话业务是网络运营商的主要业务,这一时期整个通信网络都是面向话音业务来优化设计的。

第二阶段(1971—1994 年),是骨干通信网络由模拟网向数字网转变的阶段。这一时期数字技术和计算机技术在网络中被广泛使用,除传统公用电话交换网(public switched telephone network, PSTN)外,还出现了多种不同的业务网。这一时期是现代通信网络最重要的一个发展阶段,它几乎奠定了未来通信网络发展的所有技术基础,如数字技术、分组交换技术等奠定了未来网络实现综合业务的基础。

第三阶段(1995 年至今),这一时期可以说是信息通信技术发展的黄金时期,出现了

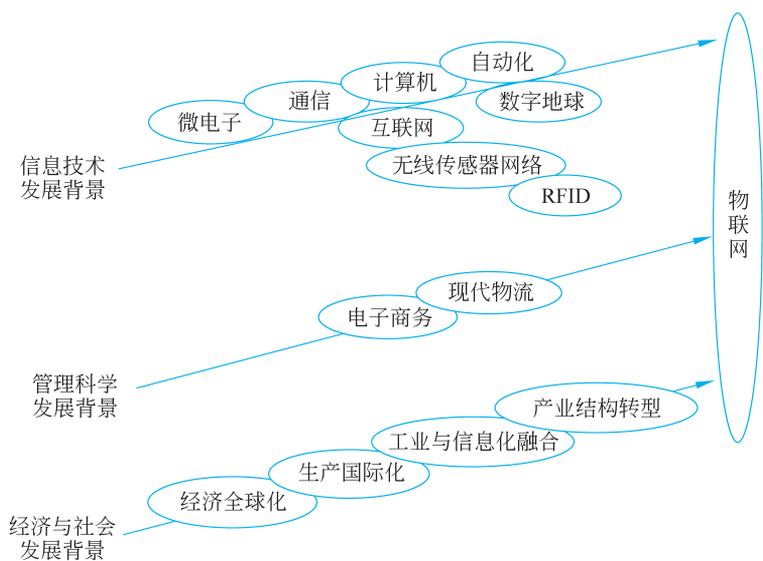


图 5.2 物联网的形成

很多新技术和新业务。这一时期骨干通信网络实现了全数字化,骨干传输网络实现了光纤化,同时数据通信业务增长迅速,独立于业务网的传送网也已形成。

5.1.2 通信网络的关键技术

为了实现网络通信,需要使用交换技术。网络用户之间不再直接通信,而是经过交换机进行链路连接。

常用的交换方式有两种。

(1) 电路交换:用于语音通信。在两个用户通话之前,系统需要为两个用户连接一条链路,供通信双方专用。等通信结束后,系统会释放该链路,以便其他用户使用。

(2) 分组交换:用于数据通信。在数据传输过程中,不需要专门链路,而是根据路由情况,选择合适的路径传输数据。

对网络发展影响最大的技术主要有以下 3 种。

(1) 计算机技术。硬件方面,计算成本下降,计算能力大大提高;软件方面,分布处理技术、数据库技术已发展成熟,极大地提高了大型信息处理系统的处理能力,降低了其开发成本。其影响是个人计算机得以普及,智能网(intelligent network, IN)、电信管理网得以实现,这些为下一步的网络智能以及业务智能奠定了基础。另外,终端智能化使得许多原来由网络执行的控制和处理功能可以转移到终端来完成,骨干网的功能可由此而简化,这有利于提高其稳定性和信息吞吐能力。

(2) 光传输技术。大容量光传输技术的成熟和成本的下降,使得基于光纤的传输系统在骨干网中迅速普及并取代了线缆技术。实现宽带多媒体业务,在网络带宽上已不存在问题了。

(3) Internet。1995 年后,基于 IP 技术的 Internet 的发展和迅速普及,使得数据业务

的增长速率远远超过电话业务。近几年内,数据业务等其他业务全面超越电话业务,成为运营商的主营业务和主要收入来源,促进了通信产业的进一步发展。

5.1.3 通信网络的组成

通信网络的定义:通信网络是由一定数量的节点(包括终端节点、交换节点)和连接这些节点的传输系统有机地组织在一起的,按约定的信令或协议完成任意用户间信息交换的通信体系。用户使用它可以克服空间、时间等障碍来进行有效的信息交换。

在通信网络上,信息的交换可以通过 ([方式进行。

- (1) 两个用户间进行。
- (2) 两个计算机进程间进行。
- (3) 一个用户和一个设备间进行。

交换的信息包括如下内容。

- (1) 用户信息(如话音、数据、图像等)。
- (2) 控制信息(如信令信息、路由信息等)。
- (3) 网络管理信息。

由于信息在网上通常以电或光信号的形式进行传输,因而现代通信网络又称电信网。

网络只是实现大规模、远距离通信系统的一种手段。与简单的点到点通信系统相比,它的基本任务并未改变。

通信的有效性和可靠性仍然是网络设计时要解决的两个基本问题,只是由于用户规模、业务量、服务区域的扩大,使解决这两个基本问题的手段变得复杂了。

实际的通信网络是由软件和硬件按特定方式构成的一个通信系统,每次通信都需要软硬件设施的协调配合来完成。从硬件构成来看,通信网络由终端节点、交换节点、业务节点和传输系统构成,它们完成通信网络的接入、交换和传输等基本功能。软件设施则包括信令、协议、控制、管理、计费,它们主要完成通信网络的控制、管理、运营和维护,实现通信网络的智能化。

通信网络的硬件构成主要包括以下 4 方面。

(1) 终端节点。最常见的终端节点有电话机、传真机、计算机、视频终端和专用小交换机(private branch exchange, PBX)等,它们是通信网络上信息的产生者,同时也是通信网络上信息的使用者,其主要功能是处理用户信息和信令信息。

(2) 交换节点。交换节点是通信网络的核心设备,最常见的有电话交换机、分组交换机、路由器、转发器等。交换节点负责集中、转发终端节点产生的用户信息,但它自己并不产生和使用这些信息。

(3) 业务节点。最常见的业务节点有智能网中的业务控制点(service control point, SCP)、智能外部设备、语音信箱系统,以及 Internet 上的各种信息服务器等。它们通常由连接到通信网络中的计算机系统、数据库系统组成。

(4) 传输系统。传输系统为信息的传输提供传输信道,并将网络节点连接在一起。通常传输系统的硬件组成应包括线路接口设备、传输媒介、交叉连接设备 etc 部分。

5.1.4 通信网络的分类

通信产业经过 100 多年的发展,已经形成了错综复杂的网络体系,对它们可以按照不同的标准进行分类。

(1) 按业务类型,可以将通信网络分为电话通信网络(如 PSTN、移动通信网络等)、数据通信网络(如 X.25、Internet、帧中继网等)、广播电视网等。

(2) 按空间距离,可以将通信网络分为广域网(wide area network, WAN)、城域网(metropolitan area network, MAN)和局域网(local area network, LAN)。

(3) 按信号传输方式,可以将通信网络分为模拟通信网络和数字通信网络。

(4) 按运营方式,可以将通信网络分为公用通信网络和专用通信网络。

5.1.5 通信网络的拓扑

网络的拓扑结构是一个非常重要的内容,认识一个复杂的网络,最重要的是要搞清楚它的拓扑结构。这是一种与网络规划、设计及网络性能有关的划分方法。

拓扑的概念源于图论,从拓扑学的观点来看,将计算机网络中所有节点抽象为“点”,通信链路抽象为“线”,形成点、线构成的几何图形。采用拓扑学方法将网络抽象成几何图形,称其为网络的拓扑结构。

1. 网状网

网状网的结构如图 5.3(a)所示。它是一种完全互连的网,网内任意两节点间均由直达线路连接, N 个节点的网络需要 $N(N-1)/2$ 条传输链路。

其优点是线路冗余度大,网络可靠性高,任意两点间可直接通信;缺点是线路利用率低,网络成本高,另外,网络的扩容也不方便,每增加一个节点,就需增加 N 条线路。

网状结构通常用于节点数目少,又有很高可靠性要求的场合。

2. 星状网

星状网的结构如图 5.3(b)所示。星状网又称辐射网,该结构与网状网相比,增加了一个中心转接节点,其他节点都与转接节点有线路相连。 N 个节点的星状网需要 $N-1$ 条传输链路。

其优点是降低了传输链路的成本,提高了线路的利用率;缺点是网络的可靠性差,一旦中心转接节点发生故障或转接能力不足时,全网的通信都会受到影响。

通常在传输链路费用高于转接设备、可靠性要求又不高的场合,可以采用星状结构,以降低建网成本。

3. 复合型网

复合型网的结构如图 5.3(c)所示。它是由网状网和星状网复合而成的。它以星状网为基础,在业务量较大的转接交换中心之间采用网状网结构,因而整个网络结构比较经济,且稳定性较好。

由于复合型网兼具了星状网和网状网的优点,因此目前在规模较大的局域网和电信骨干网中广泛采用分级的复合型网络结构。

4. 总线网

总线网的结构如图 5.3(d)所示。它属于共享传输介质型网络,总线网中的所有节点都连至一个公共的总线上,任何时候只允许一个用户占用总线发送或接收数据。

其优点是需要的传输链路少,节点间通信无须转接节点,控制方式简单,增减节点也很方便;缺点是网络服务性能的稳定性差,节点数目不宜过多,网络覆盖范围也较小。

总线结构主要用于计算机局域网、电信接入网等网络中。

5. 环状网

环状网的结构如图 5.3(e)所示。该结构中所有节点首尾相连,组成一个环。 N 个节点的环状网需要 N 条传输链路。环状网可以是单向环,也可以是双向环。

其优点是结构简单,容易实现,双向自愈环状结构可以对网络进行自动保护;缺点是节点数较多时转接时延无法控制,并且环状结构不好扩容,每加入一个节点都要破坏。

环状结构目前主要用于计算机局域网、光纤接入网、城域网、光传输网等网络中。

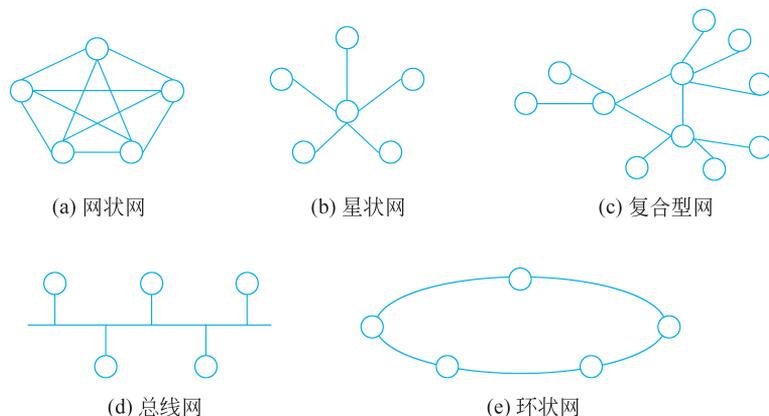


图 5.3 通信网络的拓扑结构

5.1.6 交换技术

实现通信网络的方法主要有两种。

(1) 在任意两个用户之间提供点到点的连接,从而构成一个网状网的结构,如图 5.4(a)所示。

该方法中每对用户之间都需要独占一个永久的通信线路,由于该方法存在着巨大的浪费并且不便集中管理,故不适用于构建大型广域通信网络。

(2) 在网络中引入交换节点,组建交换式网络,如图 5.4(b)所示。

在交换式网络中,用户终端都通过用户线与交换节点相连,交换节点之间通过中继线相连,任何两个用户之间的通信都要通过交换节点进行转接交换。

在网络中,交换节点负责用户的接入、业务量的集中、用户通信连接的创建、信道资源的分配、用户信息的转发,以及必要的网络管理与控制功能的实现。

交换的真正含义是让网络根据用户实际的需求为其分配通信所需的网络资源,即用

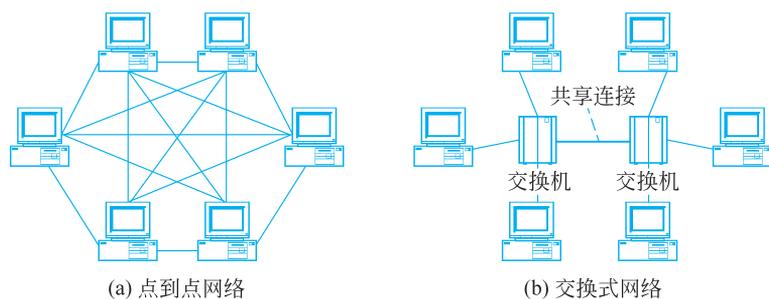


图 5.4 通信网络

户有通信需求时,网络为其分配资源,通信结束后,网络再回收分配给用户的资源,让其他用户使用,从而达到网络资源共享,降低通信成本的目的。

其中,网络负责管理和分配的最重要资源就是通信线路上的带宽资源。

在交换式网络中,用户终端至交换节点可以使用有线接入方式,也可以采用无线接入方式,可以采用点到点的接入方式,也可以采用共享介质的接入方式。

传统有线电话网中使用有线、点到点的接入方式,即每个用户使用一条单独的双绞线接入交换节点。如果多个用户采用共享介质方式接入交换节点,则需解决多址接入的问题。目前常用的多址接入方式有频分多址(frequency division multiple access, FDMA)、时分多址(time division multiple access, TDMA)、码分多址(code division multiple access, CDMA)等。

交换式网络主要有以下两个优点。

(1) 大量的用户可以通过交换节点连到骨干通信网络上。由于大多数用户并不是永久地处于通信状态,因此骨干网上交换节点间可以用少量的中继线路以共享的方式为大量用户服务,这样大大降低了骨干网的建设成本。

(2) 交换节点的引入也增加了网络扩容的方便性,便于网络的控制与管理。实际中的大型交换网络都是由多级复合型网络构成的,为用户建立的通信连接往往涉及多段线路、多个交换节点。

5.2 数据通信网络

5.2.1 数据通信的概念

数据通信是指由源点产生的数据,按照一定的通信协议,形成数据流在信道中传送到终点的过程。主要是人机或机机通信。

数据通信包括数据传输、数据交换和数据处理 3 部分。所以,数据通信研究的内容包括传输、通信接口和通信处理 3 方面。

5.2.2 数据通信系统

1. 数据通信系统的组成

数据通信系统由以下 3 部分组成。

- (1) 终端设备子系统,由数据终端设备及有关的传输控制设备组成。
- (2) 数据传输子系统,由传输信道和两端的数据电路终端设备组成。
- (3) 数据处理子系统,指包括通信控制器在内的电子计算机。

2. 数据通信系统的分类

按照不同的划分标准,数据通信系统可划分为不同的类型。

- (1) 按照传输和设备子系统是否与处理子系统相连接,可分为脱机系统和联机系统。
- (2) 按照处理子系统对数据处理的形式,可分为联机实时系统、远程批处理系统和分时处理系统。

在一个通信系统中,任意两台设备之间直接相连是不切实际的。有效的解决方法是把所有设备都连接到一个通信网络上。

数据通信网络由硬件和软件两部分组成,硬件指数据传输设备、数据交换设备和通信线路等,软件指支持硬件配置实现网络协议功能的各种程序。

(3) 按照覆盖的物理范围不同,可分为如下 4 种。

① 广域网(WAN),指覆盖范围很广的远程网络,由节点交换机及其连接的线路组成。目前主要采用分组交换技术。

② 局域网(LAN),指通过通信线路,把较小地域范围内的各种设备连接在一起的通信网络。

③ 城域网(MAN),指覆盖范围界于前两者之间的,面向企业的公用网络。

④ 个域网(PAN),指个体附件的小范围网络。

无线网络可分 3 类:系统互连网络、无线 LAN 和无线网络。

数据通信网络又称计算机网络,是通信技术与计算机技术密切结合的产物,如图 5.5 所示。



图 5.5 基于电话网的计算机网络

这两种技术既相互渗透又密切结合,主要体现在两方面。

- (1) 通信技术为多台计算机之间进行信息传输和交换提供了必要的手段。
 - (2) 计算机技术应用于各个通信领域,极大地提高了通信系统的各项性能。
- 计算机网络已经历了由单一网络向互联网发展的过程,如图 5.6 所示。

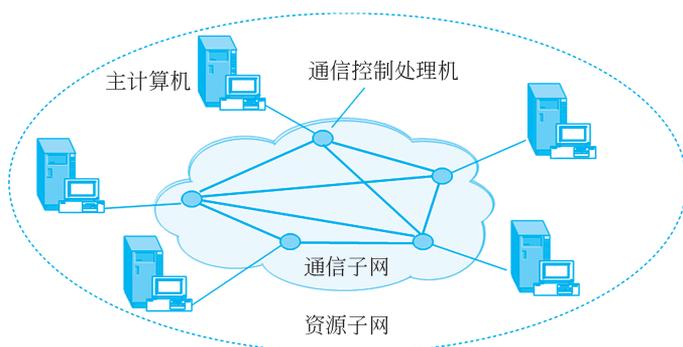


图 5.6 基于通信子网的计算机网络

5.3 互联网技术

5.3.1 互联网的概念

互联网是大家最熟悉的通信网络,它已经成为我们日常生活中的一部分。互联网是构成计算机网络的基础,如图 5.7 所示。

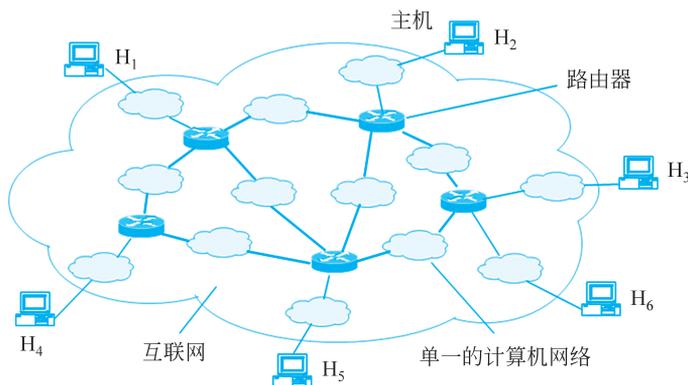


图 5.7 基于互联网的计算机网络

TCP/IP 体系结构以网络互连为基础,提供了一个建立不同计算机网络间通信的标准框架。目前,几乎所有的计算机设备和操作系统都支持该体系结构,它已经成为通信网络的工业标准。

5.3.2 互联网协议

1. OSI 参考模型

OSI(open system interconnection, 开放系统互连)参考模型是国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)在 1977 年提出的开放系统互连协议的标准框架。这里“开放”的含义是指任何两个遵守 OSI 标准的系统均可进行互连。

如图 5.8 所示,OSI 参考模型可以分为 7 个独立层次,各层的具体功能如下。

- (1) 应用层: 为用户提供到 OSI 环境的接入和分布式信息服务。
- (2) 表示层: 将应用进程与不同的数据表示方法独立开来。
- (3) 会话层: 为应用间的通信提供控制结构,包括建立、管理、终止应用之间的会话。
- (4) 传输层: 为两个端点之间提供可靠的、透明的数据传输,以及端到端的差错恢复和流量控制能力。
- (5) 网络层: 使高层与连接建立所使用的数据传输和交换技术独立开来,并负责建立、保持、终止一个连接。
- (6) 数据链路层: 发送带有必需的同步、差错控制和流量控制信息的数据块(帧),保证物理链路上数据传输的可靠性。
- (7) 物理层: 负责物理介质上无结构的比特流传输,定义接入物理介质的、机械的、电气的、功能的特性。

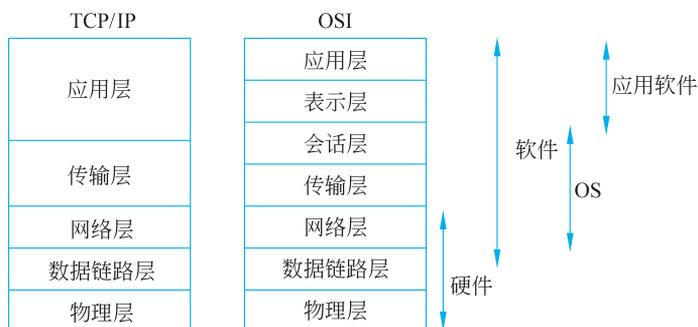


图 5.8 TCP/IP 与 OSI 参考模型

2. TCP/IP 参考模型

TCP/IP 参考模型可以分为 5 个独立层次,各层的具体功能如下。

- (1) 应用层: 包含支持不同的用户应用的应用逻辑。每种不同的应用层需要一个与之相对应的独立模块来支持。
 - (2) 传输层: 为应用层提供可靠的数据传输机制。对每个应用,传输层保证所有的数据都能到达目的地应用,并且保证数据按照其发送时的顺序到达。
 - (3) 网络层: 执行在不同网络之间互联网协议(internet protocol, IP)分组的转发和路由的选择。其中,使用 IP 执行转发,使用 RIP、OSPF、BGP 等发现和维持路由,人们习惯上将该层简称为 IP 层。
 - (4) 数据链路层: 负责一个端系统和它所在的网络之间的数据交换。
 - (5) 物理层: 定义数据传输设备与物理介质或它所连接的网络之间的物理接口。
- 互联网的成功主要归功于 TCP/IP 的简单性和开放性。
- 从技术上看,TCP/IP 的主要贡献在于,明确了异构网络之间基于网络层实现互连的思想。