



# EPON

## ——新一代宽带光接入 技术与应用

EPON

阎德升 边恩炯 王旭 刘鸣 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

TN915.62

2

2007

# EPON——新一代宽带 光接入技术与应用

阎德升 边恩炯 王旭 刘鸣 编著

机械工业出版社

本书全面系统地介绍了以太网无源光网络（EPON）技术的原理、应用及前景。首先，介绍了宽带接入技术在下一代网络（NGN）中的重要作用，而 EPON 作为一种宽带光接入新技术，为将来全业务宽带光接入的实现提供了良好的契机；接着，对无源光网络进行了分析，简单介绍了 APON、EPON 和 GPON 技术，并进行了比较；然后，对 EPON 技术进行了全面的阐述，从技术层面上，对其进行了详细的讨论；之后，结合实际的情况，对 EPON 的应用和测试进行了探讨和分析；最后，概括了 EPON 中值得注意的、对以后技术的发展可能会带来重大影响的问题并进行了分析，对 EPON 技术的前景进行了展望。

本书可作为通信行业的工程技术人员、管理人员、电信运营商和设备制造商的技术参考书或培训教材，也可作为高等院校信息与通信专业和计算机专业的高年级本科生、研究生的教材或教学参考书。

### 图书在版编目（CIP）数据

EPON——新一代宽带光接入技术与应用/阎德升等编著. —北京：机械工业出版社，2006.12

ISBN 978-7-111-20402-2

I. E... II. 阎... III. 光纤通信—宽带通信系统—接入网 IV. TN915.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 139931 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张俊红 责任编辑：赵玲丽 版式设计：霍永明

责任校对：刘志文 封面设计：马精明 责任印制：洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.75 印张 · 409 千字

0001—4000 册

定价：29.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）88379768

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

以太网无源光网络 (EPON) 是基于以太网技术的宽带接入系统, 它利用 PON 的拓扑结构实现以太网的接入。目前, EPON 以其高带宽和低成本而成为下一代接入网的一个主要选择。

众所周知, 接入网已成为制约全网进一步发展的瓶颈。虽然出现了一系列解决这一瓶颈问题的技术手段, 如双绞线上的 DSL 系统、同轴电缆上的 HFC 系统、以太接入系统和宽带无线接入系统, 但都是过渡性的解决方案, 无法满足通信业务增长的要求。惟一能彻底解决带宽瓶颈问题的长远技术手段是光接入网技术。

EPON 优势很多: 首先是与现有的以太网兼容, 考虑到以太网的市场优势, EPON 与以太网的兼容性是其最大的优势之一; 其次是高带宽, 由于 EPON 采用复用技术, 能够提供高达 1Gbit/s 的上下行带宽; 然后是相对成本低, 维护简单, 容易扩展, 易于升级。EPON 系统不采用昂贵的 ATM 设备和 SONET 设备, 大大简化了系统结构, 无源设备降低了维护成本。而且 EPON 采用标准的以太网接口, 可以利用现有的价格低廉的以太网网络设备, 可升级性比较强, 只要更换终端设备就可以升级到高速率。上述优点使 EPON 成为目前人们关注的焦点。

目前, 很多光接入网方面的书都对 EPON 有所提及, 由此也可以看出 EPON 在宽带接入网方面的重要性。但由于种种原因, 大部分书都没有对 EPON 详细展开, 使读者对 EPON 无法深入了解。

鉴于此, 本书对 EPON 相关技术进行了介绍, 从接入网到宽带光接入, 到 PON, 由浅入深, 逐渐深入。希望本书能对对 EPON 感兴趣的读者有所帮助。

本书对 EPON 的技术原理、应用及前景进行了全面系统的介绍, 是作者多年来从事 EPON 研究的总结。感谢钱宗珏老师、寿国础老师、胡怡红老师、郭志刚老师和袁超伟老师对此书提供的帮助和大力支持。

由于 EPON 技术发展迅速, 加上编写时间仓促, 书中难免存在错误和不足之处, 恳请广大读者和相关专家批评指正。

作 者

# 目 录

## 前言

## 第1章 下一代网络及宽带接入技术 ..... 1

- 1.1 变革中的网络 ..... 1
- 1.2 下一代网络 ..... 1
  - 1.2.1 NGN 的主要特征及体系结构 ..... 2
  - 1.2.2 NGN 在技术和市场上还存在很多不足 ..... 4
  - 1.2.3 我国 NGN 发展状况 ..... 5
  - 1.2.4 NGN 的发展方向 ..... 6
- 1.3 “最后一公里网络”及接入网发展趋势 ..... 7
- 1.4 下一代网络中的接入技术 ..... 12

## 第2章 接入网体系结构及宽带

### 光接入技术 ..... 19

- 2.1 光网络的历史 ..... 19
  - 2.1.1 光网络的发展经历 ..... 19
  - 2.1.2 光网络发展的基础 ..... 20
- 2.2 光网络系统结构 ..... 24
  - 2.2.1 网络结构 ..... 24
  - 2.2.2 网络接口 ..... 24
  - 2.2.3 光线路终端 ..... 27
  - 2.2.4 光网络单元 ..... 28
  - 2.2.5 光分配网 ..... 30
- 2.3 宽带接入技术 ..... 34
  - 2.3.1 铜线接入技术 ..... 34
  - 2.3.2 HFC 技术 ..... 36
  - 2.3.3 光接入技术 ..... 39
  - 2.3.4 无线接入 ..... 41
  - 2.3.5 综合接入技术 ..... 44

## 第3章 PON 技术 ..... 45

- 3.1 PON 技术的起源和发展 ..... 45
- 3.2 PON 技术简介 ..... 46
- 3.3 上行接入方法 ..... 50
- 3.4 突发模式收发机 ..... 50
- 3.5 各种 PON ..... 53
  - 3.5.1 APON ..... 53
  - 3.5.2 EPON ..... 55

- 3.5.3 GPON ..... 56

- 3.5.4 WDM-PON ..... 65

## 第4章 EPON 原理 ..... 67

- 4.1 以太网技术 ..... 67
  - 4.1.1 概述 ..... 67
  - 4.1.2 CSMA/CD ..... 70
  - 4.1.3 千兆以太网技术 ..... 74
  - 4.1.4 万兆以太网技术 ..... 76
- 4.2 EPON 工作原理 ..... 76
  - 4.2.1 基本原理 ..... 76
  - 4.2.2 EPON 帧结构 ..... 79
  - 4.2.3 EPON 的主要优点 ..... 80
- 4.3 多点控制协议 ..... 80
  - 4.3.1 多点控制协议原理 ..... 85
  - 4.3.2 自动发现流程 ..... 86
  - 4.3.3 报告流程 ..... 86
  - 4.3.4 GATE 流程 ..... 87
- 4.4 EPON 与 802 体系 ..... 88
  - 4.4.1 点到点仿真 ..... 89
  - 4.4.2 共享媒质仿真 ..... 89
  - 4.4.3 P2PE 和 SME 模式的结合 ..... 89
  - 4.4.4 存在的问题 ..... 90
- 4.5 EPON 的性能 ..... 90
  - 4.5.1 模型描述 ..... 91
  - 4.5.2 带宽分配算法 ..... 93
  - 4.5.3 仿真结果 ..... 95

## 第5章 EPON 关键技术 ..... 98

- 5.1 测距 ..... 98
- 5.2 ONU 的自动加入 ..... 102
- 5.3 突发接收技术 ..... 106
- 5.4 上行信道接入技术 ..... 114
  - 5.4.1 静态带宽分配 ..... 115
  - 5.4.2 动态带宽分配 ..... 116

## 第6章 EPON 协议 ..... 124

- 6.1 EPON 体系结构 ..... 124
- 6.2 EPON 光物理层 ..... 125
  - 6.2.1 PMA 子层 ..... 125

|                                  |     |                                   |     |
|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 6.2.2 PMD 子层 .....               | 125 | 8.3.3 安全 .....                    | 212 |
| 6.2.3 PCS 子层 .....               | 128 | <b>第9章 EPON 中值得关注的几个问题</b> .....  | 214 |
| 6.2.4 FEC 子层 .....               | 130 | 9.1 TDM 业务的承载 .....               | 214 |
| 6.3 RS 子层 .....                  | 131 | 9.1.1 EPON 支持 TDM 业务接入的必要性 .....  | 214 |
| 6.4 MAC 子层 .....                 | 133 | 9.1.2 TDM over EPON 技术难点 .....    | 215 |
| 6.5 MAC 控制子层 .....               | 133 | 9.1.3 TDM over EPON 的技术实现探讨 ..... | 216 |
| 6.6 OAM 子层 .....                 | 135 | 9.2 实时业务的 QoS 问题 .....            | 220 |
| 6.6.1 功能描述 .....                 | 136 | 9.3 组播技术实现 .....                  | 220 |
| 6.6.2 功能和状态图详述 .....             | 144 | 9.4 安全问题 .....                    | 228 |
| 6.6.3 OAMPDU .....               | 149 | 9.4.1 EPON 的安全隐患 .....            | 228 |
| 6.6.4 OAM TLV .....              | 154 | 9.4.2 解决 EPON 安全性的关键技术分析 .....    | 229 |
| 6.6.5 参数 .....                   | 161 | 9.4.3 一种安全实现策略介绍 .....            | 232 |
| 6.6.6 OAM 的 PICS .....           | 164 | 9.5 OAM 问题 .....                  | 234 |
| <b>第7章 EPON 技术的应用</b> .....      | 171 | 9.6 EPON 设备互通问题 .....             | 239 |
| 7.1 接入网的需求 .....                 | 171 | 9.6.1 EPON 互通的3个层次 .....          | 239 |
| 7.2 EPON 支持的业务 .....             | 171 | 9.6.2 影响 EPON 互通性的因素 .....        | 240 |
| 7.2.1 TDM 业务 .....               | 172 | 9.6.3 解决 EPON 互通的方法和步骤 .....      | 244 |
| 7.2.2 IP 业务 .....                | 173 | <b>第10章 EPON 前景展望</b> .....       | 246 |
| 7.2.3 CATV 业务 .....              | 174 | 10.1 EPON 标准现状 .....              | 246 |
| <b>第8章 EPON 测试技术</b> .....       | 175 | 10.1.1 EPON 国际标准发展情况 .....        | 246 |
| 8.1 互通测试 .....                   | 175 | 10.1.2 EPON 国内标准发展情况 .....        | 247 |
| 8.1.1 EPON 一致性测试 .....           | 179 | 10.2 FTTH/EPON 发展现状 .....         | 248 |
| 8.1.2 EPON 互操作性测试 .....          | 182 | 10.2.1 FTTH/EPON 在国外的发展情况 .....   | 248 |
| 8.2 设备测试 .....                   | 185 | 10.2.2 FTTH/EPON 在国内的发展情况 .....   | 250 |
| 8.2.1 设备测试简介 .....               | 185 | 10.3 FTTH/EPON 发展成本分析 .....       | 251 |
| 8.2.2 OLT、ONU 线路传输光接口的特性测试 ..... | 185 | 10.4 FTTH/EPON 技术在中国的应用模式 .....   | 252 |
| 8.2.3 ODN 的特性测试 .....            | 195 | 10.5 FTTH/EPON 在中国的发展展望 .....     | 254 |
| 8.2.4 SNI 和 UNI 接口测试 .....       | 200 | <b>参考文献</b> .....                 | 257 |
| 8.2.5 传送性能测试 .....               | 201 |                                   |     |
| 8.2.6 业务承载能力验证 .....             | 204 |                                   |     |
| 8.2.7 功能测试 .....                 | 204 |                                   |     |
| 8.2.8 操作维护管理功能验证 .....           | 209 |                                   |     |
| 8.3 其他测试 .....                   | 211 |                                   |     |
| 8.3.1 电源 .....                   | 211 |                                   |     |
| 8.3.2 环境 .....                   | 211 |                                   |     |

# 第1章 下一代网络及宽带接入技术

## 1.1 变革中的网络

由于通信和计算机技术的飞速发展，电信业的发展可谓一日千里，我们经历了从模拟到数字、从固定到移动、从人工到智能、从语音到数据的技术的全方位的变化更新过程。通信技术的发展可以用“六个化”来概括，即数字化、综合化、融合化、宽带化、智能化和个人化。

首先，数据业务的兴起，尤其是互联网的迅猛发展，对传统的电信行业发起了强大冲击，不论是从体系结构、管理理念、服务质量，还是从商业运作模式等方面都发生了巨大的变化，IP数据业务对PSTN语音业务的冲击十分明显。其次，移动通信的高速发展，对原来的固定网络形成了很大的冲击，无论是从用户数、对业务的分流，还是在收入方面，都显示出移动网络替代固定网络的趋势。第三，随着时代的发展，人们对更广泛业务移动的需求越来越明显，回复到理性的宽带和多媒体业务增长给通信业带来变暖迹象的同时，暴露了网络的不适应，用户对通信永远在线与无处不在的期望，对网络资源的管理和利用提出了新的要求，网络的可扩展性还难以满足人们对通信对象从P2P到P2MP的变化需求。

日益竞争的电信环境在拉长电信业务产业链的同时打破了原来由网络运营商包揽产业链的格局，出现了NP、SP和CP分离的局面，以太网包括WLAN等技术从局域网扩展到城域网的应用模糊了公用网和专用网以及用户驻地网的边界，网络架构面临适应竞争和监管以及方便用户自由选择业务的压力。

纵观国内外的电信公司，都在积极地通过行动，对现有电信网实施技术转型，期望改变ARPU值的不断降低对收入造成的影响，以及目前网络的主要收入来源（语音）与投资重点（宽带）的不一致等问题。人们迫切希望找到一种新的网络体系，不仅能够发掘新的业务增长点，能降低运营维护成本，而且能够适应人们不断变化的业务发展的需要。

从运营商的角度来看，他们必然会大力发展视频点播、电视会议和远程教育等重要的增值业务，这些业务需要高的带宽来支持。从用户的角度来看，随着新的多媒体业务的出现，以及各种业务流量的日益增大，用户对带宽的要求必然会增大。然而带宽不能无限增加，与增大系统带宽相比，采用新技术、有效地利用系统带宽似乎更加重要。

## 1.2 下一代网络

下一代网络（Next Generation Network, NGN）是基于统一协议的、基于分组的网络。可以提供包括语音、数据和多媒体等各种业务的综合开放的网络构架，它将传统交换机

的功能模块分离成为独立的网络部件，各个部件可以按相应的功能划分，各自独立发展；部件间的协议接口基于相应的 IP，使得各种以 IP 为基础的业务都能在不同的网上实现互通。

NGN 的提出主要源于当前用户多业务应用发展的需求。随着网络通信技术市场的发展，人们对通信的需求不再是只满足在语音方面的应用。以 IP 为主的数据业务的发展已经打破了传统的以电话业务量为主的格局，IP 已经或即将成为电信网的主导业务。为了有效支撑这种突发型的数据业务，需要新的下一代网络。

其次，网络融合的趋势推动 NGN 的发展。随着技术条件的成熟，网络的融合，特别是网络边缘部分的融合正成为电信发展的大趋势。从语音和数据的融合（包括承载的融合到边缘设备的融合）到有线和无线的融合（包括核心网和边缘的融合、管理计费认证的融合乃至不同无线制式技术和标准的融合）、从传送网和各种业务网的融合（包括控制融合和设备融合）到最终实现三网的融合将成为下一代网络发展的必然趋势。

NGN 就是在网络业务量和电信外部环境几乎同时发生巨大变化的前提下，电信业试图利用最新技术发展的最新成果，适应技术和市场发展、变革、竞争需求而提出的下一代网络发展的总体设想和思路，以及一系列技术解决方案，它并非特指某种具有严格定义定界的业务网络。下一代网络（NGN）的最早提法大约是在 1997 年，期间还有新的公用网（NPN）、一体化网络（UN）和可持续发展网（CUN）等各种概念和提法，最后，人们接受了 NGN 这一业界最为广泛流行的提法。

NGN 是基于分组的网络，能够提供包括电信业务在内的所有业务，它能够利用多种宽带且 QoS 保证的传送技术，它的业务相关功能与其传送技术相独立，NGN 使用户可以自由接入到不同的业务提供商，它支持通用普遍的移动性，允许为用户提供始终如一的，普遍存在的业务。简单地说，NGN 应具有的基本特征可以概括为以下几点：多业务（语音与数据、固定与移动、点到点与广播）、宽带化（具有端到端的透明性）、分组化、开放性（控制功能与承载能力分离，业务功能与传送功能分离，用户接入与业务提供分离）、移动性、兼容性（与现有网络的互通）。除此之外，安全性和可管理性（包括 QoS 的保证）是电信运营商和用户所普遍关心的，也是 NGN 与目前的互联网的主要区别。

### 1.2.1 NGN 的主要特征及体系结构

ITU-T 将 NGN 的主要特征归纳为：基于分组传送；控制功能与承载能力、呼叫/会晤、应用/服务分离；业务提供与网络分离，并提供开放接口；支持广泛的业务，包括实时/流/非实时和多媒体业务；具有端到端透明传递的宽带能力；与现有传统网络互通；具有通用移动性，即允许用户作为单个人始终如一地使用和管理其业务，而不管采用什么接入技术；提供用户自由选择业务提供商的功能等。

为了更好地理解 NGN，图 1-1 表示了 NGN 的功能模型。

下一代网络（NGN）的协议体系结构如图 1-2 和图 1-3 所示，它包括业务提供层、控制层、传输层和接入层。

#### 1. 业务提供层

业务提供层通过设置各种应用服务器，提供各种业务逻辑，满足用户个性化的需求。通过设置 AAA 服务器、计费服务器、网络管理服务器，完成各种业务的认证、鉴权、计费、地

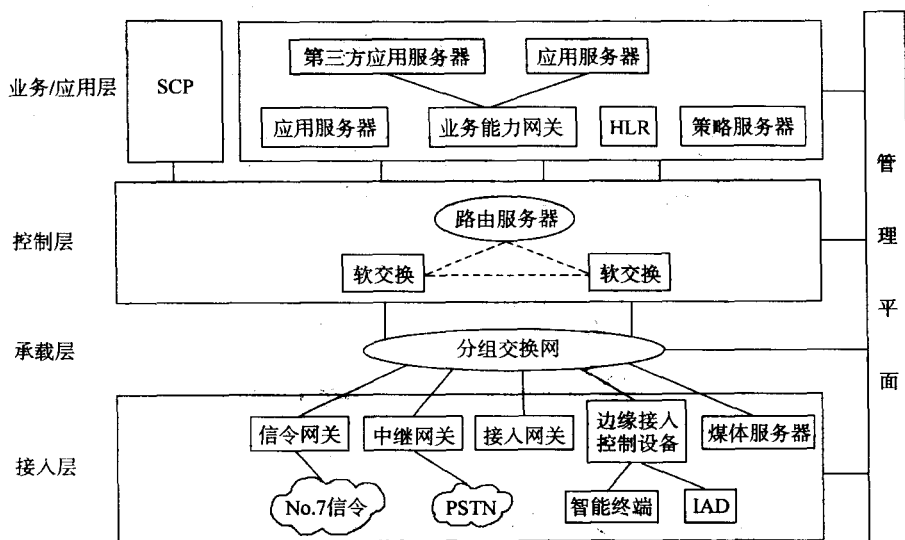


图 1-1 NGN 的功能模型

址解析以及各种管理功能等。为了使得业务的提供和呼叫控制相分离，在软交换设备和应用服务器之间定义了相关的协议或者 API，例如 SIP 或者 Parlay 应用编程接口。

## 2. 控制层

控制层负责完成基本呼叫的建立、保持、释放等功能以及呼叫控制、呼叫的路由、信令互通、连接控制、智能呼叫触发检出和资源控制等。控制层的核心设备是软交换。通过软交换设备所提供的各种协议，在信令网关和媒体网关的配合下，实现与现有不同类型网络的互通。

## 3. 传输层

传输层指 NGN 的承载网络。负责建立和管理承载连接，并对这些连接进行交换和路由，用以响应控制层的控制命令。传输层的网络实现可以是 IP 网或者 ATM 网。

## 4. 接入层

接入层由各类媒体网关和综合接入设备（IAD）组成，通过各种接入手段将各类用户连接至网络，并将信息格式转换成为能够在分组网络上传递的信息格式，然后传递至相应的目的地。

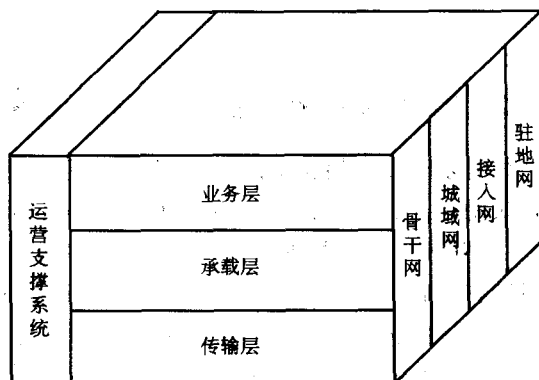


图 1-2 三层网络模型

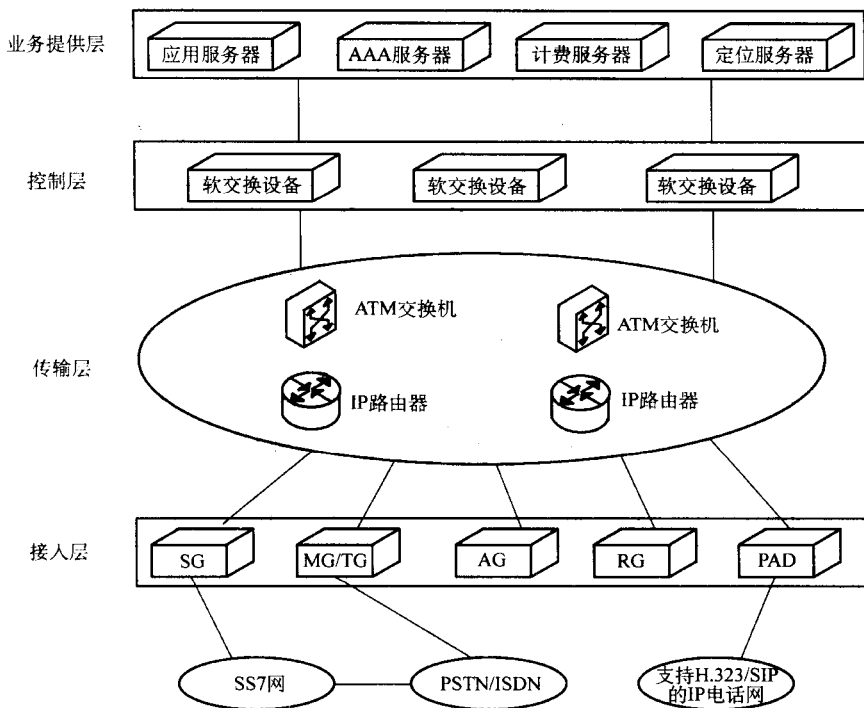


图 1-3 NGN 的体系架构

### 1.2.2 NGN 在技术和市场上还存在很多不足

尽管基于软交换技术的 NGN 有了长足的发展，有些产品也在局部市场开始部署，但不可否认的是，总体上，NGN 在技术和市场上还存在很多不足：

1) NGN 的技术标准还在不断发展，许多问题，诸如软交换与传统交换网的信令互通等都没有彻底解决。软交换是下一代网络中控制层面的技术之一。从目前的技术发展来看。基于软交换的相关技术还处在起步阶段，其虽然具有体系结构清晰、便于不同网络融合、便于快速生成业务诸多明显优势，但技术难点同样不少。例如多协议支持和转换问题、协议互通问题、可靠性和性能问题、QoS 的标准统一问题等等，而基于软交换的大型网络组网和运营经验也几乎等于零，一切都需要在实践中摸索，这无疑增加了 NGN 的难度。

2) 承载网还存在很多问题。NGN 寄希望将所有通信业务都在 IP 网上进行承载，但现有的 IP 网却千疮百孔，最大的问题一是不具备电信级的 QoS、安全性和可管理性，二是目前使用的 IPv4 寻址方式远不能满足电信网未来可持续发展的需要。但应该清醒地看到，虽然目前意识到了承载网对于 NGN 的关键性，但要完全解决存在的问题还需时日。

3) 不同厂家对标准以及相关协议的理解还有很大的不同。不同厂家设备的互操作等许多问题的解决也需要时间。实际上，这些问题不解决，网络的大规模采用是比较困难的。也就是说，只有几家厂商的设备成熟并不足以推动市场的整体发展。而网络的互通和互操作性的解决实际上又是非常困难的。这一点与以面向语音业务为主的传统交换网络有着巨大的差

别，就是在传统交换网络上的一些业务系统，不同厂家设备间的联通也并非易事，何况是需要更多开放接口的 NGN 产品。

4) NGN 网络业务标准的制订也是比较困难的问题。业务标准的不成熟，运营商推出的业务就难以大范围推广，网络的效益也就难以真正发挥。

5) 软交换网络虽然在业务提供方面比传统网络有优势，但这种优势目前看并没有达到令传统交换网络无法企及的程度，也就是说，人们并没有找到一种 NGN 的“杀手”级应用。

6) 更为重要的问题在于，现有传统电信交换网络所提供的语音业务目前仍然是运营商主要的收入来源，并且以往巨大的投资仍然在发挥作用。对于固定网运营商来说，这种收入结构不改变，他们就不会抛弃原有的网络。因此，有专家认为，只有电路交换的收益对于运营商没有价值时，软交换才有可能被使用。

从总体而言，目前下一代网络的发展方向还不完全明朗，包括总体架构、业务开放的模式、服务质量、安全性等问题还没有解决。

### 1.2.3 我国 NGN 发展状况

我国已经对 NGN 进行了一段时期的研究。对 NGN 的研究一直尽量保持着和世界同步。从总体来讲，NGN 前景广阔，但是在目前阶段又没有完全成熟，主要体现在技术的发展和业务的扩展。在技术和业务都没有被确定的时候，一个项目显然是非成熟的。同时，也只有在项目没有完全成熟的时候才意味着发展和机遇。因此我国开展了若干 NGN 项目，但是都带有试验性质。不过这种类型项目的数量和规模都在不断扩大。另外，在进行各个试验项目的同时，我国也对 NGN 进行了一些技术上的研究，制定了自己的规范和建议。

随着我国电信垄断格局的打破，各个电信运营商对 NGN 的跟踪、研究和投资具有相对独立的计划和侧重点。同时运营商们根据自己的计划和侧重点又进一步选择电信设备提供商，以及他们所提供的设备、所开展的业务和合适的开展业务的方式等等。事实上在我国，各个运营商在面对 NGN 时所采取的策略已经显示了明显的不同，并具有相对独立的灵活性。这一点也正是 NGN 所应该面对的发展环境。并且随着 NGN 的进一步发展，从技术选择到业务的开展将会给运营商带来更大的灵活性。

NGN 在我国发展的另一个特点是以软交换作为核心展开的。软交换作为 NGN 控制平面的核心设备一直以来是 NGN 中的关键技术。而在我国，由于历史的原因软交换技术就更加备受关注。我国相当多的 NGN 研究都是围绕软交换展开的。这种情况反映了软交换技术在我国许多情况下具有的特殊重要性。当然，和 NGN 本身一样，软交换同样是一个定义非常灵活而不确定的概念。软交换所涉及到的各个研究者和用户都可能对软交换有不同的观点。然而，可以明确的是，呼叫控制是软交换所具有的功能。从本质上说，软交换是从传统交换机中分离出的呼叫逻辑。它可能包含不同的产品，并且通过多协议的操作，来指挥媒体网关的交换行为。尽管有多种软交换产品已经出现在市场上，但是和最初所制定的目标相比，现在的产品肯定还需要进一步的发展。与此同时，笔者相信我国的 NGN 研究重点也必然会逐渐扩大到软交换以外的范围，从更全面的角度看待 NGN 所面临的问题。

在今年，已经有更多设备厂商宣布推出 NGN 解决方案，并宣布了一些应用项目。NGN 也被专家一致看好是未来电信网络的发展方向。作为一种趋势，NGN 的软交换设备会逐步

取代传统交换机，成为网络建设的主体设备。

#### 1.2.4 NGN 的发展方向

NGN 是一个开放的体系，其系统结构是相当复杂的，多方面的约束使 NGN 的标准化举步维艰。在向下一代网络演进的过程，几个主要的关键点是：

##### 1. 网络体系架构和功能模型

NGN 的网络体系架构和现有的网络体系架构有很大的区别，它是传统电信网和互联网体系架构设计思想的融合，涉及寻址、选路、QoS 保证、安全、计费、业务方案、商业模式和演进路线等方面。

功能体系模型是规范网络架构的有效方法。目前，一般都会有很多协议服务于同一功能，管理困难，互操作性差。如何选择合适的功能模块和协议，是摆在人们面前的一道难题。

##### 2. 端到端服务质量

QoS 是 IP 网络所面临的一个令人头疼的问题，尽力而为型的服务满足不了不断增长的实时业务的需求。NGN 要求支持各种类型的业务，当然包括实时性很强的交互型业务。

解决 IP 网络的 QoS 问题，就是如何在保持 IP 网络固有的无连接传输的优势下，合理利用现有的带宽，保证网内传输的各种业务的 QoS，同时提供较低的操作和管理开销，从而保证实现 IP 网络新业务的发展。对于承载层，可利用基于业务分类、定义优先级、资源预留、加权公平排队等策略的区分业务和 MPLS 等现有技术来实现；对于业务层，需要有新的控制机制。

端到端的 QoS 的解决是 NGN 跨越互联网的第一标志。

##### 3. 业务平台

业务的多样性以及业务控制与承载的分离，必然要求业务平台提供开放的接口，以便借助 API 和代理服务器引入第三方业务提供者。

NGN 需要对包括 API 和代理服务器的业务控制体系重新定义，涉及对用户移动性的支持和对跨网业务漫游及业务互连性机制的规范，以及对由用户控制业务客户化与属性等机理的开发。

##### 4. 网管

技术进步和竞争的需要，改变了传统的对控制面和管理面功能划分的思维定式。重新考虑并恰当划分控制面与管理面的功能对 NGN 尤为重要。

必须注意到，传统电信网和互联网对网关实现有着不同的要求，而且 NGN 的多业务和通用移动性进一步增加了网管的复杂性。因此，需要根据 NGN 的要求（支持故障管理、性能管理、客户管理、计费与记账、流量和路由管理等），应用新技术，从基本网管业务和接口的定义入手，重新规范适用于下一代网络的网管系统。

##### 5. 安全性

相对具有封闭信令系统的电路交换网，分组网更容易受到外来手段的入侵。以开放性为特征的 NGN 更加面临着安全性的挑战。

网络安全性与网络体系、QoS、网管、移动性、计费和支付等相互关联。网络的开放性不应以损伤网络的安全性来得到。此外，信息安全也同样受到人们的密切关注，网络功能越

强，用户的私密空间就越小，隐私保护问题无法回避，电子政务和电子商务的应用，更显示出信息保护的重要性。

当然，安全性不应以降低使用灵活性和过多的网络开销为代价。需要综合考虑体系的开放性与安全性，设计 NGN 组合安全体系，开发特定的安全协议和 API。

## 6. 通用移动性

与现有的移动网能力相比，NGN 对移动性有更高的要求：终端类型、接入手段和技术的多样性，通信方式的多样化，以及在异构环境中支持全球移动性等。

满足上述通用移动性需要实现移动通信个人化，用户可以只使用一个地址便可在不同位置、不同终端上实现不同业务的接入。

下一代网络以通用移动性为目标，实现以下功能：识别和认证机制；接入控制与授权功能；位置管理；终端与会晤地址的分配和管理；构造虚拟归属环境和用户属性管理能力。这些功能的标准化涉及网络参考体系、控制面与终端的接口、与应用层的接口、与传送层的接口等。

毫无疑问，网络向着分组的方向演变，NGN 的 SS 和 IMS 已经成为下一代网络发展的重要路标。业务融合是现在运营商积极推动的方向，但是目前 NGN 的业务缺乏使得 NGN 应用发展缓慢。在城域网络端局采用 NGN 解决方案会在两三年后逐渐成为主流。

## 1.3 “最后一公里网络”及接入网发展趋势

电信技术日趋发展，从过去的情况来看，站在传统的电信网络角度上，传输网已基本实现了数字化和光纤化，交换网也基本实现了数字化和程控化，而被称为“最后一公里”的接入网发展则显得较为缓慢，直接影响了电信网所提供业务的容量、质量、速度以及对网络资源的开发利用，成为制约整个网络发展的瓶颈。从目前的情况来看，Internet 用户与业务量的超常规发展使全世界的电信运营者都在考虑如何迅速扩展网络容量，以适应日益增长的用户需求，而 Tbit/s 级的光传输系统和 Tbit/s 级的路由器应运而生，为核心网的升级换代提供了及时的手段，带宽的瓶颈又一次落在接入网上。

接入网是整个电信网中较复杂的部分，其投资比重占电信网总投资的很大一部分。它既是整个电信网的窗口，也是电信网的“最后一公里”。随着社会的进步，人们对电信服务的种类要求会越来越多。用户不仅迫切需求电话、传真、数据、图像等业务，还要求高清晰度的电视、可视电话、视频点播、高速数据和电子邮件等宽带业务；另一方面，用户要求电信服务不受时空限制，随时随地都能方便、迅速、准确地进行信息交换。

接入已从功能和概念上替代了传统的用户环路结构，成为电信网中重要的组成部分，其技术发展必将给整个网络的发展带来巨大影响。接入网的投资比重占整个电信网的 50% 左右，具有广阔的市场前景。谁拥有了数字化、IP 化和宽带化且能支持各种不同业务的接入，谁就拥有了市场的主动权。因此，包括中国在内的很多国家都投入了大量的精力来进行接入网的研究和试验工作。

网络可以分为 3 部分：核心网、城域/本地网、接入网和用户驻地网（可选）。接入网（AN）是由业务节点接口（SNI）和相关用户网络接口（UNI）之间的一系列传送实体（如线路设备和传输设施）所组成的，是为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统。

接入网可以通过管理接口进行配置和管理。

图 1-4 显示的是接入网在整个网络结构中的地位。

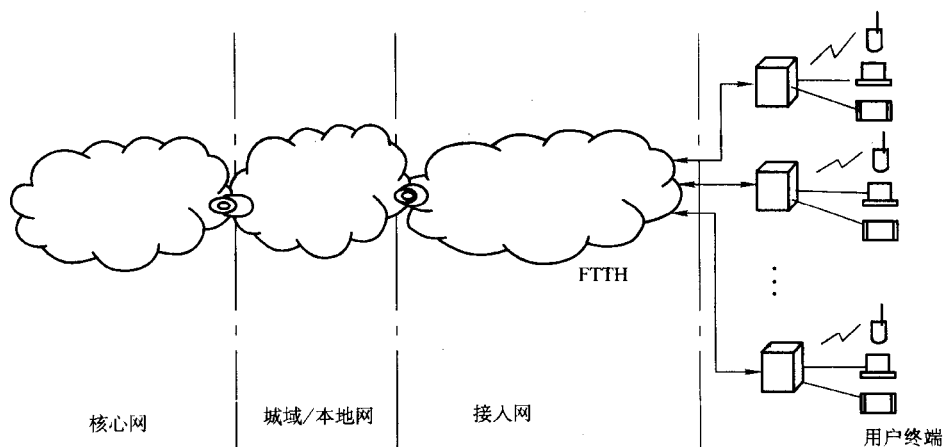


图 1-4 接入网在整个网络结构中的地位

一个完整的接入网物理参考模型可以用图 1-5 来表示，其中灵活点（FP）和配线点（DP）是两个最重要的信号分路点，大致对应传统铜线用户线的交接箱和分线盒。实际物理配置可以有各种不同程度的简化，最简单的情况就是用户直接与端局相连，这对离端局不远的用户是最直截了当的连接方式。多数情况则介于上述两种极端情况之间。所谓接入网通常指端局本地交换机或远端交换模块（RSU）至用户终端之间的部分。其中远端（RT）可以为数字环路载波系统 DLC 的远端复用器或集中器，其位置比较灵活，有时可以设置在 FP 或其他位置，RT 所对应的局端设备未在图中画出，图中 RSU 和 RT 可以根据需要决定是否设置。

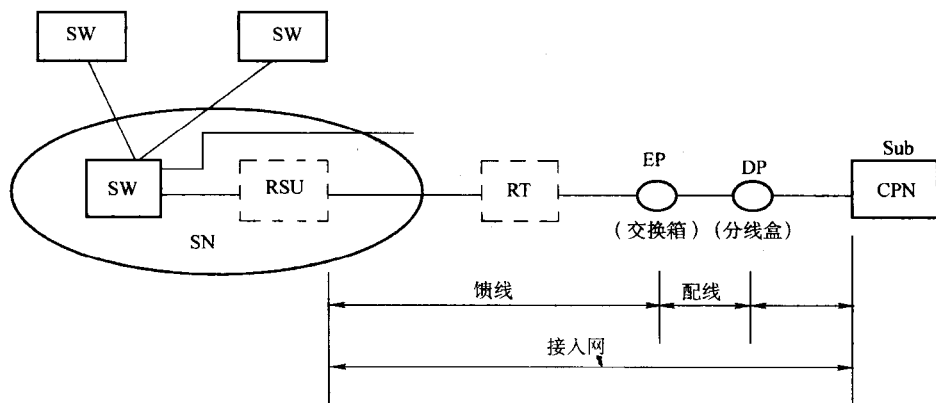


图 1-5 接入网物理参考模型

根据接入网框架结构和体制要求，接入网具有下列主要特征：

- 1) 接入网对于所接入的业务提供承载能力，实现业务的透明传送；
- 2) 接入网对于用户信令是透明的，除了一些用户信令格式转换外，信令和业务处理的功能依然在业务节点中；
- 3) 接入网的引入不应限制现有的各种接入类型和业务，接入网应通过有限个标准化的接口与业务节点相连；
- 4) 接入网有独立于业务节点的网络管理系统，该网络管理系统通过标准化的接口连接电信管理网（TMN），TMN 实施对接入网的操作、维护和管理。

图 1-6 显示的是接入网的体系结构图。

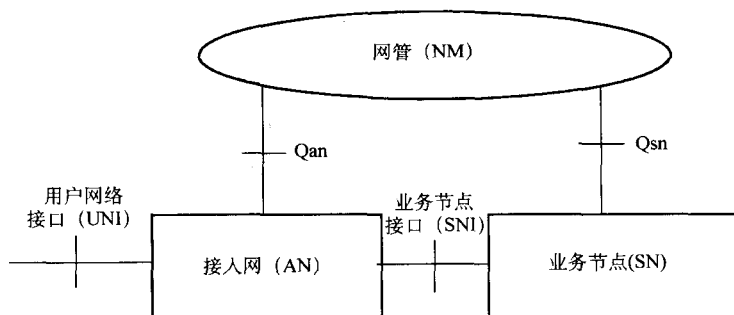


图 1-6 接入网的界定

接入网可由 3 个接口界定，即网络侧经由 SNI 与业务节点相连，用户侧由 UNI 与用户相连，管理方面则经 Q 接口与 TMN 相连。

业务节点是提供业务的实体，业务节点（SN）的类型多种多样，有本地交换机（PSTN、ISDN、B-ISDN、PSDN 等）、租用线业务节点（电路方式、ATM 方式、分组方式）、IP 路由器、有线电视业务节点（CATV 发端）及信息业务节点（VOD 等）等。

业务节点接口（SNI）是接入网和业务节点之间的接口，通过业务节点与核心网连接。SNI 可以通过透明传送通道实现远端连接，在实际网络中，有很多类型的接口位于 SNI，一般都是一些已标准化的接口：包括传统的 V5 接口（基于 2Mbit/s 的标准化、综合 SNI，支持普通电话、ISDN 和专线业务）、VB5 接口（基于 ATM 的宽带 SNI）以及 SDH 和以太网等多种类型的接口。

用户网络接口（UNI）支持用户终端或者是用户驻地网络及其业务的接入。UNI 包括模拟的 UNI-Z 接口（传统交换机模拟用户线接口，AN 中由接入网设备提供），数字的 UNI-U 接口（ISDN BA 中的数字用户线接口），以及其他的多种数据、10/100Base-T、1000Base-X 等接口。

用户驻地网（Customer Premises Network，CPN）是指用户终端到用户网络接口（UNI）之间的网络设施（通常在一个建筑物内），由完成通信和控制的用户驻地布线系统组成，包含机线设备。CPN 针对企业、工厂、学校、政府机关、商业大厦、居民小区以及家庭住宅等有不同的构建方式，速率也各不相同。我国用户驻地网分为对外提供公用电信业务的用户

驻地网和不对外提供公用电信业务的用户驻地网两种情况。不对外提供公用电信业务的 CPN 是属于公用电信网所服务的用户私有的网络设施，作为一个用户通过标准的 UNI 接入到公用电信网，不分传输指标，属于非经营性网络。提供公用电信业务的用户驻地网（Customer Premises Network of Carrier, CPNoC）是指为最终电信用户提供连接到公用电信网的用于商业经营的网络设施。CPNoC 可视为公用电信网向用户驻地的延伸，其服务的用户是公用电信网的服务对象。CPNoC 占用公用电信网全程的性能指标，但要向其所服务的用户提供一定的电信业务质量保证。

接入网可分为电路层、通道层、传输媒质层，如表 1-1 所示。

表 1-1 接入网层属性示例

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 接入承载能力要求 | 用户承载通路，用户信令，管理              |
| 接入承载处理功能 | 待定                          |
| 电路层      | 电路方式，ATM 信元方式，X.25 分组方式，帧方式 |
| 通道层      | PDH，SDH，ATM，其他              |
| 传输媒质层    | 已超出接入网功能结构的范畴               |

### 1. 电路层

电路层网络涉及电路层接入点之间的信息传递并独立于传输通道层。电路层直接为用户提供通信业务，诸如电路交换业务、分组交换业务和租用线业务，按照提供业务的不同可以区分不同的电路层网络。

### 2. 通道层

通道层网络涉及通道层接入点之间的信息传递并支持一个或多个电路层网络，为其提供传送服务。通道层与传输媒质层独立。

### 3. 传输媒质层

传输媒质层可以细分为段层和物理层，其中段层网络涉及段层接入点之间的信息传递并支持一个或多个通道层，如 SDH 通道或 PDH 通道。

物理层网络涉及实际的传输媒质，如光纤、双绞线、同轴电缆或无线，并支持段层网络。

每一层网络可以分解成 3 个基本功能，即适配、终结和交叉连接。这种分层模型对于规定接入网 Q3 接口的管理目标十分有用，每一层网络可以独立规定，具有自己的操作和维护能力。这样可以减少操作和维护行动及对其他层的影响，也便于独立地在各层引进新技术，维持技术规范的对稳定性。

接入网主要有 5 种功能（接入网的功能模型见图 1-7）：用户接口功能（UPF）、业务口功能（SPF）、核心功能（CF）、传送功能（TF）和 AN 系统管理功能（SMF）：

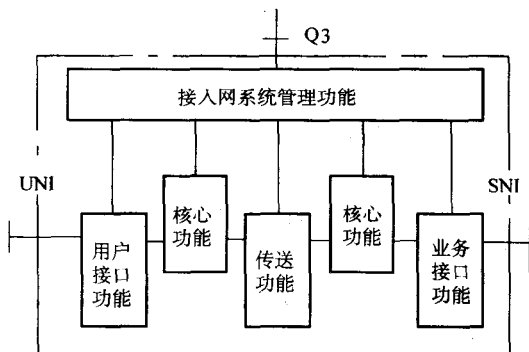


图 1-7 接入网的功能模型

1) 用户接口功能：用户口功能的主要作用是将特定的 UNI 要求与核心功能和管理功能相适配，具体功能包括：

- ① 终结 UNI 功能；
- ② A/D 转换和信令转换；
- ③ UNI 的激活/去激活；
- ④ 处理 UNI 承载通路/容量；
- ⑤ UNI 的测试和 UPF 的维护；
- ⑥ 管理和控制功能。

2) 业务口功能：业务口功能的重要作用是将特定的 SNI 要求与公用承载通路相适配，以便核心功能处理，同时还负责有关的信息在 AN 系统管理功能中进行处理，具体功能包括：

- ① 终结 SNI 功能；
- ② 将承载通路的需要和即时的管理及操作映射进核心功能；
- ③ 特定的 SNI 所需的协议映射；
- ④ SNI 的测试和 SPF 的维护；
- ⑤ 管理和控制功能。

3) 核心功能：核心功能处于 UPF 和 SPF 之间，其主要作用是负责将个别用户口承载通路或业务口承载通路的要求与公用承载通路相适配，另外还负责为了通过 AN 传送所需要的协议适配和复用所进行的对协议承载通路的处理。核心功能可以分散在 AN 之中，具体功能包括：

- ① 接入承载通路处理；
- ② 承载通路集中；
- ③ 信令和分组信息复用；
- ④ ATM 传送承载通路的电路模拟；
- ⑤ 管理和控制功能。

4) 传送功能：传送功能的主要作用是为 AN 中不同地点之间公用承载通路的传送提供通道，同时也为传输媒质提供适配功能。具体功能包括：

- ① 复用功能；
- ② 交叉连接功能（包括疏导和配置）；
- ③ 管理功能；
- ④ 物理媒质功能。

5) AN 系统管理功能：接入网系统管理功能的主要作用是协调 AN 内 UPF、SPF、CF 和 TF 的指配、操作和维护，同时也负责协调用户终端（经 UNI）和业务节点（经 SNI）的操作功能。具体功能包括：

- ① 配置和控制；
- ② 指配协调；
- ③ 故障检测和指示；
- ④ 用户信息和性能数据的收集；
- ⑤ 安全控制；