

宽带城域网 建设与管理

希望图书创作室
修文群 赵宏建 等 编写

科 学 出 版 社
龍 門 書 局

宽带城域网 建设与管理

希望图书创作室
修文群 赵宏建 等 编写

科 学 出 版 社
龍 門 書 局

内 容 简 介

本书专门介绍精彩数字化城市宽带城域网的规划与管理。该书的作者长期从事宽带城市网络的开发与应用工作,本书既是他们工作经验的总结,又是目前热点宽带网络技术最新发展的展示。

全书由 7 部分构成,主要内容包括:宽带城域网基础知识;宽带城域网建设;宽带城域网管理;宽带城域网应用;宽带城域网建设方案;宽带城域网产品;管理宽带城域网,如网络安全、部署防火墙、NAI 网络安全解决方案、容错与备份、运营计费;应用宽带城域网,如多媒体开发、VOD、视频电话系统、数字城市建设、电子商务解决方案、Web OA 解决方案;宽带城域网建设方案,如 Cisco 宽带城域网建设案例、MPLS TE 技术实现、Juniper 建设方案、Nortel 建设方案、网络管理及计费、Foundry 建设方案;介绍了宽带城域网产品,如 Cisco 路由器及交换机、3Com 交换机及集线器和路由器等等。附录为参考文献。

本书内容浩大,基础知识与实践相结合,范例典型,是广大从事宽带城域网建设人员的自学指导书,同时也可作为对宽带城域网建设技术感兴趣的读者的参考书。

需要本书或需要得到技术支持的读者,请直接与北京中关村大街 26 号 083 信箱发行部(邮编 100080)联系,电话:010-62562329, 010-62531267, 传真:010-62579874。网址:www.bhp.com.cn, E-mail:lw@hope.com.cn。

宽 带 城 域 网 建 设 与 管 理

希望图书创作室

修文群 赵宏建 等 编写

责任编辑:李东震

科 学 出 版 社 出 版
北 京 电 子 出 版 社

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

北京媛明印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2001 年 11 月第 二 版	开本: 787×1092 1/16
2001 年 11 月第二次印刷	印张: 40.5
印数: 1~2000	字数: 951000

ISBN 7-03-005086-X/TP·531

定价: 52.00 元

前 言

宽带网络席卷全球，作为信息传输的主流方式，正以强劲势头进入千家万户。电信竞争从核心网转移到接入网，尤其是宽带城域网，其市场之大，前所未有，为网络设备供应（NEP）、网络运营（NSP）、网络接入服务（ISP）、网络内容制作（ICP）、网络应用开发（ASP）提供前所未有的商机，缔造具有显著特色的宽带网络市场价值链，成为捆绑众多经济模式的载体。通过宽带网，人们足不出户可与外界进行有效信息交流，如在线购物、视频点播、工作学习等，同时引发政府、企业行为模式的革命。

宽带接入的巨大市场吸引了电信电脑业涉足其间，电信、联通、网通、广电相继启动其宽带城域网计划，北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、南京、济南、西安、大连等城市宽带建设风起云涌，宽带城域网已成为国家信息化建设热点。

本书源于作者宽带建设实践，内容涵盖宽带城域网建设、管理、应用全过程，包括宽带城域网关键技术、实施步骤，思科、朗讯、阿尔卡特、华为、凯创、北电、3Com 等厂商主流产品，宽带城域网安全管理、计费体系，多媒体、数字城市、视频点播、可视电话、网络办公等宽带应用以及各厂商的宽带解决方案。

本书内容广泛、技术超前、资料翔实、可操作性强，是宽带城域网建设实用手册，也可作为大专院校网络专业的参考教材。

本书写作得到山东三联电子信息有限公司大力支持，参考资料源于《中国计算机报》、《计算机世界报》、《网络世界》、网易 IT 频道（www.netease.com）及各厂商技术白皮书，其中，第 1 章引用荆瑞泉、滕江、奚国华、郝锋钢、陈冬、戴琼海、梁成瑾、刘勇相关文章，第 5 章引用王宏伟、郑刚、周俊辉、朱利、张之升相关文章（详见参考文献），在此向原作者表示感谢！

感谢北京迈思威、城市热点、SGI、IBM、NAI、8848、世纪鼎点、中广鸿联、建设部信息中心、华为、Cisco、Juniper、Nortel、Foundry 等提供资料。



第1章 宽带城域网综述 1

- 1.1 宽带城域网发展热点 1
- 1.2 宽带城域网形势 2
- 1.3 宽带城域网关键技术 6
- 1.4 宽带城域网建设方案 16
- 1.5 宽带城域网增值业务 22

第2章 宽带城域网建设 25

- 2.1 网络规划设计 25
- 2.2 网络技术 29
- 2.3 网络通信协议 36
- 2.4 网络拓扑结构 41
- 2.5 网络传输介质 44
- 2.6 网络互连设备 49
- 2.7 网络操作系统 55
- 2.8 网络布线系统 59

第3章 宽带城域网管理 67

- 3.1 网络安全体系 67
- 3.2 防火墙部署 96
- 3.3 NAI 网络安全解决方案 130
- 3.4 网络容错与备份 146
- 3.5 宽带网络管理 181
- 3.6 宽带运营计费 197

第4章 宽带城域网应用 205

- 4.1 网络多媒体开发 205

- 4.2 VOD 249

- 4.3 宽带网络视频电话系统 274

- 4.4 Digital City 296

- 4.5 电子商务解决方案 313

- 4.6 Web OA 解决方案 334

第5章 宽城城域网建设方案 358

- 5.1 Cisco 宽带城域网建设案例 358

- 5.2 MPLS TE 375

- 5.3 Juniper 宽带城域网建设方案 400

- 5.4 Nortel 宽带城域网建设方案 444

- 5.5 网络管理 495

- 5.6 计费 503

- 5.7 Foundry 宽带城域网建设方案 505

第6章 宽带城域网产品 536

- 6.1 Cisco 536

- 6.2 3Com 545

- 6.3 Avaya 552

- 6.4 Nortel 564

- 6.5 Juniper 577

- 6.6 Alcatel 590

- 6.7 Cabletron 606

- 6.8 Huawei 611

附录 参考文献 643

第1章 宽带城域网综述

1.1 宽带城域网发展热点

- 光纤互联网技术日渐成熟

光纤互联网提供了以数据为中心的传输解决方案。光纤互联网技术将千兆位(Gbps)、百万兆位(Tbps)甚至亿兆位网络互联与光纤技术相结合,在数据大量涌入趋势下,显示出卓越性能和可扩展性。不仅如此,它还将提供服务供应商所要求的可靠性和可管理性。

- 城域网建设高潮

宽带城域网建设如火如荼,电信、广电、联通、网通都在不遗余力地展开这场新的圈地运动。北京、上海、南京、济南、西安、深圳、大连等地先后启动了宽带城域网规划和建设,“中国宽带城域网实验 2000”为我国的宽带城域网建设积累大量经验。城域网网络结构、技术选型相对复杂,尤其是宽带城域网的建设,许多技术、方案还处于实验阶段。但对于新型运营商而言,结合以太网和 DWDM 技术,直接在光缆上架构宽带 IP 城域网已成为首选技术方案。

- 宽带接入成为趋势

信息产业部规划 5 年内互联网用户将达 8000 万,其中 20% 为宽带用户。宽带接入可以满足大企业、集团用户、智能社区等需求。接入方式主要有 ADSL、Cable 和以太网、无线宽带等接入方式。

- 网络安全备受关注

越来越多的网站遭受黑客攻击,这使得网络安全成为人们普遍关注的焦点,受到相关政府部门的高度重视,网络安全市场潜力巨大。

- IDC 进入实战

信息是企业战略财产,它能创造核心竞争力。要使信息发挥作用,重要的不是如何存储,而是如何发掘其中的价值,因此,将数据存储服务进行外包,是明智的选择。互联网数据中心正是伴随着互联网的不断增长的需求而发展起来的,它为 ICP、企业、媒体和各类网站提供大规模、高质量、安全可靠的专业化服务器托管、空间租用、网络批发带宽以及 ASP、EC 等业务。互联网数据中心所提供的服务包括专用或共享的虚拟 Web 服务租用、电子商务方案、群件服务、服务器托管以及系统、数据库管理。

- 智能内容连网浮出水面

以内容连网为目的的 Web 交换机,其显著特性就是能够加快互联网上的网页内容和电子商务数据的传输速度。不仅能够减少网络服务器的数目,而且能够减少需要存储在不同服务器上重复信息数量。智能内容连网设备目的是使用户接入最快和最近的服务器。由于网络数量流量急剧增长,所以,这种以智能化方式来加速数据传送速度的技术产品颇受网络服务供应商及网络用户的欢迎,尤其是受到大规模的网络公司、IDC、ASP 的欢迎。

- 网络存储成新贵

随着 Internet 的飞速发展和电子商务应用的推广,网络数据存储成为信息技术应用中

一个不容忽视的问题。Internet 的作用就是将一个个信息孤岛连接起来,让数据信息发挥出更大作用。在电子商务时代,企业数据信息成为企业管理的核心内容,需要更加科学管理。因此,当网络硬件和软件平台搭建好后,越来越多的用户会购买网络存储,而数据信息的存储结构体系正从服务器中分离出来,转变成为网络重要单元,网络存储成为一个巨大的市场。

- VoIP 技术平稳发展

VoIP 技术在今年进入平稳发展期,中国正在构建的 IP 电话商业网将是世界上最大的 IP 电话网,与此同时,企业也开始尝试企业内部的 IP 电话,在国外, SIP 协议技术迅猛发展。VoIP 优势并不是在 IP 电话上,它的价值在于提供一个综合的多业务运营平台,为新运营商提供一个进入传统电话领域的最佳切入点。

- 呼叫中心因 Web 而升温

Web 呼叫中心集成了企业数据应用和语音基础设施设备(如 PBX),通过专用或公共的互联网基础设施和 PSTN 为呼叫中心提供集成的数据和语音传输。因此,一个多供应商呼叫中心的环境以及该环境如何迁移集成 Web 启动的技术,并在客户和服务供应商之间提供真正的双向语音、数据通信,是当前呼叫中心应用方案的热点技术。Web 呼叫中心热门技术包括智能呼叫路由、Web 协作、点击交谈、自动应答系统、集中报表系统等。

1.2 宽带城域网形势

宽带网络潮流正席卷全球。电信竞争正从核心网转移到接入网,尤其是宽带城域网,其市场之大,前所未有,引起了所有制造商、运营公司和业务提供者关注。同时,由于它对管制、技术、业务和成本高度敏感,这使得它更富有挑战性。

网络的核心应该是服务,必须成为捆绑众多服务的载体。通过宽带网,人们可以足不出户与外界进行信息和物流交换,比如在线购物、视频点播、工作学习等。

业内专家认为,宽带建设和普及将在多个层次上造就巨大的商业机会。无论是光纤传输、光缆传输,还是无线传输,在目前带宽严重不足的形势之下,市场前景普遍看好。随着宽带逐渐成为现实,商业机会将越来越大。通过在住宅小区铺设宽带网,网络运营商可以销售各自的宽带软、硬件,同时可以参与甚至控制小区的智能化管理,将远程抄表、远程监控、家电网络化等等开发为生财之道。此外,还可以推出远程医疗、网上购物、视频点播、网上教育等服务,通过生动的视频效果,掌握整个数字生活的主导权。

从技术上说,所谓宽带(Broadband)是指在同一传输介质上,利用不同的频道进行多重的传输,并且速率在原级(1.54Mbps)以上,因此基于有线电视的 Cable Modem 技术、基于普通电话线路的 DSL 技术及基于卫星通信的 DirecPC 技术都是宽带技术的典型。基于 IP 协议的交换技术的发展使传统电信业务和网络数据业务的综合统一成为可能。所以近年来世界各大电信公司纷纷进行战略重组,采用高速宽带 IP 交换路由技术构筑电信业务网络。业内人士对宽带网的传输速率约定俗成的定义是至少应达到 2Gbps 以上。

在国外,宽带网络的竞争已经如火如荼,以美国为首,随着宽带网络的发展涌现出了一批新的电信运营商。以 Quest、Level3、Williams Cos 等为代表的新兴电信公司,干脆直接重新铺设全国范围的新光纤,大规模建设基于 IP 技术的多业务通信网。新一代电信运营

商和基于电路交换机制的传统电信网最大的区别是,前者采用了IP网络分组/包交换技术,以及高度自愈功能的光环网传输系统,可以同时提供语音、图像和数据等多媒体通信业务。这些公司在骨干网层面向传统电信公司发起了挑战。

在宽带接入市场成熟前提下,基于宽带网络的信息服务也日渐丰富,基于宽带才能实现的信息服务比如视频点播、网络游戏等都拥有了发展的空间和技术发展动力。对于用户来讲,丰富的宽带服务也使未来学家们描绘的一些数字化的未来,提前来到了自己的身边。

加上中国电信原有的全国性光纤骨干网,广电、电信、联通、网通、铁通等中国宽带通信市场的主要竞争者将各就各位。宽带网络的信息服务对于大多数的ICP来说目前还是一个梦想,但一旦基础设施建设完善,用户需求必然会有大幅度增长,宽带信息服务将会成为国内网络热点。

在竞争当中,城域网以其灵活的组网、提供特色的宽带业务而成为今年的热门话题,并得到了迅速的发展。其中一个重要原因是互联网业务呈指数级的增长,使得电信数据业务负载急剧增加,而电子商务、网上医疗、政府上网、企业上网、家庭上网和建设智能信息岛等城市信息化工程都要求有一个高速、安全可靠的网络环境。

1. 我国宽带网络发展特点

事实上,随着我国城市信息化建设步伐的加快,宽带城域网建设,将成为今后信息网络建设的热点和投资重点,并将成为我国电信网络运营商的市场竞争焦点。

1. 信息服务市场开放程度进一步加大

我国已经出台《电信管理条例》,电信市场改革的步伐将加快,我国电信市场将成为中外电信运营商和投资者竞争的焦点。

2. 建设宽带城域网,开拓信息服务新空间

建设宽带城域网、提供宽带业务、开发新业务和新应用,特别是可以为商业用户/密集用户提供话音、数据等宽带通信的一揽子解决方案,有助于进一步挖掘潜在客户群,开拓信息服务市场新的发展空间,并可以获取较大利润。

3. 全面满足客户多层次的业务需求

建设宽带城域商业网,可以在提供特色宽带业务的基础上,同时提供现有窄带商业业务,全面满足客户多层次的业务需求,并进一步加强信息服务市场竞争的基础。

4. 提供新的拓展手段

建设宽带城域商业网,既可提高运营商的品牌和形象,也是各类商家提升服务质量、提升品牌的热点。如房地产市场中的“宽频小区”、“宽带业务全面到户”等广告,既提升了商业小区、商业大厦的档次,满足了用户需求,又可从中获得十分可观的回报。

5. 满足高速增长宽带业务需求

目前,对于国内运营商而言,宽带业务、数据业务市场正处于成长时期。预计到2005年,我国数据业务将占通信业务的40%。而宽带业务,特别是基于IP的宽带业务将高速发展。

6. 宽带业务市场将加速运营商格局的变化

随着通信技术和通信产业的发展,通信运营商将逐渐分为两类主体:承载网络运营商

和业务提供商,即所谓 Carrier's Carrier 和 ASP (Application Service Provider)。现在我国的不少电信运营商,既是承载网络运营商,又是业务提供商。但将来为提高核心竞争力,它们将更专注于自己的核心业务。具有网络资源的运营商,通过带宽批发占领市场,而更多的业务提供商,将通过提供不同的业务,包括话音和更多的增值业务来实现市场定位。

7. 竞争主体将多样化

随着宽带业务需求发展和潜在的巨额利润,更多的网络运营商和业务提供商,将进入这一领域。具有丰富网络资源的中国电信和有线电视网,以及新兴的电信运营商和业务提供商,将构成我国宽带业务市场的竞争主体,宽带城域网市场的竞争将更加激烈。

2. 我国宽带城域网发展现状

目前,建设宽带城域网的主体单位可以大致分为4类:即拥有丰富电信网络资源和用户群体的电信运营商,如中国电信;正在开辟电信服务的新兴电信运营商,如中国网通;拥有丰富网络资源和用户群体的有线电视网;以及一些有经济实力的社会企业和团体,如以长城计算机集团为主的长城宽带网。他们的优势各有不同,见表。

表 1.1 目前宽带城域网建设单位比较

建设单位	优势
传统电信运营商	丰富的接入网资源;丰富的客户群体;丰富的网络运维经验;可支持多种接入方式;业务种类容易扩张,可以提供包括视频在内的宽带业务
新兴电信运营商	拥有创新的管理机制,一定规模的网络资源,网络建设时可直接采用新技术,政策倾斜支持其发展
有线电视网	网络资源丰富,用户达 8000 万,可提供电信业务
社会企业	投资快,有一定的企业客户群体,更灵活的经营机制

据不完全统计,目前全国在建和已建的宽带城域网项目,超过 20 项以上,下面是几个典型的宽带城域网项目。

南京电信宽带城域网

光缆主干环已遍布全市主城区的各个主要街道和地段,各主要节点上均设置了宽带接入节点,全市每四五平方公里即有一个光纤分点,方便用户接入。这个城域网初期具有 4 万个等效 10M 端口,直接与省和国家因特网骨干连接。向用户提供实时视频点播、网络电视、可视电话、电子商务、远程教育、网络卡拉 OK、远程医疗、远程监控等多种信息服务。

深圳电信宽带 IP 城域网

新开通的宽带 IP 城域网是一个覆盖全市六个行政区的全光纤高速信息平台,传输速率达 2.5G (千兆),在进入小区后,与小区局域网相联接,向用户提供 10 兆、100 兆、1000 兆的英特网接入带宽和内部互联带宽。

上海网通宽带 IP 城域网

上海宽带 IP 城域网采用了世界先进的密集波分复用 (DWDM) 光纤通信技术和千兆

路由交换技术,可以承载包括语音、数据、图像、传真、视频和各种智能与增值服务在内的综合电信业务。该网络主干带宽达4万兆,能同时传送并实时收看1.5~1.6万部VCD电影,或同时下载16部大百科全书。上海宽带IP城域网拥有350兆国际出口和多个数据中心,为上海提供了一个新的网络平台,大大提高了上海信息港的技术含量和上网速度,实现从“拨号上网”到“在线上网”的转变。

济南三联百灵宽带网

山东三联电子信息有限公司1995年兴建中国第一条商用信息高速公路——“百灵网”,成为中国内地建设最早、迄今为止规模最大的宽带光纤信息网络,其骨干网带宽高达2G。

西安电信多媒体宽带网

陕西电信将在西安地区46个电讯交换局安装千兆交换机和用户接入平台,建立多媒体宽带城域网,全网业务拟于2001年正式开放,建成后的宽带城域网可为用户提供10M~100M光纤接入、宽带铜缆ADSL接入及局域网接入,网络容量将达到10万户。

广州宽带网

广州高速IP城域网建成后可直接向集团用户提供10兆到100兆甚至1000兆的Internet接入带宽和互连带宽,广州城域网将在全市建立10多个骨干节点,几十个接入层节点,采用全光纤连接;骨干核心节点间的连接带宽达5000兆;与国家Internet出口节点保持4000兆的互连带宽。并可按信息流量和用户需求随时提升带宽。四通八达的IP高速通信网络将构成名副其实的信息高速公路,在国内处于领先地位。

重庆宽带网

重庆市信息港宽带网络有限公司将面向商用及个人用户推出基于IP的高速网络组网及接入服务。这项业务将主要面向密集住宅小区和集团用户。在接入上实现2.5G主干、1G到分节点、百(千)兆光纤到楼、10/100兆到用户的传输能力,用户除了配置以太网卡外不需添加任何设备。

大连宽带网

大连数码科技公司将4个局的光纤资源组合,建成了高性能的城域骨干网——640Gbps的DWDM光纤环路,接入网以适用和保护现有投资为原则,采用1.5Mbps~2Mbps的DSL接入。一期工程将于7月完成,为20万用户提供接入安装服务。

长城宽带网

长城宽带以宽带互联网技术为基础,计划利用3年时间,在全国主要城市面向住宅小区兴建网络基础设施。长宽网络旨在以较低的价格,向小区居民提供10M以上带宽的网络接入服务。

1.3 宽带城域网关键技术

城域网(MAN)业务需求快速增长,网络结构、协议和技术在经历彻底的改变。波分复用(WDM)的出现、高速光连接的增加以及话音和数据的融合,都在推动现有网络结构的变革。另外,MAN服务提供商的竞争与WAN是不同的,新一代的运营商没有传统网络设施的束缚。

早期MAN是由TDM光纤环网组成。90年代中期,ATM成为建设MAN的主导性技术。这是由于ATM被认为是可以融合数据、语音和图像的技术,而且ATM可以和SDH环网很好地适应。但以后发生了很多变化,SDH网络的建设和维护一直很昂贵,基于SDH的带宽速率等级并不适合连接单个用户,ATM在高速数据通信中的应用也没有得到广泛认可。

城域网面临最深刻挑战是Internet业务呈指数级增长,除了每月数百万新加入的用户,Internet上的应用(如多媒体正在越来越多地被使用)对带宽的需求也越来越高。Cable modem和DSL的出现给了用户更快的接入速度,使他们可以使用更多的宽带网络应用。

业务融合是另外一个推动城域网发展演变的主要因素。传统的城域网主要是为话音业务优化建设的,它没有考虑到数据业务会变得如此之大。现在,数据业务已经成为主要的业务类型,这就需要一个优化的网络将数据、语音和图像业务无缝地融合在一起。

城域网的变革给那些没有传统网络束缚的运营商提供了很好的机会。直到不久前,企业用户还必须依赖传统的电信服务提供商,通过租用T1、T3、OC3或其他速率的电路在MAN中传送数据。通常,提供这种电路需要很长的等待时间,基于流量的资费非常昂贵,而且将LAN中的以太网协议转换成MAN中的ATM、SDH或帧中继协议会带来额外的开销。由于以太网作为LAN中事实上的标准,企业用户希望使用同样的协议实现和MAN的无缝连接,而不需要与ATM和SDH进行转换。因为这样不但可以大大简化网络拓扑结构,而且使网络变得更容易扩容和维护。

这对于新的MAN服务提供商是很好的机遇,因为可以利用基于千兆以太网(GE)、为数据业务优化的网络来满足这些用户的需求。通过对GE能力的加强,这些新的网络可以提供灵活的数据业务,同时提供与SDH相当的电路保护、最小时延和带宽保障。

宽带网络技术

电信宽带网,从功能和结构上可划分成骨干层、汇聚层、接入层。

在各层中都有多种技术可供运营商选择,这些技术各有优缺点:一种技术能否生存和发展不仅取决于技术本身,还有市场因素。

宽带网骨干层技术

1. 千兆以太网技术(GE)

GE与以太网、快速以太网兼容,世界80%以上的网络节点为以太网形式,GE的实施具有直接、快速和千兆位的特点,设备便宜;传输距离达100km,可以满足城域网需要。

GE重新定义MAC层,接入冲突检测引入“载波扩展”,但少于512字节帧的载波扩展部份都没有承载用户数据,浪费带宽;以太网平均帧长约200~500字节,GE实际速率

能达到 390~977Mbps。原来以太网的不足,如多媒体应用及 QoS、拓扑结构不可靠和多链路负载分享、虚拟网等,随着新技术、新标准的出现已得到部分解决。

2. 异步转移模式(ATM)

ATM采用 53 字节固定长度的信元(Cell)作为基本传输数据单元,是一种面向连接的传输技术,数据传送前需先建立虚通道,接下去的数据传送将一直沿着这条虚通道进行。

以信元为传输单元、采用虚通道连接的网络具有良好的流量控制机制和 QoS;减少信号传输时延;ATM 的工作机制使其在实时应用和服务质量分级方面具有不可比拟的优势。

3. POS 技术(IP over SDH 技术)

POS 技术将 IP 包直接封装到 SDH 帧中,提高了传输效率;采用高速光纤传输,以点对点方式提供从 STM1 到 STM64 甚至更高的传输速率。

4. 动态分组传输技术(DPT)

DPT 是一种提供 SONET/SDH 传输的可靠性和恢复功能,而无须增加不必要的 IP 业务开销的光传输技术;采用 2 条反向循环的光纤环路同时用于传输数据和控制业务,使用空间复用协议(SRP)在分组环上提供分组寻址、分组剥离、带宽控制和信息传输控制等功能;另外 SRP 环形结构对端口数需求少。

骨干技术性能对比分析

1. GE 技术

GE 技术核心为简单提高传输带宽和交换容量;主干可靠性由 TRUNK 技术(Cisco 为 GEC 技术)提供,耗费端口多,切换时间、网络自愈等方面不能发挥光纤网络潜力。

其沿用的以太网机制 CSMA/CD 具有不确定性,媒质接入取决于概率,缺少优先级机制;业务流量等待时间不定,不适于实时多媒体应用。虽然资源预留协议(RSVP)提供了基本的 QoS,但公共电信网要求更高级的 QoS,关键是目前许多应用对实时业务不敏感;GE 能否成为主流技术取决于市场所需的 QoS 方向。

GE 技术的优势是低价的设备、简单的技术路线和以太网、快速以太网兼容的接口。

2. ATM 技术

ATM 协议复杂和信头开销多、设备价高、需局域网仿真才能完成信元和数据包间的转换来支持 IP 应用;ATM 可以在本地和广域提供 QoS,但目前企业端到端的 ATM 难以实现这一点。

3. POS 技术

最大缺点是网络呈环状时带宽分配不够灵活(基于点对点传输,且最低速率为 155Mbps)。

4. DPT 技术

主要优点是动态使用带宽;带宽利用率大大提高,避免点对点连接的限制,减少需要的端口数。

DPT 也避免了 ATM 协议的复杂性、信令系统和过高的信头开销,直接支持 IP,无须 IP 包的拆分和重组,提高了交换机处理能力,降低了设备价格。

5. 结论

小型、简单的网络 GE 技术组网性价比高;大型、复杂的网络 DPT 组网性价比最高,

但此技术仅 CISCO 拥有，未成为标准。

表 1.2 滑于性能对比分析

指标		DPT	POS	ATM	GE
可靠性		高	高	中	低
弹性和可扩展性		高	高	高	低
带宽使用效率		高	中	中	中
QoS 和 IP 业务增强		高	高	高	中
性价比	小型网络	低	中	低	高
	大型网络	高	高	中	低

宽带接入层技术

接入层技术复杂、实施困难；应用前景取决于技术发展，也取决于市场需求。

随着宽带接入新技术、新标准不断出现，已有的产品与解决方案有待完善；市场方面，宽带业务（如 VOD、电子商务、远程教学等）受到各方面尤其是经济条件限制，发展不如预期快。

对电信运营商，好的方案是新业务引入成本较低，多种业务支持能力较好，可逐步向宽带全业务网络过渡。

1. 各类接入技术分析

目前接入技术很多，在数据传输特性、市场定位、在接入网中的位置及提供的业务等都有所不同。

现有接入技术包括：普通 Modem、N-ISDN、Cable Modem (HFC)、xDSL（包括 HDSL、SDSL、ADSL、G.lite、VDSL 等）、SDH、PON 与 APON、IMDSL 等。

(1) 普通 Modem

普通 Modem 是利用电话线提供窄带数据接入的主要方式，最高提供 56Kbps 传输速率，典型下载速度 1200bps 左右。

(2) N-ISDN（窄带 ISDN）

N-ISDN 也是典型的窄带接入的铜线技术，提供 64、128、384、1536、1920Kbps 等速率；利用 2B+D 实现电话和数据接入，典型下载速度 8000bps 以上，主要优点是具有易用性和经济性，可同时上网和打电话，还具有永远在线（AODI）的技术特点。

应用和业务上，利用其 D 信道永远在线和免费的特点提供窄带增值业务，仍具有市场竞争力：进行小额电子支付结算，用于彩票系统、交通及事业性收费、电子商务小额支付等，开展 Message On Demand (MOD) 和 News On Demand (NOD) 等新业务。

(3) 专线接入

DDN 以及帧中继 (FR) 等主要是专线用户使用，传输端和尾端连接专用设备，通过专网通信，头端出口(如 DDN 路由器)都有 10M、100M 以太网接口。

(4) ADSL(不对称数字用户环路)

ADSL 可在现有电话线上提供宽带业务，上下传速率“不对称”，避免了常规对称传输

中的用户侧干扰,提高传输速率,延长传输距离。

下行信道速率 2.048、4.096、6.144、8.192Mbps,分成数个 1536Kbps 的 A 信道, A 信道能传送 MPEG-1 质量的图像;上行信道速率 640Kbps;可选双工信道速率为 160、384、544、576Kbps,传输距离 3~6km。

ADSL 局端设备支持 ATM/OC3 接口,用户端设备支持 ATM/25Mbps 或 10BaseT 接口。

ADSL 调制技术主要有 DMT (离散多音频) 和 CAP (无载波幅度相位调制),将 0~1.1MHz 频段划分成 256 个频宽 4.3KHz 的子频带;其中 4KHz 以下频段传送传统电话业务,20~138KHz 传送上行信号,138K~1.1MHz 传送下行信号,电话业务不受数据传送影响。

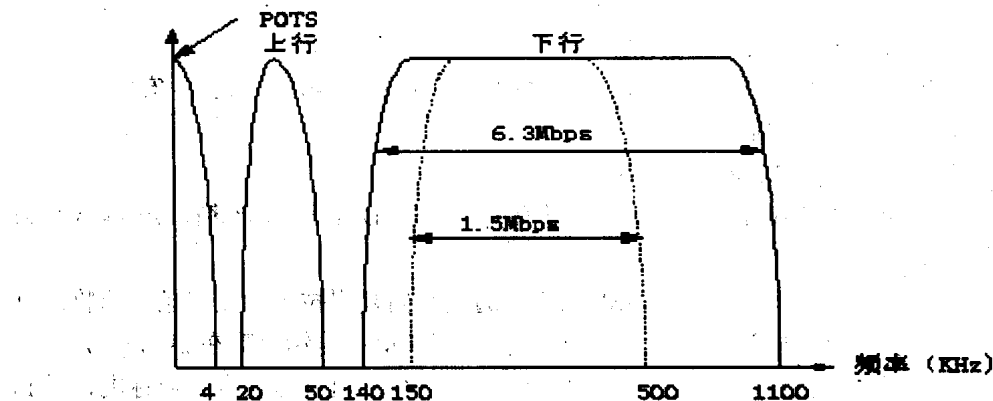


图 1-1 ADSL 调制技术示意图

ADSL 大规模推广存在问题: 1) 提供的最高速率对距离和铜线质量敏感; 2) 产品标准待完善, 不同调制技术产品不兼容; 3) 提供的最高速率仍然有限; 4) 设备价格较高。

G.lite 是为了克服 ADSL 成本偏高和用户侧设备安装麻烦等缺点提出的, 下行速率降至 64K~1.5Mbps, 上行速率 32~512Kbps, 线路码为 DMT, 传输距离 5km, 用户处不用电话分路器; 目前终端价格 G.lite 和 ADSL 相差不大, 主要是 DSLAM 价格上有差别。

G.lite 需解决数据和话带的互相干扰问题。

(5) HDSL(高速数字用户环路)

HDSL 使用两对或三对双绞铜线, 典型速率 2Mbps, 可实现高速双向传输, 距离 3~5km, 误码率 (BER) 低; 通过复用技术同时传送多路语音、视频和数据。

HDSL 主要用于替代传统 T1/E1 接入技术, 为用户提供 30B+D 或 2Mbps 租用线, 也可传送 30 路话音, 适用于连接 PBX (专用小交换机)、数字局间中继、ISP 和校园网等。

目前没有标准的 HDSL 设备, 不同厂家的设备互不兼容。

(6) SDSL(对称数字用户环路)

SDSL 也是一种对称铜线传输技术, 使用单根双绞线, 提供双向高速可变速率连接, 速率范围 160K~2.084Mbps, 0.4mm 双绞线上最大传输距离 3km。

(7) VDSL(甚高速数字用户环路)

VDSL 是传输距离很短的铜线技术, 上下信道用频分复用分开, 采用 CAP、DMT 和 DWMT (离散小波多音频) 3 种编码方式。

VDSL 上下行速率不对称,下行速率 3 档: 13M、26M、52Mbps; 相应传输距离 1500m、1000m、300m; 上行速率也有 3 档: 1.6M、2.3M、19.2Mbps; 主要适用于 ATM 网络, 规范制定刚完成, 一些产品已推出。

VDSL 局端设备支持 ATM/OC3/OC12 接口, 用户端设备支持 ATM/25Mbps 连接。

(8) 10Base-S 铜线接入技术(HomePNA)

3COM 的 10Base-S 提供电话线传输 10M (双向) 能力, 也是用频分技术将数据复用到电话线上, 数据频段从 5.5MHz 开始。现行产品传输距离 1500m, 二代产品将延长到 3000m, 提供 10/100M 以太网接口。

特点:

- 在电话线上同时复用电话和数据;
- 客户端和头端支持以太网直接接入, 无缝实现数据网络集成, 维护、安装费用少;
- 沿用了以太网技术的缺点。

(9) IM-DSL (Inverse Multiplexed DSL)

国内用户线长度平均 3.6km, 最长 6km, 目前没有一种 DSL 技术能够在 4~6km 普通电话线路上提供 20Mbps 以上速率传输。

IM-DSL 基础是 xDSL, 建立多条 xDSL 链路, 通过反向复用技术构成一条高速物理链路, 再利用 ATM 统计复用技术使众多用户共享这条物理通道; 传输距离在 2km 以内。

IM-DSL 利用现有电话线, 工程小、扩展性好、投资少, 但目前缺少工业标准, 受到 HFC 和光纤向用户延伸的压力。

(10) HFC (混合光纤同轴网络) Cable Modem 接入

有线电视网改造后可以传输数字多媒体信息, 下传 30Mbps, 上传 200Kbps~2Mbps 间; 带宽为所有用户共享。中国 HFC 标准数字 VOD 频道 25 个, 每频道 45Mbps, 每根同轴电缆可传输 250 个以上的 MPEG-2 视频数据流。

HFC 的主要问题有:

- 接入采用模拟频分多路复用技术, 而主干网络和交换机为数字技术, 需数模转换, 数据来自不同数据源, 同步、网管和信令技术难度大;
- 目前无国际统一标准, 升级比较困难;
- 同轴电缆部分为树状结构, 安全性不好, 也容易产生噪声积累, 影响系统质量;
- 可用于双向数据通信的带宽有限, 带宽共享, 随传输容量增加, 系统指标变坏;
- 下行和上行频率存在干扰, 滤波技术难度大。

(11) Ethernet (以太网)

目前国内宽带热点中有从最终用户到城域骨干网都使用以太网方式, 全以太网接入方案。基本构想是: 1000M 以太网为城域骨干网, 实现 1000M 以太网到大楼、路边、小区, 再通过 100M 以太网到楼层或小型楼宇, 10M 以太网到办公室和桌面。

其方案主要依据是: 10M、100M 以太网的普及, 1000M 以太网技术成熟、价格低廉, 目前社会只需要 IP 业务并对 QoS 要求不严; 此方案是 IP 技术与 ATM 技术竞争的产物; 全以太网接入有其优点但缺陷也不可忽视:

- 10/100M 以太网五类线接入传输距离有限; 线路成本较大; 因用户分散性等因素, 接入交换机数量众多、零散, 网络管理和维护复杂。

- 全以太网接入只考虑 IP 业务, 仅能实现高速上网, 及其他对视频质量要求不高的多媒体应用; 难以解决各种电路仿真业务及其他非 IP 业务, 且综合业务不易处理。
- 如普遍提供宽带交互视频业务, 仅靠提供“无限带宽”而忽视 QoS 难以实现: 以太网的定时不可靠, 不利于实时多媒体应用; 实时与非实时应用存在带宽争夺。
- 以太网的安全机制缺陷也对许多增值应用造成制约。
- 通常用 VLAN 来隔离用户, VLAN 由生成树算法支持, 在大型网络中运行不可靠。

(12) SDH 应用于接入网

SDH 在核心网占据主要位置, 用于接入网中可灵活、快速、有效的提供用户需求及组网需要, 迅速提供 2Mbps 透明通道:

- 将 SDH 分插复用器(ADM)设置在用户处或采用低速率终端复用器、共享 ADM 等方式可分别为不同带宽要求的用户提供理想网络性能和业务可靠性的 N*2M 透明连接; 也可扩展至低带宽用户, 提供 64Kbps 等级的透明业务传送; 与用户连接可采用点到点或环形拓扑形式。
- 可增加传输带宽, 改进网管能力, 简化维护工作, 降低运行维护成本。
- SDH 在建设时为不同的节点分配不同的带宽, 但不能动态调整。

(13) 以 ATM 为基础的无源光网络(APON)

APON 采用波分复用和光源光功率分离技术对光纤和光线路终端共享, 结合 ATM 特点、支持多比特率、业务透明、是无源系统, 可支持良好的网络管理, 能够实现多种综合业务; 成本比传统以电路交换为基础的 PDH/SDH 低 20%~40%, 代表了未来宽带接入技术的发展方向。

窄带无源光网络(PON)提供 2Mbps 及以下速率的数据传输通道; APON 则可提供 622Mbps 的数据传输通道。网络结构上, APON 多采用无源双星(DSP)或树型结构, 使用特殊的点对多点多址协议, 众多 ONU 共享 OLT(光纤线路终端), 众多用户共享 ONU, 从而降低 OAN(光接入网)初建成本。

APON 使用 1310nm 和 1550nm 波长区传输信号, 上、下行都采用基于信元的传输方案, 下行速率 155 或 622Mbps, 上行速率 155Mbps, ONU 到端局距离可达 10km; 下行采用时分复用(TDM)技术, 上行为 TDMA。近期 APON 可做为 FTTB、FTTC、FTTCab、FTTZ 的传输网, ONU 到用户再采用其他接入技术, 特别是 xDSL、Cable Modem 等和 APON 都采用 ATM 技术, 在接入网中的连接是无缝的。

影响 APON 应用的主要因素是价格, 还有技术难点, 标准化时间短, 无正式产品问世。

(14) 宽带固定无线接入(LMDS)

主要的宽带固定无线接入技术有三类: 已商业化的多路多点分配业务(MMDS)和直播卫星系统(DBS)以及试验中的本地多点分配业务(LMDS)。

LMDS 基站到用户端以点对多点广播方式传送, 用户端到基站以点对点方式传送; 工作频段 24~38GHz, 可用频带至少 1GHz; 可提供双向话音、数据及视频图像业务, 实现 Nx64Kbps~2Mbps、甚至 155M 的接入速率, 可靠性高, 号称“无线光纤”接入技术。

LMDS 由类似蜂窝配置的多个枢纽发送机组成, 每个发送机经点到多点无线链路与服务区的固定用户通信; 单蜂窝覆盖区 2~5km, 覆盖区相互重叠, 每蜂窝覆盖区又划分为多个扇区, 根据用户需要在该扇区提供特定业务。

LMDS 采用口径很小的(例如 30cm)室外定向天线,安装方便;适于提供交互式电视和高速数据,如因特网接入、局域网互连等。

LMDS 代表宽带接入技术另一种发展趋势。其工作频带宽、频率复用度高、系统容量大、可扩展性好且启动资金较小、节省线路投资、减少线路建设期。运营者仅在增加用户即有业务收入时才需再增加资金投入。可动态分配系统资源,降低了风险。

LMDS 设备安装调试容易,开通迅速、维护简单,最适于新兴电信公司与传统电信公司或有线电视公司竞争,也可以作为有线接入的重要补充。

但 LMDS 的推广也存在问题:

- 关键技术处试验阶段;要求视距传输,枢纽站置于 15~20m 高处对应用不方便;受降雨影响大;系统价格,尤其是用户端设备价格将对其推广起关键作用。
- 我国未正式确定 LMDS 的工作频段与技术规范。

宽带城域网建设技术路线

在目前城域网的建设过程中,主要思路是以 IP 或 ATM 为骨干进行。其中以 IP 为骨干的城域网又分为构建于 layer2 的城域网和构建于 layer3 的城域网。

以 ATM 为骨干的城域网

ATM 技术体系成熟而健全,一般采用 ATM over Sonet/SDH 方式,优势在于可实现网络资源的统计复用、多业务支持能力、端到端的 Qos;具有流量控制和拥塞控制,灵活的动态带宽分配与管理,交换速度快,可扩展性强等优点。除了提供专线业务以外,在国内,近年来 IP over ATM 大量使用,使得 ATM 网从某种程度上来说,几乎成为 IP 的专网了。当 IP 在 ATM 网络上运行时,路由器环绕在 ATM 网络的周围。每个路由器通过一组穿过 ATM 物理拓扑而设置的 PVC 与其他路由器进行通信。IP 路由与 ATM 网络 PVC 分离,两个路由器之间的 PVC 就像连接两个路由器之间的简单点到点电路一样。

基于 ATM 核心网通过对 PVC 的配置,完全支持流量工程。使中继线平均地被使用,避免了链路过分使用或未充分使用情况的发生。同时,在基于 ATM 的核心网中,通过交换机提供的每条 PVC 的状态信息可以对业务参数进行监测。网络设计者为支持特定的流量工程而对每条 PVC 进行配置,如果一条特定的 PVC 发生阻塞,则对此阻塞进行修正时所需的全部信息都将被监测。

但 ATM 核心网也有局限性。首先,ATM PVC 的全闭合结网导致了“N x N”问题。其次,ATM 信元税将占用大量带宽。第三,在基于 ATM 核心网中,由于其基于连接操作的特点,网络在故障模式下将变得不是十分可靠。第四,基于 ATM 的核心网需要管理两个不同的网络:ATM 基础结构和逻辑 IP 覆盖。管理特定网络的任务将伴随着一定的费用。

以 IP 为骨干的城域网

我国局域网 90% 是以太网,这使得构建于 IP 基础上的城域网有很大吸引力,尤其是带宽需求的不断扩大,使得建立于纯 IP 之上的城域网取得了很大发展。

构建于 layer2 的城域网

在城域网的构建过程中,现在较典型的是构建于 layer2 的城域网,采用多层交换机以