

计算机 网络与通信

朱恺 吉逸 方宁生 编著

以TCP/IP为主线
贯穿始终

- 由点及面、由浅入深讲解网络知识
- 以计算机网络技术为主，涵盖通信技术和通信网络



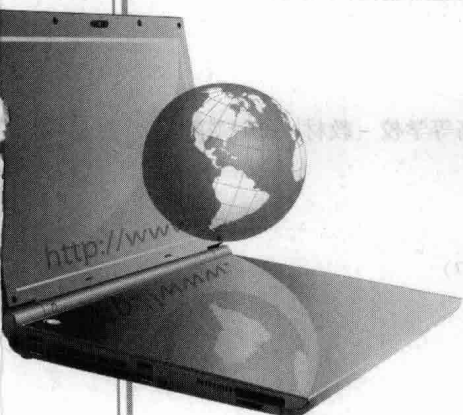
机械工业出版社
China Machine Press

国家示范性软件学院系列教材

计算机 网络与通信

以TCP/IP为主线

- 由点及面、由浅入深讲解网络知识
- 以计算机网络技术为主，涵盖通信技术和通信网络



机械工业出版社
China Machine Press

前言

写作目的

计算机网络技术是信息革命的一个重要发展动力,也是信息学科中一个重要的知识点。计算机网络技术的迅猛发展来自于计算机技术和通信技术的结合。通信技术的历史远长于计算机技术,虽然有不少通信技术因过时而不再使用,但通信的原理对正确理解网络的工作过程有着重要的指导意义。另外,虽然现在计算机网络与通信网络融合得越来越紧密,但由于历史的原因,通信网(如电信网、移动通信网、广电网络、传统的分组交换网等)有其自身的结构特点,并不是计算机网络可以囊括的。所以,如果要深入理解网络技术,除了学习计算机网络知识之外,还要学习有关通信领域的知识。

计算机网络方面的书籍虽然众多,其中不乏经典之作,但编写一本适合本科教学的计算机网络教材却是我们的一个夙愿。一方面,是希望能将这些年在网络教学和网络工程中积累的经验和心得与读者分享;另一方面,是希望能用一种更宏观的视野、更形象的叙述方式将计算机网络和通信技术等融合起来讲述,使读者在理解网络理论之外,还能明白出现在其身边的各类具体的网络形态(如电信网、移动通信网)的结构、特点和它们之间的关系。

本书特色

本书的主要特色如下:

- 以实用性为导向,以工业界的事实标准 TCP/IP 体系结构(而不是 OSI 的七层模型)为主来讲解计算机网络技术。
- 以计算机网络技术为主,同时介绍了通信技术和通信网络,使得读者能更全面、更深入地理解和掌握网络技术。
- 比较详细地介绍了几类通信网络(电信网、移动通信网、SDH 网络等)的工作原理和工作特点。
- 内容组织灵活,部分章节可作为选讲内容,教师可根据实际教学情况合理安排教学内容和课时。
- 注重知识的实用性。

教学建议

本书共分 11 章,第 1~4 章介绍计算机网络与通信技术的基础知识;第 5~8 章介绍主要的计算机网络与通信网(如以太网、令牌环网、电信网、ATM 网络等)的工作原理、组织结构和特点,除此之外还介绍了主要的网络设备的工作特点;第 9~10 章介绍网络管理和网络安全知识;第 11 章介绍网络工程的基础知识。书中标有“*”号的为选讲内容,教师可根据实际需求灵活安排。本书具体的教学建议如下表所示。

章 节	内 容	建议学时
第1章 概述	掌握计算机网络的定义、发展历史、拓扑结构、功能、分类等	2
第2章 数据通信系统	掌握常见的数据编码格式、数字调制技术、PCM 编码过程、数据差错控制方法、多路复用技术及传输介质等	5
第3章 网络交换技术	掌握三种网络交换技术的特点、应用场合	2
第4章 网络体系结构	掌握 OSI 体系结构的层次划分及各层的作用，掌握 OSI 及 TCP/IP 体系结构各自的特点	2
第5章 Internet 的协议及应用	了解 Internet 的发展历史，掌握 Internet 中所使用的各类网络协议	4
第6章 局域网技术	了解局域网的概念、分类等，掌握局域网的拓扑结构、传输介质，掌握不同类型局域网的工作特点	6
第7章 广域网技术	了解广域网的概念，掌握几种常见广域网的工作原理和工作特点	5
第8章 网络互联技术	掌握网络互联的概念，掌握常见的网络互联设备及应用场合，掌握局域网互联和广域网互联所使用的网络协议，掌握常见的接入网技术	6
第9章 网络管理	掌握网络管理系统的结构，掌握 SNMP 协议，了解常见的网络操作系统	2
第10章 网络安全	掌握网络安全的概念，掌握常用的密码技术、身份认证、数字签名及通信安全技术	4
第11章 网络工程	掌握网络工程所涉及的各个步骤，掌握网络规划和设计的特点，掌握综合布线的工程原理和要点	2

致谢

将计算机网络和通信网展开讲解足以编出四五本相关教材，如何合理取舍教材内容，如何在精简的篇幅中以直观方式叙述，真的是一件颇费脑筋的事。本书的大纲结构先后四次改动，内容也是几经增、删，好多次感觉无法继续，欲中途放弃，但所幸得到东南大学软件学院的鼓励和支持，才坚持下来，终于成稿。在此，特向学院的各位同事表示真挚的感谢。

本书由朱恺、吉逸、方宁生合编，吉逸负责第1章、第11章的编写，方宁生负责第9章的编写，其余章由朱恺编写，全文最后由朱恺统稿。由于编者水平有限，书中疏漏、不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者
2010 年 4 月于东南大学

目 录

前言

第1章 概述..... 1

1.1 计算机网络的历史和发展 1

1.1.1 计算机网络的概念 1

1.1.2 计算机网络的历史 2

1.1.3 计算机网络的新发展 4

1.2 计算机网络的组成和分类 6

1.2.1 计算机网络拓扑结构 6

1.2.2 计算机网络的组成 7

1.2.3 计算机网络的分类 9

1.3 计算机网络的功能和应用 13

1.3.1 计算机网络的功能 13

1.3.2 计算机网络的应用 13

1.4 通信网与计算机网络 14

1.4.1 通信网的概念和特点 14

1.4.2 通信网的发展 14

1.4.3 通信网与计算机网络的关系 15

1.5 推动计算机网络发展的国际组织 15

1.6 计算机网络在我国的发展 16

1.6.1 我国计算机网络的发展历史 16

1.6.2 我国建成的四大互联网络 17

小结 17

习题 18

第2章 数据通信系统 19

2.1 通信系统基础 19

2.1.1 信息、数据和信号 19

2.1.2 通信系统的构成 19

2.2 信号分析基础 21

2.2.1 信号的时域分析 21

2.2.2 信号的频域分析 21

2.2.3 信道特性 23

2.3 数据通信系统 24

2.3.1 数据通信系统的组成 24

2.3.2 数据传输 25

2.4 数据编码技术 26

2.4.1 归零码 27

2.4.2 不归零码 27

2.4.3 曼彻斯特码 28

2.4.4 差分曼彻斯特码 28

2.5 数字调制技术 28

2.5.1 幅移键控 29

2.5.2 频移键控 29

2.5.3 相移键控 29

2.6 脉冲编码调制 29

2.7 数据传输技术 30

2.7.1 单工、半双工、全双工 30

2.7.2 基带传输和频带传输 31

2.8 差错控制 31

2.8.1 奇偶校验码 32

2.8.2 海明码 32

2.8.3 循环冗余码 33

2.9 多路复用技术 34

2.9.1 频分复用 34

2.9.2 时分复用 34

2.9.3 波分复用 35

2.9.4 数字传输系统 36

2.10 数据同步技术 37

2.10.1 基于异步方式的同步技术 37

2.10.2 基于同步方式的同步技术 37

2.11 传输介质 38

2.11.1 同轴电缆 38

2.11.2 双绞线 38

2.11.3 光纤 39

2.11.4 无线传输 39

小结 41

习题 42

第3章 网络交换技术 43

3.1 网络交换技术概述 43

3.2 线路交换 43

3.2.1 线路交换的原理 43

3.2.2 线路交换的特点 44

3.3 报文交换 45

3.3.1 报文交换的原理	45	5.3.3 UDP 协议	88
3.3.2 报文交换的特点	46	5.4 应用层协议及应用服务	88
3.4 分组交换	46	5.4.1 DNS 服务	88
3.4.1 分组交换的原理	46	5.4.2 HTTP 协议	89
3.4.2 数据报方式	47	5.4.3 FTP 协议	91
3.4.3 虚电路方式	48	5.4.4 Telnet 协议	92
3.5 三种交换方式的比较	48	5.4.5 E-mail 服务	92
小结	49	小结	93
习题	50	习题	94
第4章 网络体系结构	51	第6章 局域网技术	95
4.1 网络体系结构的概念	51	6.1 局域网概述	95
4.2 OSI 体系结构	51	6.2 局域网拓扑结构	95
4.2.1 OSI 体系结构介绍	51	6.3 局域网中的设备	96
4.2.2 层与层之间的关系	52	6.3.1 局域网的传输介质	96
4.2.3 物理层	54	6.3.2 网络接口卡	97
4.2.4 数据链路层	55	6.4 局域网体系结构	97
4.2.5 网络层	59	6.4.1 局域网的分层	97
4.2.6 传输层	61	6.4.2 LLC 帧和 MAC 帧	99
4.2.7 会话层	63	6.5 以太网	100
4.2.8 表示层	65	6.5.1 以太网概述	100
4.2.9 应用层	66	6.5.2 介质访问控制方式	101
4.3 TCP/IP 体系结构	67	6.5.3 不同类型的以太网	104
4.4 两种体系结构的比较	67	6.6 令牌环网	106
4.5 其他网络体系结构	68	6.6.1 令牌环网概述	106
小结	70	6.6.2 介质访问控制方式	106
习题	70	6.6.3 FDDI	107
第5章 Internet 的协议及应用	72	6.7 令牌总线	108
5.1 Internet 简介	72	6.8 无线局域网	108
5.1.1 Internet 的发展历史	72	小结	109
5.1.2 Internet 管理机构	74	习题	110
5.1.3 Internet 中的网络协议	75	第7章 广域网技术	111
5.2 网际层协议	76	7.1 广域网概述	111
5.2.1 概述	76	7.1.1 广域网的概念	111
5.2.2 IP 地址	77	7.1.2 广域网的帧结构	112
5.2.3 IP 数据包格式	78	7.2 PSTN	114
5.2.4 IP 地址转换技术	79	7.2.1 PSTN 的设备	114
5.2.5 ARP 和 RARP 协议	81	7.2.2 PSTN 的网络结构	114
5.2.6 ICMP 协议	83	*7.2.3 信令系统	115
5.2.7 IPv6	83	*7.2.4 我国电话网的组织	116
5.3 传输层协议	84	*7.2.5 电话网的路由选择	116
5.3.1 服务端口号	84	*7.2.6 电话网的业务指标	118
5.3.2 TCP 协议	85	7.3 X.25 网络	120

7.3.1 X.25 网络的体系结构	120	8.5.2 以太网接入	154
7.3.2 X.25 网络的组成	122	8.5.3 电话铜线接入	154
7.4 帧中继网络	123	8.5.4 无线本地环路	155
7.4.1 帧中继网络的体系结构	123	8.5.5 HFC 接入	155
7.4.2 帧中继网络的组成	124	8.5.6 光纤接入	156
7.4.3 帧中继的拥塞控制	125	小结	158
7.4.4 帧中继和 X.25 比较	125	习题	158
7.5 ISDN 网络	125	第9章 网络管理	160
7.6 ATM 网络	126	9.1 网络管理概述	160
7.6.1 ATM 信元结构	126	9.1.1 网络管理系统的组成	160
7.6.2 ATM 网络的体系结构	127	9.1.2 网络管理的功能	161
7.6.3 ATM 网络的特点	129	9.2 简单网络管理协议	162
7.7 DDN	129	9.2.1 SNMP 协议基本操作	162
7.7.1 DDN 的组成	129	9.2.2 MIB 结构	162
7.7.2 DDN 的用户接入方式	131	9.2.3 SNMP 报文格式	163
7.7.3 DDN 的特点	132	9.2.4 网络管理系统示例	165
7.8 移动通信网络	132	9.3 网络操作系统	166
7.8.1 小区/蜂窝制网络覆盖	133	9.3.1 Windows NT/Windows Server 2008	167
7.8.2 GSM 系统	133	9.3.2 Netware	167
7.8.3 CDMA 系统	135	9.3.3 UNIX	167
7.9 SDH 传输网	136	9.3.4 Linux	168
7.9.1 SDH 的帧结构	136	*9.4 电信管理网	168
7.9.2 SDH 传输网的特点	138	小结	170
小结	138	习题	170
习题	140	第10章 网络安全	171
第8章 网络互联技术	141	10.1 网络安全概述	171
8.1 网络互联原理	141	10.1.1 网络安全的定义	171
8.2 网络互联设备	141	10.1.2 网络中存在的安全威胁	171
8.2.1 中继器、集线器	141	10.1.3 网络安全的特性	172
8.2.2 网桥、交换机	142	10.1.4 网络安全技术	172
8.2.3 路由器	145	10.2 密码技术基础	173
8.2.4 网关	146	10.2.1 密码技术概述	173
8.3 局域网互联	146	10.2.2 古典密码技术	174
8.3.1 并行网桥及生成树协议	146	10.2.3 对称密钥体制及 DES 算法	174
8.3.2 交换机的级联方式	147	10.2.4 非对称密钥体制及 RSA 算法	176
8.3.3 虚拟局域网	148	10.3 身份认证	177
8.4 路由协议	149	10.3.1 基于对称密钥认证	177
8.4.1 路由模式分类	149	10.3.2 基于公开密钥认证	178
8.4.2 V-D 路由算法及 RIP 协议	149	10.4 数字签名	178
8.4.3 L-S 路由算法及 OSPF 协议	152	10.4.1 基于对称密钥的数字签名	178
8.5 接入网技术	153		
8.5.1 接入网标准	153		

10.4.2 基于公开密钥的数字签名	179	11.2.1 网络规划	188
10.4.3 报文摘要	180	11.2.2 网络设计	188
10.5 通信安全	181	*11.2.3 网络仿真软件 OPNET	189
10.5.1 防火墙	181	11.3 综合布线系统	191
10.5.2 入侵检测	182	11.3.1 综合布线系统的特点	191
10.5.3 VPN	183	11.3.2 综合布线系统的标准	192
小结	184	11.3.3 综合布线系统的构成	192
习题	185	小结	196
第 11 章 网络工程	187	习题	196
11.1 网络工程概述	187	参考文献	197
11.2 网络规划与设计	188		

概 述

早期的计算机系统是高度集中的，所有的设备安装在单独的大房间中，各计算机之间是独立运行。后来，为了提高计算机运算效率，出现了批处理和分时系统，20 世纪 50 年代中后期，许多系统都将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上，这样就出现了计算机网络的雏形。随着计算机之间信息交互的需求的迅速发展，各种计算机之间通信的规定（协议）被制定出来，使得所有满足这些协议的计算机系统都可以相连在一张网络上，这张网络从最初美国国防部高级研究计划管理局（Advanced Research Projects Agency, ARPA）的 ARPAnet 开始，逐步发展成为今天我们耳熟能详的因特网（Internet）。

今天计算机网络的蓬勃发展，得益于计算机技术和通信技术的融合。长期以来，通信是网络发展的重要动力，但历史上，通信网往往是指传统的电信网络，由电信运营商负责运营，其承载的业务也比较单一，但通信网在发展的过程中产生的技术、协议都成为计算机网络的宝贵财富，得以传承与发展；同时，计算机技术的飞速发展，也提高了通信网络的信息处理和传送能力，丰富了网络上的运营业务，网络的结构也发生了很多变化，从传统的电信运营商掌控全网，逐渐演变成各单位可以自行组建、维护局域网络。网络应用又由原来以话音业务为主，演变成文字、图像、音频和视频等多媒体业务。计算机技术和通信技术的结合，成就了今天的计算机网络的革命性进步，成为信息革命中的一支重要力量。

1.1 计算机网络的历史和发展

1.1.1 计算机网络的概念

1. 计算机技术的发展

计算机是 20 世纪末人类最伟大的发明之一，它极大地提高了人类的计算能力，为信息技术革命提供了重要的技术基础。

1946 年，世界上第一台电子计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚摩尔学院建成，它由 18000 个真空管组成，占地 170 m^2 ，重 30 t （见图 1-1）。20 世纪 40 年代末到 50 年代中期的计算机都采用电子管为主要元件，称为第一代计算机，即电子管时代的计算机。这一代计算机主要用于科学计算。

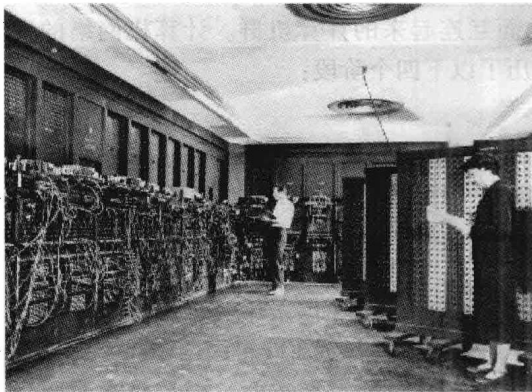


图 1-1 第一台电子计算机 ENIAC



图 1-2 ENIAC 的设计师埃克特和莫克利

20 世纪 50 年代中期,晶体管取代电子管,大大缩小了计算机的体积,降低了成本,同时将运算速度提高了近百倍,这个时代的计算机称为第二代计算机,即晶体管时代的计算机。在应用上,计算机不仅用于科学计算,而且开始用于数据处理和过程控制。

20 世纪 60 年代中期,集成电路的问世导致了由中、小规模集成电路构成的第三代计算机的问世。这一时期,实时系统和计算机通信网络有了一定的发展。

20 世纪 70 年代初,出现了以大规模集成电路为主体的第四代计算机。这一代计算机的体积进一步缩小,性能进一步提高,发展了并行技术和多机系统,出现了精简指令集计算机 RISC (Reduced Instruction Set Computer)。微型计算机也是在第四代计算机时代产生的。

如今的第五代计算机,其主要目标是采用超大规模集成电路,在系统结构上类似于人脑的神经网络,在材料上使用常温超导材料和光器件,在计算机结构上采用超并行的数据流计算等。

2. 通信技术的发展

通信技术则是一门起源更早的技术,早在 1837 年,美国人莫尔斯就发明了电报,它利用电磁波作载体,通过编码和相应的电处理技术实现了人类远距离通信的梦想。1876 年,美国发明家贝尔发明电话,在这之后的百余年里,电信网络经历了人工交换板、拨号盘、自动电话交换机、程控电话交换机等多个重要技术时期,今天,电信网络已经连接全球的各个大洲,极大地拓展了人类通信的能力。

从 20 世纪 50 年代开始,科学家开始研究将通信技术与计算机技术相结合,解决计算机等数字设备的通信问题,计算机网络的发展就此开始。

3. 计算机网络的概念

关于计算机网络这一概念的描述,从不同的角度出发,可以给出不同的定义。一般来说,计算机网络可以理解为:是将分布在不同地理位置上具有独立工作能力的多台计算机、终端及其附属设备用通信设备和通信线路连接起来,并配置网络软件,以实现计算机资源共享的系统。

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物,计算机网络技术和其他工业文明一样,其发展经历了从雏形到成熟的不断发展历程,在这个发展历程中,网络的技术、应用和功能都不断地在发展变革。虽然,最初研究计算机网络的目的只是希望实现异地的计算机间的资源共享,以解决数据传递的难题,但今天计算机网络的功能和应用显然已大大丰富,计算机网络不仅能够解决信息共享的问题,还能够提供诸如电子邮件、视频会议和电子商务等多媒体服务,极大地改变了人类生产与生活的方式。下面就简单回顾一下计算机网络的发展历史。

1.1.2 计算机网络的历史

计算机网络的发展经历了一个从简单到复杂的过程,从为解决远程计算信息的收集和处理而形成的联机系统开始,发展到以资源共享为目的而互连起来的计算机群。计算机网络的发展源于计算机技术与通信技术的结合,其发展大致经历了以下四个阶段:

1. “主机-终端”式网络

早在 20 世纪 50 年代初,美国航空公司与 IBM 公司就开始联合研究联机的订票系统,并于 60 年代初投入使用订票系统 SABRE-1。这个系统由一台中央计算机(主机)与整个美国本土内的 2000 个终端组成。这些终端采用多点线路与中央计算机相连。这种“主机-终端”式结构可以视为计算机网络的雏形。

所谓“终端”是指不具有处理和存储能力的“计算机”。图 1-3 展示了这种以单主机互联系统为中心的互联系统,即主机面向终端系统。在这些早期的单台计算机联机网络中,已涉及多种通信技术、多种数据传输设备和数据交换设备。技术上已从单用户系统发展到了远距离的分时多用户系统。虽然联机终端网络在当时的历史条件下已充分显示了计算机与通信相结合的巨

大优势,但它仍然有严重的缺点:一是主机负荷较重,既要承担通信任务,又要进行数据处理;二是通信线路的利用率低,尤其在远距离时,分散的终端都需要独占一条通信线路,不仅通信费用昂贵而且通信线路利用率低;三是这种结构属集中控制方式,可靠性低。这期间已经使用了多点通信线路、集中器以及前端处理机。

2. 主机互联通信的计算机网络

为了克服第一代计算机网络的缺点,提高网络的可靠性和复用性,人们开始研究将多台中央计算机相连的方法。20世纪60年代中期开始,出现了若干个计算机互连的系统,开创了“计算机-计算机”通信的时代。

第二代网络是从20世纪60年代中期到70年代中期,其特点是:由多台主机互连而形成中央处理网络,为更多的终端用户提供服务,如图1-4所示。

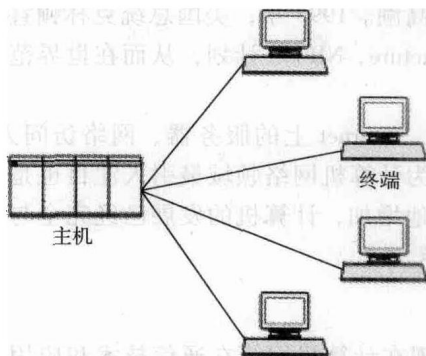


图 1-3 面向终端的单主机互联系统

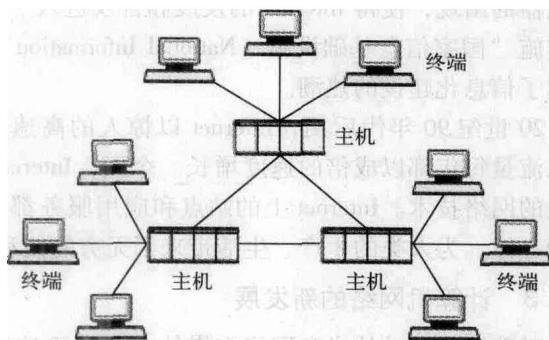


图 1-4 多台主机互联系统

这个阶段的典型代表是美国国防部高级研究计划局的 ARPANET（通常称为 ARPA 网），标志着现代意义上的计算机网络的出现。ARPANET 是在 1969 年由美国国防部高级研究计划局提供经费，联合计算机公司和大学共同研制而发展起来，主要目标是借助于通信系统，使网内各计算机系统间能够相互共享资源，最终导致一个实验性的 4 个节点网络开始运行并投入使用。到 1973 年发展到 40 个节点，而到了 1983 年已经达到 100 个计算机节点，地理上不仅跨越美国本土，而且通过卫星链路连接到夏威夷和欧洲的节点。ARPA 网所具有的资源共享、分散控制、分组交换、专用的通信控制处理机以及分层的网络协议等特点，往往被认为是现代计算机网络的一般特征。所以 ARPA 网是计算机网络技术发展的重要里程碑。

3. 具有标准化体系结构的计算机网络

在第三代网络出现以前，网络是无法实现不同厂家设备互连的，各厂家拥有自己独特的技术并开发了自己的网络体系结构，例如：IBM 公司的 SNA（System Network Architecture，系统网络体系结构）和 DEC 公司的 DNA（Digital Network Architecture，数字网络体系结构）。不同的网络体系结构是无法互连的，所以不同厂家的设备无法达到互连，即使是同一家产品在不同时期也是无法互连的，这样就阻碍了大范围网络的发展。后来，为了实现网络大范围的发展和不同厂家设备的互连，1977 年国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）提出一个标准框架——OSI（Open System Interconnection，开放系统互连）参考模型。1984 年正式发布了 OSI，使厂家设备、协议达到全网互连。

20 世纪 80 年代随着微型计算机的普及与推广应用，计算机局域网络开始盛行起来。当时采用的是具有统一的网络体系结构，并遵守国际标准的开放式和标准化的网络，它是网络发展的第三阶段。

此后，网络的标准化不断得到了各网络厂商的认同，各厂商按国际标准生产的网络设备、网

络软件可以像工业的标准件一样组合在一起共同工作，这极大地促进了计算机网络技术及应用的发展。

4. 高速、综合应用型网络

随着分组交换技术的成熟和宽带网络的建设，自 20 世纪 90 年代后计算机网络进入第四代，即高速、综合应用型网络。其中，最重要的一个代表就是 Internet。第四代计算机网络的特点是：综合应用、宽带及分布式处理。Internet 以 TCP/IP 体系结构为基础，传输介质、接入方式及网络应用服务都可以有多种方式。

1992 年，Internet 协会成立，该协会把 Internet 定义为“组织松散的、独立的国际合作互联网络”，“通过自主遵守计算协议和过程支持主机和主机间通信”。1993 年，美国伊利诺斯大学国家超级计算中心成功开发了网上浏览器 Mosaic，使得人们可以更为方便地访问 Web 站点，这种浏览器的出现，使得 Internet 的发展和普及进入一个新的高潮。1993 年，美国总统克林顿宣布正式实施“国家信息基础设施（National Information Infrastructure, NII）”计划，从而在世界范围内掀起了信息化建设的热潮。

20 世纪 90 年代后期，Internet 以惊人的高速度发展，Internet 上的服务器、网络访问人数、信息流量每年都以成倍的速度增长。今天，Internet 已成为计算机网络领域最引人注目也是发展最快的网络技术。Internet 上的站点和应用服务都在不断地增加，计算机的发展已经完全与网络融为一体，为人类的生产、生活带来了无穷的便利和乐趣。

1.1.3 计算机网络的新发展

随着无线移动技术和网络多媒体业务的迅速发展，现在计算机网络在通信技术和应用业务方面都产生了更多的研究方向，如无线网络（wireless network）、流媒体技术（stream media）、分布式计算（distributed computing）、下一代网络（next generation network）等。

1. 无线网络

无线网络是当前网络和通信业界的热门研究领域。现在的所谓宽带网络大部分都是基于有线接入方式的，人们访问网络存在着线缆连接、访问地点固定等缺陷，而无线网络将为人们提供随时随地的网络接入，极大地满足人们获取信息的需求。而无线网络的发展也将会使无线网络应用服务更加丰富，人们可以借助智能手机、个人数字助理、笔记本电脑等终端设备接入网络，进行通信、网上购物、证券交易等活动。

无线网络根据所使用的无线介质——电磁波的频段不同，可以分为很多种，如红外线、蓝牙、GSM 等。而根据网络的工作范围，无线网络常被分为：无线个人网（WPAN）、无线局域网（WLAN）、无线城域网（WMAN）和无线广域网（WWAN）四种。

无线个人网是指通信范围在 10 ~ 100 m 左右，通过无线介质（如红外、蓝牙）将各种个人网络设备连接起来，如红外鼠标、蓝牙耳机等。

无线局域网是覆盖范围在 100 ~ 300 m 左右，电磁波工作在 2.4 GHz 的无线网络，它能够提供 11 Mbit/s 的数据传输速率。目前，无线局域网采用 IEEE 所定义的 IEEE 802.11 标准。无线局域网也称为 Wi-Fi。

无线城域网是一种以城市为覆盖范围的无线网络技术，采用 IEEE 802.16 标准，其在 50 km 范围内的最高数据传输速率可达 70 Mbit/s，是一种高速的无线网络。目前，由主要的无线接入设备厂商和芯片商组成的联盟组织 WiMAX，负责对基于 IEEE 802.16 标准的产品进行兼容性和互操作测试，并发放 WiMAX 认证标志。

无线广域网一般指数字移动通信网，主要的技术标准有 GSM 和 CDMA。目前，数字移动网的带宽还多运营于语言和文字等传统业务，随着第二代移动通信（2G）向第三代移动通信

(3G)的过渡,将来的移动广域网的带宽将达到2Mbit/s以上,其承载的业务也将极大丰富。

2. 流媒体

流媒体是流式媒体技术的简称。它实现的是将传统媒体网络化,应用“流技术”在网络上传输的是多媒体文件,而“流技术”就是把连续的影像和声音等信息经过压缩处理后放到网站服务器,用户可以一边下载,一边观看、收听,而不需要等到整个压缩文件下载到自己的计算机上再进行观看或收听的网络传输技术。

“流技术”须先在用户端的计算机上开设一个缓冲区,在播放前预先下载一段多媒体文件作为缓冲,在播放缓冲内数据的同时,计算机还不断地在网络上继续下载文件,写入缓冲,这样就实现了多媒体数据边下载,边播放。

随着宽带技术的发展,流媒体技术被广泛地运用到网页中,成功实现了网上点播、在线视听、网上直播等,减少了用户因下载等待的时间,更方便地完成网络多媒体的传播功能。

3. 分布式计算

分布式计算,顾名思义,就是指将分布在不同区域的计算机联合起来,进行计算。随着网络计算的数据量越来越大,原有的计算机处理能力已显得捉襟见肘,而在网络上又有很多闲置未用的计算机,如何把这些分散在各地的计算机联合起来,充分地发挥它们的计算能力,是分布式计算最关心的问题。

因此,分布式计算主要研究如何把一个需要非常巨大的计算能力才能解决的问题分成许多小的部分,然后把这些部分分配给许多计算机进行处理,最后把这些计算结果综合起来得到最终的结果。分布式计算会被应用于大数据量的科学计算(如气象、水文地理信息等)、Web搜索等领域。

分布式计算技术在商业领域的最新发展是由IBM等公司提出的“云计算”技术。“云”的概念来源于网络,具体是指一些可以自我维护 and 管理的虚拟计算机资源,通常为一些大型的服务器集群,包括计算服务器、存储服务器、宽带网络资源等。

云计算实际上是一种信息服务的全新商业运营模式,在这种模式中,由一些大型的云计算公司提供各种云计算服务,所有的数据计算、数据存储都在“云”端完成,用户本地计算机的硬件设置和软件配置可以最大程度地简化,理想情况下,只要保留有网络浏览器,能够连上云计算公司的服务器,就可以完成各种工作。比如,一个公司准备带一些产品资料(包括文档、图片和视频等)给国外的客户以介绍自己的产品,公司的经理打开计算机,使用浏览器访问云公司的服务器,进入相应的编辑页面,就可以编写产品的说明,制作公司宣传片(而不需要在本地计算机上安装各种复杂的文字、视频处理软件),编辑好各种资料后,将这些资料存储在云存储器中(而不需要存储在本地的存储器中,无需担心存储空间不够),之后,他告诉客户自己资料的网络访问地址,对方就可以从云服务器上看到产品资料。

云计算运营模式将所有的计算资源集中起来,并由云计算公司统一运营,提供服务。就好比供电公司为用户提供电力供应一样,用户并不需要知道如何发电、如何配送电,就可以方便地使用电力。同样,云计算用户可以无需为繁琐的软、硬件细节而操心,而更专注于自己的业务,这样有利于降低运营成本。

云计算可以使网络应用更方便简单,同时由于服务器由云公司统一运营,网络的安全性、可靠性更好,网络协议、网络数据格式等兼容性也更好。用户使用云计算服务就好像是在租用云计算公司的服务器、网络带宽资源等,比自己独自去建立并管理服务器等要更节省成本。

4. 下一代网络

下一代网络是以IP技术为基础、以软交换为核心的新型公共电信网络,能够提供包括语音、数据、视频和多媒体业务的基于分组技术的综合开放的网络架构,代表了通信网络发展的方向。

下一代网络具有分组传送, 控制功能从承载、呼叫/会话、应用/业务中分离, 业务提供与网络分离, 提供开放接口, 利用各基本的业务组成模块, 提供广泛的业务和应用, 端到端服务质量和透明的传输能力, 通过开放的接口规范与传统网络实现互通、通用移动性、允许用户自由地接入不同业务提供商、支持多样标志体系, 融合固定与移动业务等特征。

国际电信联盟电信标准化部门 (ITU-T) 将下一代网络应具有的基本特征概括为以下几点: 多业务 (话音与数据、固定与移动、点到点与广播的会聚)、宽带化 (具有端到端透明性)、分组化、开放性 (控制功能与承载能力分离, 业务功能与传送功能分离, 用户接入与业务提供分离)、移动性、兼容性 (与现有网的互通)。除此之外, 安全性和可管理性 (包括服务质量的保证) 是电信运营公司和用户所普遍关心的, 也是下一代网络与目前的 Internet 的主要区别。

下一代网络是传统电信技术发展和演进的一个重要里程碑。从网络特征和网络发展上看, 它源于传统智能网的业务和呼叫控制相分离的基本理念, 并将承载网络分组化、用户接入多样化等网络技术思路在统一的网络体系结构下加以实现。因此, 准确地说, 下一代网络并不是一场技术革命, 而是一种网络体系结构的革命。它继承了现有电信技术的优势, 以软交换为控制核心, 以分组交换网络为传输平台, 结合多种接入方式 (包括固定网、移动网等), 与现有技术相比具有明显的优势。

1.2 计算机网络的组成和分类

1.2.1 计算机网络拓扑结构

计算机网络拓扑结构, 是指计算机网络中各个节点相互连接的方法和形式。连接在网络上的计算机、网络器件、高速打印机等设备均可看成是网络上的一个节点。网络拓扑结构反映了组网的一种几何形式。计算机网络中基本的拓扑结构有总线型、星型和环型。除此之外, 还有树形拓扑、混合形拓扑等。不同的网络拓扑结构各有其优缺点, 一般在选择网络拓扑结构时, 应该考虑到可靠性、费用、灵活性等因素。另外, 拓扑结构的选择也往往与传输介质和介质访问控制方式相关。

1. 总线型拓扑结构

总线拓扑结构采用一个信道作为传输介质, 所有站点都通过相应的硬件接口直接连到这一公共传输介质上, 该公共传输介质即称为总线。任何一个站发送的信号都沿着传输介质传播, 而且能被所有其他站所接收。总线拓扑结构如图 1-5 所示。

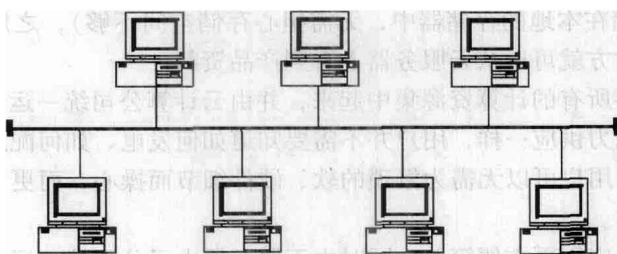


图 1-5 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构在局域网中得到广泛的应用, 它的优点是: 安装方便, 扩充或删除一个节点很容易, 不需停止网络的正常工作, 节点的故障不会殃及系统。由于各个节点共用一个总线作为数据通路, 信道的利用率高。但总线结构也有其缺点: 由于信道共享, 连接的节点不宜过多, 并

且总线自身的故障可以导致系统的崩溃。

2. 星型拓扑结构

星型拓扑结构是中间节点和各从节点通过点到点链路连接而成。中间节点执行集中式通信控制策略,各个从节点之间的通信必须经过中间节点转发。星型拓扑结构中,中间节点可以为集线器(hub)或交换机(switch),其他从节点为服务器或工作站;通信介质为双绞线或光纤等。其结构如图1-6所示。

星型拓扑结构的优点为:信息传输速度快,安装容易,结构简单,费用低。故障诊断容易,如果网络中的从节点或者通信介质出现问题,只会影响到该节点的通信,不会涉及整个网络,从而比较容易判断故障的位置。星型拓扑结构虽有许多优点,但也有缺点:网络扩展受中间节点的接口能力限制。从节点对中间节点的依赖性强,如果中间节点出现故障,则全部网络不能正常工作。

3. 环型拓扑结构

环型拓扑结构网络是由各主机节点或中继器节点连接到一个闭合的环型链路上。在环型网中,所有的节点都共享这条环型的通信信道。其结构如图1-7所示。

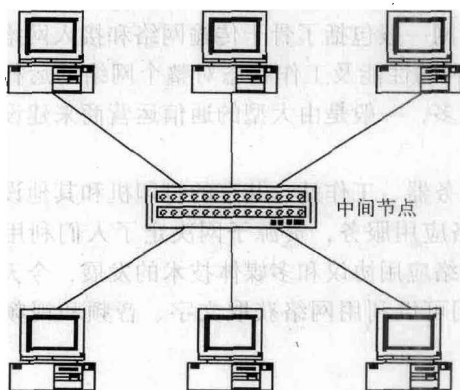


图 1-6 星型拓扑结构

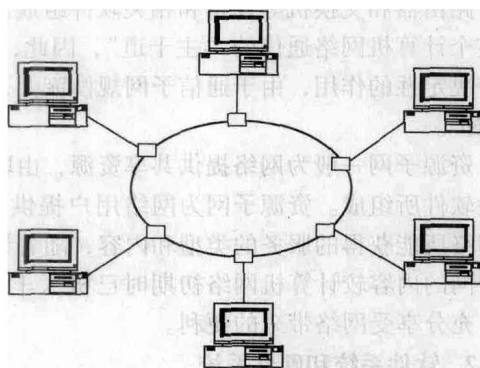


图 1-7 环型拓扑结构

环型拓扑结构具有以下优点:一般采用光纤组网,网络传输速度快。使用令牌方式来解决共享介质冲突,可以实现无差错传输。

环型拓扑结构的缺点为:可靠性差,对线缆(尤其是环)的依赖性大。线路的利用率较低。

1.2.2 计算机网络的组成

1. 通信子网和资源子网

不同计算机进行通信时,各计算机必须先互联起来,这就需要在各计算机间建立通信线路,一种最简单的方式是在每两台主机间都建立一条通信线路,这样足以保证网络的联通性。但随着计算机数目的增加,网络建设的成本将急剧上升,而且网络结构也变得繁复无比,在计算机处于空闲状态时,多数传输线路也处于空闲状态而产生通信资源的浪费。

为了解决这些问题,人们将计算机网络分成资源子网和通信子网两个部分,其中,通信子网专门负责各主机间的通信连接,而资源子网中的主机可以通过通信子网实现资源共享、相互通信。通信子网在资源子网中的主机需要通信时,为它们建立通信链路或进行数据路由,而当通信结束后,该通信链路则可以被分配给其他主机使用(或为其他主机通信进行数据路由),这样,通信线路的资源就能够被充分利用。

因此,计算机网络可以看成是由负责通信的通信子网(包括其间的交换节点)和负责

提供信息资源的资源子网共同构成,如图 1-8 所示。

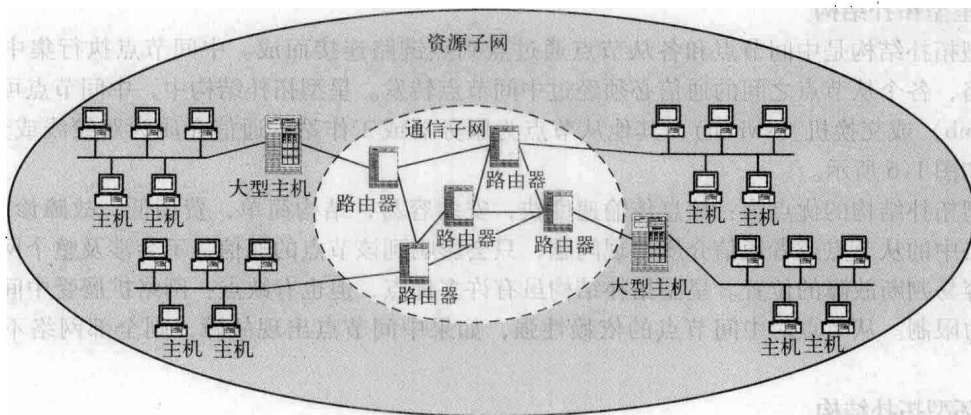


图 1-8 通信子网与资源子网

通信子网中的设备主要负责数据通信、传输交换等功能。一般由线缆、集线器、中继器、网桥、路由器和交换机等设备和相关软件组成。通信子网一般包括了骨干传输网络和接入网络,它是整个计算机网络通信的“主干道”,因此,通信子网的性能及工作状态对整个网络的运行状况有着决定性的作用,由于通信子网规模庞大,设备众多,一般是由大型的通信运营商来建设和运营维护。

资源子网一般为网络提供共享资源,由联网的服务器、工作站、共享的打印机和其他设备及相关软件所组成。资源子网为网络用户提供各种网络应用服务,资源子网决定了人们利用计算机网络所能获得的服务的类型和内容,随着计算机网络应用协议和多媒体技术的发展,今天,资源子网的内容较计算机网络初期时已极大丰富,人们可以利用网络获取文字、音频和视频等资源,充分享受网络带来的便利。

2. 软件系统和硬件系统

如果从系统的角度看,计算机网络可以认为是由网络软件系统和网络硬件系统组成的。硬件系统是网络运行的物理基础,而软件系统则是网络配置、管理的重要工具。

(1) 网络软件系统

在网络系统中,网络上的每个用户,都共享有系统中的各种资源,系统必须对用户进行控制。否则,就会造成系统混乱、信息数据的破坏和丢失。为了协调系统资源,系统需要通过软件工具对网络资源进行全面的、管理和分配,并采取一系列的安全保密措施,防止用户不合理的对数据和信息的访问,以防数据和信息的破坏与丢失。网络软件是实现网络功能不可缺少的软件环境。通常网络软件包括以下几种。

- 网络协议软件:实现网络协议功能。
- 网络通信软件:实现网络工作站之间的通信。
- 网络操作系统:用以实现系统资源共享、任务管理和调度,分配不同用户对不同资源访问能力等,它是最主要的网络软件。
- 网络管理及网络应用软件:用来对网络资源进行管理和维护的软件。网络应用软件是为网络用户提供服务并为网络用户解决实际问题的软件。

(2) 网络硬件系统

网络硬件是计算机网络系统的物质基础。要构建一个计算机网络系统,首先要将计算机及其附属硬件设备与网络中的其他计算机系统连接起来。不同的计算机网络系统,在硬件方面是

有差别的。随着计算机技术和网络技术的发展,网络硬件日趋多样化,功能更加强大,更加复杂。网络中常见的硬件系统有以下几种。

- 线路控制器:是主计算机或终端设备与线路上调制解调器的接口设备,多以插板的形式出现。
- 通信控制器:是用来对数据信息各个阶段进行控制的设备。通信控制器管理主机或计算机网络的数据输入、输出。它可以是复杂的前台大型计算机接口或者简单的设备(如多路复用器、桥接器和路由器)。这些设备把计算机的并行数据转换为通信线上传输的串行数据,并完成所有必要的控制功能、错误检测和同步。
- 通信处理机:是作为数据交换的开关,负责通信数据的交换、处理工作。
- 集中器、多路选择器:是通过通信线路分别和多个远程终端相连接的设备,有分接和复用等功能。
- 主机:是指网络中的信息端点,包括计算机、服务器和个人终端等。

1.2.3 计算机网络的分类

计算机网络的分类标准有很多,可以从覆盖范围、拓扑结构、交换方式、传输介质、网络服务方式等方面进行分类。

1. 根据网络的覆盖范围分类

根据网络的覆盖范围进行分类,计算机网络可以分为三种基本类型:局域网(Local Area Network, LAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)和广域网(Wide Area Network, WAN)。

(1) 局域网

局域网也称为局部网,是指在有限的地理范围内构成的规模相对较小的计算机网络。它具有很高的传输速率($10\text{ Mbit/s} \sim x\text{ Gbit/s}$),其覆盖范围一般不超过几千米,通常将一座大楼或一个校园内分散的计算机连接起来构成局域网。它的特点是分布距离近(通常在 $10\text{ m} \sim 2\text{ km}$ 范围内),传输速度快,连接费用低,数据传输可靠,误码率低。

局域网产生于20世纪60年代末,在20世纪80年代得以蓬勃发展,先后出现了总线以太网、令牌环网、交换式以太网等多种的局域网类型,目前应用最为广泛的是交换式以太网。

局域网覆盖范围有限,因此投资小,组建简单,建设周期短,可以由单位或机构自行组建,局域网已成为现在最为流行的一种计算机网络类型。

(2) 城域网

城域网是在一个城市内部组建的计算机网络,提供全市的信息服务。城域网是介于广域网与局域网之间的一种高速网络,其覆盖范围可达数百千米,传输速率从 64 kbit/s 到 $x\text{ Gbit/s}$,通常是将一个地区或一座城市内的局域网连接起来构成城域网。城域网一般具有以下几个特点:采用的传输介质相对复杂;数据传输速率次于局域网;数据传输距离相对局域网要长,信号容易受到干扰;组网比较复杂,成本较高。

(3) 广域网

广域网也称为远程网,它的联网设备分布范围很广,一般从几十千米到几千千米。它所涉及的地理范围可以是市、地区、省、国家,乃至世界范围。广域网是通过卫星、微波、无线电、电话线和光纤等传输介质连接的国家网络或国际网络,它是全球计算机网络的主干网络。广域网一般具有以下几个特点:地理范围没有限制;传输介质复杂;由于长距离的传输,数据的传输速率较低,且容易出现错误,采用的技术比较复杂;是一个公共的网络,不属于任何一个机构或国家独享。