

► 21世纪通信网络技术丛书

App
li
cation

网络通信与工程应用系列

网络融合环境下 宽带接入技术与应用

张传福 于新雁 卢辉斌 彭 灿 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

21 世纪通信网络技术丛书
——网络通信与工程应用系列

网络融合环境下宽带 接入技术与应用

张传福 于新雁 卢辉斌 彭灿 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了网络融合环境下宽带接入技术。内容包括网络融合对接入带宽的需求、宽带接入技术分类、现状与发展趋势, LTE 接入技术标准、关键技术及网络结构, WiMAX 接入技术标准、网络结构及应用, 无线局域网(WLAN)接入技术的特点、网络结构及应用, EPON、GPON 接入技术标准、体系结构及应用, PTN、OTN 技术标准、体系结构及应用, 城域网的现状与发展趋势、组网技术及应用。

本书内容丰富、结构清晰、图文并茂, 适合相关的技术服务人员、应用开发人员和管理人员以及所有对此感兴趣的人员阅读; 可作为相关技术培训的教材, 也可作为高等院校相关专业或从事相关课题研究的本科生、研究生的参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

网络融合环境下宽带接入技术与应用/张传福等编著. —北京: 电子工业出版社, 2011 5

(21 世纪通信网络技术丛书. 网络通信与工程应用系列)

ISBN 978-7-121-13329-9

I ①网… II. ①张… III. ①宽带接入网 IV ①TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 067235 号

策划编辑: 王春宁

责任编辑: 王春宁

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 26 字数: 656 千字

印 次: 2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 500 册 定价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

为了促进和推动我国通信产业的发展,迎合国家在 21 世纪的中长期信息通信技术的发展规划,电子工业出版社通信出版分社特策划了一套《21 世纪通信网络技术丛书》。这套丛书根据不同的技术应用层面,又细分为 4 个系列:《移动通信前沿技术系列》、《3GPP LTE 无线通信新技术系列》、《物联网技术与应用开发系列》和《网络通信与工程应用系列》。

《移动通信前沿技术系列》是以移动通信技术(3G 技术)的应用现状与发展情况为导向,结合新一代移动宽带系统(4G 技术)的逐步建立,全面介绍当今移动通信领域涉及的前沿关键技术与热点技术,以理论创新和技术突破为主。

《3GPP LTE 无线通信新技术系列》是以 TD-LTE、WCDMA-LTE、cdma2000-LTE、WiMAX-LTE 的新技术与新标准为主攻方向,以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源中的有效管理和实现为主。LTE 作为无线通信技术的一个重要的长期演进计划,代表了国内外无线通信领域的最新发展需求和解决方案。以新一代移动宽带通信技术为主。

《物联网技术与应用开发系列》是下一代 ICT(信息通信技术)产业的新增长点之一。将物联网技术与应用开发单独列为一个系列主要是从无处不在的应用宽泛性和无所不能的移动互联网对人们生活和工作的深刻影响而构建的。物联网是互联网的自然延伸,以 IP 技术为核心,是一种架构在基于 IPv4/IPv6 的各种网络上的综合应用和通信能力。根据它的四个层面—感知、传输、处理和应用,通过技术与应用开发的紧密结合去推动物联网工程应用的进一步发展。以物联网技术开发应用为主。

《网络通信与工程应用系列》是以构建网络的体系结构、标准、协议为目标所开展的对现代无线、移动、宽带通信网络的规划与优化,以及结合工程应用的成功案例所提出来的。以移动通信网络工程应用为主。

为了提升本套丛书的影响力,依托各高等院校在通信领域从事科研、教学、工程、管理的具有丰富的理论与实践经验的专家、教授;各科研院所的研究员;国内有一定规模和研发实力的科技公司的一线研发人员,以及国外知名研究实验室的专家、学者等组成编写和翻译队伍,力求实现内容的先进性、实用性和系统性;力求内容组织循序渐进、深入浅出;理论阐述概念清晰、层次分明、经典实例源于实践;力求很强的可读性和可操作性。

本套丛书的主要读者对象是广大从事通信网络技术工作的各科研院所和公司的广大工程技术人员;各高等院校的专业教师和研究生;刚走上工作岗位的大学毕业生;以及与此相关的其他学科的技术人员,供他们阅读和参考。

本套丛书从 2008 年上半年开始陆续推出,希望广大读者能关注它,多对本套丛书提出宝贵意见与建议,欢迎通过电子邮箱 wchn@phei.com.cn 进行探讨、交流和指正,以便今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术类图书。

电子工业出版社
通信出版分社

前言

2010年1月13日,国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议,决定加快推进电信网、广播电视网和互联网三网融合。三网融合一直以来有两种定义,一是物理层的融合,即将三张网合而为一;二是业务层的融合,即在同一个网络上可以同时开展语音、数据和视频等多种不同的业务,其实就是“数字融合”,国际上称之为“Digital Convergence”。

三网融合是指电信网、广播电视网、互联网三个网络在技术上趋向一致、在网络层面实现资源共享和互连互通、在业务层面各有侧重并互相渗透和交叉、在产业层面面向信息服务大行业,打破各自界限进行逐步融合、在监管层面明确各方关系与职责,构建新型的信息服务监管体系。三网融合对于打破行业垄断、鼓励市场合作、丰富服务种类、提高服务质量、保护公共利益、实现资源整合和挖潜、构建资源节约型社会、推动电信业转型和广电业改革、保证产业持续稳定发展、改善我国通信基础设施、提高国民经济和社会信息化水平、推动社会文化发展均具有重要而积极的意义。

2010年年初的会议提出了推进三网融合的阶段性的目标:

2010~2012年,重点开展广电和电信业务双向进入试点,探索形成保障三网融合规范有序开展的政策体系和体制机制。

2013~2015年,总结推广试点经验,全面实现三网融合发展,普及应用融合业务,基本形成适度竞争的网络产业格局,基本建立适应三网融合的体制机制和职责清晰、协调顺畅、决策科学、管理高效的新型监管体系。

视频业务被认为是三网融合的主流业务,视频业务所带来的庞大数据流量无疑对现有网络提出了更高的要求。以IPTV业务为例,普通标准的IPTV业务至少需要2MHz带宽,而高清的IPTV业务则至少需要10MHz带宽。因此,在融合过程中,对视频的爆炸性增长需求将促使电信和广电运营商不断提供更高带宽的网络。同时,随着新型数字媒体终端产品的不断推出,用户对跨界视频体验的需求也会对运营商的视频存储和分发体系提出新的挑战。

对于电信运营商和广电运营商而言,如何打造一张更宽、更快、更优,适应三网融合业务发展需求的网络已经成为不可回避的问题。从端到端的网络构架上看,要提升整网的带宽,首先需要提升接入网的带宽。

本书对网络融合环境下的宽带接入技术进行了全面、深入、细致的阐述,全书共分为9章。

第1章对网络融合环境下的宽带接入技术进行了概述,包括网络融合对接入网带宽的需求、宽带接入技术分类、光纤接入技术、宽带接入技术的现状及发展趋势。

第2章介绍了LTE接入技术,包括LTE标准及进展、LTE的关键技术、LTE的体系结构、LTE的部署,TD-LTE的标准、关键技术,IMT-Advanced标准及技术要求。

第3章阐述了WiMAX接入技术,包括WiMAX技术的标准、技术优势,IEEE 802.16协议结构,WiMAX的网络结构、WiMAX的规划与部署以及WiMAX的应用。

第4章讨论了无线局域网(WLAN)接入技术,内容包括WLAN的概念、特点、标准化及发展,WLAN的网络结构、协议结构,WLAN的规划与部署,WLAN的应用。

第5章介绍了以太无源光网络(EPON)接入技术,内容包括EPON的概念、标准、技

术特点及应用现状, EPON 的体系结构、EPON 的关键技术、EPON 网络的规划与部署, 以及 EPON 的应用。

第 6 章对吉比特无源光网络 (GPON) 进行了分析, 内容包括 GPON 的概念、标准、主要特点及应用现状, GPON 的体系结构、GPON 的工作原理以及 GPON 的应用。

第 7 章讨论了分组传送网 (PTN) 技术, 内容包括通信网络的全 IP 化概述、PTN 接入技术的标准、特点及应用潜力, PTN 技术分析、PTN 网络架构以及 PTN 网络的应用和建设。

第 8 章介绍了光传送网 (OTN) 技术, 内容包括 OTN 的概念、标准、技术优势, OTN 的组网技术、OTN 的网络规划、部署以及应用。

第 9 章分析了城域网技术, 内容包括城域网现状、网络融合环境下对城域网的需求、城域网的网络架构及演进, 城域网的组网新技术、城域网的组网策略以及电信级以太网。

本书内容丰富、结构清晰、图文并茂, 适合相关的技术服务人员、应用开发人员和管理人员以及所有对此感兴趣的人员阅读; 可作为相关技术培训的教材, 也可作为高等院校相关专业或从事相关课题研究的本科生、研究生的参考书。

本书由张传福、于新雁、卢辉斌、彭灿编著。由于编著者的水平有限, 时间仓促, 以及通信技术的迅猛发展, 书中难免有疏漏甚至不当之处, 恳请读者批评和指正。

编著者

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 网络融合环境下的宽带接入技术概述	(1)
1.1 网络融合对接入网带宽的需求	(1)
1.1.1 电信竞争环境	(1)
1.1.2 网络融合的需要	(2)
1.1.3 信息社会的需要	(2)
1.1.4 网络融合的带宽需求	(4)
1.2 宽带接入技术	(5)
1.2.1 宽带接入技术的分类	(5)
1.2.2 无线宽带接入技术	(7)
1.2.3 有线宽带接入技术	(12)
1.3 光纤接入技术	(14)
1.3.1 光纤传输技术的发展	(14)
1.3.2 40 Gb/s 传输技术	(14)
1.3.3 100 Gb/s 传输技术	(19)
1.3.4 光接入网分类	(23)
1.4 宽带接入发展现状及趋势	(23)
1.4.1 宽带接入市场的特点	(23)
1.4.2 全球发展现状	(24)
1.4.3 我国宽带发展现状	(24)
1.4.4 宽带接入市场发展趋势	(25)
1.4.5 宽带接入发展策略	(26)
第 2 章 LTE 接入技术	(28)
2.1 LTE 标准	(28)
2.1.1 3G 技术	(28)
2.1.2 LTE 标准化进展	(31)
2.1.3 LTE 技术特征	(33)
2.2 LTE 的关键技术	(33)
2.2.1 OFDM/SC-FDMA 技术	(34)
2.2.2 MIMO 技术	(38)
2.2.3 编码调制技术	(39)
2.2.4 其他关键技术	(41)
2.3 LTE 的系统架构	(43)
2.3.1 LTE 的网络结构	(43)

2.3.2	LTE 的接口协议	(44)
2.4	LTE 的部署	(50)
2.4.1	LTE 系统的无线频谱	(50)
2.4.2	LTE 的无线资源分配	(52)
2.4.3	LTE 小区间干扰抑制	(58)
2.5	TD-LTE 技术	(60)
2.5.1	TD-LTE 标准	(60)
2.5.2	TD-LTE 的优势	(62)
2.5.3	TD-LTE 的关键技术	(63)
2.5.4	TD-LTE 的组网策略	(66)
2.6	IMT-Advanced 技术	(74)
2.6.1	IMT-Advanced 标准	(74)
2.6.2	IMT-Advanced 技术要求	(77)
第 3 章	WiMAX 接入技术	(79)
3.1	WiMAX 技术概述	(79)
3.1.1	无线城域网概况	(79)
3.1.2	IEEE 802.16 系列标准	(80)
3.1.3	WiMAX 论坛	(85)
3.1.4	WiMAX 的技术优势	(86)
3.2	IEEE 802.16 协议结构	(88)
3.2.1	协议参考模型	(88)
3.2.2	物理层	(89)
3.2.3	MAC 层	(94)
3.3	WiMAX 的网络结构	(101)
3.3.1	WiMAX 的拓扑结构	(101)
3.3.2	WiMAX 的网络结构	(103)
3.3.3	网络参考模型	(104)
3.4	WiMAX 网络的规划与部署	(107)
3.4.1	WiMAX 网络规划应考虑的因素	(107)
3.4.2	WiMAX 网络规划流程	(109)
3.4.3	WiMAX 的频率规划	(114)
3.4.4	WiMAX 组网方式	(118)
3.5	WiMAX 的应用	(123)
3.5.1	WiMAX 的应用模式	(123)
3.5.2	WiMAX 的应用场景	(125)
3.5.3	WiMAX 的应用案例	(129)
第 4 章	无线局域网 (WLAN) 接入技术	(132)
4.1	WLAN 概述	(132)

4.1.1	WLAN 的概念	(132)
4.1.2	WLAN 的特点	(132)
4.1.3	WLAN 标准	(133)
4.1.4	WLAN 技术的发展	(135)
4.2	WLAN 的结构	(137)
4.2.1	IEEE 802.11 的协议结构	(137)
4.2.2	WLAN 的物理层	(138)
4.2.3	WLAN 的 MAC 层	(145)
4.2.4	WLAN 的安全	(151)
4.2.5	WLAN 的拓扑结构	(156)
4.2.6	WLAN 的参考模型	(158)
4.3	WLAN 的规划与部署	(159)
4.3.1	WLAN 的频率规划	(159)
4.3.2	WLAN 的覆盖规划	(160)
4.3.3	容量设计	(163)
4.3.4	其他方面的设计	(164)
4.3.5	WLAN 的干扰分析	(165)
4.4	WLAN 的应用	(166)
4.4.1	WLAN 的应用场景	(166)
4.4.2	WLAN 的组网方式	(168)
4.4.3	WLAN 与 3G 网络的融合	(171)
第 5 章	EPON 接入技术	(177)
5.1	以太无源光网络 (EPON) 概述	(177)
5.1.1	EPON 的概念	(177)
5.1.2	EPON 接入技术标准	(178)
5.1.3	EPON 的特点	(180)
5.1.4	EPON 的应用现状	(182)
5.2	EPON 的体系结构	(184)
5.2.1	EPON 的结构	(184)
5.2.2	EPON 的协议结构	(188)
5.2.3	互通性参考模型	(190)
5.3	EPON 的关键技术	(191)
5.3.1	EPON 的数据传输	(191)
5.3.2	EPON 的测距	(192)
5.3.3	EPON 的系统同步	(194)
5.3.4	EPON 的动态带宽分配	(196)
5.3.5	EPON 的 QoS	(200)
5.4	EPON 网络的规划与部署	(202)
5.4.1	OLT 的规划与部署	(202)

5.4.2	ONU 的部署	(208)
5.4.3	ODN 的部署	(210)
5.4.4	其他方面的规划	(215)
5.5	EPON 的应用	(219)
5.5.1	EPON 承载的宽带业务	(219)
5.5.2	EPON 应用场景分析	(221)
5.5.3	EPON 的具体应用	(225)
第 6 章	GPON 接入技术	(232)
6.1	吉比特无源光网络 (GPON) 概述	(232)
6.1.1	GPON 的概念	(232)
6.1.2	GPON 标准	(232)
6.1.3	GPON 的主要特点	(238)
6.1.4	GPON 的应用现状	(239)
6.2	GPON 的体系结构	(242)
6.2.1	GPON 的结构	(242)
6.2.2	GPON 的协议结构	(244)
6.2.3	GPON 系统互通参考模型	(246)
6.2.4	GPON/10 G GPON 时间同步标准	(247)
6.3	GPON 的工作原理	(248)
6.3.1	GPON 的数据传输	(248)
6.3.2	GPON 的帧结构	(249)
6.3.3	GPON 的 ONU 激活方法	(251)
6.4	GPON 的应用	(251)
6.4.1	接入网需求分析	(251)
6.4.2	GPON 的优势	(252)
6.4.3	GPON 组网方案	(254)
6.4.4	GPON 的应用模式	(255)
6.4.5	GPON 的应用场景	(258)
6.4.6	GPON 应用于基站回传	(263)
6.4.7	GPON 在接入应用中需要考虑的问题	(266)
第 7 章	PTN 技术	(268)
7.1	通信网络全 IP 化	(268)
7.1.1	IP 化的趋势	(268)
7.1.2	移动 IP 传送网的需求	(269)
7.1.3	移动 IP 传送网技术	(272)
7.2	PTN 标准	(273)
7.2.1	PTN 的概念	(273)
7.2.2	PTN 标准进展	(274)

7.2.3	PTN 的技术特点及应用潜力	(276)
7.3	PTN 技术	(278)
7.3.1	PTN 技术分析	(278)
7.3.2	PTN 的关键技术	(281)
7.4	分组传送网架构	(300)
7.4.1	分组传送网的分层	(300)
7.4.2	分组传送网的功能平面	(301)
7.5	PTN 的应用与建设	(304)
7.5.1	PTN 应用现状	(304)
7.5.2	PTN 的引入策略	(307)
第 8 章	OTN 技术	(315)
8.1	OTN 技术概述	(315)
8.1.1	OTN 的概念	(315)
8.1.2	OTN 的标准化发展	(316)
8.1.3	OTN 的技术优势	(320)
8.2	OTN 的组网技术	(321)
8.2.1	OTN 的网络结构	(321)
8.2.2	通用映射规程 (GMP)	(322)
8.2.3	多业务承载	(324)
8.2.4	OTN 的保护方式	(326)
8.3	OTN 的组网	(331)
8.3.1	OTN 发展的驱动力	(331)
8.3.2	OTN 的部署	(335)
8.3.3	OTN 网络规划	(338)
8.3.4	OTN 组网应用	(343)
8.3.5	OTN 传输网建设实例——云南电信本地网端到端 OTN	(350)
第 9 章	城域网技术	(352)
9.1	城域网概述	(352)
9.1.1	城域网现状	(352)
9.1.2	网络融合环境下对城域网的需求	(353)
9.2	城域网的结构	(356)
9.2.1	城域网的网络结构	(356)
9.2.2	IP 数据城域网的网络结构	(362)
9.2.3	未来城域网架构	(367)
9.3	城域网的组网新技术	(371)
9.3.1	OTN 技术	(371)
9.3.2	PTN 技术	(373)
9.3.3	几种城域传输技术比较	(375)

9.4 城域网的组网策略 (376)

9.4.1 PTN 独立组网方案..... (376)

9.4.2 PTN 与 MSTP 的混合组网 (377)

9.4.3 PTN+OTN 组网策略 (379)

9.4.4 超级城域网组网方式 (385)

9.5 电信级以太网 (387)

9.5.1 电信级以太网现状 (387)

9.5.2 电信级以太网技术 (390)

9.5.3 电信级以太网的应用 (394)

参考文献..... (398)

第1章 网络融合环境下的宽带接入技术概述

21 世纪初, 欧美、日韩各国的国家数字化和宽带战略就已形成雏形, 其相关产业群已经成为支撑国民经济的支柱性产业, 信息拥有的 2:8 原则越来越成为国际财富分配和操纵的重要规律。宽带基础设施就像 20 世纪的公路、桥梁、火车和电气一样重要。公路、桥梁、火车和电气是实现工业化必不可少的基础设施, 而宽带是实现信息化必不可少的基础设施, 是信息化的物质基础。一个国家如果要从工业社会走向信息社会, 在规律上一定要符合移动化, 然后是宽带化、全 IP 化, 最后是融合化的逻辑顺序。

本章主要内容

- 网络融合对接入网带宽的需求
- 宽带接入技术
- 光纤接入技术
- 宽带接入发展现状及趋势

1.1 网络融合对接入网带宽的需求

1.1.1 电信竞争环境

新一轮电信重组已经尘埃落定, 原来的五家运营商经过整合成为三家具备全业务运营资质的运营商, 自此, 中国电信业进入一个全新时代——全业务竞争时代。从国外电信市场全业务竞争的经验来看, 全业务产品的捆绑与融合将成为全业务竞争时代的主旋律, 而其中宽带则是重要的组成部分和业务基础。

在全业务产品的提供中, 宽带业务是其中实现数据通信的重要业务单元, 此外, 宽带接入成为了低成本的 VoIP 产品的业务基础, 同时宽带接入还是传统电信运营商实现视频通信的关键业务基础, 如 IPTV、VOD、互动电视以及移动电视等绝大部分视频通信业务都是基于宽带接入来实现的。应该说宽带业务是全业务竞争的灵魂, 缺少了宽带业务, 全业务竞争将不复存在, 而通过全业务产品实现竞争差异化的目的也将难以实现。

全业务的宽带业务给运营商带来了三个层面的变革。

首先, 运营商必须面对海量数据吞吐量对网络的挑战。有数据显示, 2009 年第二季度, 全球移动数据带宽的使用量环比增长了近 30%, 其中亚洲增幅达 36%。这也意味着快速增加的传送带宽增加了机房、站点、能耗等运营成本。因此, 运营商必须提高单位数据吞吐量, 并确保最低的构建和运行成本, 优化网络, 降低总体拥有成本。

其次, 运营商必须能够通过固定和无线网无缝地提供各种服务。事实上, 大量全业务宽带业务的使用者, 希望能够无缝使用固定接入或无线接入手段, 从互联网上获得相同的内容和服务。

最后, 业务的 IP 化必将推动网络主导业务类型的转变, 即由 TDM 为主向以 IP 分组为

主的转变。网络的 IP 化能够令运营商经营成本降低,并有效提升服务质量及收益。

1.1.2 网络融合的需要

备受关注的我国三网融合,终于有了自己的“时间表”和“线路图”,意味着我国三网融合进入实质性的推进阶段。2010年1月13日召开的国务院常务会议明确提出,今年要开始广电和电信业务双进入试点,探索形成保障三网融合规范有序开展的政策体系和体制机制。

未来几年内网络融合之路的重中之重是如何经济、高效地拓展带宽,并且通过宽带在不同的终端和介质上为用户提供简单、便捷的视频体验。三网融合的核心在于宽带和视频。

视频业务被认为是三网融合的主流业务,视频业务所带来的庞大数据流量无疑对现有网络提出了更高的要求。以 IPTV 业务为例,普通标准的 IPTV 业务至少需要 2 MHz 带宽,而高清的 IPTV 业务则至少需要 10 MHz 带宽。就目前中国的宽带接入情况而言,全国大部分用户依然是采用 ADSL 接入,而 ADSL 所能提供的 512 kHz~4 MHz 的带宽只能够支持普通的 IPTV 业务,而对于代表未来发展趋势的高清视频业务的支持则无法实现。如果这一带宽瓶颈无法得到有效解决,那么能够带来高利润收入的高清视频业务将无法广泛推广,而类似 3DTV 等可能受到用户青睐的前沿应用更是无法实现。这时候,代表国际主流趋势、能够实现高带宽接入的 FTTx 技术,无疑成为理想的选择。

在融合过程中,对视频的爆炸性增长需求将促使电信和广电运营商不断提供更高带宽的网络。同时,随着新型数字媒体终端产品的不断推出,用户对跨界视频体验的需求也会对运营商的视频存储和分发体系提出新的挑战。

宽带基础设施是三网融合的物理基础。工信部专家通过对英国三网融合的研究表明,英国家用带宽相对较窄已经成为制约 IPTV 发展的重要因素。1~2 MHz 的带宽只能支持标准清晰度电视频道和同步宽带互联网连接,这种带宽不足以支持高清晰度电视等更高端的业务。韩国、日本等三网融合业务发展较好的国家都有一个共同点,即接入层带宽承载能力非常强,宽带速率通常在 10 Mb/s 以上。目前,我国随着网络电视、三重播放、视频下载等宽带业务的兴起,通信网络的带宽已经逐渐呈现出“力不从心”的瓶颈状态。在部分大中城市,人均拥有的带宽资源不足 2 MHz,仅相当于韩国的 8.7%,也远低于美国、日本等宽带建设发达的国家。而且,我国宽带的普及率偏低,家庭普及率约为 20%,远远落后于发达国家,也直接影响三网融合进程,进而阻碍社会信息化水平的提高。因此,打造高速率宽带网络并普及高速宽带接入已经成为运营商和广电部门竞争三网融合的“战略高地”。

1.1.3 信息社会的需要

人类自 20 世纪末开始在经济社会领域里经历着一场产生巨变与动荡的信息革命,其目标是通过信息化完成工业社会向信息社会的过渡,它将改变人类在地球上的生存与发展方式。信息革命的浪潮冲击着地球的每一个角落,对世界政治、经济、军事、科技、文化、社会产生了巨大而深刻的影响,推动人类文明不断进步。这场革命将延续到整个 21 世纪,其意义比 19 世纪的工业革命更加深远。

信息和知识本身不会给世界带来食品、衣服和住房,但信息作为无形的财富,它们具有无限性、共享性和创新性,通过渗透、支撑和带动 3 大效应的发挥,可以代替资本,减少材

料消耗，提高能源利用率，提高劳动生产率，加速商品流通，转化为科学技术。信息和知识确实能创造财富，把财富变成食品、衣服和住房。

信息社会世界峰会（WSIS）把信息社会定义为一个以人为本、广泛包容和面向发展的社会（A People-centred, Inclusive and Development-oriented Information Society）。

ITU 把信息社会描述成由社会经济和产业两大部分组成，如图 1-1 所示。社会经济部分包括建立新的生活方式（例如，远程购物、虚拟现实等），创造新的文化艺术方式（例如，多媒体图书、远程音乐欣赏等），建立法律、法规和规程（例如，远程医疗中的医疗法等）。产业部分包括创建新的应用和服务（例如，远程购物、视像服务等），建设信息网络（例如，电信网、有线电视网、卫星网等），制造设备（例如，终端、传输系统和服务器等）。从图 1-1 中可以看出，作为产业部分，电信业转型的着力点必然是图中所示的“应用/服务”和“网络/设施”两大块。也就是说，现有的网络与服务都要转型，走向下一代。在走向信息社会的过程中，ICT 产业一定会得到充分发展，信息基础设施将变得越来越先进完善。

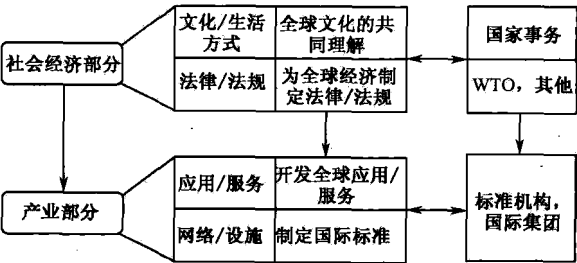


图 1-1 信息社会各部分的关系

信息社会是一个人人可以创建、获取、使用 and 分享信息与知识，使个人、社区和国家均能充分发挥各自潜力并持续提高人民生活品质的社会。信息社会是一个更加注重精神文化和环境保护的社会，人性、环境和信息将成为这个社会的关键词。信息社会是一个大规模生产和使用信息与知识的社会。在信息社会中，国民经济和社会生活都将实现信息化，信息和知识成为社会发展的巨大战略资源和生产基本要素。在信息社会中，经济是全球化的，文化知识是全球化的，经济法律法规也是全球化的，世界的经济体系更加依赖于人类的知识和智慧。在信息社会中，预计从事信息相关工作的人数将超过就业人数的 50%，国民经济总产值中信息经济比重约占或超过 50%。

2003 年，信息社会世界峰会（WSIS）的《原则宣言》庄重宣告：建设信息社会是国际社会的共同愿望与承诺。2005 年，世界电信日呼唤：行动起来，创建公平的信息社会（Creating an Equitable Information Society: Time for Action）。2006 年 11 月，国际电信联盟（ITU）决定把每年的“世界电信日”和“世界信息社会日”合并为“世界电信和信息社会日”。在我国，中共中央、国务院办公厅于 2006 年 5 月颁布的《2006～2020 年国家信息化发展战略》明确指出：到 2020 年，要为迈向信息社会奠定坚实基础。这一切充分表明，改善人类社会生活是地球人的共识，创建公平的信息社会是地球人的目标。人类走向信息社会的大方向已经十分明确。当今，人类正处在从工业社会走向信息社会的大转型时期。

表征人类走向信息社会的指标可以有很多，但最主要的标志有 3 个：一是服务行业的产出在许多国家已超过国民经济产出的一半多。服务行业既是信息的主要消费者，又是信息的主要生产者。服务业的工作人员绝大多数是在从事信息的生成、处理和配送，这代表了以生

产商品为主的传统产业向以生产信息为主的服务业、信息业的重要转变；二是人类生活的消费内容和方式发生了变化，信息消费所占比重在上升，食品消费所占比重在下降，而且人们对信息的需求还在不断地变化着，要求越来越多、越来越高；三是信息对其他行业，尤其是制造业的渗透、支持和带动效应在明显增加。以美国为例，在 1973~1994 年间，美国企业在计算机上投入了大量的资金，但劳动生产率仅提高了 1.4%，而在 1995~1999 年间，因互联网把计算机连成了网络，使美国劳动生产率平均增长 2.8%。

当今正处在人类从工业社会走向信息社会的大转型时期，唯有宽带的信息网络才能适应这一历史时期的需要。20 世纪的公路、桥梁、火车和电气是实现工业化必不可少的基础设施，而宽带是实现信息化必不可少的基础设施；公路和铁路是承载和输送人流/物流的有力保障，而宽带是承载和输送信息流的有力保障。一个国家如果要实现信息化，从工业社会走向信息社会，就必须发展宽带。早在 1993 年美国克林顿政府提出的信息高速公路实际是在走向宽带的道路上迈出了第一步，它对美国经济发展的刺激作用长达 10 余年。当然，今天所说的宽带建设比克林顿时代的信息高速公路又上了一个台阶，例如，奥巴马提出要让 1 亿个美国家庭用上速率高达 100 Mb/s 的宽带。

根据预测，随着信息化的推进，到 2012 年，全球一年的 IP 业务量将达到 522 Exabyte (10^{18})，2012 年以后将增至整整一个 Zettabyte (10^{21})，达到一个新的里程碑。再看全球互联网的业务量，2012 年将高达 324 Exabyte (27 Exabyte/m)，比 1996 年增加了 1.8 万倍，比 2006 年增加了 38 倍。业务量猛增的主要驱动力是高清视频和高速宽带接入的普及，到 2012 年，各种形式的视频（包括 TV、VOD、互联网、P2P）总量将占消费者业务量的将近 90%。移动数据业务量从 2008~2012 年将每年翻一番。显而易见，网络必须不断升级，走向高速和超高速宽带，才能适应未来的需要，开创诸如居家上班、电子商务、远程医疗、远程教学、电子图书馆、电子政府等新的工作方式、学习方式和生活方式。当前正在兴起的物联网将来产生的流量很可能大大超过人一机应用和人一人应用产生的流量，更是需要宽带信息网络的支持。

1.1.4 网络融合的带宽需求

融合网络提供的业务包括话音业务、视频业务和数据业务，面向大众用户和商用用户。随着全业务的开展，个人信息服务、家庭信息服务和企业信息服务等数据业务接入点将大幅增加，业务种类将逐步多样化，带宽需求也将由传统的 TDM 2M 向全 IP 模式过渡。

大众客户正呈现出多样化、个性化、即时化、娱乐化等特征。而企业、政府等商业客户，具有快速、安全、服务质量透明等需求特征，具体需求已由简单沟通转向互动性强的信息交互、内部信息快速流动、信息安全备份等方面。这迫使电信运营商需要从提供基于普遍需求的大众化通信服务逐步向更多基于客户细分后的个性化服务转型。所以，宽带通信网络必须适应网络业务的演进，满足网络高带宽的需求，同时承载话音、视频、数据、互联网等业务，并能根据客户和应用需求，提供差异化服务。

当前，用户的宽带需求，呈现出更多维度，如带宽速率更高、更具有移动性，上网的场所具有多样化。在丰富业务的推动下，用户对于带宽这一最基本需求，正在不断增长。以 2008 年的数据为例，网络音乐、网络新闻、即时通信、网络视频、搜索引擎、电子邮件等不胜枚举的丰富应用，对带宽不断提出新的要求：一方面，总体的带宽需求不断提高；另一方面，有着更高带宽需求的应用种类也越来越多，应用自身的带宽需求也不断提高。例如，从

浏览网页到 P2P 下载，再到互动游戏和在线观看视频乃至高清晰度的 IPTV，依次需要更高的带宽。在应用的有效拉动下，带宽需求的增长不断提升。

随着 3G 网络的大范围覆盖和业务的成熟，越来越多的消费者选择了网速并不差还更为方便的无线上网方式。虽然 3G 网络的每个通信基站能够容纳的用户数量有限，用的人越多，其平均速度会下降，但随着 3G 网络的不断扩容完善，今后 3G 上网速率维持在 1 Mb/s 到 2 Mb/s 应该没有太大问题。如果固网宽带不进行提速，同质化将会非常严重，用户是不会花两份钱购买两个功能近乎相同的通信产品的。

根据国外电信运营企业的发展经验，要形成差异化，固网带宽应是移动带宽的 5 到 10 倍。中国香港两三年前就有了 3G 网络，但是电讯盈科同时实现了全港三分之二地区的 1000 Mb/s 的宽带接入；近邻韩国和日本的 3G 商用运营很多年了，固网宽带同样大步迈入到光纤到户时代，带宽达到数十兆。专家指出，固网宽带大幅提速，就能和移动宽带形成明显的差异化特色，并形成了很好的互补：无线弥补固网的覆盖不足，固网解决无线的稳定性不够和资源有限，从而为用户提供无缝式的极速宽带生活体验。

目前移动运营商在个人通信市场优势较为明显，现阶段宽带接入需重点拓展家庭用户和集团客户两大类型。根据宽带用户的需求特性分析研究，不同客户的主要业务类型及带宽需求如表 1-1 所示。

表 1-1 不同客户主要业务类型细分及带宽需求

客户	类型	主要业务类型	近期、中期下行 带宽需求
集团客户	重要集团 客户类	IP VPN、VoIP、视频会议与广播、数据专线、数据中心等	10~155 Mb/s
	中小企业	IP VPN、VoIP、视频会议与广播、数据专线等	5~100 Mb/s
家庭用户	新建小区	IP 语音、VoIP、IPTV、SOHO、远程教育/医疗、上网、视频通信等	5~50 Mb/s
	已有小区	IP 语音、VoIP、IPTV、SOHO、远程教育/医疗、上网、视频通信等	5~30 Mb/s
	农村用户	IP 语音、IPTV、上网、视频通信等	2~8 Mb/s

1.2 宽带接入技术

1.2.1 宽带接入技术的分类

纵观传送接入主流技术，主要分为有线和无线两种，如表 1-2 所示。其中有有线接入技术主要有光纤直连、MSTP、xPON 和 PTN 等，无线接入技术主要有数字微波（LMDS、MMDS、微波等）和 WiFi/WiMAX、3G。上述接入技术各具特点，应用场合自有区别。

表 1-2 主流的传送接入网技术

有线技术	MSTP	点到点接入，一般以 E1、EF 为主，带宽固定分配，无法统计复用
	xPON	点到多点接入，无源光传输网络，带宽统计复用，以太网模式进行业务承载
	电信级以太网	以 IP 化业务为主，带宽统计复用，具备 QoS、OAM 等功能
无线技术	数字微波	本地多点分配业务（LMDS）、3.5 GHz 固定无线接入系统（MMDS）、微波接入技术
	WLAN/WiMAX	无线室内覆盖接入与无线宽带大范围接入