

万定生 俞 峰 邓劲柏◎编著

计算机网络技术

JISUANJIWANGLUOJISHU



河海大学出版社

计算机网络技术

JISUANJIWANGLUOJISHU

责任编辑◎代江滨

装帧设计◎杭永鸿

ISBN 978-7-5630-2324-0



9 787563 023240 >

定价：30.00 元

计 算 机 网 络 技 术

万定生 俞 峰 邓劲柏 编著

河海大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术/万定生,俞峰,邓劲柏编著. —南京:河海大学出版社,2007.1

ISBN 978-7-5630-2324-0

I. 计... II. 万... 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(2007)第 017428 号

书 名 计算机网络技术
书 号 ISBN 978-7-5630-2324-0/TP·118
责任编辑 代江滨
装帧设计 杭永鸿
出 版 河海大学出版社
地 址 南京市西康路 1 号(邮编:210098)
电 话 (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)
经 销 江苏省新华书店
印 刷 南京捷迅印务有限公司
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 20 印张 500 千字
版 次 2007 年 1 月第 1 版 2007 年 8 月第 2 次印刷
定 价 30.00 元

前 言

计算机网络是结合计算机技术与通信技术的综合性学科,计算机与通信技术的不断进步推动着计算机网络技术的发展。进入 21 世纪,计算机网络技术的发展非常迅速,新概念、新思想、新技术不断涌现。因此,在计算机网络技术飞速发展的今天要有所作为,必须学习、理解、掌握计算机网络技术的基本知识,了解计算机网络技术发展的最新动态。掌握和运用现代计算机网络技术是计算机科学与技术专业学生必备的知识与技能。计算机网络课程是计算机科学与技术专业学好各门专业课程的重要基础,也是未来进一步专业发展和学习计算机网络新知识、新技术的起点。

面对日新月异的技术发展,本教材在内容上采用由浅渐深的阐述方法,力求在阐明基本原理的基础上,注意理论与实践的结合,注意有关技术的发展趋势,力求大家通过本课程的学习,可以了解和掌握计算机网络的有关知识和发展动向,并具有简单网络的组网、规划和设计选型的能力。

本书各章节主要讨论如下主题:

第一章介绍计算机网络的基础知识,包括计算机网络的历史、计算机网络的定义和分类、计算机网络的组成、功能与服务以及中国计算机网络的发展。

第二章介绍计算机网络体系结构,主要包括计算机网络体系结构的定义、计算机网络协议的基本概念、常见的计算机网络标准化组织、OSI 模型等。

第三章介绍物理层,包括物理层的任务、服务和功能,对一些常用的物理层协议做介绍,最后介绍传输介质和一种常见的物理层设备—调制解调器。

第四章讨论数据链路层,内容有数据链路层的作用、功能和它提供的服务,介绍最基本的链路层协议—停止等待协议和流量控制,最后介绍两种主要的链路层协议—面向字符的和面向比特的数据链路控制规程。

第五章介绍计算机局域网,主要内容有计算机局域网的基本概念、局域网的标准、几种常见的局域网(以太、令牌总线、令牌环)、FDDI、快速局域网。

第六章讨论网络层,介绍网络层服务的概念,讨论网络层中的路由选择和路由选择算法,同时对 Internet 中的网络层协议 IP 作详细介绍,最后介绍网络互连的知识。

第七章介绍传输层的基本概念,详细讨论 Internet 网络中传输层使用的两个主要协议—TCP 和 UDP 的工作过程。

第八章介绍计算机网络中的高层协议,主要讨论会话、表示和应用层的作用、功能,重点介绍 Internet 网络中应用层常用的几种协议。

第九章介绍网络管理和网络安全的基本知识,包括网络管理的基本功能、常用的网络管理协议 SNMP、网络安全技术和网络防病毒技术。

第十章介绍水利信息化的基本概念,包括水利信息分类、水资源信息采集系统、数据通

信骨干网、数据中心和应用服务平台。

第十一章介绍 TCP/IP 网络编程,以 Winsock 为编程接口,在 Visual Basic 6.0 环境下使用常见的网络协议进行应用开发。

第十二章的内容是计算机网络课程设计,主要是熟悉常用的网络测试命令,双绞线的制作和在 Boson Router Simulator 实验平台下学习网络配置。

本书可作为计算机科学与技术、信息管理相关专业本科高年级或研究生低年级学生的教材,也可作为 IT 相关专业技术人员的参考书。

本书由万定生、俞峰、邓劲柏等人共同编写。第一章、第二章、第三章和第五章由万定生编写,第四章和第七章由陈红编写,第六章和第九章由俞峰编写,第十章计算机网络应用由李东风(珠江水利委员会)编写,第八章、第十一章和第十二章由邓劲柏编写。全书由万定生修改定稿。

在本书的立项、编写大纲和内容的确定以及编写过程中得到了河海大学出版社代江滨同志的大力支持和帮助,在此编者表示衷心地感谢。

由于时间仓促和作者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请各位专家、老师和同学提出宝贵意见。编者的联系方式是:dshwan@hhu.edu.cn;fyu@hhu.edu.cn。

作者

2006 年 11 月 18 日

目 录

1 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的发展历史	1
1.1.1 面向终端的计算机网络	1
1.1.2 分组交换网络的出现	2
1.1.3 开放式标准化网络	5
1.1.4 Internet 的产生与发展	6
1.2 计算机网络的定义和分类	7
1.2.1 计算机网络的定义	7
1.2.2 计算机网络的分类	8
1.3 计算机网络系统的组成	10
1.3.1 计算机广域网的组成	10
1.3.2 计算机局域网的组成	12
1.4 计算机网络的功能和服务	14
1.4.1 计算机网络的功能	14
1.4.2 计算机网络的服务	15
1.5 中国计算机网络的发展	16
1.5.1 中国的国家信息化	17
1.5.2 中国公用分组交换数据网(ChinaPAC)	17
1.5.3 中国公用数字数据网(ChinaDDN)	18
1.5.4 中国公用帧中继网(ChinaFRN)	19
1.5.5 中国科学技术网(CSTNet)	20
1.5.6 中国教育和科研网(CERNET)	21
2 计算机网络的体系结构	23
2.1 计算机网络体系结构概述	23
2.1.1 计算机网络体系结构的定义	23
2.1.2 网络协议	23
2.1.3 层次模型及其划分原则	24
2.2 网络标准化组织	25
2.2.1 ANSI	25
2.2.2 EIA	25
2.2.3 IEEE	26
2.2.4 ISO	26

2.2.5	ITU	26
2.3	OSI/RM 参考模型	26
2.3.1	开放系统互连参考模型	26
2.3.2	OSI 参考模型各层的主要功能	28
2.3.3	虚拟通信与实际信息流向	29
2.3.4	协议、服务、服务访问点	30
2.3.5	信息传送单元	31
2.3.6	服务方式	32
2.4	其他著名体系结构简介	33
2.4.1	TCP/IP 体系结构	33
2.4.2	SNA 体系结构	35
2.4.3	DNA 体系结构	36
2.4.4	Netware 体系结构	36
2.4.5	Windows NT 体系结构	37
2.4.6	MAP/TOP 体系结构	37
3	物理层	39
3.1	物理层的概念	39
3.1.1	物理层的任务	39
3.1.2	物理层提供的服务	40
3.1.3	物理层提供的功能	41
3.2	物理层协议举例	41
3.2.1	EIA RS-232C 接口标准	41
3.2.2	EIA RS-449 及 RS-422 与 RS-423 接口标准	44
3.2.3	100 系列和 200 系列接口标准	44
3.2.4	X.21 和 X.21bis 建议	45
3.3	传输介质特性	45
3.3.1	吞吐量和带宽	46
3.3.2	成本	46
3.3.3	尺寸和可扩展性	46
3.3.4	连接器	47
3.3.5	抗噪性	47
3.4	有线传输介质	48
3.4.1	双绞线	48
3.4.2	同轴电缆	49
3.4.3	光纤电缆	50
3.4.4	几种传输介质的性能及其比较	51
3.5	无线传输介质	52
3.5.1	微波信道和卫星信道	52
3.5.2	红外线信道和激光信道	54

3.6 调制解调器	54
3.6.1 调制解调器	54
3.6.2 调制解调器的分类与协议	55
3.6.3 调制解调器的编程命令	56
4 数据链路层	58
4.1 数据链路层的基本概念	58
4.1.1 数据链路层的作用	58
4.1.2 数据链路层的功能	58
4.1.3 数据链路层提供的服务	60
4.2 停止等待协议	61
4.2.1 停止等待协议	61
4.2.2 停止等待协议的算法	62
4.3 连续 ARQ 协议	63
4.3.1 连续 ARQ 协议	63
4.3.2 选择重传 ARQ 协议	65
4.4 流量控制	65
4.4.1 XON/XOFF 方案	65
4.4.2 滑动窗口机制	66
4.5 面向字符的数据链路控制规程	67
4.5.1 数据链路控制协议的分类	67
4.5.2 面向字符的同步控制协议—BSC	68
4.6 面向比特的链路控制规程—HDLC	71
4.6.1 HDLC 的产生	71
4.6.2 HDLC 基本概念	71
4.6.3 HDLC 的帧结构	72
4.7 Internet 的数据链路层协议—PPP	79
4.7.1 PPP 协议概述	79
4.7.2 PPP 协议的封装格式	80
4.7.3 LCP 协议数据报文的封装格式	82
4.7.4 NCP 协议	83
4.7.5 PPP 扩展协议	85
5 计算机局域网	87
5.1 计算机局域网的组成	87
5.1.1 局域网的定义	87
5.1.2 局域网的发展历史	87
5.1.3 局域网的结构类型	88
5.1.4 局域网的工作模式	89
5.2 计算机局域网标准介绍	89
5.2.1 IEEE 802 参考模型	89

5.2.2 逻辑链路控制子层	91
5.2.3 媒体访问控制 MAC 子层	93
5.3 以太网	94
5.3.1 Ethernet 的简史	94
5.3.2 以太网上的共享	94
5.3.3 随机接入技术	95
5.3.4 以太网的 MAC 帧格式	98
5.3.5 MAC 子层功能	99
5.3.6 交换式以太网	100
5.4 令牌总线网	103
5.4.1 令牌总线网工作原理	103
5.4.2 令牌总线网的特点	104
5.4.3 令牌总线的主要操作	105
5.5 令牌环网	105
5.5.1 令牌环基本工作原理	106
5.5.2 令牌环的特点	106
5.6 FDDI 网络	107
5.6.1 FDDI 与 OSI 的对照	107
5.6.2 帧格式	107
5.6.3 FDDI 的工作原理	109
5.6.4 技术指标与特点	110
5.7 快速局域网	111
5.7.1 快速以太网	111
5.7.2 千兆位以太网	112
6 网络层	115
6.1 网络层服务设计	115
6.1.1 虚电路服务	115
6.1.2 数据报服务	116
6.1.3 服务比较	116
6.2 路由选择	117
6.2.1 路由算法的基本要求	117
6.2.2 路由算法分类	118
6.2.3 典型路由算法介绍	119
6.3 阻塞控制	121
6.3.1 阻塞控制方法	122
6.3.2 死锁及其防止	122
6.4 互联网中的网络层	123
6.4.1 IP 协议	123
6.4.2 IP 控制协议	128

6.4.3 IP 路由	130
6.4.4 IPv6	131
6.5 网际互连	132
6.5.1 网络互连概述	133
6.5.2 网络互连设备	134
6.5.3 本地局域网互连方式	137
6.5.4 远程局域网互连方式	138
6.5.5 广域网互连	139
6.6 X.25 协议	139
6.6.1 X.25 协议的应用环境和系统结构	139
6.6.2 物理层	140
6.6.3 数据链路层	141
6.6.4 分组层	142
7 传输层	145
7.1 传输层概述	145
7.2 OSI 中的传输层	146
7.2.1 传输层的地位	146
7.2.2 传输层的功能	146
7.2.3 传输服务	147
7.2.4 传输服务服务质量	148
7.2.5 传输层协议等级	148
7.2.6 传输服务原语	149
7.3 Internet 中的传输层	149
7.3.1 传输层协议	149
7.3.2 端口的概念	150
7.3.3 用户数据报协议 UDP	152
7.4 传输控制协议 TCP	153
7.4.1 TCP 的服务	153
7.4.2 TCP 的编号与确认	155
7.4.3 TCP 的流量控制	155
7.4.4 TCP 的重发机制	156
7.4.5 TCP 报文段的格式	157
7.4.6 TCP 的传输连接管理	159
8 高层协议	162
8.1 会话层	162
8.1.1 会话层的功能	162
8.1.2 几个基本概念	163
8.1.3 服务质量	164
8.2 表示层	165

8.2.1 表示层功能	165
8.2.2 OSI表示层协议	165
8.2.3 抽象语法标记 ASN.1	166
8.3 应用层	167
8.3.1 远程登录 TELNET	167
8.3.2 文件传送协议	168
8.3.3 虚拟终端协议 VTP	171
8.3.4 电子邮件和万维网 WWW	173
9 网络管理与网络安全	177
9.1 网络管理	177
9.1.1 网络管理标准	177
9.1.2 网络管理系统	179
9.1.3 网络管理协议	180
9.2 网络安全	181
9.2.1 网络安全概念	181
9.2.2 网络安全面临的威胁	182
9.2.3 网络安全的策略	182
9.2.4 网络安全技术	185
9.3 网络防病毒	192
9.3.1 计算机病毒概述	192
9.3.2 计算机病毒的清除	194
9.3.3 网络防病毒技术发展趋势	195
10 计算机网络应用	197
10.1 水利信息化概述	197
10.1.1 水利信息采集系统建设	199
10.1.2 水利通信设施建设	199
10.1.3 水利信息网建设	199
10.1.4 基础数据库和水利数据中心的建设	200
10.2 水利信息分析	200
10.2.1 信息来源	200
10.2.2 信息分类与分布	200
10.2.3 信息采集模式	202
10.3 水资源信息采集系统	203
10.3.1 水资源信息采集分中心	204
10.3.2 水量水质自动监测站	204
10.3.3 水文水质巡测	204
10.3.4 信息采集时效要求	204
10.4 数据通信骨干网	205
10.4.1 通信骨干网	205

10.4.2 计算机广域网络	207
10.4.3 计算机局域网	211
10.4.4 网络管理中心	212
10.4.5 网络安全	213
10.5 数据中心	214
10.5.1 数据中心构架	214
10.5.2 数据中心功能	218
10.5.3 数据中心存储技术	218
10.6 应用服务平台	220
10.6.1 应用服务平台组成	221
10.6.2 应用服务平台软件体系结构	222
10.6.3 应用服务平台应用架构	223
11 基于 TCP/IP 的网络编程	229
11.1 网络通信控件的程序设计	229
11.1.1 Winsock 规范	229
11.1.2 Winsock 控件的属性、方法和事件	230
11.1.3 Winsock 控件 TCP 协议的使用	233
11.1.4 Winsock 控件 UDP 协议的使用	236
11.2 网络数据包的捕获	239
11.2.1 网络监听的原理	239
11.2.2 数据包捕获工具	242
11.2.3 数据包的捕获	246
11.3 捕获数据的分析	249
11.3.1 以太网数据帧分析	249
11.3.2 相关协议数据包的分析	257
12 计算机网络原理课程设计	264
12.1 计算机网络测试命令和网络模拟软件	264
12.1.1 网络测试的常用命令	264
12.1.2 以太网双绞线的制作方法	269
12.1.3 Cisco 网络设备的 3 种配置模式	271
12.1.4 网络模拟软件的选择及使用方法	272
12.1.5 实验一 网络模拟软件的使用	277
12.2 虚拟局域网 VLAN	278
12.2.1 虚拟局域网的基础	278
12.2.2 虚拟局域网的划分方法	280
12.2.3 使用 Cisco 1900 系列交换机进行 VLAN 划分	281
12.2.4 实验二 单交换机进行 VLAN 划分	293
12.2.5 实验三 多个交换机间的 VLAN 划分	294
12.3 静态路由的实现方法	295

12.3.1	静态路由概述.....	295
12.3.2	路由器配置所需要的主要命令说明.....	296
12.3.3	静态路由的配置方法.....	298
12.3.4	查看路由表及验证连通性.....	301
12.3.5	实验四 静态路由实验.....	302
12.4	局域网的综合配置.....	303
12.4.1	局域网的综合配置实例.....	303
12.4.2	实验五 局域网的综合配置.....	305
参考文献.....		307

1 计算机网络概述

1997年,在美国拉斯维加斯的全球计算机技术博览会上,微软公司总裁比尔盖茨演说中提出“网络才是计算机”的精辟论点充分体现了信息社会中计算机网络的重要地位。计算机网络技术的发展越来越成为当今世界高新技术发展的核心之一。

所谓计算机网络,是指把地理上分散的自主计算机,通过数据通信系统连接起来,以达到资源共享目标的一种计算机系统。所谓自主计算机,是指具有独立处理能力的计算机。对计算机网络的一种更为简洁的定义是一些互连的自主计算机系统的集合。可见,计算机网络是在计算机技术和通信技术高度发展的基础上,两者相互结合的产物。一方面,通信系统为计算机之间的数据传送提供重要支持;另一方面,由于计算机技术渗透到通信领域中,又极大提高了通信网络的性能。

1.1 计算机网络的发展历史

计算机网络的发展经历了四个阶段:面向终端的计算机网络、分组交换网络、开放式标准化网络、Internet。

1.1.1 面向终端的计算机网络

1954年,收发器终端出现,实现了将穿孔卡片上的数据从电话线上发送到远地的计算机。用户可在远地的电传打字机上键入自己的程序,计算机计算出来的结果从计算机传送到远地的电传打字机上打印出来。计算机网络的概念也就这样产生了,称为联机系统,如图1-1所示。面向终端的计算机通信网中,计算机是网络的中心和控制者,终端围绕中心计算机分布在各处,呈分层星型结构,而计算机的任务是进行批处理。面向终端的计算机网络采

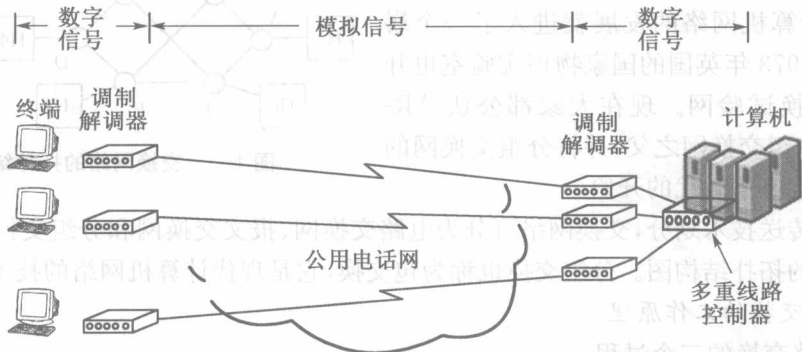


图 1-1 计算机通过多重线路控制器与远程终端相连

用了多路复用器、线路集中器、前端控制器等通信控制设备连接多个终端,使昂贵的通信线路为若干个分布在同一远程地点的相近用户分时共享使用。

用一台中央主机连接大量的地理上处于分散位置的终端,构成以单个计算机为中心的远程联机系统,称为面向终端的计算机网络。如 20 世纪 60 年代初,美国建成了全国性航空飞机订票系统,用一台中央计算机联结 2 000 多个遍布全国各地的终端,用户通过终端进行操作。这些应用系统的建立,形成了计算机网络的雏形。

为减轻中心计算机的负载,在通信线路和计算机之间设置了一个前端处理机 FEP 或通信控制器 CCU 专门负责与终端之间的通信控制,使数据处理和通信控制分开。在终端机较集中的地区,采用了集中管理器(集中器或多路复用器)用低速线路把附近群集的终端连起来,通过 MODEM 及高速线路与远程中心计算机的前端机相连(图 1-2)。这样的远程联机系统既提高了线路的利用率,又节约了远程线路的投资。

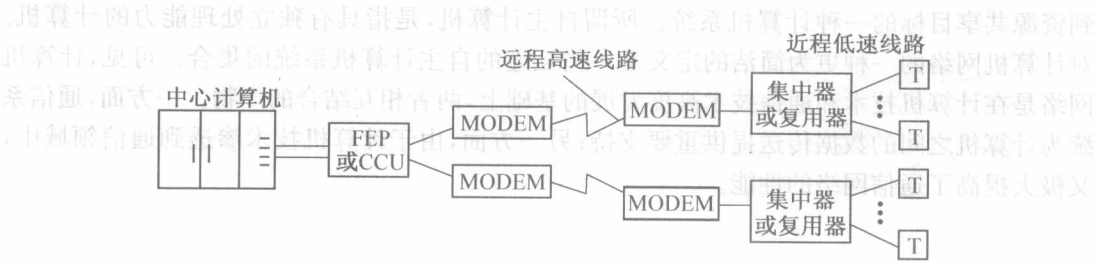


图 1-2 单计算机为中心的远程联机系统

1.1.2 分组交换网络的出现

第二阶段计算机网络的典型代表是 ARPA 网络。ARPA 网络的建成标志着现代计算机网络的诞生。ARPA 网络的试验成功使计算机网络的概念发生了根本性的变化,很多有关计算机网络的基本概念都与 APRA 的研究成果有关,如分组交换、网络协议、存储转发等。

存储转发的概念最初是在 1964 年 8 月巴兰在美国兰德公司的“论分布式通信”的研究报告中提出的。在 1962 年到 1965 年,美国国防部远景规划局和英国的国家物理实验室都在对新型的计算机通信网进行研究。1966 年 6 月,英国的国家物理实验室的戴维斯首次提出“分组”这个名词。1969 年 12 月,美国的分组交换网 ARPANET(当时仅 4 个节点)投入运行。从此,计算机网络的发展就进入了一个崭新的纪元。1973 年英国的国家物理实验室也开通了分组交换试验网。现在大家都公认 ARPANET 为分组交换网之父,并将分组交换网的出现作为现代电信时代的开始。

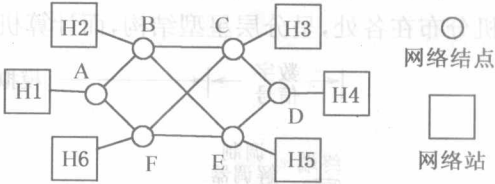


图 1-3 交换网络的拓扑结构

按数据传送技术划分,交换网络可分为电路交换网、报文交换网和分组交换网。图1-3为交换网络的拓扑结构图。分组交换也称为包交换,它是现代计算机网络的技术基础。

1) 电路交换的工作原理

(1) 电路交换的三个过程

① 电路建立:在传输任何数据之前,要先经过呼叫过程建立一条端到端的电路。如图

1-3所示,若 H1 站要与 H3 站连接,典型的做法是,H1 站先向与其相连的 A 节点提出请求,然后 A 节点在通向 C 节点的路径中找到下一个支路。比如 A 节点选择经 B 节点的电路,在此电路上分配一个未用的通道,并告诉 B 它还要连接 C 节点;B 再呼叫 C,建立电路 BC,最后,节点 C 完成到 H3 站的连接。这样 A 与 C 之间就有一条专用电路 ABC,用于 H1 站与 H3 站之间的数据传输。

② 数据传输:电路 ABC 建立以后,数据就可以从 A 发送到 B,再由 B 交换到 C;C 也可以经 B 向 A 发送数据。在整个数据传输过程中,所建立的电路必须始终保持连接状态。

③ 电路拆除:数据传输结束后,由某一方(A 或 C)发出拆除请求,然后逐节拆除到对方节点。

(2) 电路交换技术的优缺点及其特点

① 优点:数据传输可靠、迅速,数据不会丢失且保持原来的序列。

② 缺点:在某些情况下,电路空闲时的信道容易被浪费,在短时间数据传输时电路建立和拆除所用的时间得不偿失。因此,它适用于系统间要求高质量的大量数据传输的情况。

③ 特点:在数据传送开始之前必须先设置一条专用的通路。在线路释放之前,该通路由一对用户完全占用。对于突发式的通信,电路交换效率不高。

2) 报文交换的工作原理

当端点间交换的数据具有随机性和突发性时,采用电路交换方法的缺点是信道容量和有效时间的浪费。采用报文交换则不存在这种问题。

(1) 报文交换原理

报文交换方式的数据传输单位是报文,报文就是站点一次性要发送的数据块,其长度不限且可变。当一个站要发送报文时,它将一个目的地址附加到报文上,网络节点根据报文上的目的地址信息,把报文发送到下一个节点,一直逐个节点地转送到目的节点。

每个节点在收到整个报文并检查无误后,就暂存这个报文,然后利用路由信息找出下一个节点的地址,再把整个报文传送给下一个节点。因此,端与端之间无需先通过呼叫建立连接。

一个报文在每个节点的延迟时间,等于接收报文所需的时间加上向下一个节点转发所需的排队延迟时间之和。

(2) 报文交换的特点

① 报文从源点传送到目的地采用“存储—转发”方式,在传送报文时,一个时刻仅占用一段通道。

② 在交换节点中需要缓冲存储,报文需要排队,故报文交换不能满足实时通信的要求。

(3) 报文交换的优点

① 电路利用率高。由于许多报文可以分时共享两个节点之间的通道,所以对于同样的通信量来说,对线路的传输能力要求较低。

② 在电路交换网络上,当通信量变得很大时,就不能接受新的呼叫。而在报文交换网络上,通信量大时仍然可以接收报文,不过传送延迟会增加。

③ 报文交换系统可以把一个报文发送到多个目的地,而电路交换网络很难做到这一点。

④ 报文交换网络可以进行速度和代码的转换。

(4) 报文交换的缺点