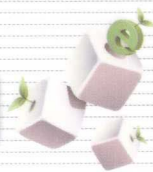


电信新技术新业务 要点解读 丛书



EPON/GPON 技术问答

■ 中国电信集团公司 主编

■ 本书围绕 PON 技术发展、网络建设和运营方面的重点问题，以问答的形式对 PON 技术进行了全面和详细的讲解。本书内容丰富，深入浅出，反映了目前 PON 技术的最新进展，理论与实践紧密结合，具有较强的权威性、实用性和可读性。

EPON/
GPON

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电信新技术新业务 要点解读 丛书



EPON/GPON 技术问答

中国电信集团公司 主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

EPON/GPON技术问答 / 中国电信集团公司主编. —
北京: 人民邮电出版社, 2010.9
(电信新技术新业务要点解读丛书)
ISBN 978-7-115-23391-2

I. ①E… II. ①中… III. ①光纤通信—宽带通信系
统一接入网—问答 IV. ①TN915.62-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第124223号

内 容 提 要

本书全面介绍了无源光网络(PON)技术, 主要包括 EPON 和 GPON 的相关知识。全书共分 6 章。第 1 章基础篇, 概要介绍了宽带光接入和 PON 技术的基本概念、主要特点和未来发展等; 第 2 章标准与技术篇, 介绍了 PON 技术国际标准规定的基本原理和机制; 第 3 章互通篇, 介绍了影响 PON 系统互通的主要问题和相应的解决方案; 第 4 章设备与系统篇, 介绍了 PON 设备的典型形态、系统级应用的功能要求和关键技术; 第 5 章业务与应用篇, 介绍了 PON 系统的主要应用场景和业务承载方式; 第 6 章测试篇, 介绍了 PON 系统主要功能、性能、业务支持能力、维护管理能力等的测试思路和基本方法。

本书内容丰富, 深入浅出, 反映了目前 PON 技术的最新进展。本书适合于从事宽带接入网相关工作的工程技术人员和管理人员阅读, 也可作为高等院校通信及相关专业的学习参考资料。

电信新技术新业务要点解读丛书

EPON/GPON 技术问答

-
- ◆ 主 编 中国电信集团公司
责任编辑 姚予疆
执行编辑 刘 洋
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 10.5
字数: 151 千字 2010 年 9 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2010 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23391-2

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154
广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

序

Foreword

数据、话音业务的发展，特别是视频、多媒体业务的快速发展，对电信网络带宽的需求不断提高。实现端到端宽带通信，涉及网络的不同层面。从水平方向看，包括骨干网、城域网、接入网和驻地网；从垂直方向看，包括传送网和业务网。这些层面都需要升级扩容甚至重建，但是从建网涉及的规模、投入和实施难度看，最大的瓶颈在接入网。全网端到端宽带化的关键是实现接入网传输媒介的光纤化和接入系统带宽的提升。大力发展宽带光接入网，是突破接入网瓶颈的重要举措，是电信网络转型的必然趋势。

宽带光接入的主要实现技术包括 EPON、GPON、点对点光以太网等。PON 技术与点对点方式相比，能够节省大量主干光纤和局端设备光接口，高密度用户区域成本低，标准化程度高，网络配置灵活，综合优势明显，是宽带接入网长远的、理想的技术选择。目前，EPON、GPON 技术已经成熟，达到了规模商用的水平。新一代基于 10Gbit/s 速率的 PON 技术——10G-EPON 和 XG-PON 的标准已经完成，相关设备正在开发过程中。该技术能够提供更高的速率、更长的传输距离和更大的光分路比，并且能够兼容已经部署的 PON 设备，体现了 PON 技术和网络持续发展演进的能力。

为进一步普及宽带光接入及 PON 技术方面的



基础知识，中国电信集团公司技术部组织编写了本书。本书的作者长期从事接入网及 PON 方面的技术研究和标准制定工作，不仅有比较扎实的理论基础，也有比较丰富的实践经验，特别是在 EPON 互通的成功实现、PON 相关国际标准的制定、PON 规模部署的技术支撑方面取得了突出的成效。本书涵盖了 PON 技术的标准、设备、业务应用、互联互通、测试等多个方面，内容翔实全面，叙述深入浅出，具有较强的实用性和可读性。相信本书能够使读者全面系统地了解 PON 技术及应用方面的知识，为推动宽带光接入技术和网络的持续发展提供帮助。

韦乐平

前言

Preface

随着通信技术和宽带业务的发展, 宽带光接入的相关技术在国内外得到广泛关注。从以铜缆为核心的接入网向以光纤为核心、以 FTTH 为目标的新一代宽带接入网转型, 是电信网络发展的战略目标, 也是突破现有宽带网络薄弱环节的重要举措。近年来, PON 技术在标准、设备 and 应用方面发展迅速, 成为宽带光接入的主要实现技术。

本书围绕 PON 技术发展、网络建设和运营方面的重点问题, 以问答的形式对 PON 技术进行了全面和详细的介绍, 其中既包括标准、技术原理等基础知识, 也包括设备、组网、业务承载等实际应用中的关键问题。本书内容丰富, 深入浅出, 反映了目前国际和国内 PON 技术的最新进展, 理论与实践紧密结合, 兼顾普及与提高, 具有较强的权威性、实用性和可读性。

本书由基础篇、标准与技术篇、互通篇、设备与系统篇、业务与应用篇和测试篇 6 章组成。本书由中国电信集团公司王波、沈成彬、蒋铭共同编写, 王作强审核。

由于作者水平所限, 本书难免有疏漏和不当之处, 敬请广大读者批评指正。读者可通过本书编辑的电子邮箱 liuyang@ptpress.com.cn 与我们联系。

作 者

目录

Contents

第 1 章 基础篇	1
1. 宽带光接入的主要技术有哪些?	1
2. 点对点光接入的技术和标准有哪些?	1
3. 什么是 PON, 由哪几部分组成?	2
4. 点对点光接入和 PON 技术各有什么特点?	4
5. 主要的 PON 技术有哪些?	6
6. 什么是 EPON?	6
7. 什么是 GPON?	7
8. PON 标准和技术下一步如何发展?	8
第 2 章 标准与技术篇	9
2.1 EPON 的标准与技术	9
9. EPON 协议的层次结构是怎样的?	9
10. EPON 的光接口有几种, 具有怎样的传输能力?	11
11. EPON 系统对光模块有什么特殊要求?	12
12. 什么是 FEC, 其主要作用是什么?	13
13. EPON 多点控制协议的主要功能和机制是什么?	14
14. 如何进行 EPON ONU 的发现和注册?	16
15. 什么是 LLID?	18
16. EPON 系统如何进行测距和定时?	19
17. 什么是动态带宽分配 (DBA)?	22
18. EPON 系统 DBA 的实现方法是什么?	24
19. 什么是 SCB?	25
20. IEEE 标准规定的 OAM 的主要功能包括哪些?	25
21. EPON 系统如何实现 OAM 发现?	27



目录

Contents

22. EPON 系统如何实现远端故障指示?	29
23. 什么是 Dying Gasp, EPON 系统如何实现?	30
24. EPON 系统如何实现远端环回?	30
25. EPON 系统如何实现链路监视?	32
26. EPON 系统如何实现对 ONU、MIB 变量查询?	33
27. EPON 系统如何实现 OAM 扩展?	34
28. 10G-EPON 有哪些特点和关键技术?	35
2.2 GPON 的标准与技术	37
29. GPON 协议的层次结构是怎样的?	37
30. GPON 常用的光接口有几种, 具有怎样的传输能力?	38
31. GPON 采用怎样的复用和封装结构?	38
32. GPON 的帧结构是怎样的?	39
33. 什么是 GEM、GEM Port?	41
34. 什么是 T-CONT?	42
35. GPON 系统 DBA 的实现方法是什么?	42
36. GPON 具有哪些控制管理机制?	43
37. 什么是嵌入式 OAM?	44
38. 什么是 PLOAM?	45
39. 什么是 OMCI?	46
40. OMCI 具有怎样的管理协议?	46
41. OMCI 的管理实体有哪些?	48
42. 如何实现 GPON ONU 的激活?	48
43. XG-PON 有哪些特点和关键技术?	51
第 3 章 互通篇	53
44. 为什么要实现设备之间的互通?	53
3.1 EPON 系统的互通	54
45. 影响 EPON 互通的主要问题有哪些?	54
46. EPON 互通的进展如何?	57
47. 如何在 IEEE 标准的基础上进行扩展以实现互通?	58
48. 为实现互通, MPCP 协议需怎样扩展?	58



目录

Contents

49. EPON 的扩展 OAM 可以实现哪些增强功能?	60
50. 为实现互通, 对 EPON 系统 DBA 参数的远程管理作了哪些扩展?	62
51. EPON 系统如何实现 ONU 的软件升级?	62
52. EPON 系统如何提高 PON 接口下行数据安全性?	63
53. EPON 系统如何实现增强的事件通告和故障告警功能?	66
54. 什么是动态可控多播, EPON 系统如何实现?	66
55. EPON 系统如何实现 ONU 认证?	68
56. 什么是非法 ONU 注册的静默功能?	70
3.2 GPON 系统的互通	70
57. GPON 互通应重点解决哪些问题?	70
58. GPON OAM 功能互通应重点解决哪些问题?	71
59. GPON OMCI 互通应重点解决哪些问题?	71
60. GPON 系统如何实现 ONU 的软件升级?	72
61. GPON 系统如何实现下行数据加密?	73
62. GPON 系统如何实现事件通告、告警和性能监视?	73
63. GPON 系统如何实现 ONU 认证?	75
第 4 章 设备与系统篇	76
64. OLT 设备有什么形态?	76
65. ONU 设备有哪些主要类型和形态?	76
66. 什么是 SFU?	77
67. 什么是 SBU?	78
68. 什么是 HGU?	78
69. 什么是 MDU?	78
70. 什么是 MTU?	79
71. 什么是 CBU?	80
72. 对运营级 PON 系统有哪些功能要求?	80
73. PON 系统应具备哪些以太网功能?	81



目录

Contents

74. PON 系统应具备怎样的 VLAN 功能?	82
75. PON 系统的 DBA 功能应满足什么要求?	84
76. PON 系统应具备哪些 QoS 功能?	85
77. PON 系统的流分类功能应满足什么要求?	87
78. PON 系统的标记功能应满足什么要求?	88
79. PON 系统应具备怎样的队列和调度机制?	89
80. PON 系统如何支持限速功能?	89
81. PON 系统应支持怎样的缓存管理机制?	90
82. PON 系统应支持哪些多播机制?	91
83. PON 系统如何实现分布式 IGMP 多播?	92
84. 对 PON 系统的多播有哪些性能要求?	93
85. 如何实现 PON 系统的维护管理?	94
86. PON 系统的 EMS 应满足哪些要求?	95
87. OLT 应具备哪些维护管理功能?	96
88. 如何实现 SFU/SBU 的远程管理?	97
89. 如何实现 HGU 的远程管理?	97
90. 如何实现 MDU/MTU 的远程管理?	98
91. ONU 应支持哪些本地管理功能?	99
92. PON 系统应具备哪些安全与保护功能?	99
93. PON 系统的光链路保护主要有哪几种类型?	101
94. PON 系统如何实现对光链路的监测?	104
95. 对 PON 系统有哪些性能要求?	106
第 5 章 业务与应用篇	108
96. PON 与点对点技术的应用场景有哪些不同?	108
97. PON 系统主要有哪几种应用方式?	109



目录

Contents

98. PON 系统如何应用于 FTTN/FTTCab/FTTZ?	110
99. PON 系统如何应用于 FTTB/FTTC?	111
100. PON 系统如何应用于 FTTH/FTTO/FTTP?	112
101. PON 系统能够承载哪些业务?	113
102. PON 系统如何承载 VoIP 业务?	113
103. PON 系统承载视频业务有哪些方式?	114
104. PON 系统如何用于承载视频监控?	116
105. PON 系统如何承载 TDM 业务?	117
106. IETF PWE3 和 MEF 对 CESoP 各有 哪些规定?	118
107. PON 系统承载 TDM 业务应满足 怎样的性能要求?	120
108. PON 系统的 TDM 能力可否满足 移动基站回传的要求?	121
第 6 章 测试篇	124
109. PON 系统的测试主要包括 哪些方面?	124
110. PON 系统的功能测试主要 包括哪些内容?	124
111. 如何测试 PON 光接口指标?	125
112. 如何测试 PON 系统的注册/ 激活功能?	130
113. 如何测试 OLT 对 ONU 的 认证功能?	130
114. 如何测试 PON 系统的下行 数据安全功能?	131
115. 如何测试 PON 系统的上行 带宽分配功能?	132
116. 如何测试 PON 系统的基本 以太网功能?	134
117. 如何测试 PON 系统的 VLAN 功能?	135
118. 如何测试 PON 系统的 QoS 功能?	136



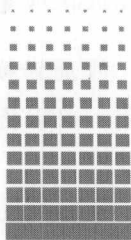
目录

Contents

119. 如何测试 PON 系统的 SCB 功能?	138
120. 如何测试 PON 系统的 IGMP 功能?	139
121. 如何测试 PON 系统的可控多播功能?	140
122. 如何测试 PON 设备的保护功能?	140
123. 如何测试光链路保护功能?	141
124. 如何测试 PON 系统的安全功能?	142
125. PON 系统的基本性能测试主要包括哪些内容?	144
126. 如何测试 PON 系统的分路比和传输距离?	144
127. 如何测试 PON 系统的吞吐量、时延、分组丢失率?	146
128. 如何进行多播性能测试?	147
129. PON 系统的业务支持能力主要包括哪些内容?	148
130. PON 系统的维护管理能力测试主要包括哪些内容?	149
131. 如何测试 PON 系统的 EMS 功能?	149
132. 如何测试 OLT 对 ONU 的远程管理功能?	150
133. 如何测试 ONU 的本地管理功能?	150
缩略语	151
参考文献	156

第 1 章

Chapter 1



基 础 篇

1. 宽带光接入的主要技术有哪些?

宽带光接入具有传输速率高、距离长、质量好、抗电磁干扰能力强、维护成本低等特点，是接入网的发展方向。根据光纤网络的拓扑结构，宽带光接入技术主要分为点对点和点对多点两大类。

点对点的光接入是指在点到点的光纤网络上实现接入的方式，主要实现技术包括媒质转换器（MC，也可称为光纤收发器）方式和标准化的点对点光接入两大类。

点对多点的光接入是指在点到多点的光纤网络上实现多址接入的方式，主要采用无源光网络（Passive Optical Network, PON）技术，包括 BPON（Broadband Passive Optical Network）、EPON（Ethernet Passive Optical Network）、GPON（Gigabit-capable Passive Optical Network）等。

在宽带光接入网络中，可以采用宽带光接入技术与基于其他媒质（如铜缆、五类线、无线）的宽带接入技术（如 DSL、以太网、WLAN）相结合，向用户提供宽带业务；也可以采用宽带光接入技术和全程光纤直接向最终用户提供更高带宽和质量的业务，这是宽带接入网发展的最终目标。

2. 点对点光接入的技术和标准有哪些?

点对点光接入的主要实现技术包括媒质转换器方式和标准化的点对点光接入两大类。



媒质转换器方式无统一标准,需要局端设备与用户端设备成对配套使用,可以提供以太网、E1 等多种类型的接口。这种方式目前应用比较广泛。

标准化的点对点光接入主要基于光纤以太网,目前 IEEE 和 ITU-T 分别制定了相关标准。

IEEE 802.3 规定的点对点光接入包括两种 100Mbit/s 速率的接口和两种 1Gbit/s 速率的接口,具体如下。

- (1) 100Base-LX10: 100Mbit/s, 双纤双向。
- (2) 100Base-BX10: 100Mbit/s, 单纤双向。
- (3) 1 000Base-LX10: 1Gbit/s, 双纤双向。
- (4) 1 000Base-BX10: 1Gbit/s, 单纤双向。

这些接口的传输距离均为 10km。标准中还规定了相关的操作、管理和维护功能。

ITU-T 的点对点光接入标准为 G.985 和 G.986。

G.985 规定了速率为 100Mbit/s 的点对点光接口,在 IEEE 802.3 中 100Base-FX 的规定的基礎上,定义了新的单纤双向的 PMD (Physical Medium Dependent) 层,目前仅规定了传输距离为 10km 的光接口。

G.986 规定了速率为 1Gbit/s 的点对点光接口,在 IEEE 802.3 1000Base-BX10 的基础上,增强了对 PMD 层的要求,规定了传输距离为 10km、20km 和 30km 的 3 种光接口。标准中还规定了相关的操作、管理和维护功能。

3. 什么是 PON, 由哪几部分组成?

无源光网络 (PON) 是指一种点对多点的光接入技术及相应的系统,其局端设备和远端/用户端设备之间的光分配网络只包含无源器件或设施,不包括有源器件或设备。

PON 系统由 OLT (Optical Line Termination, 光线路终端)、ODN (Optical Distribution Network, 光分配网络)、ONU (Optical Network Unit, 光网络单元) /ONT (Optical Network Termination, 光网络终端) 三部分组成如图 1-1 所示。

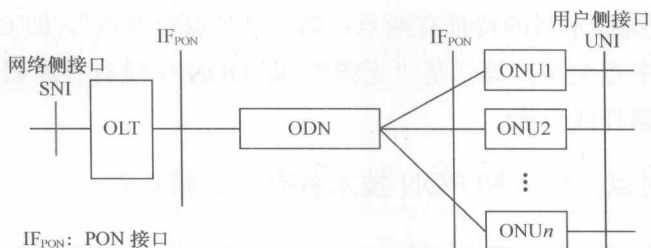
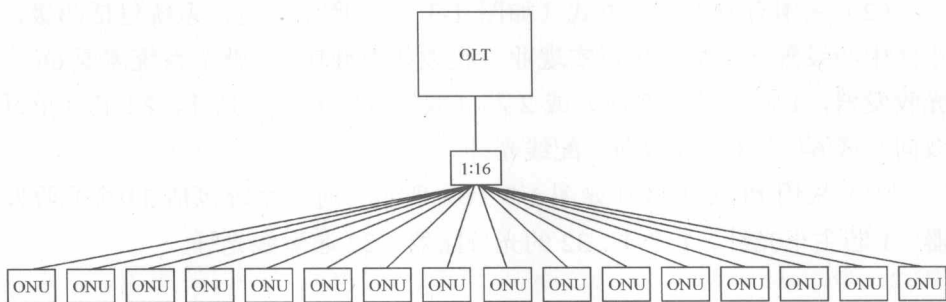


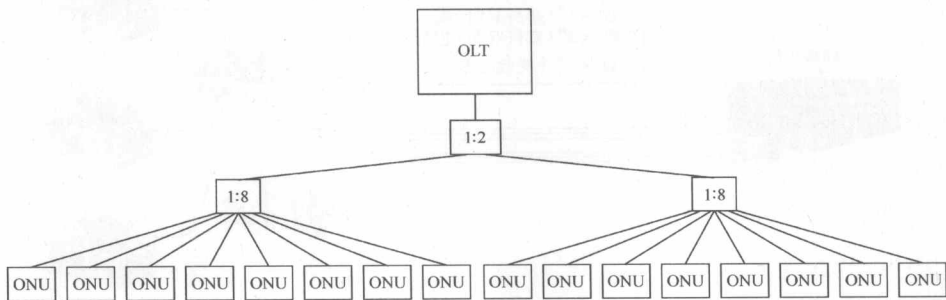
图 1-1 PON 系统的参考结构

OLT 是 PON 系统的局端设备，ONU 是 PON 系统的远端/用户端设备，ONT 特指用于单用户的 ONU（本书统一采用 ONU 的提法）。

ODN 提供 OLT 与 ONU 之间的光信号传输通道。ODN 以无源光分路器为核心，还可包括光纤/光缆、光连接器以及其他光配线设施（如光配线架、光交接箱、光分线盒、光分歧接头盒）等。实际部署时主要采用一级分光的结构和二级分光的结构（如图 1-2 所示）。



(a) 一级分光结构(以 16 个 ONU 为例)



(b) 二级分光结构(以 16 个 ONU 为例)

图 1-2 ODN 的拓扑结构



PON 系统最本质的特征有两点：第一是“点对多点”，即 OLT 与 ONU 之间是点对多点关系；第二是“无源”，即 ODN 中没有有源器件或设备，只存在无源器件或设施。

4. 点对点光接入和 PON 技术各有什么特点？

点对点技术的特点是控制简单、带宽独享、业务隔离性和安全性好，但光纤和局端光接口的数量大，导致成本较高。

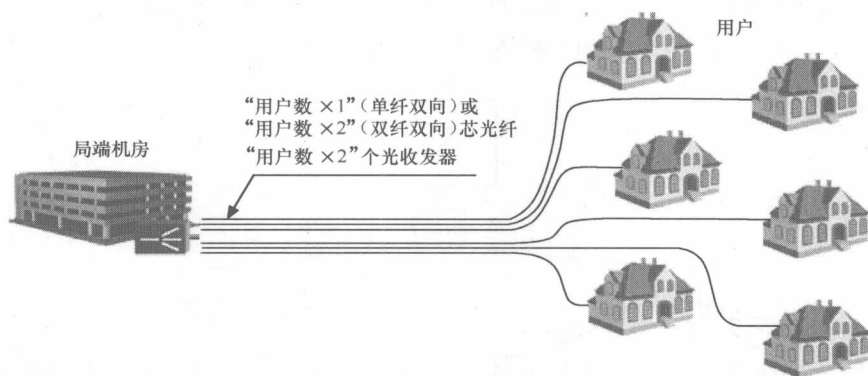
PON 技术的特点是线路带宽和主干光纤为共享方式，可以节省主干光纤和局端光接口，能够有效地降低组网成本，但控制协议较复杂。

图 1-3 简单描述了点点对光接入系统和 PON 系统。以接入 32 个用户为例，可以采用以下 3 种方式。

(1) 采用无源点对点方式（如图 1-3 (a) 所示）时，系统需要 64 个光收发器，32 芯（单纤双向）或 64 芯（双纤双向）光纤。

(2) 采用有源点对点方式（如图 1-3 (b) 所示）时，系统包括两级，小区中心设置一个交换机以实现业务收敛和中继功能。整个系统需要 66 个光收发器，1 芯（单纤双向）或 2 芯（双纤双向）主干光纤，32 芯（单纤双向）或 64 芯（双纤双向）配线光纤。

(3) 采用 PON 方式（如图 1-3 (c) 所示）时，系统包括 33 个光收发器，1 芯主干光纤、1 个 1:32 的光分路器，32 芯配线光纤。



(a) 无源点对点方式

图 1-3 光接入系统示意图

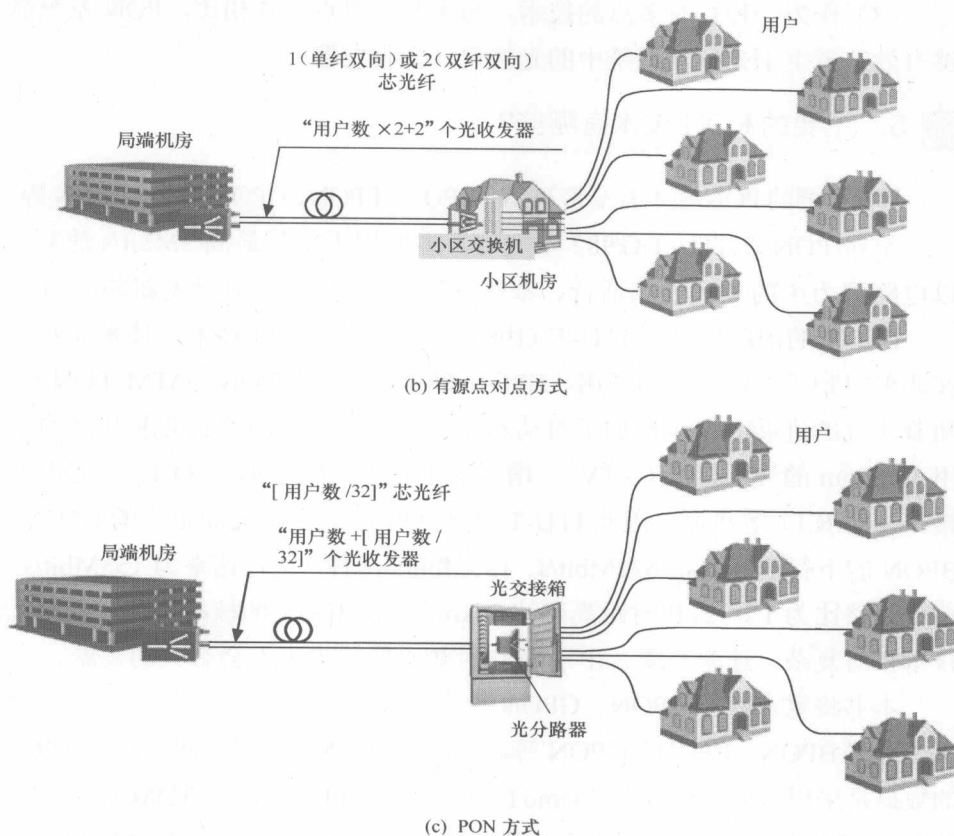


图 1-3 光接入系统示意图 (续)

从上述分析可见，PON 方式与无源点对点方式相比，不论是光纤还是光收发器都有明显的节省；与有源点对点方式相比，大量节省了光收发器，还省去了小区交换机。

总之，PON 技术的主要特点如下。

(1) 作为一种光接入技术，与 DSL 及其他基于金属线的接入技术相比，PON 系统的传输速率更高、距离更长、质量更好，不易受电磁干扰，而且能够节省铜这一重要资源。

(2) 作为一种无源光接入技术，与有源光接入方式相比，PON 系统能够有效避免有源设备出故障的可能性，其可靠性更高，维护更为简单，从而显著降低运行维护成本。