

高等学校计算机科学与技术系列教材
武汉大学“十一五”规划教材



计算机网络

黄传河 主编



科学出版社

www.sciencep.com

高等学校计算机科学与技术系列教材

武汉大学“十一五”规划教材

计 算 机 网 络

黄传河 主编

科 学 出 版 社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书以新的视角审视计算机网络,从网络形态和构成要素出发,按自顶向下的方式,介绍计算机网络的原理、技术、协议及典型应用。全书共分10章,分别介绍计算机网络基本知识、数据通信基础知识、网络分层结构与功能、网络设备与网络软件、局域网技术、广域网与接入网技术、Internet协议、网络管理、网络安全、网络工程与网络应用。本书可作为高等学校计算机及相关专业本科计算机网络课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/黄传河主编. —北京:科学出版社,2009
(高等学校计算机科学与技术系列教材)
ISBN 978-7-03-025367-5

I. 计… II. 黄… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 149548 号

责任编辑:黄金文/责任校对:梅莹
责任印制:彭超/封面设计:苏波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年8月第一次印刷 印张:25 3/4

印数:1—3 000 字数:593 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

计算机网络是信息传输、收集、存储、处理、分配、消费的最重要的载体,早已远远超出当初作为科研工具的范畴,是现代社会工作和生活的工具之一,是网络经济的核心,深刻地影响着经济、社会、文化、科技的发展。

计算机网络包括的内容很多,如何界定一本网络书应该包括哪些内容,如何组织这些内容,并不是一件简单的事情。综观现在的各种网络书籍,大致上有这样几种模式:

第一种,以层次结构为主线,顺序介绍每层的内容,包括目的、功能、原理、主要实现技术等,这是目前使用最多的一种模式。其优点是让读者容易了解层次结构及其细节,缺点也是明显的,读者读完整本书后仍然了解的是细节,没有全局观,不能完整地把握网络,陷于只见树木不见森林的状态。在这种模式下,又有两种顺序:一是主流的自底向上的顺序,一是非主流的自顶向下的顺序。两种顺序也各有利弊。

第二种,以网络技术为主线,介绍各种网络技术。这种模式的优点是读者易于了解一些技术,但对细节关注不够,容易使读者陷于知其然不知其所以然的状态。

第三种,以网络组件为主线,介绍网络的各种部件(软件、硬件等)。其优点是直观,与现实世界具有对应关系;其缺点是容易忽视网络本身特有的层次化工作原理和细节。

第四种,以通信范围为主线,从两个节点到多个节点,以数据传输的观点介绍网络的信息传输过程、相关方法和技术。其优点是易于了解数据流动过程,其缺点是分割了邻节点与非邻节点的完整过程。

第五种,以网络应用为主线,介绍满足应用要求的各种方法和技术。这种模式常在网络工程和注重应用的书籍中采用。

本书试图结合前三种模式,以系统的观点,按计算机网络要素(网络形态和设施要素)组织网络知识体系,将计算机网络的基本原理、基本技术、主要协议和应用进行介绍,便于与现实网络建立联系,易于理解和掌握。

计算机网络中的很多方法,并不追求最优(有时也不可能达到最优),只求有效,例如路由算法、拥塞控制、差错检测(不能百分之百地检测出错误)等。一种方法在解决问题的同时,可能会导致其他的问题出现,这是著作者应该告诉读者的。本书试图在介绍主流方法的同时,指出可能的问题及其解决的思路,便于读者开阔思路。

本书由黄传河主编,陈喆、杜瑞颖、李晓林、吕慧、卢军、王建勇、张春林、张沪寅、张健(姓名拼音序)等参加了本书编写大纲的讨论,为本书提供了有关的素材。

由于资料来源的广泛性,书中引用的很多资料没有能够一一注明出处,对此,我们对原作者表示歉意,同时对原作者表示感谢。

由于课时的限制,具体使用本教材时,可对内容进行必要的取舍。

计算机网络是一门内容广泛、发展极为迅速的学科,加之作者水平限制,本书一定存在

不少不足之处,诚望读者不吝赐教。若有任何建议,敬请发送给huangch@whu.edu.cn。本书的课件可在武汉大学课程中心(<http://kczx.whu.edu.cn>)中找到。

黄传河于珞珈山

2009年6月

目 录

第 1 章 计算机网络概论	(1)
1.1 计算机网络的产生与发展	(1)
1.1.1 计算机网络的发展	(1)
1.1.2 Internet 的发展	(4)
1.1.3 计算机网络的发展趋势	(6)
1.2 计算机网络的概念	(7)
1.2.1 计算机网络的定义	(7)
1.2.2 计算机网络与通信、网络的关系	(7)
1.2.3 计算机网络的应用	(7)
1.3 计算机网络的组成	(8)
1.3.1 计算机网络的物理组成	(8)
1.3.2 计算机网络的功能组成	(9)
1.3.3 计算机网络的要素组成	(9)
1.4 计算机网络的分类	(10)
1.4.1 按分布范围分类	(10)
1.4.2 按拓扑结构分类	(10)
1.4.3 按交换技术分类	(11)
1.4.4 按协议分类	(12)
1.4.5 按传输介质分类	(12)
1.4.6 按用途分类	(12)
1.4.7 按信息的共享方式分类	(13)
1.5 网络的主要实现形式	(13)
1.5.1 直接连接的网络	(13)
1.5.2 多跳转发网络	(14)
1.6 网络体系结构模型	(14)
1.6.1 网络体系结构与层次结构	(15)
1.6.2 协议与接口	(16)
1.6.3 服务与服务质量	(16)
1.6.4 OSI 与 TCP/IP 体系结构模型	(18)
1.6.5 数据传送单位	(20)
习题	(21)
第 2 章 数据通信基础	(22)
2.1 数据通信概念	(22)

2.1.1	基本概念与术语	(22)
2.1.2	传输指标	(24)
2.1.3	数字传输与模拟传输	(25)
2.1.4	基带传输与频带传输	(26)
2.1.5	传输损害	(27)
2.2	数据通信系统	(28)
2.2.1	数据通信系统模型	(28)
2.2.2	数据传输速率	(29)
2.2.3	同步方式	(31)
2.3	数据调制与编码	(34)
2.3.1	数字数据编码为数字信号	(34)
2.3.2	数字数据调制为模拟信号	(37)
2.3.3	模拟数据编码为数字信号	(40)
2.3.4	模拟数据调制为模拟信号	(42)
2.3.5	扩频通信	(42)
2.4	多路复用技术	(44)
2.4.1	时分多路复用	(44)
2.4.2	频分多路复用	(45)
2.4.3	波分多路复用	(46)
2.4.4	统计时分多路复用	(47)
2.4.5	码分多址多路复用	(48)
2.5	数据交换方式	(48)
2.5.1	电路交换	(48)
2.5.2	报文交换	(48)
2.5.3	分组交换	(49)
2.5.4	信元交换	(50)
2.5.5	广播	(51)
2.6	传输介质	(51)
2.6.1	双绞线	(51)
2.6.2	同轴电缆	(52)
2.6.3	光纤	(53)
2.6.4	陆地微波	(55)
2.6.5	卫星微波	(55)
2.6.6	无线电	(56)
2.6.7	红外线	(56)
2.7	检错与纠错	(57)
2.7.1	检错	(57)
2.7.2	纠错	(58)

习题	(59)
第3章 网络体系结构	(61)
3.1 应用层	(61)
3.1.1 应用层功能	(61)
3.1.2 应用对服务的要求	(61)
3.1.3 应用层实现模型	(61)
3.1.4 应用层的服务模式	(62)
3.2 传输层	(62)
3.2.1 传输层的主要功能	(63)
3.2.2 传输层服务质量	(64)
3.2.3 传输层基本策略	(65)
3.2.4 传输服务原语	(68)
3.3 网络层	(70)
3.3.1 网络层主要功能	(70)
3.3.2 数据报与虚电路	(71)
3.3.3 路由选择算法	(75)
3.3.4 拥塞控制算法	(83)
3.4 数据链路层	(89)
3.4.1 数据链路层主要功能	(89)
3.4.2 数据链路层成帧方法	(89)
3.4.3 数据链路层差错控制方法	(90)
3.4.4 基本链路控制规程	(91)
3.4.5 数据链路层协议	(97)
3.5 物理层	(107)
3.5.1 物理层目的	(107)
3.5.2 物理层功能	(107)
3.5.3 物理层协议	(108)
习题	(112)
第4章 网络设备与网络软件	(113)
4.1 网卡	(113)
4.2 集线器	(116)
4.2.1 集线器的功能	(116)
4.2.2 集线器的工作原理	(116)
4.3 交换机	(117)
4.3.1 交换机的功能	(117)
4.3.2 交换机的工作原理	(117)
4.3.3 交换机的类型	(120)
4.3.4 三层交换技术	(123)

4.3.5 交换机堆叠与级联	(124)
4.4 路由器	(125)
4.4.1 路由器的作用	(125)
4.4.2 路由器的功能	(126)
4.4.3 路由器分类	(127)
4.4.4 路由器的构成	(128)
4.4.5 路由器工作原理	(129)
4.5 网关	(129)
4.6 无线接入点(AP)	(130)
4.7 调制解调器	(132)
4.8 网络软件	(133)
习题	(134)
第5章 局域网	(135)
5.1 局域网概述	(135)
5.1.1 局域网定义	(135)
5.1.2 局域网拓扑结构	(135)
5.1.3 以太网概况	(136)
5.2 访问控制方式	(136)
5.2.1 访问控制方式的分类	(137)
5.2.2 令牌传递访问控制方式	(137)
5.2.3 CSMA/CD 访问控制方式	(138)
5.2.4 CSMA/CD 与令牌方式的比较	(139)
5.3 局域网协议	(140)
5.3.1 IEEE 802 LAN 体系结构与协议	(140)
5.3.2 以太网协议	(141)
5.4 高速局域网	(145)
5.4.1 百兆以太网(100Mbps)	(145)
5.4.2 千兆以太网	(148)
5.4.3 万兆以太网	(151)
5.5 无线局域网	(155)
5.5.1 Wi-Fi(802.11)无线局域网	(155)
5.5.2 蓝牙网	(159)
5.6 虚拟局域网	(160)
5.6.1 VLAN 的概念	(160)
5.6.2 VLAN 的实现	(160)
5.6.3 IEEE802.1Q 与 VTP 协议	(161)
习题	(163)

第 6 章 广域网与接入网	(164)
6.1 广域网基础	(164)
6.1.1 广域网的概念	(164)
6.1.2 网络互联	(165)
6.2 ISDN/BISDN 网络	(168)
6.3 SDH 网络	(170)
6.3.1 SDH 网络特点	(170)
6.3.2 SDH 网络速率体系	(171)
6.3.3 SDH 网络帧结构	(172)
6.3.4 SDH 网络复用结构	(172)
6.3.5 SDH 网络常见网元	(174)
6.3.6 SDH 网络结构	(175)
6.3.7 SDH 网络保护机制	(176)
6.4 WDM 网络	(179)
6.5 MSTP 网络	(182)
6.6 移动通信网络	(184)
6.7 WiMAX 网络	(184)
6.8 接入网	(188)
6.8.1 电话拨号接入	(189)
6.8.2 ISDN 接入	(189)
6.8.3 xDSL 接入	(190)
6.8.4 Cable MODEM 接入	(194)
6.8.5 局域网接入	(194)
6.8.6 无线接入	(195)
6.8.7 光网络接入	(196)
习题	(199)
第 7 章 Internet 协议	(200)
7.1 网络层协议	(200)
7.1.1 IPv4 协议	(200)
7.1.2 Internet 路由协议	(206)
7.1.3 地址解析协议 ARP 与反向地址解析协议 RARP	(215)
7.1.4 Internet 控制报文协议 ICMP	(217)
7.1.5 IPv6 协议	(219)
7.1.6 IPv4 向 IPv6 的过渡	(229)
7.1.7 移动 IP 协议	(232)
7.2 传输层协议	(237)
7.2.1 TCP 协议概述	(237)
7.2.2 端口与套接字	(238)

7.2.3	TCP 报文格式	(239)
7.2.4	TCP 建立与释放连接机制	(241)
7.2.5	TCP 定时管理机制	(244)
7.2.6	TCP 滑动窗口传输机制	(245)
7.2.7	TCP 拥塞控制策略	(246)
7.2.8	无线 TCP	(249)
7.2.9	UDP 协议	(251)
7.3	应用层协议	(252)
7.3.1	域名系统 DNS	(252)
7.3.2	电子邮件协议	(256)
7.3.3	文件传输协议 FTP	(261)
7.3.4	远程登录协议 Telnet	(265)
7.3.5	Web 应用与 HTTP 协议	(265)
7.3.6	动态主机配置协议 DHCP	(274)
7.3.7	无线 Web 协议 WAP	(276)
7.3.8	P2P 应用协议	(277)
7.4	网络地址转换 NAT	(278)
7.5	浏览器的结构	(280)
7.6	服务器的实现模式	(280)
7.7	搜索引擎	(281)
7.7.1	信息收集	(282)
7.7.2	信息分类与存储	(282)
7.7.3	信息检索	(282)
7.7.4	搜索引擎的问题	(283)
7.8	服务质量	(283)
7.8.1	服务质量概述	(283)
7.8.2	主要 QoS 技术	(284)
	习题	(287)
第 8 章	网络管理	(289)
8.1	网络管理基本概念	(289)
8.1.1	网络管理的定义	(289)
8.1.2	网络管理模型	(289)
8.1.3	网络管理功能	(290)
8.1.4	网络管理系统组成	(291)
8.1.5	网络管理标准	(291)
8.2	管理信息的组织与表示	(292)
8.2.1	抽象语法表示 ASN.1	(292)
8.2.2	基本编码规则	(294)

8.2.3	管理信息结构 SMI	(295)
8.2.4	管理信息库 MIB	(296)
8.3	简单网络管理协议 SNMP	(298)
8.3.1	SNMP 原理	(298)
8.3.2	SNMP 报文格式	(300)
8.3.3	SNMPv2	(301)
8.3.4	SNMPv3	(302)
8.3.5	RMON	(302)
8.3.6	SNMP 应用	(303)
8.4	网络管理工具	(304)
	习题	(308)
第 9 章	网络安全	(309)
9.1	网络安全概述	(309)
9.1.1	网络安全概念	(309)
9.1.2	网络面临的主要安全威胁	(309)
9.1.3	网络安全问题的根源	(311)
9.1.4	网络安全的目标	(311)
9.1.5	网络攻击与网络防御的主要技术	(312)
9.2	网络安全系统安全保证体系	(312)
9.2.1	网络安全评估标准	(312)
9.2.2	信息安全保护技术框架 IATF	(313)
9.2.3	公钥基础设施(PKI)	(314)
9.3	网络攻击	(315)
9.3.1	网络侦察	(315)
9.3.2	拒绝服务攻击	(317)
9.3.3	缓冲区溢出攻击	(320)
9.3.4	恶意程序攻击	(322)
9.3.5	漏洞攻击	(332)
9.3.6	渗透与欺骗攻击	(335)
9.4	网络防御	(340)
9.4.1	加密	(340)
9.4.2	鉴别与数字签名	(341)
9.4.3	访问控制	(342)
9.4.4	防火墙	(347)
9.4.5	入侵检测与入侵保护	(354)
9.4.6	VPN	(358)
9.4.7	网络安全防护(隔离、DMZ、桌面安全等)	(363)
9.4.8	病毒防护	(365)

9.5 网络安全协议	(366)
9.5.1 数据链路层安全通信协议	(366)
9.5.2 网络层安全通信协议	(367)
9.5.3 传输层安全通信协议	(367)
9.5.4 应用层安全通信协议	(369)
习题	(376)
第10章 网络工程与网络应用	(377)
10.1 网络工程	(377)
10.1.1 网络规划	(377)
10.1.2 网络设计	(382)
10.1.3 网络实施	(392)
10.1.4 网络运行与维护	(392)
10.2 网络工程实例——电子政务网	(392)
10.2.1 设计原则	(392)
10.2.2 设备选型	(393)
10.2.3 局域网组网	(393)
10.2.4 广域网组网	(393)
10.3 网络应用实例	(394)
10.3.1 IP电话	(394)
10.3.2 网络电视 IPTV	(395)
10.3.3 即时通信 IM	(395)
10.3.4 网络游戏	(396)
10.4 网络程序设计	(396)
常用缩写词	(397)
主要参考书目	(400)

第 1 章 计算机网络概论

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物,是信息收集、分配、存储、处理、消费的最重要的载体。本章介绍计算机网络的概念、组成、分类、主要实现形式和网络体系结构模型,是学习计算机网络的入门知识。

1.1 计算机网络的产生与发展

1.1.1 计算机网络的发展

现代计算机技术的发展始于 20 世纪 40 年代。早期的计算机都是以单机的形式存在的,每台计算机具有相应的处理、存储功能,但这些计算机之间不能直接进行信息交换,这样就形成了一个信息孤岛。社会的发展,需要这些信息孤岛之间能够直接进行信息交换,进而消除信息孤岛。

相对于计算机技术,通信技术的发展要早得多。利用电技术进行通信已有 100 多年的历史,其中具有里程碑意义的事件有:

- 1839:美国建立了 13 mi 的铁路电报系统,传输速度为 2CPS。
- 1844:发明 Morse 电码,建立了从华盛顿到巴尔的摩的电报线路。
- 1874:实现将 7 路信号合在一根物理线路上传送。
- 1876:贝尔发明电话。
- 1906:发明电子管。
- 1913:发明电子管中继器,实现长途电话。
- 1918:发明载波系统,实现多路复用。
- 1921:发明电传。
- 20 世纪 40 年代:使用同轴电缆传输信号。
- 1946:开始使用微波无线电通信。
- 20 世纪 60 年代:使用卫星通信。
- 20 世纪 70 年代:使用光纤通信。

计算机技术与通信技术是因不同的应用需求独立发展起来的。计算机技术的迅猛发展和应用的推广,使解决信息孤岛问题的要求开始显现出来。一些先驱者尝试将通信技术与计算机技术结合起来,一方面解决计算机中信息的远程传输问题,另一方面解决通信中的信息处理问题。通信技术与计算机技术的结合,最终导致计算机网络的诞生。

按照通信技术与计算机技术结合方式的不同,计算机网络大致经历了三个阶段,并向第四个阶段迈进。

1. 面向终端的计算机网络

在 20 世纪 50 年代和 60 年代,计算机的数量还比较少且价格昂贵,这些计算机都安

装在少量的计算中心,用户使用计算机必须到计算中心,并且当时使用计算机的方式也比较落后。于是有人提出了在用户所在地安装终端,通过远程线路将终端接入计算中心的计算机上,使用户不必到计算中心就可使用计算机的方案。这样就诞生了第一代计算机网络,称为面向终端的计算机网络,其结构如图 1-1 所示。按照今天的标准,这种网络只能称为联机系统。

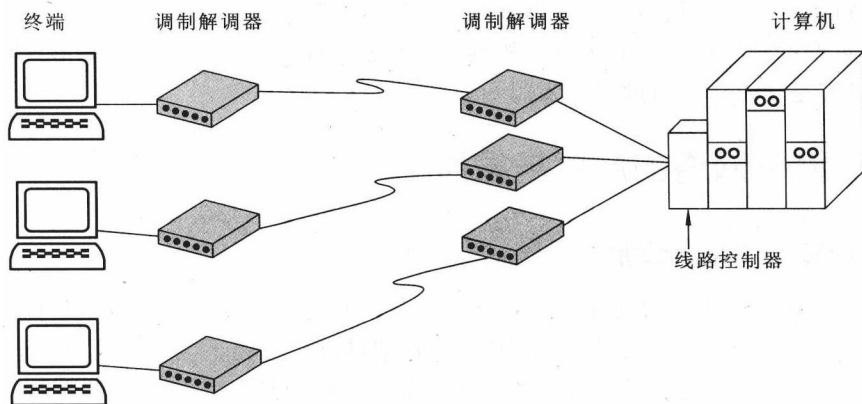


图 1-1 面向终端的联机系统

1952 年,美国按照这种模式构建了第一个计算机网络 SAGE(半自动地面防空系统),该网络将雷达信号通过远程线路传送到一台旋风计算机进行处理,大大提高了处理和反应速度。在 20 世纪 60 年代初期,美国建造了一个飞机订票系统 SABRE,将全国的 2000 多台终端连接到一台主机上,实现了所有航空公司所有航班的机票在线销售,大大方便了售票工作和乘客。

但这种联机系统有两个严重的问题:一是线路利用率低。长途线路成本很高,但每个终端都使用专用的长途线路,利用率低,使用成本高。二是主机负担重。早期的计算机处理能力较弱,其设计目的是完成计算工作,其擅长的工作也是进行计算。现在加上通信,使得计算机把主要的时间花在不擅长的通信过程管理上,没有足够的时间进行计算,降低了计算机的效能。

针对这两个问题,提出了相应的改进措施。对第一个问题,在用户端,增加集中器,使得多个用户共享一条通信线路。对第二个问题,在计算机端,增加一个通信控制处理机(或称前段处理机),专门负责管理通信过程。按照这种方式建立的系统也被称为分时系统,如图 1-2 所示。

按照这种方式,美国构建了一个医用资料系统 TYMNET,这可被看成是世界上第一个专业网站。

这种方式有一个基本问题需要解决,就是多个终端如何共享一条通信线路与计算机通信。

2. 计算机通信网络

到了 20 世纪 60 年代,计算机技术发展迅猛,计算机安装量大大增加,人们不再满足于终端与计算机的通信模式,而是要求计算机之间直接进行通信,并且对通信的目的、方

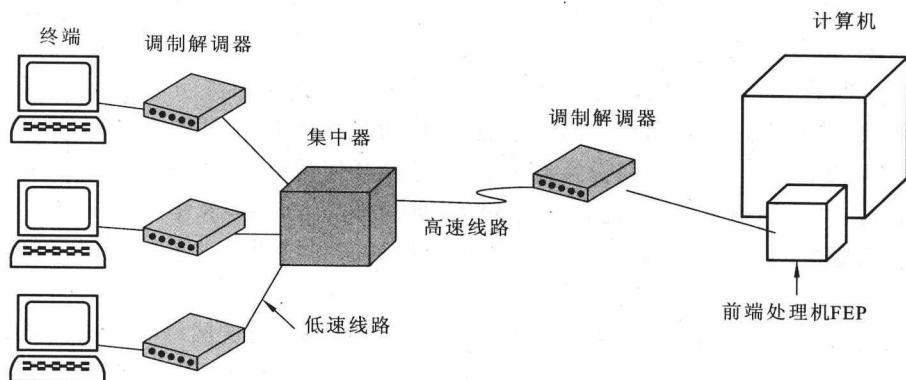


图 1-2 分时系统

式有了更高的要求,主要体现在:

- 以信息传输为主要目的(而不是早期的远程使用计算机)。
- 以计算机为信源和信宿。
- 采用标准的体系结构。
- 采用分组交换技术。

根据这些思想,美国国防部高级研究规划署(ARPA)于1969年研制了一个计算机网络 ARPAnet,该网络最初连接了4所大学的4台计算机,3年后增加到23个节点。该网络首次使用分组交换技术。利用该网络可以收发电子邮件、传递文件等,大大方便了科学家们之间的通信联络,极大地提高了工作效率。ARPAnet 就是今天 Internet 的前身。

3. 共享资源的计算机网络

随着计算机特别是微机的普及和计算机网络的广泛使用,对网络内资源共享的要求越来越高,因此推动计算机网络发展到以共享资源为特征的第三阶段。

早期的共享资源网络以共享硬件资源为主,例如共享文件服务器、打印机等,通过硬件资源的共享,相应地实现数据资源和软件资源的共享。

1990年欧洲原子研究组织 CERN 的英国物理学家蒂姆·伯纳斯·李(Tim Berners-Lee)开发了超文本文件系统和世界上第一个 Web 服务器,1993年第一个浏览器 Mosaic 诞生,使得计算机网络进入 Web 时代,共享的资源变成以数据和信息为主,浏览器成为主要的网络工具。

4. 计算机网格(Grid)

随着社会的信息化,计算机网络已经无所不在,人们希望以一种更加高效、更加透明的方式使用计算机网络。

计算机网格(简称为网格)以 Internet 为基础,将所有资源互连互通,可实现大规模、大范围、跨地区、跨管理域的资源一体化和服务一体化,给用户提供透明的共享资源和服务的方式,也就是用户把整个 Internet 当成一台计算能力巨大、存储空间无限、信息资源丰富的单一计算机,用户在使用网格时无需指定具体设备,查找、使用信息时无需指定信

息的位置,网络以智能方式自动完成资源分配和信息定位,完成用户交给的任务,返回最终结果,用户看到的只是面前的单一计算机。

网络的目标是在网络环境中实现各种资源的共享和大范围协同工作,消除信息孤岛和资源孤岛,利用聚沙成塔而构成的计算能力,廉价地解决各种问题,其最终目的就是要像电力网供给电力、自来水管网供给自来水一样,给任何需要的用户提供充足的计算资源和其他资源。“一插就亮,一开就流,一算就有,即用即算,而且随算随用”,用户使用它,不用考虑其后隐藏的任何细节,只需要提出要求,然后获得结果。这是计算机网络的最高境界。

2008 年开始,“云计算”成为热门话题。其基本含义是:通过网络将庞大的计算处理程序自动拆分成无数个较小的子程序,再交由多个服务器所组成的庞大系统进行搜寻和计算分析,最后将结果回传给用户。云计算与网络的区别,还没有精确的定义。但一般认为,网络强调规模的巨大性,其中的服务器属于不同的机构。而云计算规模可能更小,其中的服务器一般属于一个机构。云计算把软件、存储、平台都作为一种服务提供给用户。

1.1.2 Internet 的发展

Internet 是一个计算机交互网络,又称网间网。它是一个全球性的巨大的计算机网络体系,包含了难以计数的信息资源,向全世界提供信息服务。今天的 Internet 已经远远超过了一个网络的含义,它是一个信息社会的缩影。一般认为,Internet 是一个基于 TCP/IP 协议簇的国际互连网络;是一个网络用户的团体,用户使用网络资源,同时也为该网络的发展壮大贡献力量;是所有可被访问和利用的信息资源的集合。

1. Internet 的发展历程

Internet 的发展大致经历了三个阶段。

第一阶段:1969~1983 年,起源阶段。

Internet 最早来源于美国国防部高级研究计划局 DARPA 的前身 ARPA 建立的 ARPAnet。

1968 年,ARPA 为 ARPAnet 网络项目立项,这个项目基于这样一种主导思想:网络必须能够经受住故障的考验而维持正常工作,一旦发生战争,当网络的某一部分因遭受攻击而失去工作能力时,网络的其他部分应当能够维持正常通信。最初,ARPAnet 主要用于军事研究目的,它有五大特点:

- (1) 支持资源共享。
- (2) 采用分布式控制技术。
- (3) 采用分组交换技术。
- (4) 使用通信控制处理机。
- (5) 采用分层的网络通信协议。

ARPAnet 于 1969 年建成投入使用,连接了 4 所大学的 4 台计算机,使用 NCP 协议。

1972 年,ARPAnet 在首届计算机后台通信国际会议上首次与公众见面,并验证了分组交换技术的可行性,由此,ARPAnet 成为现代计算机网络诞生的标志。

到 1972 年 3 月,ARPAnet 连接了 23 个节点,到 1977 年 3 月总共连接了 111 个节点。