

三网合一

技术基础

主编：徐民鹰 刘信圣

主审：段玉平



中国国际广播出版社

三网合一技术基础

徐民鹰 刘信圣 薛同莉 武马群
张晓蕾 齐 京 齐亚宾 韩淑英 等编著
段玉平 审

中国国际广播出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

三网合一：技术基础 / 徐民鹰，刘信圣主编. — 北京：中国国际广播出版社，2003. 6
ISBN 7-5078-2267-2

I. 三… II. ①徐… ②刘… III. ①通信网—基本知识 ②有线电视—电视网—基本知识 ③计算机网络—基本知识 IV. ①TN ②TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 044103 号

三网合一技术基础

主 编	徐民鹰 刘信圣
责任编辑	郭 广
版式设计	周 迅
封面设计	耕者设计工作室
出版发行	中国国际广播出版社 (68036519 68053304〔传真〕)
社 址	北京复兴门外大街2号(国家广电总局内) 邮编: 100866
经 销	新华书店
排 版	楠竹文化
印 刷	北京广内印刷厂
装 订	三河信达装订厂
开 本	787×1092 1/16
字 数	490千字
印 张	22.5
版 次	2003年6月 北京第1版
印 次	2003年6月 第1次印刷
书 号	ISBN 7-5078-2267-2/TN·4
定 价	38.00元

国际广播版图书 版权所有 盗版必究

(如果发现印装质量问题，本社负责调换)

内 容 简 介

本书共分七章，首先介绍了通信网、有线电视网、计算机网三网合一的现状、功能结构、技术特点、研究方向；全面对比了三网各自的技术内涵；论述了三网合一的核心技术之一——有线宽带接入网目前的技术进展和实际应用；然后从网络关键设备（服务器、交换机、路由器）分析选型入手，系统讲述了三网合一应用典型——高速局域网的分析与设计；最后从理论和实用的角度，介绍了三网合一的最新技术（并发系统、并行技术、分布式处理技术、软交换与中间件技术、群集技术等）及相应的三网合一工程应用实例等内容。

在目前网络技术领域的书籍中，本书题材具有新颖性、系统性、实用性，在知识体系结构编排上，层次清晰，内容有一定的深度和广度，叙述由浅入深，语言简明精练，图文并茂，便于读者轻松学习、快速掌握。

读者对象：从事网络研究、网络工程、网络技术服务的相关科研和工程技术人员；IT 业界人士；学习网络专业的大专院校学生等。

前 言

蓝天，白云，大地——人类共同的家园：地球；

小桥，流水，人家——弥漫着泥土芬芳的乐园：乡村。

然而，随着经济全球化进程的日趋加快，科技进步的日新月异，二十一世纪的今天，人类共同的家园，正在逐步变成一个小小的“地球村”，不错，正是网络，将全世界紧紧地联系在一起，于是，世界和时代的热点聚焦于网络技术的发展。

“春雨潜入夜，润物细无声”。网络历经百年风雨，目前正悄无声息地朝着数据、图像、音频、视频等多媒体技术的综合应用的方向渗透。传统的电信网、有线电视网和计算机网在网络资源、信息传输、交换和接入技术方面虽各有所长，但建设之初均是面向某项特定业务并有所侧重（电信网侧重话音传输、电视网侧重电视传输、计算机网侧重数据传输），用户只能从不同的网络服务商处获得所需的各类不同的业务，不能直接享受综合的信息服务，同时三网重复建设，资源造成浪费，因此，通信网、有线电视网、计算机网一体化的呼声日渐高涨，人们对网络提出了更高的要求，三网合一正在逐步成为势不可挡的历史大潮，成为新世纪人们关注的网络领域技术变革热点。

为了让更多的人感触时代的脉搏、投身这场网络技术变革中，我们特撰写此书，抛砖引玉，以飨读者。

本书读者

本书面对广大的网络研发人员、工程技术人员、IT 业界人士；本书还可用作大专院校专业课教材，根据不同的教学计划可以对内容进行适当的裁剪和组合，教学深度也可适度调整。

本书结构

本书内容共分七章，首先从宏观的角度介绍了三网合一的基础知识、现实状况、功能结构、技术特点、研究方向；从理论分析和实际应用两个层面全面对比了计算机网、通信网、有线电视网的各自技术内涵；较全面地论述了三网合一的核心技术之一——有线宽带接入网目前的技术进展和实际应用；然后从网络的关键设备（服务器、交换机、路由器）分析选型入手，系统讲述了高速局域网的设计与计算方法；最后从理论和实用的角度，站在科技发展的前沿，介绍了三网合一涉及的新技术（并发系统、并行技术、分布式处理技术、软交换与中间件技术、群集技术等）及相应的三网合一工程应用实例（Windows 终端、会议电视、金融领域）等内容。

本书特点

本书内容具有三个特点：其一在于本书题材的新颖性，目前网络技术领域的书籍中，鲜有系统全面介绍三网融合的论著；对网络关键硬件设备的分析与选型方面，也少

有详细综合的讲述，而本书不仅加强了基本原理的论述，而且还介绍了三网合一的技术基础；其二在于本书的实用性，本书立足实用，为了使理论和实际相结合，每章均编排有应用实例，对于工程技术人员有较为实际的指导作用；其三在于本书介绍的技术先进性，本书编写时力求做到与时俱进，内容新颖，提出了三网合一今后在基于 IP 技术的 ATM、SDH、HFC、DWDM 等模式的发展思路和对当前热点问题的论述。

参加本书编写的同志还有：刘苏醒、焦双军、张凌宇、宫子辉、张荔红、徐旺、李颢、翟文杰、张荟、马义、刘昕等。

“状罢低声问夫婿，画眉深浅入时无”。我们小心翼翼的奉上这本新书，但愿给读者带来惊喜的不光是深入浅出、文字清晰的“画眉”，更在于它的结构独特、内容新颖的“天质”。由于编著者水平和经验有限，加之时间仓促，对某些问题的理解和论述是否准确，是否恰如其分，都值得探讨和商榷。错误之处，在所难免，衷心希望广大读者批评指正。

主编

2003 年 5 月

目 录

第一章 三网合一概述	(1)
1.1 三网合一现状、基本特征和关键技术	(1)
1.1.1 三网合一现状	(1)
1.1.2 三网合一基本特征	(3)
1.1.3 三网合一关键技术	(3)
1.2 三网合一难点分析	(5)
1.2.1 三种网络主要特点	(5)
1.2.2 三网合一前景分析	(7)
1.2.3 三网合一的难点分析	(7)
本章参考资料	(8)
第二章 计算机网	(9)
2.1 数据通信基础	(9)
2.1.1 信号及其变换	(9)
2.1.2 数据传输方式	(14)
2.1.3 基带与频带	(17)
2.1.4 数据传输速率	(18)
2.1.5 数据传输差错控制技术	(18)
2.2 计算机网体系结构及 OSI 参考模型	(19)
2.2.1 ISO 与开放系统互联 (OSI) 参考模型	(20)
2.2.2 计算机网络体系结构	(22)
2.3 计算机网络基础	(29)
2.3.1 计算机网络的主要功能	(29)
2.3.2 计算机网络的基本组成	(30)
2.3.3 计算机网络的拓扑结构	(30)
2.3.4 计算机网络的分类	(31)
2.3.5 计算机网络协议标准	(32)
2.3.6 计算机网络硬件设备及其选型	(33)
2.4 计算机局域网	(42)
2.4.1 如何评价局域网的性能	(42)

2.4.2	Novell 网简介	(43)
2.4.3	LAN Server 网简介	(44)
2.4.4	Windows NT 网简介	(44)
2.4.5	计算机局域网的选择	(44)
2.5	Internet 环境下的网络教学系统应用	(46)
2.5.1	基于 Internet 的网络教学	(46)
2.5.2	操作系统与多线程	(48)
2.5.3	Visual C++ 和 MFC	(54)
2.5.4	其它相关技术	(55)
2.5.5	系统方案选择与总体设计	(57)
2.6	C/S→B/S 应用实例	(65)
2.6.1	客户机/服务器 (C/S)	(65)
2.6.2	浏览器/服务器 (B/S)	(66)
2.6.3	Windows 终端的软件体系结构	(69)
	本章参考资料	(70)
第三章	通信网	(72)
3.1	电话通信网	(72)
3.1.1	电话通信网及其组成	(72)
3.1.2	市话通信网	(72)
3.1.3	国内长途电话通信网	(74)
3.1.4	国际电话通信网	(76)
3.2	数字通信网	(77)
3.2.1	通信网的组成	(77)
3.2.2	常用的数字通信网	(78)
3.3	通信网交换技术	(80)
3.3.1	电路交换	(81)
3.3.2	报文交换	(81)
3.3.3	分组交换	(82)
3.3.4	IP 交换技术	(86)
3.4	接入网技术	(87)
3.4.1	接入网概述	(88)
3.4.2	接入网定义	(88)
3.4.3	接入网的接口	(89)
3.4.4	接入网分类	(90)
3.4.5	接入网的主要特点	(91)
3.4.6	接入网主要业务和管理	(92)
3.5	帧中继 (FR) 应用	(94)

3.5.1	帧中继业务及特点	(94)
3.5.2	帧中继网络的拓扑结构	(95)
3.5.3	帧中继的协议模型 (LAPF)	(97)
3.5.4	帧中继 (FR) 基本工作原理	(99)
3.5.5	帧中继 (FR) 实际应用举例	(102)
3.6	异步传输模式 (ATM) 应用	(105)
3.6.1	ATM 的基本定义	(105)
3.6.2	ATM 的技术特点	(106)
3.6.3	ATM 的拓扑结构	(107)
3.6.4	ATM 交换原理	(107)
3.6.5	ATM 的协议模型	(108)
3.6.6	ATM 技术与其它同类技术的比较	(112)
3.6.7	ATM 与 VOD (视频点播)	(113)
3.7	WAP 技术在移动互联网中的应用	(113)
3.7.1	WAP 应用网络模型	(114)
3.7.2	WAP 网关	(114)
3.7.3	WAP 应用	(117)
3.8	SDH 技术及应用	(120)
3.8.1	SDH 概念和特点	(120)
3.8.2	SDH 帧结构与开销功能	(123)
3.8.3	同步复用和映射原理	(126)
3.8.4	SDH 技术的新应用与未来发展	(133)
	本章参考资料	(135)
第四章	有线电视 (CATV) 网	(136)
4.1	有线电视网综合业务概述	(136)
4.1.1	数字多媒体信息的有线传输	(136)
4.1.2	数字电视信号的有线传输	(137)
4.1.3	CATV 主干网——密集波分复用 (DWDM) 技术	(144)
4.2	有线宽带接入网——ADSL 技术应用	(144)
4.2.1	ADSL 接入技术	(144)
4.2.2	ADSL 基本原理	(145)
4.2.3	ADSL 接入模式	(146)
4.2.4	ADSL 主要特点	(147)
4.2.5	ADSL 技术在实际中的应用	(150)
4.3	有线宽带接入网——HFC 技术应用	(151)
4.3.1	HFC 接入网技术特点	(151)
4.3.2	HFC 和 Cable Modem 基本原理	(152)

4.3.3	HFC 网络应用及解决方案	(153)
4.3.4	HFC 目前发展状况	(159)
	本章参考资料	(160)
第五章	高速局域网	(161)
5.1	服务器分析与选型	(161)
5.1.1	服务器系统分析	(161)
5.1.2	服务器系统选型	(163)
5.2	交换机分析与选型	(165)
5.2.1	以太网二层交换机的基本工作原理	(166)
5.2.2	交换机的选型、连接与品牌	(167)
5.2.3	三层交换机的应用、选型与品牌	(170)
5.2.4	使用 TFS9009E 交换机的校园网结构方案实例	(174)
5.3	路由器分析与选型	(176)
5.3.1	路由器的功能特点	(177)
5.3.2	路由器的分类	(177)
5.3.3	路由器的基本工作原理	(178)
5.3.4	路由器的结构和组成	(181)
5.3.5	路由器与网桥的比较	(184)
5.3.6	路由器的主要产品品牌、配置和使用	(184)
5.4	高速局域网分析、设计与计算	(187)
5.4.1	设计思想及设计内容	(187)
5.4.2	校园网络平台设计	(188)
5.5	ATM 网向宽带以太网改造实例	(192)
5.5.1	网络整体架构	(192)
5.5.2	网络改造方案	(193)
5.5.3	网络改造技术特点	(193)
5.6	高速局域网应用实例	(194)
5.6.1	设计思路	(194)
5.6.2	交换机设计	(197)
5.6.3	服务器群架构设计	(199)
5.6.4	虚拟网设计	(201)
	本章参考资料	(203)
第六章	三网合一新技术	(205)
6.1	并发系统	(205)
6.1.1	并发程序、并行程序和分布式程序	(207)
6.1.2	并发程序和并发系统	(207)

6.2 共享存储器的多处理机系统	(207)
6.2.1 并发任务	(207)
6.2.2 系统在硬件平台上的结构与功能分布	(209)
6.2.3 多处理机操作系统中的任务开发	(210)
6.3 分布式系统与群集技术	(212)
6.3.1 分布式系统的标准与讨论模型	(212)
6.3.2 分布式系统的应用	(213)
6.3.3 Windows2000 中的群集技术及群集服务	(214)
6.3.4 群集服务管理体系及应用	(216)
6.3.5 群集技术在三网合一中的主要作用及未来展望	(217)
6.4 分布式数据库系统	(218)
6.4.1 分布式数据库系统概述	(218)
6.4.2 分布式数据库系统的分类	(220)
6.4.3 分布式数据库系统的组成	(222)
6.5 网络负载均衡 (NLB)	(224)
6.5.1 网络负载测试计划	(224)
6.5.2 网络负载均衡概念	(225)
6.5.3 网络负载均衡管理	(226)
6.5.4 网络负载均衡的价值	(233)
6.6 并行计算	(234)
6.6.1 并行体系结构	(234)
6.6.2 并行计算的实现	(242)
6.6.3 并行计算实例	(250)
6.7 分布式操作系统	(282)
6.7.1 概述	(282)
6.7.2 分布式操作系统	(284)
6.7.3 进程通信	(285)
6.7.4 分布式文件系统	(291)
6.7.5 分布式系统中的互斥与死锁	(296)
6.7.6 进程迁移	(300)
6.8 三网业务融合——软交换与中间件技术	(302)
6.8.1 软交换技术	(302)
6.8.2 中间件技术	(305)
本章参考资料	(309)

第七章 两网合一、三网合一应用举例	(312)
7.1 网页制作技术分析与实例	(312)
7.1.1 WWW 服务器、浏览器工作原理	(312)

7.1.2 Web 页面的制作	(315)
7.1.3 数据压缩	(322)
7.1.4 WWW 页面的传送	(328)
7.2 金融城域网应用实例	(330)
7.2.1 主机系统设计方案	(330)
7.2.2 系统主机选型及可行性分析	(331)
7.2.3 综合业务体系结构	(335)
7.3 H.323 会议电视应用技术分析	(335)
7.3.1 会议电视的发展及现状	(335)
7.3.2 会议电视系统结构	(337)
7.3.3 会议电视系统呼叫信令	(345)
本章参考资料	(348)

第一章 三网合一概述

在二十一世纪的今天,人类共同的家园——地球,正在逐步变成一个“地球村”。然而,靠什么将世界各地的人们紧密联系在一起?毋庸置疑,是网络。于是,网络技术的发展成为人们关心的焦点。随着经济和技术的发展,传统的语音或视频的业务服务已经不能满足人们的需求,网络正在朝着数据、图形、图像、音频、视频等多媒体技术的综合运用方向不断发展。传统的电信网,有线电视网和计算机网在网络资源、信息资源和接入技术方面虽各有所长,但建设之初均是面向特定业务的(电信网面向语音、电视网面向视频、计算机网面向数据),用户只能从不同的服务提供商处获得所需的各类业务,同时,由于各网间不能互通,也造成重复投资和网络资源的浪费。因此,三网合一既有利于用户,也有利于运营商;从全世界范围来看,这也是现代通信和计算机网络发展的大趋势和现实的需求。

1.1 三网合一现状、基本特征和关键技术

1.1.1 三网合一现状

所谓“三网合一”是指计算机网络、电信网络、有线电视(CATV)网络的一体化,即传统电信网、计算机网和有线电视网将趋于相互渗透和相互融合,或者说就是将图像、话音和数据这三种业务建立在一个网络平台上的技术。它是对综合业务数字网(ISDN)概念的扩展,也是打破行业垄断,统一规划管理三大网络建设的前提条件。

1. “三网”概述

电信网是指如传统的电话交换网(PSTN)、窄带 N-ISDN、数字数据网(DDN)、帧中继(FR)网、异步传输模式(ATM)网等。在 PSTN 网里,目前一些通信主干线均已实现光纤化,而用户网大都为铜线,一般只用来传输 4kHz 的模拟话音信号或 9.6kbit/s 的低速数据,即使加上调制解调器,最高也只能传 56Kbit/s 的数据信号,但 PSTN 网覆盖面很广,连通全国的城市及乡镇。它是一个低速的、模拟的、规模巨大的网。此网的最大资产是铜线接入网部分,但其价值正与日递减,在适应宽带多媒体业务方面无能为力。在 DDN 网中,DDN 可提供固定或半永久连接的电路交换业务,速率为 $n \times 64\text{kbit/s}$,它的传输、包交换,速率一般在 $64\text{Kbit/s} \sim 2.048\text{Mbit/s}$ 内,它可以使多个不同连接复用同一信道,实现资源共享。在 FR 网中可提供 $1.544\text{Mbit/s} \sim 45\text{Mbit/s}$ 的高速宽带数据业务。而在 ATM 网里,ATM 是支持高速数据网建设、运行的关键设备,又由于 ATM 采用短的、固定长度(53 个字节)的数据包作为传输信息的单元,53

个字节中有 48 个字节为信息的负荷, 5 个字节用作标识虚电路和虚通道等的控制和纠错信息。所以 ATM 可支持 25Mbit/s—2.4Gbit/s 速率的传输, ATM 所组成的网络不仅可传话音, 而且可传数据、图像, 包括高速数据和活动图像。目前, 电信网除了上述几种网外, 还有 X.25 网、B-ISDN 网、CHINANET 网等。

有线电视 (CATV) 网是高效廉价的综合网络, 它具有频带宽、容量大、多功能、成本低、双向性、抗干扰能力强、支持多种业务和连接千家万户的优势, 它的发展为信息高速公路的发展奠定了基础。全国现已建有线电视台超过 1500 座, 有线电视光缆、电缆总长超过 200 万公里, 用户数超过 8000 万。电视机已成为我国家庭入户率最高的信息工具, 有线电视网也成为最贴近家庭的多媒体渠道, 只不过它目前还是靠同轴电缆向用户传送电视节目, 还处于模拟水平。宽带双向的点播电视 (VOD) 及通过有线电视网接入 Internet 进行电视点播、CATV 通话等是有线电视网的发展方向, 最终目的都是使有线电视网走向宽带双向的多媒体通信网。

计算机网以因特网为代表, 在其发展过程中新概念、新技术层出不穷, 如浏览器、Java、Internet/Intranet 等。因特网的优势是网络结构简单、传送网主要依靠其现有网络, 技术更新快、成本低。我国已建成的国内互连网络有“三金”工程、CHINANET、中国教育科研网 (CERNET) 等。“金桥”网是一个连接国务院和各部委的专用网, 也是一个连接各省市、大中型企业以及国家重点工程的国家公用经济信息通信网, 它已在 24 个省市建成了 70 多个站点。“金卡”工程又称为电子货币工程, 通过它可向城市居民推广金融交易卡和信用卡。“金关”工程是利用电子数据交换 (EDI) 实现国际贸易信息化, 进一步与国际贸易接轨。CHINANET 网是依托强大的 CHINAPAC、CHINA-DDN 和 PSTN 等公用网, 而成为我国国内 Internet 的主干网。在 1995 年 4 月, CHINANET 向社会各界开放, 目前此网已覆盖全国 30 个省市自治区。CERNET 是由国家教育委员会组织建立, 目的是促进我国高等教育和科学研究的发展, 现已连接了 300 多所大学。因特网中的主要问题是缺乏大型网络与业务方面的技术和运营经验, 对全网没有有效的控制能力, 难以实现统一网管, 高质量的实时业务质量还无法保证, 此外, 用因特网开放电子商务的安全性和可靠性还有待进一步改善。

2. 三网的“合一”

80 年代初电信网是唯一的全覆盖网络, 它是支持所有信息业务的最佳选择。进入 90 年代, 计算机网和有线电视网等具有不同模式的网络形态取得了超乎寻常的发展, 而且每种网络都提出了业务综合的方式。这种局面导致了市场竞争日趋激化, 而这种激烈竞争的结局既违背了经营者和用户的愿望, 也使社会财力难以支持这些网络并行发展, 所以就有了综合利用网络资源来充分有效地提供信息服务的呼声。

三网合一并不只是三个网简单的互联, 它所涉及的不仅是技术上的问题, 还包括一些政治经济和社会等方面的因素: 一方面, 融合将推动信息产业的发展; 另一方面, 融合的过程也会导致信息产业结构的重新组合和管理体制及政策法规的相应变革。在三网合一过程中, 既要使各方面保持原有的市场, 又要开拓更大的市场, 使用户也最终受益。三网合一是“迎接新世纪的根本性网络变革”, 并且正在成为势不可挡的历史大潮。

1.1.2 三网合一基本特征

三网合一是一个统一的网络系统，并以全数字化的网络设施来支持包括数据、话音和视频在内的所有业务的通信。因此，这种网络体系应该具有以下几个基本特征：

1. 网络之间的“透明性”

网络在物理层上是互通的，即一个网络的信号可以直接传递或者经过组织、变换，传送到另一个网络中去，并且通过另外的网络传送到用户终端时，不改变信息的内容，也就是说，网络之间要互相透明。

2. 网络资源的共享性

用户只需一个物理网络连接，就可以享用其他网络的资源或者与其他网络上的用户交换数据，进行通信。

3. 网络的独立性

在应用层上，虽然网络之间业务是相互渗透和交叉的，但又可以相互独立，互不障碍，并且在各自的网络上可以像以往那样独立发展自己的新业务。

4. 网络的兼容性

网络之间的协议兼容是指：因为各个网络都有自己的协议，因此信息从一个网传送到另一个网时要进行转换，以满足所转向网络的协议要求。

要真正三网合一，实现语音、视频、数据等各种信息的一网传输，并提供较好的服务质量，则必须同时具备传输、交换、接入的宽带化，并且在网络的各个环节对各种信息进行统一处理，才能构筑三网合一赖以存在的技术前提。

1.1.3 三网合一关键技术

“三网合一”作为规划全国网络的基础条件，需要一个前瞻性的战略规划与一个完备的解决方案。在三网合一的运行过程中，主要需要解决的关键技术出现在这几个方面：接入网技术；大容量、高速度的路由方案及硬件系统；联合与协调不同操作系统、不同网络环境间的中间件技术；面对日益增长的大规模服务请求，高可用且有良好伸缩能力与容错效果的软交换平台系统；高性能并行计算技术等。

1. 三网合一技术平台

现今的宽带互联网是具有高速数据传输能力的网络平台，是三网合一的技术平台。它包括骨干网、城域网和接入网三个部分。接入网（Access Network）是本地局端与用户设备之间的信息传输网的总称，是直接连接用户和本地局端口的网络线路。

骨干网和城域网带宽的不断增加，使接入网的窄带环境严重阻碍了互联网经济的快速发展。由于接入网是直接连接最终用户的一段网络，而所有的商业模式归根结底其利润都要来自最终用户，所以自然成了各网络运营商争夺的焦点，而宽带接入网建设也成了希望进入此领域的服务商、投资商关注的重点。

2. 三网合一关键技术

①“接入网技术”是三网合一关键技术之一。接入网连接用户端到本地局端或网络节点，它通常由用户传输系统、复用设备、交叉连接设备等部分构成，负责将电信业务透明地传送到用户。接入网问题在技术界又被称为“最后一公里问题”，也是三网合一

的难点。现阶段，宽带接入网主要有混合光纤同轴电缆（HFC）接入技术和基于铜线的数字用户环路（xDSL）接入技术及高速园区网宽带入户技术等。详见第四章。

②光纤通信技术与宽带骨干网的改进

所有网络，无论它支持的业务是什么，现在都大量地使用光纤通信。目前光缆的费用已足够低，以至为提供数兆比特量而安装光缆是经济的。光缆一旦被安装，就有了巨大的带宽容量。因此，人们为提供一种类型的业务安装一条光缆，同时也就有了传输其他类型业务的容量。

绝大多数网络运营商都断言：理想的宽带接入网将是基于光纤的网络。与双绞线相比和同轴电缆或无线技术相比，光纤的接入容量几乎是无限的。现代光纤传输系统在单个波长上的传输速率达到 10GB/s，而新的波分复用（WDM）系统在一根光纤上可承载 64 个波长。即使如此，这些系统对光纤的理论容量的利用率还不到 1%。光纤传输信号可经过很长的距离无需中继，例如，T1 线路的中继距离（中继的间隔）为 1.7km，典型的 CATV 网络要求在同轴电缆上每隔 500—700m 加一个放大器，而光纤传输系统的中继距离可达 100km 以上。光纤的工作寿命比铜缆长的多，因为后者不可避免的受到水渗透的腐蚀作用。当线缆发生割断时，修复一根光纤比逐根地修复铜缆中 2000 对线要容易的多。此外光纤系统比其它传输技术更容易学习和掌握，因此不难理解人们将持续关注光纤接入网。

待传输的业务量越大，要求传输的距离越长，光纤的优越性就越明显。因此光纤传输系统在长途骨干网内迅速地取代了其他传输手段，然后，随成本的持续下降，光纤开始替换了局间中继线的微波和 T1 线路。最后，光纤已用在接入网的前馈部分，用在 CATV 头端和靠近用户的电节点之间，如图 1—1 所示：

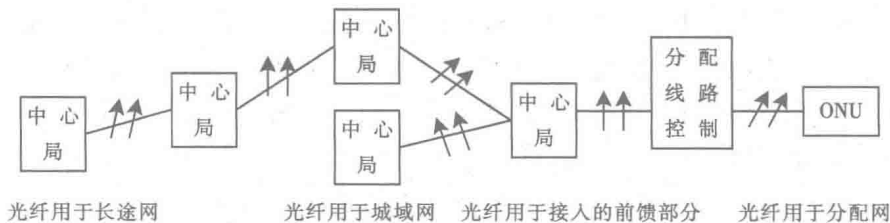


图 1—1 光纤传输系统在长途骨干网中的应用

骨干网传输的宽带化是三网合一的基础。光纤通信技术的发展使密集波分复用（DWDM）技术已经成熟并走向商品化。现在，以光纤为媒介、以 DWDM + SDH（同步数字系列）为主体的光纤网成了电信骨干传输网的主流，在普通标准单模光纤上提供 10G bit/s 传输能力的 WDM 系统已经在国内的许多主干线路上投入使用；以 DWDM 为基础的光通信网络必将在整个骨干网中占据主导地位，三网将在此基础上进行融合。但存在的问题是，较为成熟的 DWDM + SDH 系统主要是针对语音信号设计的，要能使信息量庞大的视频、数据等信息，尤其是实时性要求很高的视频信息也能在该系统上快速、高效地传输，同时保证较好的服务质量，还需要对宽带骨干网进行改进。例如：如何保证语音和视频信息的服务质量；如何以一种统一的数据格式传输各种信息；如何与

传统的 PSTN 兼容；如何进行复杂、灵活的网络管理；如何保证技术实现的低成本等详见本书第三章、第四章。

③并行计算与分布式系统（见本书第六章）

④软件技术

软件技术的发展，尤其是软交换和中间件技术的发展，使得三大网络及其终端都能通过软件变换，最终支持各种用户所需的特性、功能和业务。

⑤IP 技术

IP 协议的普遍采用，使得各种以 IP 为基础的业务都能在不同的网上实现互通，具体下层基础网络是什么已无关紧要。IP 协议不仅已经成为占主导地位的通信协议，而且人们首次有了统一的、为三大网都能接受的通信协议，从而在技术上为三网融合奠定了最坚实的联网基础。从用户驻地网到接入网，到核心网，整个网络将实现协议的统一，各种各样的终端最终都能实现透明连接。尽管各种网络仍有自己的特点，但技术特征正逐渐趋向一致，诸如数字化、光纤化、分组化等，特别是逐渐向 IP 协议的汇聚已成为下一步发展的共同趋向。技术的进步，促进了行业在技术、服务和市场方面的快速融合。利用这些技术进步，许多市场参与者在战略上通过交叉平台产品开发超越传统业务范围，扩展业务提供。

⑥信息数字化技术及数据压缩技术和多媒体技术。

数字信号处理领域的技术进展使任何形式的信息可以有效地转化成数字比特流。现在，由于所有形式的信息都被转换成“比特”，用同一网络、高性价比地运载所有信息已成现实。数据压缩技术和多媒体技术是伴随信息数字化技术而诞生并随 DSP 技术而发展变化。详见本章参考资料 [6]。

其他的关键技术请参阅本书第六章。

1.2 三网合一难点分析

从狭义上讲，三网融合，是指电信网、有线电视网与计算机网的融合与趋同；但从广义上来看，是指电信、媒体与信息技术等三种产业的融合。而从服务商的角度来理解，是指不同网络平台倾向于承载实质相似的业务；反之，从用户通信终端变化角度来看，是指消费者家电装置（如电话、电视与个人电脑）的合一趋势。总而言之，从各种角度认识三网合一的共同之处，都在于强调三种网络与业务的融合与趋同。因此，在经济全球化进程日趋加快，科技进步日新月异的二十一世纪，在现代通信和计算机网络迅猛发展的今天，三网合一势不可挡。下面就现有的三大网络和三网的逐步融合进行阐述。

1.2.1 三种网络主要特点

数字技术的发展，使任何话音和数据信息可以通过统一编码进行传输、交换和分配，从而能够实现三网在网络层面的互联互通与业务层面的相互渗透。IP 技术的发展，