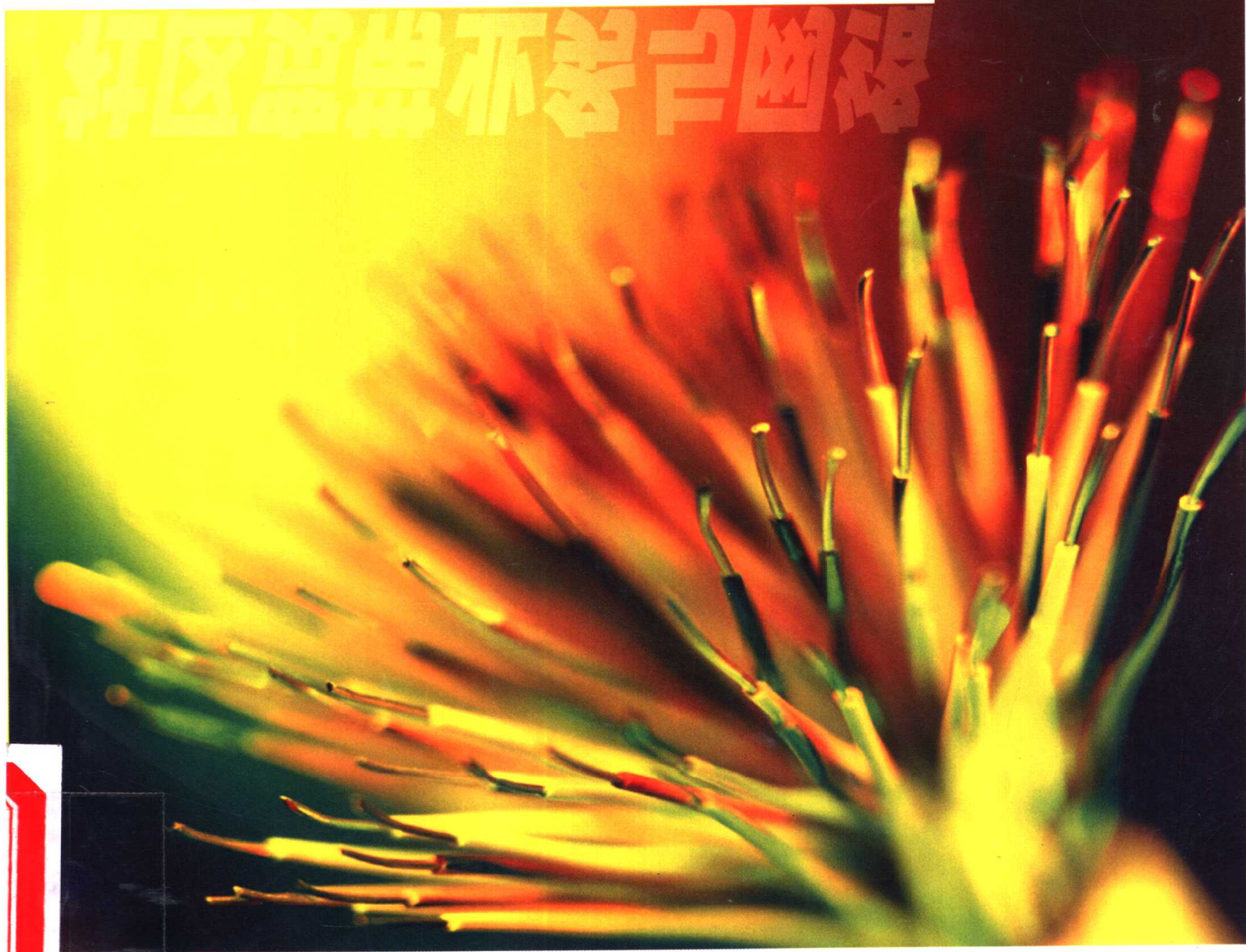


宽带通信前沿技术丛书

社区宽带业务与网络

黄孝建 编著



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

宽带通信前沿技术丛书

黄孝建 编著

社区宽带业务与网络

北京邮电大学出版社
•北京•

内 容 简 介

本书着重介绍社区宽带网络的基本概念、社区宽带业务以及社区宽带网所涉及的核心技术,在介绍ADSL,HFC,FTTx和无线等宽带接入技术的同时,比较它们所具有的优势和存在的问题。对社区宽带网络中的家庭网络部分,从需求、网络结构、户内网关、网络布线、涉及到的标准等进行较为详细的介绍。

读者对象主要是大专院校通信、电子和计算机专业的本科高年级学生和研究生,也可供相关专业的工程技术人员作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

社区宽带业务与网络/黄孝建编著. —北京:北京邮电大学出版社,2002

(宽带通信前沿技术丛书)

ISBN 7-5635-0530-X

I.社... II.黄... III.社区—宽带通信系统—计算机通信网 IV.TN915.142

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 088823 号

书 名:社区宽带业务与网络

编 著:黄孝建

责任编辑:郑 捷

出 版 者:北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号)

邮编:100876 电话:62282185, 62283578

网址:<http://www.buptpress.com>

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷厂

印 数:5 000 册

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张 18 字数 424 千字

版 次:2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5635-0530-X/TN·240

定 价:35.00 元

前言

目前,世界各国都在大力建设国家信息基础设施以迎接信息和新经济时代的到来。其中,社区宽带业务是普通家庭用户享受信息时代巨大科技进步成果的高速直通车,而社区宽带网络则是连接普通家庭用户终端和国家信息基础设施传送平台之间的桥梁。为加速我国信息化建设的步伐,从中央到地方纷纷提出了数字化中国、数字化北京等建设目标,特别是各地智能化小区的建设更是如火如荼,而上述建设目标成功的关键则是社区宽带业务和网络的建设。在此形势下,急需系统地介绍有关社区宽带业务及其网络的书籍、培养相关的人才,这也正是出版本书的价值所在。

按照网络结构的定义,社区宽带网涵盖了接入网和用户室内网两者的范围,其内容覆盖面很广。现在,研究有关社区宽带业务及其网络基本概念、核心技术、各种不同接入方式以及用户室内网络的有关内容,正逐渐形成一门新的课程。本书是作者在北京邮电大学为研究生开设相关课程时所用的讲义基础上整理而成的。

本书的特点在于通过对社区宽带业务需求的深入分析介绍,使读者对建设社区宽带网络的必要性和可能性有一个清楚的认识;通过对社区宽带网所涉及核心技术的介绍,帮助具有不同技术背景的读者对其中的技术问题有一个整体的了解;在介绍 ADSL, HFC, FTTx 和无线等宽带接入技术的同时,比较了它们各自具有的优势和存在的问题,供读者选择接入手段时加以参考;通过对社区应用最具挑战性的家庭网络最新技术的介绍,有助于读者全面了解和把握社区宽带网络的发展趋势。

随着以宽带 Internet 接入、VOD 和数字视频广播为代表的社区宽带业务的需求越来越大,传统电信部门、广播电视部门和众多计算机企业纷纷涉足智能社区建设和社区宽带业务推广,各类技术人员急需全面系统介绍社区宽带业务与网络的专业书籍,高校在开设相关课程时也需要必要的教材。然而,此类书籍较少,目前国内仅见一本从美国公司网络工程丛中翻译而来的译著。该书出版于 1997 年,内容已不能反映近年来的最新发展情况,特别是书中引用的大量技术参数、标准、法规和应用实例均以美国为背景,不太适合我国情况。因此希望本书的出版会对我国智能小区的建设和社区宽带业务及网络的普及应用起到积极的推动作用。

在本书的写作过程中,参阅了大量国内外的论文和图书资料,在此对上述文献资料的作者表示衷心的感谢。由于本书有些内容较新,尚处在发展过程当中,且作者水平有限,不当之处敬请指正。

作者

2001 年 11 月

754002

第1章 引言

1.1 社区宽带网概念	1
1.2 社区宽带网物理传输媒介特性	8
1.2.1 金属传输媒介	9
1.2.2 光纤传输	10
1.3 社区宽带业务需求	14
1.4 社区宽带服务	16

第2章 社区宽带网业务

2.1 模拟与数字视频业务	20
2.2 视频点播(VOD)	29
2.3 Internet 接入业务	34
2.4 数据广播与交互业务	35
2.5 多点到多点业务	40

第3章 社区宽带网核心技术

3.1 数字调制技术	42
3.1.1 基带调制技术	43
3.1.2 单载波调制技术	45
3.1.3 多载波技术	48
3.1.4 调制技术比较	53
3.2 噪音消除与差错控制技术	54
3.3 信令与协议	58
3.4 IP 组播	59
3.5 数字视频压缩与 MPEG 标准	63
3.5.1 数字视频压缩	63
3.5.2 MPEG-1 标准	67
3.5.3 MPEG-2 标准	70
3.5.4 MPEG-4 标准	76

第4章 基于有线电视网的宽带接入

4.1 有线电视网	82
4.1.1 有线电视的组成、特点与分类	84
4.1.2 HFC 有线电视网	88
4.2 HFC 宽带接入网	89
4.2.1 双向传输实现方式	90
4.2.2 HFC 宽带接入系统结构	91
4.2.3 HFC 系统的频谱分配	91
4.2.4 上行通道特性	94
4.2.5 HFC 上行通道调制与复用方式	100
4.3 HFC 网络业务及终端设备	103
4.3.1 数字视频业务与机顶盒	103
4.3.2 数据服务与 Cable Modem	107
4.4 HFC 宽带媒体接入控制与数据帧结构	110
4.4.1 媒体接入控制与数据帧结构	111
4.4.2 基于 ATM 的 HFC 网络	113
4.5 标准化进展及存在的问题	117

第5章 基于电信用户网络的宽带接入

5.1 现有模拟窄带电信业务特性	122
5.1.1 模拟本地环路特性	123
5.1.2 基于模拟本地环路的数据接入	124
5.2 基于电话用户网络的数字本地环路	130
5.2.1 速率对称型 DSL 技术	132
5.2.2 速率非对称型 DSL 的宽带接入	134
5.3 ADSL 体系结构	137
5.3.1 ADSL 系统参考模型	137
5.3.2 ADSL 的频谱分配与调制技术	141
5.3.3 ADSL 的传输能力	143
5.4 ADSL 帧结构	150
5.5 ADSL 的初始化与参数配置	156
5.6 VDSL	159
5.7 xDSL 标准化进展及面临的挑战	169

第6章 光纤接入技术

6.1 概述	172
6.2 光纤到路边	174

6.3 光纤到户	184
第7章 无线接入技术	
7.1 无线接入技术综述	197
7.2 直播卫星与低轨卫星接入系统	200
7.3 MMDS 与 LMDS	205
7.3.1 多通道多点分配系统	205
7.3.2 本地多点分配接入系统(LMDS)	209
7.4 同温层通信	215
第8章 家庭网络	
8.1 家庭网络业务与功能需求	222
8.2 家庭网络结构	224
8.3 社区网关	227
8.4 家庭网络连网方式	229
8.4.1 有线连网技术	229
8.4.2 无线连网技术	233
8.5 家庭网络标准	236
8.5.1 IEEE 1394 标准	236
8.5.2 家庭电话线连网标准(HomePNA)	241
8.5.3 电力线连网标准	244
8.5.4 无线局域网标准	246
8.5.5 HomeRF 标准	258
8.5.6 短距离无线传输标准“蓝牙”(Bluetooth)	266
8.6 家庭网络软件规范	274
参考文献	278

第1章

引 言

最近一二年来有关社区宽带网和智能化小区的建设方兴未艾,在社区的规划及建设中提供更为优质的信息服务,已经成为现代化社区建设的目标。传统消费电子产业、通信产业和快速发展的计算机产业都纷纷涉足这一领域,以试图在这一建设浪潮中分一杯羹。虽然传统社区环境中的家庭用户可以通过连至家庭的电话网进行电话和数据通信,借助有线电视网和无线广播接收广播电视节目,但随着数字视频广播、VOD、高速互连网接入等各种社区宽带新业务的推出,迫切需要一个基于数字传输技术的社区宽带网络来承载这些业务。而计算机、消费电子和通信产业的发展也正趋向于形成一个宽带通信平台,以建立一个可提供各种窄带和宽带业务的社区宽带网络(Residential BroadBand, RBB)。可以说,正是日益增长的宽带业务需求促成了社区宽带网的提出,反过来社区宽带网的发展又带动了更多宽带业务的增长。在社区网络环境中提供宽带多媒体业务,已成为当今社区建设中一个潜在的和现实的需求,并将成为今后信息时代社区服务的标志。

1.1 社区宽带网概念

国家信息基础设施的传送平台主要由传输网和接入网组成,社区宽带网是连接普通家庭用户终端设备和国家信息基础设施传送平台之间的桥梁。按照网络结构的定义,社

区宽带网络覆盖了接入网和用户驻地网(家庭网络)两者的范围,该网络的传输速率应足以提供某些视频业务,其通常需求的速率至少应达到 2 Mbit/s。

1. 社区宽带网与企业网的主要差别

- (1) RBB 更强调娱乐功能:如广播电视、交互游戏、VOD、网上冲浪、购物等;
- (2) 社区用户与需要专业技术支持的商业用户不同,RBB 更强调易用性;
- (3) RBB 的网络环境更为复杂,更不容易进行控制。

2. 社区宽带网络研究的主要内容

- (1) 社区宽带网业务:模拟与数字视频,VOD,WWW,多点到多点业务等;
- (2) 社区宽带网关键技术:调制技术、噪音抑制、信令、组播、数据压缩等;
- (3) 各种宽带接入网络:有线电视网络、电信铜绞线网络、光纤接入、无线接入;
- (4) 家庭网络:户内网络架构、社区(户内)网关、户内布线、户内网络标准。

发展社区宽带网络的基础是必须有实际的、达到规模经济所需要的业务需求和可行的商业运作模式,其前提是居民的教育水平已经达到一定的层次,收入水平也已经超越温饱而进入迫切需要提高素质的阶段。发展社区宽带网络的技术基础则是必须能够提供满足业务需要的各种关键技术,如数据压缩技术、高效数字传输技术、宽带接入技术、组播技术、网络的服务质量保障(QoS)及多媒体终端技术等。

3. 社区宽带网络参考模型

为了有助于更好地理解社区宽带网,并在各种技术方法中建立统一的词汇和找出共有的特征,可以将网络功能模块化,以帮助确定端到端业务传送中的交汇点。有关社区宽带网络的参考模型主要是由数字视音频委员会(DAVIC)和 ATM 论坛社区宽带工作组(ATMF RBB)开发完成的,由于 DAVIC 模型具有更大的通用性,因此本书将主要参考 DAVIC 模型介绍社区宽带网。

如图 1-1 所示,一般 DAVIC 系统模型是由内容提供者系统、业务提供者系统、业务使用者系统以及将上述系统连接起来的传输系统组成。以这种方式划分系统模型主要是为了强调各个系统之间的控制边界,表明这些网络是各自自主运行的。因此,在这些系统间需要某种接口,以提供标准的连接。

(1) 内容提供者系统(CPS)

社区宽带网用户所需的内容位于内容提供者系统的服务器中。内容提供者拥有用户所需的内容或拥有对各种图像、网络服务信息以及可复制印刷品等信息内容的传播许可。内容提供者系统可以是 Internet, Intranet 或是一些特定应用网络。它可以使用宽带 IP 或 ATM 连接至骨干传送网。

(2) 业务提供者系统(SPS)

业务提供者系统完成用户访问所需内容时的网络接入,并通过骨干传送网连通业务消费者系统与内容提供者系统。例如,目前用户正在大量使用的 Internet 上网浏览业务,即由消费者利用用户终端通过拨号或专线等各种接入网络连入 Internet 业务的提供者系统,即 ISP;然后,由 ISP 通过 DDN,FR,ATM 等传送网将用户请求发送给包含有所需内容的网站,即 ICP;此后,ICP 通过相反的路径将用户所需内容发送到用户终端。归纳起来,

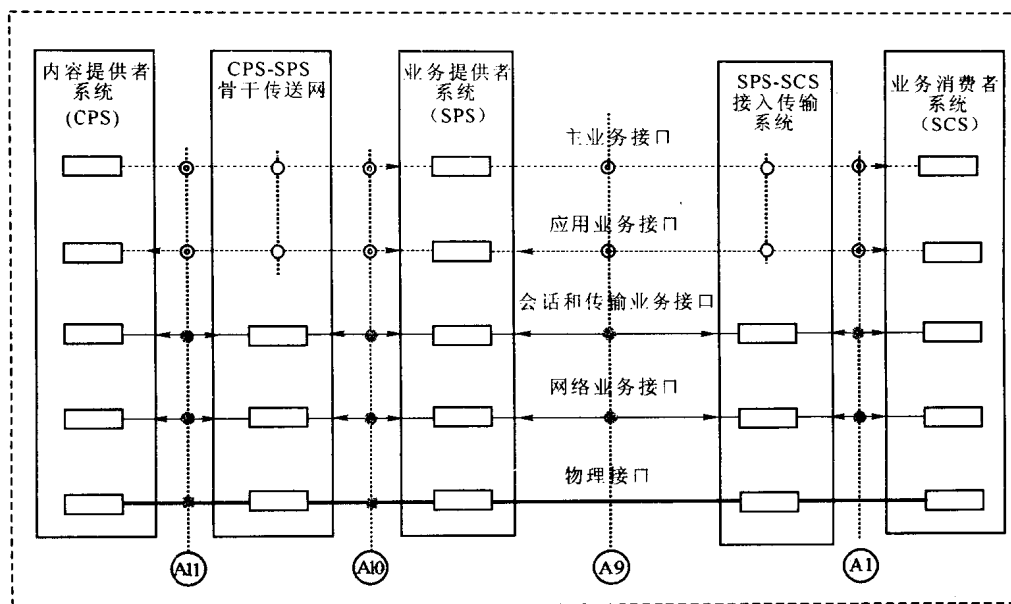


图 1-1 一般 DAVIC 系统模型

业务提供者系统的基本功能包括：

- 交换、寻路和传输；
- 将流量集中至内容提供者；
- 多个内容提供者的业务注册；
- 多个接入网的多路复用与交换；
- 导航与目录服务；
- 服务质量的保证；
- 业务流平衡；
- 内容提供者的缓冲服务器；
- 组播与广播业务所需的复制。

当然,其中部分功能也可由接入传输网完成。

(3) 骨干传送网(CPS-SPS)

骨干传送网用来连接内容提供者系统和业务提供者系统,提供高性能的比特吞吐。

骨干传送网中的关键是速度和可管理性。

一般来讲,骨干传送网的核心是高速光纤链路,视频服务器或网络服务器将通过 ATM、快速以太网或千兆位以太网接口连接至传送网中的交换机和路由器。

(4) 接入传输系统(SPS-SCS)

接入传输系统用来连接业务消费者系统和业务提供者系统,是连接至用户住宅的经营者网络的一部分。如图 1-2 所示,接入传输系统的网络基础主要是由核心网络和接入网络部分组成。核心网的任务是无误差地将需要接收和发送的信息流从源发送到目的地,该网络可以被定位于一个或一系列高速数字网络。接入网是接入传输系统的最终传

送段,根据特定的实现可以采用许多种形式。接入网也被称为本地引入线、本地环路或最后一公里,其基本功能包括:

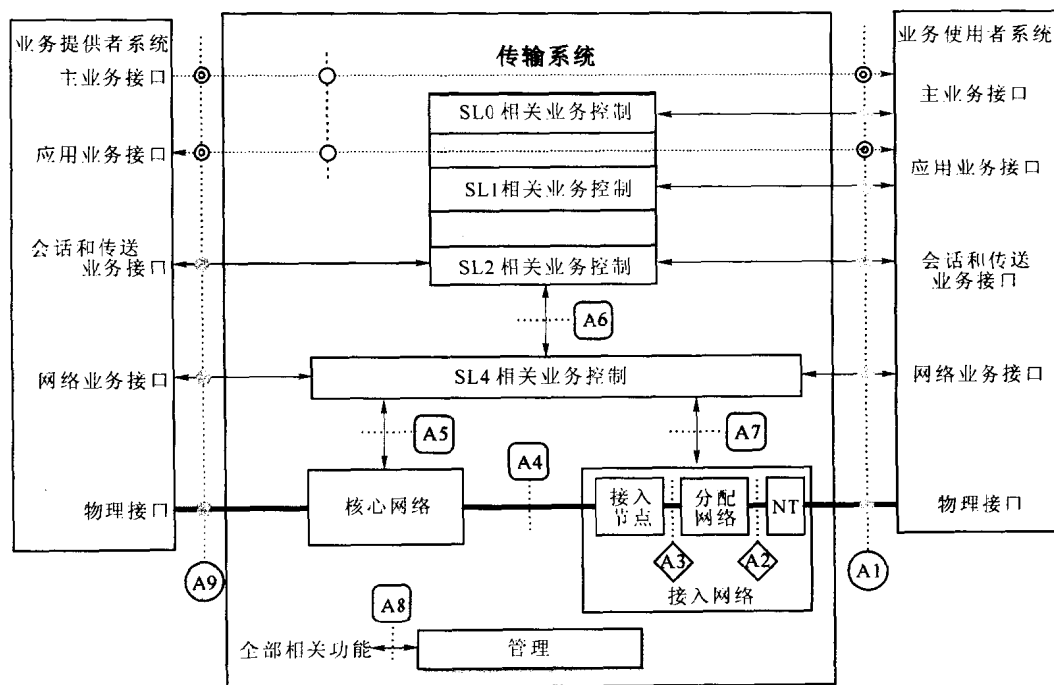


图 1-2 接入传输系统控制平面模型

- 将来自用户的业务流传输、交换、寻径和多路复用至业务提供者系统;
- 依据服务质量将来自用户的业务流分类,以区别带宽有保证和无保证的业务流;
- 保证服务质量;
- 提供导航和目录服务;
- 内容的缓冲服务;
- 处理通道或包封装;
- 执行 MAC 协议;
- 升级家庭网络上的软件;
- 鉴别用户;
- 建立信息计量的方法以便于记录。

这些功能的完成需要核心传送网,内容提供者系统以及家庭网络间的相互协作,即在这些系统间必须建立起清晰的接口。

目前,存在许多类型的接入网。其中包括:

- 光纤同轴混合网络(HFC);
- 各种数字用户本地环路,如 ADSL 和 VDSL;
- 光纤接入网(FTTC,FTTB,FTTH);
- 无线网络,如多通道多点分配系统(MMDS)和本地多点分配系统(LMDS)。

尽管用同一种网络服务于所有的应用需求在技术上是可行的,但多种接入网的存在仍有其理由,即:

- 电话公司和有线电视部门已经分别铺设了大量用户线,这些巨额投资显而易见要最大限度地发挥其作用,因此任何接入方式的经营者都不会轻易放弃宽带接入业务这一巨大市场。
- 广播电视自身特性决定了它可以很便宜地共享空间和线缆等媒质,如将广播媒质做某些更新和改造便可以容纳点到点应用,但将涉及到软件和硬件方面的改进。类似地,在电信网络这种典型的点到点媒质上进行广播应用,通过引入组播等技术也是可行的,但同样也会涉及到软件和硬件方面的改进。
- 由于不同地区、不同居住环境的人口密度不同,有些技术较为适合人口稠密地区,而另外一些技术则更为适合居住较为分散地区。如在欧美等发达国家并不被看好的以太网接入技术,却较为适合中国居民的居住环境,成为目前中国国内发展非常快的一种社区宽带接入技术。
- 此外,不同地理环境对接入技术也提出了不同的要求。对有线网络来讲,海洋与河流会对其产生不利影响,并造成额外的开销;另一方面,山脉、建筑、植物和暴雨的阻碍降低了无线网络的传输质量。
- 经济、社会的发展状况也会对接入技术的选择产生不同的影响。在经济不发达地区,可能缺少成熟的有线网络基础,利用广播技术可以快速覆盖大量地区。不同国家和地区的产业政策,同样会对接入技术的选择产生很大影响。

接入传输系统各组成单元的主要功能如下:

① 接入节点 (AN)

接入节点的任务是在通过所选择的分配网进行信息传输之前对信息流加以处理。一般来说,接入节点需要完成下列全部或部分功能:

- 将下行数据进行调制以便进入接入网;
- 解调来自用户的上行数据;
- 执行用于访问接入网的媒体访问控制协议(MAC);
- 将来自接入网的业务流多路复用至传送网;
- 在复用至传送网之前,分离或分类业务流,诸如区分业务质量(QoS)有保证的业务流和业务质量无保证的业务流;
- 执行信令;
- 完成无源操作,如分路和滤波。

MAC 协议的执行是 AN 较为复杂的功能之一。当多个用户同时需要连接,出现竞争带宽时,某些接入网使用仲裁规则来确定谁可获权使用网络。当没有控制时,接入和传送网将被迫提供不定数量的带宽和连接。MAC 协议被用来仲裁对接入网的访问。该协议由 AN 执行,并与用户住宅内的网络接口单元 NIU 进行双向协议交换。重要的 MAC 协议有令牌传递模式、时隙 Aloha 协议和多冲突检测接入协议。

AN 可以是在多媒体电缆网络系统(MCNS)结构中电缆调制解调器终端服务器(CMTS),可以是具有集中功能的数字用户线接入多路复用器(DSLAM),还可以是由 ATM 论坛 RBB 基础文件定义的 ATM 数字终端(ADT)。

② 分配网络

分配网络提供了通常用来从源到目的位置发送信息流所需要的最终传输媒介。一般来说,为了提高信号传输质量、增加信息容量和扩大分配网的覆盖范围,分配网均会在不同程度上引入光纤传输和光节点单元(ONU)。ONU的功能是终止光纤,并将光纤上的光信号转换成为有线或无线网络中的电信号。各接入网的主要差别在于 ONU 到用户的距离。ONU 距用户越近,速度越高,而且通常服务的可靠性越高。

③ 网络终端

网络终端(NT)是一个可选实体,用于将信息流从一个网络结构适配成另一个网络结构,它是一个由经营者提供或用户提供的位于房间内的设备。NT的一些基本功能包括:将房间线路耦合至经营者线路、接地、RF 滤波、分路、媒质转换、重调制、安全与禁止、指配以及由经营者进行的环回测试。

NT是接入网和用户间法律和经济上的分界点。这意味着如果在 NT 一侧网络发生某些错误,经营者必须进行修理。NT 位于用户住宅内,但 DAVIC 将其作为接入网的一部分。不管 NT 由用户购买还是由经营者提供,其通常在经营者控制之下,所以 NT 是经营者网络的一部分。

在各种接入网中,NT 的功能有很大不同,其主要功能通常是无源的,诸如耦合、分路、接地和 RF 滤波。然而在某些情况下,NT 可以有信号发送等有源功能。例如,通过信号发送,可在经营者和 NT 间激活业务。

(5) 业务消费者系统

业务消费者系统(Service Consumer System, CSC)是 DAVIC 用于宽带网络室内基础设施的术语。CSC 由下列部分组成(见图 1-3 和图 1-4):

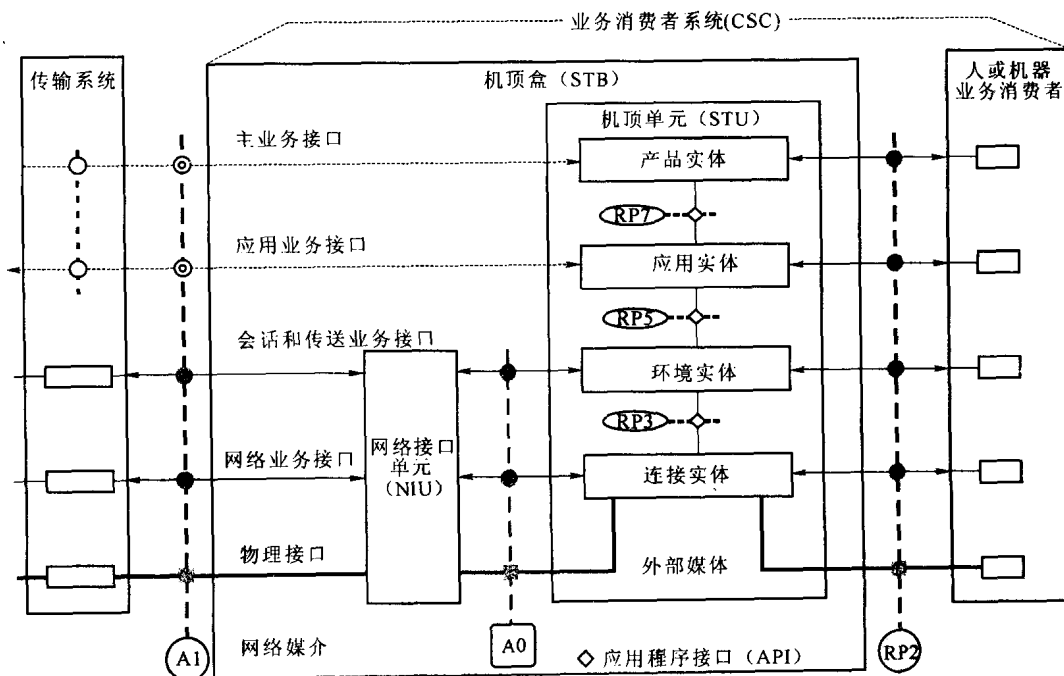


图 1-3 业务消费者系统模型

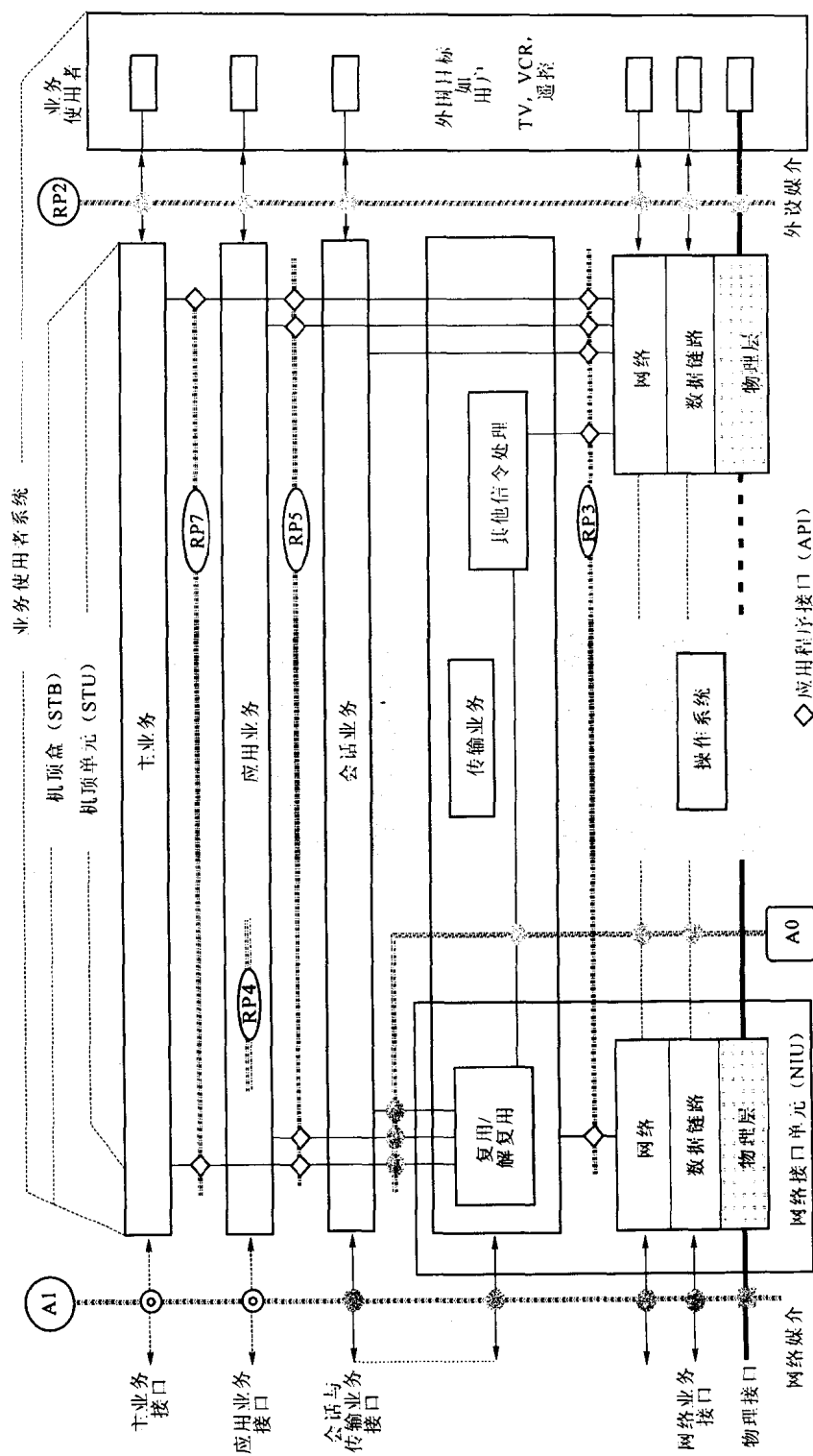


图1-4 一般的业务消费各系统模型

- 网络接口单元(Network Interface Unit, NIU), 主要指调制解调器;
- 社区网关(Residential Gateway, RG), 由其增加网络功能和多路复用不同业务;
- 机顶单元(Set-Top Unit, STU), 由其完成诸如数字电视解码等专用功能;
- 终端设备(Terminal Equipment, TE), 为电视、个人计算机或其他设备;
- 用户宅内布线, 有线或无线网络。

(6) 系统信息流

图 1-5 示出了在社区宽带网络参考模型中业务提供者到业务用户之间各功能实体及其相互关系, 以及各功能实体间的信息流。

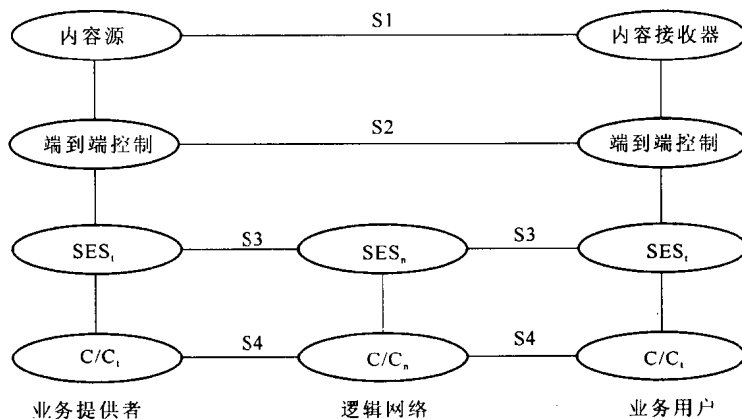


图 1-5 功能实体及其相互关系

SES_i : 终端会话信令, 用于请求、识别、接收和清除会话。

SES_n : 网络会话信令, 用于建立和清除会话, 初始化 CON_n 功能并维持 R3 和 R4 间的逻辑连接。

CON_i : 终端连接信令, 包括单个连接的建立和清除, 需要时承载会话信息。

CON_n : 网络连接信令, 包括单个连接的建立和清除, 需要时承载会话信息, 维持 R5 和 R6 间的逻辑连接。

S1: 在任何业务层用户面, 从源到目的对象的内容信息流。

S2: 在应用业务层(SL1)控制面, 从源到目的对象的控制信息流。

S3: 在会话和传输业务层(SL2)控制面, 从源到目的对象的控制信息流。

S4: 在网络业务层(SL3)控制面, 从源到目的对象的控制信息流。

1.2 社区宽带网物理传输媒介特性

这里涉及在社区宽带网络中应用较为广泛的物理传输媒介金属线和光纤的传输特性。

1.2.1 金属传输媒介

1. 金属传输媒质的频率相关特性

表 1-1 概括了若干种重要的数据业务所用带宽和所使用的金属线类型。

RBB 试图将电话双绞线使用的频率推至 10 MHz, 电缆中使用的频率推至 1 GHz, 但是在金属线上的高频信号传输会给信号带来一定的损伤。

表 1-1 用于金属线传输的代表性业务和带宽

业 务	上限带宽	线路类型
语音业务	3 400 Hz	电话双绞线
告警业务	8 kHz	电话双绞线
ISDN	80 kHz	电话双绞线
使用 2B1Q 的 T1	400 kHz	电话双绞线
使用 ATM 的 T1	> 800 kHz	电话双绞线
ADSL	> 1 MHz	电话双绞线
有线电视	350 ~ 750 MHz	同轴电缆

(1) 趋肤效应与信号衰减

当信号以非常高的频率在导线上传输时, 会发生趋肤效应。趋肤效应即在高频电磁场的作用下, 电子趋向于导线的外表面, 而导线中间由于缺少电子使传导性降低。当电子被排挤到表面时, 由于导线所使用的截面积减少会增加电阻, 致使信号的衰减增加。趋肤效应解释了为什么在金属媒质上不存在高于 1 GHz 的业务, 而无线频谱却可以使用范围 20 ~ 30 GHz, 甚至更高的频率。

金属线上的信号衰减是频率的函数。当频率增加时, 信号衰减以频率的平方根递增, 可以传送的距离以频率的平方根递减。这意味着 40 MHz 信号传送距离为 10 MHz 信号的一半。

(2) 串音干扰

当两条相邻线路传输信号时, 可能会由于电磁辐射而使一条线路的信号进入另一条线路。串音干扰分近端串音 NEXT 和远端串音 FEXT, 如图 1-6 所示近端串音为线对 A 在同一段对线对 B 的串音; 远端串音为线对 A 在另一端对线对 B 的串音。串音随着频率的增加而增加。在由语音使用的低频段, 串音较小不易察觉。但在高速业务使用的频率, 串音是信号劣化的基本原因。

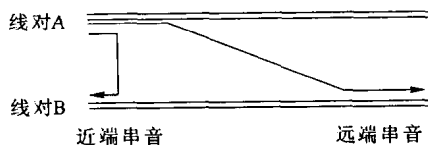


图 1-6 串音干扰

(3) 相位误差

与较低频率信号相比, 较高频率信号不仅衰减得更快, 而且时延也较大, 频率越高, 传输延时越大, 这是引起信号产生相位误差的主要原因。对于依赖于相位的调制技术来讲,

这将引起误码。

2. 外部损伤

除了与高频有关的固有的问题外,金属媒质网络还遇到来自外部的损伤。许多这种损伤都伴随着噪音,噪音是由能够引起信号清晰度降低的干扰所引起的。对 RBB 工程师的一个挑战就是辨识特定网络的噪音特征,以正确解码和使用噪音消除技术。噪音特征辨识指判断造成信号不完整的主要原因是脉冲噪音还是窄带噪音,噪音发生在什么频率和引起噪音的原因。

(1) 信号泄漏

金属导体的衬层和外包层损坏将使传导媒质中的电磁能量从破损处泄漏出去,造成信号能量的丢失。

另一个泄漏的原因是用户端不适当的耦合,如用于有线电视的 F 连接器没有紧密地接入线盒中。这样的泄漏不在经营者控制之内,而是系统管理问题。

(2) 脉冲干扰

脉冲干扰(或称突发噪音)来源于线路受到一个意外短脉冲(如几微秒)信号的干扰,此类干扰的特点是频带很宽。脉冲噪音的来源包括其他线路、发动机和电子设备。线路中的异常情况也会引起脉冲噪声,如腐蚀或放大器故障等。

(3) 窄带干扰

另一种类型的噪音是窄带干扰,它长期干扰一部分频率。业余无线电波,AM 或 FM 射频干扰,都属窄带干扰的种类。如果 AM 传输发生在某一频率上,而线路中有恰好有一个相同频率的信号,并且线路有损伤或连接松动,则位于线路一端的接收器将接收到干扰。

避免干扰的一种方法是事先确定噪音的频率范围,不在该频率上传输。这是被现在的 ADSL 调制标准所采用的一项技术。

1.2.2 光纤传输

光纤技术使用光波信号来传输数据,而金属线使用电磁信号。光纤比金属线有更大的承载能力,它可向上百万的家庭提供高速业务。

1. 关键光纤特征的描述

(1) 光纤

通常在通信光缆中使用的光纤是一种由高纯度石英玻璃制成的纤维,由折射率为 n_1 、直径为 $10\text{ }\mu\text{m}$ 左右的芯线和折射率为 n_2 、直径为 $125\text{ }\mu\text{m}$ 左右的包层组成。根据芯线与包层的折射率特性,光纤分为阶跃光纤和渐变光纤两种。阶跃光纤芯线和包层的折射率均匀, $n_1 > n_2$ 。渐变光纤的包层折射率均匀,而芯线折射率逐渐下降到与包层相同。

由光学原理可知,当光由光密介质向光疏介质入射时,若入射角大于临界值 $\arcsin(n_2/n_1)$,则将产生全反射,使入射光不能进入光疏介质。因此,只要进入光纤端面的入射光入射角小于光纤的孔径角 $(\pi/2) - \arcsin(n_2/n_1)$,光就会在光纤芯线与包层界面