

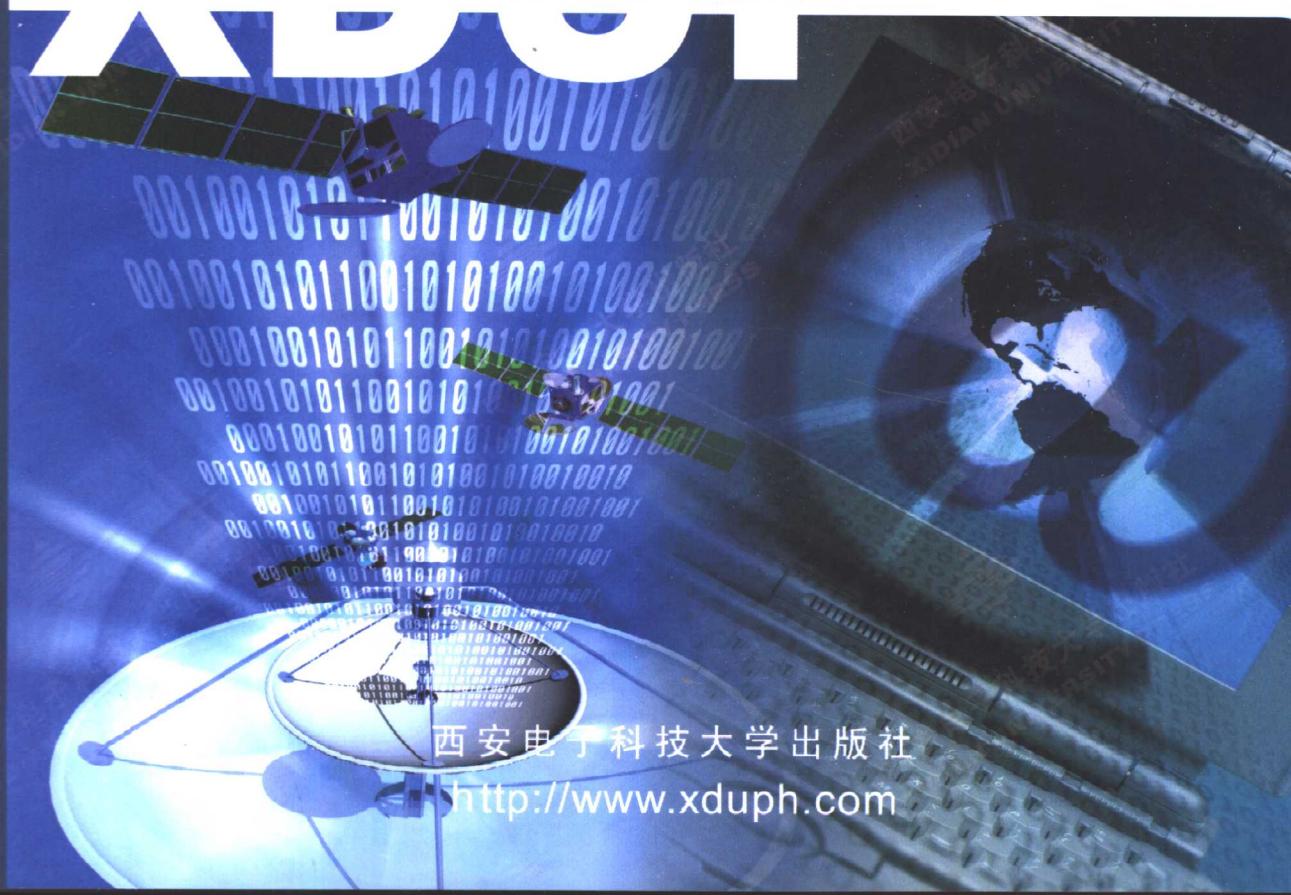
面向 **21** 世纪

高等学校信息工程类专业系列教材

现代交换技术

Modern Switch Technology

张继荣 屈军锁 杨武军 郭娟 编著
糜正琨 主审



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材

现代交换技术

Modern Switch Technology

张继荣	屈军锁	
杨武军	郭娟	编著
糜正琨		主审

西安电子科技大学出版社

2004

内 容 简 介

交换的概念是伴随着电话系统产生的。随着因特网技术的迅猛发展以及全球电信管制的开放,交换技术也从传统的电路交换、分组交换发展到以 ATM 和 IP 为核心的宽带分组交换,再到光交换。本书从全面、客观的角度出发,紧紧围绕交换的核心,介绍并分析与交换有关的方方面面,包括其演变、进展以及在网络中的角色等内容。

全书共分 8 章:第 1 章绪论,介绍交换原理、交换机的组成和各种交换技术;第 2 章介绍 7 号信令系统;第 3 章介绍电路交换技术和 FETEX-150、S-1240 典型机;第 4 章介绍分组交换技术及典型机的工作原理;第 5 章介绍宽带 ATM 交换技术;第 6 章介绍局域网交换技术;第 7 章介绍面向 IP 的交换技术;第 8 章介绍交换新技术,包括在网络演进过程中交换节点功能的变迁及软交换和光交换技术。每章后都配有思考题。

本书注重选材,内容翔实,层次清楚,编写方法新颖。

本书可作为普通高等院校通信、电子、信息等专业的本科教材或教学参考书,也可作为电信技术人员和研究人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

现代交换技术=Modern Switch Technology/张继荣等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2004.1

(面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材)

ISBN 7-5606-1320-9

I. 现… II. 张… III. 通信交换-高等学校-教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 105074 号

策 划 马武装

责任编辑 阎 彬 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安万花印务有限责任公司

版 次 2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18.5

字 数 435 千字

印 数 1~4000 册

定 价 20.00 元

ISBN 7-5606-1320-9/TN·0247(课)

XDUP 1591001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应地教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入 21 世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子工业学院、桂林电子工业学院、北京信息工程学院、深圳大学、解放军电子工程学院等 10 余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大类的教学计划和课程大纲,目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人,这套教材预计在 2004 年全部出齐。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、优中选优、以质取胜。教材内容要反映 21 世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用。体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会

2002 年 8 月

高等学校计算机、信息工程类专业

系列教材编审专家委员会

主 任：杨 震（南京邮电学院副院长、教授）
副主任：张德民（重庆邮电学院通信与信息工程学院院长、教授）
韩俊刚（西安邮电学院计算机系主任、教授）
李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑、教授）

计算机组

组 长：韩俊刚（兼）
成 员：（按姓氏笔画排列）
王小民（深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授）
王小华（杭州电子工业学院计算机分院副院长、副教授）
孙力娟（南京邮电学院计算机系副主任、副教授）
李秉智（重庆邮电学院计算机学院院长、教授）
孟庆昌（北京信息工程学院教授）
周 娅（桂林电子工业学院计算机系副主任、副教授）
张长海（吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授）

信息工程组

组 长：张德民（兼）
成 员：（按姓氏笔画排列）
方 强（西安邮电学院电信系主任、教授）
王 晖（深圳大学信息工程学院电子工程系主任、副教授）
胡建萍（杭州电子工业学院电子信息分院副院长、副教授）
徐 祎（解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授）
唐 宁（桂林电子工业学院通信与信息工程系副主任、副教授）
章坚武（杭州电子工业学院通信工程分院副院长、教授）
康 健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）
蒋国平（南京邮电学院电子工程系副主任、副教授）

总 策 划：梁家新
策 划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟
电子教案：马武装

前 言

现有的通信网，无论是广域网还是局域网，绝大多数都是交换式通信网，即网络以交换机为核心组建。由于交换机具有强大的寻址能力、信息处理能力和出色的稳定性，同时解决了网络智能化问题，因此大大地增加了网络的灵活性和经济性，提高了网络的性能。

从 1898 年第一台人工交换机发展到今天，交换技术已有 100 多年的历史。随着网络的演进和发展，交换技术也从承载单一业务的电路交换、分组交换，发展到承载多种业务的宽带交换。电话网中的交换机，在用户需要通信时，只需在通信终端之间建立一条临时的电路连接，通信中不需要对信息进行差错检验和纠正。因此，该交换机的作用就像一个软件控制的开关电路，非常简单。而在数据网中，数据业务有较大的突发性，且对差错敏感。因此，数据网中的交换机除具有基本的交换功能外，还必须具有差错检验和流量控制等功能，以确保传送的数据正确；否则，将难以保证服务质量。宽带网络的目标是在一个网络中传送话音、数据、图像等多种业务。为了满足不同业务对服务质量的要求，交换机要有区分服务的能力，交换节点的功能将变得更复杂。由于通信网和交换技术是互相制约、共同发展的，因此要想搞清楚交换机是如何工作的，必须把它放在通信网中去学习。

在现有的交换技术教材中，传统电信教材只介绍广域网上使用的交换方式，电路交换色彩过重；而计算机教材对交换的介绍侧重协议，对交换机的内部工作讲述得不够。这两种情况均不能使读者对交换方式有一个全面的了解。本书紧紧围绕交换的核心——交换网络、转发表、路由表、控制信令展开论述，详细讲述了通信网中现有的各种交换技术和未来可能成为标准的多协议标记交换技术(MPLS)。为了便于读者更好地理解，本书采用了这样的描述方式：先明确要传送的业务及特点，再叙述根据这些具体要求所选择的合适的交换方式。

现在，人类已跨入“信息时代”，IP 数据业务以及传统的数据业务量的总和已经超过了话音业务。网络应用和业务重心的变化，必然会影响到骨干网络的结构、模式和交换技术。因此本书以未来网络的核心——分组交换技术为重点进行介绍。

用户端到端的通信，可能经过多个交换机，交换机之间的工作需要协调，否则交换机将无法正常工作。信令系统就在交换机之间扮演了这样的角色。由于信令系统在交换系统中起着非常重要的作用，因此我们将其单列一章介绍，使读者能够更深刻地理解交换过程。

全书共分 8 章：第 1 章绪论，介绍交换原理和各种交换技术；第 2 章介绍 7 号信令系统；第 3 章介绍电路交换技术；第 4 章介绍分组交换技术；第 5 章介绍 ATM 交换技术；第 6 章介绍局域网交换系统；第 7 章介绍面向 IP 的交换技术；第 8 章介绍交换新技术。其中，第 1 章、第 3 章和第 8 章由张继荣编写，第 2 章和第 6 章由杨武军编写，第 5 章和第 7 章由屈军锁编写，第 4 章由郭娟编写。这 4 位作

者均参加了本书所有章节的讨论。

本书可作为普通高等院校通信、电子、信息等专业的本科教材或教学参考书，也可作为电信技术人员和研究人员的培训教材。

本书的编写和修改得到了很多老师、同仁和亲友的帮助与支持，特别是糜正琨教授对本书进行了细致的审校，提出了很多中肯的修改意见；本书的编写和出版也得到了西安电子科技大学出版社的大力支持。作者在此对以上人士和单位表示衷心的感谢。

限于作者的水平，书中难免有缺陷和不足之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2003 年 6 月于西安

目 录

第 1 章 绪论	1	2.2.3 7 号信令系统的特点	33
1.1 交换与通信网	1	2.3 7 号信令网	34
1.1.1 交换机的引入	1	2.3.1 信令网的组成	34
1.1.2 通信网	2	2.3.2 信令网的工作方式	35
1.1.3 面向连接网络和无连接网络	3	2.3.3 信令网的结构	36
1.1.4 网络分层模型	4	2.3.4 信令区的划分和 STP 的设置	38
1.1.5 信息在网络中的传送方式	8	2.3.5 信令网的编号计划	39
1.2 交换原理	9	2.3.6 信令网的路由选择	40
1.2.1 交换节点的功能结构	9	2.4 7 号信令的功能结构	40
1.2.2 基本交换单元	11	2.4.1 4 级结构	41
1.2.3 交换机的物理结构	13	2.4.2 4 级结构与 OSI 7 层协议并存 的结构	42
1.3 交换技术分类	14	2.5 信号单元的类型和格式	44
1.3.1 业务特点	14	2.5.1 SU 的格式	44
1.3.2 电路交换	16	2.5.2 三种 SU 的功能	45
1.3.3 分组交换	17	2.5.3 MSU 的格式	46
1.3.4 帧中继	19	2.6 电话用户部分	47
1.3.5 ATM 交换	19	2.6.1 TUP 消息的格式	48
1.3.6 计算机网络使用的交换技术	20	2.6.2 同抢与地址信号的发码方式	50
1.3.7 交换技术比较	22	2.6.3 信令过程	51
1.4 交换技术演进	23	思考题	52
1.4.1 电路交换技术的演进	23		
1.4.2 分组交换技术的发展	24		
1.4.3 宽带交换技术的发展	26		
思考题	27		
第 2 章 7 号信令系统	28	第 3 章 电路交换技术	53
2.1 信令系统概述	28	3.1 概述	53
2.1.1 信令的概念	28	3.1.1 电路交换的特点	53
2.1.2 信令的功能	28	3.1.2 电路交换机的分类	54
2.1.3 信令的分类	29	3.2 电路交换机的硬件结构	54
2.1.4 信令方式	31	3.2.1 话路子系统	55
2.2 7 号信令系统简介	32	3.2.2 控制子系统	60
2.2.1 产生背景	32	3.2.3 处理机间通信	63
2.2.2 主要应用	33	3.3 数字交换网络的结构	64
		3.3.1 基本交换单元	66
		3.3.2 交换网络	70
		3.4 电路交换机的控制软件	72

3.4.1 程控交换软件	73	第 5 章 ATM 交换技术	139
3.4.2 呼叫处理程序	75	5.1 ATM 技术介绍	139
3.4.3 程序的执行管理	81	5.1.1 ATM 基础知识	139
3.4.4 故障处理	83	5.1.2 ATM 技术的特点	140
3.4.5 呼叫处理过程	85	5.1.3 虚信道、虚通道、虚连接	141
3.5 电路交换机的指标体系	86	5.2 B-ISDN 协议参考模型	142
3.5.1 性能指标	86	5.2.1 协议参考模型	142
3.5.2 服务质量指标	87	5.2.2 模型分层介绍	142
3.5.3 可靠性指标	88	5.3 物理层	144
3.5.4 运行维护性指标	88	5.3.1 物理介质子层	144
3.6 电路交换典型机	88	5.3.2 传输汇聚子层	145
3.6.1 FETEX-150 数字交换机	88	5.4 ATM 层协议	146
3.6.2 S-1240 数字交换机	99	5.4.1 ATM 信元的信头结构	146
思考题	108	5.4.2 ATM 层功能	148
第 4 章 分组交换技术	110	5.5 ATM 适配层(AAL)协议	149
4.1 概述	110	5.5.1 AAL 的结构、功能、业务类别及 协议类型	149
4.1.1 分组交换的产生背景	110	5.5.2 AAL1	151
4.1.2 分组交换的概念	111	5.5.3 AAL2	153
4.1.3 分组交换的优缺点	111	5.5.4 AAL3/4	155
4.1.4 分组交换面临的问题	112	5.5.5 AAL5	158
4.2 分组交换原理	113	5.6 ATM 交换技术	159
4.2.1 统计时分复用	113	5.6.1 信元交换的过程	159
4.2.2 逻辑信道	114	5.6.2 ATM 交换机的基本组成结构	160
4.2.3 虚电路和数据报	114	5.6.3 ATM 交换单元的结构	161
4.3 X.25 协议	117	5.6.4 ATM 交换网络	163
4.3.1 分层结构	117	5.6.5 ATM 交换网络的选路控制方法	167
4.3.2 物理层	117	5.6.6 交换节点信元转发	168
4.3.3 数据链路层	118	5.7 ATM 信令	170
4.3.4 分组层	120	5.7.1 信令协议的体系结构	170
4.4 分组交换机	123	5.7.2 信令消息	171
4.4.1 分组交换机在分组网中的作用	123	5.7.3 ATM 网络的呼叫控制过程	172
4.4.2 分组交换机的功能结构	124	5.8 ATM 网络的业务量管理	174
4.4.3 分组交换机的指标体系	125	5.8.1 网络资源管理	175
4.4.4 DPN-100 型分组交换机	126	5.8.2 呼叫接纳控制	175
4.5 帧中继技术	130	5.8.3 使用参数控制	176
4.5.1 帧中继的基本原理及技术特点	130	5.8.4 整形	177
4.5.2 帧中继交换机	136	5.8.5 信元丢失和优先级控制	178
思考题	138		

5.8.6 流量控制与拥塞控制.....	178
思考题.....	179
第 6 章 局域网交换技术	181
6.1 局域网的基本概念.....	181
6.1.1 局域网的体系结构.....	181
6.1.2 Ethernet 标准.....	182
6.1.3 共享介质局域网的缺点.....	185
6.1.4 交换型局域网.....	186
6.2 第二层交换.....	187
6.2.1 基本概念.....	187
6.2.2 工作原理.....	188
6.2.3 性能参数.....	193
6.2.4 组网示例.....	193
6.3 第三层交换.....	193
6.3.1 基本概念.....	193
6.3.2 主要的第三层交换技术介绍.....	196
6.4 第四层交换.....	198
思考题.....	199
第 7 章 面向 IP 的交换技术	200
7.1 TCP/IP 协议.....	200
7.1.1 TCP/IP 分层模型.....	200
7.1.2 TCP/IP 模型各层的功能.....	202
7.2 IP 编址方式.....	203
7.2.1 传统分类编址方式.....	203
7.2.2 子网编址方式.....	204
7.2.3 无分类编址方式——CIDR.....	205
7.3 传统路由器的工作原理.....	207
7.3.1 路由器完成的功能和硬件结构.....	207
7.3.2 路由器的工作原理.....	211
7.3.3 路由及路由协议介绍.....	214
7.3.4 传统路由器面临的问题.....	220
7.4 IP 与 ATM 结合的技术.....	220
7.4.1 ATM 与 IP 结合的模式.....	221
7.4.2 IP 与 ATM 结合的驱动方式.....	223
7.4.3 基于 ATM 的局域网互连 ——局域网仿真.....	224
7.4.4 经典的 IP over ATM.....	225
7.4.5 基于 ATM 的多协议传输.....	227
7.4.6 IP 交换.....	229
7.4.7 标签交换.....	232
7.5 多协议标记交换技术——MPLS.....	236
7.5.1 MPLS 的一些基本概念.....	236
7.5.2 网络体系结构.....	238
7.5.3 MPLS 路由器的工作原理.....	239
7.5.4 MPLS 标记的分配方法.....	240
7.5.5 标记交换路径 (LSP) 的建立.....	241
7.5.6 标记分发协议.....	243
7.5.7 LANE、IPOA、MPOA、标签 交换、MPLS 的比较.....	246
思考题.....	247
第 8 章 交换新技术介绍	249
8.1 节点功能的变迁.....	249
8.1.1 业务控制和交换的分离.....	249
8.1.2 业务、呼叫控制和承载分离.....	252
8.1.3 通信网络的演变.....	254
8.2 软交换技术.....	256
8.2.1 软交换技术产生的背景.....	256
8.2.2 软交换方案举例.....	257
8.2.3 基于软交换技术的网络体系结构.....	258
8.2.4 软交换技术的标准化进展.....	260
8.3 光交换技术.....	261
8.3.1 光交换技术简介.....	261
8.3.2 光交换器件.....	262
8.3.3 光交换.....	266
8.3.4 光交换技术的发展状况.....	275
思考题.....	276
附录 英文缩写词汇表	277
参考文献	285

第1章 绪 论

交换机是通信网中不可缺少的重要组成部分。随着科学技术的发展和生产技术的不断提高,交换技术也在不断更新,交换机的性能更趋完善,接续速度更快,更能适应当今信息社会的需要。本章重点介绍交换的基本概念,交换机的功能,交换网络的实现,交换节点在通信网中的作用,多种交换方式及其特点等内容。

1.1 交换与通信网

1.1.1 交换机的引入

通信的目的是实现信息的传递。在通信系统中,信息是以电信号或光信号的形式传输的。一个通信系统至少应由终端和传输媒介组成,如图 1.1 所示。终端将含有信息的信息,如话音、图像、计算机数据等转换成可被传输媒介接受的信号形式,同时将来自传输媒介的信号还原成原始消息;传输媒介则把信号从一个地点传送至另一个地点。这样一种仅涉及两个终端的单向或交互通信方式称为点对点通信。



图 1.1 点对点通信

当存在多个终端,且希望它们中的任何两个都可以进行点对点通信时,最直接的方法是把所有终端两两相连,如图 1.2 所示。这样的一种连接方式称为全互连式。全互连式连接存在下列一些缺点:

- (1) 当存在 N 个终端时,需用 $N(N-1)/2$ 条线对,线对数量以终端数的平方增加。
- (2) 当这些终端分别位于相距很远的两地时,两地间需要大量的长线路。
- (3) 每个终端都有 $N-1$ 对线与其它终端相接,因而每个终端需要 $N-1$ 个线路接口。
- (4) 增加第 $N+1$ 个终端时,必须增设 N 对线路。当 N 较大时,无法实用化。
- (5) 由于每个用户处的出线过多,因此维护工作量较大。

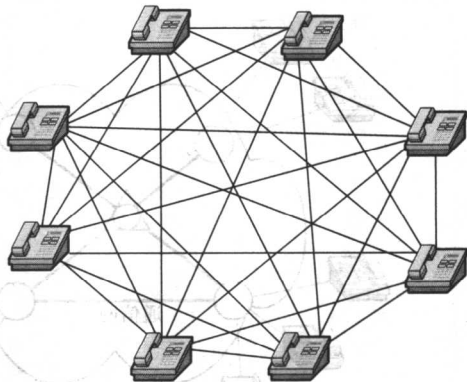


图 1.2 多用户全互连式连接

如果在用户分布密集的中心安装一个设备——交换机(switch, 也叫交换节点), 每个用户的终端设备经各自的专用线路(叫用户线)连接到交换机上, 如图 1.3 所示, 就可以克服全互连式连接存在的问题。

图 1.3 中, 当任意两个用户之间要交换信息时, 交换机将这两个用户的通信线路连通。用户通信完毕, 两个用户间的连线就断开。有了交换设备, N 个用户只需要 N 对线就可以满足要求, 线路的投资费用大大降低, 用户线的维护也变得简单容易。尽管这样增加了交换设备的费用, 但它的利用率很高, 相比之下, 总的投资费用将下降。

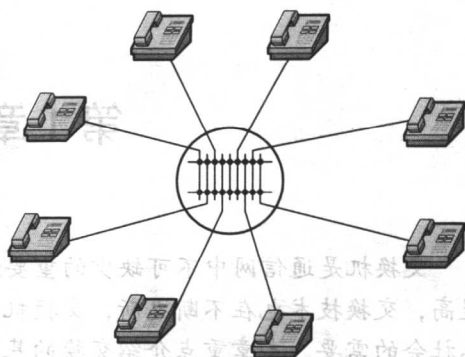


图 1.3 用户通过交换机连接

1.1.2 通信网

最简单的通信网(communication network) 仅由一台交换机组成, 如图 1.4 所示。每一台通信终端通过一条专门的用户环线(或简称用户线)与交换机中的相应接口连接。交换机能在任意选定的两条用户线之间建立和释放一条通信链路。

当用户数量很多且分布的区域较广时, 一台交换机不能覆盖所有用户, 这时就需要设置多台交换机组成如图 1.5 所示的通信网。网中直接连接电话机或终端的交换机称为本地交换机或市话交换机, 相应的交换局称为端局或市话局; 仅与各交换机连接的交换机称为汇接交换机。当通信距离很远, 通信网覆盖多个省市乃至全国范围时, 汇接交换机常称为长途交换机。交换机之间的线路称为中继线。显然, 长途交换设备仅涉及交换机之间的通信, 而市内交换设备既涉及到交换设备之间的通信又涉及到交换设备与终端的通信。

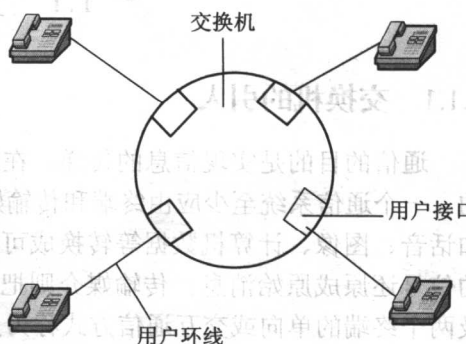


图 1.4 由一台交换机组成的通信网

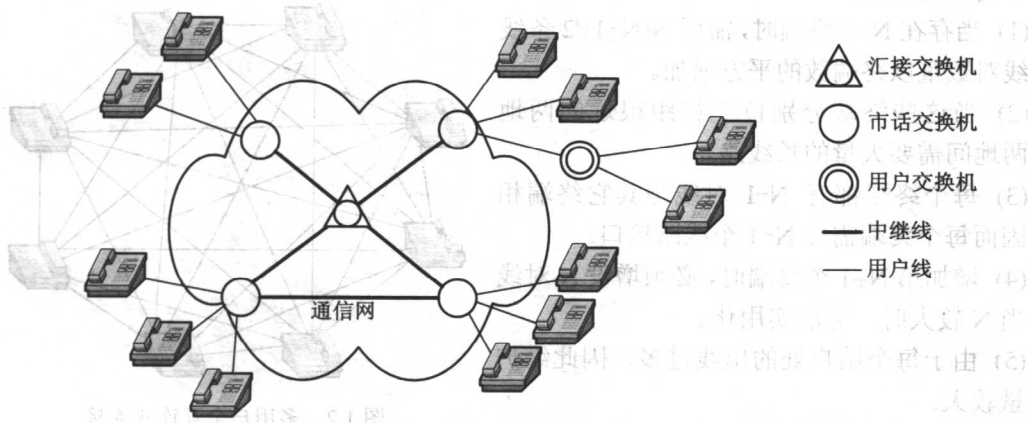


图 1.5 多台交换机组成的通信网

图 1.5 中的用户交换机 PBX(Private Branch Exchange)常用于一个集团的内部。PBX 与市话交换机之间的中继线数目通常远比 PBX 所连接的用户线数目少,因此当集团中的电话主要用于内部通信时,采用 PBX 要比将所有话机都连到市话交换机上更经济。当 PBX 具有自动交换能力时,又称为 PABX(Private Automatic Branch Exchange)。公共电话网只负责接续到 PBX,进一步从 PBX 到电话机的接续常需要由话务员转接,或采用特殊的直接接入设备(DID)。

由此可见,交换机在通信网中起着非常重要的作用,它就像公路中的立交桥,可以使路上的车辆(信息)安全、快捷地通往任何一个道口(交换机输出端口)。

1.1.3 面向连接网络和无连接网络

信息在通信网中由发端至终端逐节点传递时,网络有两种工作方式:面向连接 CO(Connection Oriented)和无连接 CL(Connectionless)。某种程度上,这两种工作方式可以比作铁路和公路。铁路是面向连接的,例如从北京到广州,只要铁路信号往沿路各站一送,道岔一合(类似交换的概念),火车就可以从北京直达广州,一路畅通,保证运输质量。而公路则不然,卡车从北京到广州一路要经过许多岔路口,在每个岔路口都要进行选路,遇见道路拥塞时还要考虑如何绕道走,要是拥塞情况较多时就会影响运输,或者延误时间,或者货物受到影响,质量得不到保证。这就是无连接的情况。

1. 面向连接网络

图 1.6 给出了面向连接网络的传送原理。

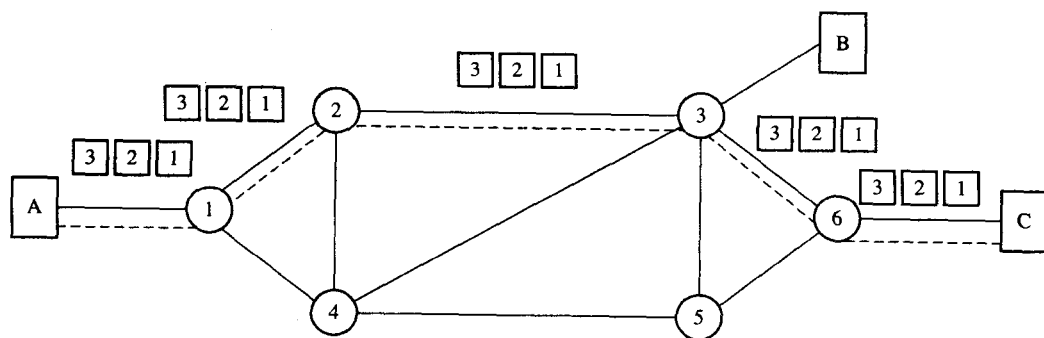


图 1.6 面向连接网络的传送原理

假定 A 站有三个数据块要送到 C 站,它首先发送一个“呼叫请求”消息到节点 1,要求到 C 站的连接。节点 1 通过路由表确定将该信息发送到节点 2,节点 2 又决定将该信息发送到节点 3,节点 3 又决定将该消息发送到节点 6,节点 6 最终将“呼叫请求”消息投送到 C 站。如果 C 站准备接受这些数据块的话,它就发出一个“呼叫接受”消息到节点 6,这个消息通过节点 3、2 和节点 1 送回到 A 站。现在, A 站和 C 站之间可以经由这条建立起的连接(图中虚线所示)来交换数据块了。此后的每个数据块都经过这个连接来传送,不再需要选择路由。因此,来自 A 站的每个数据块,穿过节点 1、2、3、6,而来自 C 站的每个数据块穿过节点 6、3、2、1。数据传送结束后,由任意一端用一个“清除请求”消息来终止这一连接。

面向连接网络建立起的连接有两种:实连接和虚连接。用户通信时,如果建立起的连接由一

条接一条的专用电路资源连接而成, 无论是否有用户信息传递, 这条专用连接始终存在, 且每一段占用恒定的电路资源, 那么这个连接就叫实连接; 如果电路的分配是随机的, 用户有信息传送时才占用电路资源(带宽根据需要分配), 无信息传送就不占用电路资源, 对用户的识别改用标志, 即一条连接使用相同标志统计占用的电路资源, 那么这样一段又一段串接起来的标志连接叫虚连接。显然, 实连接的电路资源利用率低, 而虚连接的电路资源利用率高。

2. 无连接网络

这里以图 1.7 为例来说明无连接网络是如何实现传送的。

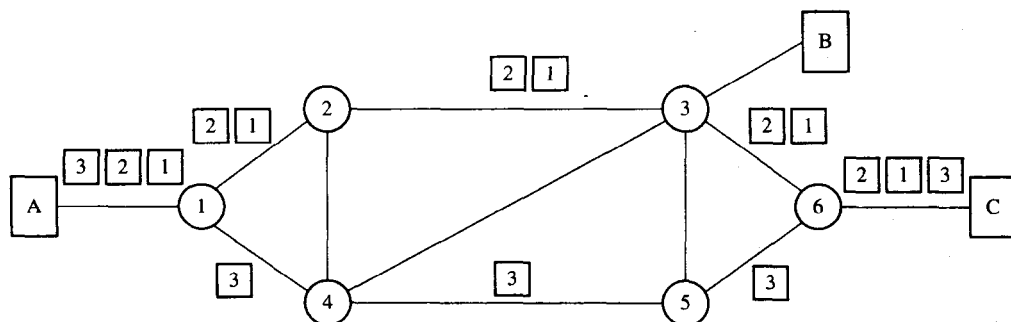


图 1.7 无连接网络的信息传送过程

假定 A 站有三个数据块要送到 C 站, 它将数据块 1、2、3 一连串地发给节点 1。节点 1 需对每个数据块做出路由选择的决定。在数据块 1 到来后, 节点 1 得知节点 2 的队列短于节点 4, 于是它将数据块 1 排入到节点 2 的队列。数据块 2 也是如此。但是对于数据块 3, 节点 1 发现现在到节点 4 的队列最短, 因此将数据块 3 排在去节点 4 的队列中。在以后通往 C 站路由的各节点上, 都作类似的处理。这样, 每个路由虽都有同样的目的地址, 但并不遵循同一路由。另外, 数据块 3 先于数据块 2 到达节点 6 是完全有可能的, 因此, 这些数据块有可能以一种不同于它们发送时的顺序投送到 C 站, 这就需要 C 站来重新排列它们, 以恢复它们原来的顺序。

面向连接网络和无连接网络的主要区别如下:

(1) 面向连接网络用户的通信总要经过建立连接、信息传送、释放连接三个阶段; 而无连接网络不为用户的通信过程建立和拆除连接。

(2) 面向连接网络中的每一个节点为每一个呼叫选路, 节点中需要有维持连接的状态表; 而无连接网络中的每一个节点为每一个传送的信息选路, 节点中不需要维持连接的状态表。

(3) 用户信息较长时, 采用面向连接的通信方式的效率高; 反之, 使用无连接的方式要好一些。

1.1.4 网络分层模型

随着科学技术的发展, 通信的范围越来越大, 这就需要更多的通信网络和通信设备间都能够互通互连。为了保证各网络与设备有良好的互通性, 降低设计的复杂度, 人们引入了分层参考模型。

1. 开放系统互连参考模型

为了使各种计算机在世界范围内互连成网, 国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)在 1978 年提出了一套非常重要的标准框架, 即开放系统互连参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection Reference Model), 简称 OSI。这里, “开放”的意思是: 只要遵循 OSI 标准, 一个系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循同一标准的其它任何通信系统进行通信。

现在, OSI 模型已经成为通信界, 尤其是网络界共同遵守的标准。许多主要的协议(如 TCP/IP)和网络(如 X.25、FR、ATM、Internet 等)均有相应的参考模型标准, 这大大提高了导入新技术的方便性及对各种通信网(电话网、X.25 网、局域网及 Internet 等)的适应性。为了能够在以后各章讨论问题清晰, 本书将有关 OSI 内容放在第 1 章中介绍。

OSI 的参考模型具有七个层次, 因此也将它称为分层模型, 见图 1.8。

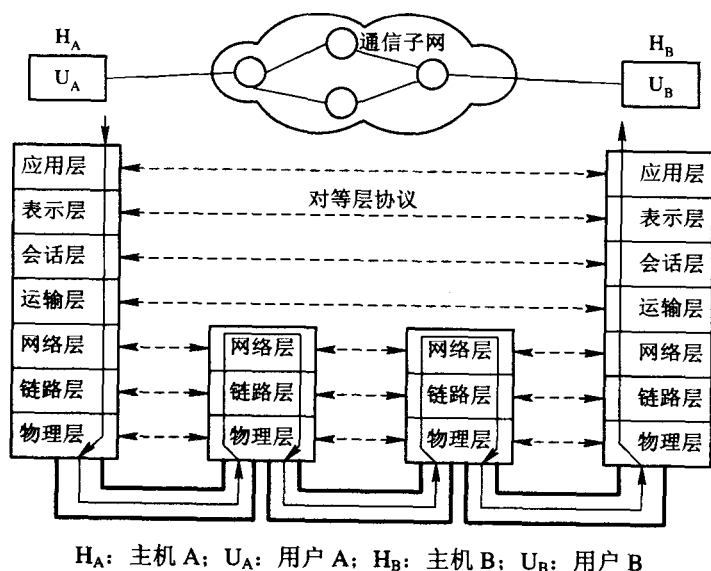


图 1.8 OSI 的分层模型

各层的主要功能如下:

1) 物理层

物理层与通信媒介直接相连, 其功能是提供用于建立、保持和断开物理接口的条件, 以保证比特流的透明传输。物理层协议主要规定了计算机或终端与通信设备之间的接口标准, 它包含接口的物理、电气、功能与规程四个方面的特性。

物理层传送的基本单位是比特, 又称位。

2) 数据链路层

数据链路层是 OSI 的第二层, 简称链路层。它主要负责数据链路的建立、维持和拆除, 并在两个相邻节点的线路上, 将网络层送下来的信息(分组)组成帧传送, 每一帧包括一定数量的数据和一些必要的控制信息。为了保证数据帧的可靠传输, 数据链路层应具有差错控制功能。在传送数据时, 若接收节点检测到所接收数据中有差错, 就要求发端重发, 直至

该帧被正确接收。同时,数据链路层还应具备简单的流量控制功能,以防止接收缓存器容量不够而产生溢出。这样,链路层就把一条有可能出错的实际物理链路转变成让网络层向下看起来好像是一条不出差错的链路,实现了在不可靠的物理链路上进行可靠的数据传输的功能。

数据链路层传输的基本单位是帧。常用的数据链路层协议是 ISO 推荐使用的高级数据链路控制 HDLC(High-level Data Link Control)规程。它是面向比特的传输控制规程。

3) 网络层

网络层又叫通信子网层,主要用于控制子网的运行。网络层将从高层传送下来的数据打包,再进行必要的路由选择、差错控制、流量控制以及顺序检测等处理,使发端用户的运输层所传下来的数据能够准确无误地按照地址传送到目的用户的运输层。

网络层的主要任务是路由选择、数据包的分段和重组以及拥塞控制等。

值得指出的是:根据网络类型的不同,网络层可以不存在。例如对于由广播信道所构成的通信子网,由于不存在路由选择问题,故一般不需要网络层。对于一个通信子网来说,第三层即网络层是它的最高层。

网络层所传送的信息的基本单位叫做分组或者包。

4) 运输层

运输层位于开放系统互连模型的第四层,它是衔接通信子网(由物理层、数据链路层及网络层构成)和资源子网(包含会话层、表示层及应用层)的桥梁,起到了承上启下的作用。运输层对高层用户起到了屏蔽作用,使高层用户的同等实体在交互过程中不会受到下层数据通信技术细节的影响。

运输层的任务就是要根据子网的特性最佳地利用网络资源,并根据会话实体的要求,以最低费用和最高可靠性在两个端用户(即发端用户和收端用户)的会话层之间建立一条运输连接,以透明方式传送报文,或者说,运输层为会话层提供了一个可靠的端到端的服务。运输层只能存在于端系统用户中,又称端一端层。

运输层的主要功能是建立、拆除和管理端系统的会话连接。这种连接是会话实体之间的一种逻辑信道。OSI 规定运输层提供 0~4 共五类协议,以适应不同的网络特性,满足会话层提出的服务质量要求。0 类是最简单类,适用于可靠型的网络,其协议不存在排序、流控和错误检测等方面的处理,只是让信息直接穿过;4 类的服务质量最高。为了保证服务质量,运输层对数据进行分段/合段或者分割/拼接等处理,组成运输层报文,并选择合适的服务等级,以适应高低层通信之间的差异;类似地,为了适应低层提供的不同服务质量,有时要进行复用/解复用,合路/分路等处理,同时,也要进行端到端的流量控制。

运输层传送的信息的基本单位是分段报文。

5) 会话层

会话层又称会晤层,其任务就是提供一种有效的方法,以组织和协商两个表示层进程之间的会话,并管理它们之间的数据交换。会话是指两个用户(表示层进程)之间的连接。会话可允许一个用户进入远程分时系统,或在两个用户计算机之间传送一个文件。会话层的主要功能是依据在应用进程之间约定的原则,按照正确的顺序发/收数据,进行各种形态的对话,其中包括对对方是否有权参加会话的身份核实,确定由哪一方支付通信费用,并

且在选择功能方面取得一致,如是选全双工还是选半双工通信等等。另外,在会话建立后,需要对进程间的对话进行管理和控制,如权标的发放(只有持有权标的一方才可以执行某种关键的操作)和同步的管理(当会话由于某种原因中止时,在数据中插入检验点,会话恢复后仅重传最后一个检验点后的数据)。

在有些计算机网络中,会话层与运输层是合二为一的,其总的功能都是为用户建立一条逻辑信道。

会话层传送的信息的基本单位也叫报文,但它与运输层的报文有本质的不同。

6) 表示层

表示层主要解决用户信息的语法表示问题,它向上对应用层提供服务。表示层对信息格式和编码起转换作用,例如将 ASCII 码转换成 EBCDIC 码等,同时将欲交换的数据从用户的抽象语法转换成适合 OSI 系统内部使用的传送语法。表示层还提供信息压缩的功能,如采用哈夫曼编码对文本进行压缩。此外,对传送的信息进行加密与解密也是表示层的任务之一。

表示层传送的信息也是以报文为单位的。

7) 应用层

应用层是 OSI 体系结构的最高层,它直接面向用户,以满足用户不同的需求,是惟一向应用程序直接提供服务的层。其功能包括:提供网络完整透明性,用户资源的配置,应用管理和系统管理,分布式信息服务及分布式数据库管理等。

应用层传送的是用户数据报文。

上述层次中 1~3 层的功能属于通信子网的功能,这些功能的实现均体现在交换机内。按照分层模型设计交换机,可以将设备的复杂功能简单化、层次化,使每一个层次在信息交换中都担当一个独立的角色,具有特定的功能。

2. 分层结构中使用的术语

在分层模型结构中,相邻层间低层为高层提供服务。服务通过定义的相邻层间服务接入点 SAP(Service Access Point),用一组确定的服务原语实现。OSI 定义了请求、指示、响应、证实四种类型的原语。“请求”原语请求下层服务者提供服务,促成某项工作,如建立连接。服务提供者收到这一请求后,通知接收方对等服务提供者(对等层),收方服务提供者用“指示”原语通知上层用户,有人想要与它建立连接。如果收方同意建立连接,可以向自己的服务提供者回发一个“响应”原语,收方将此信息传到发方,发方服务提供者再以“证实”原语通知当初曾发出“连接请求”原语的用户,连接任务完成。

在一次服务中,如果发方提出请求,收方给以确认(使用四类原语),这类服务称为有证实的服务,它可以保证信息的可靠传送;如果对服务结果不确认(只使用请求和指示原语),则称为非证实的服务,这类服务不能保证信息的可靠传送。

第 N+1 层递交给第 N 层的数据单元叫第 N 层业务数据单元 N-SDU(N-Service Data Unit),第 N 层加上一些必要的控制信息 H(Header)后,就构成第 N 层的协议数据单元 N-PDU(N-Protocol Data Unit),见图 1.9。其中,SDU 是要通过网络传到远端对等层的业务信息,H 字段帮助对等层实体执行相应的对等层协议,对等层间通信使用对等层协议。