

XDSL

技术与体系结构

了解建立 XDSL 技术要素:调制、纠错、数据压缩协议,用户室内网络体系结构和接入网络体系结构

深入描述数字用户线路——ADSL,ADSL Lite,HDSL,HDSL2 和 VDSL

介绍用户室内设备体系结构,住宅网关的协议模型



Radmanand Warriar
Balaji Kumar 著
任天恩 译



清华大学出版社

XDSL 技术与体系结构

[美] Padmanand Warriar, Balaji Kumar 著

任天恩

译

- 了解建立 XDSL 技术要素:调制、纠错、数据压缩协议,用户室内网络体系结构和接入网络体系结构
- 深入描述数字用户线路——ADSL,ADSL Lite,HDSL,HDSL2 和 VDSL
- 介绍用户室内设备体系结构,住宅网关的协议模型

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

著作权合同登记号:01-2001-1126

内 容 提 要

XDSL 是利用现有铜质电话线传送速度最快的一种传输技术。本书是 XDSL 的一本技术专著,也是一本综合性的技术参考手册。书中全面介绍建立 XDSL 技术的一切要素,包括调制、纠错、数据压缩、用户室内网络体系结构和接入网络体系结构,深入地讨论 ADSL,ADSL Lite,HDSL,HDSL2 和 VDSL。全书侧重于 XDSL 的基本原理、体系结构和设计。

本书内容丰富、实用,适合电信系统、计算机网络系统的管理人员,总体规划设计人员和工程师参考,也适合大专院校通信和计算机专业的高年级学生、研究生作为相关专题的教材或参考书。

XDSL Architecture

Copyright © 2000 by McGraw-Hill

本书中文简体字版由美国 McGraw-Hill 公司授权清华大学出版社和北京科海培训中心出版。未经出版者书面允许不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有,盗版必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得进入各书店。

书 名: XDSL 技术与体系结构

作 者: Padmanand Warriar, Balaji Kumar

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者: 北京门头沟胶印厂

发行者: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20 字数: 486 千字

版 次: 2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 0001~5000

书 号: ISBN 7-302-04372-8/TP·2568

定 价: 38.00 元

致 谢

我们非常感谢对本书的出版做出贡献的一些人士。首先,我们感谢 McGraw-Hill 公司 Jay Ranade 和 Steve Elliott 的帮助。其次,我们感谢评论员——Ashok Baragi, David Dorsey, Julia Marsh, Babak Nabili 和 Deb Robinson 的费心。我们还要感谢对 UAWG(通用 ADSL 工作组)的成功出过一份力的一些人士和过去几个月中我们逐渐认识的 Texas Instruments, MCI 和 Telehub 公司的所有人士。我们特别要感谢下列个人的帮助:David Allan, Todd Andreini, Jim Carlo, James Collinge, Terry Cole, Kevin Cone, Gene Edmond, Robert Ferguson, Mark Jeffrey, Tim Kwok, Chris Hansen, Peter Melsa, Farhad Mighani, Tim Murphy, Prasad Nimmagadda, Mike Polley, Paul Shieh, Peter Silverman, Bill Timm, Danny Van Bruyssel, Herman Verbueken, Ray Wang 和 Ben Wiseman。最后,要感谢我们的家庭,如果没有我们家庭——Latha, Vishnu, Durga 和 Anup 的支持和理解,完成这种性质的著作是不可能的。

作者简介

Padmanand Warriar 是 Texas Instruments (TI) 公司的销售计划经理。他与研究宽带接入的会聚和住宅连网的 TI 的宽带接入小组一道负责产品规划与开发。他曾经是 Thuriya Consulting 公司的总经理兼首席顾问,也是电源管理问题、协议推栈和网络体系结构方面公认的专家。

Balaji Kumar 是 Telehub Communication 公司的系统规划副总经理。他曾经是 MCIWorldcom 公司的高级管理人员,负责本地网策略和体系结构。在电信行业,Balaji Kumar 在宽带环境中的网络规划、过程重建和策略开发领域有丰富的经验。他是 *Broadband Communications, Signature Edition* (McGraw-Hill, 1998) 一书的作者。

前 言

20 世纪 90 年代开始了第二次电信革命——高速接入。电信和计算机应用环境中已经出现的变化如此迅速,以致于很难令人相信,在这 10 年期间会出现更多的变化。这本书将向读者详细介绍实现高速接入的 DSL(数字用户线路)技术和体系结构。

本书的主要目的是,全面地介绍 DSL 技术及其体系结构的特性,包括集成话音、视频和数据的多媒体应用;了解各种风格的 DSL 技术以及合适的服务和体系结构。在介绍不同的 DSL 技术中,最重要的是 ADSL(不对称数字用户线路),本书对它作了详细地介绍。对其他 DSL 技术,如:HDSL(高速数字用户线路),HDSL2,VDSL(甚高比特率数字用户线路)等,也一一作了介绍。相对于集成的接入网络环境,本书介绍了 DSL 网络设计方面的一些细节,并提供关于因特网资源的补充内容,这些资源是市场出售的 DSL 产品的最新资料。

读者对象

本书的读者是电信与网络工程的专业人员和相关专业大学本科高年级学生。本书可作为手册,讨论与 XDSL 有关的所有相关的问题,从技术性能到在实际领域中应用的限制,包括技术、体系结构和网络设计等方面。

本书对电信和计算机工业领域中研究系统问题的专业人员是极有价值的,这将有助于他们设计和实现基于 DSL 的网络。

读者的收益

- 读者能够对 XDSL 技术和体系结构获得全面的、系统的了解。
- 读者能够获得开发基于铜线的技术及其应用的实际知识。
- 读者能够对铜线接入网络体系结构,从基本技术到网络体系结构设计,有一个全面的了解。

读者可以把这本书用作铜线网络设计的参考书。

本书的组织

本书分为 3 部分。

第 1 部分:背景(第 1,2 章),提供宽带通信及其技术的发展,介绍各种可用的宽带接入技术的选择方案。

第 2 部分:DSL 技术(第 3~7 章),描述各种 DSL 技术。这里包括:HDSL,HDSL2,ADSL,ADSL Lite 和 VDSL 宽带接入技术。

第3部分:DSL 体系结构(第8~10章),讨论基于DSL的接入,包括:物理体系结构、服务体系结构、以及物理和服务体系结构两者的设计方法。

声 明

编写本书时,我们已经尽了一切努力收集可能得到的最新的资料。而在编写本书的时候还处在草案阶段的许多资料,到本书出版的时候可能已经成为正式标准。我们已经尽了一切努力来编写本书。此外请原谅任何个人的偏见,由于我们的技术背景或由于我们的工作环境,这种偏见可能不知不觉地被带进本书中。

字首组合词与缩写词

2B1Q	2 Binary, 1 Quaternary	2B1Q 编码
AAL	ATM Adaptation Layer	ATM 适配层
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	不对称数字用户线路
CDV	Cell Delay Variation	信元延迟偏差
CLR	Cell Loss Ratio	信元丢失率
IDLC	Integrated Digital Loop Carrier	综合数字环形通信系统
AD-PCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation	自适应差分脉冲编码调制
AM	Amplitude Modulation	调幅
AMI	Alternate Mark Inversion	传号交替反转
AN	Access Node	接入节点、存取节点
ANSI	American National Standards Institute	美国国家标准学会
APS	Automatic Protection Switching	自动检测交换
ARQ	Automatic Repeat reQuest	自动重复请求
AT&T	American Telephone & Telegraph	美国电话电报公司
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式
ATU	ADSL Termination Unit	ADSL 终端设备
AWG	American Wire Gauge	美国线规
BECN	Backward Explicit Congestion Notification	后向显式拥塞通知
BER	Bit-Error Rate	比特误码率
BH	Busy Hour	忙时
BISDN	Broadband Integrated Services Digital Network	宽带综合业务数字网
BOM	Beginning Of Message	报文开始
BRI	Basic Rate Interface	基本速率接口
CAC	Connection Admission Control	连接允许控制
CAD	Computer-aided Design	计算机辅助设计
CAE	Computer-aided Engineering	计算机辅助工程
CAM	Computer-aided Manufacturing	计算机辅助制造
CAP	Carrierless Amplitude Modulation	无载波调幅
CATV	Cable Television or Community Antenna Television	有线电视
CBDS	Constant Bit Rate Data Service	恒定比特率数据服务
CBR	Continuous Bit Rate, or Constant Bit Rate	连续比特率或恒定比特率
CCITT	Consultative Committee on International Telegraph and Telephone	国际电话电报咨询委员会
CFM	Configuration Management	配置管理
CIR	Committed Information Rate	承诺信息速率
CLEC	Competitive Local Exchange Carrier	竞争性的本地交换公司
CLLM	Consolidated Link-Layer Management	统一链路层管理协议

CLP	Cell Loss Priority	信元丢弃优先级
CMT	Connection Management	连接管理
CO	Central Office	中心局
COI	Community of Interest	共同兴趣社团
COM	Continuation of Message	报文继续
COMSAT	Communications Satellite Corporation	通信卫星公司
CPE	Customer Premise Equipment	用户室内设备
CPN	Customer Premises Node	用户端节点
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
CS	Convergence Sublayer	聚合子层
CSU	Channel Service Unit	信道服务设备
DAS	Dual Attachment Stations	双配置站(A类站)
DBS	Direct Broadcast Satellite	直播卫星
DCC	Data Communications Channels	数据通信信道
DCE	Data Communications Equipment	数据通信设备
DE	Discard Eligibility	舍弃适当性
DLC	Digital Loop Carrier	数字环路载波
DLCI	Data-Link Connection Identifier	数据链路连接标识符
DMT	Discrete Multitone	离散多音调线路传输编码
DOJ	Department Of Justice	司法部
DSLAM	DSL Access Multiplexer	数字用户线路接入复用器
DSP	Digital Signal Processor	数字信号处理器
DSU	Data Service Unit	数据服务设备
DTE	Data Terminal Equipment	数据终端设备
DTP	Data Transport Protocol	数据传输协议
DTPM	Data Transport Protocol Machine	数据传输协议机
EA	Extended Address	扩充地址
CM	Coordination Management	协调管理
ECN	Explicit Congestion Notification	显式拥塞通知
ECSA	Exchange Carriers Standards Association	(美国)交换载波标准协会
EO	End Office	终端局
EOM	End of Message	报文结束
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	欧洲电信标准学会
FCC	Federal Communications Commission	(美国)联邦通信委员会
FCS	Frame Check Sequence	帧检验序列
FDM	Frequency Division Multiplexing	频分多路复用
FEC	Forward Error Control	前向差错控制
FECN	Forward Explicit Congestion Notification	前向显式拥塞通知
FEP	Front-end Processor	前端处理机
FM	Frequency Modulation	调频
FR	Frame Relay	帧中继
FRI	Frame Relay Interface	帧中继接口
FSK	Frequency Shift Keying	移频键控

FSN	Full Service Network	全服务网络
FTAM	File Transfer Access and Management	文件传送访问和管理
FTTC	Fiber to the Curb	光纤到路边
FTTN	Fiber to the Node	光纤到节点
FTTH	Fiber to the Home	光纤到家庭
GAN	Global Area Network	全球网络
GEOS	Geo-Synchronous Satellites	地球轨道同步卫星
GFC	Generic Flow Control	一般流控制
HDLC	High-Level Data Link Control	高级数据链路控制
HDSL	High-Speed Digital Subscriber Line	高速数字用户线路
HDT	Host Digital Terminal	主机数字终端
HDTV	High-Definition Television	高清晰度电视
HE	Header Extension	头部扩充
HEC	Header Error Control	头部差错控制
HFC	Hybrid Fiber/Coax	混合光纤/同轴电缆
HIPPI	High-Performance Parallel Interface	高性能并行接口
HOB	Head of Bus	总线头
HPNA	Home Phoneline Networking Alliance	家庭电话线联网联盟
HRC	Hybrid Ring Control	混合环控制
HSSI	High-Speed Serial Interface	高速串行接口
HTU-C	HDSL Termination Unit-Central	HDSL 终端设备—中心侧
HTU-R	HDSL Termination Unit-Remote	HDSL 终端设备—远端侧
I/O	Input/Output	输入/输出
IAO	Intraoffice Optical Interface	办公室间光缆接口
IBM	International Business Machines	国际商业机器公司
IC	Integrated Circuit	集成电路
ICA	International Copper Association	国际铜线协会
ICI	Intercarrier Interface	载波间接口
ICIP	Intercarrier Interface Protocol	载波间接口协议
ISDL	ISDN Basic Access DSLs	综合业务数字网基本接入数字用户线路
IEC	Interexchange Carriers	长途交换公司
IN	Intelligent Network	智能网络
INTUG	International Trade and User Groups	国际贸易和用户集团
IP	Intelligent Peripheral/Internet Protocol	智能外围设备/网间协议
ISDN	Integrate Services Digital Network	综合业务数字网
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
ISP	Internet Service Provider	因特网服务提供商
ISSI	Inter-switching System Interface	交换系统间接口
ITFS	Instructional Television Fixed Service	教学电视固定业务
ITU	International Telecommunications Union	国际电信联盟
IWU	Internetworking Unit	互联网设备
IXC	Interexchange Carrier	长途交换公司

JPEG	Joint Photographic Experts Group	联合静态图像专家小组
LAN	Local Area Network	局域网
LAP-B	Link Access Protocol-B	链路接入协议—B
LATA	Local Access Transport Area	本地访问和传输区
LEA	Line Extender Amplifier	线路延长放大器
LEC	Local Exchange Carrier	本地交换公司
LED	Light-Emitting Diodes	发光二极管
LEOS	Low Earth Orbiting Satellite	低地球轨道人造卫星
LLC	Logical Link Control	逻辑链路控制
LMDS	Local Multipoint Distribution Service	本地多点分布业务
LME	Layer Management Entity	层管理实体
LMP	Layer Management Protocol	层管理协议
LOH	Line Overhead	线路开销
LTE	Line Terminating Equipment	线路终端设备
LTU	Line Termination Unit	线路终端设备
MAC	Media Access Control	媒体访问控制
MAN	Metropolitan Area Network	城域网
MDF	Main Distribution Frame	总配线架
MDS	Multipoint Distribution Service	多点分配业务
MDSL	Medium-Speed Digital Subscriber Line	中速数字用户线路
MEOS	Medium Earth-Orbiting Satellite	中地球轨道人造卫星
MFJ	Modified Final Judgement	修改的最终评价
MHS	Message-Handling System	报文处理系统
MIB	Management Information Base	管理信息库
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service	多信道多点分配业务
MMF	Multimode Fiber	多模光纤
MPEG	Motion Picture Experts Group	[ISO]运动图像专家组(全球影像/声音/系统压缩标准)
MSO	Multi-System Operator	多系统操作员
NAP	Network Access Provider	网络接入提供商
NID	Network Interface Device	网络接口设备
NIF	Neighborhood Information Frame	邻近信息帧
N-ISDN	Narrowband ISDN	窄带综合业务数字网
NIUF	North American ISDN User's Forum	北美 ISDN 用户论坛
NME	Network Management Entity	网络管理实体
NNI	Network-Network Interface	网络—网络接口
NSAP	Network Source Access Point	网络源接入点
NTIA	National Telecommunications and Information Administration	(美国)国家电信和信息管理局
NTP	Network Transport Provider	网络传输提供商
NTSC	National Television System Committee	(美国)国家电视制式委员会
NTU	Network Termination Unit	网络终端设备
NVOD	Near Video On Demand	准视频点播

O/E	Optical to Electrical	光电变换
OAM	Operations, Administration and Maintenance	运行、管理和维护
OAM&P	Operations, Administration, Maintenance and Provisioning	运行、管理、维护和供应
OC	Optical Carrier	光载波
OCI	Optical Carrier Interface	光载波接口
ONI	Optical Network Interface	光网络接口
ONU	Optical Network Unit	光网络设备
OS	Operations System	操作系统
OSI	Open Systems Interconnection	开放系统互连
OSS	Operations Systems	运行系统
OTA	Office of Technology Assessment	技术评估事务所
PA	Prearbitrated	预仲裁
PCS	Personal Communications Services	个人通信业务
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	准同步数字层次结构
PDU	Protocol Data Unit	协议数据单元
PES	Packetized Elementary Stream	包化基本数据流
PFM	Parameter Frame Management	参数帧管理
PHY	Physical Layer Protocol	物理层协议
PLPC	Physical Layer Convergence Protocol	物理层聚合协议
PM	Phase Modulation	相位调制
PMD	Physical Layer Medium Dependent	物理媒体相关层
POH	Path Overhead	通路开销
PON	Passive Optical Network	无源光纤网
POP	Point of Presence	接入点
POTS	Plain Old Telephone Service	简易老式电话业务
PPL	Phase Locked Loop	锁相环
PPV	Pay Per View	按次计费
PPP	Point-to-Point Protocol	点对点协议
PRI	Primary Rate Interface	主速率接口
PRM	Protocol Reference Model	协议参考模型
PS	Program Stream	程序流
PSTN	Public Switched Telephone Network	公用交换电话网
PT	Payload Type	有效负载类型
PTE	Path-Terminating Equipment	通路终端设备
PTM	Packet Transfer Mode	包传输模式
PTT	Post, Telephone and Telegraph	邮政电信
PVC	Permanent Virtual Circuit	永久虚电路
QA	Queued Arbitrated	排队仲裁
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交调制
QoS	Quality of Service	服务质量
RBOC	Regional Bell Operating Company	区域性贝尔运营公司
RME	Routing Management Entity	路由选择管理实体

RMN	Remote Multiplexer Node	远程多路复用节点
RMP	Routing Management Protocol	路由选择管理协议
RMS	Root Mean Square	均方根
RMT	Ring Management	环管理
SAP	Service Access Point	服务访问点
SAR	Segmentation and Reassembly Sublayer	分装和重组子层
SAS	Single Attachment Stations	单配置站(B类站)
SCP	Service Control Point	业务控制点
SDLC	Synchronous Data Link Control	同步数据链路控制
SDM	Space Division Multiplexing	空分多路复用
SDMT	Synchronized DMT	同步 DMT
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line	对称数字用户线路
SDU	Service Data Unit	服务数据单元
SIF	Status Information Frame	状态信息帧
SMF	Single Mode Fiber	单模光纤
SMS	Service Management System	业务管理系统
SMT	Station Management	站管理
SNA	System Network Architecture	系统网络体系结构
SNI	Subscriber Network Interface	用户网络接口
SRF	Status Report Frame	状态报告帧
SS7	Signaling System Number 7	7号信令系统
SSP	Service Switching Point	业务交换点
STB	Set-Top Box	电视机顶盒
STP	Shielded Twisted Pair	屏蔽双绞线
STV	Sprint Telecommunications Venture	Sprint 电信企业
SVC	Switched Virtual Circuit or Signaling Virtual Circuit	交换虚电路或信令虚电路
TA	Trunk Amplifier	干线放大器
TA 1996	Telecommunications Act of 1996	1996 电信法(美国)
TC	Transmission Convergence	传输聚合子层
TDD	Time Division Duplexing	时分双工
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多路存取
TP	Transaction Processing	交易处理
TRT	Token Rotation Timer	令牌循环定时器
TS	Transport Stream	传输流
TTRT	Target Token Rotation Time	目标令牌循环时间
UAWG	Universal ADSL Working Group	通用 ADSL 工作组
UNI	User-Network Interface	用户网络接口
UTOPIA	Universal Test and Operations Physical Interface for ATM	ATM 的通用测试和运行物理接口
UTP	Unshielded Twisted Pair	无屏蔽双绞线
VBR	Variable Bit Rate	可变比特率
VCI	Virtual Channel Identifier	虚信道标识符
VDSL	Very High-Bit Rate Digital Subscriber Line	甚高比特率数字用户线路

VDT	Video Dial Tone	视频拨号音
VIP	Video Information Provider	视频信息提供商
VoD	Video on Demand	视频点播
VPI	Virtual Path Identifier	虚拟路径标识符
VTT	Valid Transmission Timer	有效传输定时器
WAN	Wide Area Network	广域网
WCA	Wireless Cable Association	无线协会
WDM	Wavelength Division Multiplexing	波分多路复用
XC	Cross Connect	交叉连接

目 录

第 1 部分 背 景

第 1 章 向宽带发展	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 通信网络是什么	(2)
1.3 通信网络的体系结构	(3)
1.3.1 基于拓扑结构的通信网络分类	(3)
1.3.2 基于业务传输机制的通信网络分类	(4)
1.3.3 基于功能区的通信网络的分类	(8)
1.3.4 基于主要用途的通信网络分类	(10)
1.4 电信网络	(10)
1.4.1 电信网络的历史	(10)
1.4.2 电信网络的体系结构	(12)
1.5 数据通信网络	(12)
1.5.1 数据通信网络的历史	(13)
1.5.2 数据通信网络的体系结构	(16)
1.6 视频网络	(17)
1.6.1 视频网络的历史	(17)
1.6.2 视频网络的体系结构	(18)
1.7 宽带网络——高速通信网络的会聚	(19)
1.8 会聚的技术上、经济上和管理上的驱动因素	(22)
1.8.1 技术上的驱动因素	(22)
1.8.2 管理上的驱动因素	(22)
1.8.3 经济上的驱动因素	(22)
1.9 会聚的发展过程	(23)
1.10 宽带网络的应用	(25)
1.10.1 因特网接入	(26)
1.10.2 成像	(27)
1.11 小结	(27)
1.12 参考文献	(27)
第 2 章 宽带接入技术和体系结构	(29)
2.1 概述	(29)
2.2 用户、服务提供商和设备制造商的要求	(29)
2.2.1 用户的要求	(29)
2.2.2 服务提供商的要求	(30)

2.2.3 设备制造商的要求	(30)
2.3 主要要求	(30)
2.3.1 买得起的接入	(30)
2.3.2 普遍存在的接入	(31)
2.3.3 高速接入	(32)
2.4 宽带接入技术	(32)
2.4.1 铜线回路接入技术(XDSL)	(32)
2.4.2 电缆接入技术	(37)
2.4.3 卫星接入技术	(39)
2.5 宽带接入体系结构	(41)
2.5.1 综合数字环路载波(IDLC)	(41)
2.5.2 混合光纤/同轴电缆(HFC)	(42)
2.5.3 光纤到路边(FTTC)和其他的光纤体系结构	(44)
2.5.4 本地多点分布式系统(LMDS)	(45)
2.5.5 多点多信道分布业务(MMDS)	(46)
2.5.6 直播卫星(DBS)体系结构	(47)
2.6 宽带技术和体系结构的分析	(48)
2.7 小结	(50)
2.8 参考文献	(50)

第 2 部分 DSL 技术

第 3 章 铜线回路传输的基础	(51)
3.1 概述	(51)
3.2 公用交换电话网(PSTN)技术的背景	(51)
3.2.1 信息、数据和信号	(51)
3.2.2 模拟信号	(51)
3.2.3 人的声音转变为模拟信号	(52)
3.2.4 PSTN 和模拟传输	(53)
3.2.5 PSTN 核心向数字传输发展	(55)
3.3 PSTN 接入网完成数据传输的挑战和限制	(57)
3.3.1 距离引起的信号衰减	(57)
3.3.2 噪声环境	(57)
3.3.3 旧的话音接入网络体系结构	(59)
3.4 解决 PSTN 接入网络的难题和局限性的技术	(61)
3.4.1 线路编码和调制/解调	(62)
3.4.2 差错控制	(68)
3.4.3 数据压缩	(73)
3.5 高级技术	(73)
3.5.1 回波消除	(73)
3.5.2 多维梳状编码	(74)
3.5.3 外壳映射(星座图造形)	(75)

3.5.4 快速训练	(75)
3.6 调制解调器技术的发展和 DSL 的标准	(75)
3.7 同时 POTS 和 DSL 业务	(76)
3.8 小结	(77)
3.9 参考文献	(78)
第 4 章 ADSL 和 ADSL Lite	(79)
4.1 背景	(79)
4.1.1 历史	(79)
4.1.2 基本网络体系结构	(81)
4.1.3 应用	(82)
4.1.4 标准和工作组活动	(83)
4.2 技术讨论	(86)
4.2.1 调制方案	(86)
4.2.2 ANSI T1.413 标准概述	(88)
4.2.3 ADSL 系统参考模型	(88)
4.2.4 ADSL 传输类型	(90)
4.2.5 ADSL 系统开销	(91)
4.2.6 ADSL 成帧	(92)
4.2.7 初始化	(95)
4.2.8 ADSL Lite 的快速再训练	(101)
4.2.9 ADSL Lite 的电源管理	(103)
4.2.10 T1.413i2, G.dmt 和 G.Lite 之间的差别	(105)
4.3 当前的技术状况	(106)
4.3.1 应用问题和可能的解决方案	(106)
4.3.2 互操作性成就	(112)
4.3.3 试验和推广应用	(115)
4.4 未来的方向	(116)
4.5 小结	(116)
4.6 参考文献	(117)
第 5 章 HDSL 和 HDSL2	(119)
5.1 背景	(119)
5.1.1 历史	(119)
5.1.2 基本网络体系结构	(120)
5.1.3 应用	(122)
5.1.4 标准化活动	(123)
5.2 技术讨论	(124)
5.2.1 调制方案	(124)
5.2.2 HDSL2 标准草案概述	(124)
5.2.3 HDSL2 系统参考模型	(125)
5.2.4 H2TU 收发器参考模型	(125)
5.2.5 H2TU DS1 TC 层功能特性	(125)
5.2.6 初始化	(128)