

ADSL

宽带网技术

上海金瑞高科技有限公司 策划

郭士秋 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

ADSL 宽带网技术

郭士秋 编著

上海金瑞高科技有限公司 策划

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书分层次、渐进式地介绍了宽带网的基础概念,以及 ADSL(非对称式数字用户线路)技术的基本技术内容和操作实践,从而使读者可以达到以现有的传统电话线路实现极高带宽的信息传输的目的,具有很强的可操作性和实用价值。

本书叙述流畅、通俗,适合于广大网络和通信技术人员阅读。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: ADSL 宽带网技术

作 者: 郭士秋 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 世界知识印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 字数: 426 千字

版 次: 2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04444-9/TP·2618

印 数: 0000~6000

定 价: 32.00 元

目 录

第一部分 宽带网基础

第 1 章 什么是宽带网	3
1.1 宽带网简介	4
1.2 宽带网基础	4
1.2.1 传输网	5
1.2.2 交换网	7
1.2.3 接入技术	7
第 2 章 传输网	9
2.1 SDH 简介	10
2.2 同步数字系列 (SDH) 基础	11
2.3 SDH 多路复用连接基础	11
2.3.1 SDH 的帧结构	11
2.3.2 多路复用映射结构	14
2.4 SDH 网络结构	15
2.4.1 接口	16
2.4.2 SDH 网络设备	18
2.4.3 自愈环	19
2.5 SDH 与 XDSL	20
第 3 章 交换网	23
3.1 ATM 基础	24
3.1.1 简介	24
3.1.2 ATM 交换机	28
3.1.3 ATM 交换技术	31
3.1.4 ATM 逻辑参考模型	34
3.1.5 ATM 服务质量	38
3.1.6 ATM 信号处理及建立连接	39
3.2 ATM 局域网仿真	40
3.2.1 局域网仿真简介	40

3.2.2 LANE 协议结构	41
3.2.3 LANE 组件	42
3.2.4 LANE 连接状态	43
3.2.5 LANE 的操作模式	45
3.3 IPOA	48
3.3.1 IPOA 简介	48
3.3.2 IPOA 结构	48
3.3.3 IPOA 的功能	50
3.4 MPOA	53
3.4.1 MPOA 简介	53
3.4.2 MPOA 的基本要素	56
3.4.3 MPOA 的逻辑组件	58
3.4.4 MPOA 的工作模式	58
3.4.5 小结	60
第 4 章 接入网	63
4.1 前言	64
4.2 光纤接入	65
4.2.1 FTTH	65
4.2.2 FTTC	67
4.3 混合光纤同轴电缆	68
4.4 铜线接入技术与 xDSL 系列	70
4.4.1 PSTN (公共交换电话网)	70
4.4.2 铜线接入技术的运用	71
4.4.3 T1/E1	73
4.4.4 ISDN	74
4.4.5 数字用户线路 (xDSL)	75

第二部分 ADSL 接入网

第 5 章 ADSL 接入网概述	85
5.1 ADSL 简介	86
5.1.1 选择 ADSL 的原因	88
5.1.2 与电缆调制解调器之间的竞争	89
5.1.3 市场概况	89
5.2 ADSL 的发展	91
5.2.1 系统沿革	91

5.2.2 基本 ADSL 网络结构	93
5.3 ADSL 技术简介	96
第 6 章 ADSL 模型与系统结构	99
6.1 网络全貌与 ADSL	100
6.2 ADSL 论坛系统参考模型	101
6.2.1 系统组件定义	101
6.2.2 系统	104
6.3 ATM over ADSL 参考模型	109
6.3.1 系统参考模型	109
6.3.2 ATM over ADSL 传输	111
6.3.3 服务质量 (QoS)	115
6.3.4 接入节点	116
6.3.5 宽带网终端 (B-NT)	117
6.3.6 信号处理	120
6.4 POTS 分频器	120
6.4.1 ATU-R 的 POTS 分频器	121
6.4.2 ATU-C 的 POTS 分频器	122
6.4.3 分频器规格	122
6.4.4 ATU-R 分频器的配置及安装	123
6.4.5 ATU-C 分频器的配置及安装	128
6.4.6 远程 ATU-C	132
6.4.7 POTS 分频器靠近 PSTN 交换机	133
6.4.8 集成的 POTS 与 ADSL 线路卡	134
第 7 章 ADSL 传输模式	135
7.1 ADSL 传输模式背景	136
7.2 相关概念	137
7.2.1 OSI 七层协议堆栈	137
7.2.2 网际协议 (IP)	138
7.2.3 传输控制协议 (TCP)	141
7.2.4 PPP 协议	141
7.2.5 隧道传输	142
7.3 传输模式	143
7.3.1 位同步模式	143
7.3.2 包适配模式	144
7.3.3 端对端包模式	145
7.3.4 异步传输模式 (ATM)	146

7.4 ADSL 的基本应用	147
7.4.1 高速 Internet 接入服务	147
7.4.2 ATM 服务	150
7.5 用户前端 ATM 结构	156
第 8 章 ADSL 相关升级方案	159
8.1 升级考虑	160
8.2 从模拟调制解调器升级到 ADSL 调制解调器	162
8.2.1 调制解调器卡的 ATU-R	163
8.2.2 外部独立的 ATU-R	164
8.2.3 远程访问路由器	164
8.3 从 ISDN 升级到 ADSL	164
8.3.1 提供相同的用户接口	166
8.3.2 ADSL under ISDN 或 POTS	167
8.3.3 ADSL 下的 ISDN	168
8.4 从 IDSL 升级到 ADSL	169
8.5 从 HDSL 升级到 ADSL	169
8.6 从 ADSL 升级为以 NGDLC 为基础的 ADSL	170
8.7 从 IP ADSL 的 Internet 接入升级为完全服务	172
8.8 将 VPN 架构在 IP over ADSL 上	173
8.9 从 Internet 到 ATM over ADSL 的完全服务	173
8.9.1 客户端设备的 ATM 适配	176
8.9.2 以接入多路复用器中的共享处理器支持 ATM	176
8.9.3 每个 ADSL 多路复用器线路卡都支持 ATM	176
8.9.4 IPOA	177
8.9.5 LANE	180
8.9.6 MPOA	183
8.9.7 ATM 网关	184
8.9.8 帧中信元	185
8.9.9 远程桥接法	186
8.10 从 IP ADSL 升级到 ATM ADSL	187
8.11 从 ADSL 升级到 VDSL	188
8.11.1 信号状态	190
8.11.2 接入多路复用器的位置	191
8.11.3 接入多路复用器接口	192
8.12 NGDLC-ADSL 至 ONU-ADSL/ VDSL	192
8.13 从 FTTN 及长距离 VDSL 升级到 FTTC 及近距离 VDSL	194
8.14 从 VDSL-FTTC 升级为 VDSL-FTTH	195

第三部分 ADSL 核心技术

第 9 章 传输机制与调制技术	199
9.1 ADSL 的传输机制	200
9.1.1 ADSL 的传输方式	200
9.1.2 下行方向传输	200
9.1.3 上行方向传输	204
9.1.4 ANSI T1.413.1998 (Issue 2) 速率的整体考虑	206
9.2 调制技术	208
9.2.1 四象限波幅调制技术 (QAM)	211
9.2.2 CAP	213
9.2.3 DMT 调制技术	214
9.2.4 CAP 与 DMT 的比较	217
9.3 ADSL 调制解调器的调制流程	219
9.3.1 DMT ADSL 的调制流程	219
9.3.2 关于 CAP ADSL 和 QAM ADSL	219
9.4 DMT ADSL 技术	221
9.4.1 帧结构	222
9.4.2 CRC	230
9.4.3 加扰与解扰	230
9.4.4 FEC	231
9.4.5 调制及解调	235

第四部分 ADSL 实际应用

第 10 章 ADSL 应用状况	239
10.1 ADSL 接入宽带服务	240
10.1.1 视频点播	240
10.1.2 远程医疗	241
10.1.3 视频会议	241
10.1.4 远程教育	242
10.1.5 交互式网络游戏	242
10.1.6 广播和电视	243
10.1.7 在线购物	243
10.2 多播视频服务	244
10.2.1 ADSL 多播视频特性	245

10.2.2 ADSL 上的视频服务结构·····	246
10.2.3 ADSL 上的视频所使用的技术·····	248
10.2.4 多播视频的 ADSL 接入网结构·····	249
第 11 章 ADSL 上网设置 ·····	253
第 12 章 ADSL 物理设备与网络结构 ·····	263
12.1 物理设备的考虑·····	264
12.1.1 用户前端设备 (CPE)·····	264
12.2 数字式用户回路访问多路复用器 (DSLAM)·····	267
12.2.1 DSLAM 基础·····	267
12.2.2 DSLAM 的发展·····	268
12.2.3 拥有自己的 DSLAM·····	269
12.3 ADSL 的常用标准及协议·····	272
中英对照词汇表 ·····	275

第一部分

宽带网基础

第 1 章 什么是宽带网

第 2 章 传输网

第 3 章 交换网

第 4 章 接入网



第 1 章

什么是宽带网

1.1 宽带网简介

我们经常看到“宽带网”这个词，但它的定义究竟是什么却不容易完整地回答出来。照理说，“宽带”应该有一个明确而统一的定义，但不同的机构有不同的解释，尽管这些解释基本上大同小异，但由于 ADSL 技术是一种提供“宽带接入”的机制，因此我们最好先明确宽带网的定义并进行简要的说明。

宽带网是指速率在 1.544 Mbps 以上，等待时间在数 10 ms 以内的一种高速数字网络。其传输方向为单向或双向，有线或无线，可提供高速数据访问以及多媒体服务，如点播视频、视频会议等视频及声音服务。

数字电视（DTV）、卫星广播等服务是单向宽带传输，这种单向宽带传输能够以非常高的速度（或者说带宽）把数字信息送到客户端设备。

双向宽带传输有“混合光纤同轴电缆（HFC）”网络或“数字用户回路（DSL）”，可以在同一传输介质上以极高的速度发送和接收数字信息。

网络包括电信网、有线电视网和计算机网络，由于这 3 种网络已经宽带化，所以宽带网的探讨也涵盖了这 3 种网络。此外，宽带网依其功能以及所在的位置，又可以分为传输网、交换网、接入网这 3 种子网络，相关技术也分为 3 部分来加以说明。

1.2 宽带网基础

为了避免混淆，我们先说明宽带技术中 3 个经常使用的名词——带宽、延迟和等待时间。

如今的网络环境不仅必须支持数据的应用，还要支持许多交互式多媒体的应用。在网络上，音频服务对带宽的要求远不及对延迟的要求严格。以网络电话或是在线交谈为例，在交互式的音频服务中，如果发话方发出的音频信号要经过 5 秒才能让收话方听到，也就是说延迟为 5 秒，这样根本就无法交谈下去。即使增加了带宽，也不会改善这个问题。但在数据应用方面，增加带宽会使数据处理及传输更快、更有效率，而 5 秒钟的延迟并不会影响数据的正确性。当然，带宽与延迟这二者是息息相关的，必须进行适当的协调。

负责制订及规范各种国际电信标准的国际电信同盟（ITU, International Telecommunication Union）为延迟、带宽及等待时间所制订的定义如下。

带宽（bandwidth）： 带宽是指网络上单位时间流过的位数，其单位为 bps（bits per second：每秒位数）。计算方式如下：

帧中的总字节数除此帧中第一字节离开网络到最后一字节离开网络的所需的时间。

延迟（delay）： 帧中第一个字节进入网络的瞬间，到此字节离开网络的瞬间所经历的时间称为延迟。帧在网络中经过的信道不同，会有不同程度的延迟，所以

又分为最大延迟、最小延迟和平均延迟等。其测量可以是从发送端到接收端的端对端的测量，也可是在某一路径上不同点之间的测量。

等待时间 (latency)：根据 ITU 的定义，传送时间的等待时间是指帧中第一个字节进入网络到最后一个字节离开网络所需的时间。

读者可能会感到疑惑，到底等待时间和延迟有什么不同？延迟和等待时间在定义上虽然不同，一般情况下，人们习惯上都模糊地把这两个名词互换使用。但在提到数据中的所有字节通过网络所需的时间时，则都明确地称之为等待时间，例如 ADSL 接入网，其数据所走的路径有两个：快速路径和交错路径。快速路径的作用是要让位流从发送端送出，通过此路径在最短的时间内抵达接收端，所要求的“等待时间”为 2ms，而数据的正确性往往不是很重要，通常这是一些语音包，即使有些微小的丢失，也不会导致过度影响通话品质，但若是包的传输等待时间过长，则通话品质可就无法令用户满意了。

交错路径的作用是让数据能够正确地抵达接收端，ADSL 接入网对交错路径所要求的等待时间为 20 ms，即使其等待时间较长，也不会影响数据的正确性。

1.2.1 传输网

传输网也就是所谓的主干网。

在宽带网中，主干网的要求是必须能提供高带宽、长距离以及可靠的传输，所使用的传输介质通常为光纤。

光纤通信系统如图 1.1 所示。它是由电发射器、光发射器、光纤导线、中继器、光接收器、电接收器组成的。



图 1.1 光纤通信系统的结构

图 1.1 中，电气信号发射器利用多路复用技术将多路电气信号合并为一束高速信号，再送入光发射器，光发射器端具有电-光转换、线路编码的光调制功能，将电信号转换为光信号后在光纤上传输；中继器则视距离选用，长距离时采用中继器将信号放大、处理后再经由光纤送至光接收器，完成光解调和光-电转换；电接收器再以多路复用分解技术将电气信号分离为多路电气信号。

光纤通信发展到现在虽然只有大约 30 年的时间，但光纤通信技术的进步却远超出了人们当年的想象，各种技术的改进使传输损耗逐年下降，尤其是“波长分割多路复用 (WDM, Wavelength Division Multiplexing)”技术的发展使带宽大幅增加，WDM 可使多路不同波长的光信号在同一条光纤上传输，这种多路复用技术既增加了光纤的带宽，同时又能克服光纤点对点连接的限制，使得光纤可以连接构成网络。各终端所使用的不同波长的光信号，

只需一条光纤便可实现多个终端之间的双向通信，如图 1.2 所示。目前的技术已经可以达到至少 32 路不同的波长。在传统的光纤传输技术中，一条单股光纤只可传输 2.5 Gbps 的 STM-16 同步数字光纤线路，而运用 WDM 技术，每一路波长都可容纳一个 2.5 Gbps 的 STM-16 带宽，光纤总带宽甚至可达 100 Gbps 以上，传输距离更是超过 1 万公里，此技术目前已经在海底光缆中运用。

图 1.2 为点对点连接和利用 WDM 技术的光纤网。

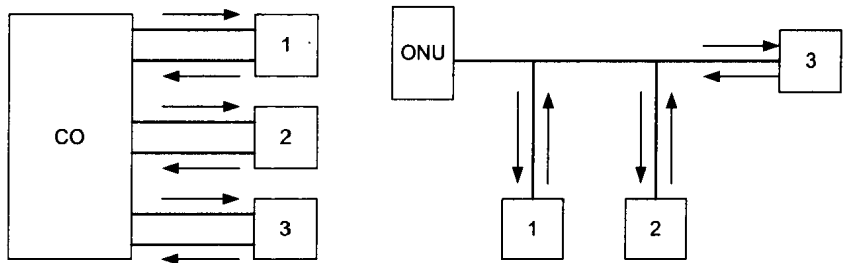


图 1.2 光纤点对点及 WDM

在传输机制方面则采用 SDH/SONET。SDH/SONET 为 Synchronous Digital Hierarchy / Synchronous Optical Network（同步数字系列/同步光纤网）的缩写。SDH/SONET 有标准的网络接口及网络单元，具备了强大的网络管理和维护的功能，可灵活地支持多种服务。目前，世界各国都已先后构建了 SDH/SONET 传送系统。例如 SDH 传输网是台湾中华电信传输网的主要主干网，利用 WDM 技术而得到极高的带宽，为各种不同的用户提供了多项宽带服务应用（远程教学、远程医疗、点播视频、电子数据交换、电子商务等），是一种高品质、高速率、大容量的传输网。

图 1.3 为利用 WDM 技术的 SDH 网络各种功能的示意图。

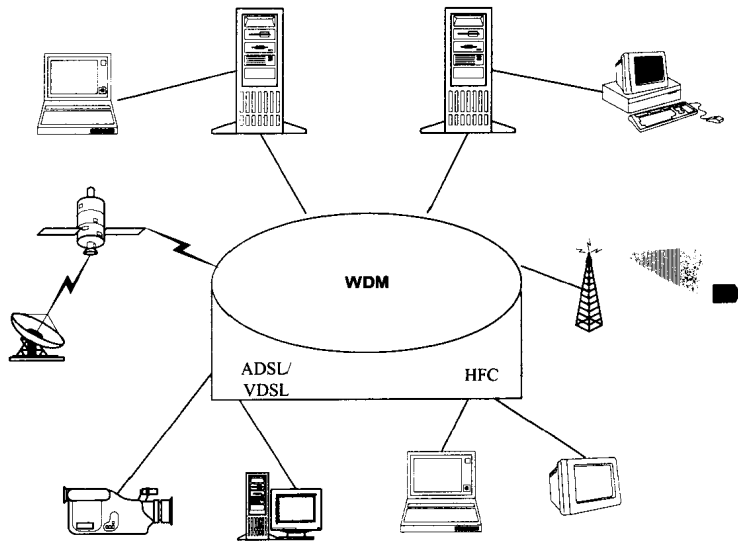


图 1.3 利用 WDM 技术能获得各种服务

1.2.2 交换网

宽带网的交换技术必须能够支持高速及大容量的信息交换，也要能支持多元服务。目前使用最广泛的技术为“异步传输模式（ATM, Asynchronous Transfer Mode）”，ISDN就是以ATM作为其核心技术。在ATM交换中，各种服务经过适配后，采用统一的固定长度的信号单元（每个ATM信元的长度为53字节）。在ATM网交换中，所采用的形式为面向连接的信号信元交换，透过虚拟连接和流量控制机制实现统计多路复用，因而能够以极高的网络资源利用率实现各种服务的交换。

ATM兼有电路交换和分组交换的优点，当然这并不只是二者简单的合并，它有一套复杂的网络协议堆栈。

本部分所叙述的交换技术将以ATM为主线，另外也会详细探讨ATM在局域网方面的运用，因为这种技术很可能是未来多媒体服务所必备的。

1.2.3 接入技术

“接入”表示连网或是连线。宽带网对接入技术的要求为网络宽带化和服务综合化。在整体网络中，接入网是整个宽带网与“客户端设备（CPE, Customer Premise Equipment）”相连的最后一段，用户通过接入网接入宽带网。网络拥塞往往是这一段造成的。因此，若接入网的宽带化问题不解决，就会成为通信瓶颈。另外，服务商的各种服务项目也都是通过接入网提供给用户的，若每个服务项目都使用单独的网络来与用户连接，不仅用户所需支付的费用会很高，而且那样的局面也会极为混乱。因此，接入技术的宽带化和服务综合化是绝对需要的，是整个宽带网中非常重要的技术。

