

信息通信新技术培训系列

# xDSL

# 宽带接入技术

韩玲 曾志民 等 编著



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

# xDSL宽带接入技术

韩 玲 曾志民 等 编著

北京邮电大学出版社  
·北京·

## 内 容 简 介

本书是一本介绍 xDSL 技术的系统教材,也是一本综合性的技术参考手册。它从宽带通信的基础知识入手,对以 ADSL 为主的 DSL 技术的基本原理、技术特性、体系结构、发展现状和应用前景做了深入浅出的阐述。

本书内容丰富、注重实用,可作为 xDSL 技术的培训教材,也可供从事宽带网络建设的专业人士阅读、参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

xDSL 宽带接入技术/韩玲等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2002

ISBN 7-5635-0593-8

I . x . . . II . 韩 . . . III . 宽带通信系统—接入网,xDSL—通信技术 IV . TN915.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 020338 号

---

书 名: xDSL 宽带接入技术

作 者: 韩玲 曾志民 等

责任编辑: 时友芬

出版发行: 北京邮电大学出版社

网 址: [www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

电话传真: 010-62282185(发行部) 010-62283578(FAX)

电子信箱: [publish@bupt.edu.cn](mailto:publish@bupt.edu.cn)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18.5

字 数: 459 千字

印 数: 1—5000 册

版 次: 2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

---

ISBN 7-5635-0593-8/TN·268

定 价: 32.00 元

• 如有质量问题请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

# 前 言

一个完整的通信网主要由传输网、交换网和接入网三大部分组成。接入网是国际上近年提出的一种新概念,它的引入给通信网带来了新的变革,使整个通信网络结构发生了根本的变化。接入网近期最为突出的发展趋势是宽带化、业务综合化,一个经济、普遍而又高速的接入需求受到性能、便利以及运营商的成本等因素的影响。xDSL 技术作为宽带通信网络建设中最有活力的技术之一,能够充分利用铜双绞线资源,传输高速的数字信息,成为现有电信接入网升级的一种重要手段。

本书从宽带通信的基础知识入手,对以 ADSL 为主的 DSL 技术的基本原理、技术特性、体系结构、发展现状和应用前景等做了深入浅出地阐述,它既是一本介绍 xDSL 技术的系统教材,也是一本综合性的技术参考手册,全书共分为四篇,17 章。

第一篇“基础知识”包括 1~5 章。第 1 章介绍了宽带通信网络的基本结构和一些代表性的传输、交换技术;第 2 章介绍了各种可用的宽带接入技术及其相应的体系结构,并进行了分析比较;第 3 章介绍了铜双绞线和规格型号、性能指标、系统结构,并简述了 ADSL 对线路的要求;第 4 章介绍了数据通信中调制、均衡和扰码等方面的知识;第 5 章主要介绍了 xDSL 的编码技术。

第二篇“ADSL 与 DSL 技术”包括 6~10 章,介绍了 xDSL 技术的基本原理和技术特性,包括 HDSL、VDSL、ADSL 和 ADSL Lite 技术,并专门讨论了 ADSL 技术的系统结构及其应用。

第三篇“ADSL 体系结构”包括 11~14 章。第 11 章介绍了 ADSL 的几种分布模式及其组合;第 12、13 章分别讨论了 ATM over ADSL 和 IP over ADSL 的体系结构;第 14 章则介绍了与 xDSL 技术相关的一些协议,便于读者对于 xDSL 技术的理解。

第四篇“ADSL 发展现状”包括 15~17 章。第 15 章介绍了 ADSL 的标准化状况;第 16 章介绍了部分芯片公司的 ADSL 芯片实现方案;第 17 章介绍了部分公司生产的 ADSL 设备。

本书力求叙述简明、深入浅出,内容的组织循序渐进、丰富实用,适合于广大从事宽带网络建设的专业人士阅读。

本书主要由韩玲、曾志民编写,此外,第一篇的第 3 章和第四篇主要由赵丽红编写,第一篇第 4、第 5 章主要由王一蓉编写,曾志民教授统编全书。

书中引用了一些专家学者的研究工作和论文、著作,还有一些资料来源于公司网站。北京邮电大学出版社对本书的出版给予了友好的合作和全力的支持,在此一并表示诚挚的感谢。

由于时间仓促,加之 DSL 技术的发展更新很快,本书中的错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评、指正。

作 者

2002 年 5 月

# 目 录

## 第一篇 基础知识

### 第1章 宽带网络概述

1.1 通信网分层结构 .....	1
1.2 交换层技术 .....	2
1.2.1 ATM 交换技术 .....	2
1.2.2 IP 交换技术 .....	5
1.3 传输层技术 .....	6
1.3.1 光纤传输技术 .....	6
1.3.2 无线传输技术 .....	11

### 第2章 宽带接入技术和体系结构

2.1 引言 .....	15
2.2 宽带接入技术 .....	16
2.2.1 铜双绞线接入新技术 .....	17
2.2.2 无线接入技术 .....	19
2.2.3 光纤接入技术 .....	20
2.2.4 混合接入技术 .....	23
2.3 宽带接入体系结构 .....	24
2.3.1 IDLC .....	24
2.3.2 FTTC 和其他光纤接入体系结构 .....	25
2.3.3 HFC .....	26
2.3.4 LMDS .....	27
2.3.5 MMDS .....	29
2.3.6 DBS .....	30
2.4 宽带接入技术和体系结构的分析比较 .....	31
2.4.1 几种宽带接入方案的比较 .....	31
2.4.2 选择 .....	32
2.4.3 我国的宽带接入网建设 .....	34

## 第3章 双绞线系统

3.1 系统结构	35
3.1.1 铜线传输系统	35
3.1.2 双绞线概述	36
3.1.3 桥接抽头	36
3.1.4 加感线圈	37
3.2 规格型号	38
3.2.1 EIA/TIA 568A 标准中双绞线的分类	38
3.2.2 AWG	39
3.3 主要性能指标	39
3.4 ADSL 对线路的要求	44

## 第4章 数据通信相关知识

4.1 调制	44
4.1.1 幅度调制	46
4.1.2 数字调制	49
4.2 均衡	52
4.2.1 频域均衡	52
4.2.2 时域均衡	53
4.3 扰乱与解扰	57
4.3.1 扰乱	57
4.3.2 解扰	59

## 第5章 铜线接入技术的编码

5.1 2B1Q 码	59
5.2 QAM	61
5.3 CAP	64
5.4 DMT	66
5.4.1 DMT 信道分割原理	67
5.4.2 DMT 的调制系统框图	69
5.4.3 DMT 的 IFFT/FFT 数学分析	71
5.4.4 DMT 的时域均衡	74
5.4.5 ADSL 编码的技术标准	76
5.5 ADSL 复用技术	77
5.6 DSL 回波抵消和噪声抑制	78
5.7 各种编码方式的比较	79

5.7.1 CAP 与 2B1Q 编码方式的比较 .....	79
5.7.2 CAP 与 DMT 的比较 .....	79
5.8 双绞线的线路噪声 .....	83

## 第二篇 ADSL 与 DSL 技术

### 第 6 章 HDSL 和 HDSL2 系统

6.1 背景 .....	86
6.1.1 ISDN .....	86
6.1.2 HDSL 的诞生 .....	87
6.1.3 HDSL 的下一代——HDSL2 .....	89
6.2 规范标准 .....	89
6.3 体系结构 .....	90
6.3.1 用于 E1 的基本体系结构 .....	90
6.3.2 用于 T1 的基本体系结构 .....	93
6.4 HDSL 映射关系和帧结构 .....	93
6.4.1 用于 E1 .....	93
6.4.2 用于 T1 .....	96
6.5 HDSL 技术性能 .....	97

### 第 7 章 VDSL 系统

7.1 背景 .....	99
7.2 标准化进程 .....	100
7.3 体系结构 .....	101
7.4 技术讨论 .....	104
7.4.1 传输模式 .....	104
7.4.2 噪声环境 .....	104
7.4.3 线路码 .....	105
7.4.4 上行多路复用 .....	108
7.4.5 信道分割与调制方式 .....	109
7.5 技术性能 .....	112
7.5.1 应用 .....	112
7.5.2 与 ADSL 比较 .....	113
7.5.3 当前的技术状况 .....	114

### 第 8 章 ADSL 系统结构

8.1 背景 .....	115
8.2 ADSL 网络结构 .....	117

8.2.1	基本网络体系结构 .....	117
8.2.2	ADSL 论坛系统参考模型 .....	119
8.3	ADSL 传输机制 .....	121
8.3.1	ADSL 的信息通道 .....	121
8.3.2	ADSL 的下行目标速率与传输距离 .....	122
8.3.3	ADSL 的承载信道 .....	122
8.3.4	单工承载信道 .....	124
8.3.5	双工承载信道 .....	128
8.3.6	选项的组合 .....	129
8.3.7	ADSL 信头和比特率的整体考虑 .....	132
8.3.8	ADSL 成帧 .....	134
8.4	ADSL 的初始化 .....	139
8.4.1	初始化过程的信号 .....	139
8.4.2	激活请求和确认过程 .....	140
8.4.3	收发器训练 .....	141
8.4.4	信道分析 .....	142
8.4.5	交换 .....	143
8.5	ADSL 与其他接入技术 .....	144
8.5.1	ADSL 技术的特点 .....	144
8.5.2	ADSL 与模拟调制解调器 .....	145
8.5.3	ADSL 与电缆调制解调器 .....	146
8.6	DSLAM .....	149
8.6.1	DSLAM 的形成与发展 .....	149
8.6.2	结构 .....	150
8.6.3	DSLAM 的隶属 .....	151
8.7	DSL 网络升级方案 .....	152
8.7.1	影响升级的因素 .....	153
8.7.2	网络终端 .....	154
8.7.3	升级的优先权 .....	155
8.7.4	升级结构 .....	155

## 第9章 ADSL 系统应用

9.1	ADSL 应用类型 .....	156
9.2	ADSL 目标服务速率 .....	160
9.3	ADSL 应用实例 .....	161
9.3.1	单 PC 机接入 .....	162
9.3.2	STB 接入 .....	163
9.3.3	PC+STB 接入 .....	163
9.3.4	局域网接入 .....	164



9.3.5 局域网互联 .....	166
-------------------	-----

## 第 10 章 ADSL 与 ADSL.Lite

10.1 ADSL.Lite 的提出 .....	167
10.2 ADSL.Lite 结构 .....	169
10.2.1 基本网络体系结构 .....	169
10.2.2 ITU 的系统参考模型 .....	169
10.3 ADSL.Lite 技术 .....	170
10.3.1 概述 .....	170
10.3.2 技术特点 .....	172
10.3.3 初始化 .....	174
10.3.4 快速重训练 .....	176
10.4 POTS 分离器 .....	181
10.4.1 用户端的 POTS 分离器 .....	182
10.4.2 局端的 POTS 分离器 .....	185

## 第三篇 ADSL 体系结构

### 第 11 章 ADSL 的分布模式

11.1 ADSL 网络体系结构 .....	188
11.2 分布模式 .....	189
11.2.1 比特同步模式 .....	189
11.2.2 分组适配模式 .....	190
11.2.3 端到端分组模式 .....	191
11.2.4 异步传输模式 .....	192
11.3 分布模式组合 .....	193

### 第 12 章 ATM over ADSL

12.1 在 ADSL 上采用 ATM .....	195
12.2 早期的 ATM over ADSL 接入结构 .....	197
12.3 PPP over ATM .....	199
12.3.1 PPP 协议 .....	199
12.3.2 PVC 结构 .....	200
12.3.3 SVC 结构 .....	204
12.4 隧道模式结构 .....	205
12.4.1 本地 PPTP 隧道 .....	206
12.4.2 本地 L2TP 隧道 .....	207
12.4.3 L2TP 终端集中 .....	208

## 第 13 章 IP over ADSL

13.1 网络结构 .....	209
13.2 分组适配模式 .....	210
13.3 端到端模式 .....	211

## 第 14 章 与 ADSL 相关的协议

14.1 ATM 异步传输模式 .....	212
14.1.1 ATM 技术简介 .....	212
14.1.2 ATM 逻辑参考模型 .....	216
14.2 IEEE 802 标准 .....	226
14.2.1 IEEE 802 与 OSI-RM .....	226
14.2.2 局域网的数据链路层 .....	230
14.2.3 IEEE 802.3 标准 .....	232
14.2.4 IEEE 802.5 标准 .....	241
14.2.5 IEEE 802.4 标准 .....	245
14.3 PPP .....	247
14.3.1 PPP 与 SLIP .....	247
14.3.2 PPP 协议组成 .....	249
14.3.3 运行机制 .....	252

## 第四篇 ADSL 发展现状

### 第 15 章 ADSL 标准化

15.1 ADSL 标准化现状 .....	255
15.1.1 国际 ADSL 标准化现状 .....	255
15.1.2 中国 ADSL 标准化现状 .....	257
15.2 G.992.1 .....	257
15.3 G.992.2 .....	258

### 第 16 章 ADSL 套片实现方案举例

16.1 TI(德州仪器公司)方案 .....	259
16.2 ADI(美国模拟器件公司)方案 .....	261
16.3 ALCATEL(阿尔卡特公司)方案 .....	262

### 第 17 章 ADSL 设备举例

17.1 阿尔卡特公司的产品 .....	264
17.2 3COM 公司的产品 .....	268

17.3 爱立信公司的产品.....	271
17.4 摩托罗拉公司的产品.....	271
17.5 华为技术有限公司的产品.....	272
17.6 中兴通讯股份有限公司的产品.....	272
17.7 上海无限通讯设备制造有限公司的产品.....	274
附录 术语.....	277
参考文献.....	282

## 第 1 章 宽带网络概述

近年来,随着新技术的发展、技术成本的持续下降、电信市场的开放以及以 IP 为代表的业务爆炸式增长,网络的带宽与容量成为越来越重要的资源。以美国为代表的发达国家的骨干网正向超高速和超大容量的方向发展。在这个信息化的社会中,人们对各类信息的需求越来越多、要求越来越高;人们已越来越不能仅仅满足于使用传统的电话、传真等业务来传递各种简单的消息,而且对各种各样的新业务,诸如计算机通信、高速率数据通信、会议电视和多媒体通信等高速率、高带宽的综合性业务提出了更高的要求。面对这样的需求,人们发展了各种各样的宽带、高速网络技术,组建了各种各样的宽带、高速网络。一般来说,宽带、高速网络与其他信息网络一样具有分层结构,由业务系统、传输系统、交换系统、管理系统构成。

### 1.1 通信网分层结构

宽带网络在功能上的分层结构如图 1-1 所示。

**应用层:**面向用户,根据用户需求,向用户提供各种各样的网络服务。

**网络层:**建立、管理网络连接,提供两种类型的网络服务,即面向连接的网络服务和无连接的网络服务。

**交换层:**利用各种交换系统,在网络节点处实现信息的正确、高效、高速交换。

**传输层:**利用各种传输系统,在网络内部两点间实现正确、高效、高速传输信息。

网络管理对网络中所有管理对象进行监视、控制、协调,保证网络处于高效、安全的运行状态。

基于本书的基本内容,下面仅简单讨论交换层技术及传输层技术。

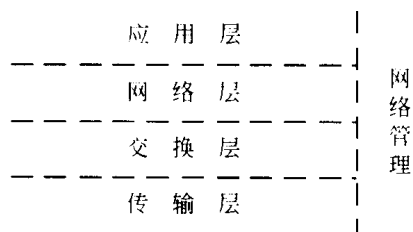


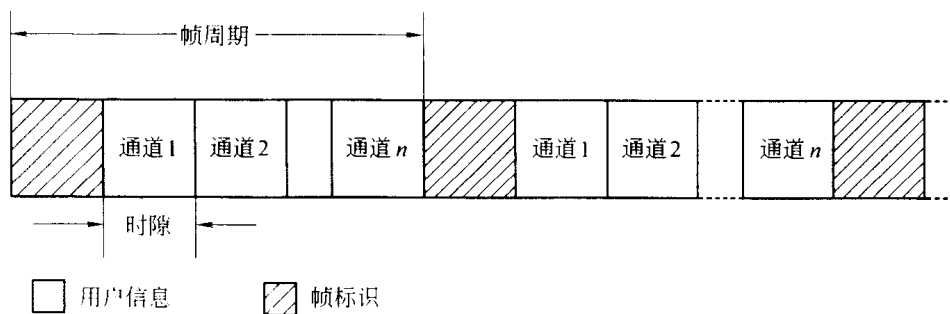
图 1-1 网络分层示意图

## 1.2 交换层技术

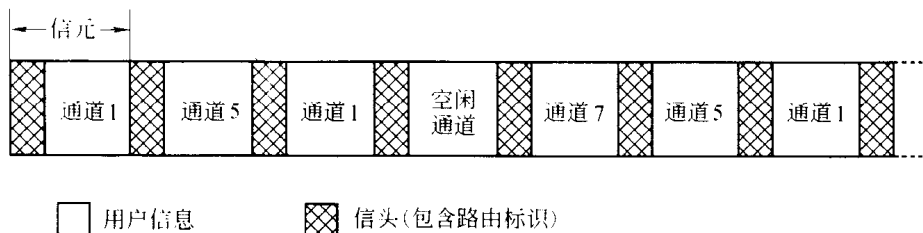
宽带、高速网络交换层使用的技术主要有两类,即异步传输模式(ATM: Asynchronous Transfer Mode)交换技术和IP交换技术。ATM交换功能由ATM交换机提供,IP交换功能由路由器完成。交换机和路由器都是网络设备,它们都能完成网络中的交换功能,即从一个输入端口得到某个数据单元,根据数据单元中单元头部的内容,在表中查找相应的输出端口,并将这个数据单元在该输出端口输出。它们的不同点在于:建表的方法以及数据单元头部携带信息不同;在路由器中使用的是目标地址,而在交换机中则是连接标识符,可以说,路由器是无连接的交换机,交换机是面向连接的路由器。

### 1.2.1 ATM交换技术

同步传输模式(STM: Synchronous Transfer Mode)是数字交换技术的基础,如图1-2(a)所示,它将来自各个不同通路的信息块从时间上间插错开组成帧,由一个公共的网络参考时钟来精确指定每个不同通路的信息块在帧中的位置,这样基于STM的同步时分交换利用时隙交换方式将信息从一个数字复用线传送到另一个数字复用线。



(a) 同步传输模式



(b) 异步传输模式

图 1-2 STM与ATM的时分复用原理

STM的传输是基于端到端的电路连接,电路交换具有时延小、通信质量有保证和控制简单的优点,但由于电路交换呼叫的建立需要时间,并且每个连接带宽固定、不传信息时也占用资源,所以STM不能适应不同速率的业务和突发业务,如不能适应迅速发展IP网的高速可变速率突发业务的要求;STM也不适应语音压缩编码技术的发展,如数字移动通信GSM现用的语音速率是13kbps,CDMA现用的语音速率是8kbps(可进一步压

缩到 4 kbps), 它们都不能直接在 STM 网上传输交换。

对于电路交换的改进有多速率电路交换、快速电路交换、时隙电路网、同步组合分组交换等方案, 其中多速率电路交换能够在—个交换机中提供多种速率的电路连接, 但是其灵活性不够, 速率不能任意更改, 同时也不能适应突发业务的特点; 快速电路交换在电路连接建立之后并不立即占用网络资源, 只有当发送信息时才占用资源, 不发送信息时就释放资源, 用快速“随路”信令控制资源分配, 但是它控制复杂, 要求快速处理大量信令; 分组交换具有带宽可变、灵活的优点, 它可以统计复用, 资源利用率高, 一个用户可以同时进行多个通信, 但是其网络功能复杂、话音传输时延大, 服务质量(QoS)难以保证。

20 世纪 80 年代后期, ATM 作为宽带综合业务数字网(B-ISDN: Broadband-Integrate Services Digital Network)的核心技术从电信网技术发展而来, 是一种快速分组交换技术, 能够很好地与电信网相适配。由于 ATM 自身所具有的特点, 例如信息流的统计行为、极高的信息处理速度、信元的固定长度、信元头功能等, ATM 出现以前的电路交换和分组交换都不能直接适用于 ATM 交换。

ATM 交换系统包括用于公用宽带网的 ATM 交换系统和用户的内部专用网(ATM、LAN)。ATM 交换系统由传输部分(传输网)和控制部分构成, 传输部分是在入线与出线之间传输 ATM 信元的物理设备, 完成协议参考模型中用户平面的功能; 控制部分是在信令处理的基础上实现对传输网进行控制的设备, 完成协议参考模型中控制平面的功能。

ATM 交换中所使用的基本载体是信元, 与分组交换中的分组有些类似, 但是其长度固定为 53 个字节, 其中包括 5 个字节的信元头。如图 1-2(b)所示, ATM 将要发送的用户信息组织成信元来发送、传输、复用、交换、接收, 采用这种信元结构作为信息传输和交换的基础结构和统一平台, 将各类不同的业务(数据、语音、视频), 不同的业务特征(比特率、服务质量、突发和时延特性)在不同的媒体上传送。

在 ATM 系统中, 信息的传输是基于连接的, 而不是像在传统的时分复用系统中那样基于通道(电路)。ATM 交换技术中引入了虚通路连接(VCC: Virtual Channel Connection)的概念, 在建立连接时, ATM 向网络提出流量描述和服务质量的要求, 网络只对此连接进行资源预先分配, 只有当信元真正开始传送时才占用网络的带宽资源。

ATM 连接在实质上分为虚通路(VC: Virtual Channel)连接和虚通道(VP: Virtual Path)连接两部分, VC 是在两个相邻 ATM 实体之间传递 ATM 信元的通信能力, 以一个虚通路标识符(VCI: Virtual Channel Identifier)来加以识别。

由于 ATM 技术支持宽带 ADSL、ISDN 等大型网络, 会有很多终端用户同时产生多种服务, 因此网络中会出现大量速率不同的 VC, 而将多个 VC 组合成 VP 则简化了大型网络的资源管理运作, 并且可以提高主干网中的交换效率。VP 为半永久性的连接, 用虚通道标识符(VPI: Virtual Path Identifier)来对各个 VP 进行识别。VPI/VCI 值都包含于 ATM 信元的信头中, 各个链路网段的 VPI/VCI 值都是由 ATM 交换机凭借信号处理进行个别分配, 所以只在一段链路上有意义。

在 ATM 系统中, 信息传输是采用异步多路复用的方式。接收端对信元的识别不再靠严格的网络参考定时, 而是靠信元信头的标记信息来识别该信元属于哪一个连接, 可见 ATM 信元信头的作用很重要, ATM 交换的原理主要基于信元信头。如图 1-3 所示, ATM 交换功能由 ATM 交换机提供, 每个 ATM 交换机中都储存有 VPI/VCI 转换表, 对

于每一个交换口,当某一 VPI/VCI 值分配给某一 VP 或 VC 后,转换表就会找到一条路由至某一输出口并分配给一个新的 VPI/VCI 值。这样当 ATM 信元到达 ATM 交换机后,若其 VPI/VCI 值与转换表中的一致,交换机就会为该信元找到输出口并更新信头中的 VPI/VCI 值,然后将其发往下一个节点。由于 VPI/VCI 值可以重复使用,所以在交换机内部通过不同链路来的 VCC 可能具有相同的 VPI/VCI 值,因此,交换机内部必须将这些 VCC 以连接号加 VPI/VCI 值一起标识。

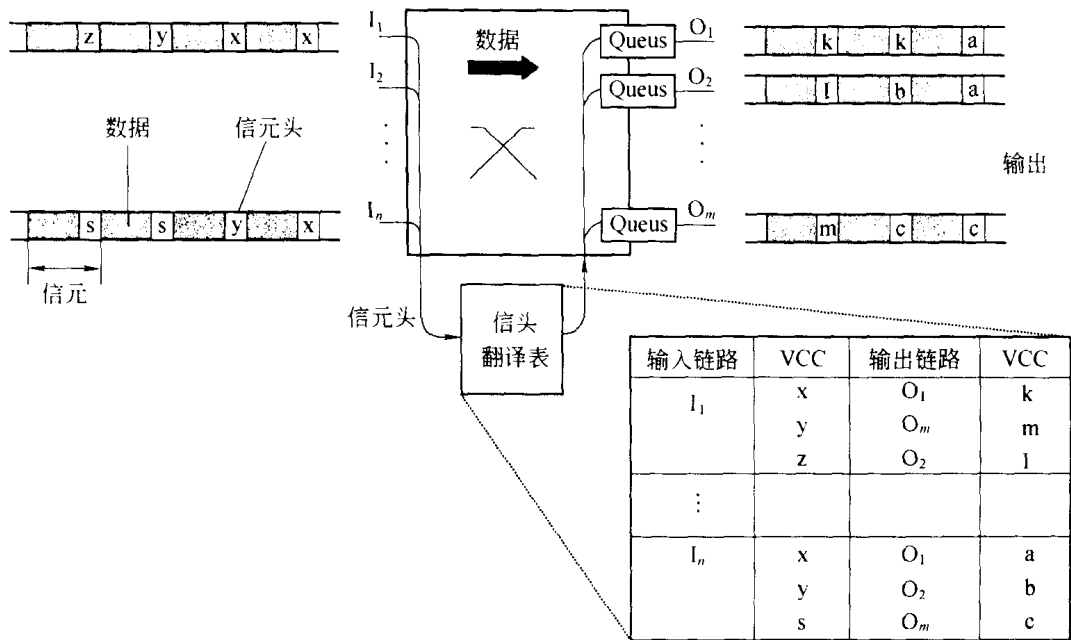


图 1-3 ATM 交换基本原理

不同用途的 ATM 交换系统差异很大,它们主要在接口种类、交换容量、信号处理等方面有所差异。ATM 交换机按照其在网络中的位置和所执行的功能可以分为如下几种:

- 在公共 ATM 网络中,ATM 交换机包括接入交换机、节点交换机和交叉连接设备,其中,接入交换机位于网络边缘,用于将各种服务终端连接到 ATM 网络。一般来说,接入交换机的容量并不高,但是可以完成大量与服务相关的工作。例如,接入交换机可以完成与服务相关接口的各层功能,将服务数据适配到 ATM 信元中;可以执行统计多路复用的功能,进行速率适配;处理服务信号并转换成 ATM 信号。节点交换机完成 VP/VC 交换,其交换容量大、管理和维护功能较强,其接口类型为标准的 ATM 接口,比接入交换机简单。交叉连接设备在主干网中主要完成高速 VP 交换,不需要进行信号处理。

- 在专用 ATM 网络中有 ATM 专用网络交换机和 ATM 局域网交换机。ATM 专用网络交换机相当于公共网络中的节点交换机;ATM 局域网交换机类似于公共网络中的接入交换机,执行局域网服务接入的功能,它解决了在面向连接的 ATM 网络中实现无连接服务的问题。

ATM 能够灵活有效地支持已知和未知新业务的特性要求,而不需要修改 ATM 网络或降低 ATM 网效率,因而给网络的未来发展和安全提供了可靠保证;ATM 能有效地利用资源,可承载所有业务,并能达到最佳的统计共享资源状态,能对所有用户动态地实现

按需分配(带宽、优先级别、时延等);ATM 是一种通用网络,既适用于公用网,也适应于专用网或局域网,因而在设计、控制、生产、管理和维护各方面,可望降低总的系统成本,使用户、营运商和制造商均能受益;ATM 是由技术需求驱动的,它作为未来网络的统一平台,要将 STM 体制的电路网和 IP 体制的分组网融合为以 ATM 为核心的 B-ISDN 网。

### 1.2.2 IP 交换技术

Internet 的特点就是不断地变化和发展,目前网络上的信息量和业务量都呈现爆炸性的增长趋势。不断增长的负载和新的需求的出现,使以单台服务器处理应用服务的结构已成为过去,取而代之的是以单一虚拟 IP 地址(VIP)来代表整个服务器集群,由集群中的多台服务器来分摊处理访问流量。集群的组成部分也在发生变化,过去一台 Web 服务器必须处理大部分的静态内容,现在可以由应用服务、高性能数据库和多媒体服务器等协同服务器集群支持复杂的 Web 应用。

这些不断增长的服务集群和服务的需求要求寻求更高效率和更高服务质量的数据交换技术,由此新的网络体系结构和交换等级不断出现。数据交换技术经过了过去的那种单纯的电路交换逐渐发展到二层、三层甚至更高层的交换结构的结合;交换的内部机制也从存储转发、直接连通过渡到路由交换、三层交换以及最新提出四层及更高层的交换手段。这些先进的交换技术在解决局域网和互联网络的带宽及容量问题上发挥了很好的作用。

传统的第二层交换技术是在最初的总线集线器和网桥的基础上发展而成的。第二层交换一般用于局域网的数据交换上,是作为对共享式局域网提供有效的数据交换的解决方案而出现的,它可以使每个用户尽可能地分享到最大带宽。

第二层交换技术是在 OSI 七层网络模型中的第二层(即数据链路层)进行操作的。它对数据包的转发是建立在 MAC 地址(物理端口地址)的基础之上的。对于上层协议来说它是透明的。交换机在转发数据包时无需知道数据包的 IP 地址,只需其物理地址即 MAC 地址。交换机在操作过程不断地维护着一个简单的地址表,它说明了某个 MAC 地址是在哪个端口上被发现的,所以当交换机收到一个数据包时,对比该数据包的 MAC 地址就可以知道是从哪个端口发出数据包。整个过程全部是在硬件控制下实现的,因此速度相当快。

第二层交换非常有利于在建立 LAN 内部或者 VLAN 之间的数据交换,对一个 LAN 内的数据交换有着很大的提高作用,但是第二层交换只是一种简单的基于 MAC 层数据交换,所以对于不同的 IP 子网之间的数据交换还是要经过路由器先进行路由。在大数据量跨越子网的情况下,传统的路由器又成为了网络通信中的瓶颈,故就引入了第三层交换的概念。

第三层交换技术是将交换引入 OSI 参考协议的第三层,它也称为 IP 交换技术或交换路由技术。这是一种利用第三层协议中的 IP 数据包头信息来加强第二层交换功能的机制。网络中的大量数据往往越过本地的网络在网际间传送,因而路由器常常不堪重负地成为瓶颈,在这种情况下就要在源地址和目的地址之间有一条更为直接的第三层通路,第三层交换使用第三层路由协议确定传送路径,此路径可以只用一次,也可以存储起来,供以后使用。之后数据包通过一条虚电路绕过路由器快速发送。本质上也就是“路由一起,



多次交换”。最终目的是将数据通信时的路由次数降到最低。这样的第三层交换式路由器比同样的路由器在性能上要提高一个数量级,一般称之为路由交换机。图 1-4 是一个第三层交换机的示意图。

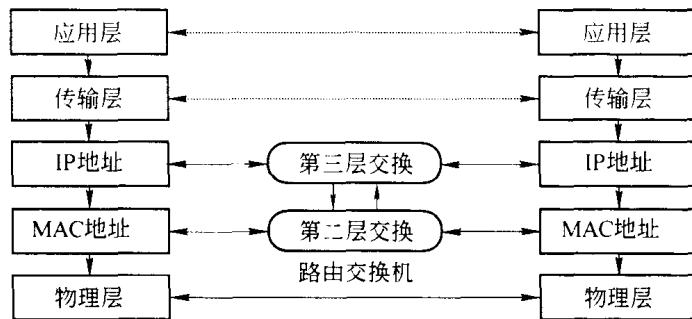


图 1-4 第三层交换示意图

在第三层交换机连接的情况下,主机 A 跟主机 B 第一次通过交换机通信后,中间的交换机便会把 A 和 B 的 IP 地址及它们的 MAC 地址记录下来,当其他主机,如 C 要和 A 或 B 通信时,针对 C 所发出的寻址封包,第三层交换机送出一个回复,告诉它 A 或 B 的 MAC 地址,以后 C 当然就会用 A 或 B 的 MAC 地址“直接”和它通信,不需要理会 A、B 和 C 属不同的子网,它们之间均可根据已知道的对方 MAC 地址直接来通信。这样就不必每次通过路由,避免了每次路由操作这样一个速度相对比较慢的过程。

将第二层交换和第三层交换结合在一起就可以通过第二层连接网络,在子网中指引业务流;通过第三层交换或路由器将包从一个子网传到另一个子网。目前二、三层交换相结合的 IP 交换技术发展非常迅速,已经提出了很多具体的实现方案,其中以与 ATM 等链路层技术结合的 MPLS、MPOA 技术最为突出。

## 1.3 传输层技术

### 1.3.1 光纤传输技术

数据通信、高速 Internet 接入等业务的迅猛发展和新一代多媒体业务的出现推动了用户业务量的急剧增长,也引发了人们对长距离传输网的容量大幅度增长的需求。

由于光纤传输技术具有其他传输技术所无法比拟的优势,故在宽带骨干网中所使用的传输介质通常为光纤。光纤传输的信息容量具有巨大的发展潜力,其再生中继段距离较长,而且具有良好的抗电磁干扰能力和一定的耐腐蚀性等优点。

如图 1-5 所示,光纤通信系统主要包括电发射机、光发射机、光纤、光中继机、光接收机和电接收机等。发送端的电发射机利用多路复用技术将多路电信号合并成一束高速信号送入光发射机,然后电信号对光源进行调制和线路编码,形成的已调光信号在光纤上传输到对端,中继器可以视距离而选用。与光发射机相对应,接收端的光接收机完成光解调和光/电转换功能,然后电接收机再以多路解复用技术将电信号分离为多路电信号。

在光纤通信系统中,如果电气信号是模拟信号,则受调光信号是模拟波形;如果电气