

21 世纪

计算机应用技术系列规划教材

宽带接入 技术与实践

◎ 杨威 主编 ◎



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪计算机应用技术系列规划教材

宽带接入技术与实践

杨 威 主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

宽带接入技术与实践 / 杨威主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5

(21 世纪计算机应用技术系列规划教材)

ISBN 978-7-115-17726-1

I. 宽... II. 杨... III. 宽带通信系统—接入网—通信技术—高等学校—教材 IV. TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 025869 号

内 容 提 要

本书系统全面地介绍了当前流行的各种宽带接入技术和方法。首先从宽带 IP 接入视角, 梳理了接入网基础知识和常用的通信协议; 然后重点介绍 xDSL 铜线接入、HFC 接入、光纤接入、无线接入及电力载波接入的技术原理、系统结构、组网方式和实际应用 (典型案例); 最后, 编者结合多年从事网络系统集成的实践经验, 为读者提供一个电子政务网及宽带接入工程设计方案。

本书结构清晰, 实用性强, 通俗易懂, 可作为高等院校计算机科学与技术、网络工程、通信工程、电子商务、信息管理与信息系统、现代教育技术等专业接入技术课程的教材, 也可作为网络工程技术人员和管理人员的技术参考书。

21 世纪计算机应用技术系列规划教材

宽带接入技术与实践

- ◆ 主 编 杨 威
责任编辑 张 鑫
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15
字数: 365 千字 2008 年 5 月第 1 版
印数: 1-3 000 册 2008 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17726-1/TN

定价: 24.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

前言



人们正处于一个信息时代，无论在办公室还是在家里，网络多媒体应用正在迅速成为人们生活中必不可少的一部分。视频点播、IP 语音、可视化聊天、网络电视、网络音乐已经从精巧的技术概念变成市场现实。引领这些网络多媒体应用的正是宽带接入技术。人们迫切需要了解宽带 IP 接入的知识和技术，特别是高等院校计算机、通信及相关专业的学生需要了解与掌握宽带 IP 接入技术原理、系统结构、组网方式和实际应用。

本书针对宽带 IP 接入中的问题，着重介绍各种接入技术特点、适用范围、组网方式及系统体系结构等关键技术。全书共分 8 章。各章主要内容如下。

第 1 章介绍宽带网概念、宽带接入特点，从应用的视角，梳理宽带接入技术。简要介绍宽带网体系结构、宽带网 IP 传输，以及宽带接入网的主要应用。

第 2 章介绍接入网基础知识，包括接入网组成、主要接口、分层模型、功能结构及管理。概要介绍基于路由原理的宽带接口和基于隧道的宽带接口。重点介绍常用宽带接入协议、点对点隧道协议、多媒体通信协议及流媒体传输技术。

第 3 章介绍 xDSL 铜线接入技术，包括 DSL 信号环境，HDSL、ADSL、VDSL 系统构成、技术基础及应用特点。概要介绍宽带接入新技术，如 ADSL2、ADSL2+、VDSL2 的产生与应用特点。重点介绍 HDSL、ADSL、VDSL 技术的实现，列举 ADSL、DSLAM 应用案例。

第 4 章介绍 HFC 和 Cable Modem 的概念。重点介绍 HFC 网的设备构成和结构特点以及 Cable Modem 的技术原理、结构与工作过程。

第 5 章介绍光纤接入基本配置，AON 接入技术。重点介绍 PON 接入技术，APON 接入技术，EPON 接入技术，GPON 接入技术及光纤接入网络集成案例。

第 6 章介绍宽带无线接入的概念、分类、特点以及应用。重点介绍 MMDS、LMDS、IEEE 802.11、IEEE 802.16 和 IEEE 802.20 等技术原理、组网方式和应用案例。

第 7 章介绍电力载波接入概念、原理、发展史和应用，分析电力载波技术中常见的技术和问题。以家庭网络为例，说明了电力载波接入技术的应用。

第 8 章介绍电子政务建设背景、体系结构及网络架构。以某市电子政务为例，通过电子政务需求分析，重点介绍网络集成技术、政务宽带网设计、业务隔离与互访、网络安全管理与 QoS 部署，以及电子政务项目实施。

本书坚持“系统观点为纲、实用技术为主、工程实践为线、侧重主流产品”的编写原则，

立足于“看得懂、学得会、用得上”，由浅入深、循序渐进地介绍宽带接入技术原理和方法。工程性和可操作性体现在全书的每一个章节，贯穿了可以促使读者对宽带 IP 接入与互连网络工程设计完全理解的内容。因此，本书在表现方式上有如下特点。

(1) 在每章开始的部分，简要介绍了本章内容、知识要点，列出了学完这一章后读者应达到的学习目标和必须掌握的重点知识及需要理解的难点知识。

(2) “实例、图表、数据”可以帮助读者加深对网络系统集成与工程设计的原理、方法和技术，以及对网络设备安装、配置、管理及维护等内容的理解。

(3) “习题”可作为对每章学习情况的评估。这些问题针对学习目标，可以使读者在学习新的一章之前检测一下自己对本章内容的理解程度。

(4) “课程调研、课程设计”可以帮助读者了解 IP 接入网组建的过程，训练网络组建技能，学会团队协作解决问题的方法。能按实验要求或课程设计要求，安装与调试网络系统，写出实验报告或技术解决方案。

本书选材适当、结构完整、层次清晰、实用性强。书中案例体现了宽带 IP 接入与互连网络工程设计的特征，具有很强的工程针对性。书中的电子政务接入与互连网络工程设计和一些典型案例来自工程实践，具有一定的参考价值。

本书由山西师范大学杨威教授主编。第 1、2、8 章由杨威编写，第 3 章由黄芙蓉编写，第 4 章由刘彦宏编写，第 5 章由赵鑫编写，第 6、7 章由高立同编写。全书由杨威统稿、定稿。

本书在编写过程中，参考了许多专家、教授撰写的宽带接入技术专著和论文，得到了多位老师的帮助。在本书出版之际，对给予我们帮助、鼓励、支持的老师表示衷心感谢。

由于编者水平有限，错误和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2008 年 2 月



78	3.2.6 ADSL 的调制技术	41	2.4.2 IPsec
79	3.6 ADSL 接入技术	41	2.4.6 GRE 协议
79	3.6.1 ADSL 速率	42	2.5 多媒体通信协议
80	3.6.2 ADSL 相关技术	42	2.5.1 RTP/RTCP 与 RTP 协议
82	3.6.3 ADSL 存在的主要问题	43	2.5.2 RTP 工作方式
84	3.6.4 ADSL 的应用	45	2.5.3 RTP 工作
84	3.7 新一代 DSL 技术	46	2.5.4 网络管理协议
84	3.7.1 ADSL2+ 与 ADSL2	47	2.5.5 IPv6 的 QoS
86	3.7.2 ADSL2 技术	50	2.6 流媒体传输技术
87	3.8 xDSL 接入系统的局端设备	50	2.6.1 流媒体技术发展
87	3.8.1 DSLAM 的组成	51	2.6.2 流媒体接入方式
88	3.8.2 DSLAM 的接入	52	
89		53	
第 1 章 宽带接入技术绪论	1	53	1.5.1 CIPN 宽带接入提出
1.1 宽带接入的提出	1	54	1.5.2 CIPN 实现技术路线
1.1.1 宽带接入的背景	1	54	1.5.3 CIPN 宽带接入推广
1.1.2 宽带市场驱动力	2	54	习题
1.1.3 宽带接入的特点	2	54	第 2 章 宽带接入技术基础
1.2 宽带接入技术概述	3	54	2.1 接入网基础知识
1.2.1 ISDN 接入	3	54	2.1.1 接入网组成
1.2.2 xDSL 接入	5	54	2.1.2 接入网主要接口
1.2.3 DDN 接入	6	54	2.1.3 接入网分层模型
1.2.4 FTTX+LAN 接入	7	54	2.1.4 接入网功能结构
1.2.5 Cable Modem 接入	8	54	2.1.5 接入网管理
1.2.6 卫星接入	8	54	2.2 宽带接口技术
1.2.7 无线接入	8	54	2.2.1 宽带接入的复杂性
1.2.8 光纤接入	10	54	2.2.2 基于路由原理的宽带接口
1.2.9 电力接入	11	54	2.2.3 基于隧道的宽带接口
1.3 宽带网结构与传输	12	54	2.3 宽带接入协议
1.3.1 宽带网体系结构	12	54	2.3.1 HDLC 协议
1.3.2 宽带网 IP 传输	13	54	2.3.2 PPP
1.4 宽带接入技术应用	14	54	2.3.3 PPPoE
1.4.1 视频会议	15	54	2.3.4 帧中继协议
1.4.2 视频点播与交互电视	16	54	2.3.5 ATM 协议
1.4.3 IP 电话	17	54	2.4 点对点隧道协议
1.4.4 远程教育	18	54	2.4.1 VPN 与隧道技术
1.4.5 远程医疗	18	54	2.4.2 PPTP
1.4.6 家庭网络	19	54	2.4.3 L2F 协议
1.5 宽带接入技术新发展	19	54	2.4.4 L2TP

2.4.5	IPSec	41	3.5.6	ADSL 的局限性	78
2.4.6	GRE 协议	41	3.6	VDSL 接入技术	79
2.5	多媒体通信协议	42	3.6.1	VDSL 系统构成	79
2.5.1	RTP/RTCP 与 RTP 协议栈	42	3.6.2	VDSL 相关技术	80
2.5.2	RTP 工作方式	43	3.6.3	VDSL 存在的问题	82
2.5.3	RTCP 工作方式	45	3.6.4	VDSL 的应用	84
2.5.4	资源预留协议	46	3.7	新一代 xDSL 技术	84
2.5.5	IPv4/IPv6 的 QoS	47	3.7.1	ADSL2 与 ADSL2+	84
2.6	流媒体传输技术	50	3.7.2	VDSL2 技术	86
2.6.1	流媒体技术原理	50	3.8	xDSL 接入系统的局端设备	87
2.6.2	流媒体传播方式	51	3.8.1	DSLAM 的功能结构	87
习题		52	3.8.2	DSLAM 的协议栈	88
课程调研		53	3.9	案例学习	89
第 3 章	xDSL 接入技术	54	3.9.1	基于 ADSL 的家庭网络	89
3.1	DSL 的信号环境	54	3.9.2	基于 ADSL 的办公网络	90
3.1.1	铜线的传输损耗和容量	54	3.9.3	基于双 ADSL 的带宽增倍与 负载均衡	90
3.1.2	串扰和其他噪声	55	3.9.4	基于 DSLAM 的宽带接入 汇聚	91
3.1.3	混合线圈与回波	56	习题		92
3.2	xDSL 接入信号处理技术	56	课程调研		92
3.2.1	2B1Q 码	56	第 4 章	HFC 接入技术	93
3.2.2	QAM	58	4.1	HFC 的相关问题	93
3.2.3	CAP	59	4.1.1	HFC 的发展过程	93
3.2.4	DMT	60	4.1.2	HFC 网的设备构成	94
3.3	HDSL 接入技术	64	4.1.3	HFC 网络结构与特点	95
3.3.1	HDSL 的基本组成	64	4.1.4	HFC 网络频带划分	96
3.3.2	HDSL 帧结构	66	4.1.5	HFC 接入网业务功能与局限	96
3.3.3	HDSL 关键技术	67	4.2	Cable Modem	97
3.3.4	HDSL 的应用	68	4.2.1	Cable Modem 的定义	97
3.3.5	HDSL 的局限性	68	4.2.2	Cable Modem 技术原理	97
3.4	HDSL2 接入技术	69	4.2.3	Cable Modem 的结构与工作 过程	98
3.4.1	HDSL2 的设计目标	69	4.2.4	Cable Modem 的标准化	99
3.4.2	HDSL2 的线路编码	69	4.2.5	Cable Modem 的应用	100
3.5	ADSL 接入技术	70	4.3	基于 HFC 的宽带接入	102
3.5.1	ADSL 的提出	70	4.3.1	有线电视系统的发展	102
3.5.2	ADSL 的技术特点	70	4.3.2	有线电视系统的组成	103
3.5.3	ADSL 的系统结构	71			
3.5.4	ADSL 的技术基础	72			
3.5.5	ADSL 的传输模型	77			

4.3.3 HFC 组网方案	105	5.6.5 光接入技术选择策略	141
4.3.4 双向 HFC 技术原理	106	5.7 案例学习	141
4.3.5 双向传输实现方法	107	5.7.1 基于 EPON 的接入网	141
4.4 案例学习	108	5.7.2 基于 SDH/E1 的环保专网	142
习题	109	习题	144
课程调研	110	课程调研	144
第 5 章 光纤接入技术	111	第 6 章 宽带无线接入技术	145
5.1 光纤接入系统	111	6.1 宽带无线接入分类与特点	145
5.1.1 光纤接入的提出	111	6.1.1 宽带无线接入分类	145
5.1.2 光纤接入的基本配置	112	6.1.2 宽带无线接入特点	146
5.2 PON 接入技术	113	6.2 LMDS 接入技术	147
5.2.1 PON 拓扑结构	113	6.2.1 LMDS 的概念	147
5.2.2 PON 的关键技术	115	6.2.2 LMDS 系统的组成	147
5.2.3 PON 功能结构	115	6.2.3 LMDS 系统的优缺点	148
5.2.4 PON 的技术应用	117	6.3 MMDS 接入技术	149
5.3 APON 接入技术	121	6.4 无线局域网接入技术	149
5.3.1 APON 模型及特点	121	6.4.1 无线局域网特点与标准	149
5.3.2 APON 系统结构及工作过程	122	6.4.2 IEEE 802.11 体系结构	150
5.3.3 APON 帧结构及关键技术	123	6.4.3 IEEE 802.11 空中接口	152
5.4 EPON 接入技术	126	6.4.4 IEEE 802.11b 认证、漫游和计费	155
5.4.1 EPON 技术特点	126	6.4.5 无线局域网的关键技术	156
5.4.2 EPON 网络结构	127	6.4.6 无线局域网的安全问题	158
5.4.3 EPON 传输原理	127	6.4.7 无线局域网的移动性问题	161
5.4.4 EPON 光路波长分配	128	6.4.8 中国的 WAPI 标准	164
5.4.5 EPON 关键技术	129	6.5 IEEE 802.16 接入技术	164
5.4.6 EPON 技术应用	130	6.5.1 IEEE 802.16 系列标准	165
5.5 GPON 接入技术	130	6.5.2 协议栈模型	165
5.5.1 GPON 提出及操作	131	6.5.3 物理层规范	166
5.5.2 GPON 封装与帧结构	131	6.5.4 传输速率	166
5.5.3 GPON 中传输容器	133	6.5.5 WiMAX 组网技术	167
5.5.4 APON、EPON 和 GPON 的比较	133	6.6 IEEE 802.20 接入技术	170
5.5.5 GPON 技术应用	135	6.6.1 IEEE 802.20 技术特性	170
5.6 AON 接入技术	136	6.6.2 IEEE 802.20 与其他技术间的关系	172
5.6.1 AON 的简化技术	136	6.7 案例学习	174
5.6.2 AON 的传输介质	137	6.7.1 校园无线网需求分析	174
5.6.3 SDH 接口与标准速率	139	6.7.2 无线产品选型与技术	175
5.6.4 AON 的应用	140		

6.7.3 校园无线网整体架构	177	8.2.5 网络安全问题考虑	195
习题	178	8.3 网络系统集成技术	196
课程调研	178	8.3.1 网络拓扑结构	196
第7章 电力载波接入	179	8.3.2 政务广域网技术	197
7.1 电力载波接入概述	179	8.3.3 政务城域网主干技术	199
7.1.1 电力载波发展概述	179	8.3.4 政务城域网交换技术	203
7.1.2 电力载波技术应用	180	8.3.5 政务城域网接入技术	205
7.1.3 电力载波通信存在的问题	182	8.4 电子政务宽带网设计	207
7.1.4 电力载波接入网的结构	182	8.4.1 电子政务城域网建构	207
7.2 电力载波接入的相关技术	183	8.4.2 电子政务涉密网建构	209
7.2.1 带宽要求和频率分配	183	8.4.3 市县宽带接入网	211
7.2.2 高频干扰情况	184	8.4.4 基于 EPON 的宽带接入	213
7.2.3 接入阻抗	184	8.5 业务隔离与互访	214
7.2.4 电磁兼容性	185	8.5.1 电子政务业务隔离	214
7.2.5 PLC 的调制技术	185	8.5.2 电子政务业务互访	216
7.2.6 其他关键技术	186	8.6 网络安全管理	218
7.3 案例学习	187	8.6.1 电子政务 PKI 部署	218
习题	188	8.6.2 网络安全可信接入	220
课程调研	188	8.6.3 网络行为监管与审计	221
第8章 电子政务网及宽带接入设计	189	8.6.4 安全渗透网络全局	222
8.1 电子政务网建设概述	189	8.7 网络 QoS 部署	224
8.1.1 电子政务建设背景	190	8.7.1 网络端到端 QoS 部署	224
8.1.2 电子政务体系结构	190	8.7.2 网络流量精细化管理	225
8.1.3 电子政务网络架构	191	8.8 网络项目实施	226
8.2 电子政务需求分析	192	8.8.1 工程项目质量管理	226
8.2.1 项目背景	192	8.8.2 工程项目监理	227
8.2.2 电子政务现状	193	8.8.3 工程项目验收与评估	228
8.2.3 电子政务规划目标	193	习题	230
8.2.4 电子政务功能与要求	194	课程设计	231
		参考文献	232

第 1 章

宽带接入技术绪论



本章简单介绍宽带网概念、宽带接入特点，从应用的视角梳理宽带接入技术。简要说明宽带网体系结构、宽带网 IP 传输，宽带接入网主要应用，以及 CIPN 宽带接入新发展。

知识要点：宽带网概念、宽带接入特点，ISDN、xDSL、DDN、FTTx+LAN、Cable Modem、卫星、固定无线、移动无线、无源光网络、有源光网络、电力线上网，宽带网体系结构，传输网分层模型，ATM 传送 IP，光学 IP，视频会议，VOD 与 ITV，视频点播，IP 电话，家庭网络，CIPN 宽带接入技术路线，基于 CIPN 的宽带端局模式。

重点知识：宽带网概念，宽带接入技术类别及特点，宽带网体系结构，宽带网 IP 传输，宽带接入技术应用，CIPN 技术路线，基于 CIPN 的宽带端局模式。

难点知识：宽带网的 IP 传输，CIPN 技术路线，基于 CIPN 的宽带端局模式。

1.1 宽带接入的提出

生活在信息时代，许多人每天都接触因特网。例如，网络学习、网络购物、网络订票、网络音乐、网络电视（VOD）、网络游戏、网络聊天（QQ、MSN）、网络日记（Blog）、网络新闻、视频会议、IP 电话，以及远程医疗。只要是人们工作、学习、生活需要的，网络服务应有尽有。而能够为用户连接网络服务的技术，就是宽带接入技术。

1.1.1 宽带接入的背景

传统的接入方式是铜线接入（如 PSTN、ISDN 等），接入网络的业务节点接口（SNI）不开放。这种接入方式仅能支持普通电话业务和低速数据业务。20 世纪 70 年代末 80 年代初，出现数字用户环路（Digital Subscriber Line，DSL）的概念。随着光通信技术和高速调制技术（如 ADSL）的突破，以及用户对高速数据业务和多媒体业务需求的推动，接入网技术在 20 世纪 90 年代飞速发展。其趋势是设备的标准化程度高，接口开放，用户接口速率提升，对不同业务的支持能力更强。

据统计，世界上 Internet 业务量每 6 个月翻一番，每天都有数以亿计的人访问 Internet。随着 Internet 服务内容的增多，用户对数据传送速率的需求也日益增加，对整个网络带宽形成巨大压力。特别是在接入部分，已成为 Internet 的瓶颈。为解决 Internet 业务的高速接入问

题,国内外主要电信运营商都开始宽带接入网的建设。

我国接入网的建设始于20世纪90年代中期,网上运行的接入网设备绝大部分是窄带接入系统。1999年开始出现较大规模的宽带接入网试验,经过近10年发展,宽带接入初具规模,为用户提供了多种可选择的接入技术,基本满足了用户宽带业务需求。

1.1.2 宽带市场驱动力

近年来,由信息与通信技术(Information & Communication Technology, ICT)所引领的信息化数字革命对全球各个行业都产生了深远的影响。信息与通信技术是促进经济增长的有力工具,建设信息社会是各国的重大战略选择。要实现信息社会,无所不在的宽带网络将是基本的保障。根据IDATE2006的统计,在全球超过60亿的人口中,约有20亿人使用移动通信业务,12亿人实现有线语音接入,其中只有2.1亿人享受到了真正的宽带业务。

伴随全球经济的高速发展,越来越多固定和移动接入技术及产品投入市场。例如,FTTx光纤技术、xDSL铜线技术,WiMAX(固定/移动宽带无线城域网技术)、3G无线技术等。接入网直接影响到最终用户宽带业务体验,接入设备必须同时具备灵活性(支持各种接入技术)和前瞻性(无阻塞系统架构,确保对高渗透率宽带业务的支持),对信息发展有差异的地区提供差异化、低成本效益的解决方案。

移动通信方式也在发生变革,随着无线技术的发展,越来越多的移动智能终端投入市场,移动用户对数据业务使用的增多,移动运营商也开始投入到宽带业务运营中。同时,在很多普通语音业务仍未普及的地区,运营商希望通过移动网络的建设来实现语音业务快速、低成本部署,同时具备未来平滑演进的能力。

2002~2006年,我国宽带接入市场整体上处于快速成长期。宽带接入用户规模迅速扩大,到2006年累计用户数超过5100万,是全球第二大宽带市场。并且从发展趋势上看,中国的宽带接入用户数将很快超过美国,成为全球宽带接入用户规模最大的国家。宽带用户的稳定增长使其在互联网用户中的比例不断提高,到2006年12月底,这一比例已经达到66.2%。但宽带接入在我国人口中的普及率仍然较低,2006年底我国宽带普及率仅为4%,宽带接入在我国仍有较大的发展空间。研究表明,即时通信、博客、家庭监控是目前最值得关注的宽带增值业务。

1.1.3 宽带接入的特点

宽带网是现在非常时髦的名词。随着Internet在国内的广泛普及,大家对网络已经不再陌生。追求高速上网是现在网民们的共同愿望。

宽带(Broad Band)从技术上说,是指在同一传输介质上,可以利用不同的频道进行多重(并行)传输,并且速率在1.54Mbit/s以上。通常人们把骨干网传输速率在2.5Gbit/s以上、接入网的传输速率能够达到1Mbit/s的网络定义为宽带网。

宽带到底需要多宽,才能满足人们的需要?英特尔、前康柏等公司曾进行了研讨,认为超过300kbit/s就可以作为一个比较合理的宽带应用。而现在人们所说的宽带,其传输速度通常2Mbit/s,已经能够满足人们的大量下载及影音传输的基本需要。但从长远看,对于正在发展的高清晰电视,2Mbit/s的传输速度显然不够,如果采用良好的音视频压缩技术,所需要的带宽会在5~6Mbit/s的水平,甚至10Mbit/s以上。

在实际应用中，宽带网中的接入层也就是位于用户区的局域网。局域网可以是宽带网的一个终端系统。图 1.1 所示为一种“光纤+局域网”宽带接入技术方案，该方案采用以太网直接到用户的方式，用户通过局域网，以 10Mbit/s 或 100Mbit/s 的速度接入宽带 IP 网络。宽带接入特点大致有如下 4 点。

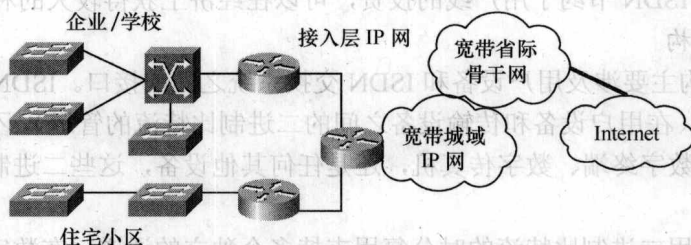


图 1.1 光纤+局域网的宽带接入技术方案

- ① 传输带宽，可靠性和扩展性强（提供 100Mbit/s 到大楼、10Mbit/s 到桌面的高速接入）。
 - ② 提供各种多媒体服务（视频点播、远程教育、远程医疗、电子商务、电视会议、视频电话等）。
 - ③ 随时上网，无需使用电话线，不受时间限制。
 - ④ 结构简单，维护方便（只需安装以太网交换机和 UTP 电缆入户即可）。
- 宽带技术的运用为用户提供了广泛的应用平台，以前在窄带传输中不能够实现的应用，如今都可以得到实现，如视频点播、交互游戏等。

1.2 宽带接入技术概述

近年来宽带业务在国内发展非常迅猛，接入技术也多种多样，目前使用较多的有：xDSL 技术、LAN 技术、光纤技术、无线技术、Cable Modem 技术和电力线载波技术（PLC）等。

1.2.1 ISDN 接入

1. ISDN 的特点

综合业务数字网（Integrated Services Digital Network, ISDN），从技术的视角可将 IS 理解为一切业务的标准接口（Standard Interface for all Services），将 DN 理解为数字端到端的连接（Digital End to End）。

现代社会需要一种全社会的、经济的、快速存取信息的手段，ISDN 正是在这种社会需要的背景下，在计算机技术、通信技术、VLSI 技术飞速发展的情况下产生的。ISDN 的目标是提供经济、有效、端到端的数字连接，以支持广泛的服务，包括音视频服务。用户只需通过有限的网络连接及接口标准，即可在很大的区域范围，甚至全球范围内存取网络信息。ISDN 具有如下特点。

- (1) 端到端的数字连接。ISDN 完全采用了数字传输和数字交换，能够提供端到端的数字连接，具有优良的传输性能，而且信息的传输速度快。
- (2) 综合业务。ISDN 能够通过一对电话线为用户提供多种综合业务（俗称一线通），它能够支持包括语音、数据、文本、传真、图像、可视电话在内的各种综合业务。

(3) 标准化的用户接口。ISDN 使用了标准化的用户接口，易于接入各种用户终端。标准化的接口能够保证终端间的互通。

(4) 费用低廉。ISDN 是通过电话网的数字化发展而成的，因此只需在已有的通信网中增加或更改部分设备，即可以构成 ISDN。ISDN 能够将各种业务综合在一个网内，提高通信网的利用率。此外 ISDN 节约了用户线的投资，可以在经济上获得较大的利益。

2. ISDN 的结构

ISDN 体系结构主要涉及用户设备和 ISDN 交换系统之间的接口。ISDN 的一个重要概念称为数字信号管道（在用户设备和传输设备之间的二进制比特流的管道）。不管这些数字信号来自于数字电话、数字终端、数字传真机，还是任何其他设备，这些二进制比特流都能双向通过管道。

数字信号管道用二进制比特流的时分复用支持多个独立的通道。在数字信号管道的接口规范中定义了二进制比特流的格式及比特流的复用。定义的数字信号管道标准，一个是用于家庭用户的低频带标准；另一个是用于集团用户的高频带标准。高频带标准可支持多个通道，如果需要的话，也可配置多个数字信号管道。

家庭或小型企事业单位的 ISDN 配置，如图 1.2 所示。在用户设备和 ISDN 交换系统之间设置一个网络终端设备（Network Terminal, NT1）。NT1 设置在靠近用户设备这一边，利用电话线连接电信局端的 ISDN 交换系统。NT1 装有一个连接器，通信电缆可插入连接器，最多有 8 个 ISDN 电话、传真、终端或其他设备可接到 ISDN 调制解调器。计算机与 ISDN 调制解调器的连接需要在计算机总线插槽中安装一块 ISDN 适配卡，用通信线将 ISDN 适配卡和 ISDN 调制解调器连接。

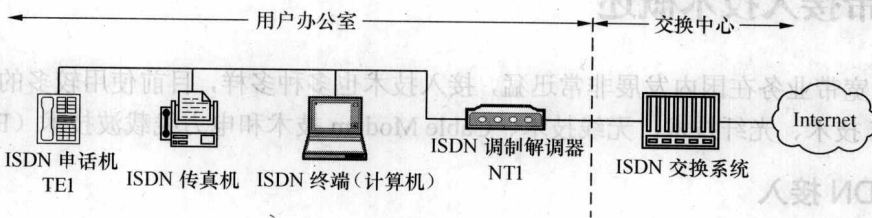


图 1.2 家庭用户 ISDN 系统

NT1 是网络终端 1，其功能等效于 OSI 参考模型的物理层，是用户传输线路的终端装置。TE1 是网络边界设备，符合 ISDN 用户网络接口协议，是标准的 ISDN 终端，如 ISDN 电话机。NT1 不仅具有接插板的作用，它还包括网络管理、测试、维护和性能监视等功能。由 ISDN 通信电缆连接的每个设备必须有一个唯一的地址。NT1 还包括解决争用的逻辑，当几个设备同时访问总线时，由 NT1 来决定哪个设备获得总线访问权。

集团用户（大中型企事业单位）的 ISDN 配置如图 1.3 所示。集团用户一般有很多部电话，连接 ISDN 数字设备的通信处理需要配置一个 NT2 设备。NT2 是网络终端 2，它既包括物理层功能，又包括高层的业务功能，相当于用户内部的网络设施，如用户交换机 PBX 和具有 ISDN 接口的局域网。TE2 是用户程控交换（Private Branch exchange, PBX）设备，它不遵循 ISDN 用户网络接口的协议，是非标准 ISDN 终端。如 X.25 协议的分组型终端和模拟电话机等。NT2 和 NT1 连接，并对各种电话、终端以及其他设备提供接口。事实上 NT2 和 ISDN 交换系统没有本质上的差别，只是 NT2 规模比较小。

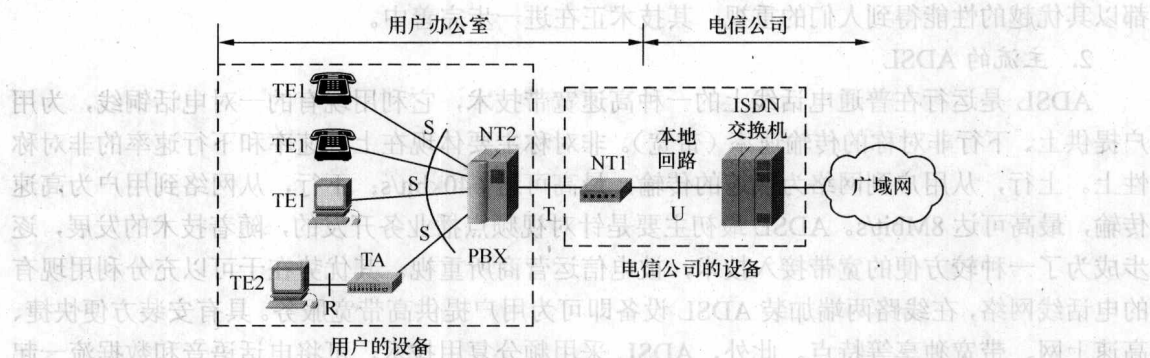


图 1.3 集团用户 ISDN 系统

前 CCITT 定义了 4 个参考点，称 R，S，T 和 U，如图 1.3 所示。U 参考点连接 ISDN 交换系统和 NT1，目前采用两线的铜双绞线，今后可能被光纤代替。T 参考点是 NT1 上提供给用户的连接器。S 参考点是 ISDN 的 CBX 和 ISDN 终端的接口。R 参考点用以连接终端适配器和非 ISDN 终端。

3. ISDN 接口

根据前 CCITT 的 I 系列建议，标准化的 ISDN 用户网络接口有两类：一类是基本速率接口（Basic Rate User-Network Interface, BRI）；另一类是基群速率接口（Primary Rate User-Network Interface, PRI）。基本速率接口是把现有的电话网的普通用户线作为 ISDN 用户线的接口，它是 ISDN 最常用的、最基本的用户网络接口。它由两条 B 通道和一条 D 通道构成，即 2B+D。这种接口是 ISDN 最低速的接口，其用户大多为家庭用户。

基群速率接口的传输速度与 PCM 的基群速度相同。国际上有 1.544 Mbit/s 和 2.048 Mbit/s 两种规格的 PCM，ISDN 用户网络接口也有两种速度，即 T1 (23B+D) 和 E1 (30B+D)。我国主要采用 E1 接口。当用户需要通信容量较大时，一个基群接口不能满足用户的要求，这时可以多装几个基群用户接口，以增加通道数量。存在多个基群接口时，不必每个基群接口都设置一个 D 通道，可以让多个接口合用一个 D 通道。

1.2.2 xDSL 接入

数字用户线（Digital Subscriber Line, DSL）是一种不断发展的宽带接入技术，该技术采用先进的数字编码技术和调制解调技术在常规电话线上传送宽带信号。它以铜质电话线为传输介质，在一根铜线上分别传输数据和语音信号，不需要拨号，采用点到点的拓扑结构。

1. xDSL 含义

xDSL 中的“x”代表各种数字用户环路技术，故它又可分为 IDSL（ISDN 数字用户环路）、HDSL（High Speed DSL，利用两对线双向对称传输 2Mbit/s 的高速数字用户环路）、SDSL（Symmetric DSL，单线对双向对称传输 2Mbit/s 的数字用户环路，传输距离比 HDSL 稍短）、VDSL（Very High Speed DSL，甚高速数字用户环路）、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line，非对称数字用户环路）。其主要区别体现在信号传输速度和距离不同及上行速率和下行速率对称性不同等方面。

其中，ADSL 被欧美等发达国家誉为“现代信息高速公路上的快车”。因其具有下载速率高、频带宽、性能优良等特点，且技术比较成熟，所以得到了广泛应用。同样，HDSL 和 VDSL

都以其优越的性能得到人们的重视，其技术正在进一步完善中。

2. 主流的 ADSL

ADSL 是运行在普通电话线上的一种高速宽带技术，它利用现有的一对电话铜线，为用户提供上、下行非对称的传输速率（带宽）。非对称主要体现在上行速率和下行速率的非对称性上。上行，从用户到网络为低速的传输，最高可达 640kbit/s；下行，从网络到用户为高速传输，最高可达 8Mbit/s。ADSL 最初主要是针对视频点播业务开发的，随着技术的发展，逐步成为了一种较方便的宽带接入技术，被电信运营商所重视。其优势在于可以充分利用现有的电话线网络，在线路两端加装 ADSL 设备即可为用户提供高带宽服务。具有安装方便快捷、高速上网、带宽独享等特点。此外，ADSL 采用频分复用技术，可将电话语音和数据流一起传输，用户只需加装一个 ADSL 用户端设备，通过分流器（话音与数据分离器）与电话并联，便可在一条普通电话线上同时通电话和上网，且互不干扰。

各地 ISP 运营商提供的 ADSL 接入服务主要有如下 3 种：一种是 ADSL 虚拟拨号上网；一种是 ADSL 局域网接入；还有一种是 ADSL 专线接入。前两者比较适合于个人用户选用，后者专线接入更适合于网吧、中小企业用户选用。

3. 更高速的 VDSL

简单说，VDSL 就是 ADSL 的升级版，它具备 ADSL 的一般特点。使用 VDSL，短距离内的最大下载速率可达 25~55Mbit/s，上传速率可达 13~19.2Mbit/s，甚至更高。目前，它可提供 10Mbit/s 上、下行对称速率，在现有电话线上安装 VDSL 也只需在用户侧安装一台 VDSL Modem。VDSL 业务上网资费构成为基本月租费+信息费，不需再支付市话费，其费用标准和 ADSL 基本一样。VDSL 业务作为 ADSL 的升级版，已在国内一些大中城市推广。它比较适合于要求较高的个人、网吧、中小型企业选用。由于它能提供高速接入带宽，且能满足高清晰度电视和视频点播的要求，所以是一种比较现实的、理想的宽带混合接入方案。

1.2.3 DDN 接入

数字数据网（Digital Data Network, DDN），是利用光纤数字电路和数字交叉连接设备组成的数字数据传输网。该网具有传输时延短，用户可选用的传输带宽范围大，信息传输质量高等优点。适合于信息量大，实时性要求高的业务。广泛应用于政府、教育、企业、金融、税务、交通等组建专网或 VPN。另外用户还可通过 DDN 专线高速接入 Internet，享受高速、稳定的网上冲浪感觉。如图 1.4 所示。

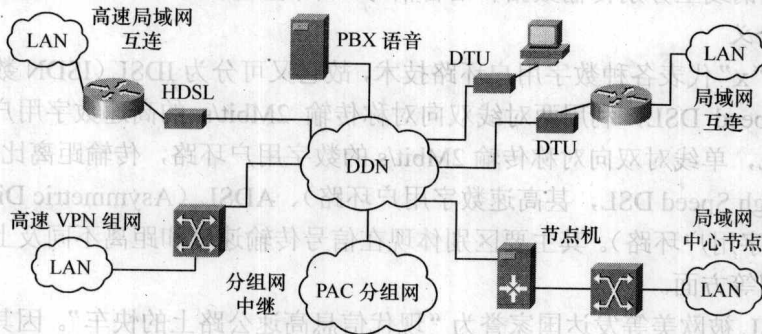


图 1.4 DDN 组网拓扑图

1. DDN 特点

(1) DDN 是同步数据传输网, 用户电路的建立须在入网设备上预先设定, 根据用户需要提供永久、半永久连接的专线电路, 不具备交换功能。

(2) 传输速率高, 传输质量好, 网络时延小。目前 DDN 可达到的最高传输速率为 150Mbit/s, 平均时延不大于 450ms。

(3) DDN 网为全透明网。支持任何通信规程, 适合于开展数据、图像、话音等多种业务。网络运行管理灵活简便, 维护质量高。

2. DDN 业务

(1) 租用专线业务。点对点的专线业务能代替模拟专线, 传输质量高, 支持 V.24、V.35、X.21 等接口, 用户速率为 2.4~64kbit/s 或 $N \times 64\text{kbit/s}$ ($N=1 \sim 31$)。点对多点专线业务适合于中心主机与各个远程终端间的通信。可开放单向、广播、数据轮询、多点会议等业务。

(2) 帧中继业务。基于 DDN 基础网之上, 可用于点对点、点对多点 PVC 虚电路方式通信。传输效率较高, 适合于各种网间通信 (局域网到局域网、局域网到广域网等)。

(3) 话音、G3 传真、图像等综合数据业务, 虚拟专网 (VPN) 业务。

3. 用户入网方式

(1) DTU 接入。通常情况下的接入方式, 支持距离在 5km 之内, 通信速率不超过 128 kbit/s。

(2) Modem 接入。支持距离较 DTU 稍远一些, 通信速率不超过 128kbit/s。

(3) xDSL 系列设备接入。适用于支持高速用户接入, HDSL 可达 2 048kbit/s。

(4) 节点机接入。适用于 DDN 用户专线较集中的位置, 特别适用于集团用户中心节点。DDN 节点机可通过若干条数字中继接入 CHINADDN 网, 确保集团用户中心节点的稳定性、可靠性、可用性及可扩展性。采用节点机接入维护方便、易于管理, 是集团用户理想的接入解决方案。

(5) 光纤接入。适用于光纤到户的用户, 通信速率可灵活选择。例如, E1 (2 048kbit/s) 或多路 E1 聚合。采用 E1 时需要光端机和协议转换器等设备。

1.2.4 FTTX+LAN 接入

FTTX (Fiber To The X, 光纤到某处) 可表示为: FTTZ (光纤到小区)、FTTB (光纤到楼)、FTTC (光纤到路边)、FTTH (光纤到家庭)。FTTX+LAN 是采用吉比特以太网交换技术, 利用光纤+五类双绞线布线来实现用户高速网络接入的一种方式。用户通过局域网接入宽带 IP 网络。小区内的交换机和局端交换机采用光纤连接, 小区内建筑楼采用非屏蔽超五类双绞线布线。用户上网速率可达 10~100Mbit/s, 网络可扩展性强, 投资规模小。FTTX+LAN 接入适用对象为住宅小区、智能大厦、写字楼。

以太网技术成熟, 成本低, 结构简单, 稳定性和扩充性好, 便于网络升级。以太网在每一个社区或每一个楼宇中形成自己的小规模星型 (物理连接) 网络结构, 彼此间通过骨干网络连接, 在逻辑结构上并无相互依赖关系, 因此相互之间影响较小, 单一节点的故障不会影响整个社区的宽带网络。对于一个家庭来说完全可以满足今后数年的升级要求。以太网的缺点是: 必须在用户集中的区域才能确保接入的低廉成本; 布线 UTP 电缆长度小于 90m。

1.2.5 Cable Modem 接入

Cable Modem 是有线电视系统普遍采用的一种宽带接入技术。Cable Modem 接入需要混合光纤/同轴电缆 (Hybrid Fiber Coax, HFC) 的支持。HFC 是指将光缆敷设到小区, 然后通过光电转换节点, 利用有线电视 (CATV) 的总线式同轴电缆网连接用户, 提供综合电信业务的技术。其缺点是: 同轴电缆采用共享总线连接拓扑; HFC 只适合用户较少的住宅区。

Cable Modem 与以往的 Modem 在原理上都是将数据进行调制后在 Cable (电缆) 的一个频率范围内传输, 接收时进行解调, 传输机理与普通 Modem 相同; 不同之处是通过有线电视 (CATV) 的某个传输频带进行调制解调的。有线电视公司一般从 42~750MHz 之间电视频道中分离出一条 8MHz 的信道用于下行传送数据。通常下行数据采用 64QAM (正交调幅) 调制方式, 最高速率可达 27Mbit/s; 如果采用 256QAM, 最高速率可达 36Mbit/s。上行数据一般通过 5~42MHz 之间的一段频谱进行传送, 为了有效抑制上行噪声积累, 一般选用 QPSK 调制, QPSK 比 64QAM 更适合噪声环境, 但速率较低; 上行速率最高可达 10Mbit/s。

Cable Modem 的缺点是: 采用共享结构, 随着用户的增多, 个人的接入速率会有所下降; 安全保密性也欠佳。另外, 由于各地的有线网自成一体, 在一定程度上也限制了 Cable Modem 的发展。

1.2.6 卫星接入

卫星通信系统由卫星和地面站两部分组成。地球同步卫星在空中起中继站的作用, 即把一个地球站发上来的电磁波放大后再返送回另一地面站。地面站则是卫星系统与地面公众网的接口, 地面用户通过地面站连接卫星系统形成链路。

卫星接入特点: 通信距离远、覆盖面积大、不受地理条件限制, 卫星数据业务可以跨国、跨洲开展, 与地面通信线路相比具备极大的优势。在不对称卫星 Internet 的连接中, 下行和上行业务量采用不对称线路, 其比值约为 8:1, 比较适合于 Internet 应用。卫星建设要比光缆快和经济得多, 并能很快投入使用, 卫星通信接入可作为多信道广播业务的平台。

卫星接入比较适合偏远地区 (无有线覆盖) 的用户使用, 卫星地面站设备可以安装在无遮挡建筑楼顶或地面, 实现在任何地点的高速 Internet 访问。

1.2.7 无线接入

无线上网是近年来兴起的一种网络接入技术。由于摆脱了有线的束缚, 使人们可在任何地点以任何方式移动上网, 因此受到越来越多人的青睐。目前, 无线接入技术分为固定无线接入、移动无线接入和蜂窝移动三大系列。

1. 固定无线接入

(1) 本地多点分配业务 (LMDS)。LMDS 最大的特点是宽带特性, 可用频谱往往达 1GHz 以上。在不同国家或地区, 电信管理部门分配给 LMDS 的具体工作频段及频带宽度有所不同, 其中大部分国家将 27.5~29.5GHz 定为 LMDS 频段。我国则采用 26GHz 及 38GHz。由于该技术利用高容量点对多点毫米波进行传输, 它几乎可以提供所有种类的业务, 如语音、数据、视频图像等, 能够实现从 64kbit/s 到 2Mbit/s, 甚至高达 155Mbit/s 的用户接入速率, 并具有很高的可靠性, 被认为是一种“无线光纤”技术。LMDS 直接支持无线 ATM 协议, 可以使链路效率得到提高。缺点是覆盖范围小。