

现代通信技术应用丛书

宽带城域网实用手册

李 勇 陶智勇 编著
钮海明 张兴建

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

随着宽带业务需求的发展和潜在的巨额利润, 宽带城域网正成为当前建设的热点。《宽带城域网实用手册》从内容的实用性和技术的先进性出发, 力图回答通信/电信、计算机、有线电视三个领域中涉及城域网建设的技术人员或懂相关技术的管理者所关心的各种问题。

本书包括电信网的演进、城域网的基本概念、城域网的业务、城域网的结构、技术与方案、IP 技术与设备、宽带接入技术、城域网相关技术的发展动向以及城域网建设实例八个部分, 比较全面、详细地讨论了城域网建设中的相关问题。

图书在版编目(CIP)数据

宽带城域网实用手册/ 李勇等编著. - 北京: 北京邮电大学出版社, 2001. 3

ISBN 7-5635-0498-2

. 宽... . 李... . 宽带通信系统 - 计算机通信网, MAN - 问答 . TN915 . 142 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 08934 号

宽带城域网实用手册

编 著 李 勇 陶智勇 钮海明 张兴建
责任编辑 郑 捷 周 明

*

北京邮电大学出版社出版发行
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
印刷厂印刷

*

850 mm × 1168 mm 1/32 印张 14.25 字数 368 千字
2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷
印数: 1—5 000 册

ISBN 7-5635-0498-2 TN·226 定价: 28.00 元

前 言

我国城市经济发达，各类商业用户及普通用户密集，既是传统话音和数据业务的主要消费集中地，也是宽带业务需求急剧增长的地方。城域网是数据骨干网和长途电话网在城域范围内的延伸和覆盖，承担着集团用户、商用大楼、智能小区的业务接入和电路出租业务。城域网将是运营收入的主要来源。建设城域网、实现城市信息化，无疑是全民信息化的重点内容和前期目标。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。

《宽带城域网实用手册》从电信网的演进、城域网的基本概念、城域网的业务、城域网的结构、技术与方案、IP技术与设备、宽带接入技术、城域网相关技术的发展动向以及城域网建设实例八个方面比较全面、详细地讨论了城域网建设中的相关问题。内容的选取主要出于两个角度：1. 选择热点问题的角度。如：ATM与IP，尽管在技术变革的大背景下，争议很多，本文力图给出一个目前看来较为正确的回答。2. 选择基本内容的角度：通信/电信、计算机、有线电视三个领域的读者知识背景各不相同，本书在注重系统性的同时，也涉及到了一些关键的基础知识。如对路由器的介绍包括：什么是路由器、路由器的工作原理、路由器的种类、路由器的选择原则、路由器的发展趋势等。

本书的对象是通信/电信、计算机、有线电视三个领域中关心城域网建设的技术人员或懂相关技术的管理者。

本书的作者有的长期从事通信方面的教学、科研工作，有的

具有系统集成的实践经验，还有的多年从事电信运营方面的工作。本书的内容既包括了作者近两年在各刊物上发表的文章，也包含了作者在网络建设方面的许多体会。本书由武汉邮电科学研究生部李勇统编，陶智勇编写了本书的第一、五、六、七、八部分，浙江舟山电信公司钮海明编写了本书的第二、三部分，河南濮阳电信公司张兴建编写了本书的第四部分。武汉邮电科学研究所的熊兵、李锋、印钊、王峥辉等同志提供了丰富的资料，并提出了很多有益的建议。在此，一并向他们表示深深感谢！

作者

2001年3月

目 录

第一部分 电信网的演进

1 . 什么是信息高速公路 ?	1
2 . 什么是全球信息基础设施 ?	4
3 . 下一代通信网络技术发展的驱动力是什么 ?	6
4 . 下一代网络有何特点 ?	8
5 . 下一代通信网络结构是怎样的 ?	10
6 . 我国信息基础设施的现状怎样 ?	14
7 . 三网融合究竟是什么 ?	17
8 . 三网融合可能吗 ?	19
9 . 三网融合的会聚点在哪里 ?	23
10 . “ Everything over IP, IP over Everything ” 是什么含义 ?	25
11 . 公用通信网络的演变过程将会怎么样 ?	25
12 . 近期网络的具体演进策略有哪些 ?	27
13 . 光纤互连网将怎样演变 ?	32
14 . 当前网络技术存在哪些技术热点 ?	33

第二部分 城域网的基本概念

15 . 什么是城域网 ?	35
16 . 为什么宽带城域网成为当前网络建设的热点 ?	36

17 . 什么是城市信息港 ?	38
18 . 什么是 ISP ?	40
19 . 什么是多媒体通信网 ?	42
20 . 按网络规模和作用范围的大小, 计算机网络如何分类 ?	43
21 . 什么是广播式网络 ?	44
22 . 什么是点到点网络 ?	44
23 . 什么是 Internet ?	45
24 . TCP/ IP 体系结构是怎样的 ?	46
25 . 什么是摩尔定律 ?	49
26 . 什么是麦特卡尔夫定律 ?	50
27 . 什么是 2: 8 定律 ?	50

第三部分 城域网的业务

28 . 宽带城域网建设的目标是什么 ?	51
29 . 为什么说窄带、宽带业务会长期共存, 平滑过渡 ?	52
30 . 承载网络运营商可以通过城域网提供哪些业务 ?	52
31 . 业务提供商可以通过城域网提供哪些宽带业务 ?	53
32 . 城域网业务有哪些用户 ?	55
33 . 如何抓住用户发展城域网 ?	56
34 . 住宅小区智能化指的是什么 ?	57
35 . 智能小区的通信网络是怎样构成的 ?	59
36 . 目前, Internet 的主要服务包括哪些 ?	59
37 . IP 业务有何特点 ?	60
38 . IP 业务对电信业务有何影响 ?	61
39 . 什么是 IP 电话 ?	62
40 . IP 电话和传统电话相比有何特点 ?	63
41 . IP 电话有几种 ?	64

42 . 什么是电子商务 ?	66
43 . 什么是会议电视 ?	69
44 . 什么是网上教育 ?	70
45 . 什么是远程医疗 ?	71
46 . 什么是 VOD 应用 ?	71
47 . 虚拟现实是什么 ?	74
48 . 什么是网上办公发文 ?	75
49 . 什么是 MPEG-2 编码 ?	76
50 . 什么是 DVB 标准数字电视技术 ?	77
51 . 什么是 ATSC ?	78
52 . 宽带城域网建成之后常开展哪些业务 ?	80

第四部分 城域网的结构、技术与方案

53 . 城域网的网络是如何构成的 ?	81
54 . 城域网的数据交换技术方案有哪些 ?	84
55 . 城域网的数据传输技术方案有哪些 ?	85
56 . 接入层有哪些技术 ?	86
57 . 什么是 SDH ?	87
58 . 三种 SDH 自愈网络结构性能的比较各有何特点 ?	90
59 . 为什么 SDH 在中近期仍将继续发展	92
60 . 什么是波分复用技术 ?	92
61 . DWDM 系统是如何组成的 ?	93
62 . WDM 系统有哪些技术参数 ?	94
63 . 城域网对 DWDM 系统的功能有何要求 ?	96
64 . 城域网对 DWDM 系统中的光纤的技术有何要求 ?	98
65 . 城域网对 DWDM 系统中器件的技术有何要求 ?	99
66 . 什么是 IP over ATM ?	101
67 . 什么是 IP over SDH ?	103

68 . 什么是 IP over Optical/ WDM 技术 ?	108
69 . 什么是动态分组传送技术 ?	111
70 . 以 ATM 交换机为基础建设宽带城域网有何特点 ?	112
71 . ATM 技术的发展趋势如何 ?	113
72 . 千兆以太网对 ATM 技术有何影响 ?	114
73 . 利用高速交换路由器建设城域网有何特点 ?	116
74 . 利用 MPLS 构建宽带城域网有何特点 ?	117
75 . 为什么说 “ IP + ATM ” 在近期是一条相对稳健、实用化的道路 ?	117
76 . 单独由 ATM 或路由器组成的 Internet 主干网能满足要求吗 ?	120
77 . 当前城域网 6 种主要组网方案各有何特点 ?	121
78 . 宽带城域网应遵循什么样的建设思路 ?	122
79 . 什么是 MPLS ?	126
80 . MPLS 技术发展的背景是什么 ?	126
81 . 简述 MPLS 的基本原理是怎样的 ?	129
82 . MPLS 信令方式是如何实现的 ?	130
83 . MPLS VPN 的工作原理和特点是什么 ?	130
84 . MPLS 如何实现流量控制 ?	131
85 . MPLS 如何实现 QoS 功能 ?	133
86 . MPLS 的优势何在 ?	136
87 . MPLS 的标准化工作进展情况如何 ?	137
88 . MPLS 的实验情况怎样 ?	139
89 . MPLS 研究发展趋势如何 ?	140
90 . MPLS, ATM, IP 技术三种方案优劣势如何 ?	142
91 . 如何建设发展 MPLS 网络 ?	143

第五部分 IP 技术与设备

92 . 网络互连设备主要有哪些 ?	145
93 . 什么是 RJ-45 非屏蔽双绞线连接器 ?	146
94 . RS-232 有何特点 ?	146
95 . 标准 RS-449 有何特点 ?	147
96 . 什么是图像编译器 ?	149
97 . 什么是中继器 ?	150
98 . 什么是集线器 ?	150
99 . 集线器的种类有哪些 ?	151
100 . 什么是网桥 ?	152
101 . 什么是网卡 ?	154
102 . 网卡的种类有哪些 ?	155
103 . 什么是路由器 ?	157
104 . 什么是高速路由器 ?	159
105 . 第一代单总线单 CPU 结构路由器是怎样的 ?	160
106 . 第二代单总线主从 CPU 结构路由器是怎样的 ?	160
107 . 第三代单总线对称式多 CPU 结构路由器是 怎样的 ?	161
108 . 第四代多总线多 CPU 结构路由器是怎样的 ?	161
109 . 第五代共享内存式结构路由器是怎样的 ?	161
110 . 第六代交叉开关体系结构路由器是怎样的 ?	162
111 . 路由器如何分类 ?	162
112 . 路由器有哪些应用领域 ?	163
113 . 路由器的数据包转发具体过程是怎样的 ?	164
114 . IP 路由器速度是如何提高的 ?	165
115 . 什么是 IP QoS ?	167
116 . 为什么需要 IP QoS ?	168

117 . IP QoS 可以根据哪些可度量的参数来描述 ?	169
118 . 对 QoS 的支持来自于哪两方面 ?	169
119 . 什么是实时传输协议/ 实时控制协议 (RTP/ PTCP) ?	171
120 . 什么是资源预留协议 ?	172
121 . 什么是 IP 多点广播技术 ?	172
122 . 什么是 H.323 标准 (IP 网络的多媒体 通信基石) ?	173
123 . 为什么会提出 IPv6 ?	174
124 . IPv6 有哪些特点 ?	175
125 . 什么是逐跳路由与显式路由 ?	178
126 . 什么是 MPLS 流量工程和网络管理 ?	179
127 . 路由器必须具有哪些安全特性 ?	180
128 . 路由器选型有哪些基本原则 ?	181
129 . 选择路由器时应注意哪些问题 ?	183
130 . 路由器发展趋势是什么 ?	184
131 . 什么是交换机 ?	186
132 . 交换机有哪几种 ?	187
133 . 交换机具体技术实现主要有哪些 ?	188
134 . 什么是端口交换 ?	191
135 . 什么是帧交换 ?	192
136 . 什么是 ATM 交换 ?	193
137 . 什么是第二层交换 ?	194
138 . 什么是第三层交换 ?	194
139 . 什么是第四层交换 ?	196
140 . 第四层交换机必需具有哪些功能 ?	197
141 . 什么是面向电子商务的第七层交换技术 ?	199
142 . 什么是 Web 交换机 ?	200

143 . 什么是 IP 交换技术 ?	201
144 . Ipsilon 的 IP Switching 如何 ?	202
145 . 什么是 Tag Switching ?	202
146 . 什么是 Fast IP ?	203
147 . Fast IP 有何优点 ?	204
148 . 什么是虚拟网 ?	204
149 . 采用 VLAN 具有哪些优势 ?	205
150 . VLAN 之间通信的主要方式有哪几种 ?	206
151 . 交换机应用领域有哪些 ?	207
152 . 交换机性能指标有哪些 ?	208
153 . 如何选择交换机 ?	210
154 . 交换和路由相结合网络的控制方法有哪些 ?	216
155 . 新一代吉位线速路由交换机有何特点 ?	218
156 . 传统路由器与标记交换路由器 (LSR) 相比较 有何特点 ?	219
157 . ATM 交换机上提供 POS 和 GE 等接口与真正的 GSR 有 何不同 ?	220
158 . GSR 设备提供的 ATM 接口与 ATM 交换机上的接口有何 不同 ?	220
159 . 什么是一体化交换和 LAN MAN WAN 融合 ?	220
160 . 什么是网关 ?	222
161 . 什么是 IP 电话网关 ?	222
162 . IP 电话网关主要功能是什么 ?	223
163 . IP 电话网关设备有哪些类型 ?	224
164 . IP 电话网关的发展趋势是什么 ?	224
165 . 防火墙是什么 ?	225
166 . 防火墙技术的安全性如何认识 ?	226
167 . 防火墙的基本类型有哪些 ?	230

168 . 什么是包过滤防火墙 ?	230
169 . 什么是应用级网关 ?	232
170 . 什么是电路级网关 ?	233
171 . 什么是规则检查防火墙 ?	234
172 . 防火墙如何配置 ?	235
173 . 防火墙的安全措施有哪些 ?	236
174 . 防火墙技术有何优缺点 ?	237
175 . 选择防火墙需要综合考虑的问题 ?	238
176 . 防火墙产品的发展趋势 ?	241
177 . 什么是代理服务器 ?	244
178 . 代理服务器有哪些功能 ?	245
179 . 代理服务有何优缺点 ?	246
180 . 什么是服务器技术 ?	248
181 . PC 服务器有哪些相关性能和技术 ?	249
182 . 服务器的种类如何 ?	252
183 . 什么是服务器的集群技术 ?	253

第六部分 宽带接入技术

184 . 什么是接入网 ?	255
185 . 为什么在一个接入平台上综合各种接入技术已 显得越来越重要 ?	256
186 . 接入网与远端模块有何不同 ?	257
187 . 使用信令转换架有何危害 ?	259
188 . 什么是 V5 接口 ?	260
189 . 什么是 VB5 接口 ?	262
190 . VB5 接口应用前景如何 ?	263
191 . 基于传统 Modem 的用户接入城域网 的方式有何特点 ?	264

192. 什么是调制解调器？	265
193. Modem 是如何工作的？	265
194. 56 kbit/s 高速 Modem 有何特点？	266
195. 调制解调器如何分类与选择？	267
196. 如何选购调制解调器？	268
197. 基于 ISDN 的用户接入城域网的方式有何特点？	270
198. Internet 旁路技术的发展趋势如何？	271
199. 什么是后置旁路技术？	271
200. 什么是前置旁路技术？	272
201. 什么是内置旁路技术？	272
202. 什么是 xDSL？	273
203. 什么是 ADSL？	274
204. ADSL 接入模型如何？	275
205. ADSL 发展状况如何？	277
206. ADSL 设备如何安装？	278
207. 什么是 G.Lite 或 DSL Lite 接入技术？	279
208. 什么是 VDSL (甚高比特率数字用户线) 技术？	280
209. 什么是以太网，什么是 802.3 局域网？	281
210. 以太网接入的用户接入城域网的方式有何特点？	282
211. 以太网技术是如何发展的？	283
212. 以太网能提供服务质量的保证吗？	284
213. 千兆以太网进展如何？	285
214. 万兆 10 Gbit/s 以太网进展如何？	287
215. 什么是 HFC 接入技术？	290
216. HFC 的用户接入方式有何特点？	293
217. 什么是 Cable Modem？	294
218. MCNS 标准的基本内容是什么？	296
219. Cable Modem 如何工作？	297

220. Cable Modem 优势何在 ?	298
221. 无线接入的用户接入城域网的方式有何特点 ? ...	299
222. 什么是 WAP ?	300
223. GPRS 能取代 WAP 吗 ?	301
224. 什么是 MMDS ?	302
225. 什么是本地多点分配业务接入 ?	303
226. LMDS 的系统如何组成 ?	304
227. LMDS 的发展背景是什么 ?	306
228. LMDS 的特点及其发展前景如何 ?	308
229. ADSL 与 Cable Modem 比较有何特点 ?	310
230. ADSL 与普通拨号 Modem 及 N-ISDN 比较有何特点 ?	310
231. 几种接入方式 ADSL/ VDSL, 以太网 IP WLL, LMDS, 移动 IP, HFC 各有何特点 ?	311
232. ADSL、以太网两种接入方式的成本比较哪个高 ? ...	311
233. 什么是无源光网络 (PON) ?	316
234. 什么是 APON ?	317
235. PON 系统工作原理是怎样的 ?	318
236. 实现 APON 的关键技术有哪些 ?	319
237. 什么是同步 PDH (SPDH) ?	320
238. SPDH 有何特点 ?	321
239. 有源与无源接入系统相比各有何特点 ?	322
240. PON 组网拓扑结构有哪些 ?	324
241. 无源光网络发展前景如何 ?	326
242. 什么是个人局域网 ?	327
243. 什么是蓝牙技术 ?	327
244. 蓝牙技术主要有哪些应用 ?	330
245. 蓝牙技术有何局限 ?	330

246. 蓝牙的前景如何？.....	331
247. 什么是 IrDA 技术？.....	332
248. 蓝牙与 IrDA 相比较有何特点？.....	333
249. IrDA 和蓝牙可以互通吗？.....	338
250. 什么是无线市话？.....	339
251. 无线市话有哪些技术特点？.....	340
252. PHS 在日本为什么没有壮大起来？.....	340
253. 无线与有线的未来之争是替代还是融合？.....	341
254. 什么是 IP 接入网？.....	343
255. IP 接入网参考模型是怎样的？.....	344
256. IP 接入网与 G.902 定义的接入网有哪些不同？... ..	344
257. 综合业务接入网演进通常有哪几步？.....	346
258. 宽窄带业务是否应集成到一个背板上？.....	348
259. 宽窄带业务是否应共享一条带宽？.....	349
260. 为什么接入技术选择要适度超前？.....	350

第七部分 城域网相关技术的发展动向

261. 当前 IP 技术的研究重点有哪些？.....	353
262. 电信网与信息网的区别是什么？.....	355
263. 武汉邮电科学研究院提出的 IP over SDH 提案有什么意义.....	356
264. 造成网络安全保密问题日益突出的主要原因有哪些？.....	357
265. 什么是流量工程？.....	358
266. 有哪些网络管理技术标准？.....	359
267. 什么是基于策略的网络管理？.....	360
268. 城域网的设计包括哪些内容？.....	361
269. 什么是 IP 软技术？.....	362

270. 什么是动态同步传送模式 ?	364
271. 动态同步传送模式的基本原理是什么 ?	365
272. 如何建构 ISP ?	367
273. 如何经营 ISP ?	368
274. 什么是空中 Internet ?	369
275. 输电线路接入的最新进展如何 ?	370
276. 国际光纤特性和试验方法的标准有什么 最新研究进展 ?	372
277. 多模光纤传输高速率信号有何新的突破 ?	376
278. 大气光通信有何新的突破 ?	376
279. 光通信系统的发展现状如何 ?	377
280. 什么是全光网 ?	380
281. OTN 的进展情况如何 ?	384
282. 什么是多协议波长标记交换 ?	385
283. 什么是 IP 优化光网络 ?	385
284. 如何理解发展宽带 IP 城域网已是当务之急 ?	387
285. 什么是光互连网络模型 ?	388
286. 为什么在光网上直接架构吉位以太网正在 成为城域网主流 ?	388
287. 什么是弹性分组环多业务供应平台 ?	391
288. 有哪几种常见的提供多业务的方案 ?	393
289. 什么是电信级 IP 网 ?	395
290. 什么是呼叫中心 ?	397
291. CTI 技术内容有哪些 ?	397
292. 什么是多媒体呼叫中心 ?	398
293. 呼叫中心发展趋势是什么 ?	399

第八部分 城域网建设实例

一、城域网建设实例（运营商）

294. 上海的 ATM 城域主干网	401
295. 中国网通上海宽带 IP 城域网	402
296. 新乡有线台宽带多媒体城域网络的建设	403
297. 大庆广电城域网	408
298. 青岛电信宽带 IP 网	409
299. 成都市广电华宇宽带信息网络的建设	411
300. 南京电信的宽带城域网	412
301. 昆明市电信宽带 IP 城域网	413
302. 邯郸有线电视台宽带 IP 城域网	415

二、城域网建设实例（厂商）

303. 宽带城域网解决方案具备哪些主要特点？	419
304. 城域光传输网传输解决方案是怎样的？	422
305. 如何提供完整的 IP 解决方案？	424
306. 如何提供城区宽带接入网解决方案？	428

第一部分 电信网的演进

通信网正向宽带化、分组化、综合化、光纤化发展，把握网络发展的趋势，从全球信息基础设施、国家信息基础设施的高度考虑如何去建设、发展通信网的每一个部分，迎接通信产业的开放、竞争，是每一个新老电信运营商、制造商必须认真思考的问题。

1. 什么是信息高速公路？

1993年9月15日美国政府发表的“国家信息基础设施行动议”（The National Information Infrastructure: Agenda for Action）一文件中正式出现，它的英文原词是 National Information Infrastructure，缩写为 NII。与此同时，还出现了 NII 的通俗说法——信息高速公路，并在全世界掀起了讨论信息高速公路的滚滚热潮。

其实，信息基础设施早已存在于每个国家，只不过在规模大小、先进性、功能完善程度等方面各不相同而已。然而，美国这次提出 NII 是一个高水准的目标，它要求在全美建成通达全国各地的信息高速公路，也即一个由通信网、计算机、信息资源、用户信息设备与人构成互连互通、无所不在的信息网络，通过它，为每个人及他（她）所用的信息设备提供接入 NII 的能力，凭借这种能力，可以把人、家庭、学校、图书馆、医院、政府与企业一一关联起来，可以获得各种各样公用和专用的信息资源和传送

音频、数据、图文、视像和多媒体等各种形式的信息，同时满足不同类型用户所需的不同应用和不同性能要求（如距离、速度、时延、连接频次和保持时间等）。也就是说，通过 NII，可以提供一系列不同的、既复杂而又容易使用的服务，使每个用户都可以得到最佳的性能价格比。

美国为什么由政府出面来提出建设信息高速公路呢？这正如美国前副总统戈尔所反复强调的：建设信息高速公路是美国掌握未来世界竞争先机的枢纽。实际上，美国政府是在发动一场信息革命，希望综合不同企业的长处，共同建造信息高速公路，完成美国从工业时代向信息时代的过渡，开发更大的潜在市场，把美国从经济缓慢复苏的困境中解脱出来，再次刺激美国经济的繁荣和发展，就像在工业时代美国高速公路网所起的作用一样，促进美国成为世界之首的经济强国。

将来 NII 提供的新业务将建立在如下事实的基础上：

- 视像和多媒体信息为主；
- 联网的计算机能力；
- 先进的音频、图文和视频处理能力；
- 个人移动性和不受限制的通信；
- 各种各样的信息服务；
- 智能化的宽带网。

NII 提供的新服务将具有如下特点：

- 与距离无关；
- 与地点无关；
- 与时间无关；
- 突出交互性，按需提供服务；
- 人与人的通信趋于个人化，即具有个人通信的一切属性；
- 人与机器之间的交互动作变得更加自然化，如用语音控制或使用自然语言而非机器语言等。

简而言之，一个高水准的 NII 将能够为人类提供随时随地随意的信息服务。要实现“随时随地随意”需要生产大量可以在 NII 内任意流通和保存的动态信息，需要建造可以让任何信息流通的高速公路和通往家家户户的出入通道，需要给网络配备能够管理整个系统和能够按人们意愿提供各种友好服务的高度智能，需要制造各种各样能以最佳方式最终把信息传递给人类的用户信息设备，还需要制定一整套的方针政策和管理办法。美国想要实现的也就是这样一个高水准的 NII。

不管是目前还是将来，每个国家的 NII 从物理层看，都由信息资源系统、用户信息设备、本地网络和长途网络四大部分组成。信息资源系统是采集、保存、更新、提供和管理信息，形成信息资源的地方。用户信息设备是人和 NII 的接口设备，通过它，网中的数字信息变成人类器官能够感知的信息形式。本地网络和长途网络完成信息服务方式的设定、信息传送、信息交换、信息分配、信息服务监视、维护和计费功能。

从提供的服务的角度看，NII 可以分成三层。第一层是服务层，它为每个用户定义和制作各种各样的服务；第二层是服务递送层，它负责以经济有效的方法把服务递送给用户。第三层是服务管理层，它完成向用户提供服务所需的所有运行支撑工作，包括监视、维护和计费等。因此，严格讲，NII 与信息高速公路之间是不能划等号的。信息高速公路只是高水准 NII 的一个主要组成部分，而 NII 涉及信息活动的全过程与全部环节。在国际电信联盟（ITU）文件中也写道，组成 GII（Global Information Infrastructure）的网元包括现有网络、信息高速公路、超级信息高速公路、服务提供者、应用提供者和运送提供者。因此，一个国家有信息基础设施并不等于有信息高速公路，有少数几条高速信道也不等于有高水准的现代化 NII。就像交通运输一样，有交通基础设施并不等于有高速公路，有少量几条高速公路也不等于有高水

准的现代化交通基础设施。美国政府最初曾考虑过把 Internet 作为美国 NII 的基石，后来在听取了许多大公司的意见之后才认识到 Internet 无论在信息资源、信息网络或信息使用等方面离 NII 的目标都还很远。它无法顶替 NII 来把各行各业的专业人才以及普通公民关联起来，实现为全民服务的目的。

实现高水准 NII 需要一些基本技术来支撑。虽然有不少技术（如芯片技术、信号处理技术与软件技术等）是共同的，但是 NII 的不同组成部分还是需要一些各自特定的基本技术。信息源部分需要处理机技术、信息存储技术、信号处理和压缩技术、信息变化技术、信息导航技术、用户账号管理技术及数据库技术等；用户信息设备涉及各种信息用具、音频和视频信号处理和压缩技术、显示技术、软件等；本地网络和长途网络部分需要先进的铜线、光纤和无线宽带传输技术（包括接入技术）、话音/数据/视像/多媒体交换技术、智能网节点技术、通信协议、信号处理与压缩技术、编号与寻址技术、网管技术、软件等。20 世纪 80 年代末 90 年代初开始大力研究开发的 B-ISDN、智能网、ATM 交换、多媒体通信和个人通信等技术实际上都是与现在所说的 NII 密不可分的，都是实现 NII 的关键技术。从网络角度讲，关键之关键是要解决好接入、互连和智能三大问题。

2. 什么是全球信息基础设施？

继 NII 之后，美国政府于 1994 年 9 月又创导了全球信息基础设施（Global Information Infrastructure，缩写为 GII），意在建造一个全球范围内的信息基础设施。1995 年初，西方七国首脑聚会商讨 GII 事宜。现在 GII 已被提到国际电联的研究日程。国际电联文件规定 GII 的目的是确保网络、信息处理系统和各种应用之间的互可操作性（Interoperability），使全世界每个公民最终都能

进入信息社会。围绕这一目标，国际电联对实现 GII 提出了以下原则：促进公平竞争；鼓励私人投资；规定一种有适应能力的管理框架；提供网络开放接入；确保服务能普遍提供和获得；向每一公民提供平等的机会；促进信息内容的多样化；认清世界范围合作的必要性，尤其要注意与不发达国家的合作。

具体而言，在建设和发展 GII 时将从以下几方面来体现上述原则：

- 提高互连性和互可操作性；
- 发展全球的网络、服务和应用市场；
- 确保个人隐私和数据安全；
- 保护知识产权；
- 加强研究开发方面和发展新应用方面的合作；
- 跟踪信息社会的社会内涵。

总的来讲，GII 必须使人们在可接受成本和质量的条件下，能随时随地安全地使用一系列通信服务，这些服务可以支持开放式的多种应用并包括各种信息方式；GII 必须要在共同原则的基础上达到国际统一的目标，并且在各个可互连、互操作网络、信息处理设备、数据库与终端组成的无缝大系统的基础上由这些原则来统管进网需求、应用需求以及它们的操作性；GII 还必须允许在信息工业内部存在竞争。GII 结构模型如图 1.1 所示。

关于 GII 标准的制定，国际电联已提出分两步走的标准方案。第一步以现有技术、现有窄带业务和能力（PSTN，N-ISDN，IN 和移动通信）为基础，主要考虑为了获得一个完整 GII 所需的综合能力，并且主要着眼于信息处理和存储平台对 GII 的贡献。第二步则是以更先进的技术以及宽带业务与能力为基础，主要着眼点是加强智能网技术，建立一个功能全面但与第一代 GII 功能互通的 GII。互连网的发展趋势有许多方面与构想中的 GII 不谋

而合，目前趋向采用宽带 IP 技术来建设 NII 和 GII。

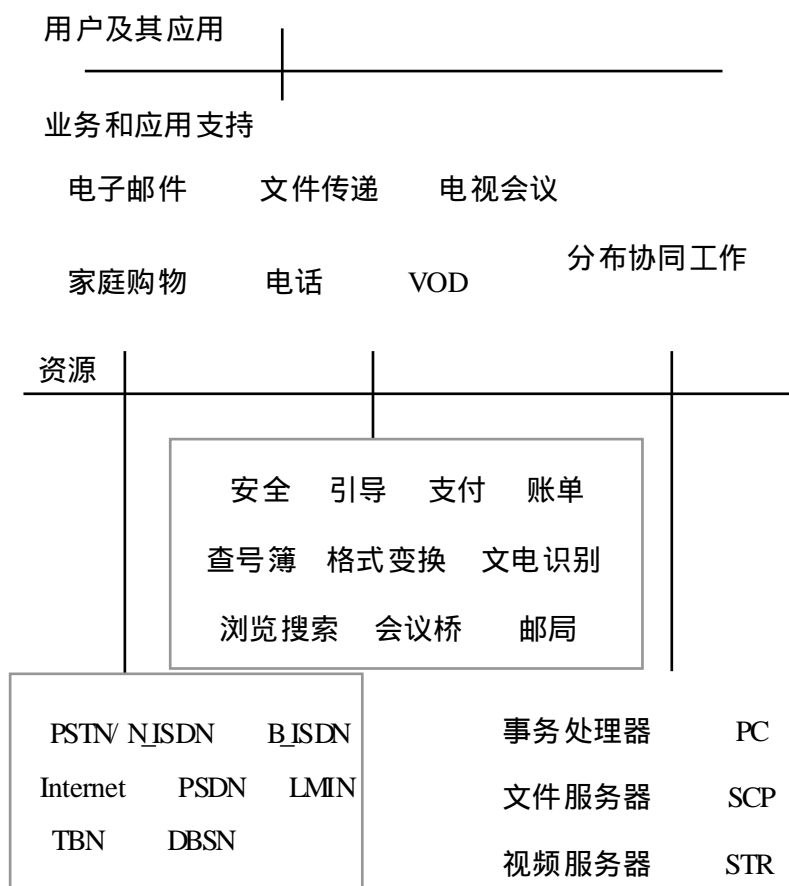


图 1.1 GII 结构模型

3. 下一代网络技术发展的驱动力是什么？

下一代网络技术发展的驱动力主要体现在以下几个方面：

(1) 数据业务量对网络形成了巨大的压力。100 年来，电信网的主要业务是电话业务，因而电信网一般称为电话网。传统的电话网设计都是以恒定的对称的话务量为对象的，成本和利润处

于严格管制之下，网络呈资本密集型，网络容量与话务容量高度一致（话路本位），业务和网络均呈稳定低速增长。近 10 年来，全世界电话用户的增长率平均为 5% ~ 10%。

然而，近年来，由于计算机的广泛应用和普及，数据业务正呈现指数式增长态势，平均年增长率达 5% ~ 10%，远高于电话业务。特别是 IP 业务正呈现爆炸式增长，其规模和业务量已达到了 6 ~ 12 个月就翻一番的地步，比著名 CPU 性能进展的摩尔定律（18 个月左右就翻一番）还要快 1.5 ~ 3 倍。数据业务量特别是 IP 业务量的飞速增长，对以电话业务量为主的传统电信网络形成越来越大的压力，主要表现形式如下：

大量低延时数据业务应用（诸如 Web 浏览、LAN）需要高带宽。例如 Web 浏览的典型带宽可从数百千比特每秒到数兆比特每秒，而 LAN 的典型带宽可从数兆比特每秒到上百兆比特每秒。

本身带宽窄，但通信量极大的业务应用（诸如电话、E-mail）也需要很高的网络带宽，而且除了电话业务，特别是蜂窝移动电话业务在继续增长外，目前 E-mail 的附件规模正变得越来越大。

固有的宽带应用（诸如图像、文件备份）更需要高带宽。

显然，按此趋势，用不了几年，网上的数据业务将会超过电话业务。在北美，有些网络（诸如太平洋贝尔）上数据业务已经超过电话业务，像 AT&T 这样的老牌电信公司，数据业务也将在 2001 年左右超过电话业务。从全世界范围看，估计在未来 10 年内，包括中国电信网在内的世界主要网络的数据业务量都将先后超过电话业务量。最终，电信网的业务将主要是数据，而非电话，100 年来网络的电话主业将变成副业，网络的业务性质将发生根本性的变化。

除此以外，由于网络生存性要求，以 DXC 选路和自愈环为基础的自愈网分别需要多消耗 30% ~ 60% 和 100% 的额外网络容

量。上述因素对网络容量需求的巨大压力，使核心网和接入网的宽带化成为日益紧迫的任务。

(2) 世界各国纷纷放松电话公司、互连网公司和有线电视公司之间的管制，允许它们互相渗透、互相竞争。美国国会参、众两院经过两年多的审议之后，于 1996 年 2 月 1 日分别通过了《1996 年通信法案》，目标是创建“一个支持竞争、放松管制的国家政策框架，其意图是通过把全部通信市场对竞争开放，促进私营部门开发先进的通信、信息技术以及发展面向全体美国人的先进通信、信息服务。”该法令奠定了三网融合的法律地位，即在美国的通信公司、有线电视公司和 Internet 服务商，可以在同一市场经营、竞争，业务可以横跨三网。

(3) 技术的进步使发展下一代网络成为可能。如数字技术的飞速发展、多媒体技术的兴起让所有的信息目前都可以表示为“1”，“0”，从而打破原来在传统通信业、计算机业和有线电视业等行业之间的技术界限，以前那种“一种业务一个网络”的网络形态和经营思路也发生了变化。还有波分复用的应用，网络链路容量有了新的突破性进展。目前单对光纤的实际传输容量已达 160 Gbit/s ($16 \times 10 \text{ Gbit/s}$) 和 100 Gbit/s ($40 \times 2.5 \text{ Gbit/s}$)，实验室已完成 1 Tbit/s ($100 \times 10 \text{ Gbit/s}$) 的试验。网络节点（无论是交换机还是高速交换路由器）的通透量也均已突破 $60 \sim 80 \text{ Gbit/s}$ ，总通透量超过 1 Tbit/s 的路由交换机即将问世。各种宽带接入技术争奇斗妍。总之，电信核心网部分的宽带化正在全世界迅速展开，接入网的宽带化也正在逐渐进行，并将成为 21 世纪的重头任务。

4. 下一代网络有何特点？

下一代网络应该是可以提供包括话音、数据和多媒体等各种

业务的综合开放的网络构架，有以下三大特征。

第一，下一代网络体系采用开放的网络构架体系，其特点如下：

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标准。

部件化使得原有的电信网络逐步走向开放，运营商可以根据业务的需要自由组合各部分的功能产品来组建网络。部件间协议接口的标准化可以实现各种异构网的互通。

第二，下一代网络是业务驱动的网络，其功能特点是：

业务与呼叫控制分离；

呼叫与承载分离。

分离的目标是使业务真正独立于网络，灵活有效的实现业务的提供。用户可以自行配置和定义自己的业务特征，不必关心承载业务的网络形式以及终端类型。使得业务和应用的提供有较大的灵活性。

第三，下一代网络是基于分组的网络。

现有的信息网络，无论是电信网、计算机网和有线电视网不可能以其中某一网络为基础平台来生长信息基础设施，但近几年来随着 IP/ATM 的发展，使人们真正认识到电信网络、计算机网络及有线电视网络将最终汇集到基于分组技术的网络，IP 协议使得各种以 IP 为基础的业务都能在不同的网上实现互通，人类首次具有了统一的为三大网都能接受的通信协议，从技术上为 NII 奠定了最坚实的基础。IP 协议已经成为世界，乃至中国信息产业界的最热门话题，它几乎成为信息网络的代名词，它将最终演化成为当今世界各国极力推行的 NII 和 GII 的核心。

目前互连网已发展成为全球的信息网络，其规模和用户数量仅次于电话网（PSTN）和有线电视网。互连网的快速发展极大

地改变了人们的社会、政治、经济和文化生活。从其发展的过程来看，互连网有许多方面与构想中的 GII 有着惊人的相似之处，如覆盖全球、全方位命名、全方位服务、开放型系统，可支持视频、音频多种业务等。而这些方面恰恰是 PSTN 所固有的缺陷（除了覆盖全球之外），因此互连网的快速发展既给我们带来了机遇，又使我们面临严峻地挑战，专家预测互连网的未来发展必然会促使行业之间的互相渗透、重组和新生，通信、广播、计算机和数字技术等会如同凤凰涅槃，互连网在下一世纪的社会经济发展中将起到越来越重要的作用。所以无论在技术上和业务上，话音与数据的融合将成为网络发展趋势的必然。

5. 下一代通信网络结构是怎样的？

各大公司都在设计构思未来网络的蓝图，诸如可持续发展的网络（CUN），一体化网络（UN），下一代网络（NGN）和新的公众网络（NPN）等等。但其基本思路都是共同的，即具有统一的 IP 通信协议和巨大的传输容量，能以最经济的成本灵活、可靠、持续地支持一切已有和将有的业务和信号。具体说，其上层连网协议将是 TCP-IP，中间层是 ATM 和/或 SDH，最下面的基础物理层是波分复用（WDM）光传送网。从而可以提供巨大的网络带宽，保证可持续发展的网络结构，容量和性能以及廉价的成本和支持当前和未来的任何业务和信号。上述分组化网有着传统电路交换网所难以具备的一些优势，诸如无复杂的时分复用结构，有信息才占用网络资源，效率高，成本低，信令、计费 and 网管简单，可适应非对称的突发数据业务等。显然，随着网络中数据业务量成为主导后，从传统的电路交换技术逐步转向以数据特别是以 IP 为基础的整个电信新框架将是历史的必然。当然这种转变不是一朝一夕就能完成的，可能需要 10 ~ 15 年的漫长时间，但

其对电信业的影响却是 100 年来最重大和最深刻的一次，也势必对电信产业结构产生重大的影响。

以上分析表明：下一代网络将是一个由目前已有网络和采用各种新的核心、边缘和接入技术形成的基于分组的新公用网络综合而成的混合网络，其基本结构如图 1.2 所示。从网络横向分割的观点来看，下一代网络主要可分为边缘网络和核心网络两大部分。

(1) 边缘网络：由各种宽窄带接入设备、各种类型的接入服务器，边缘交换机/路由器和各种网络互通设备构成。

(2) 核心网络：由基于 WDM 光传送网连接骨干 ATM 交换机和/或骨干 IP 路由器构成。

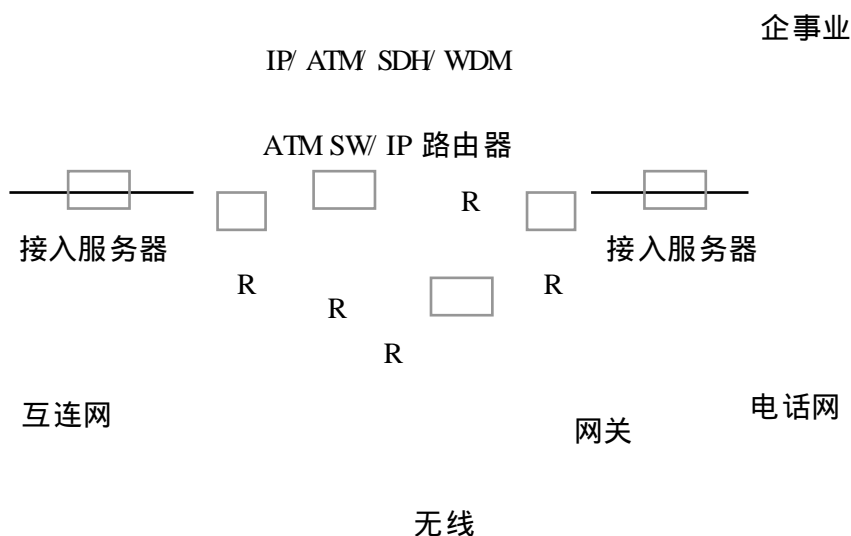


图 1.2 下一代电信网——水平的观点

边缘网络的主要作用是为用户服务，它通过具有各种接口的接入设备与用户相连，通过各种功能强大的业务平台为用户快速部署所需的业务并提供满意的质量和合理的价格，以给网络运营者创造收入。边缘网络的设备要大大多于核心网络，通常服务商

用于边缘网络的投资比核心网络多 7~10 倍，因此，边缘层应该非常经济有效。它能够通过增加新的功能（模块和/或软件）快速高效地部署新的业务，这样可逐步升级已有的网络，以适应技术和市场的不断发展。新的边缘网络可直接与核心网络相连，而已有的边缘网络通常要通过各种网络互通设备与新的核心网络相连，其业务流量既可以通过已有的电路交换核心网，也可以通过基于分组的新核心网，而新核心网的业务流量一般不通过已有的电路交换核心网。

核心网络主要为边缘网络提供服务。它将边缘网络汇集形成的较低速率的数据流量，再汇集到更高的高速主干线中进行快速可靠的传输。核心节点必须具有很高的处理能力，核心节点的互连应充分利用光纤传输技术的快速发展成果（尤其是 DWDM），从而经济有效地传送基于 IP 和 ATM 的流量。随着网络信息资源的不断开发丰富，业务流量将更多地通过广域网进行长距离传输，以前 LAN 和 WAN 之间的业务流量之比为 80:20，现在已经倒过来为 20:80。在下一代网络中，核心网络的流量比重将会更大。因此，核心网络在简化网络的拓扑结构、提高整个网络的传输速度和效率、降低网络的运行成本等方面起着至关重要的作用。

从网络纵向分层的观点来看，可根据不同的功能将网络分解成多个功能层，上下层之间的关系为客户/服务者关系。网络的纵向分层结构也是网络演进的争论焦点。分七层曾经很被看好的开放系统互连（OSI）模型显得太复杂，一些上层的存在已受到了挑战，以 TCP/IP 为核心的模型因其简单易行正逐渐占据主导地位。下一代网络的结构层次主要可分为业务应用层、业务承载及交换层和宽带传输基础设施物理层等三个层面（如图 1.3 所示）。

(1) 业务应用层：电信的数据服务如网络商务、电子邮件、传真服务、话音服务、图像、影像服务、虚拟专用网服务等。

(2) 业务承载及交换层：IP/ ATM 协议层进行信息的交换、业务质量控制、带宽管理及路由管理。

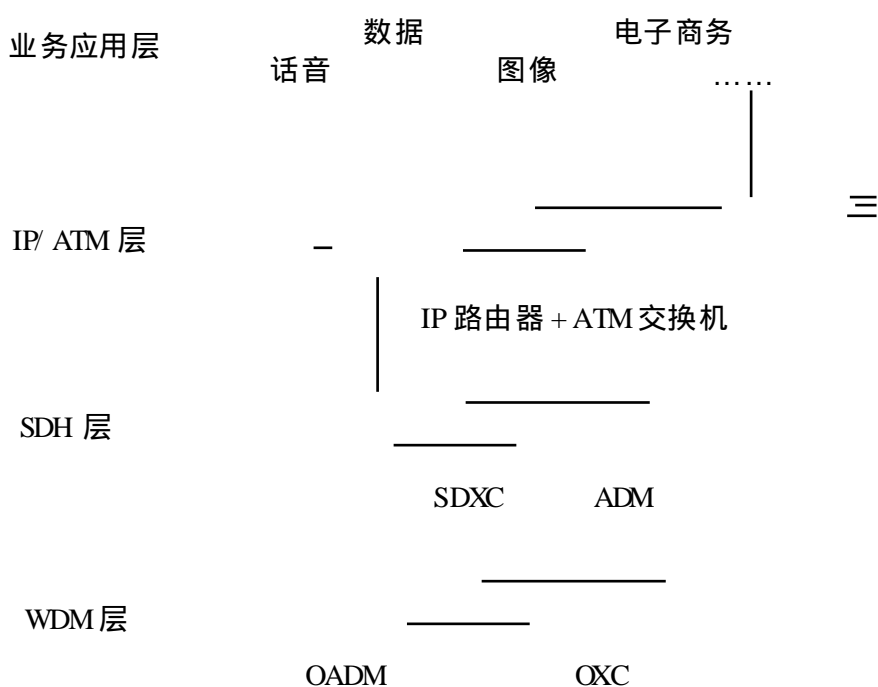


图 1.3 下一代网络的分层结构

(3) 宽带传输基础设施物理层：提供宽带传输。宽带基础可以选择的方式有 ATM，SDH 以及 WDM，不同的运营网络可以结合自己的特点选择。在下一代网络中核心网主要会采用 SDH 层和 WDM 层。

综上所述，在可以预见的未来，为了适应复杂的网络应用环境，我国下一代电信网的结构将是混合网结构。网络将是以数据，特别是以 IP 业务为中心的数据网，传统电话网（无论是有线还是无线）将通过电信级语音网关与之相连。网络的高速骨干

网可以采用 ATM 交叉连接设备和高速千兆比或太兆比路由器，IP 网的边缘部分可采用 IP over ATM，ATM 以网络形式来支持 IP 网，以此构成高性能的 IP 网。随着 IP 业务成为网络的主要业务和应用协议，IP over Optical 将逐渐成为网络的主导形式，在核心网中开始取代 ATM 交叉连接设备乃至 IP over SDH。在相当长的时间内，三者将共存和互补。而传统的电路交换网将通过网关与数据网相连。在可以预见的未来，电路交换，ATM 交换和 IP 路由将共存互补，以适应多样的网络环境并支持各种业务。因而，能够支持基于 ATM IP 分组网和电路交换网络间的无缝互通，保证各自的应用/业务的互操作性是下一代网络能否顺利演进发展的关键。为了更形象地描述下一代网络的结构，图 1.3 和图 1.2 从垂直和水平的观点给出了下一代网络的初步结构考虑。其中 ADM 和 OADM 分别表示电的分插复用器和光的分插复用器，而 SDXC 和 OXC 分别表示电的 SDH 交叉连接器和光的交叉连接器。当然，这是一个全集，随着技术的发展和业务的变化，其中独立的 ATM 层和 SDH 层有可能会逐步消失，但其基本功能不会消亡，将会分别融入 IP 层和 WDM 层中。

6. 我国信息基础设施的现状怎样？

我国信息基础设施经过十几年的建设，电话网的规模已步入世界先进行列。截至 2000 年 6 月底，已建成光缆总长度 100 多万公里，局用程控电话交换机总容量达 1.87 亿门，全国电话用户总数 1.27 亿户，全国电话普及率达 14.7%，城市电话普及率达到 32.1%（见表 1.1），固定电话、移动电话和有线电视网络规模分别居世界第二位、第三位和第一位。

表 1.1 我国信息基础设施发展状况 (2000 年 6 月)

光缆总长度	100 万公里
局用程控电话交换机总容量	1.87 亿门
全国电话用户总数	1.27 亿户
全国电话普及率	14.7%
城市电话普及率	32.1%

公用数字数据网 (China DDN) 是由中国电信经营的、在全国范围内向用户提供服务的计算机网络。20 世纪 90 年代初, 首先在几个城市发展起来, 1994 年开始组建 China DDN 一级干线网。目前一级干线网已通达所有省会城市, 各省、直辖市、自治区都在积极建设经营 DDN 网, 至 1996 年底, China DDN 已覆盖到 2100 个县以上城市, 发达地区已覆盖到乡镇, 端口总数达 18 万个。China DDN 已成为覆盖面大, 提供接入速率高, 业务种类多样, 使用灵活、方便, 质量可靠的网络。为了满足用户的需求, China DDN 的网络覆盖面将进一步增大, 网络的布局将更为合理。就目前情况来看, 由于设备需求量大、设备种类多, 给网络的集中维护带来一定的困难。原邮电部还进行过 China DDN 统一网管的开发工作, 相信在不久的将来, 能为用户提供全国范围内的虚拟专用网络 (VP) 业务, 在网络的管理维护方面将为用户提供更加全面、更高质量的服务。

China DDN 按照网络的建设、经营、管理和维护的责任地理区域, 划分为一级干线网、二级干线网和本地网三级。一级干线网由设置在各省、自治区和直辖市的节点组成, 主要提供跨省长途 DDN 业务的转接, 目前已通达除台湾外的所有省会城市。二级干线网由设置在省内的节点组成, 它提供本省内长途和出入省的 DDN 业务。除西藏外各省均已建成省内网。本地网指城市范围内的网络, 主要为用户提供本地和长途 DDN 业务。

目前，China DDN 已成为中国电信其他网络的支撑网。大量的 China PAC，China FAX，China NET 的中继线路都开在 China DDN 上。China DDN 作为电话 No.7 信令网一期工程的一个传输平面，将在电话网的建设中发挥重要的作用。原邮电部网管中心与各省网管中心联网的 DCN 工程也选择 China DDN 作为其传输通道，移动电话信令漫游、多媒体网都依靠 China DDN 来传送信息。原邮电部和中国人民银行共同组建的中国金融数据网是一个规模巨大的帧中继网，一、二期网络规模涉及各省会城市和发达地区级城市，全部采用 China DDN 为其提供传输通道。China DDN 正日益成为各种电信业务的重要支撑。

另外，社会各界也纷纷租用 China DDN 专线来开展自己的业务，各专业银行、证券公司、教育科研部门都是 China DDN 的用户群。China DDN 为加快金融电子化进度，提高中国的教育、科研水平，加速中国经济与国际接轨的进程，正起着巨大的作用。事实证明：China DDN 正成为国民经济信息化的主干道，在我国现代化建设中起着举足轻重的作用。

中国公用帧中继宽带业务骨干网主要包括两种设备：B-STDIX9000 和 CBX500。其中 B-STDIX9000 是可提供帧中继、SMDS 及 ATM 业务的多业务交换机；CBX500 是 ATM 交换机。中国公用帧中继宽带业务骨干网一期工程覆盖全国 21 个直辖市和省会城市。其中每个节点均由 B-STDIX9000 和 CBX500 两种设备组成。B-STDIX9000 主要提供帧中继业务的接入以及 PPP，HDLC，SDLC 等协议的接入；CBX500 主要提供 ATM 业务的接入以及全网的中继连接。各节点中 B-STDIX9000 通过 ATM 中继线路与本地的 CBX500 相连。China PAC 由国家骨干网和各省（区、市）的省内网组成。目前骨干网直接覆盖所有省会城市，省内网覆盖到有业务需求的所有城市（地、市、县）和发达乡镇，其中包括城市内的本地网。通过和电话网的互连，China PAC 可以覆盖到电话网

通达的所有地区。China PAC 设有一级交换中心和二级交换中心，一级交换中心之间采用不完全网状结构，一级交换中心到所属二级交换中心之间采用星状结构；China PAC 在北京和上海设有国际出入口，广州设有到港澳地区的出入口，以完成与国际数据网的互连。

作为国内电信运营业的龙头企业，中国电信将数据通信确定为发展重点，中国电信已建 China PAC，China DDN，China NET/CNIFO，China FRN/ATM 等多个数据网络，2000 年加大 ATM 和 IP 网的建设力度，国内 IP 骨干网带宽将达到 2.5 ~ 10 Gbit/s，国内出口带宽达到 1.5 Gbit/s。在业务方面，中国电信启动政府上网、企业上网和家庭上网，从而实现各行各业迈入网络时代。

7. 三网融合究竟是什么？

一般认为三网融合在技术上起源于数字技术的飞速发展，以多媒体技术兴起为标志。20 世纪 90 年代以来，随着一系列视频通信国际标准的建立和数字压缩技术的发展，视频通信业务开始获得商业应用。由于所有的信息目前都可以表示为“1”，“0”，原来在传统通信业、计算机业和有线电视业等行业之间的技术界限就被打破了，以前那种“一种业务一个网络”的网络形态和经营思路也发生了变化。

通信领域的技术革新必然导致体制变革。世界各国因为这种变化，纷纷放松电话公司、互连网公司和有线电视公司之间的管制，允许它们互相渗透、互相竞争。1993 年 9 月 15 日，美国克林顿政府公布的《全国信息基础结构：行动纲目》，其中列出的第一项行动就是实现通信立法改革。1994 年 9 月美国政府又倡导了全球信息基础设施（GII）。现在 GII 已被提到国际电联的研究日程。美国国会参、众两院经过两年多的审议之后，于 1996

年2月1日分别通过了《1996年通信法案》，目标是创建“一个支持竞争、放松管制的国家政策框架，其意图是通过把全部通信市场对竞争开放，促进私营部门开发先进的通信、信息技术以及发展面向全体美国人的先进通信、信息服务。”该法令奠定了三网融合的法律地位，即在美国的通信公司、有线电视公司和 Internet 服务商，可以在同一市场经营、竞争，业务可以横跨三网。

在新技术、新产品和新服务的背后是信息产业的重组与革命，近两年，全球 IT 业界的兼并重组此起彼伏。如：1999年6月15日的北方电讯对贝网络（Bay Networks）的收购；前者是全球第二大通信公司，后者是全球第三大网络公司。朗讯收购 Ascend、阿尔卡特并购 Xylan 以及西门子和 3Com 的全面合作，瑞典通信设备制造商爱立信公司也已宣布将以 2.85 亿美元收购数据网络销售商（Advance Computer Communication）；芬兰的诺基亚公司也宣布了类似的并购战略；这些都是设备制造公司顺应“融合”这一大趋势而采取的有力举措。

传统的通信运营公司也及时调整战略，向新型信息服务企业转变，以在新的市场中抢滩立足。仅在 1997 年 10 月到 1998 年 6 月不到一年的时间内，美国几个大型信息产业公司的三项合并与投资总额就达到 1 470 亿美元。AT&T、德国通信、芬兰通信等公司已开始提供基于 Internet 协议的服务。2000 年，盈动、新加坡通信、香港电讯之间也有各种并购传言。以 AT&T（美国电报电话公司）收购 TCI 公司和兼并通信港公司为例，为了在未来的三网融合竞争中取得主动，AT&T 公司在原来主要经营长途电话、无线通信、互连网服务的基础上，收购了 TCI 公司，这样 AT&T 就具备了有线电视和高速带宽网的业务能力，再兼并通信港公司之后，AT&T 公司又获得了经营本地电话的能力。现在的 AT&T 已经成为能够提供“一次购齐”服务（one stop shopping）的超级信息服务企业，业务范围覆盖长途电话、本地电话、移动通信、

高速因特网接入、有线电视、声像娱乐等全部的传统“三网”服务内容。全球通信业的格局和发展方向发生了巨大的变化，以 AT&T, NTT 和 BT 为代表的各国主要通信商纷纷构筑“三网融合”的全能业务平台。

种种迹象表明，信息技术发展的大趋势是走向“三网融合”。然而三网融合并不是简单的三网相加或三网合一，其本质是建成国家信息高速公路，实现网络从传输、接入到交换各个层面的宽带化。它表现为业务层互相渗透，应用层使用统一的通信协议，网络层互连互通，技术上趋向一致。而且，三网融合还需要进一步理解为网络融合，关心移动通信网、因特网、有线电视网、电话网、卫星通信网等各种网络，技术之间的融合发展也极为重要。

8. 三网融合可能吗？

1. 三网融合的技术基础

技术的发展是三网融合的基本推动力量。今天，人们有条件来谈论三网融合正是得益于近几年来技术的巨大进步。其中三大基础技术（数字技术、微电子技术、软件技术）和三大主流技术（IP 技术、移动通信技术及光通信技术）至关重要。

数字技术、多媒体技术的迅速发展和全面采用，使电话、数据和图像信息都可以通过统一的 0/1 比特流的编码进行传输和交换。多媒体在 20 世纪 90 年代的计算机领域占有主导地位。通信技术的发展由于要与已经投入庞大资金的现有通信网兼容，因而其通信内容的根本变化也需要时间，并且，PC 的多媒体技术在开始阶段主要是处理视频回放，而多媒体通信则要同时处理压缩和回放，它比单纯的回放要求大约高 3 倍的数字处理能力。除此之外，还要同时处理通信协议，这些都使得多媒体通信与多媒体

PC 的兴起有个时间差。

软件技术是现代网络的神经系统，是实现网络灵活化和业务智能化的主要手段。软件技术的发展，使得不必改动或不必过多改动硬件就可使网络的特性和功能不断变化和升级。现代通信设备已成为高度智能化和软件化的产品，无论是交换还是传输，软件量都已超过硬件。

软件技术的发展将把高速处理器、大容量存储器、高速光通道和先进的人机自然交互充分地结合和利用起来，使网络高度智能化。目前，软件技术正从以计算机为中心向以“三网融合”的多媒体信息服务为中心转变。

光通信技术的发展，为综合传送各种业务信息提供了必要的带宽和传输质量，四通八达的未来光纤传输网是三网业务的理想平台。

尽管不少专家认为：理论上三网融合的技术已经成熟，但技术的商用是与技术的成本密切联系的，有时甚至直接关系到技术的存亡，卫星通信技术的沉浮就是一个例子。以三网融合为基础的 B-ISDN 若能同时传输语音、视频、数据等各种信息，必须具有很宽的网络带宽、较好的 QoS 和统一的信息表示方式，所以只有同时具备传输、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，才能真正构筑三网融合赖以存在的技术前提。从现阶段的技术条件来看，还需要解决不少问题。

较为成熟的 DWDM + SDH 系统主要是针对系统的语音信号设计的，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 QoS，还有许多问题需要解决。例如：如何保证语音和视频信息的 QoS；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。如果这些问题不能很好地解决，以

DWDM 为基础的光纤骨干网所具有的大容量、高带宽的优势就无从发挥，三网融合也就无从谈起。

无论是 ATM 交换机，还是新一代的吉位线速路由交换机，在交换速度、网络吞吐量、QoS 等方面都还远不能达到三网融合所需要的性能指标。

接入网问题又称为“最后一公里问题”，也是三网融合的主要难点。它要求 AN 传输设备既能满足业务综合组网能力和网管能力，还要达到价廉物美的苛刻条件。从现阶段的实际情况来看，三网融合的技术条件还不太成熟，所以在今后很长一段时间内仍将是三网共存。

2. 三网融合的政策因素

当技术条件准备就绪后，放开管制和市场竞争就成为关键因素。目前，美国在法律上已解除了对三网融合的禁令，世界性的管制放开也只是时间问题。市场需求、市场竞争和管制政策的变化已成为三网融合的外部推动力。现在，信息业进入了全面竞争时代，三网的最终融合已不可阻挡。我国电信服务业已经完成和正在进行一系列重大改革和重组。在顺利完成邮电分营后，原中国电信已经按照固定、移动、寻呼、卫星四大专业进行重组。按现代企业制度的要求组建各自独立经营、相互竞争的电信集团。

世界上大多数国家的三网融合问题主要涉及两个方面的因素：技术因素和经济因素。但是在中国，三网融合问题还有一个特殊的因素——政策体制因素——更需予以关注，主要障碍是国家产业部门、行业之间的市场封锁与分割。我国信息产业部的成立为统筹管理三网的规划和技术标准，打破行业垄断和部分分割，避免大量低水平重复建设，推进融合进程将起到重要的历史性作用。当然，如何恰如其分地处理好打破行业垄断和避免重复建设这一对主要矛盾不是简单的事情，国际上没有现成的经验可供借鉴，需要结合我国国情探索一条具有中国特色的三网融合的

道路来。

3. 经济效益是三网融合成败的关键

技术的融合推动了业务的融合和网络的融合，从而形成了不同行业互相渗透、互相融合的局面。一方面，融合拓展了企业的业务空间；另一方面，它也加剧了市场竞争，给企业的发展带来新一轮的严峻挑战。为此，在走向融合的过程中，无论是设备制造公司还是运营公司，都在纷纷调整战略，寻找新的定位、新的平衡点，通过联合、兼并扩大自己的业务范围，以确立新的竞争优势。

具有 100 年历史的电路交换技术尽管有其不可磨灭的历史功绩和内在的高质量、严管理优势，但其基本设计思想是以恒定的对称话路量为中心的，采用了复杂的、分等级的时分复用方法，语声编码和交换速率为 64 kbit/s。对于未来以突发性数据为主的业务而言，尽管采取种种措施后，它也可以传输，但效率较低，传输成本和交换成本较高，网络资源浪费以及必须采用复杂的信令、计费 and 网管。当数据业务量不大时，这种状态还可以容忍。

然而当网络的业务量以数据为主时，这种低效率状态将变得不可容忍，建设新一代网络将势在必行。各大公司都在设计构思未来网络的蓝图，诸如可持续发展的网络，一体化网络和新的公用网络等。但其基本思路都是共同的，即具有统一的通信协议和巨大的传输容量，能以最经济的成本，灵活、可靠、持续地支持一切已有和将有的业务和信号（如 e-business 等新型业务）。

显然，这样的新一代网只能是分组化网。分组化网有着传统电路交换网所无法具备的优势，例如无复杂的时分复用结构，有信息才占用网络资源，效率高，成本低，信令、计费和网管简单，可适应非对称的突发数据业务等。对于 ISP 和用户来说，最实际的观点是尽可能利用现有的资源，以最小的投资获取最大的回报，开展各种安全、方便的业务。

毕竟三网融合是手段，而不是目的，一切业务的拓展、网络

的建设、设备的制造最终都要通过经济效益来检验和调节。并不是每个人都需要所有的业务，也不是一种技术体制就能适于提供所有的业务，也不一定非得在接入部分、骨干部分都需要采用同一种体制。

9. 三网融合的会聚点在哪里？

20世纪90年代中期，广播电视网和通信网都想发展成综合业务网，但用简单延伸的方式进入对方领域的做法，并没有获得商业上的成功。

而以TCP/IP协议为基础的因特网却在近几年内获得了迅猛的发展，在商业上取得了巨大的成功。1997年，Internet的IP流量首次超过了通信网的语音流量，而且IP流量还在直线上升。IP网络已经从过去单纯的数据载体，逐步发展成支持语音、数据、视频等多种信息的多媒体信息和通信平台。数据化、宽带化、综合化已成为现在和今后网络发展的时尚和潮流，IP结构简单、连接灵活、适应性强的诸多优点可在很大程度上满足实际的需要，于是，人们把目光投向了宽带IP网络，想以IP为基础对三网进行融合，构筑未来的B-ISDN。

于是全球通信运营商和设备制造商纷纷将策略调整为IP。一时间，各大通信厂商倾情演绎其IP解决方案。各国运营商也争先恐后，大上IP业务。中国电信、中国联通、中国吉通和中国网通四大运营商也紧跟潮流，于20世纪的最后一年竞相推出IP电话业务。IP电话业务顿时火爆中国。

关于国内ATM与IP之间的争论，这里不想在作讨论。只是给出如下运营商的网络建设例子。

传统的电信运营公司采取的战略是既支持原有的业务，又支持新业务。如美国的AT&T、斯普林特SPRINT (ION)，MCI，

GTE 或地方贝尔公司。斯普林特建设 ION 网的主要意图是采用 IP 技术来改进自己的网络。一个家庭或企业能够通过一个单一的连接完成多个电话呼叫、接收传真、运行多媒体应用程序和访问因特网，而不必为每一项服务申请一个账号。ION 是一个典型的面向未来的多业务网络，在 IP 业务未成为通信公司主要收入来源的今天，这样的“IP + ATM”的平台，既保护了原有的投资，实现了对语音、帧中继等传统业务的支持，又能够提供基于 IP 的革新性服务，如虚拟专网、电子商务等。ION 的核心组成部分是光纤线路、数据包路由器和广域网 ATM 交换机。

与 ION 相比，新加坡通信的网络是一个更“纯”的 ATM 系统。它是著名的“新加坡一号”宽带多媒体网的核心。1997 年 5 月，新加坡通信正式公布其国内和国际网络计划，并在这一年年底开通了到美国和日本的双边 ATM 业务。这一网络充分利用了 ATM 高服务质量、支持多业务和处理突发数据流量的能力，在为用户提供按需分配带宽服务的同时，降低了运营商的成本。它能够在单一基础网络上支持语音、视频和数据通信。

“三网融合”的兴起是以数字技术为基础的，“三网融合”的发展必然使数据网成为统一的网络，其基础技术可能是 IP，也可能是 ATM 与 IP 两种技术结合后的产物，当然也不排除其他技术出现，但肯定不是目前的电路交换技术。“三网融合”对网络带宽提出新的要求，无论骨干网还是接入网，都必须有足够的带宽，才能支撑、承载正在激增的新老业务，光纤到户（FTTH）将是必然趋势。从这一点来看，不论是 XDSL，HFC + CABLEMODEM 还是本地多路分配业务接入系统（LMDS）等宽带无线接入技术都是过渡技术。相对于“三网融合”的远景来说，目前各类运营商的起点基本相同，未来“谁主沉浮”的关键在于能否抓住机遇进行网络改造、业务创新和经营创新。

10. “ Everything over IP, IP over Everything ” 是什么含义？

目前 Everything over IP 和 IP over Everything 已成为通信界的热点之一。IP 业务即将成为通信业务的主流，但传统电信传输网的基础网是 SDH, ATM 而不是 IP。为此，业界近年发展了多种在这些网上传输 IP 的方法，如 IP over ATM, IP over SDH 等，人们概括这种现象为“ IP over Everything ”。“ IP over Everything ”是已被实践证明的，也正是 IP 的精髓。即通过统一的 IP 层对上层协议屏蔽各种物理网络技术（如 X.25, DDN, 以太网, 令牌环, 帧中继, ATM, SDH, WDM）的差异性实现异种网互连。

而“ Everything over IP ”的“ Everything ”是指所有业务，包括数据、图像和话音，实时和非实时的。这样的要求，对于目前的 IP 技术来说仍是心有余而力不足，需要新技术来帮助解决。随着宽带 IP 技术的发展，在 IP 网上传输话音、视频等实时业务，保证服务质量等问题正逐步得到解决。目前正在发展多种算法和协议，将话音、视频业务以及传统的数据通信业务转移到 IP 网上，将出现真正的“ Everything over IP ”的局面。既然 IP 业务已经成为通信业务的主流，为什么不能按照 IP 业务的需求来重新优化设计电信传输网络呢？这就是说，宽带 IP 网应该成为基础网。传统的 B-ISDN 的概念正在走向消亡，取代它的将是宽带 IP 网，通信、广播、计算机三网将融合汇聚到宽带 IP 网上。

11. 公用通信网络的演变过程将会怎么样？

由于公用通信网络所提供的主体业务性质正在急剧地发展变化，基于电路交换的传统电信网络正在向基于分组交换的下一代网络演变已是不争的事实。图 1.4 所示为过去到未来公用通信网

络总的发展趋势。以前的公用通信网中，话音业务由电路交换网

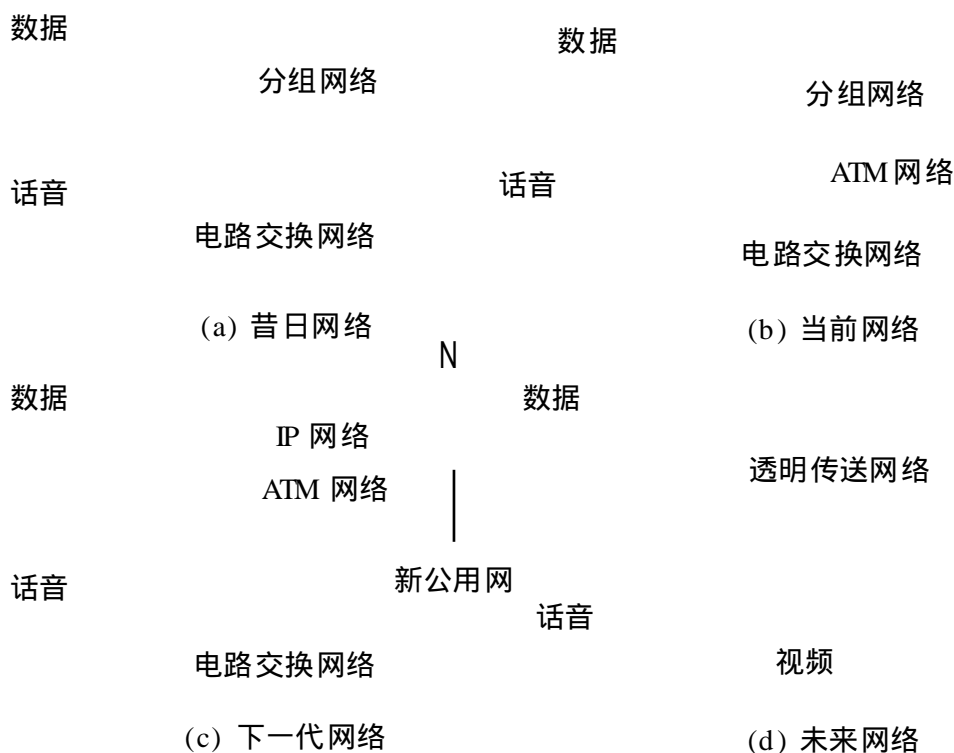


图 1.4 公用通信网络总的发展趋势

传送，数据业务大部分由分组网传送，也有一部分由电路交换网传送。目前，由于数据业务的不断发展和 ATM 技术的逐渐成熟，在原有网络的基础上又增建了一个 ATM 网络。每种网络都承担一部分话音和数据业务的传送。当然，绝大部分话音业务仍由电路交换网传送，绝大部分的数据业务仍由分组网传送。今后，随着 IP 数据业务在整个公用网传送业务中所占的比重越来越大，并逐渐成为公用网传送的主体业务，以及基于 IP 协议的应用范围越来越宽，已有分组网从容量和质量上都无法满足要求，将会在目前以 IP 网络为主的分组网和 ATM 网络的基础上逐渐发展形成一个规模越来越大的基于分组交换（IP 和/或 ATM）的新公用网。这种新公用网能够经济有效地满足各种用户对不同业务的需

求 (从最经济的“尽力而为”IP 业务到具有严格 QoS 要求的实时业务), 并大量分流电话交换网上的话音业务量, 逐步实现公用通信网的重心从电路交换向分组交换的平滑演变, 为未来能够实现进行数据话音和图像传送的透明传送网打下基础。

12. 近期网络的具体演进策略有哪些 ?

近 10 年来, 全世界电话用户的增长率平均为 5% ~ 10% 左右, 远低于各类数据业务 (25% ~ 40%), 从电话业务收入占电信业务收入的比例来看, 尽管正在逐年递减, 但绝对比例仍高达 80% 以上。

在同一期间, 我国的电话业务呈现了举世瞩目的快速发展, 但电话普及率仍然很低, 仅为 10.6%, 不仅大大落后于发达国家的水平 (40%), 距世界平均水平 (15%) 也仍有不少差距。要实现 2000 年电话普及率 13%, 2010 年电话普及率 38% 的即定目标, 还要付出巨大的努力, 特别是提高广大农村电话普及率的还十分艰巨。因此可以肯定, 在大力发展数据业务的同时, 在未来 5 年或更长一点的时间内满足基本电话业务需求仍将是我国电信发展的主要任务。

1. 电话网演进的两种技术方案

(1) 综合交换机方案 (节点融合方案)

目前世界上许多交换机厂家为适应日益变化的市场情况, 开发一种能提供话音、数据和各种多媒体业务、窄带、宽带与 IP 相结合的混合交换机。如上海贝尔的 P3* 交换机, 亦称为 7.4NG 版; 富士通的 E-cube 交换机; 西门子的超级节点交换机等。目前我国网络与交换标准研究组正在制定我国综合交换机的技术规范。这一标准将对我国电信网的建设、网络演进、设备开发和研制具有重要意义, 综合交换机必须具备以下功能:

- 具有综合接入功能；
- 具有大容量的 STM 中继接口；
- 具有 ATM 或宽带交换的功能；
- 提供 ATM 的中继接口；
- 具有与 IP 网互通的接口功能。

综合交换机可用于：

- 固定电话网中的端局、汇接局、长途局、国际局和网间互通的关口局；
- ATM 和 IP 网的边缘局；
- 智能网中的 SSP 局。

该方案的核心交换机采用 ATM 技术，但同时具有宽窄带的接入能力，又具有 TDM 中继、ATM 中继和 IP 网关的功能。这种方案的特点是提供语音数据的综合平台和综合接入，但对网络升级的费用尚不明确。可作为一种过渡策略来使用。

(2) 网关方案（重叠方案）

网关方案是在 PSTN 与 ATM 或 IP 网间设置网关来实现的。网关主要完成 PSTN 与 ATM 或 IP 的互通功能，建立 PSTN 与 ATM 或 IP 的呼叫关系。网关方案是话音网演进的长远解决方案。

网关方案的体系包括媒体网关、信令网关和软交换系统 (Soft Switch) 或称为呼叫服务器。Soft Switch 是多种逻辑功能实体的集合，它为下一代网络 (NGN) 提供综合业务的呼叫控制和连接控制功能，Soft Switch 是下一代电信网中语音/数据/视频业务呼叫、控制、业务提供的核心设备，也是目前电路交换网向分组网演进的主要设备。

目前，Soft Switch/ Call Server 的具体功能实现有多种名称，如 Alcatel 的 Call Server，Siemens 的 Media Gateway Controller (MGC)，Lucent 的 Soft Switch 或特征服务器等。

简单地看，Soft Switch 是将原有的交换产品的呼叫控制功能

与负责传输的媒体网关分离开，这一思想符合网络部件化的趋势，但作为下一代网络呼叫控制的核心，Soft Switch 的功能要求远不止于此。随着网络的发展，业务越来越客户化，Soft Switch 作为一个处理平台，还应能适应业务的快速变化，自身的处理能力易于增强等特点。在实现中，Soft Switch 通过提供各种开放的接口，标准化的协议，增加软件技术含量，使得以上要求容易实现。

Soft Switch 的主要功能单元包括：

媒体网关控制器功能：主要完成呼叫的控制功能；

信令网关功能：完成 PSTN/ISDN 侧的 No.7 信令与 IP 网侧信令的转换；

网守功能：主要完成用户认证、地址解析、带宽管理、计费等功能；

应用服务器功能：在 IP 网内向用户提供多种智能业务和增值业务。

而目前国际上 Soft Switch 论坛将应用服务器置于 Soft Switch 之外。Soft Switch 仅完成业务的控制功能。

需要说明的是，一些组成单元可以内置，也可以外置于 Soft Switch 体系。电信厂家多将传统业务综合在 Soft Switch 之内，而将新的业务由应用服务器来生成。

Soft Switch 的主要功能有：

提供支持多种信令协议（包括 H.248，H.323，SIP*，SCTP，ISUP+，INAP+，RADIUS，SNMP）的接口，实现 PSTN 网和 IP/ATM 网间的信令互通和不同网关的互操作。

Soft Switch 主要处理实时业务：第一阶段是话音，以后也将处理视频和多媒体业务。虽然数据业务量增长很快，但目前话音业务的收益仍是数据业务的好几倍，所以，

从经济角度来看，Soft Switch 首先应能支持话音业务。但在网络融合的过程中势必会出现新的应用，所以 Soft Switch 还应该具有利用新的网络服务设施提供各种增值业务和补充业务的能力。

提供可编程的、逻辑化控制的开放的 API 协议，实现与外部应用平台的互通。

通过不同的逻辑与媒体层的网关交互，对网关设备或 IP/ATM 网的核心设备进行控制，完成融合网络中的呼叫控制，会话的建立、修改和拆除过程以及媒体流的连接控制。

提供网守功能，即接入认证与授权、地址解析和带宽管理功能。

操作维护功能，主要包括业务统计和告警等。

计费功能，应具有采集详细话单的功能。

这种方案的特点是网络界面比较清晰，易于保持较为清晰的维护管理体系，采用开放式体系结构，对于网络技术的发展有较强的灵活性和适应性，其适用范围是具有强大的数据网络平台，电话网络的规模相对稳定。

作为下一代网络交换核心的 Soft Switch，结合了传统的电话网络的可靠性和 IP 技术的灵活性和有效性的优点，是传统的电路交换网向分组化网络过渡的重要网络概念，这一概念所形成的系列网络产品将对我国电信网的演进以及利用 IP 网络提供丰富的业务起重要的作用，具有广阔的发展前景。我国网络与交换标准研究组正在开展相关标准的研究工作，2001 年将有相应的标准草案出台。国内厂家也在加紧 Call Server/ Soft Switch 的研制工作。随着 IP 技术的引入，新概念和新产品不断出现，现有网络和未来的网络都面对许多机遇、挑战 and 选择，无论是采用哪种技术和设备，关键是要把握好网络的融合，研究新设备与已有网络

的关系，新的网络体系架构，并能实现电路网络向分组网络的无缝过渡。

2. 数据网的发展

数据网的发展有其历史过程，技术进步是从低级到高级逐步演进发展的。这就导致了目前多种数据网并存的现状。显然应充分利用这些现有网络资源，尽量发挥其作用。但是由于技术的发展，数据网正在向新的统一平台的方向发展，因而数据网的下一步发展应朝着这个大方向前进。

从发展的角度看，下一代的数据网应为统一的数据网，其基础为 ATM 和/或 IP。但是，从计算机作为下一代网络最通用的终端及 LAN 作为最普遍的接入网形态来看，IP 技术的优势更为显著，IP 协议（包括改进版）更有可能成为全网统一的协议。而现有的数据网将作为其业务网的形式存在。在靠近用户处可以采用 ATM 多业务接入交换机来提供 ATM，FR，X.25 和 DDN 等数据业务的汇集。目前数据网内的设备尽量往边缘推移，以充分利用已有设备资源和增加网络的覆盖面。

再进一步的发展将是向 IP 网的方向前进，从技术上看，目前人们正在探索 IP 与 ATM，IP 与 SDH，IP 与光（目前主要是 WDM）相结合的方式来解决传统因特网的缺陷，构造新一代的网络架构。

总之，从整体上看，未来 10 年，固定用户、移动用户和数据用户将形成三足鼎立的局面，三者的用户数都将有长足的发展，电话业务的适度发展和数据业务的超常发展将是未来我国电信业务市场的主要特征。但从网上业务量构成看，由于电话业务的带宽较小（小于 64 kbit/s），而数据用户的带宽会随应用的丰富变得越来越宽，所以数据业务量会在 5~10 年内超过电话业务，电话业务由主变辅，以互连网技术为核心的数据网络将最终成为网络的主体。

13. 光纤互连网将怎样发展演变？

Cisco 光纤互连网发展计划分为五个阶段，它指明了 Cisco 公司研究开发 Internet 骨干网设备上的实施步骤，最后的结果是推出容量达几百个太的光纤 IP 解决方案。第一阶段重点放在数据设备与光纤传输设备的互操作性上，目的是使服务供应商能够在数据流量开始成为网络主要流量后，充分利用在 TDM 光传输设施上的现有投资。接下来的几个阶段则重在开发完全基于通过光技术传输信息包的“纯”光互连网。Cisco 光纤互连网发展计划的最终目的是提供容量比当今互连网高几个数量级的光纤互连网解决方案。

1. 数据通过 TDM 网络来传输

Cisco 光纤互连网计划的第一阶段是提供基于当今公共网络广泛使用的 Sonet/ SDH 标准的光传输解决方案，即 IP Over Sonet/ SDH (POS)。与 Sonet/ SDH 基础设施相连接，可直接使用所有服务供应商提高数据基础设施容量。目前，这一阶段已实现，Cisco 的 POS 技术已被全世界的数据服务商所采用，POS 接口的速度已达 2.5 Gbit/ s (OC-48/ STM-16)。

2. 数据通过 DWDM 光纤网传输

Cisco 光纤互连网计划的第二阶段是将互连网络设备直接与 DWDM 设备、光分/ 插器 (OADM) 以及其他被引入网络的光纤互连网络部件相连接。由于此技术将 Sonet/ SDH 设备包括在网络互连设备内，因而大大降低了设备成本。当数据速度提高后，这一优势将更加明显。此阶段的关键是实现 OC-48/ STM-16 和 OC-192/ STM-64 接口。

3. TDM 集成

Cisco 光纤互连网计划的第三阶段重点是增强现有 TDM 网络

的功能，以支持更大容量的数据流，旨在满足许多原有服务供应商的需求：一方面他们必须提高在现有 TDM 上的投资回报，另一方面要逐步转向有利于数据传输的光纤互连网方案。第一阶段的目标是使数据流量通过 Sonet/ SDH 电路在现有 TDM 基础设施上传输，第三阶段的目标则是将两者集成起来，方法是将网络互连和 TDM 功能在能支持电路和数据流量的平台上进行结合。这包括集成了网络互连和 Sonet/ SDH 光纤互连网之间的增强接口。

4. 光集成

Cisco 光纤互连网计划的第四阶段的任务是推出全新的骨干网连网方案，具体做法是直接耦合网络互连和光传输技术。Cisco 的动态分组传输 (DPT) 技术和它具有的自恢复数据环即是该阶段光集成方案的实例。第四阶段还完成了光传输技术和光部件的一些革命性的改进，如 IP 再生器 (IP Regenerator)。Cisco 目前正努力把包括 DWDM 在内的下一代光技术集成到光纤互连网络平台中。

5. 光纤互连网

Cisco 光纤互连网计划的第五阶段将全面实施光纤互连网的构想，包括通过光交换和增强的光集成，从而实现几百太容量的新产品和新技术。

14. 当前网络技术存在哪些技术热点？

(1) 骨干网络向宽带化、IP 化演进现有的电信骨干网络主要是以电路交换为特征的传统窄带、话音网。随着网络技术的发展，多媒体业务及其他各种新的业务层出不穷，对网络带宽及交换技术要求越来越高，骨干网络的宽带化、IP 化成为整个电信网发展的必然趋势。同时，由于用户在现有骨干网上进行了大量的投资，如何在保护用户资金利益的同时在骨干网里引入宽带、IP 技术成为每一个网络厂商面临的难题。

为了解决这一问题，现有电信厂商、网络厂商出现了不断融合的趋势。传统电信厂商正加紧与 IT 厂商或数据通信厂商结合，从而加速自身的发展，提高企业的市场竞争力。与此相应，传统网络厂商也通过企业并购、技术购买等活动，迅速进入电信市场，实现电信与 IP 技术的融合。此外，传统的电信运营商在保证原有业务发展的同时，也争相提供新兴的数据通信业务。

毋庸置疑，IP 技术已经成为下一代网络技术的核心。当然，由于 IP 技术发展时间尚短，目前还存在安全和可管理性低、自愈恢复能力差以及无法提供 QoS 保证等缺陷，因此要想成为电信骨干网的基础，还要解决一系列的技术难题。

(2) 接入技术以多种形式宽带化。目前，各种接入技术如以太网，xDSL，Cable Modem 等不断涌现。ADSL 技术运用丰富的双绞线资源，可提供话音和不对称的高速数据接入，但由于对使用环境要求较高，成本居高不下等原因而难以普及；Cable Modem 技术则利用现有的 HFC 网络，只需进行双向改造就可实现三网合一，其不足之处也是成本较高；以太网技术是当前使用最成熟、应用最广泛的技术，吉比特以太网也开始应用于骨干网，可实现从用户、接入到骨干的无缝连接，但由于以太网是一种局域网技术，要用于宽带广域网也需要解决一系列难题。应该说，现有宽带接入技术都还处于发展、完善阶段，还没有任何一种技术获得广泛的接受与认可。

(3) 无线 IP 技术逐渐升温。随着网络的普及、网络应用的发展，再加上各种网络终端设备层出不穷，无线 IP 技术已经成为当今技术发展的热点之一。GPRS 就是这种热点的一个组成部分。

(4) 城域网呈现大发展势态，以以太网为基础的光网络和以 SDH 为基础的多业务平台将扮演主要角色。

电信网络平滑演进要依托最新的全光网络技术、各种宽带 IP 网络技术以及移动 IP 技术的进展。

第二部分 城域网的基本概念

宽带业务的兴起，城域网范围内用户和信息流的相对独立，运营收入的主要来源等原因已把城域网从计算机网络领域里无足轻重的地位发展到当前网络建设的热点，城域网是城市的信息基础设施，城域网的目的是高速有效地将各种媒体信息送到用户身旁。

15. 什么是城域网？

城域网（Metropolitan Area Network, MAN）概念是由计算机网络演化而来，是指介于广域网和局域网之间，在城市及郊区范围内实现信息传输与交换的一种网络。这里所说的城域网，由于数据通信和电信技术的发展赋予城域网新的内涵。城域网是适用于城市的信息基础设施，是国家信息高速公路（NII）与城市广大用户的中间环节。建造城域网的目的是：提供单一、通用和公共的网络构架，藉以高速有效地传输数据、声音、图像和视频等信息，满足用户日新月异的需求。目前在世界许多发达国家，城域网正在和国家信息高速公路同步地发展着。城域网的范围大概在80 km内，一般局间中继距离大约为5~7 km（依城市的大小而不同）。

城域网的相关提法还有宽带城域网、IP城域网、宽带IP城域网、无线城域网，本文所说的城域网是指宽带城域网。

宽带城域网是一个以 IP 和 ATM 电信技术为基础，集数据、语音、视频服务于一体的高带宽、多功能、多业务接入的可发展和开放的多媒体通信网络。宽带城域网的设计与规划是一项复杂的系统工程，从横向来看，它包括骨干、接入层与终端；从纵向来看，它包括光传输、网络互连、业务整合与高层应用等各种技术。

最初，城域网与电信的接入网、CATV 的分配网如同三个行业一样有着根本区别：网络的业务、技术、设施都不一样，最近，在网络融合的大背景下，城域网与电信的接入网、CATV 的分配网的概念相互融合。有些文献就有城域接入网（Metropolitan Access Network）的提法。

16. 为什么宽带城域网成为当前网络建设的热点？

宽带城域网成为当前我国网络建设的热点主要有下面两个原因：

1. 城市信息化步伐加快

我国信息基础设施经过十几年的建设，电话网的规模已步入世界先进行列。截至今年 6 月底，已建成光缆总长度 100 多万公里，局用程控电话交换机总容量达 1.87 亿门，全国电话用户总数 1.27 亿户，全国电话普及率达 14.7%，城市电话普及率达到 32.1%，固定电话、移动电话和有线电视网络规模分别居世界第二位、第三位和第一位。

随着网络经济的迅速崛起，各种应用陆续地推出，“电子商务”、“企业上网”、“政府上网”、“智能化小区”等工程的启动，到目前“信息港”、“城域网”等概念的兴起，政府、学校、企事业单位和用户，对于数据业务的需求日益旺盛。同时，语音、数据、图像等多媒体通信的需求，也日益增长，提供宽带多媒体业

务，已成为网络运营商开拓市场的新的空间，宽带城域网已成为信息高速公路建设的重要部分。

事实上，我国城市的经济发达，各类商业用户及用户密集，既是传统话音和数据业务的主要消费集中地，也是宽带业务需求将急剧增长的地方。建设城域网、实现城市信息化，无疑是全民信息化的重点内容和前期目标。

2. 我国宽带市场竞争激烈

(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，更多的运营商将进入我国信息服务市场。

(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，也是各类商家提高服务质量、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

随着宽带业务需求的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。城域网是数据骨干网和长途电话网在城域范围内的延伸和覆盖，承担着集团用户、商用大楼、智能小区的业务接入和电路出租任务。城域网将是运营收入的主要来源。因此城域网将是以宽带光传输为开放平台，通过各类网关实现话音、数据、图像、多媒体、IP 接入和各种增值业务及智能业务，并与各运营商长途网和 PSTN 互通的本地（市）综合业务网络。

17. 什么是城市信息港？

随着中国网络科技的不断进步，在我国“城市信息港”已经成为一个城市的基础设施之一，是一个现代化城市在信息时代的重要标志。

信息港主要包括两个重要内容：城市通信网（即城域网）和

资源网。城域网是具有统一协议的高速宽带网络，连接政府机关、厂矿、教育科研等企事业单位、公司和家庭用户的宽带接入网以及和国外连接的 Internet 接口。资源网由主机、磁盘阵列、打印机等设备组成，是采集、存储和发布各种信息的系统，为每个信息用户提供服务。其中，城域网是城市信息港的基础，城域网的建设质量直接影响资源网的正常运营。

目前，国内信息港城域网的建设主要由电信部门或电信运营商承担，与电信部门的特点有关，目前已建成的信息港城域网具有以下特点：

(1) 由于历史的原因，形成了许多专门的网络来提供不同的通信业务。例如骨干网主要有 SDH 网络，ATM 网络（部分），X.25 网络、帧中继网络（部分），DDN 网络等。多种网络的互连对网络传输的特性和效率势必会带来较大的影响，同时对网络的扩展和升级带来一定困难。

(2) 信息用户的入网主要采用专线入网和拨号入网两种方式，专线入网速率一般为 $9.6 \sim 64 \text{ kbit/s}$ ，拨号入网速率一般为 $9.6 \sim 56 \text{ kbit/s}$ 。随着资源建设的完善与发展，信息用户对入网速率的要求会越来越高，而且高速率的信息网接入价格较高，多数信息用户尤其是家庭用户较难承受。低速率的入网会导致语音/视频等多媒体数据的传输无法达到实用要求，反过来会限制资源网的发展，成为城市信息港发展的瓶颈。

(3) 由于 Internet 通信量的快速增长，对电信的正常通信造成影响和冲击，Internet 用户长时间占用线路会严重影响普通电话用户的电话通信。

(4) 传统的电路交换网基本设计思想是以恒定的、对称的话务服务为中心，采用了复杂的分等级时分复用方式，语音编码和交换速率为 64 kbit/s ，这对未来的以突发性数据为主的 IP 业务而言，尽管它采取了各种措施后也能传输数据，但传输效率低，传

输交换的成本高，还必须采用复杂的信令、计费 and 网管，从而造成资源浪费。

随着信息用户群的不断增长以及用户对信息服务越来越高的多（信息多元化）、快（传输速度快）、好（线路质量好）、省（节省资金）的要求，如何建设一个满足用户需求，适应现在和未来发展的城市信息港，城域网越来越成为众多相关企业所关注的议题。

18. 什么是 ISP ?

ISP 是英文 Internet Service Provider 的首字母缩写，意指 Internet 服务提供商。ISP 一般均以盈利为目的，为广大 Internet 用户提供商业性服务。由于我国 Internet 起步较晚，故目前我国的 ISP 为数不多，大约有四五十家。

ICP 是英文 Internet Content Provider 的首字母缩写，意指 Internet 内容提供商。

各 ISP 的投资金额大小不一，规模亦相差甚大，其中投资大者能达到数亿元，投资小者仅有几十万元。当然，各 ISP 投资规模不同，其所能提供的服务也不一样。一般而言，一个完整的具有一定规模的 ISP 应具备以下几种服务能力：

1. 电话拨号接入服务

包括：虚拟终端方式；PPP/SLIP 方式。

这两种方式所需设备均为：一台微机（386 以上）、一部电话、一台 Modem（若为虚拟终端方式，速率不限制；若为 SLIP/PPP 方式，速率需 9.6 kbit/s 以上）。

2. 专线接入服务

包括 DDN，PSTN，X.25，ISDN，微波，光纤，卫星，帧中继等。所涉及的设备主要有：中继器、多路复用器、路由器、

ATM 交换机、网桥、网关、网卡、服务器、工作站等。

DDN 专线方式速率在 64 kbit/s ~ 2 Mbit/s 间；投资较小且可靠性高，是目前最常用的专线接入方式。

PSTN 方式是分布最广，使用最多的公用电话网通信资源，且费用低廉，但其速率低，只有 2.4 ~ 9.6 kbit/s。

X.25 分组交换网遍及全国，且有国际出口，可靠性好，但速率较低，一般在 9.6 ~ 64 kbit/s。

ISDN（综合业务数字网）方式通过现有电话线，利用了数字传输技术，费用低，速率能高达 1.544 Mbit/s，是一种很好的方式，在国外已很流行，但我国还未普及。

微波方式灵活性强（它无需架设通信线路），故适用于通信线路难以架设的情况。但它易受外界环境的干扰。

光纤专线方式性能最好，具有频带宽、可靠性高、损耗低、抗干扰、高速率等优势，但费用昂贵。

卫星通信方式（也称 ISBN 方式）具有方便、灵活、频带较宽等优势，且投资不算太高，是一种较好的方式，但可靠性不很好。

帧中继方式速率高、可靠性好、传输速率高（目前可达 2 Mbit/s），且可与其他方式合用，技术也已成熟，是一种很好的接入方式。

3. 电子邮件服务

包括：为入网用户提供 POP，SMTP，UUCP 等电子邮件服务；代客户收发 E-mail；为用户开设临时信箱等。

(1) 信息服务

包括：WWW，BBS，News，Archie，Gopher，Wais，FTP，Telnet 及信息数据库系统（如：气象、股市行情、金融）等。

(2) 网络系统集成服务

包括：网络系统设计、计算机网络系统的工程管理等。

网络系统设计是指：据用户需求，设计不同的用户端系统网络协议体系结构（如：以太网，令牌环网，100BASE-T 快速以太网，交换以太网，100VG-ANY LAN，FDDI/ CDDI，ATM 等）；设计不同的网络传输协议（如：PPP，DDN，X.25，ATM，HDLC，帧中继等）；选择中继系统的路由协议（如：RIP，OSPF，E-IGRP-IS，BGP 等）；设计用户端计算机网络拓扑结构（总线结构，星形结构，树形结构，环形结构，网状结构，混合结构等）；设计网络节点规模（实现的协议，通信处理，存储转发能力的大小，通信端口的数目，媒体种类，接口标准，扩充能力的大小，网管模块，防火墙功能的选择等）；用户端系统的网络操作系统的配置（UNIX，LINUX，NOVELL，Windows NT，Windows 95，IBM LAN Server 等）；选择中继系统的配置（DDN，PSTN，X.25，ISDN，微波，卫星，帧中继等）；结构化布线的实施等。提供连网设备，网络系统的安装、调试、用户培训等服务。

19. 什么是多媒体通信网？

多媒体通信网是能提供集声音、文字、图像和数据等多种媒体为一体、并具有交互能力的多媒体信息业务的网。多媒体通信网融合了通信技术、计算机技术以及多种信息科学领域的先进技术。其主要特点是：

(1) 集成性：能处理、存储、传输和显示各种信息媒体的能力。

(2) 同步性：多媒体通信终端上显现图像、声音、文字等是以同步方式工作的。

(3) 交互性：是指用户对多媒体通信的全过程具有交互控制的能力。

多媒体信息服务：是指集数据、声音、文字、图像等多种媒

介，具有集成性、同步性与交互性的信息服务。中国公众多媒体通信网与 Internet 网互连，可为国内团体和个人提供各类多媒体通信服务，如多媒体信息检索业务、电子邮件、事务处理业务、多媒体信息点播、多媒体会议业务、电子商务、多媒体远程医疗、多媒体远程教学、虚拟专网等业务。

但目前的 Internet 网只是实现多媒体通信网的一种手段，离真正的多媒体信息服务还有一段距离。

20. 按网络规模和作用范围的大小，计算机网络如何分类？

计算机网络的种类有多种，主要是由分类的方法来决定的。比如有按拓扑结构分类的，有按网络规模大小、距离远近分类的，有按服务对象分类的，还有按网络的交换功能分类的。无论用哪一种方法分类，对网络本身是没有意义的，只是反映了人们的不同看法而已。在日常工作中，人们一般按网络规模和作用范围的大小进行分类，将计算机网络分为：局域网（LAN）、城域网（MAN）、广域网（WAN）和互连网（Internet），如表 2.1 所示。

表 2.1 计算机网络分类

分布距离	处理机位于同一	网络分类
10 m	房间	局域网
100 m	建筑物	
1000 m	校园	
10 km	城市	城域网
100 km	国家	广域网
1 000 km	洲或洲际	互连网

21. 什么是广播式网络？

广播式网络（Broadcast Network）仅有一条通信信道，由网络上的所有机器共享。任何机器都可以发送或接收一些短消息（按某种语法组织的分组或包（Packet））。分组的地址字段指明此分组应被哪台机器接收。一旦收到分组，各机器将检查它的地址字段。如果是发送给它的，则处理该分组，否则将它丢弃。

打个比方，假设某位老师站在讲台上点名：“王非”。虽然很多人可能听到了（收到了这一分组），但只有王非会答应，其余的人根本不会管这件事。

广播系统通常也允许在地址字段中使用一段特殊代码，以便将分组发送到所有目标。使用此代码的分组发出以后，网络上的每一台机器都会接收和处理它。这种操作被称作广播（Broadcasting）。某些广播系统还支持向机器的一个子集发送信息的功能，即多点播送（Multicasting）。一种常见的方案是保留地址字段的某一位来指示多点播送。而剩下的 $n - 1$ 位地址字段存放组号。每台机器可以注册到任意组或所有的组。当某一分组被发送给某个组时，它被发送到所有注册到该组的机器。

22. 什么是点到点网络？

点到点网络（Point-to-Point Network）由一对对机器之间的多条连接构成。为了能从源到达目的地，这种网络上的分组可能必须通过一台或多台中间机器。通常是多条路径，并且可能长度不一样，因此在点到点网络中路由算法十分重要。一般来讲（当然也有例外），小的、地理上处于本地的网络采用广播方式，而大的网络则采用点到点方式。

23. 什么是 Internet ?

有人说 Internet 是“网络的网络”。这句话该怎样理解呢？

Internet 字面含义是网间网 (Inter-network)。它采用 TCP/ IP 协议族将世界各地 170 多个国家和地区，成千上万个不同类型的计算机网络连接起来，让全世界几千万个用户进行通信和资源共享，是名符其实的国际互连网，是信息社会的基础，也是发展信息高速公路的初级阶段。

Internet 的历史要追溯到美国国防部高级计划研究署 (ARPA: Advanced Research Project Agency) 于 1969 年建立的计算机网络 ARPANET。ARPA 为了实现异种网之间的互连与互通，大力资助网际网技术的研究开发。在 ARPANET 上首次成功地实现了分组交换技术。

1983 年，ARPANET 分裂为民用网 ARPANET 和军用网 MIL-NET，民用网 ARPANET 划归由美国国家科学基金会 (NSF: National Science Foundation) 管理。1986 年，NSF 建立 NSFNET，采用 TCP/ IP 协议，逐渐取代 ARPANET，成为 Internet 的主干网。NSFNET 主干网最初的传输速率为 56 kbit/ s，1988 年更新到 1.5 Mbit/ s，1992 年又更新到 45 Mbit/ s，到 1995 年发展到 155 Mbit/ s，现在已发展到了 622 Mbit/ s。1990 年全球 Internet 已全部开通。

Internet 从一个科研应用的计算机连网系统，在短短几年内演变为全面商业化的全球信息网，发展速度是十分惊人的。目前全球加入了 Internet 的国家已达 175 个。截至 1998 年 2 月，全世界 Internet 用户数已达 1.13 亿，其中北美 7 000 万、欧洲 2 000 万、亚太 1 400 万、南美 700 万、非洲 100 万、中东 52.5 万。从 1995 年 4 月至 1997 年 8 月的 28 个月中，Internet 上的数据量增长

了 100 倍。

总的说来，Internet 具有以下特点：

由众多的计算机网络互连组成；

一个世界性的网络；

主要采用 TCP/ IP 技术；

采用分组交换技术；

由众多的路由器连接而成；

一个信息资源网。

中国于 1994 年正式接入 Internet。近几年来，我国互连网络的发展十分迅速，先后已建成了中国科学技术网（CSTNET）、中国公用计算机互连网（CHINA NET）、中国教育和科研计算机网（CERNET）、中国金桥信息网（CHINA GBN）等四个互连网络。

24. TCP/ IP 体系结构是怎样的？

1. TCP/ IP 的技术思想

Internet 今天的成功应归功于 TCP/ IP 协议。Internet 是基于 TCP/ IP 协议之上的，Internet 中的许多概念都来自 TCP/ IP 协议。ARPANET 从 1983 年开始全面采用 TCP/ IP 协议。在此之前，网络互连的流行办法是应用程序级的互连。应用程序直接建立在物理网和链路级协议上，没有中间的其他层次。

TCP/ IP 摒弃了应用级完成网络互连的思想。它首先确立网络层次概念，将网络互连的任务放在网络级上。当然高层协议也需要转换或一致的问题，但 TCP/ IP 把它们留给高层解决。而对用户或应用程序来说，TCP/ IP 提供给它们的是分组交换的服务，而不是网络的互连，这就隐蔽了网络的硬件细节，避免了应用级互连的缺陷。网络在解决互连问题时不必去关心应用问题，互连与应用都得到了解脱。这种思想使网络互连大为简化。实践证

明，这种思想使网络的扩展和重构都变得相对容易了。网络级互连的思想归纳起来，就形成了互连网（Internet 或 Internet working）概念，这也是 Internet 名字的来源。

另外在对待传输差错问题上，TCP/IP 也有其独特的思想。TCP/IP 认为传输的可靠性是端到端的问题，网络层不予解决。网络层允许数据丢失或损坏，网络层可以抛弃损坏、超时、溢出的数据报，并可随意选择路径。这就给网络层以巨大的自由，使得网络软件容易实现也容易理解。尤其在今天通信媒体的传输质量日益提高的情况下，其通信效率的优势也日益明显。

TCP/IP 确立的网络层次思想开创了现代计算机网络的格局。虽然 TCP/IP 的层次结构不同于 ISO/OSI 的参考模型，ISO/OSI 参考模型依然是 TCP/IP 层次思想的延伸。

2. TCP/IP 结构功能如何？

网络通信协议为计算机之间以及计算机网络之间提供了数据交换的能力，这样的协议包括 SNA，DECNET，TCP/IP，ISO/OSI 等等，其中 TCP/IP 的应用最为广泛。同 ISO/OSI 比较，TCP/IP 更加简单、实用、高效和成熟，产品十分丰富，而且以 TCP/IP 为网络协议建立起来的 Internet 发展十分迅猛，两者之间形成了良性循环，所以 TCP/IP 已经成为当今网络协议的主流和事实上的工业标准。

TCP/IP 这个术语并不仅仅指网际协议（IP）和传输控制协议（TCP），它包括许多与之相关的协议和应用程序，是一个协议族。除了 IP 和 TCP 外，TCP/IP 较低层的协议还有地址解析协议（ARP）、反向地址解析协议（RARP）、差错与控制协议（ICMP）、路由协议、用户数据报协议（UDP）等；TCP/IP 应用层的协议有文件传输协议（FTP）、远程登录协议（TELNET）、简单邮件传输协议（SMTP）、简单网络管理协议（SNMP）、网络文件系统（NFS）等。图 2.1 给出了 TCP/IP 的网络体系结构及各协

议所处的位置。作为比较，图中也给出了 ISO OSI 的七层协议参考模型。

如图 2.1 所示，TCP/ IP 模型由四个层次组成。其中：

应用层	应用层	FIP Telnet	NFS
表示层		SMTP SNMP	XDR
会话层		TFTP HTTP	RPC
传输层	传输层	RTP RSVP	PVPNVP
		TCP UDP	ST_ 数据应用
网络层	网络层	IP ICMP GGP EGP IGP	ST_ SCMP
		ARP RARP	
数据链路层	网络接口层	LAN, X .25, SMDS, 其他网络	
物理层		传输介质(双绞线, 同轴线, 光缆, 无线等)	

图 2.1 TCP/ IP 和 ISO OSI 网络体系结构

(1) 应用层

应用层向用户提供一组常用的应用程序，比如文件传输访问、电子邮件等。严格地说，TCP/ IP 互连网协议只包含下三层（不含硬件），应用程序不能算 TCP/ IP 的一部分。就上面提到的常用应用程序，TCP/ IP 制定了相应的协议标准，所以也把它们作为 TCP/ IP 的内容。事实上，用户完全可以在互连网之上（即传输层之上），建立自己的专用应用程序，这些专用应用程序要用到 TCP/ IP，但不属于 TCP/ IP。

(2) 传输层 (TCP)

TCP 提供应用程序间（即端到端）的通信，其功能包括：格式化信息流，提供可靠传输。为实现后者，传输层协议规定接收端必须发回确认 (Acknowledge)，并且假如分组丢失，必须重新发送。

传输层还要解决不同应用程序的识别问题，因为在一般的通用计算机中，常常是多个应用程序同时访问互连网。为区别各应用程序，传输层在每一分组中都增加了识别信源和信宿应用程序的信息。另外，传输层每一个分组均附带校验和接收机，以此校验收到分组的正确性。

(3) 互连网层 (IP)

负责相邻计算机之间的通信。其功能包括三个方面：

处理来自传输层的分组发送请求：收到请求后，将分组装入 IP 数据报，填充报头，选择去往信宿机的路径，然后将数据报发往适当的网络接口。

处理输入数据报：首先检查其合法性，然后进行寻径——假如该数据报已到达信宿地（本机），则去掉报头，将剩下部分（传输层分组）交给适当的传输协议；假如该数据报尚未到达信宿，则转发该数据报。

处理 ICMP 报文，处理路径、流量控制、拥塞等问题。

(4) 网络接口层

这是 TCP/IP 软件的最低层，负责接收 IP 数据报并通过网络发送之，或者从网络上接收物理帧，抽出 IP 数据报，交给 IP 层。

网络接口有两种类型：第一种是设备驱动程序（如局域网的网络接口）；第二种是含自身数据链路协议的复杂子系统（如 X.25 中的网络接口）。

25. 什么是摩尔定律？

摩尔定律是由 Intel 公司的 Gordon Moore 提出的。该定律是指主要的半导体产品（如 DRAM 和分级处理器）每隔 18 个月，其密度和速度将增长 1 倍，产生指数增长速度。微处理器的速度会每隔 18 个月翻一番。这就意味着每五年它的速度会增长 10

倍，每十年会增长 100 倍。同等价位的微处理器会越变越快，同等速度的微处理器会越变越便宜。可以想到，在未来，世界各地的人不但都可以通过自己的计算机上网，而且还可以通过他们的电视、电话、电子书和电子钱包上网。

后来人们把大于上述增长速率的增长速度称为增长速度的“超摩尔定律”，如在未来 25 年，主干网的带宽将每隔 6 个月增加 1 倍。其增长速度超过摩尔定律预测的 CPU 增长速度的 3 倍！

26. 什么是麦特卡尔夫定律？

以太网的发明人鲍勃·麦特卡尔夫告诉我们：网络价值同网络用户数量的平方成正比（即 N 个连接能创造 N^2 的效益）。如果将机器连成一个网络，在网络上，每一个人可以看到所有其他人的内容，100 人中每人能看到 100 人的内容，所以效率是 10 000。10 000 人的效率就是 10 000 000！因为每个用户都将从其他所有连网的用户中获益。

27. 什么是 2:8 定律？

最初人们用柏拉图的 2:8 定律来处理工作或日常生活的每一件事，即将 80% 的焦点精力集中在 20% 最重要的事情上，就不会发生在面对一堆未完成的工作时，显得焦虑，紧张不安，或者做此事又惦记着彼事，顾此失彼，一事无成的情况。

后来，在通信界人们也常常用此定律，如：“传统电信网业务量的使用模式将发生颠倒，以前本地/广域业务量为 8 2，目前本地/广域业务量为 5 5，将来本地/广域业务量为 2 8，这将构成新时期业务量分布的新模式”，“城域网效益的 80% 来自于 20% 的用户”等等。

第三部分 城域网的业务

28. 宽带城域网建设的目标是什么？

宽带城域网建设的目标就是：以最少的资金（避免 ATM 和 IP 多网重复建设）建设一个先进的（采用最新的信息技术）、满足综合业务（使得新技术能够与旧技术融合、宽带业务与窄带业务融合有线与无线融合、固定与移动融合）的城域网络平台，能够为用户提供各类基本业务（话音、数据和视频）以及增值业务（虚拟专网、IP 电话、远程教学等等），并能迅速获得利益回报（收回投资的周期短），以进一步扩大市场占有率和提高市场竞争力。

宽带城域网的业务应用模型应避免简单的粗放经营模式，要能够面向细分的客户提供集约化的精细服务，业务特性将朝综合化、多媒体化和差别化的方向发展，业务开展的形式着重于服务增值，特殊业务如企业网互连、互动视频等具备电信级的服务质量，普通业务如高速上网将满足尽力传送的要求，同时侧重对网络元素、网络资源和带宽的进一步分权经营管理。

建设先进的宽带城域网是新一代网络发展的方向。城域网具有必须支持各种不同的业务，结构上变化较大，且随最终用户的不同而变化，投资量大，接入技术多样，接入方式灵活的特点。总之城域网是多种技术、产品、网络的融合体，需要以业务需求

主导网络建设。

29. 为什么说窄带、宽带业务会长期共存，平滑过渡？

建设一个宽带城域网，有很多问题尚待解决。第一是宽带业务收入的不确定性。宽带用户是哪些人？其地理位置分布如何？业务量分布怎样？宽带业务普及率将怎样发展？用户能为宽带业务负担的费用是多少？第二是宽带业务的标准尚不成熟，设备有待改进，成本有待降低，有些新技术还在研究试验之中。第三是投资问题。宽带城域网意味着巨大的投资，特别是在我国，要在短时间内拿出这么一大笔投资来建设宽带城域网是不可能的。因此，应根据社会的发展，用户的需要，设备的成熟程度和经济实力，分阶段逐渐建设我国的宽带城域网。

权威性的 CTIA 调查、预测表明：64 kbit/s 接入速率可满足 70% 左右的业务需求，128 kbit/s 接入速率可满足 80% 左右的业务需求，2 Mbit/s 接入速率可满足 90% 左右的业务需求，10 Mbit/s 接入速率可满足 99.2% 左右的业务需求。一个宽带系统将使未来普通电话的扩容变得困难和昂贵。这就要求接入网设备组网经济灵活，像 IBAS 系统那样，具有 V5 局端或远端终结能力，真正实现宽带和窄带接入兼容的模式，是一种较完善的解决方案。

30. 承载网络运营商可以通过城域网提供哪些业务？

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。

按业务类型分，承载网络运营商可以通过城域网提供的业务分为三类：

一是传统的 TDM 业务，包括 $N \times 64 \text{ kbit/s}$ ， $N \times 2 \text{ Mbit/s}$ ， $N \times 34 \text{ Mbit/s}$ ， 45 Mbit/s ， $N \times 140 \text{ Mbit/s}$ ， $N \times 155 \text{ Mbit/s}$ ， $N \times 622 \text{ Mbit/s}$ 直到 10 Gbit/s ，既有交换机中继线、基站业务，也有传送图像的 $34/45 \text{ M}$ 接口；

二是 ATM 业务，ATM 业务既可以是 $34/45 \text{ Mbit/s}$ ， 155 Mbit/s 接口，也可以是 VC4-XC 级连接口，或者是 IP over ATM over SDH 方式；

三是 IP 业务，一般以 10 Mbit/s 、 100 Mbit/s 、 1 Gbit/s 为主。按用户类型分，可分为企业集团用户、行业集团用户、SOHO 和写字楼用户、智能化住宅小区、出租业务等几大类。

可以预见，未来网络无处不在，城市信息化涵盖了更广泛意义的内容：企业内部网的建设促进了企业办公、生产的自动化，提高了生产效率，节约了生产成本，城域网的建设为企业网的互连、公共信息服务提供了平台，促进了城市交通、公安系统、社会福利保障、金融外贸等事业信息化的发展，居家办公、网上购物、可视电话、自动抄表及缴付系统的应用将给人们的生活带来前所未有的便利，网上无所不包的内容将极大地丰富人们对信息的渴求。

31. 业务提供商可以通过城域网提供哪些宽带业务？

宽带业务的成长与因特网有着密切的联系，20 世纪 90 年代

中期，正当 ATM 准备按步就班地推广应用时，基于 IP 技术的 Internet 网络，由于找到了它的“杀手”应用（Kill Application）——Web 应用——突然爆炸性地发展起来了。因特网业务量的增长已构成数据业务的主要增长因素。除了用户数量的指数式增长外，业务带宽也呈现了指数式增长态势。例如在 1990 年左右，主要业务是 E-mail，带宽仅 1 kbit/s 左右；到了 1995 年，主要业务成为 Web 浏览，所用的带宽已增长到大约 50 kbit/s；到 2000 年左右，活动图像成为重要业务，所占用的带宽可达 5 Mbit/s。2000 年以后，业务提供者的利润大约 80% 将来自 IP 业务。有关统计结果表明，宽带城域网 80% 左右的应用业务都将基于 IP 承载。

目前城域网起步初期要求能够满足两类业务的需求：

一类是 QoS 要求较高的互连业务和实时视频业务：基于 IP 的话音业务（VoIP）、电子商务、虚拟专网（VPN）、远程教育、协同设计、协同实验、数字图书馆、电视会议、可视电话、视频广播、视频点播（VOD）、新闻、广告等短节目、虚拟现实（VR）、交互式电子游戏、远端操作科学仪器和远程医疗、宽带因特网接入、宽带网站智能化社区服务等多种。

另外一类是 QoS 要求较低的 Internet 上网业务：有 E-mail，FTP 和 Telnet 等。

一般来说，企业互连、实时视频、VoIP 等业务，流量适中，但对服务品质有很高的要求，收费标准可根据与用户鉴定的 SLAs，按带宽、流量、包丢失率、时延、优先级等服务级别划分，这部分运营收入稳定，价格较高，容易产生增值利润，主要集中在企业商业用户。但纯 IP、纯以太网网络在 IPQoS，VPN，MPLS 流量工程等方面尚不成熟，不能满足这部分用户的需求。另一类 Internet 业务流量较大，用户较分散，主要是智能小区用户和普通拨号用户，是不容忽视的巨大的潜在消费群体，这部分

用户对价格因素较敏感，但对上网速度和带宽需求高。

目前，基于 Internet 可供运营的业务很少，宽带业务给用户创造的效益有限，给网络运营商带来的收入也不高，出现了高投入、低收益的不合理现象。所以下一阶段城域网建设的重点将转向多媒体呼叫中心、宽带智能增值业务节点的建设。

32. 城域网业务有哪些用户？

近来，由于采用了电缆、铜缆（xDSL）、无线以及卫星宽带接入业务，家庭用户、小型办公/家庭用户（SOHO）以及小型商业用户在城域网业务方面都具备了相当的购买力，因此，无论从哪个方面来讲高速数据业务都是市场上的迫切需要。预计到 2002 年，在美国将会有 12.4% 的互连网用户是家庭用户，即有 1 300 万用户会采用高速数据业务，而在 1998 年却只有 0.7% 家庭用户（即 74 万）选择此项业务。

同时，据预计到了 2002 年，美国家庭用户将会达到 1 亿以上，其中约 1 400 万用户会使用远程通信技术和服务，这 1 400 万用户中又会有 29% 选择高速、宽带业务，可见宽带业务的市场潜力是多么的强大。

1. 家庭用户

家庭用户数据传输速率是他们使用的传统电话的模拟信号的数据速率，因为只有在此速率下，家庭用户才可以快速有效地浏览、下载影像片断，玩网络游戏，使用网络电话，还可以使用互连网视频会议系统。早期，用户互连网业务的费用是每月 \$ 50，而现今，由于得到用户迅速广泛的接受和认同，宽带业务的费用已降为每月 \$ 25 ~ \$ 35。

2. 小型办公/家庭用户（SOHO）

高速接入网在 SOHO 用户中的典型应用是客户联系，市场高

速竞争分析和商业业务调查，竞争分析和商业业务调查。由于数据的优先传输，持续性的连接功能以及较好的客户服务，SOHO用户愿意支付比家庭用户更高的费用。在某些领域中，综合业务数字网（ISDN）比较合适，但其价格却相对昂贵，安装也不容易，而且带宽也受到 128 kbit/s 的限制。

3. 小型商业机构

小型商业机构也有与 SOHO 用户类似的高速业务要求，但同时他们还需要有能够连接到局域网（LAN）的业务。目前，小型商业用户因费用问题较少采用高速接入方式，相对 SOHO 用户而言，小型商业用户最好采用 ISDN T-1（1.55 Mbit/s）服务比较实用。但对于小型商业用户而言，每月 \$ 1 500 的昂贵的费用使得其性价比太低而难以接受。当然，小型商业用户比起 SOHO 用户来说还是较有支付能力的。

33. 如何抓住用户发展城域网？

对用户业务多样化、个人化的把握是如何抓住用户发展城域网的关键。如广东省提出了“一小、二场、三关、四大、五行”的发展方案（“一小”是指小区；“二场”是指飞机场、商场；“三关”是指政府机关、海关、司法机关；“四大”是指大楼、大学、大宾馆、大医院；“五行”是指银行），体现了通过区分不同的用户进行运营的策略。

1. 重点用户和大用户

根据社会调查资料，确定目前“大用户”、“重点用户”的范围、规模、分布、特点；根据国民经济发展规划确定“大用户”、“重点用户”的变化规律及到达规模；分析“大用户”、“重点用户”使用通信业务的特点及现状、问题；确定“大用户”、“重点用户”的分类、分布、业务发展规模。重点用户和大用户除对电

话和数据业务有大量的需求外，随着通信技术发展对多媒体业务也有不同的需求。这类用户一般采用光纤接入技术。

2. 小区用户

结合城市规划根据城市功能块的划分进行分布预测；根据原交换区资料进行分布预测；编制用户密度图进行预测；以居民委员会为单位进行用户分布预测。通过建设智能化社区服务系统满足小区对宽带数据网络业务的迫切需求。

3. 农村用户

农村用户分为郊区、乡镇和农村地区，郊区是指市区和各县交界处的地区，这个地区是城市户和农村户混合居住的地区，对这类地区话音用户业务预测，首先要考虑到这些用户的经济来源、收入水平以及居住位置。这类用户可采用有线、无线相结合的接入技术。

34. 住宅小区智能化指的是什么？

随着计算机网络技术的不断普及，人们迫切需要提高社区服务管理的质量。一方面，随着生活水平的提高和现代化生活节奏的加快，居民越来越希望物业管理公司能够提供全方位多层次的服务；另一方面，随着 NII/ GII (National Information Infrastructure/ Global Information Infrastructure, 国家/ 全球信息基础设施) 计划的实施，网络正快速地向家庭用户延伸，公众对信息的需求也不断增加和丰富。信息服务不但能为人们的工作、社交提供便利，同时还能提供高质量的休闲娱乐享受。目前多媒体服务种类繁多，但为公众广泛使用的是小区物业管理、社区服务、VOD (Video On Demand) 点播和访问因特网。智能化社区服务系统将满足小区对宽带数据网络业务的迫切需求。

住宅小区智能化 (或称为“智能小区”) 以家庭智能化为核

心，采用系统集成方法，建立一个沟通小区内部住户之间、住户与小区综合服务中心之间、住户与外部社会的综合信息交互系统，为住户营造一个安全、舒适、便捷、节能、高效的居住和生活环境，智能小区适应了国家住宅产业化发展的形势，在满足市场适应性和住房经济性的基础上，增强了小区住宅的科技含量。通过采用现代信息传输技术、网络技术和信息集成技术，进行精密设计、优化集成、精心建设和工程示范，提高住宅高新技术的含量和居住环境水平，以适应 21 世纪现代居住生活的需求。

按照《全国住宅小区智能化系统示范工程建设要点与技术导则》的要求，智能小区的建设主要是物业管理智能化系统的建设，这是衡量小区智能化程度的重点。小区物业管理智能化系统主要由小区安全防范子系统、信息管理子系统、信息网络子系统三部分构成，可全面支持信息化智能小区的建设。小区物业管理智能化系统是以信息传输通道（可采用电话线、有线电视网、高速宽带数据网、宽带光纤用户接入网等）为物理集成平台的多功能管理与监控的综合性系统，并与 CATV、公共交换网、互连网等连网使用。

(1) 全防范子系统

可支持出入口管理及周界防范报警、闭路电视监控、对讲与防盗门控、住户报警、巡更管理，实现小区保安监控和小区关键设备监控。

(2) 信息管理子系统

提供小区物业管理计算机系统，可支持安全防范系统，小区三表自动抄录系统，远程抄收与管理 IC 卡系统，车辆出入与停车管理系统，公共照明、电梯及供水等主要设备监控管理系统，紧急广播与背景音乐系统。

(3) 信息网络子系统

提供小区通信系统，通过多种接入手段（ADSL，LAN，

HFC, APON 等), 支持小区多媒体综合应用系统, 小区远程会议系统, 小区 CATV 系统, 小区双向视频 VOD 系统。

35. 智能小区的通信网络是怎样构成的 ?

智能小区的通信网络是与小区物业管理系统紧密结合的, 从功能上可以划分为三层结构:

1. 用户驻地网

包括用户终端适配设备, 智能数据采集系统 (包括各类安全传感器、智能小表、电表、气表等), 各类智能数据设备, 数据终端以及用户家庭综合布线系统。通过不同的用户接入介质 (双绞线、五类线以及同轴电缆等) 实现用户的各类多媒体业务, 同时实现用户各类安防信息、远程抄表信息以及智能设备等信息的采集。

2. 社区接入网

主要由各种宽带接入设备组成, 通过不同的传输介质承载多种宽带业务, 需要提供多种接入方式, 以满足小区用户与物业管理及信息中心的不同业务需求。

3. 骨干网

提供骨干业务路由交换服务, 由骨干交换机与相关业务节点构成, 对业务汇接层进行相关业务的发起, 为小区提供公网的相关业务。

36. 目前, Internet 的主要服务包括哪些 ?

目前, Internet 的主要服务包括:

- 万维网 (WWW);
- 电子邮件 (E-mail);
- 新闻服务 (News);

文件传输 (FTP);
远程登录 (Telnet);
信息查询 (Archie, Gopher, WAIS 等)。

在传统上 IP 网上的业务有三项: E-mail, FTP 和 Telnet。但是这三项业务并没有促进 IP 网的大发展, 在相当长的一段时间内 (近 20 年) 网络与业务均处于缓慢的增长状态。1990 年初, Web 的出现, 使 IP 网急剧地发展起来, 究其原因是 Web 业务与 IP 网极其适配。IP 网的不可管理性、IP 网的不面向连接的特性以及 IP 网的尽力而为的数据传输的特性和 Web 的自由链接特性 (超级链)、不面向业务流和非实时传输的特性是完全适配的, 因而 Web 业务成了 IP 网的“杀手业务”, 它促进 IP 网迅速发展起来, Web 业务将是 IP 网的主导业务。

37. IP 业务有何特点 ?

IP 业务具有许多与传统电话业务不同的特点:

(1) 业务量向骨干网的转移: 传统的业务量主要集中在本地网, 而 IP 业务量的分布模式将使业务量大幅度向骨干网转移; 从大服务器 骨干网 地区网 分散用户方向的不对称 (3/ 1, 6/ 1, 20/ 1), 使网络 50% 的服务器空闲的同时另一端却发生阻塞, 导致网络带宽的利用率较低。因特网业务流主要受限于服务器 (HTTP 会话初始化, DNS 查询, CPU 负荷等), 而非网络, 50% 的 Web 阻塞与服务器有关。

(2) 在多数互连网链路上收发通道间存在收发数据的严重不对称性: 互连网不同区域数据流量的严重不对称性, 表现在出美国/ 进美国大约为 10: 1。

(3) 网络 IP 业务量大小的不可预测性: 传统电话和专线的业务量是相对稳定的, 其年增长率可以预测, 因而网络规划和扩

容比较容易，而 IP 业务量大小却无法预测。

(4) 网络 IP 业务量变动的不可预测性：网络 IP 业务量由于各种原因会在网络的不同部分发生转移，造成网络资源利用的不平衡乃至发生某些路由的容量瓶颈。

(5) 因特网业务量呈突发特性：在电路交换网上传时，所占连接的大部分时间是空闲的，传输效率很低。有时轻负荷的链路也会发生丢包和延时。

(6) IP 业务量的多跳性：典型 IP 网络的业务量在其出入口之间经过的节点数比传统电话网多 3 倍，节点数的增加导致延时增加和吞吐量的减少。

38. IP 业务对电信业务有何影响？

IP 业务对电信业务的影响体现在业务收入的构成、业务量的分布模式上。

随着因特网业务的爆炸式增长，因特网业务将逐渐成为新的电信业务增长点。据美国 Yankee Group 公司的预测资料表明，近几年来，发达国家的电话收入已开始逐年下降，而电信收入预计从 1997 年的 1 900 亿美元增长到 2000 年的 2 600 亿美元，其主要增长将来源于数据，特别是 IP 的收入。从 2000 年以后，业务提供者的利润大约 80% 将来自 IP 业务。

(1) 从电信网使用的数据通信协议看，在 1998 年底，发达国家的 IP 通信协议已占 70% ~ 80%，IP 已成为主导通信协议，这种通信协议的变化也将影响业务收入的构成。

(2) 从网上 IP 业务量的分布看，尽管企事业网的 IP 业务量将从 1996 年的 45% 增长到 1998 年的 70% 以上，但骨干网上的业务量增加得更快，已达到了约 6~9 个月就翻一番的地步，结果，传统电信网业务量的使用模式将发生颠倒，以前本地/广域业务

量为 8 2，目前本地/广域业务量为 5 5，将来本地/广域业务量为 2 8，这将构成新时期业务量分布的新模式。

39. 什么是 IP 电话？

Internet 电话技术是目前 Internet 应用领域的一个热门话题，通常被称作 IP 电话或 Iphone。它主要是指利用 Internet 作为传输载体实现计算机—计算机、普通电话—普通电话、计算机与普通电话之间进行语音通信的技术。

Internet 电话技术受到如此关注的最重要原因就是可以非常显著地降低长途通话费用，特别是国际用户可以节省 70% 以上的成本和费用。另外基于计算机的多媒体通信需要 Internet 电话的支持，也促进了这一技术的发展。当然，市场是任何技术得以快速发展的最重要原因。据有关专家预测，Internet 电话市场将从 1995 年的 350 万美元上升到 2001 年的 30 亿美元。面对这一巨大市场，许多大公司像 Microsoft，Lucent 都纷纷加入竞争，促进了 Internet 电话相关技术和标准的不断出现。

目前看来，对传统电信业务冲击最大的是 IP 电话。当然到目前为止，IP 电话的绝对数量很少，与传统电话相比是微不足道的，但是它对传统电话的冲击力是非常巨大的，应该说 IP 电话目前只能算处在初级阶段，无论是从标准上，还是从设备的成熟程度上，以及系统的设计理论上与现有传统电话的成熟和系统化相比是有很大差距的，其差距大约在 5 年以上，目前还不具备取代现有传统电话的能力。但是它从根本上动摇了电话必须要基于电路交换技术的这种理论。

IP 电话的出现不仅会对现有的电话的价格体系产生重大的影响。从标准的进度来看，国际上一些大的标准化组织，如国际电联 (ITU-T)、欧洲标准化组织 (ETSI)、美国的 IETF 和许多论

坛组织都研究提出了一系列建议和标准，国际上著名的电信和计算机公司也纷纷推出相应设备，其声势十分浩大。

40. IP 电话和传统电话相比有何特点？

在现在的电话网上打电话，语音信息从起点到终点始终沿唯一的一条路径传输，信息是顺序传送的；其次，网络采用 PCM 技术将话音信息编码成固定的 64 kbit/s 的数字信号进行交换和传输。

在 IP 网上，信息根据 IP 协议被分成一个个的分组传输，每个分组上都有目的地址和分组的顺序号，分组可以沿不同的路径到达目的地，然后在目的地将分组重新组装成原来的信息。IP 电话就是在这样的网络上实现的。

IP 网和现有电话网都可以实现电话应用，表 3.1 对这两种方法进行了比较。

表 3.1 IP 电话与传统电话的比较

项 目	IP 电话	传统电话
主要承载网络	IP 网	PSTN
交换方式	分组交换	电路交换
每个呼叫所需带宽	10 kbit/s 以下	64 kbit/s
带宽利用率	高	低
话音质量	低	高
使用费	低	高

前面已经说到，现有电话网为每一次成功的呼叫都提供一条 64 kbit/s 的固定信道。因此，只要没有挂机，这条 64 kbit/s 的信道始终不能被别的呼叫使用，即使是没有人说话或是在语音停顿

期间。而 IP 电话则不同，语音信息不占用固定的信道，而且有信息时才传送，因此 IP 电话的带宽利用率远远高于现有电话。另外，IP 电话使用的压缩技术可以将语音信息压缩到 10 kbit/s 以下，对带宽的占用远远低于现有电话。

由于 IP 电话的带宽利用率高，再加上政策上的原因，使 IP 电话的使用费用相对较低，尤其是国际长途电话费远远低于现有电话，这也是 IP 电话真正的魅力所在。举一个例子来说，在美国 AT&T 的电话用户如果要从纽约往巴黎打一个电话，每分钟要花费 1.87 美元，而通过 Internet 打这个电话每分钟只要 25 美分就够了。

IP 电话的使用费用低，但也存在话音质量较差的缺点。对 Internet，线路的带宽难以管理，IP 电话所需的带宽也就无法持续保证；另外，IP 电话经过路由器传输时延较大，这些因素造成了在打 IP 电话时断断续续，且有明显的延迟感。不过，随着网络性能的提高、网络结构的改进、路由器的革新，IP 电话的话音质量可以在不久的将来得到改善并与传统电话的话音质量想媲美。

4.1. IP 电话有几种？

根据 ETSI TIPHONE 工程，IP 电话分为四类。

1. 从 IP 网到电话交换网

该方案是 H.323 终端接入 IP 网，经由互通功能 (IWF) 通过电路交换网到达其终端，进行话音传送 (见图 3.1)。该方案的主要问题是：找到合适网守 (gatekeeper) 和网关的方法；怎样在不同网络间保证服务质量 (QoS)；Internet 用户的授权和认证问题；No.7 信令的互通问题。

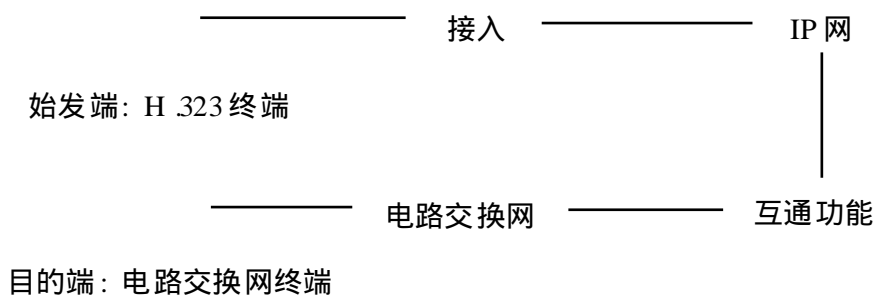


图 3.1 从 IP 网到电路交换网实现 IP 电话

2. 从电路交换网到 IP 网

该方案是电路交换网终端通过电路交换网，经由互通功能，到达 IP 网接入侧的 H.323 终端，进行话音传送（见图 3.2）。该方案需要解决的问题主要是 IP 地址中 E.164 号码的转换以及如何容纳漫游的 IP 用户。

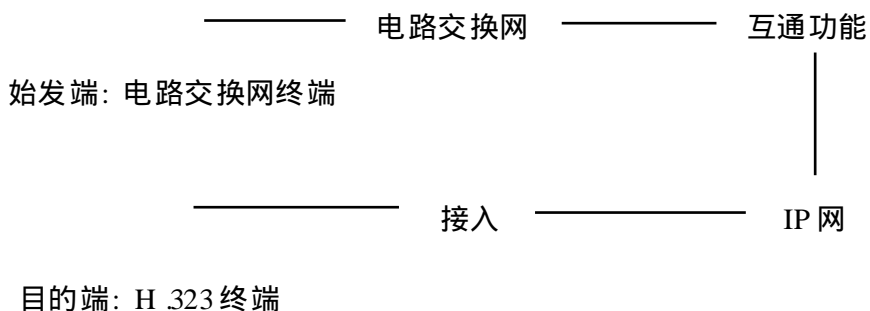


图 3.2 从电路交换网到 IP 网实现 IP 电话

3. 从电路交换网经 IP 网到电路交换网

该方案是不同电路交换网终端之间通过电路交换网及互通功能，通过 IP 网进行话音通信（见图 3.3）。该方案的主要问题是找到合适网守和网关的方法，以及怎样实现第一步拨号。

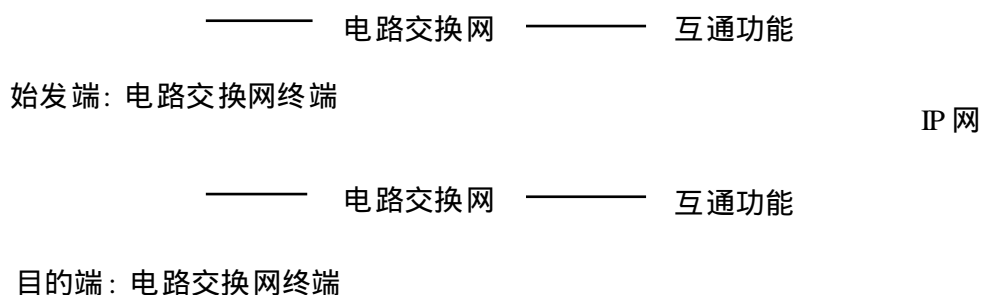


图 3.3 不同电路交换网终端之间通过 IP 网实现 IP 电话

4. 从 IP 网到电路交换网，再由电路交换网到 IP 网

该方案是接入 IP 网的不同 H.323 终端之间经互通功能，通过电路交换网进行话音通信（见图 3.4）。该方案需要解决的问题是如何通过电路交换网利用 IP 地址与远端通信。

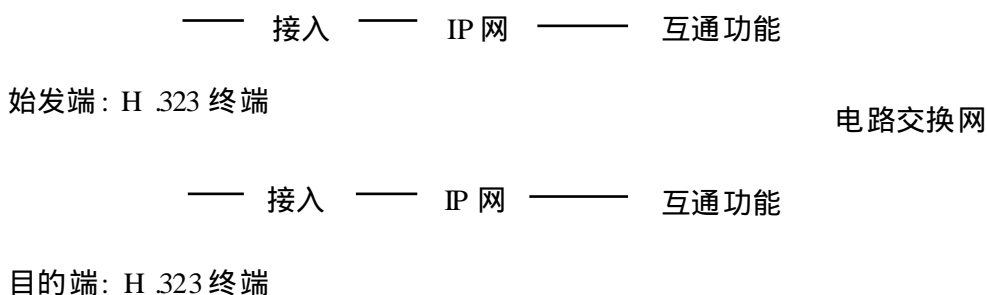


图 3.4 不同 H.323 终端之间通过电路交换网实现 IP 电话

将来还可能会出现从用户端出来就是分组的 IP 电话。

42. 什么是电子商务？

电子商务（E-commerce），从英文的字面意思上来看，就是利用现在先进的电子技术从事各种商业活动的方式。至于确切的

说法，业界众说纷纭，至今也没有一个统一的定义。但总的一点，无论是 CB 国际商会，还是 IBM 的 E-Business，HP 的 E-World 等都认同的是利用现有的计算机硬件设备、软件和网络基础设施，通过一定的协议连接起来的电子网络环境进行各种各样商务活动的方式。

简而言之，电子商务是指通过电脑和网络来完成商品或产品的交易、结算等一系列商业活动过程的一种方式。它不仅可消除时间和空间上的障碍，减少日常费用和运作时间，而且可更好更快地获取新的客户资料，从而为广大企业和用户带来巨大的便利与收益。

电子商务始于 1996 年，主要是在因特网上进行的商业运作活动，起步时间短，但具有高效率、低支付、高收益和全球性的优点，发展迅猛。目前，全球已有 52% 的企业开展了电子商务活动。据统计，1997 年，全球电子商务营业额高达 80 亿美元。在连网的美国家庭中，每年有 13% 的家庭通过互连网进行购物。在今后几年内，大多数的联机贸易将要把企业和公司专用数据网络与因特网一起融入进去。

因特网电子商务，包括两大类内容：一是企业之间的电子贸易，也就是因特网之上的 EDI；二是指网上购物。因特网电子商务目前在全球的网络用户已达数千万，到 1997 年底，《财富》杂志排名的全球最大的 500 家企业中有 75% 建立了网络交易系统。电子商务成为因特网上发展最快的业务，其年增长率达 143%，预计到 2001 年，因特网电子商务的用户将达到 1.75 亿户，全球电子商务交易额达到 4 500 亿 ~ 6 000 亿美元。美国现在有 46% 的大公司正在使用或计划使用电子商务技术。

电子商务的应用使传统的经营模式和经营理念将发生巨大的变化。电子商务将会创造巨大的效益和机会，会将市场的空间形态、时间形态和虚拟形态结合起来，将物质流、现金流、信息流

汇集成开放的、良性循环的环路，使经营者以市场为纽带，在市场上发挥最佳的作用，得到最大的效益。可以肯定，电子商务的发展会带给我们一个经济更加繁荣的时代。电子商务的发展，不仅将有力地推动 Internet 的发展，也对社会的进步和经济的变革产生深远影响，更重要的，它本身的发展和成熟为我们提供了许许多多的机会，对于传统商业来说，确实面临一场新的革命。

宽带城域网为电子商务提供了安全可靠的网络平台，应联合各方面的力量大力加强电子商务业务平台的建设。包括认证中心、银行支付网关、网上交易平台的建设。为吸引更多的商户参与到电子商务领域，希望有关电子商务的政策、法规也能尽快出台。

目前，通过网络的商贸活动主要有以下几种。

(1) 网上信息

在建立信息高速公路的信息时代，信息产业将蓬勃发展，而获取信息的代价则更为低廉。由于 Internet 具有传播速度快、全球连网、信息存储量大等特点，任何一个用户只需输入网址就可在任何时间获取他所需要的信息。目前，查询信息因特网是最为广泛的应用方式。

(2) 网络广告

网络广告发布有两种：一种是通过网络出版发布，如美国 CNN、日本 NHK 等电视台，《泰晤士报》、《华尔街日报》、《人民日报》电子版等；二是直接在网络上开设网址，BBS（电子布告栏）建立电子信息广告目录。广告时代也将由大量生产模式向以顾客为中心的大量定做化模式转变。

(3) 电子购物

电子购物可让消费者享受到全球购物的方便，而且虚拟的网络商店可以 24 小时营业，全天候甚至全年无休止地营业，消费者省去了长途跋涉和往返到处寻价的劳苦，只需用鼠标点几下，

按屏幕提示，输入地址、信用卡号码等，网络商店就会将商品送来或寄来，消费者也不用担心信用卡号被盗。日趋活跃的互连网电子商务商场吸引了众多商家的注视，未来企业面临的将是无国界、无差异的竞争。

应当看到，电子设备的法律、安全、管理、技术标准和金融等诸多方面还有待于进一步完善。电子商务的经营者能否提供以顾客为中心的整体购物服务环境，以克服消费者在电子购物中心接触产品实体的障碍，充分发挥其便利优势，让消费者在网上享有购物乐趣和感觉，这些都有待进一步研究和发展。

43. 什么是会议电视？

会议电视就是利用电视技术和设备通过传输信道在两地或多个地点举行会议的一种通信手段。利用摄像机和话筒将一个地点会场的开会人的形象及他所发表的意见或报告内容传送到另一会场，并能出示实物、图纸、文件和实拍电视图像，以增加临场感；或辅以电子白板、书写电话、传真机等信息通信，可实现与对方会场的与会人员进行研讨和磋商。宽带城域网的建设为电视会议提供了可靠的网络平台，电视会议也逐渐为一般中小企业所接受。

IP 网中的会议业务是 IP 网上十分重要的实时业务。从网络特性来说，IP 网是唯一可以提供低、中、高带宽的网络，因而在 IP 网上可以提供多种等级的会议业务。事实上近二三年来，IP 网上的会议也取得了很大的发展。从发展的眼光来看，IP 网中的会议将占会议业务的绝大部分。以前的会议系统大都是基于电路交换的，有基于 ISDN 和 DDN 的 H.320 会议系统，有基于 PSTN 的 H.324 可视电话系统等。尽管会议系统发展至今已有近 20 年的历史，但目前的应用仍不普及，基于 PSTN 的可视电话由

于其质量不高而不是很受欢迎。DDN 价格过高，无法普及，ISDN 目前也尚未普及，因而 H.320 会议系统也不能大规模发展起来，会议业务目前都是很有局限的。

IP 网上的会议系统就完全不同了。IP 网是因为 Web 和 E-mail 的广为使用而迅速发展起来的，这个趋势从目前来看显然是不可阻止的。由于 Web 业务种类的多样化，特别是运动图像的引入，将使用户的带宽需求越来越大，用户接入网的宽带化和 IP 骨干网的高速化是一大趋势。在网络形成以后，扩大网络上的业务应用是显然的。再加上 IP 网络性能的不断提高，IP 网具备有提供低、中、高速数据通信的能力，会议业务的引入也将成为必然。正因为看到这种现实情况，IP 网会议业务也成为当今通信领域的热门课题。IP 网会议系统的标准进展相当迅速，从主体标准 H.323 的出现到与之配套的标准的迅速出现，IP 网会议的标准已基本定型。另外会议终端经 ISDN 接入的 IP 会议系统、会议终端、经 ATM 接入的 IP 会议系统也已有相应的标准。从设备开发来看，IP 会议的开发也十分红火，国际上几乎所有会议系统的开发公司都推出了相应的系统，并在联合起来作互通的实验。IP 会议系统将是 IP 网的下一应用热点，预计在今后的 3~5 年内，会议系统的 90% 将会是 IP 会议系统。

44. 什么是网上教育？

随着 TCP/IP 网络技术和应用的普及，使得利用基于 TCP/IP 技术的远程教育成为可能。它突破了传统教育在地域和时间上的限制，大大方便了人们对知识的获取，从而日益成为现代社会不可缺少的一种教育和知识的传播途径。中国地域辽阔，人口众多，教育水平极不平衡，发展在线远程教育可以在很大程度上弥补传统教育手段在师资、经费等方面的不足。多媒体远程教育系

统以 Video & Audio 工业的最复杂的压缩和传送技术为基础，采用标准 RTP 协议并且把高品质的视频/音频和 HTML 页面紧密结合，可实现视频、音频、图像和文字教学材料在网上的实时同步传输。多媒体远程教育系统可提供给用户更为灵活多样的远程教学手段，支持教育机构或信息提供商以多种形式提供教学素材，包括：活动图像（Video）、静止图像（Image）、声音（Sound）、文字（Text）。

45. 什么是远程医疗？

远程医疗从广义上讲是使用远程通信技术和计算机多媒体技术提供医学信息和服务。它包括远程诊断、远程会诊及护理、远程教育、远程医学信息服务等所有医学活动。从狭义上讲，是指远程医疗，包括远程影像学、远程诊断及会诊、远程护理等医疗活动。国外这一领域的发展已有近 40 年的历史，在我国仅有几年的时间。

宽带城域网的建设为远程医疗提供了高速的业务平台，远程医疗可以架构在会议电视技术之上，通过宽带网络可向用户提供远程问药、远程咨询、在线挂号等业务，医院也可通过远程医疗技术实现远程会诊、专家咨询等先进的医疗服务。

46. 什么是 VOD 应用？

VOD（Video On Demand）即视频点播技术的简称，也称为交互式电视点播系统。或者更广义一点讲，它可以为用户提供各种交互式信息服务。VOD 出现的最初动力是人们对广播电视的不满，在现行的电视节目，收看者完全是被动的，节目提供者播放什么节目，观众就只能看什么节目，尽管电视台可以提供很多

的节目，但要想真正完整地收看到一个自己满意的节目，对于许多人来讲也是不太容易做到的，因为在快节奏的现代社会中，许多人不可能为了看某一个电视节目而预先安排自己的时间。被迫习惯了这种被动收看方式的人们，对于有朝一日能够按照自己的需要自由地点播，充满了美好而迫切的憧憬。

为了使人们摆脱这种被动地位，有人想到能不能像点播广播节目那样点播电视节目呢？最初的解决办法有两种形式：一种是延时广播（Delayed Broadcast），即人们通过电话或其他信息方式通知服务台自己想在哪个时间段收看什么节目。到那时，对方就按要求播放点播的节目；还有一种方式是服务台每隔一段时间就从头广播一套节目，这样人们总能看到节目的开头，这两种方式虽然可以给用户一定的主动权，但从本质上讲，它们还是广播业务，因为用户还是无法随时控制节目进行暂停、重放、快放、慢放等操作。

于是，人们开始研究交互式电视系统。计算机技术的发展及数字通信技术的长足进步使得视频点播成为现实，使得人们的憧憬变成了现实。点播用户只要操作遥控器，主动点播，即刻就可心想事成，收看和欣赏节目库中自己喜爱的任意节目，并可自由进行快慢等控制。节目内容除了影视节目、卡拉OK外，还包括提供查询、浏览、指南、交易、广告、教学等各类节目。世界上许多国家都在试验和发展VOD，它的出现使得电视机变成了一种可以随机获取的媒体，更像是一本书或是一张报纸，可以浏览，可以调整，不再局限于某一时间或日期，也不受传送耗时的限制。交互式视频点播系统一般由VOD前端处理系统、传输网络、用户机顶盒三个部分组成。

而VOD前端处理系统是提供用户节目、进行管理及计费等用的，故包括视频服务器、磁盘阵列、节目播放及控制设备，节目数据库、网络管理和计费系统等系统。前端处理系统可以说是

VOD 的核心，决定了 VOD 系统的服务能力。VOD 系统的传输网络大体可分为骨干传输网和用户接入网两部分。用户端的机顶盒是从网络获取多媒体信息的桥梁，是一种智能型数字信号转换器，现正向微型电脑方向发展，逐渐集成电视与电脑的功能，用户通过机顶盒实现视频节目点播、数字电视广播、电子商务等多媒体信息服务。

视频点播技术原来打算是在以 ATM 为基础的 B-ISDN 上开放的，并作为 ATM 上的一种主导业务推出，美国和世界其他发达国家先后进行了不同规模的实验，大部分实验未取得预期的效果，目前这项业务开展得最好的是香港，到 1998 年 8 月香港的视频点播（VOD）用户达数万，世界其他地区都没有形成这样的商用规模。从标准的角度来看，应该说 VOD 是标准化最好的一种信息点播业务，DAVIC（Digital Audio Video Visual Council）的 VOD 标准已经推出了多个版本，目前世界各开发商包括国内的厂家都遵循这个标准。有能力开发 VOD 的厂商不在少数，这项业务到目前为止还没有推出的主要原因不是技术不成熟，而是市场不成熟。人们还没有达到要付很大的价钱（在香港用户虽然花的钱不多，但是经营者是在亏本经营）来获得这种娱乐性服务。

VOD 是一种宽带业务，需要为之建设专门的宽带骨干网和接入网，这是一笔很大的投资，只有在投入产出比达到平衡时才能进入良性发展的阶段，基于 ATM 视频点播难于做到这一点。IP 网上的情况就有很大的不同，IP 网的发展主要是依靠 Web 业务、E-mail 等业务的发展。预计占 IP 网的第三位重要业务可能会是电子商务，电子商务除了安全方面有很独特的内容之外，其他方面基本上是基于 Web 技术的。Web 技术在进行了一系列技术上的增强后，几乎是无所不能。Web 业务是一个传输速率覆盖面很宽（从很低的传输速率到很高的传输速率，从只传输文字到传输运动图像和高清晰度图像）的业务，它促使 IP 网的主干网

和接入网从低速走向高速，它为进一步在 IP 网上开放宽带业务奠定了基础。

目前 IP 网中的信息点播业务发展得相当迅速，原来基于 ATM 的 VOD 已经纷纷改为 IP 网中的 VOD。目前在 IP 网中的 VOD 和 NVOD（准视频点播）在同步发展。国内正在试验的 VOD 系统，除了早期引入的一部分设备是基于 ATM 的 VOD 之外，新引入的和正在计划开放的 VOD 服务绝大部分是基于 IP 网的。当然信息点播服务不会局限于 VOD，VOD 在 IP 网中只可能是其中业务的一份，至多是信息小片段点播服务。国际上对 IP 网上的信息点播正在进行标准化，其中 DAVIC 在对 ATM 中的 VOD 进行标准化后，正在进行 IP 网上 VOD 的标准化工作。

47. 虚拟现实是什么？

虚拟现实世界里，用户在视觉与听觉乃至触觉的感受上将与现实世界一样，甚至更绚丽多彩。虚拟现实是用长、宽和高，并从各个方位来显示它的三维图像。

虚拟现实（VR）系统说到底也就是计算机系统，只是对 3D 能力的要求高罢了。提到虚拟现实，人们很容易就想到科幻片里的头盔、三维眼镜，下面就介绍几种别的外设：

(1) 三维魔镜：加于普通摄像机镜头前，可直接拍摄出三维立体录像带，配合快门眼镜或虚拟现实头盔可使观看者直接观看三维录像，产生身临其境的感觉。

(2) 虚拟现实手套：与计算机相连，操作者戴上手套后，可代替鼠标操作计算机软件，并可以操作软件中物体模型的抓放动作。

(3) 空间球：富有幻想的三维物体输入设备。

(4) HMD 头盔：与电视、录像机、游戏机、车载电视、便

携式 VCD、计算机相连，佩带者可直接观看普通/立体影视场景或普通/立体计算机场景，携带简便，立体声效果极佳，可观看 2D/3D 画面，使人如同处于大型影院或虚拟现实空间中。

(5) 虚拟现实眼镜：与电视、录像机、游戏机、计算机相连，佩带者可直接观看立体影视场景或立体计算机场景，立体效果极佳，可观看 3D 画面。

当然，虚拟现实系统最重要的部件并不是上面提到的头盔、眼镜，而是计算机的图像子系统和 CPU。

VR 可以帮助人们极大地发挥自己的想象力和创造力，并在计算机上动态、立体、可视化的表现出来。实际应用虚拟现实的例子很多，如：教育训练、教学导览、游戏娱乐，设计与规则虚拟环境也可适合用在三度空间的规划或设计上，业务推销，视觉模拟等。

网络虚拟现实发展到今天，除包括 VRML 外，还包括 VRML 官方组织即 WEB3D 协会正在研究的各项技术，如 X3D 及 MPEG4，H-ANIM，UM，JAVA3D&VRML 等。网络虚拟现实是在互连网上实现的虚拟现实，在虚拟现实技术中尤其强调网络性，是未来虚拟现实技术的核心和趋势。

48. 什么是网上办公发文？

为了实现在城域网上的办公发文，可以在每个资源子网的 NT 服务器上安装 Lotus Notes 软件平台，组织开发一套适应内部办公流程的综合办公系统，它包括公文转发、审批、存档；个人文档的建立、修改、删除、转贴及归类存储；E-mail 的起草、发送、浏览并归类存档等。另外还对日常的工作安排、通知公告建立了模板，同时提供口令设置、用户切换及一些常见工具的调用。

49. 什么是 MPEG-2 编码？

在讲 MPEG-2 之前，先介绍两个基本概念：数字和压缩。数字就是用一串数字代表模拟信号，模拟视频信号线性抽样后就变成离散抽样值，这个抽样值再用一串二进制数字表示，为了保持信号质量，一般采用 8 比特或 10 比特，这样其数字信号的比特率非常之高，难于传输和存储。于是产生了音频和视频压缩技术。压缩技术通过去掉音频和视频信息中冗余度和相关性使数字信号的比特率大大下降。

MPEG (Moving Dictunes Expert Group) 是对音频和视频信号非常优秀的压缩技术系列标准。MPEG 家族有：MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4。其中 MPEG-2 在广播电视领域使用最为广泛。MPEG-2 定义了通用处理数据的应用规则，借助于数据压缩来传送视频及相关的音频信号。MPEG-2 的主要性能如下：

(1) MPEG-2 常采用 4:2:0 和 4:2:2。4:2:2 编码方式编码方式。是每隔两个亮度采样一次色度信号，每行都采样。4:2:0 编码方式是每隔两个亮度采样一次色度信号，隔行采样。

(2) 每路 MPEG-2 的 4:2:0 编码视频信号的速率大约为 2 ~ 15 Mbit/ s,速率可调节，速率越高质量越好。一般 8 Mbit/ s 的 MPEG-2 编码信号的质量就非常好了，可传送运动会这类节目。2 Mbit/ s MPEG-2 编码信号只能传送图文节目。

(3) 每路 MPEG-2 的 4:2:2 编码视频信号的速率大约为 8 ~ 45 Mbit/ s,速率可调节，速率越高质量越好，一般都取 30 Mbit/ s 左右。

50. 什么是 DVB 标准数字电视技术？

在欧洲，从 1991 年开始，电视台、家电产品生产家和标准制定者坐到了一起，商谈组成一个工作组，共同制定数字电视的发展规划。工作组的成员发展很快，这个由欧洲人发起的组织很快就吸引了美国及日本的许多成员，变成了一个世界性组织。1993 年 9 月工作组起草了一个备忘录，将工作组更名为 DVB (Digital Video Broadcasting) 组织，即国际数字视频广播组织。数字电视的发展进入了新的时代。根据过去痛苦的教训，工业界决定要以市场的商业需求作为标准制定的指导，DVB 组织决定新的技术必须是建立在 MPEG-2 压缩算法上的数字技术，必须是市场导向的。

在电视数字化的进程中，国际 DVB 组织提出了全面的解决方案，这套方案涉及常用的传输媒介：数字卫星电视 (DVB-S)、数字有线电视 (DVB-C)、数字开路电视 (DVB-T) 和 DVB-RCCL (Return Channels for Cable and LMDS)。由于相对较低的基础设施费用投入和各国相对简单的标准协调问题，数字卫星电视 (DVB-S) 网、数字有线电视 (DVB-C) 网和数字开路电视 (DVB-T) 网先走一步，发展很快。

1995 年 DVB 组织确立了数字卫星电视的标准 DVB-S，1996 年数字有线电视 (DVB-C) 数字共用天线电视、数字微波电视等标准随之确立，数字开路电视 (DVB-T) 的采用紧随其后，将给整个社会带来更深刻的变化。1997 年以 DVB 标准为基础的数字电视已经在全世界普及，拥有了几百万用户。1998 年末，微型计算机用户可以通过在他们使用的微机内插入数字卫星接收卡，用来享受因特网服务。目前，数字地面电视 (DVB-T) 标准正在逐渐被世界各国所采用，为今后的高清晰度电视开辟了广泛的

前景。

DVB 标准提供了一套完整的、适用于不同媒介的数字电视广播系统规范，其周全的计划及广泛的共识是其成功的关键。从一开始，大家就选定 ISO/IEC MPEG-2 标准作为音频及视频的编码压缩方式，对信源编码进行了统一，随后对 MPEG-2 码流进行打包形成传输流（TS），进行多个传输流复用，最后通过卫星、有线电视及开路电视等不同媒介传输方式进行传输。

DVB 标准的核心是：

(1) 系统采用 MPEG 压缩的音频、视频及数据格式作为数据源。

(2) 系统采用公共 MPEG-2 传输流（TS）复用方式。

(3) 系统采用公共的用于描述广播节目的系统服务信息（SI）。

(4) 系统的第一级信道编码采用 R-S 前向纠错编码保护。

(5) 调制与其他附属的信道编码方式，由不同的传输媒介来确定使用通用的加扰方式以及条件接收界面。

DAVIC 是一个非赢利组织，主要发展 Cable Modem 和机顶盒的交互式数据业务的标准，它和 DVB 在这方面取得了一致。

51. 什么是 ATSC ?

ATSC (Advanced Television Systems Committee) 致力于建立先进的电视系统标准，如 HDTV 等。它的数字电视标准 (A/53) 已于 1996 年底被 FCC 采纳。在北美 ATSC 和 SCTE (Society of Cable Telecommunications Engineers) 合作进行地面广播、有线电视和卫星电视的数字电视标准工作，SCTE 建立了美国有线电视技术标准，建立了 Open Cable (机顶盒) 和 DOCSIS/MCNS (Cable Modem)。SCTE 的技术评估和测试由 Cable Labs 进行，如 Cable Mo-

dem 是否符合 MCNS 标准是由 Cable Labs 负责测试认证的。

比较而言，在电视的数字化进程中，标准之争激烈，据 DVB 的资料，数字地面广播采用标准的情况是：已经采用 DVB 的占 19%（以欧洲为主），已经采用 ATSC 的占 15%（以北美为主），已经采用 ISDB（Integrated Services Digital Broadcasting）的占 5%（日本），还有 61% 尚未确定，我国目前也面临着一次选择。对有线电视台而言，开展交互式数据业务是新的收入增长点，选择何种标准的产品将直接影响到有线电视投入的成本及收益情况，对数字机顶盒和 Cable Modem 标准的研究、产品的测试已经引起了各台的重视，北京、上海、广州和成都都做了一些实验，但采用什么标准还没有最终确定。

从总体来看，ATSC 和 DVB 都很成功，DVB 较好的综合了卫星、地面广播和有线电视，如在纠错编码的方法和系数方面保持了很好的协调性，这样卫星和地面广播节目可以方便地转入有线网络。也正是由于采用了统一的纠错格式，没有很好地考虑不同传输途径的特点，使得 DVB-T 和 DVB-C 在抗噪声能力方面较 ATSC 和 SCTE 差，COFDM 调制较好地解决了多径接收和移动接收的问题。在交互式数据业务方面，DVB 和 DOCSIS 都在努力使自己的标准国际化。从现有的产品看，支持 MCNS/ DOCSIS 的 Cable Modem 占主流，而在机顶盒方面，支持 DVB/ DAVIC 的产品居多。在机顶盒的 CA 方面，DVB/ DAVIC 使用 Smart Card 实现，而 DOCSIS 支持 Smart Card 和可寻址方式，虽然都是开放式结构，但 DVB/ DAVIC 较为特殊，因此在管理系统的支持方面，DVB/ DAVIC 的厂家较少，仅 NDS 等几家。目前国内开展 Cable Modem 业务的有线台较多，而机顶盒的推广则相对落后，考虑到产品的兼容性，DOCSIS 的机顶盒是更为经济的选择，这样有线电视台可以在前端设备、管理系统的投入上得到节约。

52. 宽带城域网建成之后常开展哪些业务？

高速公路上我们开什么车？宽带的商业应用定位在哪里？把网络称之为“信息高速路”本身就把宽带网放到了一个足够重要的位置。但与普通高速公路不同的是，在这条“路”上信息量不是多得造成交通阻塞而是还太少太少。宽带网建成之后可以开展哪些业务，或者说，哪些业务是市场需要和受欢迎的，似乎陶醉在“宽带够宽”之中的人们还没有清醒的认识。

据国内率先开通 ADSL 的某省人士称：“ADSL 的最初市场是视频点播业务（VOD），然而 VOD 业务并不像专家预计的那样普遍，ADSL 一度遭冷落。当视频点播业务没有成为市场热点时，ADSL 的支持者与 HFC 的支持者一样，将高速因特网接入作为其商业机会。”除网通外，目前各家网络商对宽带的业务定位一般也局限于视频点播、远程教育、远程医疗等视频应用，针对家庭用户能有多大吸引力呢？按理说视频点播、远程教育应该能有大批用户，但实际情况究竟如何？从目前媒体对宽带的报道来看，仍集中在“高速上网”上，是不是除了高速上网，宽带网就没有别的用处了呢？

“网通通过建设 CNCnet，希望发展出五类业务：因特网接入业务（专线、拨号，vISP），带宽批发业务（IP 形式、FR 形式等），VPN VPDN 业务，VoIP 形式的电话、传真业务和 Web/ E-mail/ Application Hosting 等宿主类业务。”网通的定位似乎可以给我们一些启示，但是，还是那句老话，“不调查没有发言权”，希望有了路更要有车。

第四部分 城域网的结构、技术与方案

53. 城域网的网络是如何构成的？

一个“城域网”应该是三方面内容的综合：“基础设施（Infrastructure）”、“应用系统（Application）”和“信息（Information）”。包括数据交换设备、城域传输设备、接入设备和业务平台设备等，如图 4.1 所示。城域网的基础设施由主干网和接入网组成，提供一

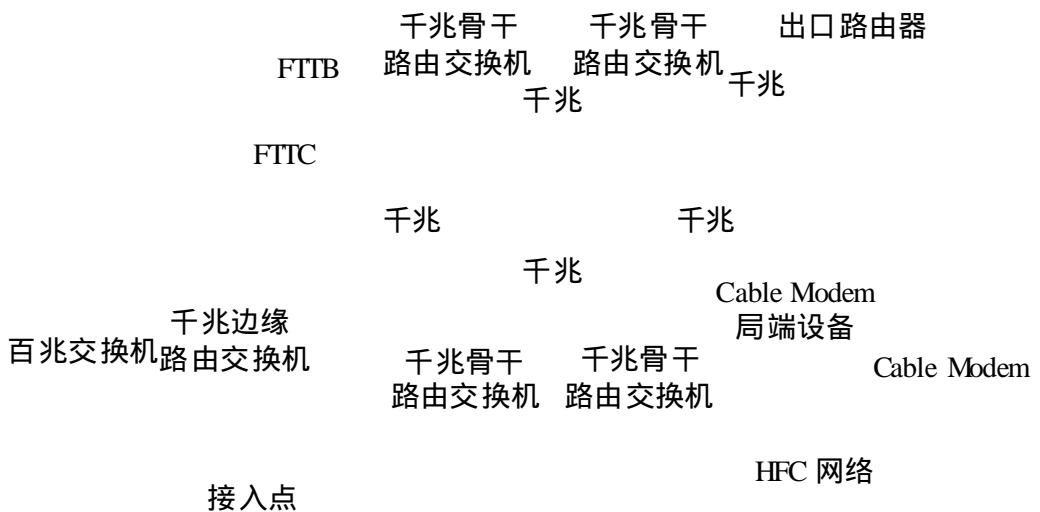


图 4.1 城域网的网络结构

条覆盖整个城市范围的城市信息高速公路。单位的局域网和个人的 PC 机都能接入城域网，获得各种信息服务。城域网的应用系统由基本服务和增值服务两部分组成，这些服务如同高速公路上跑的各种车辆，为用户运载各种信息。信息包括科技、金融、教育、财政和商业等数据库，以及环绕这些数据的各种信息系统。

城域网的网络可以从分层、分割、分层与分割相结合的角度去分析：有将城域网网络结构分为由若干交换节点组成的主干网 (Backbone)，由若干接入节点组成的接入网 (Access Subnetwork) 以及连接它们的传输网 (Transmission Subnetwork) 三个组成部分；有将城域网网络结构分为核心层、汇接层和接入层；还有将城域网网络结构分为业务/控制层、骨干层与核心层。

下面按三层结构：业务/控制层、骨干层与接入层进行讨论。

(1) 业务/控制层

主要功能是实现业务的管理与控制。由网络数据库、网络服务器、计费服务器等构成网络的业务部分负责处理业务逻辑，包括 IN 业务逻辑、AAA 的地址解析，并通过使用基于标准的协议和应用程序接口 (API) 来发展业务应用；由 CS (Call Server)，RC (Router Control) 以及 SGW (Signal Gate Way) 构成的控制部分负责呼叫逻辑，处理呼叫请求，并指示核心交换设备建立合适的承载连接。

(2) 骨干层

由骨干传输与核心交换设备构成。传输网络一般采用 2.5 ~ 10 G 或更高容量的传输，负责完成数据的传送，核心交换设备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，一般包括多业务交换机、ATM 核心交换机、大容量 IP 路由器等。

(3) 接入层

支持各种用户的接入，包括多业务接入集中器、话音接入网

关、远端接入服务器等。

城域网的接入层是整个用户城域网建设中的重中之重，关系到用户群的覆盖效果，直接影响城域网运营的效益。

城域接入网建设的目标是：

(1) 开放的基础传送平台

支持多业务综合接入网的，一个以光纤为主、无线为辅传送网络；

具备快速到达重要商业区、重要用户群、小区的入户能力；丰富的接口和网络调度能力。

(2) 具备移动通信、数据、图像及话音的多种业务综合接入能力、数字化、宽带化、综合化的接入平台

POTS/ ISDN；

xDSL，HFC，Ethernet；

不同速率的专线。

(3) 丰富的业务提供能力，满足集团用户、行业用户和商业住宅用户不断增长的业务需求

话音及话音增值业务；

VOIP/ VTOA；

VPN；

DDN，FR，宽带等租用专线；

高速上网、PAY TV、远程教学等宽带业务等。

(4) 网络的管理能力和运营能力

集中管理维护能力和运营能力；

丰富的计费手段（话音、数据等）；

服务质量；

安全性管理；

把握好投资和收益的平衡，边建设、边受益、滚动发展。

54. 城域网的数据交换技术方案有哪些？

城域网分为业务/控制层、骨干层与接入层：包括数据交换设备、城域传输设备、接入设备和业务平台设备等。目前，业内许多专家都认为“未来的网络是以 IP/ATM 特别是以 IP 为主要承载平台的多媒体宽带通信网”，藉此，宽带城域网的数据交换技术也应以 IP 及 ATM 技术为主，但究竟选择 ATM 还是 IP 可因地而异，具体问题具体考虑。网络整体解决方案也离不开 IP 软技术的支持。

基于 IP 的宽带城域网技术有：POS (Packet Over SDH)，千兆以太网 GE (Gigabit Ethernet)。ATM 则是对传统分组交换协议 (X.25) 的大大简化，实现了硬件级交换，它是一种支持面向连接功能的统计复用技术。MPLS 融合了 IP 路由和 ATM 交换的特点，是目前骨干网的发展方向，但就其设备互通性较差，目前，一般在架构城域网时都要求支持但并不采用。

宽带城域网骨干层实用核心技术有宽带 IP 以及 ATM 网络，选择 IP 或 ATM 应因地制宜。从技术上来讲，ATM 与 IP 对组网方式都没有过多的要求，而在系统实现性价比、协议的复杂性以及对 QoS 的支持上两者却有着显著的差异，这些也是目前争论的焦点之所在。

IP 技术具有协议简单，实现起来方便，各厂商设备互通性好，能够迅速整合现有的网络资源，是一种性价比较好的宽带业务平台。其缺点是缺乏 QoS 的可靠保证，这就导致了其实时多媒体通信性能较差。尽管提出了 IP 综合业务框架，主要通过数码包处理机制（即排队、数码包分类机制、认证控制机制和资源保留机制来实现），提出了 RSVP (Resource Reservations Protocol)，RTP (Real-time Transport Protocol)，RTCP (Real-time Transport Con-

ontrol Protocol) 等协议, 但造成了 IP 协议族越来越复杂, 其结果与 ATM 协议族一样复杂, 甚至是 ATM 的一个翻版。

ATM 技术优势在于网络资源的统计复用、多业务支持能力、端到端的 QoS (Quality of Service), 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, 更方便地利用光纤资源, 支持现有电路交换网的演变和可作为第三代移动通信的核心交换与传送网等功能。其缺点是: 代价较高, 协议较复杂, 信头封装的开销较高, 而且局域网区基本是 IP 的天下, ATM 信元到桌面前景日趋暗淡, 各厂商设备互通性较差, 目前仅能通过 PVC 建立 ATM 网络环境。但是可以承认: ATM 是一种先进的技术, 问题的关键是如何充分利用 ATM 的优势, 而不是让其成为一个多面手, 四面出击, 八面受敌。ATM 在桌面和局域网方面受到 IP 与以太网的挤压, 但在广域网上支持多业务和统一传送平台方面仍具有绝对的优势。

55. 城域网的数据传输技术方案有哪些?

城域传输网是以宽带光传输为开放平台, 通过各类网关实现话音、数据、图像、多媒体、IP 接入和各种增值业务及智能业务, 并与各运营商长途网互通的本市(地)综合业务网络。不管宽带技术如何火, 用户的主要需求却仍是专线和语音业务。宽带的用户在哪里? 如何通过宽带的网络为最终客户创造效益? 资费政策如何制定? 以上问题让新兴网络运营商们困惑。

随着电信市场的逐步开放, 电信业务的经营者越来越多, 城域网建设还要考虑未来大量的电路租用业务的需求。一些大的网络运营商在 SDH, ATM, 千兆比因特网 (GE) 三种城域传输技术中选择建设开放的 SDH 传输平台。最明显的例子是网通。它虽然采用以太网技术构建城域网络, 但在城域传输技术上既没有

选择 GE，也没有选择 DPT，而是冷静地选择了 IP over SDH。路由交换机之间采用 POS 进行连接。

DWDM 密集波分复用技术可以充分利用光纤的带宽，并可以在一对或一根光纤上传输多个光信道，混合使用各种不同速率、不同技术、不同厂家的传输设备；可以通过增加新的波长和特性，按用户的要求确定网络容量。它能适应快速增长的数据通信的需求，特别是快速增长的 IP 业务对传输容量的冲击。所以，DWDM + SDH 是城域传输网比较理想的一种选择。

宽带城域网的所有者主要有电信局和广电局，电信局考虑自身的特点可采用 ATM 以及 POS 技术来架构网络；广电局一般更倾向于宽带 IP，包括采用 GE 以及 POS 技术来组网。

从宽带城域网当地现有的资源及所有者来分析：本地 SDH 光传送网较完善，可酌情考虑采用 IP over SDH，ATM 技术组网；考虑到光纤资源较丰富，但需求成本低廉，并能迅速整合现存局域网资源，可考虑采用 GE 技术来组网。

56. 接入层有哪些技术？

在宽带城域网中，用户接入部分直接面对各类最终用户，为方便不同类型用户的接入，应该提供多种多样的接入方式，使各类用户能够根据自身的实际情况和具体需求，采用合适的接入方式，达到快捷、实用、方便、经济的目的。

我们知道，FTTH 是未来接入网的最终方向，但在光纤普及到户之前，普通用户能在 PSTN，ISDN，ADSL，Cable Modem，DDN 和 X.25 租用线接入方式中选择其一。相比之下，以太网，ADSL，Cable Modem 接入是目前最佳选择。然而，ADSL，Cable Modem 接入也有着各自的优缺点。相对 ADSL 接入来说，Cable Modem 接入采用同轴电缆，其抗干扰能力强，ADSL 接入充分利

用了现有的电话网络的双绞铜线，而推广 Cable Modem 的有线电视网络必须满足双向传输的要求。此外，ADSL 接入已经有了统一的技术标准，而 Cable Modem 仍然在观望中。

57. 什么是 SDH ?

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 网是由一些 SDH 网元 (NE) 组成的，在光纤上进行同步信息传输、复用、分插和交叉连接的网络。它有全世界统一的网络节点接口 (NNI)，从而简化了信号的互通以及信号的传输、复用、交叉连接和交换过程；它有一套标准化的信息结构等级，称为同步传送模块 STM-*N*，并具有块状帧结构，允许安排丰富的开销比特（即网络节点接口比特流中扣除净负荷后的剩余部分）用于网络的 OAM；它的基本网元有终端复用器 (TM)、再生中继器 (REG)、分插复用器 (ADM) 和同步数字交叉连接设备 (SDXC) 等等，其功能各异，但都有统一的标准光接口，能够在基本光缆段上实现横向兼容性，即允许不同厂家设备在光路上互通；它有一套特殊的复用结构，允许现存准同步数字体系、同步数字体系和 B-ISDN 信号都能进入其帧结构，因而具有广泛的适应性；它大量采用软件进行网络配置和控制，使得新功能和特性的增加比较方便，适于将来的不断发展。

以上这些特点可以从以下几个方面进一步说明：

(1) 对网络节点接口 (NNI) 进行了统一的规范。这包括数字速率等级、帧结构、复接方法、线路接口、监控管理等。这就使得 SDH 易于实现多厂环境下操作，即同一条线路上可以安装不同厂家的设备，体现了横向兼容性。

(2) SDH 信号的基本模块是速率为 155.520 Mbit/s 的同步传输模块第一级 (STM-1)，更高的同步数字系列的信号，如 STM-4

(622.08 Mbit/s), STM-16 (2.48832 Gbit/s) 以及将来的 STM-64 (9.95328 Gbit/s), 可通过简单地将 STM-1 信号进行字节间插同步复接而成, 大大简化了复接和分接, 使 SDH 十分适合于高速大容量光纤通信系统, 便于通信系统的扩容和升级换代。

(3) SDH 信号的基本传输模块可以容纳北美、日本和欧洲的现有数字系列。包括 1.5 Mbit/s, 2 Mbit/s, 6.3 Mbit/s, 34 Mbit/s, 45 Mbit/s 及 140 Mbit/s 在内的 PDH 速率信号均可装入“虚容器”, 然后经复接安排到 155.52 Mbit/s 的 SDH STM-1 信号帧的净荷内, 使新的 SDH 能支持现有的 PDH, 便于顺利地由 PDH 向 SDH 过渡, 体现了后向兼容性。

(4) 采用了同步复用方式和灵活的复用映射结构, 因而只需利用软件即可使高速信号一次直接分插出低速支路信号, 这样既不影响别的支路信号, 又避免了需要对全部高速复用信号进行解复用的作法, 省去了全套背靠背复用设备, 使上下业务十分容易, 并省去了大量的电接口数量, 致使运营操作任务简化。

(5) SDH 同步和灵活的复用方式也使数字交叉连接 (DXC) 功能的实现大大简化。DXC 的引入使网络增强了自愈能力, 便于根据用户的需要进行动态组网和各种新业务的接入。

(6) SDH 帧结构中安排了丰富的开销比特。这些开销比特包括了段开销 (SOH) 和通道开销 (POH), 因而使网络的 OAM 能力大大加强, 例如故障检测、区段定位、端到端性能监视、单端维护能力等等。

(7) SDH 设备是智能化的设备, 兼有终结、上/下复接和交叉连接功能。它可以通过远端控制来灵活地组网和管理。由于对网管设备的接口进行了规范, 使不同厂家的网管系统互连成为可能。因此 SDH 十分适合未来智能化的电信管理网络 (TMN), 网络中的每一个 SDHNE 都可通过软件控制进行本地或远地操作, 包括性能监测, 服务 (或带宽) 的管理, 业务量调度, 路由选择

及改变，故障、告警，网络恢复或自愈等。这种网管不仅简单而且几乎是实时的，因此不仅降低了网络维护管理的费用，而且大大提高了网络的效率、灵活性、可靠性与生存力。

(8) SDH 不仅构成了世界性统一的 NNI 接口的基础，而且也与世界性统一的 UNI 接口协调，因为 SDH 除了支持基于电路交换的同步转移模式 (STM) 外，还可支持基于分组交换的异步转移模式 (ATM)，后者是 UNI 的最终目标。在 ATM 中，信息以信元 (cell) 为单元来组织 (目前暂定为固定的 53 个八位组的长度)，UNI 的方案之一是将信元复接安排到 SDH STM- N 帧的净荷中，这样，SDH 适用于从 STM 向 ATM 过渡，体现了前向兼容性。

当然，SDH 作为一种新的技术体制不可能尽善尽美，必然会有一些不足之处：

(1) 频带利用率不如传统的 PDH 系统。PDH 的 139.264 Mbit/s 可以收容 64 个 2.048 Mbit/s 系统，而 SDH 的 155.52 Mbit/s 却只能收容 63 个 2.048 Mbit/s 系统，频带利用率从 PDH 的 94% 下降到 83%；PDH 的 139.26 Mbit/s 可以收容 4 个 34.368 Mbit/s 系统，而 SDH 的 155.520 Mbit/s 却只能收容 3 个，频带利用率从 PDH 的 99% 下降到 66%。当然，上述安排可换来网络运用上的一些灵活性，但毕竟使频带利用率降低了。

(2) 技术上和功能上的复杂性大大增加。在传统 PDH 系统中，64 个 2.048 ~ 139.264 Mbit/s 的复用/分接只需 10 万个等效门电路即可。而 SDH 中，63 个 2.048 ~ 155.520 Mbit/s 的复用/分接共需 100 万个等效门电路。好在采用亚微米超大规模集成电路技术后，成本代价还不算太高。

(3) 在从 PDH 到 SDH 的过渡时期，会形成多个 SDH “同步岛”经由 PDH 互连的局面。这样，由于指针调整产生的相位跃变使经过多次 SDH/ PDH 变换的信号在低频抖动和漂移性能上会遭受比纯粹 PDH 或 SDH 信号更严重的损伤，需要采取有效的相

位平滑措施才能满足抖动和漂移性能要求。

(4) 由于 ADM/DXC 的自选路由以及难以区分来历的不同的 2.048 Mbit/s 信号，使得网同步的规划管理和同步性能的保证增加了相当难度。

(5) 由于大规模地采用软件控制和将业务量集中在少数几个高速链路和交叉连接点上，使软件几乎可以控制网络中的所有交叉连接设备和复用设备。这样，在网络层上的人为错误、软件故障乃至计算机病毒的侵入都可能导致网络的重大故障，甚至造成全网瘫痪。为此必须仔细地测试软件，选用可靠性较高的网络拓扑。

(6) SDH 网络管理成本比 PDH 有望下降，但对于维护管理人员的素质要求提高，对于环境条件的要求也提高了。

综上所述，光同步传输网尽管也有其不足之处，但毕竟比传统的准同步传输网有着明显的优越性。毫无疑问，传输网的发展方向应该是这种高度灵活和规范化的 SDH 网。它必将最终取代 PDH 传输体制，并为 B-ISDN 的发展铺平道路。

所谓光同步数字传输网是由一些 SDH 网络单元 (NE) 组成的。它的基本网络单元有同步光缆线路系统、同步复用器 (SM)、分插复用器 (ADM) 和同步数字交叉连接设备 (SDXC) 等等。可以认为这些设备都是一些逻辑功能块的不同组合。

58. 三种 SDH 自愈网络结构性能的比较各有何特点？

简单的线性 APS 线路保护方式配置容易、网络管理简单、恢复时间很短 (50 ms 以内)，但成本较高，主要适用于两点间有稳定的大业务量的点到点应用场合。

环形网结构具有很高的生存性，网络恢复时间很短 (可小于

50 ms)，具有良好的业务量疏导能力，因而受到很大欢迎。其主要缺点是网络规划较困难，一开始很难准确预计将来的发展，因此需要在开始时规划较大的容量。在简单的网络拓扑条件下，自愈环的网络成本可以比 DXC 保护方式低不少。环网主要适用于用户接入网和局间中继网，其中通道倒换环最适于前者，双向复用段倒换环适用于局间中继网（包括长途网）。

采用 DXC 的保护策略也具有很高的生存性，在同样的网络生存性下所需附加空闲容量可以远小于环形网。通常，对于能够容纳 15% ~ 50% 增长率的网络，其附加的空闲容量已足以支持采用 DXC 保护的自愈网。当网络拓扑比较复杂时，例如高度互连的长途网中，采用 DXC 保护比环形网更为经济和灵活，也更便于规划设计。DXC 保护的一个重要缺点是网络恢复时间较长，通常需要数秒至数分钟，其间业务将丢失。因而，DXC 保护策略最适于高度互连的网孔形拓扑，例如长途网应用等，也适用于作为多个环形网的汇接点。表 4.1 对三种结构作个比较。

表 4.1 生存性 SDH 网络结构性能比较

属 性	线性 APS	自愈环	DXC 网络
所需空闲容量	多	适中	很少
恢复时间	很快	很快	较慢
混合线路速率	能	不能	能
网络大小	点对点	区域网	全局网
节点成本	适中	较低	较高
所需光纤数量	很多	很少	适中
连通性要求	很低	适中	很高

59. 为什么 SDH 在中近期仍将继续发展？

SDH 在中近期仍将继续发展，其中的主要理由可以总结如下：

中国的电路交换网在 5 年左右的时间内仍将继续发展，作为支持电路方式的 SDH 自然会继续发展；

SDH 本身具备高低端的继续发展潜力（高于 40 Gbit/s，低于 155 Mbit/s）；

未来的超大容量核心光传送网需要更多的 SDH 接入设备来汇集业务量；

SDH 在近期仍然是可靠性和生存性最高的传送网技术；

SDH 的级连功能增强了支持 ATM IP 的能力；

SDH 正在融合路由交换功能，支持以太网透明传输；

在城域网应用环境，综合考虑技术成熟程度、成本和可靠性后，以 SDH 为基础的多业务平台解决方案仍将在可以预见的未来扮演主要角色。

60. 什么是波分复用技术？

波分复用是光纤通信中的一种传输技术。它利用一根光纤可以同时传输多个不同波长的光载波的特点，把光纤可能应用的波长范围划分成若干个波段，每个波段用作一个独立的通道传输一种预定波长的光信号。通常将波分复用缩写为 WDM (Wavelength Division Multiplexing)。光波分复用的实质是在光纤上进行光频分复用，只是因为光波通常采用波长而不用频率来描述、监测与控制，在波分复用技术高度发展，每个光载波占用的频段极窄、光源发光频率极其精确的前提下，或许使用光频分复用 (OFDM) 来描述更恰当些。在波分复用传输系统的发送端，需要采用波分

复用器将待传输的多个光载波信号进行复接，而在接收端采用去复用器分离出不同波长的光信号。通信系统的设计不同，每个波长之间的间隔宽度也有差别。按照通道间隔的差异，WDM可以细分为 W-WDM (Wide-WDM, 通道间隔等于或者大于 25 nm), M-WDM (Mid-WDM, 通道间隔小于 25 nm, 而大于 3.2 nm), D-WDM (Dense-WDM, 通道间隔小于或者等于 3.2 nm)。通道可以是等间隔的，也可以是非等间隔的。采用非等间隔是为了缓和光纤中 FWM (四波混频) 的影响。

这里可以将一根光纤看作是一个“多车道”的公用道路，传统的 TDM 系统只不过利用了这条道路上的一条车道，提高比特率相当于在该车道上加快行驶速度来增加单位时间内的运输量。而使用 DWDM 技术，类似于利用公用道路上尚未使用的车道，以获取光纤中未开发的巨大传输能力。

61. DWDM 系统是如何组成的？

DWDM 系统基本上由五部分组成：光发射部分、光接收部分、光传输部分（光纤和放大器）、光监控部分和网管部分（见图 4.2）。

对于开放式的 DWDM 系统，发射部分主要包括发射机和合波器。根据 ITU-T 的建议和标准，除了对 DWDM 系统中发射激光器的中心波长有特殊的要求外，还需要根据 DWDM 系统的不同应用（主要是传输光纤的类型和无电中继传输的距离）来选择有一定色度色散容限的发射机。ITU-T G.692 中详细描述了 DWDM 系统的应用编码与对发射机的基本要求。

接收部分主要是分波器，对于集成式 DWDM 系统还包括接收机。在目前技术发展的情况下，分波器件主要有五种类型：炫耀光栅、薄膜干涉、波导和熔锥和光纤布拉格光栅。

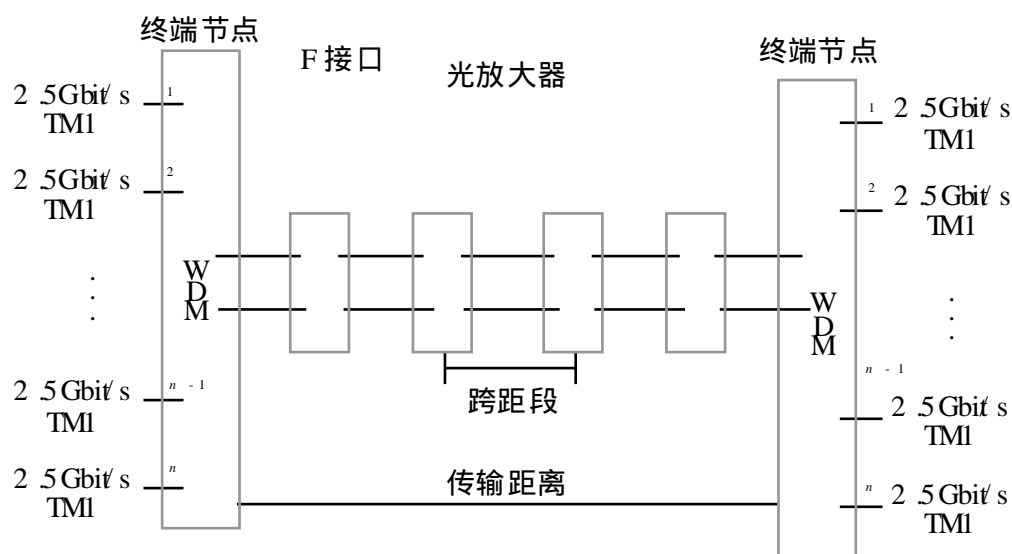


图 4.2 DWDM 光线路应用系统组成

传输部分主要有光放大器，目前使用的光放大器大多数为掺铒光纤光放大器，即 EDFA。在 DWDM 系统中，必须采用增益平坦技术，使 EDFA 对不同波长的光信号具有相同的放大增益，同时，还需要考虑到不同数量的光信道同时工作的各种情况，能够保证光信道的增益竞争不影响传输性能。

光监控部分主要是光监控信道的物理层和帧结构，ITU-T 建议优选采用 1 510 nm 波长，容量为 2 Mbit/s。

网管部分对 DWDM 系统进行网元级的管理，它包括工作站 (WS) 和设备操作终端 (EOT) 上的管理软件，以及在各子框上的网元管理单元 (EMU) 机盘和各机盘上的盘控器 (BCT) 固件等。

62. WDM 系统有哪些技术参数？

光发射部分

波长范围和特定波长；

波长谱宽；
发射输出光功率；
波长稳定度；
波长间隔；
发射消光比。

光接收部分

接收机的动态范围；
接收机 OSNR 灵敏度；
接收机的电带宽；
接收机带噪声。

合波和分波等无源部分

无源器件的插损；
解复用器的信道隔离度；
复用器插损；
无源器件的温度特性；
解复用器信道间串扰；
复用器插损差异。

光纤部分

光纤衰减；
光纤 PMD；
光纤色度色散
光纤非线性效应。

光放大部分

OA 的增益平坦特性；
OA 的增益锁定；
OA 自动增益控制；
OA 的噪声指数。

光监控信道部分

工作波长；
保护策略。

63. 城域网对 DWDM 系统的功能有何要求？

一般说来，DWDM 系统按照市场的分割和产品的优化分为适用于长途网（Long haul）和城域网（Metropolitan）。相对于长途骨干网 DWDM 来说，Metro DWDM 具有局限于某一地理区域，必须有更多的连接，能承载不同类型的业务的特点。由于目前的多数城域网 DWDM 设备都是在改造长距离干线网络设备的基础上生产的，因此成本比较昂贵。如果采用这种 DWDM 对城域网进行升级的价格可能比采用 TDM 和铺设新光纤的价格还高，将会限制 DWDM 在城域网中的应用。分析城域网的特殊性，努力改进 DWDM 系统，降低价格，是 DWDM 技术将逐渐从骨干网渗透到城域网和接入网中，最终实现全光网的关键。

基于城域网的特殊性，DWDM 应用于城域网时有一些不同的功能要求，主要体现在以下几个方面：

(1) 网络传输具有透明性，即可透明传输具有不同代码格式的、不同速率等级的用户数字信号。

(2) 具有可扩展性，易于升级，允许网络节点数和业务量的不断增长。

(3) 提供巨大的带宽。

(4) 网络具有可重构性，光节点上的光分插复用（OADM）和光交叉连接（OXC）设备，能在光波长上实现灵活、高速、大容量的交叉连接，而且使得网络具有可重构性。

1. 速率和协议透明

DWDM 属于 OSI 七层协议的最低层——物理层（实际上是物理层的子层——光层），光层提供了独立于业务类型的传送结构。

因此，对上层协议是透明的。DWDM 的协议透明性可以使业务提供者支持本地的企业数据，比如：以太网数据，ATM，IP，SDH 等，用不同的波长来支持不同类型的数据。同样，DWDM 在一根光纤上提供了不同速率的数据通道。这一点在城域环境中非常重要。因为城域网中有许多不同的业务和不同的速率。Metro DWDM 的透明性和分插复用功能可以允许业务提供者直接上下某一个波道，而不用转换原始信号的格式。当然，相应接入设备的光接口还是需要的。

2. 网络具有可重构性

由于城域网应用时网络的拓扑结构相对复杂，对于 DWDM 设备的组网能力提出了很高的要求。

DWDM 在城域网应用中，主要是实现众多的业务汇接点之间的数据传送，这样的业务汇接点在一个城域网中往往有很多，而且在这些汇接点上，往往需要很多业务的上下（波长的上下）。其中，OXC 和 OADM 是光传送网中至关重要的技术。它们既具备光互连的功能，又是全光网络中的交换节点。DWDM 在长途干线传输网应用中，多为点到点的链型组网，主要目的是要实现超长距离、大容量的数据传输，组网形式相对简单。但在城域网应用中，往往需要组成比较复杂的网络，如：点到点、星形、环形网、链形 + 环形网、环形相交和网状结构等。

我们知道，许多 SDH 的接入环提供保护机制，在城域网中应用 DWDM 系统可以使光层恢复成为可能。光层恢复比电层恢复要经济得多。考虑到光层恢复是独立于业务和速率的，那么原来一些自身体制无保护功能的体系（例如：PDH），则可以利用 DWDM 来进行保护。这样，业务提供者对现有和将来的业务均可以提供较好的服务等级。为了能够实现故障时业务的快速恢复，往往采用 OADM 设备组成环网，采用双纤单向/双向复用段保护来实现业务的保护。

3. 具有可扩展性，易于升级

模块化设计和灵活的接口。模块化设计可使设备初期建设和升级更有经济性。每波道均支持 0C-3/ STM-1, 0C-12/ STM-4 和 0C-48/ STM-169 接口，也可以支持千兆以太网接口。支持不中断业务的升级。因为任何的业务不连续都会影响很多用户。因此，如果能够不中断业务又可以进行系统升级就显得十分重要。GIENA 的 MultiWave MetroTM 产品把这种能力作为它设计的一个基本原则。

4. 大容量

DWDM 技术的优势就是增加网络的容量，以便使网络支持许多新的应用，比如多媒体、视频和图像以及 Internet 的应用。如 Pirelli 的 128 波道系统是如下安排的：1 529 ~ 1 536 nm：安排 16 个波道；1 541 ~ 1 562 nm：安排 48 个波道；1 575 ~ 1 502 nm：安排 64 个波道。

64. 城域网对 DWDM 系统中的光纤的技术有何要求？

波道数的增加一方面靠减少波道间隔，另一方面靠增加窗口宽度，当前的单模光纤，不是工作在 1 310 nm 窗口（1 280 ~ 1 325 nm），就是工作在 1 550 nm 窗口（1 530 ~ 1 565 nm），而 1 350 ~ 1 450 nm 波长范围没有利用。其原因主要是在光纤制造过程中，一般会出现水分子渗入纤芯玻璃中，导致 1 385 nm 区较强的氢氧根吸收损耗，使得 1 350 ~ 1 450 nm 区不能用于通信。

ITU-T SG15 于 2000 年 4 月在日内瓦召开的 1997 ~ 2000 年研究期会议上，将 G.652 光纤进一步分为 G.652A, G.652B, G.652C 三个子类。G.652C（即波长段扩展的非色散位移单模光纤），又称低水峰光纤或全波光纤，即在光纤制造过程中，经过

严格的脱水处理，制成全波光纤。全波光纤实质上仍是常规单模光纤，只是在 1 350 ~ 1 450 nm 区消除了氢氧根吸收峰，使该波长的损耗降到 0.3 dB/ km 以下。这种光纤的损耗，从 1 300 nm 波长的 0.34 dB/ km 开始，一直下降到 1 600 nm 波长的 0.2 dB/ km，从而使工作范围拓宽了 50% 以上。在密集波分复用情况（波长间隔为 100 GHz）下，这等于增加了 150 个新波长通道。而要提供同等容量，就要多使用 1 ~ 3 倍的普通光纤。全波光纤是短距离超大容量密集波分复用系统的理想传输媒介。

城域网的发展，要支持的用户越来越多，插入和下载信息也很普遍，希望能够处理上百个波长的信号。同时，城域网典型传输距离不超过 80 km，信号速率不是太高，色散也不是主要的限制因素。因此用于城域网的理想光纤就是在 1 280 ~ 1 625 nm 范围内全部波长都能传输信号的光纤。全波光纤有其独特的优点，但是在半导体光放大器普遍商用之前，尚无合适的光放大器放大全波光纤的所有信道，因此传输距离仅限制在数十公里。另外全波光纤的 1 550 nm 窗口色散较大，单波道速率也不能太高。

65. 城域网对 DWDM 系统中器件的技术有何要求？

在长途干线传输网上，再生节点间的距离一般为几百公里，甚至上千公里，对于 DWDM 设备的长距离传输能力要求很高，对于光放大器、波分复用器件、激光器、光接收器等关键器件的性能要求较高，

而在城域网的情况下，需要传输的距离相对较短，在实际的城域环境下，90% 以上的网络都在 80 km 以内，对于许多核心器件的某些性能指标的要求可以相对放宽，比如前面提到的激光器的功率、色散容限；光接收器的灵敏度；放大器的增益、噪声系

数；波分复用器的插入损耗和各通路插损的最大差异等。下面就分别介绍在城域网应用中，在 DWDM 设备的关键器件的选择上，相比长途干线网上应用有哪些不同。

激光器 根据调制方式的不同，主要有两种激光器，直接调制激光器和外调制激光器。其中，直接调制激光器实现起来较简单，成本较低，但色散受限距离较短，一般在 80 km 以下。而外调制激光器比直接调制激光器能获得较大的色散容限值，但实现起来较复杂，成本相对也较高。在长距离传输时，为了满足色散容限的要求，一般要采用外调制激光器，如电吸收外调制激光器（EML 激光器）或铌酸锂激光器；但在城域网应用中，可采用直接调制激光器和低成本的外调制激光器，以降低系统成本。

光接收器 DWDM 系统中的光接收器主要有两种：PIN 型和 APD 型，其中 APD 型的光接收器较 PIN 型光接收器有较高的接收灵敏度，但成本也较高。在城域网应用中，由于传输距离较短，线路的损耗也较小，对于光接收器的灵敏度等指标的要求可以放宽，一般可以采用较低成本的 PIN 型光接收器。

光放大器 尽管城域网光纤传输距离比较短，但由于城域网中使用了大量的分插复用器（OADM），每个分插复用器都引入了一定的损耗，所以在城域网中往往必须使用光放大器，使费用大大增加。但往往只需要光功率放大器和光前置放大器，而如果传输距离小于 30 km，可以只用光功率放大器。由于不需要多个放大器的级连，因此对于放大器的噪声系数、增益平坦度等指标的要求可以放宽。

波分复用器 相比在干线传输网上的应用，DWDM 应用在城域网时，对光通道数目的需求不会减少，有时为了方便的集成多种业务，反而需要更多的光通道，但全波光纤的出现有可能降低对于波分复用器性能的要求。同时为了降低 DWDM 技术在城域网中应用的成本，一般尽量不采用光放大器，因此要求波分复

用器的插入损耗低，各通路插损的最大差异小等等。

由上面的内容可以看出，在城域网应用中，DWDM设备的大部分关键器件的性能要求有不同的特点，且相对放宽，从而大大降低了DWDM设备的成本，使网络运营商可以利用DWDM设备组建大容量、低成本的城域网。

总之，与长距离干线网络不同的是，城域网中的光纤长度较短，一般在几千米到几十千米的范围，长距离网络中采用DWDM技术的理由并不完全适用于城域网。在城域网系统中，如采用铺设新光纤及采用更高速率的TDM系统的方法实现扩容，有时也可能具有更好的经济性。然而，应该认识到，与DWDM技术方案相比，其他方案并不是对所有的电信公司都适用，这是由于：铺设新的光纤的费用非常高，特别是在人口稠密的大都市，而且城市的土地使用问题十分复杂，并不是任何公司都有铺设新光纤的权力；有的大用户需要的信道带宽很大，超过STM-16，采用TDM如STM-64技术，目前还难以满足其要求；采用更高速率的TDM系统需要对所有的终端设备进行更新，而DWDM则可以保留现有的终端设备。因此，在城域网中使用DWDM技术仍然具有很重要的意义。

现在设备制造商正在努力改进设备、降低价格，目标是使应用在城域网中DWDM设备的价格大大低于长途DWDM设备的价格。可以预见，DWDM技术将逐渐从骨干网渗透到城域网和接入网中，最终实现全光网。

66. 什么是 IP over ATM ?

IP over ATM的基本原理和工作方式为：将IP数据包在ATM层全部封装为ATM信元，以ATM信元形式在信道中传输。当网络中的交换机接收到一个IP数据包时，它首先根据IP数据包的

IP 地址通过某种机制进行路由地址处理，按路由转发。随后，按已计算的路由在 ATM 网上建立虚电路（VC）。以后的 IP 数据包将在此虚电路 VC 上以直通（Cut-Through）方式传输而不再经过路由器，从而有效地解决了 IP 的路由器瓶颈问题，并将 IP 包的转发速度提高到交换速度。实现 IP over ATM，ITU-T SG-13 组把相应的解决方案分为两种模型：重叠模型和集成模型。

1. 重叠模型

重叠模型的实现方式主要有：IETF 推荐的 IPOA（CIPOA: Classic IP over ATM），ATM Forum 推荐的 LAN 仿真（LANE: LAN Emulation）和多协议 MPOA（MPOA: Muti-Protocol over ATM）等。重叠技术的主要思想是：IP 的路由功能仍由 IP 路由器来实现，需要地址解析协议 ARP 实现 MAC 地址与 ATM 地址或 IP 地址与 ATM 地址的映射。而其中 MPOA 不需要传统的路由器，任何具有 MPOA 功能的主机或边缘设备都可以和另一设备通过 ATM 交换直接连接，并由边缘设备完成包的交换，即第三层交换。该技术标准完善成熟，采用 ATM Forum/ ITU-T 的信令标准，与标准的 ATM 网络及业务兼容。但该技术对组播业务的支持仅限于逻辑子网内部，子网间的组播需通过传统路由器，因而对广播和多发业务效率较低。

2. 集成模型

集成模型的实现技术主要有：Ipsilon 公司提出的 IP 交换（IP Switch）技术、Cisco 公司提出的标记交换（Tag Switch）技术和 IETF 推荐的 MPLS 技术。集成模型的主要思想是：将 ATM 层看成 IP 层的对等层，将 IP 层的路由功能与 ATM 层的交换功能结合起来，使 IP 网络获得 ATM 的选路功能。ATM 端点只需使用 IP 地址标识，从而不需要地址解析协议。该技术传输 IP 数据包效率较高，且不需地址解析协议。但目前标准还未完成，与标准的 ATM 技术结合不是很好。

从以上分析可以看出，IP over ATM 具有以下特点：

(1) 优点

由于 ATM 技术本身能提供 QoS 保证，因此可利用此特点提高 IP 业务的服务质量；

具有良好的流量控制均衡能力以及故障恢复能力，网络可靠性高；

适应于多业务，具有良好的网络可扩展能力；

对其他几种网络协议（如 IPX 等）能提供支持。

(2) 缺点

目前 IP over ATM 还不能提供完全的 QoS 保证，因为目前还没有一种标准方法实现 IP 优先级（CoS）分类映射到 ATM 的 QoS；

对 IP 路由的支持一般，IP 数据包分割加入大量头信息，造成很大的带宽浪费（20% ~ 30%）；

在复制多路广播方面缺乏高效率；

由于 ATM 本身技术复杂，导致管理复杂。信令的复杂性使得 ATM 网络引入 MPLS 后，网络将能够同时支持 IP 业务和 ATM 业务。

67. 什么是 IP over SDH ?

IP over SDH 以 SDH 网络作为 IP 数据网络的物理传输网络。它使用链路及 PPP 协议对 IP 数据包进行封装，把 IP 分组根据 RFC1662 规范简单地插入到 PPP 帧中的信息段。然后再由 SDH 通道层的业务适配器把封装后的 IP 数据包映射到 SDH 的同步净荷中，然后向下，经过 SDH 传输层和段层，加上相应的开销，把净荷装入一个 SDH 帧中，最后到达光层，在光纤中传输。IP over SDH，也称 Packet over SDH (PoS)，它保留了 IP 面向无连接

的特征，支持 IP over SDH 技术的协议、标准和草案主要有：

(1) PPP 协议

PPP 协议（即 IETFFRC1661: The Point-to-Point Protocol 和 RFC2153: PPP vendor Extension）是一个简单的 OSI 第二层网络协议。其标头只有两个字节，没有地址信息，只是按点到点顺序，面向无连接。PPP 协议可将 IP 数据包切成 PPP 帧（符合 RFC1662: PPP in HDL-C link Framing）以满足映射到 SDH/ Sonet 帧结构（符合 RFC1619; PPP over SDH）上的要求。通过点到点协议（PPP）等技术将 IP 分组直接映射到 SDH 帧，从而保留了因特网的无连接特征，简化了网络体系结构，提高了传输效率，降低了成本，易于兼容不同技术体系和实现网间互连，是一种现实而高效的 IP 传送技术。但目前尚不适合多业务平台，可扩展性不理想，只有业务分级，无优先级业务质量，尚不支持虚拟专用网和电路仿真。

(2) 简化的数据链路协议（SDL）

在 IP/ PPP/ HDLC/ SDH 中，使用的基于 HDLC 的帧定界协议存在一些问题，主要表现在：用户使用 HDLC 帧时，网管需要对每一个输入、输出字节都进行监视。当用户数据字节的编码与标志字节相同时，网管需要进行填充、去填充操作。为此，Lucent 提出了简化数据链路协议 SDL。SDL 用户对同步或异步传送的可变长的 IP 数据包进行高速定界，可适用于 OC-48/ STM-16 以上速率的 IP over SDH。SDL 协议主要应用于点到点的 IP 传送，可以用于任何类型的数据包（如 IPv4，IPv6 等）。

与 HDLC 相比，SDL 更容易应用于高速链路，并且可能提供链路层的 QoS。SDL 则是一种既适应目前 IP over SDH，又面向今后 IP over WDM 的一种较全面的解决方案。

(3) 采用 LAPS 的 IP over SDH

武汉邮电科学研究院提案于 1998 年 7 月正式向国际电联提

交，同年9月在信息产业部主办的国际电联七研究组北京会议上讨论并被大会接受，于1999年6月在日内瓦召开的国际电联第七研究组会议上被正式确定。这是中国在国际电联提出的重大提案第一次被正式确定，这是一个直接面向因特网核心层和边缘层的IP提案。IP/LAPS/SDH的分层结构和协议模型见图4.3和图4.4。

近年来，随着Internet/Intranet的飞速发展，IP网络已成为全球化的网络。它打破了以电话网络和交换机为基础的传统语音传输方式。根据专家预测，下一代网络将是一个多层结构的信息网。上层使用统一的IP联网协议，中间层使用基于ATM/IP的分组网。基础的物理层是基于WDM和SDH的光传输网。

在1999年6月国际电联会议确定的中国IP over SDH提案具有以下特点：

利用提案制造的设备硬件开销极少，工作效率高。该设备不仅适合SDH中低速应用，也适合SDH 2.5 Gbit/s及以上高速率应用。

首次提出在IP与SDH之间只保留面向字节的SDH链路接入规程，用多服务访问点代替地址字段，实现多协议封装。可以支持从低阶Vc容器到高阶Vc容器（包括级连）的全部速率范围，也特别适合用于光的包交换接口，没有任何协议的不确定性。

在IP over SDH/Sonet全程范围内支持QoS和优先级。

同时支持IPv4和IPv6。

这项具有国际先进水平的提案不仅能解决新的信息设备的开发和运营问题，而且为利用我国现有的上千亿元电信网传输资源（据统计，全世界光纤传输网的投资累计两千亿美元以上）找到一条具有广阔市场前景的传输Internet业务的新路。LAPS是针对IP/PPP/HDLC/SDH中存在的问题而专门设计的IP over SDH方案，

它具有更加简单的层次结构 (IP/ LAPS/ SDH)、更少的封装开销和更高的传送效率, 目前已被 ITU-T 正式确定为 IP over SDH 的新标准, 是 IP over SDH 的发展方向。

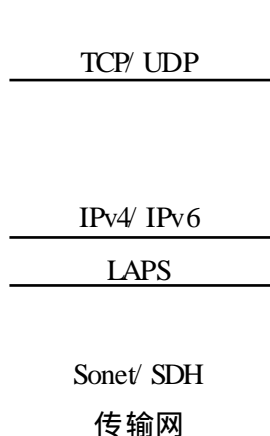


图 4.3 IP/ LAPS/ SDH 分层结构

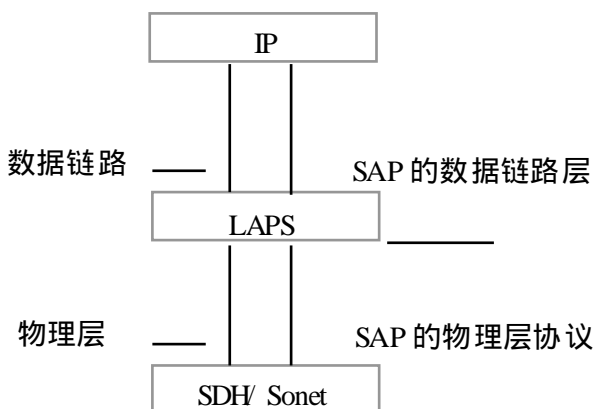


图 4.4 IP/ LAPS/ SDH 协议模型

从以上分析可以看出, IP over SDH 具有以下特点:

(1) 优点

对 IP 路由的支持能力强, 具有很高的 IP 传输效率。根据测定, 在 Internet 中传输的数据包平均包长为 260 B。由于 Internet 中包的长短很不稳定, 对 IP over ATM 的传输效率将产生影响。其原因: 一是信元标头占全部信元的 9.4%, 据 BN 检测数据, 开销损失 8% ~ 24%, 一般认为开销损失约 20% (这也是国外关于 ATM 由信元头引起的开销损失的争论中常提到的所谓“20%”); 二是在传输 200 B 以下的短包时, 一旦出现一个信元丢失 (Internet 上一个 IP 包通常可以切割成几十个信元), 整个 IP 包就要重传, 导致效率降低。这就是 POS 传输效率高于 IP over ATM 的原因。

符合 Internet 业务的特点, 有利于实施多路广播方式。

能利用 SDH 技术本身的环路, 故可利用自愈合 (self-healing ring) 能力达到链路纠错; 同时又利用 OSPF 协议防止设备

和链路故障造成的网络停顿，提高网络的稳定性。

省略了不必要的 ATM 层，简化了网络结构，降低了运行费用。

(2) 缺点

仅对 IP 业务提供好的支持，不适于多业务平台。

不能像 IP over ATM 技术那样提供较好的服务质量保障 (QoS)。

对 IPX 等其他主要网络技术支持有限。

路由信息占用带宽的比例太大。对大规模的网络，处理庞大、复杂的路由表问题尚是其难题。

网络流量管理、拥塞控制还较差。对于 ATM 网络，可进行逐路排队 (Per-VC Queuing) 和分布式拥塞控制 (带有预防的性质)，具有简便的流量管理能力和较好的算法，而对 POS 使用的路由器，尚难完全做到这一点。

缓冲器也不如 ATM 多/大，特别遇到突发性负荷时，丢包机率高 (当然如前所述 ATM 将一个包切割成很多信元，万一丢失一个信元，整个包要重传，从这个角度看也有人指出 ATM 丢包机率大)。

目前不少网络设备公司已推出基于 IP over SDH/ Sonet 技术的交换路由器产品，如 Cisco 千兆位交换路由器 GSR，Ascend 千兆位路由转发器 GRF 等。将 Internet 建立在 SDH/ Sonet 传输平台上，可以很容易地跨越地区和国界，兼容各种不同的技术和标准，实现网络互连，从而为 Internet 技术适用于多媒体业务平台打好传输体制上的基础。目前 IP Over SDH/ Sonet 技术一般可进行业务分级 (CoS)，尚不能像 IP over ATM 技术那样提供 QoS。

68. 什么是 IP over Optical/ WDM 技术？

IP over Optical WDM，也称光因特网。其基本原理和工作方式是：在发送端，将不同波长的光信号组合（复用）送入一根光纤中传输，在接收端，又将组合光信号分开（解复用）并送入不同终端。IP over Optical WDM 是一个真正的链路层数据网。在其中，高性能路由器通过光 ADM 或 WDM 耦合器直接连至 WDM 光纤，由它控制波长接入、交换、选路和保护。

目前 IP over Optical WDM 采用的帧结构主要有两种：Sonet/SDH 的帧结构和千兆比以太网的帧结构。前者的典型例子为加拿大的 CA * net3，后者为中国铁道、广电、中科院和上海市等四家联合建设的 CAINET。此外，光互连网论坛正在研究新的帧格式，包括数据网络层与光网络层的适配、物理接口以及层间管理；由于现有的网络中必须有 50% 的网络带宽的冗余备份，效率低，为了提高网络带宽的利用率，使用网络的全部带宽，以及使 IP 直接上光路，Cisco 公司提出了动态分组传送技术（DPT）；Lucent 公司为了使 IP 直接与光路相连，提出了简化数据链路协议（SDL），且已经研制出了相应的芯片。

1. Sonet/SDH 帧

由于长途 WDM 波长每 200 ~ 500 km 需进行一次电再生，目前大部分再生设备都采用 Sonet/SDH 帧结构。如果网络内使用 Sonet/SDH 再生设备和转发器，那么来自路由器的 IP 分组必须装放 Sonet/SDH 帧内。

Sonet/SDH 帧结构的一大优点是在它的开销内载有信令和网络管理信息。网络管理信息对长途 WDM 系统是很重要的，尤其是在有很多电和光再生器时，它能使我们很快地对网络故障进行论断和定位，但开销也很大。如果把这些功能做入 IP 选路设备，

开销就能减小。

Sonet/SDH 帧有它的局限性。Sonet/SDH 帧是基于 8 kHz 话音同步取样的，并含有报头信息。此外，IP 分组可以映射到两个或更多个 Sonet/SDH 帧内，也可以多个 IP 分组映射到一个 Sonet/SDH 帧内，这取决于 IP 分组的大小。因此，在路由器接口上 Sonet/SDH 帧的 SAR (Segmentation Assembly and Reassembly) 处理是非常耗时的，使吞吐量和性能受到影响。许多公司现正在制定一种新的帧结构标准，称作“Fast-IP”或“Slim Sonet/SDH”，它提供 Sonet/SDH 帧的许多功能，但在报头位置和如何使帧大小与分组大小匹配方面使用了更新的技术。Sonet/SDH 帧结构的最大缺点是 Sonet/SDH 转发器和再生器的价格目前还很贵。

2. 以太网的帧

另一选择是使用千兆比以太网的帧结构。它虽没有像 Sonet/SDH 那样多的网络状态信息，但其成本低，大多数计算机局域网都使用这样的帧，故很有吸引力。因用的是“异步”协议，故对抖动和定时不像 Sonet/SDH 那样敏感，只要控制好，就不会有明显的分组丢失。

使用千兆比以太网帧的另一优点是它与两端主机的帧结构相同，不需要把数据重新映射到其他传送协议（如 Sonet/SDH 或 ATM）中去，因此在路由器接口上也无须用 SAR 和比特塞入操作来把数据帧和传送帧对准。另外，千兆比以太网的分路设备成本也较低。

目前千兆比以太网的收发双向累加带宽是 2.5 Gbit/s，现正在制定 5 Gbit/s 和 10 Gbit/s 标准。Lucent 于 1999 年 9 月 27 日发布了可直接在 DWDM 系统兼容传送千兆信道的以太网复用器，后者是该公司采用以太网帧格式传送的，速率为 10 Gbit/s 的一种原型设备。采用以太网复用器的好处是在数据网络中无需进行协议转换。该设备可将 8 个千兆以太网流复用到一个光纤链路

上，以便在校园网或城域网上传输。其以太网帧用于有效净荷、虚拟局域网标记、服务质量以及其他层 2 和层 3 业务。这种新的 DWDM 设备进行了试验，用 Lucent 的 WaveStar Metro Point 点到点光系统可使千兆信道以太网复用器在标准的单模光纤上传送 40 km, Lucent 的长途设备 WaveStar OLS400G 通过在线掺铒光纤放大器和色散补偿可传送 80 km 的倍数。

从光通信技术发展趋势看，Sonet/ SDH 在未来将会让位于波分复用技术，因此 IP Over Sonet/ SDH 将最终发展成为 IP Over Optical/ WDM。采用 IP over Optical/ WDM 技术，可减少网络各层之间的中间冗余部分，减少 Sonet/ SDH, ATM, IP 等各层之间的功能重叠，减少设备操作、维护和管理费用。由于 IP over Optical/ WDM 的解决方案刚刚出炉，尚未成熟，所以 Internet 上目前没有采用，但它却是 Internet 主干网技术的发展方向之一。

从以上分析可以看出，IP over Optical WDM 具有以下特点：

(1) 优点

充分利用光纤的带宽资源，极大地提高了带宽和相对的传输速率。

对传输码率、数据格式及调制方式透明。可以传送不同码率的 ATM, Sonet/ SDH 和千兆以太网式的业务。

不仅可以与现有通信网络兼容，还可以支持未来的宽带业务网及网络升级，并具有可推广性、高度生存性等特点。

(2) 缺点

目前，对于波长标准化还没有实现。

193.1 THz 为参考频率，间隔取 100 GHz。

WDM 系统的网络管理应与其传输的信号的网络分离。但在光域上加上开销和光信号的处理技术还不完善，从而导致 WDM 系统的网络管理还不成熟。

目前，WDM 系统的网络拓扑结构只是基于点对点的方

式，还没有形成“光网”。

69. 什么是动态分组传送技术？

Cisco 公司提出了动态分组传输技术 (DPT)，其核心是空间再用协议 (SRP: Spatial Reuse Protocol)，它是一种新的 MAC 层协议，该公司对其中的 SRP-fa 和智能保护交换 (IPS) 技术申请了专利。DPT 既适用于目前的 Sone^t SDH 网，也可用于将来的全光网。DPT 位于 Cisco 公司五步战略的第四步，是迈向光互连网极为关键的一步，并且向有关标准机构 (如 OIF, IETF, IEEE 等) 提出进行标准化，DPT 技术已用于有关产品中。

1. DPT 环结构

DPT 环由两个反向循环的光纤环组成，每个环可同时传送数据和控制包。为区别起见，一个叫内环，另外一个叫外环，DPT 的工作机制是在一根光纤上发送数据包 (下行)，在另外一根光纤上反向发送相应的控制包 (上行)。因此，DPT 可同时利用两根光纤，最大限度地提高了传送数据包的带宽效率，加速了控制信号的传播，以适应带宽利用率和自愈功能的要求。

DPT 环取消了 Sone^t SDH 设备，但仍有 Sone^t SDH 功能，它采用 Sone^t SDH 成帧，可在所有主要的光纤传输结构 (如：暗光纤、WDM 和 Sone^t SDH 点到点和环，以及他们的混合环境下) 透明地运行。比如，DPT 环可以有几个节点连接暗光纤，同时有几个其他的节点连接 WDM 和 Sone^t SDH 设备，它也可直接完全在 WDM 和 Sone^t SDH 传输网上运行。这样，DPT 极大地提高了网络带宽效率和传输设备的 IP 功能。随着 IP 业务的增长，采用 DPT 技术可以很快地、高效地转移到基于暗光纤或 WDM 设备的包优化传送方式上来。

DPT 有两种光学选择 (Optics Options) 方式，以满足主要的

应用要求：对于 Intra PoP 连接采用多模；对于中程（Intermediate Reach）和长程（Long-Reach）的 MAN，WAN Inter PoP 和地区性连接选用单模。

2. DPT 的主要技术

为了提高网络带宽的效率，DPT 采用了以下几种技术：空间再用（SRP）协议、SRP 公平算法、双光纤和统计复用。

70. 以 ATM 交换机为基础建设宽带城域网有何特点？

由于 ATM 具有严格的服务质量（QoS）保障，可以同时满足不同 QoS 要求，所以可以选择 ATM 骨干交换机和边缘交换机，建设一个 ATM 多业务宽带城域网。目前可以采用多种叠加式的 IP over ATM 技术，如 IPOA，LANE，MPOA 等协议承载 IP。

ATM 交换机的优点是：具有严格的 QoS 保障、多业务承载和技术成熟。但是这种方式对于大量的 WWW 浏览，FTP，E-mail 等 Internet 业务应用，存在协议复杂、承载 IP 存在信元税、传输效率低、不能实现分布路由转发等缺点。这种简单的“ATM + IP”方式不能满足宽带城域网提供的大量、简单、廉价 Internet 业务的需求。

采用 ATM 承载 IP，可以获得可控带宽的高品质服务，但存在开销大、协议复杂、效率不高的缺点。

(1) TM 的优化传输即数据交换机一次接口为 50 km 距离。当传输距离大于 50 km 时，就容易产生较大误码，需采用其他技术措施。通常作为市一级政府所管辖的服务区域范围大都符合这一距离。

(2) 在城域网中，采用 ATM 交换技术可以支持多种协议及从桌面到广域网任何形式的网络。可以支持各类以太网端口，10Base-T、100Base-T 等 LAN 技术，集多个 LAN 和 ATM 交换于一

个平台。支持各种 Ether Speed 的接口模块、Token Speed 令牌网段接口模块，与现有的以太网、高速以太网、令牌网及 ATM 系统完全兼容。在广域网中，ATM 支持 155 Mbit/s SDH 光接口、E1 (2 Mbit/s) 等接口，能够提供电信与宽带数据综合组网。

(3) 一个网内可支持语言、数据、图像等综合业务，非常适合于各种集团及个人接入。用户不仅能得到高速的数据通道，而且还能得到高质量的声音和影像。

(4) 大容量、高速率。交换容量可达吉比特每秒级，并且使宽带多媒体应用（如图像、语音和数据服务）的延迟最小，仅是以太网的 1/4。

具备强大的扩展功能，ATM 具备多种近、中、远光纤接口，随着容量的增加，不必重新设计就能提高网络容量和速率，增加网络节点，扩展网络规模。

71. ATM 技术的发展趋势如何？

我国 IP 和 ATM 领域的专家指出，ATM 技术趋势有两方面：

纯 ATM 交换机已风光不再，如果采用 ATM 实现 B-ISDN，此时 ATM 与 IP 有竞争，但现在不大可能利用 ATM 来实现 B-ISDN。目前，ATM 技术的地位和以太网和帧中继的地位是一样的，都在第二层支持第三层的 IP，因此，ATM 的发展趋势之一是找到更好的方式来支持 IP，如果不去很好地拥抱 IP，ATM 将失去生命力。ATM 主要是通过采用 MPLS 技术来支持 IP。

另一个趋势是，从单纯的 ATM 交换机发展为 ATM 综合交换机，支持电话网的演进，将 E1 中继和电话交换做进去，提供 No.7 信令支持能力，将传统 C4、C5 交换机的能力集成进去，使 ATM 交换机变成一个综合交换机。总之，在今天 ATM 已经在技术上发生了深刻的变革。

72. 千兆以太网对 ATM 技术有何影响？

千兆以太网和技术已经实现，许多厂家（如 3Com, Bay 等公司）都已推出该产品。（欧洲网络实验（巴黎）曾对 6 家公司的 7 种千兆以太网产品进行测试，其中 Extreme 网络有限公司与 3Com 公司的设备测试结果最好）它的特点是高速、高质而且能实现 QoS。它可用于大型数据交换网中，数据传送速率达每秒 1 200 万个 IP 包，在数据交换输送过程中不会形成瓶颈。今后还将在千兆以太网上开发语音与图像业务，因而，它形成了对 ATM 技术的竞争，而价格却比 ATM 低许多。千兆以太网的技术特点是全双工工作方式，不对帧的格式做任何改变，这就意味着可以有更大的带宽。一个千兆以太网交换口可以处理 20 条半双工快速以太网链路或 200 条半双工以太网口的数据。因为有这么大的带宽，因而它既可以用于边缘层交换也可以用于核心层交换。边缘层交换的作用主要是将基类数据，如来自以太网或快速以太网的数据送到千兆以太网链路上，从而与骨干网相连。核心层交换的工作正好相反，它放置于数据中心，在边缘交换机或带千兆以太网适配器的高速服务器之间传送数据。

千兆以太网技术的出现，导致了高速网络技术阵营的分裂。目前，关于 ATM 和千兆以太网都成立了相应的网络技术论坛，并分别制定相应的数据传输标准，以推动技术的应用和发展。由于千兆以太网保留了与 10 M 以太网相同的 802.3 帧格式，没有对信息传输格式做任何变动，因而这种网络升级方案较其他技术在投资和性能上要平滑得多。我们不妨从以下几个方面来比较一下千兆以太网和 ATM 技术的差别。

1. 布线和传输距离

千兆以太网技术在单模光纤上的传输距离现已达到了

4 000 m, 显然, 这个距离对于园区建筑物之间的互连环境已经足够了, 但是对于城域网和广域网, 它仍然显得无能为力。

而 ATM 的发展目标就是要建立这样一个广域信息传输系统。它不受任何物理结构的限制, 也和所传输的数字数据类型无关。就是说, ATM 可以用于在世界上最大的广域网络中传输任何形式的数字数据信息, 相信这样的目标实现以后会使绝大部分用户感到满意。

2. 升级的可行性和可用性

由于千兆以太网采用了和传统的以太网相同的帧长、帧格式和媒体访问层协议, 它保护了用户在设备和技术方面的投资, 也为园区局域网升级提供了较为合理的解决方案。在传统以太网局域网所提出的 ATM 技术升级解决方案中, 均采用 ATM 交换机形成网络主干, 这样难以保护用户已有的投资和技术。ATM 局域网升级的投资要比以太网升级的投资高得多。而且, 不同厂商生产的 ATM 网络产品之间的工作协调性到目前为止还没有很好地解决。

3. 服务质量 (QoS)

千兆以太网仍然和传统的以太网技术一样缺乏拥塞控制, 因此时常会影响到用户对服务器数据库数据的存取。同时, 它也没有解决多媒体数据传输的问题。

相比之下, ATM 技术在这方面要优越得多。正是由于 ATM 能够提供优异的且是目前以太网所无法达到的服务质量, 所以, 对 QoS 要求非常高的用户能够忍受 ATM 的昂贵价格也就不足为奇了。

4. 来自厂商的支持

尽管许多著名网络厂商都不甘心放弃这一潜力巨大的市场, 纷纷宣布将支持千兆以太网标准, 但是和 ATM 论坛相比较, 它的厂商支持力量明显要薄弱得多。尽管标准尚未最后出台, 但许

多知名网络厂商（如 PlainTree, 3Com 和 DEC 公司等）已经相继推出自己的千兆以太网产品，而且做出了“标准发布后将免费升级到与标准兼容”的承诺。

ATM 技术的出现比千兆以太网早了三年多，而且目前的 ATM 网络市场相当繁荣。原先由 ForeNewbridge 和 Bay Networks 公司主导的这一市场，已由于 Cisco 和 IBM 等多家实力雄厚公司的纷纷介入，打破了本来的格局。如今的 ATM 论坛规模空前，已经制定了一系列的工业开放标准，以求加强不同厂商的 ATM 产品之间的互操作。如果不同厂商产品的互操作问题得不到解决，各个厂商 ATM 解决方案之间没有可协调之处，那么，ATM 的发展必将受到阻碍。

73. 利用高速交换路由器建设城域网有何特点？

(1) 采用以 IP 技术为核心的千兆比特交换路由器（GSR），通过 IP over SDH 或千兆以太网（GE）方式连网，省去中间 ATM 层，直接承载 IP，可以减少费用。

(2) 这种方式承载 IP 的优点很明显：IP 传输效率高、协议简单、端口速率易扩展，其网络简单、运行费用低，且有一定的 QoS 服务质量保证能力。但流量控制和带宽管理能力差，可管理性和安全性差，很难支持商业用户的企业互连和实时多媒体业务，难以保证话音通信和视频通信的 QoS，比较适用于 Internet 骨干网。目前很多运营商都已经意识到，采用单纯的 GSR 组建宽带城域网的业务局限性。

(3) 采用 GSR 或千兆以太网来承载 IP，具有传送效率高、组网简单等优点，但又失去了严格的 IP QoS 保证，带宽不可控，不能满足商业用户的高服务质量需求。

74. 利用 MPLS 构建宽带城域网有何特点？

宽带骨干网采用 MPLS（多协议标记交换）技术，可以很好地支持多种业务不同等级的 QoS 要求，为多媒体业务在骨干网上的传输提供了必要的保证。MPLS 是集成式的 IP over ATM 技术，它的策略服务、安全控制、流量工程，使网络的整体性能实现了高可靠性和良好的可延展性。

MPLS 可以克服 ATM 交换机和高速路由器的技术局限，将它们的优点结合起来，这样，无论承载哪一种类型的 IP 业务，都能做到效率更高、质量更好。当前，MPLS 被认为是解决宽带 IP 网络 QoS 的最优方案。而且，未来的宽带网络将基于 IP 技术，已成为网络发展的趋势。传统认为，IP 本质上是无连接的，然而，随着 MPLS 等技术的成熟和 IP 交换的发展，它也具有了面向连接的特点。

75. 为什么说“IP + ATM”在近期是一条相对稳健、实用化的道路？

进入 20 世纪 90 年代后期，关于 ATM 和 IP 技术之间的话题已成为信息产业讨论的热点，在美国曾一度被炒为“信仰之战”。随着 IP 应用的迅速普及和 ATM 商用化步伐的不断加快，这两种原本被视为不相容的技术却融洽地同时出现在许多国家级的骨干网上。尽管我们无法预料 10 年后的结局，但近期内“IP + ATM”的方案将成为电信公司一个非常实用的选择。在不久前结束的由 Cisco 公司举办的“迈向电信新纪元”国际电信服务供应商研讨会上，许多资深的专家都认为这将成为一种趋势。

在此次研讨会上，有关斯普林特的集成请求式网络（ION）

和新加坡 ATM 网的报告引起人们浓厚的兴趣。应该说，从建网的原始设想看，这两个网络或许并不一致，但最终的实施方案却殊途同归，都走到“IP + ATM”的道路上来。

斯普林特建设 ION 网的主要意图是采用 IP 技术来改进自己的网络。在传统的电话网络中，对于每一次电话呼叫，系统都要为其指定一条专门的线路。而 ION 则改变了这种模式，它根据用户提出的要求，把声音、视频和数据信息统一封装成包，在网络的并行数据流中传送，在到达目的地之后再重新组合。这样，一个家庭或企业能够通过一个单一的连接完成多个电话呼叫、接收传真、运行多媒体应用程序和访问因特网，而不必为每一项服务申请一个账号。ION 是一个典型的面向未来的多业务网络，在 IP 业务未成为电信公司主要收入来源的今天，这样的—个“IP + ATM”的平台，既保护了原有的投资，实现了对语音、帧中继等传统业务的支持，又能够提供基于 IP 的革新性服务，如虚拟专网、电子商务等。ION 的核心组成部分是光纤线路、数据包路由器和广域网 ATM 交换机。

与 ION 相比，新加坡电信的网络是一个更“纯”的 ATM 系统。它是著名的“新加坡一号”宽带多媒体网的核心。1997 年 5 月，新加坡电信正式公布其国内和国际网络计划，并在这一年年底开通了到美国和日本的双边 ATM 业务。这一网络充分利用了 ATM 高服务质量、支持多业务和处理突发数据流量的能力，在为用户提供按需分配带宽服务的同时，降低了运营商的成本。它能够在单一基础网络上支持语音、视频和数据通信。

支持上述两个网络的核心技术是多协议标记交换技术，其基础是 Cisco 最初提出的标记交换技术，它能够使服务供应商实现对等的 IP 和 ATM 的集成。在这种网络体系中，智能交换机通过同一 ATM 网动态地转发 IP 流量。事实上，多协议标记交换提供了一个“IP + ATM”的平台。这一平台结合了 IP 应用智能和

ATM 流量管理功能。这使电信服务供应商能够在不影响服务质量的情况下，在一个统一的网络体系中提供今天的传统服务和 IP 语音、集成化接入等下一代服务。

作为两个拥有多年电信运营经验的公司来说，斯普林特和新加坡电信都面临来自新兴数据通信公司的竞争压力，但是这并不意味着必须舍弃原来的网络去盲目追随新潮。它们实际上都在走一条很现实的道路，通过建设一个多业务网络来同时兼顾传统业务和新型业务，而“IP + ATM”正是这一思路的技术支撑点。

对于一个已经拥有较大规模的电路交换网的电信运营者来说，从现有网络向宽带网络的过渡以及兼容互通是必须考虑的因素。虽然几乎所有的电信业务都可以“IP 化”，但“IP 化”并不都是合理的选择，IP 业务和非 IP 业务在相当一段时间内将并存。如果用重叠方式来组网，由路由器组成的核心网用于处理 IP 业务，由 ATM 交换机组成的核心网用于处理面向连接的业务，各得其所，但重复建两个网显然不经济。在我国，IP 业务甚至包括整个数据业务，目前尚未成为主导业务，采用 ATM 作为核心网业务节点技术更适合多业务环境。今后，即便 IP 业务成为主导业务，ATM 交换机仍然会在 IP 网和非 IP 网之间，或在 IP 网边缘用于连接其他业务时发挥多业务平台的作用。由此看来，“IP + ATM”在近期是一条相对稳健、实用化的道路。

显然，越来越多的新兴网络运营商更着重 IP 市场，IP 市场包括了 Internet 上网访问业务以及基于传统数据网络的 IP 业务互连。其中，前者面向将来的业务服务市场，而后者则占现有数据市场的绝大多数份额，代表了商业社会的网络应用。因此，网络运营商期望能在 IP 路由设备增加 ATM 的 QoS 制和 SDH 的自愈保护功能，大幅度降低网络构建和运营成本，从而增加其在市场上的竞争能力。

76. 单独由 ATM 或路由器组成的 Internet 主干网能满足要求吗？

用何种技术来建设 Internet 骨干网？ATM 似乎是大势所趋。然而，美国 Pacific Bell 已发现当 IP 业务繁忙时或出现大量不均衡、突发性业务时，会发生 ATM 降载；ANS 也曾因主干网路由器不堪负荷而引起整个系统停机。美国主要的 Internet 主干网提供商在主干网技术的选择上分成了两派：Pacific Bell 和 Ameritech 采用 IP over ATM 的解决方案，而 Sprint, MAE-East, MAE-West 和 BBN 采用一种称为 POS 的解决方案，即 IP over SDH/ Sonet 技术。关于 IP over ATM 或 POS 孰优孰劣的辩论正在展开。以 ATM 或路由器组成的 Internet 主干网，在早期运行中均曾发生过重大事故。如 Pacific Bell 发现当 IP 业务繁忙时或出现大量不均衡、突发性业务时，发生 ATM 降载现象；他们曾在 TM 前配置 FDDI 作为过渡措施来解决；最后发现早期选用的 ATM 其缓冲容量不足，重新对 ATM 选型，彻底解决了问题。又如 ANS 主干网路由器不堪负荷，引起整个系统停机的“Internet 危机”，他们重新选择了大容量新型路由器解决了问题。

在国际上辩论 IP over ATM 或 POS 孰优孰劣时，上述两个例子对理论上的解决方案并不起什么作用，但对网络建设是有一定意义的。

顺便指出，目前的 POS 解决方案仅适用于解决单业务平台，传送数据包（data packet）的场合。对数据包的处理技术分两类：第一类是以 ATM 交换机跨接路由器直通（cut through）处理的方式，即第一个包通过路由器进行检查、鉴别和处理，以后相同的包由 ATM 交换机跨接直通传输，不再通过路由器。这种处理方式仅适用于局域网、企业网、校园网。如仿真局域网、3Com 的

第三层交换 (Fast IP)、Ipsilon 的 IP 交换 (IP Switching)、Cisco 的 Netflow 等。第二类是逐包处理, 传统的路由器网是采用逐包处理的方式, 采用下列新型路由器技术的 POS 网也采用逐包处理的方式, 这些新型的路由技术, 如: Cisco 的吉位交换路由器 (GSR)、Ascend 的千兆位路由转发器 (GRF)、Bay 主干节点路由器 (BCN) 以及 Juniper 正在开发的千兆位速率传输技术等。

77. 当前城域网 6 种主要组网方案各有何特点 ?

表 4.2 是当前的 6 种主要城域网组网方案, 现将它们的主要特点、可能存在的问题、应用范围做一些比较。

表 4.2 6 种组网方案的特点、存在问题及应用范围

方 案	主要特点	可能存在的问题	应用范围
1. ATM+SDH=B-ISDN 即: IP/ATM/SDH/WDM 传统组网方案	支持高速 IP 业务、ATM 业务以及传统的各种数据网络接入方式 (如帧中继、DDN 等), 一种较为保守的宽带网络解决方案但风险最小的工程方法, 也是目前可支持的方案。	采用多层的网络结构; 在效率和成本方面不具备竞争能力	传统电信供应商, 如中国电信、AT&T, NTT, Sprint 等
2. ATM 传输方案 即: IP/ATM/WDM	删除了物理层的 SDH 设备, 符合 ITUI.432 标准, 通过 ATM 交换机支持 ATM 环形功能; 在 ATM 交换机中完成 SDH 的自愈保护的功能; 提供传输层网络管理和控制	省略了电信传输网络; 是否一定能够支持小于 50 ms 的大容量通信过程的切换, 值得怀疑	新兴本地和广域网络服务商采用 ATM 作为本地环路

续表

方 案	主要特点	可能存在的问题	应用范围
3. 交换路由 (ATM/FR + IP 混合方案)即:混合设备/SDH/WDM	混合 ATM 和 IP 机制, 删除了交换层的网络设备, 省略了第 2 层网络设备	未被验证	混合式技术方案如果被证明是可行的, 则可能会有网络运营商支持
4. IP over SDH	省略了第 2 层网络设备 (假设高速路由设备性价比将超过同等交换能力的交换机)	IP 协议不支持 QoS 功能, 仅适合于数据业务网络	ISP 或向 ISP 提供服务的电信运营商
5. 光纤 IP 即 IP/DWDM	建网成本极低	QoS 和光纤自愈能力均成问题, 特别是网络出故障时, 如何支持光纤的快速恢复	仅适合互连网市场, 互连网骨干网络供应商
6. 替代 ATM 的帧中继方案	在支持 IP 业务效率方面, FR 比 ATM 高 15%, 帧中继的 UNI 接口上的 QoS 定义可支持类似 ATM 服务功能, 帧中继和 ATM 一样可作为话音中继干线网络	目前尚不支持电路仿真业务, QoS 能力和高速传输端口尚未标准化	对期望避免 ATM 信元开销的 ISP 运营商有用

78. 宽带城域网应遵循什么样的建设思路?

宽带城域网是以满足商业/密集用户宽窄带多层次业务需求为导向, 面向经营的、开放的、可发展的综合业务网络。作为一系列实用化网络建设和业务经营的解决方案的集合, 宽带城域商业网以“高起点、高效益、易管理、易运营”为原则, 是专注于

宽带网络效益和宽带业务实用性的建设和经营思路。

1. 面向“高起点”的网络建设

以先进且成熟的技术提升网络的竞争力。先进和成熟是一个既对立又统一的概念，并没有绝对的标准，如 SDH 对于 TDM 业务是一个既先进又成熟的技术，对于数据业务而言，却有着传输效率不高的名声。又如，ATM 通常被视作完美的技术，却一直未被大规模地应用，被后起之秀 IP 路由器等赶超，技术过于复杂、成本过高是其原因之一。IP 路由器虽然发展迅猛，但 QoS 问题仍需改进。可见，十全十美的技术是难以找到的，而现在 SDH 设备、IP 路由器、ATM 交换机都在取长补短、互相借鉴。正因如此，一个全新的设备形态 MSTP (Multi-Service Transport Platform) 正在诞生，很可能成为未来城域传输网的主力军。宽带用户的需求不仅有可基于 IP 技术和设备来开展的非实时数据业务，如因特网业务，而且有要求严格的 QoS 保障，必须通过 ATM 承载 IP 的方式来实现的数据业务，如专线互连、实时多媒体业务等。

同时建设 ATM 多业务网和纯 IP 网，存在投资较大、运营维护费用高、网络资源不能充分利用的问题，采用统一的交换平台承载 ATM IP 业务组建宽带城域商业网，可以同时实现 IP 高速路由转发和 ATM 交换，满足以上两类业务的需求，节省投资、降低维护成本、充分利用网络资源。在统一的交换平台上进一步支持 MPLS 交换，则可进一步保证宽带数据业务的 QoS，提高转发效率，更好地支持实时多媒体业务。

另一方面，一个面向经营的宽带网络必须考虑到用户宽窄带多层次的业务需求，在提供宽带业务的同时为用户提供 Centrex 业务、酒店业务、秘书/秘书台业务等高质量话音业务，提供综合的一揽子解决方案，从而增强吸引力，提升网络竞争力，实现宽带城域商业网与 PSTN 的网络融合，有利于进一步降低网络建

设成本，促进网络优化。

2. 网络建设以效益为龙头

城域传输网与各级干线网相比，最明显的特点是业务类型、业务流向流量的不确定性。以从前中国的城市传输网看，是以话音业务为主，承担着交换机之间的互连，所以又叫做市话网。传输设备也基本由各种速率的 SDH 承担，很少量的数据业务由路由器、ATM 交换机接入，2 Mbit/s，34 Mbit/s 或 45 Mbit/s 或 155 Mbit/s 接口挂在传输的设备上，交换机房、传输机房和数据局是分离的。数据业务指数规律的发展，新运营商积极的态势，更使城域传输网络重新成为焦点。

目前各个运营商所拥有的资源是不同的，发展方向也各有差异，因此，如何根据自己业务发展的重点来构建传输网络是首先要考虑的问题。宽带城域商业网的建设要以面向经营为导向，在细分客户及业务的基础上，向用户提供个性化的业务解决方案。

针对宽带业务需求与用户类型关联性强的特点，运营商需要有效地进行业务细分和客户细分，为政府机关、金融、大型企业及办事机构等宽带业务需求旺盛的客户群提供专线互连、IP 接入、电视会议等全方位业务解决方案；针对宾馆、酒店、学校提供高速上网业务、视频点播业务、学生卡号宽带上网业务、远程教学等特色业务解决方案；针对智能信息小区提供智能小区解决方案等。即以业务驱动传输网络建设

同时，宽带城域商业网的建设还需要充分考虑投入产出比，选择构件化的网络设备，建设拓扑结构灵活的业务网络。本着业务发展与网络建设同步的原则，通过选用接口标准化、体系构件化的设备，能够有效适应不同地区、不同阶段的建设需求。构件化的解决方案针对性强，能保证投资的有效性，并可通过升级和增加构件灵活地扩展网络功能和网络节点。

3. 网络建设要充分考虑“易运营”

宽带城域商业网的建设以快速拓展用户为出发点，需要支持各类组网模式及接入方式。从网络结构上来看，宽带城域商业网可以分为主干网、分支网和末端网。因此在建设中需要支持环形、星形、树形、链形等多种网络拓扑方式，同时还要支持 DWDM + SDH + ， APON， VPRing， DPT Ring 等方式快速组网。灵活的组网方式可保障网络建设初期迅速达到对目标客户的无缝覆盖并具有很好的可扩展性。

另一方面，宽带城域商业网的建设要充分考虑网络的安全性及可靠性。网络应提供端到端的 QoS 保障机制，并采用多种安全保障机制，如自愈环、兼容 SDH 混合环网保护、基于 VP Ring 的通道、复用段保护等。同时，完善的认证计费机制对于有效运营来讲十分重要，在网络业务提供过程中，应能提供用户鉴权、二级计费等功能，并可按流量、带宽、时长计费，支持预付费、分时段费率等计费方式。

4. 网络和业务要实现“易管理”

宽带城域商业网的建设要充分考虑网络的可管理性。宽带城域商业网采用构件化的网络设备组网，对所有的网络构件和业务要进行统一的网络管理，包括宽窄带统一、传输交换统一、ATM IP 统一、话音/数据/多媒体业务统一管理，支持分级、分权的管理模式等。

同时，宽带城域商业网的建设要充分考虑业务的可管理性。业务管理是宽带城域商业网建设的重要因素，因此网络应支持跨网元业务数据自动配置、基于 Web 的管理、自助业务管理等功能。

5. 网络整体规划，分布设施，分层建设，速度超前

通常城域传输网可分为骨干层、汇接层、接入层，由于业务

的不确定性和技术的多变性，建设时保持审慎的适度超前的策略，满足未来一段时间内的扩容能力，又不至于形成包袱。

6. 与现有的运营商网络易于互连互通

无论网络结构还是设备形态，无论通过新增网关，还是直接互连，都必须能够快速、高效与现有运营商网络互连互通，只有开放的网络才会有利于所有的运营商，运营商之间是一种“竞合”的关系，过分追求技术、设备的差异性而忽视运营商之间的共性，容易形成网络孤岛，反而相互掣肘。

79. 什么是 MPLS ?

MPLS (Multi-Protocol Label Switching——多协议标签交换技术) 是一种在开放的通信网上利用标签引导数据高速、高效传输的新技术。它的价值在于能够在无连接的网络中引入连接模式的特性。其主要优点是减少了网络的复杂性，兼容现有各种主流网络技术，能降低 50% 网络成本，在提供 IP 业务时能确保 QoS 和安全性，具有流量工程能力。此外，MPLS 能解决 VPN 扩展问题和维护成本问题。

MPLS 技术是下一代最具竞争力的通信网络技术。1997 年 IETF 提出 MPLS 以后，到目前为止，有关 MPLS 技术的协议标准草案和规范已经约有 140 个，并且在 1999 年就有厂商推出 MPLS 设备。这种进展速度是以前任何一种技术所没有的。

80. MPLS 技术发展的背景是什么 ?

互连网的迅猛增长对当前基于 IP 的干线网提出了挑战。这表现在：

(1) 新的应用层出不穷，如语音传送、视频服务、多媒体信息传输等。这些新应用业务要求网络能保证将它们按各应用的特性正确地予以传送，但传统的 IP 网络没有数据属性的判别能力，也就谈不上按数据属性进行区别服务。

(2) 目前的 IP 路由技术采取基于目的地址的最优数据传输通路查找法，而不考虑所要传送数据的其他性能要求。

(3) 网络规模迅速增长，但现有的 IP 路由技术及组网方式不适应网络的扩展和许多增值服务的提供。

网络的发展正向宽带化、智能化和一体化方向演进。目前在世界范围内存在两大核心网络技术：一个是计算机界倡导的 IP 网络技术；另一个是电信界推崇的 ATM 技术。IP 技术的优点是有灵活的路由体系，采用非面向连接的尽力而为的服务方式，适合于非实时信息的传输。但传统的 IP 技术对时延、带宽等 QoS 无法保证，也就不能满足语音、视频等实时信息的传输要求。ATM 是宽带通信网的核心技术，是一种面向连接的传输技术，它综合了分组交换和电路交换的优点，具有良好的 QoS 保证，支持语音、数据和图像通信。缺点是，其连接建立信令过于复杂，路由灵活性不高，在传输较短的一般数据时，效率不高。例如，在 Internet Web 连接中，用户每点击一个连接，就需启动一个与远端服务器的连接，而每个 HTTP 传输的数据量平均为 2 kB，若链路的传输速率为 155 Mbit/s，则整个传输时间约为 100 μ s，但最先进的 ATM 交换机建立连接的时间都以几个毫秒计，可见链路建立时间占了整个数据吞吐量的 99%。因此如何把 IP 和 ATM 的优点结合起来，在满足新的业务需求的同时，维护现有的投资，成了业界探索的一个方向。

各种 IP 与 ATM 融合的技术，如 LANE，IPOA，MPOA，ARIS，TAG SWITCH 等都只能解决局部的问题。这些技术虽说利

用了 ATM 高速交换的特性，但要么没有充分利用 ATM 的 QoS 特性，要么过于复杂和标准不完善。例如，LANE 只能应用于较小规模的网络，不能支持像 Internet 这样的大型网络。IPOA 在不同子网间的互连仍需使用传统的路由器。因而吞吐量和时延问题仍然存在，此外，它只限于处理 ATM 上的 IP 业务，只支持较小规模的网络。MPOA 经实验证明也只能支持中小型网络。

目前数据传输的承载技术具有多样性的特点。如 ATM，帧中继，PPP，SDH，Sonet 等。因此，如何实现多种不同传输承载链路技术的网络互连、互通是一个迫切需要解决的问题。

未来的业务以突发性数据业务为主，ATM 对此显得效率不足，传输成本和交换成本较高，网络资源浪费，而 IP 又显得能力不足。

VPN 是提供新一代电信业务的基石。据 Yankee Group (1998) 预计，到 2002 年，美国 IP VPN 总市场将与帧中继的市场规模相当，其潜在的收入和利润非常惊人，但是当前的网络技术在实现 VPN 扩展性、安全性、管理性方面都有很大的、先天的缺陷，急需加以改造以适应 VPN 市场增长的需求。

为了解决上面的问题，1997 年，以 Cisco 公司为主的几家公司：包括 Ipsilon (已被 Nokia 并购)，IBM，Cascade (已被 Lucent 并购)，TOSHIBA 提出了 MPLS 技术。

所谓 MPLS 就是：

- (1) 在 LDP 协议控制下，LSR 根据 IP 路由技术产生具有一定语义的代表数据传输路径及属性的标签。
- (2) 应用本地标签与媒介 (ATM, FR, PPP...)。
- (3) 多层的标签置换传输 (标签堆栈)。
- (4) 转发基于标签，入口压入标签，出口剥去标签，分组 QoS, CoS 等分析只在入口做一次，中间节点只分析标签的含义。

81. 简述 MPLS 的基本原理？

MPLS 是属于第三层交换技术，引入了基于标记的机制。它把选路和转发分开，由标签来规定一个分组通过网络的路径。MPLS 网络由核心部分的标签交换路由器（LSR）、边缘部分的标签边缘路由器（LER）组成。LSR 的作用可以看作是 ATM 交换机与传统路由器的结合，由控制单元和交换单元组成；LER 的作用是分析 IP 包头，用于决定相应的传送级别和标签交换路径（LSP），MPLS 网络如图 4.5 所示。

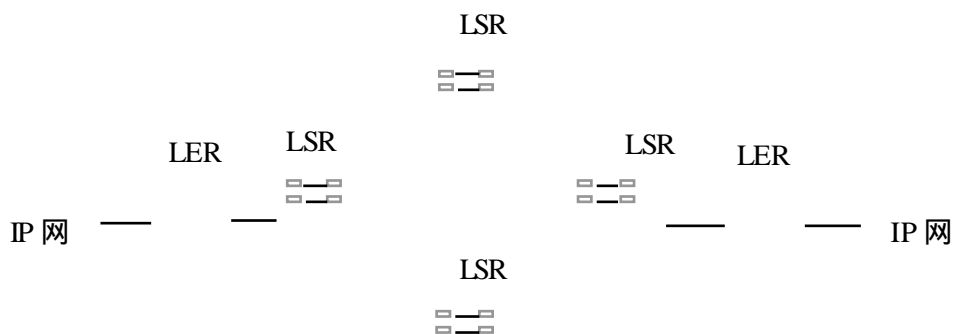


图 4.5 MPLS 网络示意

LSR 就是实现了 MPLS 功能的 ATM 交换机；LER 可以是具有 MPLS 功能的 ATM 交换机，也可以是具有 MPLS 功能的路由器。标记交换的工作过程可概括为以下三个步骤：

- (1) 由 LDP（标记分布协议）和传统路由协议（OSPF 等）一起，在 LSR 中建立路由表和标记映射表。
- (2) LER 接收 IP 包，完成第三层功能，并给 IP 包加上标记；在 MPLS 出口的 LER 上，将分组中的标记去掉后继续进行转发。
- (3) LSR 对分组不再进行任何第三层处理，只是依据分组上

的标记通过交换单元对其进行转发。

82. MPLS 信令方式是如何实现的？

目前 MPLS 实现信令的方式可分为两类：

1. LDP/ CR-LDP

它是基于 ATM 网络的。CR-LDP 和 LDP 是同一个协议，CR-LDP 是 LDP 的扩展，它使用与 LDP 相同的消息和机制，如对等发现、会话建立和保持、标记发布和错误处理。

2. RSVP

它基于传统的 IP 网。RSVP 和 LDP/ CR-LDP 是两种不同的协议，它们在协议特性上存在不同，有不同的消息集和信令处理规程。从协议可靠性上来看，LDP/ CR-LDP 是基于 TCP 的，当发生传输丢包时，利用 TCP 协议提供简单的错误指示，实现快速响应和恢复。而 RSVP 只是传送 IP 包。由于缺乏可靠的传输机制，RSVP 无法保证快速的失败通知。从网络可扩展性上看，LDP 较 RSVP 更有优势，一般电信级网络中，特别是 ATM 网络中，应采用 MPLS/ LDP。ITU-T 倾向于在骨干网中采用 CR-LDP。

83. MPLS VPN 的工作原理和特点是什么？

从因特网诞生到现在，基于宿地址的逐跳转发的机制一直没有改变，而 MPLS 能提供层次化转发能力。MPLS 是一个面向连接的标记交换，其连接就是 LSP。MPLS 借鉴了 ATM VP 和 VC 的层次结构概念，构成标记栈，推广到可以任意层嵌套。在一个 LSP 中封装另一个 LSP，形成 LSP 隧道，就构成层次转发。这样，MPLS 网可以为任何网络层协议提供中转业务，包括 IP 和 MPLS 本身，提供虚拟中继和 VPN 能力。这种机制提供了透明和独立

选路的能力，包不必携带全局的路由信息，从而使 MPLS 网络获得更高的稳定性和可扩展性。

MPLS VPN 既具有 ATM VPN (PVP/ PVC 构成) 的优势，如安全性和 QoS 保证，又具有现有 IP VPN (如 L2TP) 的优势，如在增加节点和用户数量方面有较强的可扩展性。IP VPN over MPLS 由三类设备构成：CE (用户端路由器)，PE (供应商边缘路由器)，P (供应商路由器)。CE, PE 可对应 MPLS 的 LER, PE, P 可对应 MPLS 的 LSR, 主要负责包括 VPN ID 的分配、内层标准的添加和去掉等功能。

MPLS VPN 转发表中包括与 VPN ID, IP 地址相对应的标记，通过这个标记将数据传送到相应地点，实际就是约束的 LSP 隧道。因为标记代替了 IP 地址，用户可以保持他们的专用地址结构，而无需通过网络地址翻译 (NAT) 来传送数据。另外，MPLS 网只根据标记作包转发，不关心网络层地址，通过标记也无从获得网络层地址，这在一定程度上保证了安全性。

在未来，VPN 将是公用 IP 业务的主要收入，而绝大多数公司的内部业务将由基于 MPLS 的 VPN 来实现，而不是现在的因特网或 DDN。

网络发展趋势是核心设备越简单越好，智能在边缘层和接入层实现。

84. MPLS 如何实现流量控制？

传统 IP 网络一旦为一个 IP 包选择了一条路径，则不管这条链路是否拥塞，IP 包都会沿着这条路径传送，这样就会造成整个网络在某处资源过度利用，而另外一些地方网络资源闲置不用，MPLS 可以控制 IP 包在网络中所走过的路径，这样可以避免 IP 包在网络中的盲目行为，避免业务流向已经拥塞的节点，实

现网络资源的合理利用。MPLS 流量管理机制的功能有两个：从网络运营商的角度看，是要保证网络资源得到合理利用；从用户的角度来看，是要保证用户申请的服务质量得到满足。MPLS 的流量管理机制主要包括路径选择、负载均衡、路径备份、故障恢复、路径优先级及碰撞等。

1. 路径的选择

MPLS 采用显式路由的方式为 IP 包选一条从源到目的地的路径，网络中的中间节点不需要再为 IP 包选择路由，仅需根据 CR-LDP 信令中携带的路由信息将信令信息转发到下一节点。这种显式路由的选择是在 MPLS 入口节点 LER 上完成的，具体实现可以由操作员配置或通过源路由协议实现。这种显式路由的优点就是，网络管理者可以根据网络资源合理地引导业务的流向，避免网络业务流向已经拥塞的节点。

2. 负载均衡

MPLS 可以使用两条和多条 LSP 来承载同一个用户的 IP 业务流，合理地将用户业务流分摊在这些 LSP 之间。

3. 路径备份

可以配置两条 LSP，一条处于激活状态，另外一条处于备份状态，一旦主 LSP 出现故障，业务立刻导向备份的 LSP，直到主 LSP 从故障中恢复，业务再从备份的 LSP 切回到主 LSP。

4. 故障恢复

当一条已经建立的 LSP 在某一点出现故障时，故障点的 MPLS 会向上游发送 Notification 消息，通知上游 LER 重新建立一条 LSP 来替代这条出现故障的 LSP。上游 LER 就会重新发出 Request 消息建立另外一条 LSP 来保证用户业务的连续性。

5. 路径优先级及碰撞

在网络资源匮乏的时候，应保证优先级高的业务优先使用网络资源。MPLS 通过设置 LSP 的建立优先级和保持优先级来实现。

每条 LSP 有 n 个建立优先级和 m 个保持优先级。优先级高的 LSP 先建立，并且如果某条 LSP 建立时，网络资源匮乏，而它的建立优先级又高于另外一条已经建立的 LSP 的保持优先级，那么它可以将已经建立的那条 LSP 断开，让出网络资源供它使用。

85. MPLS 如何实现 QoS 功能？

MPLS 的 QoS 实现是由 LER 和 LSR 共同完成的。在 LER 上进行 IP 包的分类，将 IP 包的业务类型映射到 LSP 的服务等级上，在 LER 和 LSR 上同时进行带宽管理和业务量控制，从而保证每种业务的服务质量得到满足。由于带宽管理的引入，MPLS 改变了传统 IP 网只是一个“尽力而为”的状况。

IP 包在进入 MPLS 域之前，MPLS 将会根据 IP 包所携带的信息将其分成不同的类别，这个类别就代表网络为其提供的服务等级。LER 分类 IP 包的依据可以是：

- (1) 承载 IP 包的 DLCI，VCC 等信息。
- (2) TOS 字段或 DS 字段携带的信息。
- (3) 源/目的端口号。
- (4) 源/目的 IP 地址。
- (5) 上层协议 (UDP, TCP 等)。

LER 对 IP 包进行分类后，将 IP QoS 映射成 ATM 的 QoS。QoS 的参数以 Traffic Parameter 的形式体现在建立 LSP 的 Request 信令消息中，每个 LSR 在收到 Request 消息后都会根据 Traffic Parameter TLV 中的参数做接纳允许控制 (CAC: Connection Admission Control)，为特定的业务预留特定的资源。下面以 CR-LDP 信令方式为例，分析 MPLS 如何支持 IP QoS 的。

CR-LDP 采用显式路由方式建立 LSP，需要建立 LSP 的 LER 发送请求 (Request) 消息，Request 消息中携带 FEC (转发等价

类)、ER-HOP (显式路由信息) 和 QoS 参数 Traffic Parameter 等 TLV。Request 消息的格式如表 4.3 所示。

表 4.3 Request 消息的格式

U	F	Label Request	Message Length
Message ID TLV			
ReturnMessageIDTLV			
FECTLV			
LSPIDTLV			
ER-TLV			
TrafficParametersTLV			
PinningTLV			
“ ResourceClass ” TLV			
Pre-EmptionTLV			

Request 沿着 ER-HOP 指明的路径向下游节点发送，下游所有节点都会根据 Traffic Parameter TLV 中携带的参数做 CAC，为特定 QoS 要求的 LSP 预留出资源。Request 一直发送到出口 LER，出口 LER 返回一个 Mapping 消息，Mapping 消息通知入口 LER，保证每条 LSP 得到所申请的网络资源。

由此可见 Traffic Parameter TLV 是实现 IP QoS 的关键因素，在这个 TLV 中承载了 LSP 所要求的 QoS 参数，如表 4.4 所示。

表 4.4 Traffic Parameter 的格式

U	F	Traf. Param. TLV	Length	
Flags		Frequency	Reserved	Weight
Peak Data Rate (PDR)				
Peak Burst Size (PBS)				
Committed Data Rate (CDR)				
Committed Burst Size (CBS)				
Excess Burst Size (EBS)				

表 4.4 中的参数反映了 IP 业务对于服务参数的要求，例如 Frequency 是时延参数，体现 IP 业务对于时延的要求；PDR 是 IP 业务要求的最高数据速率；CDR 是某类 IP 业务的统计数据速率。这些参数体现了特定一类 IP 业务对于时延和带宽的要求。

入口 LER 根据 IP 包携带的信息将 IP 包分类，然后将该类业务对于网络资源的要求映射到 Traffic Parameter TVL 的参数中，向网络节点申请资源。

最终，Traffic Parameter TLV 携带的参数会映射到 ATM 的批参数中，然后通过 ATM 硬件资源，主要是 UPC，CAC，Queue 实现对用户申请资源的分配，进而保证 IP 业务的 QoS。IP 业务转换成 ATM 业务后，链路层的控制机制完全与 ATM 一样，进入了 ATM 流量控制机制。

由此可见，在传统的 ATM 和 IP 网中引入 MPLS 控制机制，仅从 Traffic Engineering 和 QoS 这两个侧面来看，MPLS 确实有着传统 IP 技术所无法实现的功能，可以将 ATM 和 IP 很好地结合在一起。

86. MPLS 的优势何在？

MPLS 技术的优势体现在如下几个方面：

(1) MPLS 在定长标签的严格匹配下简化了转发过程，而且这个转发的硬件基础是便宜、成熟的 ATM 交换技术，这大大减少了设备制造商的研发投资，加快了 MPLS 设备的面市时间和产品的成熟稳定性。

(2) 由于 MPLS 将路由与分组转发从 IP 网中分隔开来，这使得在 MPLS 网中可以通过修正转发方法来推动路由技术的演进；新的路由技术可以在不间断网络运行的情况下直接应用到网络中，而不必改动现有路由器上的转发技术，这是以前的各种网络技术不易做到的。

(3) MPLS 简化了 ATM 与 IP 的集成技术，推动了它们的统一，从而起到平衡用户在 ATM 和 IP 网上的巨大投资，消除了现有网络的限制，由此减少了网络维护成本和扩展性问题；采用 ATM 的高效传输交换方式，抛弃了复杂的 ATM 信令，无缝地将 IP 技术的优点融合到 ATM 的高效硬件转发中。

(4) 在 MPLS 网中可以直接使用显示路由，这使得流量工程的应用变得简单，增强了 IP 网络流控和自愈恢复能力，为支持更多的新业务提供了保障；同时 MPLS 在保证连接可靠性的条件下取消了专线连接的要求，使得各种新业务可以在基于 MPLS 的 IP 网上实现。

(5) MPLS 技术进一步促进了网络功能的划分，它将复杂的事务处理推到网络边缘去完成，核心网只负责完成传送功能；这有利于在一个大的网络中维护 IP 协议的扩展性。

(6) MPLS 网络中标签堆栈的使用将庞大的路由表变得很小，极大地改善了路由扩展能力。

(7) MPLS 不但支持多种网络层技术，而且是一种与链路层无关的技术，它同时支持 X.25，帧中继，ATM，PPP，SDH，DWDM.....保证了多种网络的互连互通，使得各种不同的网络传输技术统一在同一个 MPLS 平台上；保护了现有投资和网络资源，促进了网络互连互通和网络的融合。

(8) MPLS 能够以无连接方式或显式路由的方式提供面向连接的业务。这使得 MPLS 适用于动态隧道技术，并保障数据传输业务的 QoS 需求，而隧道技术是目前支持 VPN 业务的有效手段，QoS 的保障是 IP 网上实现语音、实时多媒体信息传输的基础。

(9) 作为综合平台，在语音方面，VoIP on MPLS 实验十分成功；在数据方面，它先天就能承载 IP 业务；在视频方面，它已能承载多媒体应用。

(10) 与 ATM 相比，MPLS 标准能更快地被接受是因为它是以软件为主，运行在各种不同的网络上，而 ATM 网则需要极大的软、硬件投资。

87. MPLS 的标准化工作进展情况如何？

在 2000 年以前，MPLS 的标准化制定工作仅由 IETF MPLS 工作组完成。MPLS 工作组成立于 1997 年 3 月，当时的主要任务和工作重点是研究制定 MPLS 技术的实现规范，使得这种新的网络技术能够达到：

- 灵活的网络层路由选择；
- 高效的分组交换转发（QoS 保障）；
- 有效的网络管理；
- 强大的网络扩展能力；
- 有效的增值服务提供能力；
- 兼容性好。

这些目标现在看来由 MPLS 技术实现已基本没有问题。目前, MPLS 工作组的工作重点已从原来技术的基本实现转移到 MPLS 技术的应用上来。主要是 MPLS 如何更有效地提供增值服务、MPLS 在局域网中的应用、MPLS 与光纤传输网 (OTN) 的融合、MPLS 网流量工程的具体应用等。

IP 技术到现在已经在 Internet 上占了绝对的领导地位, MPLS 技术的提出又使得 IP 可以为用户提供如语音传输、视频会议、多媒体等实时业务, 并且其 QoS 保障可以达到电信级。因此, ITU-T 各研究组在 1999 年底的总结会上进行了未来研究工作的战略转移, 全面开展有关 IP 标准化方面的研究工作, 其中作为全球信息基础设施 (GII) 和 B-ISDN 的主导研究组——ITU-TSG13 小组——将 MPLS 列为 2000 ~ 2003 年的重点研究课题, 并一致同意将 LDP/ CR-LDP 作为公网传输标准信令。

为了更好地研究发展 MPLS 技术, 协调各厂商之间的利益和统一思想, 2000 年 3 月以 Lucent 公司为首的有关机构联合成立了 MPLS 论坛。论坛的基本成员为计算机网络及电信通信软件、设备制造商和 ISP 及研究开发机构。论坛的工作重点主要在以下四个方面:

- 流量工程;
- 服务等级 (CoS);
- 服务质量 (QoS);
- 虚拟专用网 (VPN)。

进入 2000 年以后, 各标准化组织更进一步加快了 MPLS 的标准化工作。从 2000 年 3 月初到 2000 年 5 月间国际上举行的有影响的 MPLS 技术及标准研究会议有:

- 2000 年 2 月 29 日 ~ 2000 年 3 月 2 日在美国举行的有关 MPLS QoS 和流量工程高峰会议 (与会者: Motorola, IBM, Cisco, Nortel, ATT 等);

2000年3月10日在法国举行的第一届 MPLS FORUM 大会；

2000年3月17日在美国圣地亚哥举行的 IETF MPLS 高峰会议。会议着重讨论了有关 MPLS 网络管理和工程应用问题；

2000年3月20日在澳大利亚举行的 IETF 大会，MPLS 为重要研讨内容之一；

2000年3月30日 IETF 的 BOF 会议，会上专题研究了 MPLS 网上的语音传输问题。

2000年4月3~4日在加拿大举行的 MPLS 论坛技术会议；

2000年5月17~20日在美国 Las Vegas 举行的 MPLS 论坛高峰会议。会议具体讨论了有关 MPLS 技术应用和标准化问题。

88. MPLS 的实验情况怎样？

对 MPLS 的大规模实验主要在美国和欧洲进行。

Lucent 在全美 23 个大城市间的 NET2000 实验网上进行 MPLS 技术实验，以测试 MPLS 与其他 ATM 网、帧中继网等的互连互通、MPLS 对语音、实时视频传输的支持能力和 MPLS VPN 性能等。

欧洲国家 1999 年在其欧洲国家研究网（European National Research Networks: NRN）上实现 ATM, PVPC, PVCC, SDH, 千兆以太网, DWDM 等传输网络技术统一在 MPLS 下进行互连互通，并作了语音传输、视频服务和多媒体业务等实时业务传输和 VPN 增值服务的实验，（实验名称：MPLSTF-TANT: Task Force for Testing of Advanced Networking Technologies）。

Wisconsin 大学已经把 LDP 协议集成到 Linux 操作系统中，这为 MPLS 推广应用到桌面打下了坚实的基础。

89. MPLS 研究发展趋势如何？

当前欧美各国及东亚地区有关通信厂商及研究部门都在加紧进行 MPLS 的研究工作，并已推出部分具有 MPLS 功能的设备，有些厂家还宣称已设计出实现 MPLS 功能的专用芯片组，只待商机成熟便迅速推向市场。当前推出的具有 MPLS 功能的交换机或路由器有：

Lucent Aarend CBX500，提供 IP MPLS DS3 端口，当整机升级为全 MPLS 交换机时，每个交换模块可支持 20 多万条路由。此外还有 GX550、B-STDX9000 系列 ATM 交换机，可提供 MPLS 功能。

韩国迅通公司 CellinX-6070 具有 MPLS 功能的 ATM 交换机（第三层以软件方式支持）。

Cisco 公司 GSR12016 交换式路由器，容量 20 Gbit/s，本身具备 MPLS 功能，能直接与 MPLS 标签交换路由器互通（只支持 PVC 方式）；BPX8650 ATM 交换机以专用接口方式支持 MPLS。目前 Cisco 称其现在出产的 ATM 交换机或高端路由器 70% 支持 MPLS 功能。

Newbrideg 公司 670 路由交换式平台集 ATM，MPB 和 IP 路由于一身。

爱立信新一代 AXD301ATM 交换机、AXI540 交换机等支持 MPLS 功能。

推出 MPLS 软件包的有 Cisco，Harris，future MPLS，Nortel，Data connect，Junipper 公司等。其中 Nortel 称可提供全面的 MPLS 解决方案。

以上的发展现状充分表明，发展 MPLS 作为下一代网络技术已成为业界的共识，MPLS 未来的市场发展可能会分为两个阶段：

近期：2000 ~ 2002 年，原有技术和设备继续发展，但 MPLS 设备开始进入市场，现有高端设备将作软升级来提供 MPLS 功能，以与新入网的 MPLS 设备互连互通。

中期：2003 ~ 2006 年，MPLS 设备以其优良的性能迅速占领市场，其特点为原有设备不再发展，MPLS 设备从骨干网延伸到用户终端。全面实现 MPLS 技术的各项标准化协议。

远期：MPLS 技术与光纤传输交换技术融合在一起，提供性能更为优良的高效服务。

从技术角度来说，MPLS 未来的研究与发展将集中在以下几个方面：

(1) MPLS VPN 应用技术的研究。VPN 被认为是 21 世纪网络中最重要的应用之一，MPLS 顺应了这种需求，这是 MPLS 未来发展的巨大动力，也是它能占领市场的一个保证。

(2) IP 电话作为未来 Internet 网络所提供的基本功能之一，MPLS 已被实验证明能达到电信级的语音服务水平。下一步应进一步完善它与 PSTN 之间信令的转换和交互式通信的平滑性问题。如何使用 SS7 将语音服务和数据服务在 MPLS 上统一起来，这集中在三个方面：低速链路上的 QoS、带宽的挑战、实时协议的实现。

(3) 路由、传输交换技术与光纤传输网 (OTN) 的融合发展是一种趋势，随着 DWDM 技术的进步，如何将 MPLS 与 OTN, DWDM 技术结合起来。实现交叉连接与标签交换的统一是一个重要的研究方向，这方面的研究工作也已经展开。

(4) 进一步完善 MPLS 与 ATM 的无缝融合、MPLS 的组网技术和 MPLS 的网络管理。

(5) 加速研究 MPLS 到桌面的应用，这是实现网络融合，全网统一的关键之一。

(6) 协议实现的简明性：ATM 的教训就是过于追求技术的完

美性，导致其实现过于复杂，错失占领市场的良机，MPLS 在这点上必须注意。

(7) 无线 ATM 技术的成熟应用，将 MPLS 技术引入到无线网络中是可能的，而且由于无线通信在现代通信网中所占的份额越来越大，研究 MPLS 技术在无线通信网络中的应用也是一种必然。

90. MPLS, ATM, IP 技术三种方案优劣势如何？

表 4.5 是 MPLS, ATM, IP 技术特性的比较。

表 4.5 MPLS, ATM, IP 技术特性的比较

性能属性	IP	ATM	MPLS
数据传递方式	IP 分组	信元	IP 分组、信元、MAC 帧
网络互连互通能力	一般	差	强
网络灵活性	一般	一般	很强
支持协议	IP	ATM	上层和下层的多协议
实现复杂性	简单	中等	中等
流量工程	不支持	有限支持	支持
VPN	扩展性差，安全性能不好	扩展性差	目前最好的 VPN 实现技术
QoS	有限支持	支持	支持
广播/多点传送	效果不好	支持	支持
传输路径的建立	数据包头方式	信令方式	多种驱动
控制协议	IETF	ATM 论坛, ITU-T	IETF, ITU-T, MPLS 论坛
网络可靠性	一般	一般	强
技术成熟性	成熟	成熟	IETF 草案, 逐步成熟

91. 如何建设发展 MPLS 网络？

1. 建设 ATM 网，引入 MPLS

作为传统电信运营商的中国电信，已建成庞大的基于 TDM 方式的传输网络，拥有 DDN，X.25，PSTN ISDN 及 IP 等多种业务网络，并正在建设具有灵活的带宽管理和 QoS 保证的 ATM 网。以 ATM 网络为基础，实现一个多业务的网络平台，既支持传统的电路交换网（如 DDN，PSTN，ISDN）向分组（包）交换网（IP、ATM）演变，也支持因特网的发展，应是电信运营商网络发展的目标之一。

江苏省的 ATM 网在扩容后，可以覆盖 13 个市局及发达的县局，本地网的 ATM 工程建设也已经开始，通过 2000 年的建设，全省 ATM 网络基本建成省骨干网和本地网，加上接入网的建设，ATM 网络已具有一定规模，可以提供 DDN，FR，ATM 等业务。在 ATM 网上引入 MPLS 后，由于 MPLS 支持目前所确定的 IP 所有业务，以 ATM 作为承载平台，可以开放具有流量控制和业务质量保证的宽带 IP 业务。因此不要把 IP 高速发展看作是 ATM 网的消亡，相反各市局应加大 ATM 建设的力度，投入一定的业务开发力量，使 ATM 网承载更多的业务。

2. 极跟踪 MPLS 技术，进行 MPLS 试验

MPLS 作为发展中的技术，涉及的内容很多，除了本文重点分析的流量控制机制、QoS 实现机制外，还涉及到防止循环机制、SIN 模式、MPLS 组播的实现等许多值得关注的问题，应有专门的人员跟踪此项业务的发展。

江苏省已确定在常州局进行 MPLS 实验，实验的内容重点关注流量控制机制、QoS 实现机制上，选择具有实时业务功能的业务和具有不同等级的业务进行实验，通过实验，能够了解 MPLS

承载 IP 业务和传统路由器承载 IP 业务的异同，进一步了解和掌握 MPLS 技术，为下一步网络发展打下基础。

3. 引入 MPLS 时应注意的问题

(1) MPLS 的应用取消了 ATM 信令，ATM 节点间应采用点到点的 PVC 或 SPVC 连接，并与边缘路由器相连，网络支持 MPLS 协议。因此 PVC 是 MPLS 域内的显式路由的基础。

(2) 对于已使用 CIPOA, MPOA 等重叠方式的 ATM 网络，在初始阶段，同一 ATM 节点有可能同时使用 ATM 和 LDP 协议，IP 业务将采用 LDP 协议，并由 LSP 处理，而 ATM 控制协议将处理 ATM 业务。

(3) 作为多业务平台，ATM 网上将会同时存在 MPLS 和 ATM 信令协议，应尽早提高网络节点的处理能力和控制处理能力。

(4) 选择合适的信令方式。LDP 和 RSVP 是两种不同体制的信令方式，互连十分困难，按照窄带网发展的经验，MPLS 信令方式应选用一种信令方式。作为公用通信网，应采用 LDP 方式，而不采用 RSVP 方式。

(5) 注重 MPLS VPN 业务的开发。IP VPN 实现有两种类型，一是通过 L2TP, PPTP 等隧道技术实现，二是利用 MPLS 技术，实现电信运营级的 VPN。利用 MPLS 构造的 VPN，还提供了实现增值业务的可能；通过配置，可将单一接入点形成多种 VPN，每种 VPN 代表不同的业务，使网络能以灵活方式传送不同类型的业务。

第五部分 IP 技术与设备

92. 网络互连设备主要有哪些？

城域网硬件主要包括传输介质、交换设备、互连设备、网络服务器、工作站、网络适配器、网络接口卡及外设等。传输介质主要有光纤、同轴电缆、双绞线及无线等。网络交换设备主要有交换机、集线器、集中器等。网络互连设备主要有：路由器、网关、网桥、中继器等。网络服务器主要有文件服务器、数据库服务器、Web 服务器、备份服务器、打印服务器等。外设有磁带机、光盘库、磁盘库、调制解调器、PS 等。

对于网络互连设备可以把它们划分为几种类型：

网络传输介质连接：T 型连接器、收发器、屏蔽或非屏蔽双绞线连接器 RJ-45，RS232 接口（DB-25），DB-15 接口，VB35 同步接口，网络接口单元，调制解调器；

网络物理层互连设备：中继器集线路；

数据链路层互连设备：网桥交换机；

网络层互连设备：路由器；

应用层互连设备：网关。

93. 什么是 RJ-45 非屏蔽双绞线连接器 ?

RJ-45 非屏蔽双绞线连接器有 8 根连针, 在 10BASE-T 标准中, 仅使用 4 根, 即第 1 对双绞线使用第 1 针和第 2 针, 第 2 对双绞线使用第 3 针和第 6 针 (第 3 对和第 4 对作备用)。具体使用时可参照厂家说明书。

94. RS-232 有何主要特点 ?

在机械特性方面, RS-232 使用 ISO 2110 关于插头座的标准。即 25 根引脚的 DB-25 插头座。引脚分为上、下两排, 分别有 13 和 12 根引脚, 其编号分别规定为 1 ~ 13 和 14 ~ 25, 都是从左到右 (当引脚指向人时)。

在电气性能方面, RS-232 与 CCITT 的 V.28 建议书一致。这里要提醒读者注意的是: RS-232 采用负逻辑。也就是说, 逻辑 0 相当于对信号地线有 +3 V 或更高的电压, 而逻辑 1 相当于对信号地线有 -3 V 或更负的电压。逻辑 0 相当于数据的“0” (空号) 或控制线的“接通”状态, 而逻辑 1 则相当于数据的“1” (传号) 或控制线的“断开”状态。当连接电缆线的长度不超过 15 m 时, 允许数据传输速率不超过 20 kbit/s。

RS-232 的功能特性与 CCITT 的 V.24 建议书一致。它规定了什么电路应当连接到 25 根引脚中的哪一根以及该引脚的作用。图 5.1 画的是最常用的 10 根引脚的作用, 括弧中的数目为引脚的编号。其余的一些引脚可以空着不用。图中引脚 7 是信号地, 即公共回线。引脚 1 是保护地 (即屏蔽地), 有时可不用。引脚 2 和引脚 3 都是传送数据的数据线。“发送”和“接收”都是对 DTE 而言。有时只用图中的 9 个引脚 (将“保护地”除外) 制成

专用的 9 芯插头，供计算机与调制解调器的连接使用。其主要缺点在于：

允许数据传输速率不超过 20 kbit/ s；

连接电缆的最大长度不超过 15 m。这就促使人们制定性能更好的接口标准。

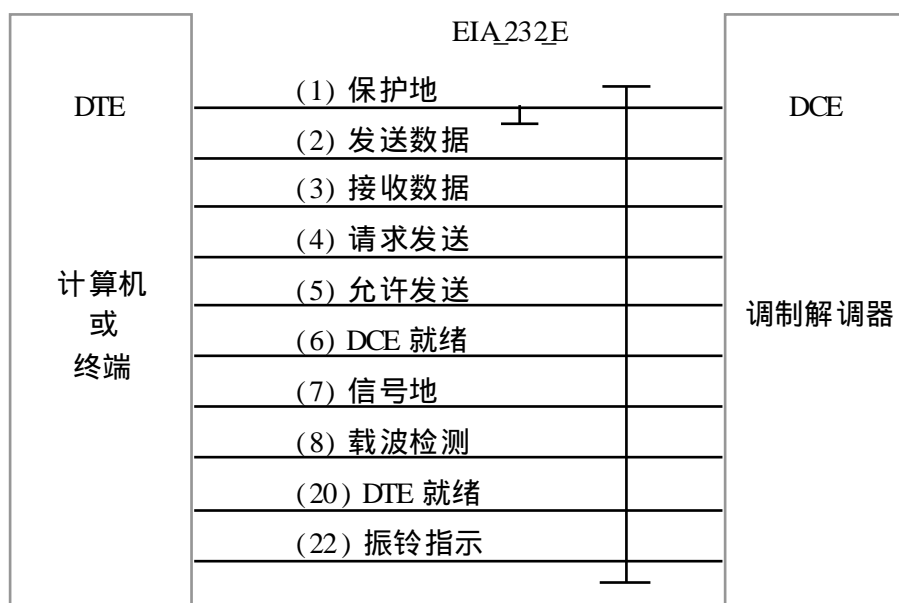


图 5.1 RS-232 的功能特性

95. 标准 RS-449 有何特点？

EIA 于 1977 年又制定了一个新的标准 RS-449，以便逐渐取代旧的 RS-232。实际上，RS-449 由三个标准组成。即：

(1) RS-499 规定接口的机械特性、功能特性和过程特性。RS-449 采用 37 根引脚的插头座。在 CCITT 的建议书中，RS-449 相当于 V.35。

(2) RS-423-A 规定在采用非平衡传输时（即所有的电路共用一个公共地）的电气特性。当连接电缆长度为 10 m 时，数据的

传输速率可达 300 kbit/s。

(3) RS-422-A 规定在采用平衡传输时（即所有的电路没有公共地）的电气特性。它可将传输速率提高到 2 Mbit/s，而连接电缆长度可超过 60 m。当连接电缆长度更短时（如 10 m），则传输速率还可以更高些（如达到 10 Mbit/s）。

通常 EIA-232/ V.24 用于标准电话线路（一个话路）的物理层接口，而 RS-499/ V.35 则用于宽带电路（一般都是租用电路），其典型的传输速率为 48 ~ 168 kbit/s，都是用于点到点的同步传输。

图 5.2 画的是 RS-449/ V.35 的一些主要控制信号，包括发送、接收数据的接口。在 DTE 和 DCE 之间的连线上注明的“2”字，表明它们都是一对线。图中所示的几对线，在 DTE 方标注的是该线的英文缩写名称，而在 DCE 方还有对应的中文名称。



图 5.2 RS-449/ V.35 的一些主要控制信号

96. 什么是图像编译器？

电视节目是广电网的主要传输业务，现今，模拟视频/音频信号通过 SDH 光同步数字传输首先要经图像编译器把模拟信号变成数字信号。图像编码方式和技术很多并在不断的发展之中，目前广电最常用的是 MPEG-2 编码方式，MPEG-2 编码器输出的码流叫传送流（TS）。若干路 TS 再复用成高速信号，如可以复用成 34 M PDH 信号，也可复用成 STM-1 或以 ATM 方式传输。

一个 155 Mbit/s 可装 12~16 路视频信号；34 Mbit/s 中可以装 4 路 MPEG-2 信号，也可以装 5~6 路。这主要依据电视节目是哪类的，如图文节目或教育节目的速率较低，则可多装。

在每路 MPEG-2 信流中还可顺带装几路立体声广播，这需要配置立体声广播板件。

从视频/音频模拟信号到与 SDH 设备接口，主要经过如下过程：MPEG-2 编码—复用—G.703 接口变换。G.703 接口变换主要功能是将 TS 码流变换成 G.703 标准接口，因为 SDH 设备的支路信号接口是 G.703 标准接口。

MPEG-2 编码器的工作方式如图 5.3 所示。

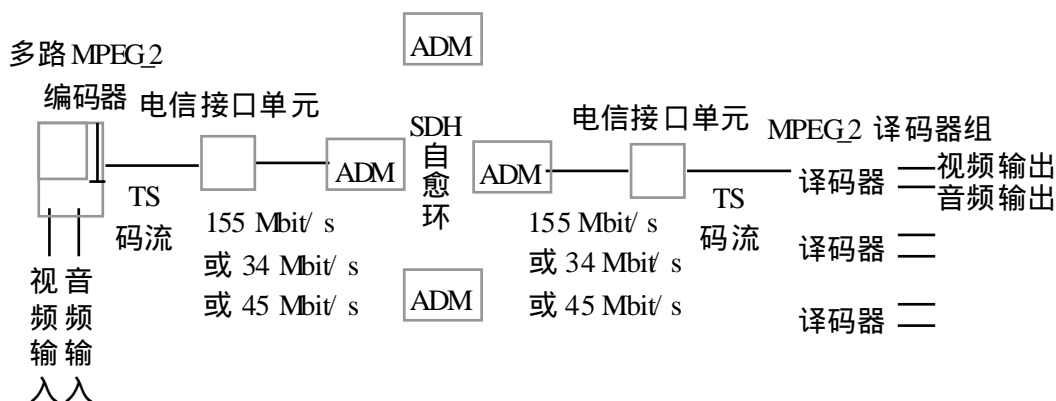


图 5.3 MPEG-2 编码器的工作方式

97. 什么是中继器？

由于信号在网络传输介质中有衰减和噪音，使有用的数据信号变得越来越弱。为了保证有用数据的完整性，并在一定范围内传送，要用中继器把所接收到的弱信号提出，再生放大以保持与原数据相同。中继器（RP， Repeater）就是这样连接网络线路的一种装置，常用于两个网络节点之间物理信号的双向转发工作。

中继器是最简单的网络互连设备，主要完成物理层的功能，负责在两个节点的物理层上，按位传递信息，完成信号的复制、调整和放大的功能，以此来延长网络的长度。在 OSI 参考模型中，中继器是物理层的设备，网络技术人员把它称为物理层中继或第一层中继。

98. 什么是集线器？

集线器（Hub）是中继器的一种扩展形式，区别在于集线器能够提供多端口服务。有的文章中也称之为多口中继器或集中器。集线器在 OSI RM 中的位置如图 5.4 所示。

集线器可以说是一种特殊的中继器，作为网络传输介质间的中央节点，它克服了介质单一道路的缺陷。以集线器为中心的优点是：当网络系统中某条线路或某个节点出现故障时，不会影响网上其他节点的正常工作。集线器可分为无源（passive）集线器、有源（action）集线器和智能（intelligent）集线器。

无源集线器只负责把多段介质连接在一起，不对信号作任何处理，它对每一介质段只允许扩展到最大有效距离的一半。

有源集线器类似于无源集线器，但它具有对传输信号进行再生和放大，从而扩展介质长度的功能。

智能集线器除具有有源集线器的功能外，还可将网络的部分功能集成到集线器中，如网络管理、选择网络传输线路等。

集线器技术发展迅速，已出现交换技术（在集线器上增加了线路交换功能）和网络分段方式，提高了传输带宽。

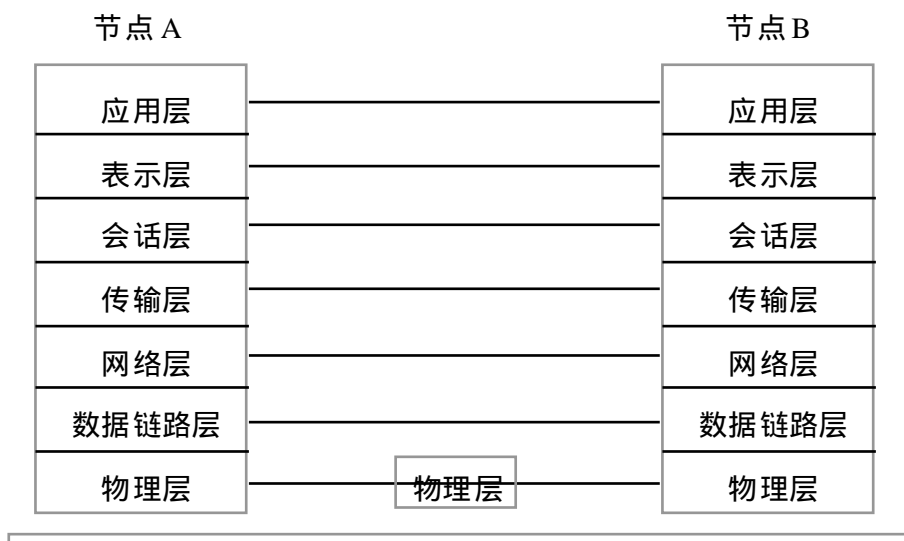


图 5.4 集线器

99. 集线器的种类有哪些？

随着计算机技术的发展，集线器（Hub）又分为共享式、切换式和可堆叠共享式三种。

1. 共享式集线器

共享式集线器提供了所有连接点的站点共享一个最大频宽。例如，一个连接着几个工作站或服务器的 100 Mbit/s 共享式 Hub 所提供的最大频宽为 100 Mbit/s，与它连接的站点共享这个频宽。共享式 Hub 不过滤或重新生成信号，所有与之相连的站点必须以同一速度工作（10 Mbit/s 或 100 Mbit/s）。所以共享式 Hub 比切换式 Hub 价格便宜。

2. 交换式集线器

一个切换式集线器重新生成每一个信号并在发送前通过每一个包，而且只将其发送到目的地址。切换式 Hub 可以使 10 Mbit/s 和 100 Mbit/s 的站点用于同一网段中。

交换机是构建网络平台的“基石”，又称网络开关。它也属于集线器的一种，但是和普通的集线器功能上有较大区别。普通的集线器仅起到数据接收和发送的作用，而交换机则可以智能地分析数据包，有选择地将其发送出去。举个例子来说：我们发出了一批专门发给某个人的数据包，如果是在使用普通集线器的网络环境中，则每个人都能看到这个数据包。而在使用了交换机的网络环境中，交换机将分析这个数据包是发送给谁的，之后将其进行打包加密，此时只有数据包的接收人才能收到。

3. 堆叠共享式集线器

堆叠共享式 Hub 是共享式 Hub 中的一种，当它们级连在一起时，可看作是网中的一个 Hub。当 6 个 8 口的 Hub 级连在一起时，可以看作是 1 个 48 口的 Hub。

100. 什么是网桥？

网桥（Bridge）也称桥接器，是连接两个局域网的存储转发设备，用它可以完成具有相同或相似体系结构网络系统的连接。一般情况下，被连接的网络系统都具有相同的逻辑链路控制规程（LLC），但媒体访问控制协议（MAC）可以不同。它的作用是扩展网络和通信手段，在各种传输介质中转发数据信号，扩展网络的距离同时又有选择地将有地址的信号从一个传输介质发送到另一个传输介质并能有效地限制两个介质系统中无关紧要的通信。

网桥是数据链路层的连接设备，准确地说它工作在 MAC 子层上。网桥在两个局域网的数据链路层（DDL）间按帧传送信

息，在 OSI RM 中的位置如图 5.5 所示。

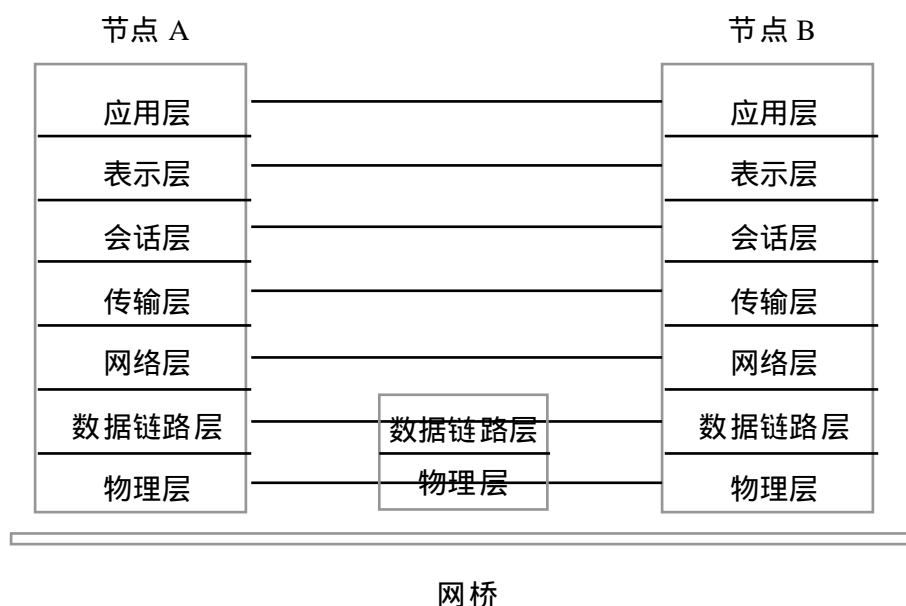


图 5.5 OSI RM 中的网桥

网桥是为各种局域网存储转发数据而设计的，它对末端节点用户是透明的，末端节点在其报文通过网桥时，并不知道网桥的存在。网桥可以将相同或不同的局域网连在一起，组成一个扩展的局域网。

网桥可分为本地网桥和远程网桥。本地网桥是指在传输介质允许长度范围内互连网络的网桥，远程网桥则在连接的距离超过网络的常规范围时使用。如果使用远程网桥，则远程网桥必须成对出现。

在网络的本地连接中，网桥可以使用内桥和外桥。内桥是文件服务的一部分，通过文件服务器中不同网卡连接起来的局域网，由文件服务器上运行的网络操作系统来管理。外桥安装在工作站上，实现两个相似或不同的网络之间的连接。外桥不是运行在网络文件服务器上，而是运行在一台独立的工作站上，外桥可以是专用的，也可以是非专用的。作为专用网桥的工作站不能当

普通工作站使用，只能建立两个网络之间的桥接。而非专用网桥的工作站既可以作为网桥也可作为工作站。

通常交换机是在硬件上交换，速度快，而网桥则在软件上交换。

101. 什么是网卡？

网卡（Network Interface Card）是 OSI 模型中数据链路层的设备，如图 5.6 所示。

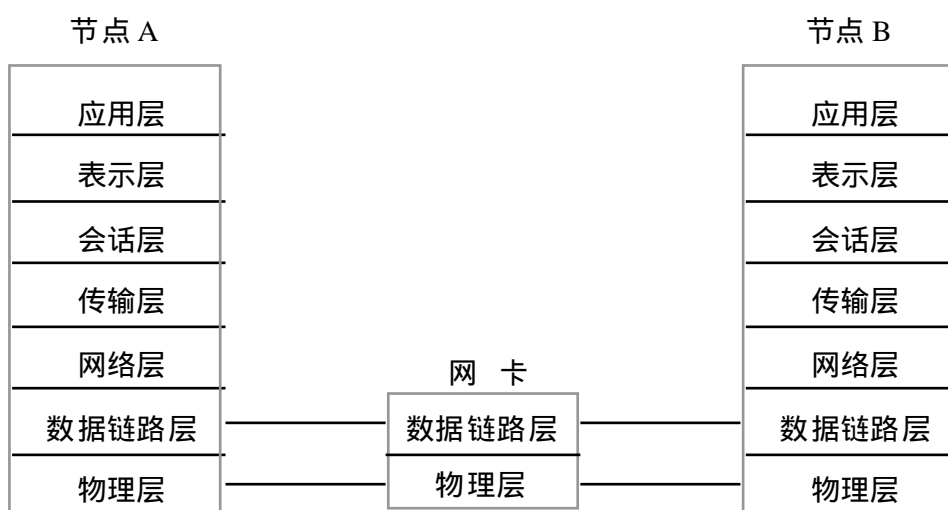


图 5.6 网卡在 OSI RM 中的位置

网卡是 LAN 的接入设备，在单机与网络间架设的桥梁。它主要完成如下功能：

(1) 读入由其他网络设备（Router, Switch, Hub 或其他 NIC）传输过来的数据包，经过拆包，将其变成客户机或服务器可以识别的数据，通过主板上的总线将数据传输到所需设备中（CPU, RAM 或 Hard Driver）。

(2) 将 PC 设备（CPU, RAM 或 Hard Driver）发送的数据，打

包后输送至其他网络设备中。

102. 网卡的种类有哪些？

目前，市面上常见的网卡种类繁多。按所支持的带宽分有 10 Mbit/s 网卡、100 Mbit/s 网卡、10 M/100 Mbit/s 自适应网卡和 1 000 Mbit/s 网卡。按总线类型分有 PCI 网卡、ISA 网卡、EISA 网卡及其他总线网卡。由于历史原因，以太网的传输介质并不统一，使得网卡的网络接口有些复杂。按传统介质分，以太网可分为粗缆网（AUI 接口）、细缆网（BNC 接口）及双绞线网（RJ-45 接口），网卡相应地分为 RJ-45 口、IPC 口（RJ-45 + BNC）、TPO 口（RJ45）COMBO（RJ-45 + AUI + BNC）和 TP 口（BNC + AUI）。其中 TP 口现在已经很少见到。我们在采购网卡之前应搞清楚自己的网络需要什么接口，以免买回来无法使用。一般来讲，10M 网卡多为 ISA 总线，100M 网卡中全部是 PCI 总线，服务器端的网卡可能有 EISA 总线或其他总线。众所周知，ISA 为 16 位总线，PCI 为 32 位总线，PCI 卡自然比 ISA 总线多、速度快。

由于老的网卡上用的都是分离元件，性能不稳定且设置复杂，兼容性差，主要是采用逐帧处理技术，这种工作方式大大降低了系统的性能。之后，针对这些缺点进行了多方面的改进，如：提高了集成度，网卡的稳定性有所增强；采用了标准软件接口；传送方面采用了多帧处理技术，即多帧缓冲技术。发送数据时，网卡在发送前一帧的同时可以接收 CPU 发来的下一帧数据，同样，网卡在接收端口传来的数据同时，即可向内存发送上一帧数据，但必须是整帧整帧地发送或接收数据，所以，并非是完全意义上的并行处理。

最新的网卡采用 ASIC 和最先进的元件，大大提高了性能和集成度。另外成本也降低了许多。用网卡驱动程序优化传输操作

时序，使管道任务的重叠达到最大，延时达到最小，从而得到真正并行机制，使性能平均提高了 40%。在并行机制中，传送和接收是可叠加的流水过程，不再是从前的逐帧处理。在发送数据时，不等整帧装入网卡缓冲区与即可开始向网络发送数据。在接收时，不等整帧进入网卡缓冲区即可开始向系统内存发送数据。

并行处理技术对处理精度和定时要求非常准确，当数据帧还未完全发送完毕时，网卡缓冲区变空，称为下溢。网卡缓冲区里数据已满时，网络接口处又来数据或未传完，称为上溢。在接收端采用动态调整机制，其目的是尽快将数据移入系统内存，避免上溢。在接收数据期间，并行机制使用预测中断，即在网卡已确定了帧地址时，CPU 就开始处理中断，同时，已收到足够长的字节能预测来帧的数据量。在 CPU 处理完第一个预测中断时，CPU 就开始将数据从网卡缓冲区送到主存，网卡在接收第一数据帧的末字节时，CPU 已准备将数据移向内存。

从工作方式上来看，网卡大致有五类：

(1) 主 CPU 用 IN 和 OUT 指令对网卡的 I/O 端口寻址并交换数据。这种方式完全依靠主 CPU 实现数据传送。当数据进入网卡缓冲区时，LAN 控制器发出中断请求，调用 ISR，ISR 发出 I/O 端口的读写请求，主 CPU 响应中断后将数据帧读入内存。

(2) 网卡采用共享内存方式，即 CPU 使用 MOV 指令直接对内存和网卡缓冲区寻址。接收数据时数据帧先进入网卡缓冲区，ISR 发出内存读写请求，CPU 响应后将数据从网卡送至系统内存。

(3) 网卡采用 DMA 方式，ISR 通过 CPU 对 DMA 控制器编程，DMA 控制器一般在系统板上，有的网卡也内置 DMA 控制器。DMA 控制器收到 ISR 请求后，向主 CPU 发出总线 HOLD 请求，获 CPU 应答后即向 LAN 发出 DMA 应答并接管总线，同时开始网卡缓冲区与内存之间的数据传输。

(4) 主总线网卡能够裁决系统总线控制权，并对网卡和系统内存寻址，LAN 控制权裁决总线控制权后以成组方式将数据传向系统内存，IRQ 调用 LAN 驱动程序 ISR，由 ISR 完成数据帧处理，并同高层协议一起协调接收和发送操作。这种网卡由于有较高的数据传输能力，常常省去了自身的缓冲区。

(5) 智能网卡中有 CPU，RAM，ROM 以及较大的缓冲区。其 I/O 系统可独立于主 CPU，LAN 控制器接收数据后由内置 CPU 控制所有数据帧的处理，LAN 控制器裁决总线控制并将数据成组地在系统内存和网卡缓冲区之间传递。IRQ 调用 LAN 驱动程序 ISR，通过 ISR 完成数据帧处理，并同高层协议一起协调接收和发送操作。

一般的网卡占用主机的资源较多，对主 CPU 的依赖较大，而智能型网卡拥有自己的 CPU，可大大增加 LAN 带宽，有独立的 I/O 子系统，将通道处理移至独立的自身处理器上。

100 M 和 1 000 M 高速以太网是由当今最为流行的 10 M 以太网发展而来的，它保留了 CSMA/CD 协议，从而使 10 M，100 M，1 000 M 以太网在带宽上可以方便地连接起来，不需要协议转换。100 M 和 1 000 M 以太网在带宽上比传统的 10 M 以太网提高了 10 ~ 100 倍，理论上数据吞吐量可达 80 ~ 800 Mbit/s。

100 M，1 000 M 以太网网卡的推出使以太网进入了高速网的行列，基于交换机和共享 Hub 实现 100 Mbit/s / 1 000 Mbit/s 共享速度。高性能的网络需要高性能的网卡，由于有了高性能的硬件、软件和算法，先进的技术，网卡的性能得到大大的提高，使网络用户可以得到更强大更全面的服务。

103. 什么是路由器？

路由器 (Router) 是用于连接多个逻辑上分开的网络。逻辑

网络是指一个单独的网络或一个子网。当数据从一个子网传输到另一个子网时，可通过路由器来完成。因此，路由器具有判断网络地址和选择路径的功能，它能在多网络互连环境中建立灵活的连接，可用完全不同的数据分组和介质访问方法连接各种子网。路由器是属于网络层的一种互连设备，只接收源站或其他路由器的信息，而不关心各子网使用的硬件设备，但要求运行与网络层协议相一致的软件。

路由器有两大典型功能，即数据通道功能和控制功能。数据通道功能包括转发决定、背板转发以及输出链路调度等，一般由特定的硬件来完成；控制功能一般用软件来实现，包括与相邻路由器之间的信息交换、系统配置、系统管理等。路由器分本地路由器和远程路由器，本地路由器是用来连接网络传输介质的，如光纤、同轴电缆和双绞线。远程路由器用来与远程传输介质连接要求有相应的设备，如电话线要配调制解调器，无线要通过无线接收机和发射机。

多少年来，路由器的发展有起有伏。20世纪90年代中期，传统路由器成为制约因特网发展的瓶颈。ATM交换机取而代之，成为IP骨干网的核心，路由器变成了配角。进入90年代末期，Internet规模进一步扩大，流量每半年翻一番，ATM网又成为瓶颈，路由器东山再起，吉位路由交换机在1997年面世后，人们又开始以吉位路由交换机取代了ATM交换机，架构以路由器为核心的骨干网。随着应用的发展，路由器与交换机相结合，产生了路由交换。

目前路由器的概念很乱，厂家用词五花八门，如高速路由器、线速路由器、交换路由器等。借助于ITU-T对通信系统的协议参考模型（分用户、控制、管理三个平面），传统路由器的主要特征是：用户、控制（路由协议）、管理（ICMP）三个平面的数据都走第三层，且从全网角度看，其用户数据流和控制管理

流都在同一通道中传送，没有在物理上或逻辑上分开。用户流的每个 IP 包途经的每一个传统路由器都要看 IP 包头，再查看路由表，找到下一跳，并从相应的端口转发该 IP 包。这样，用户数据的逐个路由器寻址（Hop-by-hop，简称逐距寻址）、逐个 IP 包转发（packet-by-packet，简称逐包转发）带来的问题是时延、时延抖动。

104. 什么是高速路由器？

传统的路由器通常是基于总线和集中处理器结构，其处理能力一般为几十万个包每秒，最大的吞吐能力 1 Gbit/s 左右，而 SDH 的接口速率通常为 STM-4（622 Mbit/s），STM-16（2.5 Gbit/s），传统的路由器显然不能适应于 IP over SDH，更不用说 IP over Optical/WDM 了。随着 Internet 骨干网上业务量的激增，对核心路由器的处理能力、容量提出了更高的要求，这样必然就出现了许多新的吉位路由器的设计，这些吉位路由器抛弃了传统的总线/背板加集中处理器的结构，代之以高性能的专用或通用的交换矩阵，有些甚至直接采用了 ATM 交换矩阵；同时将原来集中在中央处理器的智能尽量分散至各个接口处理模块，希望通过高速缓存和其他的路由预处理手段来加速数据包的转发，经过一系列结构上的改进，路由器的吞吐量有了很大的提高，形成了高速路由器。

实现 POS 和 POW 的核心技术是高速路由器，它兼具路由和交换的功能。目前吉位路由器已经商用化，国外有多家公司向市场投放了其吉位路由器，并且在网络中开始得到使用，如：Cisco，3Com，Juniper，Nortel 等。Terabit 的路由器也有多家公司已经研制出来，并且在网络中进行试验。如：Nexabit 公司的 NX64000，Pluris 公司的 20000 系列，Avici 公司的 TSR 路由器，

其单个端口的交换容量均超过了 1 Tbit/s。

105. 第一代单总线单 CPU 结构路由器是怎样的？

最初的路由器采用了传统计算机体系结构，包括共享中央总线、中央 CPU、内存及挂在共享总线上的多个网络物理接口。如 Cisco 2501 路由器就是第一代路由器的典型代表，其中 CPU 是 Motorola 的 68302 处理器，具有一个 AUI 以太网接口和两个广域网接口。

中央 CPU 完成除所有物理接口之外的其他所有功能，数据包从一个物理接口接收进来，经总线送到中央 CPU 中做转发决定处理，然后又经总线送到另一个物理接口发送出去。这种单总线单 CPU 的主要局限是处理速度慢，一颗 CPU 完成所有的任务，从而限制了系统的吞吐量。另外，系统容错性也不好，CPU 若出现故障容易导致系统完全瘫痪。该结构的优点是系统价格低。目前的边缘路由器基本上都是这种结构的。

106. 第二代单总线主从 CPU 结构路由器是怎样的？

采用主从两个 CPU 代替了原来仅一个 CPU 结构，因而较大地降低了 CPU 的负荷，提高了处理速度。第二代路由器的两颗 CPU 为非对称主从式关系结构，其中一颗 CPU 负责通信链路层的协议处理，另一颗 CPU 则作为主 CPU 负责网络层以上的处理，主要包括转发决定、路由算法和配置控制等计算工作。

总之，第二代体系结构实际上是第一代体系结构的简单延伸，对系统的容错性能没有多大提高，速度的提高也非常有限。像这种单总线主从 CPU 结构的典型设备有 3Com 公司的 Net-Builder2 路由器等。

107. 第三代单总线对称式多 CPU 结构路由器是怎样的？

第三代路由器可以说改善了在第二代体系结构中的主要限制，因为它开始采用了简单的并行处理技术，即做到在每个接口处都有一个独立 CPU，专门单独负责接收和发送本接口数据包，管理接收发送队列、查询路由表，做出转发决定等。而主控 CPU 仅完成路由器配置控制管理等非实时功能。

这种体系结构的优点是本地转发/过滤数据包的决定由每个接口处理的专用 CPU 来完成，对数据包的处理被分散到每块接口卡上。第三代路由器的主要代表有北电的 Bay BCN 系列，其中大部分接口 CPU 采用的是性能并不算高的 Motorola 60 MHz 的 MC68060 或 33 MHz 的 MC68040。

108. 第四代多总线多 CPU 结构路由器是怎样的？

第四代路由器至少包括三类以上总线和三类以上 CPU。显然，这种路由器的结构非常复杂，性能和功能也非常强大。这完全可以从该类路由器的典型之作 Cisco 7000 系列中看出。在 Cisco 7000 中共有三类 CPU 和三条总线，分别是接口 CPU，交换 CPU，路由 CPU，以及 CxBUS，dBUS，SxBUS。

109. 第五代共享内存式结构路由器是怎样的？

在共享存储器结构路由器中，使用了大量的高速 RAM 来存储输入数据，并可实现向输出端的转发。在这种体系结构中，由于数据首先从输入端口存入共享存储器，再从共享存储器传输到输出端口，所以共享存储器结构路由器的交换带宽主要由存储器

的带宽决定。为了提高带宽，必须增大存储器的带宽，并采用较多存储模块。

显然，当规模较小时，这类结构还比较容易实现，但当系统升级扩展时，设备所需要的连线将会大量增加，控制也会变得越来越复杂。这种结构不适应向更高水平发展。

110. 第六代交叉开关体系结构路由器是怎样的？

与共享内存式结构路由器相比，基于交叉开关设计则有更好的可扩展性能，并且省去了控制大量存储模块的复杂性和高成本。在交叉开关体系结构路由器中，数据直接从输入端经过交叉开关流向输出端。它采用交叉开关结构替代共享总线，这样就允许多个数据包同时通过不同的线路进行传送，从而极大地提高了系统的吞吐量，使得系统性能得到了显著提高。系统的最终交换带宽仅取决于中央交叉阵列和各模块的能力，而不是取决于互连线自身。就目前来看，这种方案是高速核心路由器的最佳方案。

111. 路由器如何分类？

路由器的分类角度很多，根据路由器的技术特点和应用特点，可以将其分为骨干级路由器、企业级路由器和接入级路由器。其中，接入级路由器可以使得以家庭和小型企业为主的接入网络连接到某个因特网服务提供商（ISP）；企业级路由器则是连接一个校园或企业内成千上万台计算机的中心设备；骨干级路由器所支持的终端系统往往不能直接被访问，但却能担负起连接长距离骨干网络上的ISP和企业网络的重要作用。

1. 骨干级路由器

骨干级路由器是实现企业级网络互连的关键设备，它数据吞

吐量较大，非常重要。对骨干级路由器的基本性能要求是高速度和高可靠性。为了获得高可靠性，网络系统普遍采用诸如热备份、双电源、双数据通路等传统冗余技术，从而使得骨干路由器的可靠性一般不成问题。骨干级路由器的主要性能瓶颈是在转发表中查找某个路由所耗的时间过长，为此在骨干级路由器中，常将一些访问频率较高的目的端口放到 Cache 中，从而达到提高路由查找效率的目的。

2. 企业级路由器

企业或校园级路由器连接许多终端系统，连接对象较多，但系统相对简单，且数据流量较小，对这类路由器的要求是以尽量便宜的方法实现尽可能多的端点互连，同时还要求能够支持不同的服务质量。用路由器连接的网络系统因能够将机器分成多个碰撞域，所以可以方便地控制一个网络的大小。此外，路由器还可以支持一定的服务等级，至少允许将网络分成多个优先级别。当然，路由器的每个端口造价要贵些，在使用之前要求用户进行大量的配置工作。因此，企业级路由器的成败就在于是否可提供大量端口且每端口的造价很低，是否容易配置，是否支持 QoS，是否支持广播和组播等多项功能。

3. 接入级路由器

接入级路由器主要应用于连接家庭或 ISP 内的小型客户群体。接入路由器在不久的将来不得不支持许多异构和高速端口，并能在各个端口运行多种协议，同时还要避开电话交换网。

112. 路由器有哪些应用领域？

路由器应用领域主要是局域网和广域网环境。不管是骨干级路由器，还是企业级路由器，其中应用于局域网络的企业级路由器数量正在呈直线上升态势。从最初的 10 Mbit/s，100 Mbit/s 到

现在的 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 1 Gbit/s 和 2.5 Gbit/s, 随着各种高速局域网协议技术和产品的不断推出, 用户完全可以有选择地建立园区主干网。

在广域网范围内, 路由器按其转发报文的性能可以分为两种类型, 即中间节点路由器和边界路由器。尽管在不断改进各种路由协议, 表面上看这两类路由器的名称有较大差别, 但真正发挥的作用却是一样的。中间节点路由器在网络中传输数据时, 提供报文存储和转发服务, 同时根据当前的路由表所保持的路由信息情况, 选择最好的路径传送报文。由多个互连的 LAN 组成的公司或企业网络一侧和外界广域网相连接的路由器, 就是这个企业网络的边界路由器。它从外部广域网收集向本企业网络寻址的信息, 再转发到企业网络中有关的网络段。

113. 路由器的数据包转发具体过程如何?

简单地说, 路由器的主要工作就是为经过路由器的每个数据帧寻找一条最佳传输路径, 并将该数据有效地传送到目的站点。由此可见, 选择最佳路径策略或叫选择最佳路由算法是路由器的关键所在。根据 TCP/IP 协议, 路由器的数据包转发具体过程是:

(1) 网络接口接收数据包。这一步负责网络物理层处理, 即把经编码调制后的数据信号还原为数据。不同的物理网络介质决定了不同的网络接口, 如对应于 10Base-T 以太网, 路由器有 10Base-T 以太网接口; 对应于 SDH, 路由器有 SDH 接口; 对应于 DDN, 路由器有 V.35 接口

(2) 根据网络物理接口, 路由器调用相应的链路层(网络七层协议中的第二层)功能模块以解释处理此数据包的链路层协议报头。这一步处理比较简单, 主要是对数据完整性的验证, 如 CRC 校验、帧长度检查。近年来, IP over something 的趋势非常明

显，特别是光纤网络技术的迅速发展和 IP 作为事实标准的确立，使得在 DWDM（密集波分复用）光纤上，IP（处于网络层——网络七层协议中的第三层）跳过链路层而被直接加载在物理层之上。

(3) 在链路层完成对数据帧的完整性验证后，路由器开始处理此数据帧的 IP 层。这一过程是路由器功能的核心。根据数据帧中 IP 包头的目的 IP 地址，路由器在路由表中查找下一跳的 IP 地址，IP 数据包头的 TTL（Time To Live）域开始减数，并计算新的校验和（Check Sum）。如果接收数据帧的网络接口类型与转发数据帧的网络接口类型不同，则 IP 数据包还可能因为最大帧长度的规定而分段或重组。

(4) 根据在路由表中所查到的下一跳 IP 地址，IP 数据包送往相应的输出链路层，被封装上相应的链路层包头，最后经输出网络物理接口发送出去。

114. IP 路由器速度是如何提高的？

IP 路由器速度是如何提高的有赖于先进的硬件体系结构、可编程的 ASIC 技术、快速的三层交换。

1. 硬件体系结构

路由器的硬件体系结构大致经历了六次变化，从最早期的单总线、单 CPU 结构发展到单总线、多 CPU 再到多总线多 CPU。到现在，高速 IP 路由器中多借鉴 ATM 的方法，采用交叉开关方式实现各端口之间的线速无阻塞互连。高速交叉开关的技术已经十分成熟，在 ATM 和高速并行计算机中早已得到广泛应用，市场上可直接购买到的高速交叉开关的速率就高达 50 Gbit/s。伴随着高速交叉开关的引入，也同时引入了一些相应的技术问题，特别是针对 IP 多播，广播以及服务质量（QoS），采用成熟的调度

策略和算法，这些问题都得到了很好的解决。

2. ASIC 技术

近年来，出于对成本和性能的考虑，专用集成电路 ASIC (Applicator Specifit Integrated Circuit) 应用得越来越广泛，几乎是言必称 ASIC。在路由器中要极大地提高速度，首先想到的也是 ASIC。有的用 ASIC 做包转发，有的用 ASIC 查路由，查找 IPv4 路由的 ASIC 芯片已经开始上市销售。在 ASIC 蓬勃发展、大量应用的潮流中，有一个动向值得注意，这就是所谓可编程 ASIC 的出现，这恐怕也是网络本身日新月异所导致的一种结果。由于 ASIC 的设计生产的投入相当大，一般来说，ASIC 只用于已完全标准化的过程，而网络的结构和协议又变化相当快，因此相应地在网络设备这一领域，出现了奇特的“可编程 ASIC”。目前，有两种类型的所谓“可编程 ASIC”，一种以 3Com 公司 FIRE (Flexible Intelligent Routing Engine) 芯片为代表，这颗 ASIC 芯片中内嵌了一颗 CPU，因此具有一定程度的灵活性；另一种以 Vertex Networks 的 HISC 专用芯片为代表，这颗芯片是一颗专门为通信协议处理的 CPU，CPU 体系结构设计专门化的适应协议处理，通过改写微码，可使这颗专用芯片具有处理不同协议的能力以适应类似从 IPv4 到 IPv6 的变化。

3. 三层交换

这是协议处理过程的一次革命性突破，也是现在 GSR 和 TSR 名称的来源。自从名不见经传的 Ipsilon 公司在 1994 年推出“一次路由，然后交换”的 IP Switch 技术之后，各大公司纷纷推出自己专有的三层交换技术。如 Cisco 的 Tag Switch，3Com 的 Label Switch 等。综合这些专有技术的优点，IETF 终于在 1998 年推出了性能优越的多协议标记交换 (MPLS)。与“一次路由，然后交换”的最初思想相比，MPLS 从网络结构这一更高的层次来考虑三层交换技术，力图一举解决三层交换网络流量管理的问题。与

最初的 IP Switch 技术不同，MPLS 协议要对 IP 协议包做改动，在网络边缘，MPLS 路由器对每个进来的 IP 数据包加上标签 (Label)，在其后的传输中，核心路由交换设备将只依据这个标签决定转发路径，这种做法已经十分类似 ATM 世界中的虚电路概念。目前这一方面的研究仍在进行中，主要技术难点在于如何在网络自治系统中确定网络边缘路由器上的标签分配方案，以及如何根据网络负载和故障情况动态自适应调整这个方案。

115. 什么是 IP QoS ?

IP QoS 是指 IP 的服务质量，是指 IP 数据流通过网络时的性能。它的目的就是向用户的业务提供端到端的服务质量保证。它有一套度量指标，包括业务可用性、延迟、可变延迟、吞吐量和丢包率。IP QoS 在可预测、可测量性方面比传统 IP 有了很大提高，基本解决了商业用户的需求，因而势必可以吸引更多的商业用户，形成一个新的利润增长点，带来可增值的业务种类。另外，IP QoS 还带来了更高效的带宽使用率等。因此可以说 IP QoS 将是今后一段时间促进 IP 网络增长的关键技术。

大多数的业内专家都认为，QoS 是区分服务提供商的一个重要标准。然而，与业务相关的一些重要概念和术语至今仍未达成普遍的一致，而这些概念和术语又恰恰是建立标准化的业务的重要前提。例如，IP QoS 本身经常被误用，即使是业内的专家也不例外；所宣传的 IP QoS 往往只是 IP CoS (Class of Service, 服务级别)。它只能简单地将业务区分开来，而无法准确完善地定义和保证每一个服务级别。在一般的通信用语中，CoS 的含义很广泛，它既包括一套已经标准化了的特性，也包括其他一些现在已经有效但还没有标准化的业务或业务集。而 QoS 的含义则很明确，主要用于度量与某种业务相关的一整套性能特点。

116. 为什么需要 IP QoS ?

IP 网络上多媒体业务的出现对 IP 环境中的服务质量 (QoS) 提出了更高的要求。通过 Intel 和 Microsoft 等公司的努力, 多媒体应用已经成为 PC 结构中的一个有机组成部分, 推动了公用和专用网络迅速地向多样化的、更具挑战性的业务组合发展。

Internet 上的分组话音和传真业务极大地降低了成本, 使通信产业发生了彻底的变化。所有这些实时多媒体应用所需要的 QoS 远比目前 Internet 可以提供的“尽力而为”的服务等级保证要高。

目前, Internet 远远不能提供企业所需要的且已经在其专用网络中习惯的可靠性和性能。商业客户在安全性、可预测性、可测量性等方面得到保证之前, 还不大可能把关键业务的数据、话音和多媒体应用放到公用 IP 网络上。IP QoS 就是在这种环境下应运而生的。

有了 IP QoS, 服务提供商就可以通过吸引更多的商业用户、更高价位的业务级别以及更高效的带宽使用等来获得更大的收益。它们还可以通过增强不同业务的区分能力、Better-than-best-effort (优于尽力而为的传输) 的业务和客户化解决方案来获得更大竞争优势。

尽管 IP QoS 的研究工作已经进行了一段时间, 但是人们普遍认为目前还未出现一个成熟的体系架构、支持硬件以及相应的操作技术。但无论怎样, 在 IP 网络中保证 QoS 将会是一个重要的发展方向。

117. IP QoS 可以根据哪些可度量的参数来描述？

IP QoS 可以根据如下可度量的参数来描述：

- (1) 业务可用性——用户业务在网络传输的可靠性。
- (2) 延迟——亦称为时延 (Latency)，指两个参照点之间发送和接收数据包的时间间隔。
- (3) 可变延迟——亦称为抖动 (Jitter)，指在同一条路由上发送的一组数据流中数据包之间的时间差异。
- (4) 吞吐量——网络中发送数据包的速率。可用平均速率或峰值速率表示。
- (5) 丢包率——在网络中传输数据包时丢弃数据包的最高比率。数据包丢失一般是由网络拥塞引起的。

118. 对 QoS 的支持来自于哪两方面？

对 QoS 的支持来自软件和硬件两个方面。从硬件方面说，更快的转发速度和更宽的带宽是基本前提。从软件协议方面来说，近年来的努力，表现在以下几个结果：

(1) IPv4 包头服务类型字段。IPv4 包头中有一个 3 位的区域用以标识此 IP 包的优先级。据此优先级，IP 路由器可以决定不同 IP 包的转发优先顺序。可以说，自 IP 协议制定之日起，就已经为日后提供更好的 QoS 预留了机制的保证。但由于 IP 网络在蓬勃发展的初期并不注重 QoS。因此，一般这个 3 位区域并没有被使用。不过，如下面分析中所能看到的，仅仅在 IP 包中定义服务类型是绝对不够的，通过信令在整个网络的各个环节都必须保证支持所要求的服务质量。

(2) RSVP (资源预留协议) 及相应的系列协议。这是 IP 路

由器为提供更好的服务质量向前迈进的具有深刻意义的一步。传统上 IP 路由器只负责包转发，通过路由协议知道邻近路由器的地址。而 RSVP 则类似于电路交换系统的信令协议一样，为一个数据流通知其所经过的每个节点（IP 路由器），与端点协商为此数据流提供质量保证。RSVP 协议一出现，立刻获得广泛的认同，基本上被认为较好地解决了资源预留的问题。但随着时间的推移，网络的爆炸性增长，RSVP 所暴露出来的问题越来越多，主要体现在以下几个方面：

最根本的是，RSVP 是以每一个数据流为协商服务对象，在网络流量爆炸性增长的情况下，路由器转发的数据流个数急剧增长，为提高转发速度，路由器中做了大量专门设计，已经根本不可能再为每个数据流进行复杂的资源预留协议。

其次，由于线路繁忙或路由器故障等原因，路由修改时，需要重新进行一次相对耗时的 RSVP 过程。

出于以上两个原因，IETF 又新推出另一种 QoS 策略——DiffServ (Differentiated Service)。目前 DiffServ 的框架已基本确定，美国的 Internet2 也选择 DiffServ 作为其 QoS 策略。与 DiffServ 相比，RSVP 是一种 Integrated Service，集中控制策略，而 DiffServ 则是一种分散控制策略，其精髓是仅控制路径中每一跳 (per hop) 的行为。终端应用设备通过 SLA (Service Level Agreement) 与边缘路由器协商获得其应用数据流可得到保证的服务级别。根据这个服务级别，边缘路由器为每个接收到的数据包打上级别的标记，而核心路由器则只是根据每个包的服务级别的标记决定转发时的调动行为。由于客户只是与边缘路由器协商并获得服务级别保证，在一个相互关联的大网中，由于网络流量不均匀等原因，不同边缘路由器所提供的相同级别的服务等级的实际服务质量并不一样，这就需要不同的提供 QoS 服务等级的网络区域之间也通过 SLA 相互交流流量信息，以避免或减少上述情况的发生。

多协议标记交换 (MPLS) 也被用来解决 QoS 问题。但其覆盖范围是核心网络路由器。为建立合理的核心路由间的交换路径, 核心路由器间需要定时交换流量等状况信息。

119. 什么是实时传输协议/ 实时控制协议 (RTP/ RTCP) ?

RTP/ RTCP 是为支持实时多媒体通信而设计的传输层协议, 由 IETF 作为 RFC1889 而发布的。RTP 位于 UDP (User Datagram Protocol: 用户数据报协议) 之上负责多媒体数据的传送。UDP 没有 TCP 那么可靠, 并且无法进行资源预留以及保证实时业务的服务质量, 需要 RTCP 实时监控数据传输和服务质量。但是, 由于 UDP 的传输时延低于 TCP, 能与音频和视频流很好匹配, 因此, 在实际使用中, RTP/ RTCP/ UDP 用于音频/ 视频媒体, 而 TCP 用于数据和控制信令的传输。

RTP 在多媒体数据 (UDP 数据包) 的头部加上时标和序号后发出, 若接收端配以适当的缓存, 那么接收端就可以根据时标和序号信息“再生”数据包、记录失序包并同步视频、音频和数据。但它本身并不提供保证实时传输或提供 QoS 保证的传输机制。

RTCP 负责监视网络服务质量、通信带宽以及网上传送的信息, 并将其通知给发送端。若可用的带宽一旦变窄, RTCP 立即将该信息通知发送端, 发送端根据此信息进行调整发送, 继续进行多媒体通信。

因此, RTP/ RTCP 充分考虑了现在的 Internet, 若配以先进的拥挤控制方法、限制时延抖动的排队算法、公平的带宽分配方法以及 RSVP 等协议就可实现传送质量与 Internet 相适应的多媒体通信。

120. 什么是资源预留协议？

在 Internet 中，为一个多媒体呼叫保留足够的带宽是很重要和困难的。IETF 开发的资源预留协议（RSVP）在现有的 Internet 上实现带宽预留，为实时性视频和音频业务保留带宽，并设置队列管理方法。它装在网络节点（终端、路由器、交换机）中，用以确保端到端的传输带宽。并且，RSVP 被设计成与网络层无关。

当终端需要在一条路径上预留带宽资源时，则需要向目的地发出一条路径消息。该消息向该路径上的所有节点（主要是路由器）申请预留带宽资源，同时此信息中还包括数据流信息，如平均速率、突发数据包长度等。

当节点收到路径消息后，通过分析消息里的数据流信息，可以决定应保留多少带宽资源，如果节点可用资源不足，则拒绝申请；否则设置队列管理方法，同时将路径消息发送给下一个节点。

因此，RSVP 可以按不同应用分配带宽，能有效地减少多媒体应用中的传输迟滞和时延抖动，保证音频、视频等信息的实时传输。

121. 什么是 IP 多点广播技术？

在传统的 Internet 中，从一台服务器发送出的每个数据包只能传送给一个客户机。如果有另外的用户希望顺路获得这个数据包的拷贝是做不到的。现在的 IP 工作方式要求每个用户必须分别对信息源服务器（如视频服务器）发送单独的查询，而信息源服务器必须向每个用户发送他们自己申请的数据包拷贝。这种巨大冗余的代价首先在于信息源服务器负担过重，对用户的响应时

间过长；其次是 ISP 被迫购买本来不必要的硬件以及增加带宽来保证一定的服务质量。

解决的办法是构建一种具有多点广播 (Multicast) 能力的 Internet。IP 多点广播技术 (IP Multicasting) 允许路由器一次将数据包复制到几个通道上，也就是说，采用多点广播技术，一个服务器可向一组终端用户发送单一多媒体信息流，无需同时向每个目标站点发送一个数据拷贝，从而减少引起网络拥塞的可能性。

采用多点广播方式，单台服务器能够对几十万台桌面终端同时发送单一的连续数据流而无时延。因此，网络成本会变得相当低廉并可能达到从未有过的传送能力。另外，最新的 IP 多点广播技术可以让多点广播服务器做到检测和重发个别终端用户未接收到的数据包，从而确保每一终端用户的需求。

目前，Internet 工程任务小组 (IETF) 已在起草并公布了一些多点广播的网络标准，如 Internet 多点广播骨干网 IMB 等。

122. 什么是 H.323 标准 (IP 网络的多媒体通信基石) ?

H.323 标准，由 ITU 第十六研究组 SG16 于最近刚刚通过，是一项在无 QoS 保证的分组网络 PBN (主要指 IP 网络，如 LAN, MAN, Internet/ Intranet) 上进行视频、音频和数据通信的 ITU 标准。它提供了点对点和多点会议中的呼叫控制、多媒体管理、带宽管理规范以及 PBN 与其他网络 (ISDN, GSTN 等) 的接口规范。目前，已有很多计算机、网络公司，如 Intel, Microsoft, Netscape 等纷纷宣布支持 H.323 标准。

H.323 会议系统有以下四个逻辑组件：H.323 Terminal, H.323 Gateway, H.323 Gatekeeper 和多点控制单元 MCU。它所采用的技术标准有：视频标准 H.261 和 H.263；音频标准 G.711,

G.722, G.723.G.728, G.729A; 呼叫信令协议与媒体流分组打包、同步标准 H.225; 控制标准 H.245; 数据会议标准 T.120 等。

为保证控制信令和数据信息的可靠传输以及视频、音频信息的实时传输, H.323 将可靠的 TCP 传输机制用于 H.245 控制信道、T.120 数据会议以及呼叫信令信道, 而利用不可靠但低时延的 UDP 传输机制、IP 多点广播技术和 RTP/ RTCP 处理视频和音频信息。

虽然 RSVP 不是 H.323 标准的正式组成部分, 但是由于带宽的预留对无 QoS 保证的 IP 网络上的多媒体应用非常重要, 因此, 若 H.323 节点设备和 Internet 中的路由器或交换机都支持 RSVP, 那么 H.323 标准将真正打开 Internet 的多媒体通信之门。

123. 为什么会提出 IPv6 ?

1990 年, IETF 开始着手开发 IP 的新版本, 要求新版本永远不会用尽地址, 并能解决各种问题, 它还要更具灵活性和高效性。它的主要目标有:

- 即使地址空间的分配利用率不高, 也能支持上百亿台机器;

- 减小路由表的长度;

- 简化协议, 使路由器处理分组更迅速;

- 提供比现在的 IP 更好的安全性 (身份认证和隐私权);

- 增加对服务类型的注意, 特别是实时数据;

- 通过定义范围来帮助多点传送的实现;

- 让主机可以不改变其地址即可漫游;

- 协议将来还可以发展;

- 允许新旧协议共同存在一些年。

为了找到符合所有这些要求的协议, IETF 在 RFC1550 中发

表了一个寻求提议和讨论的声明。共收到 21 个回应提议，但并不是所有的回应提议都是完整的。到 1992 年 12 月，7 个重要的提议被整理出来了。它们涉及的范围很广，从对 IP 作小的修改，到完全舍弃旧 IP 而用一个完全不同的协议取而代之。

在这些讨论中，出现三种有代表性的观点。一种意见是在增加了复杂性和处理开销的情况下，使 IP 更加成熟。另一种设计建议是使用一种修改了的 OSI CLNS 协议。第三种建议是保留现有 IP 的大部分想法，只是作简单的修改以适应更大的地址空间。经过多次讨论、修改和定位，一个称为 SIP (Simple IP, 即简单 IP) 的设计被作为扩展的建议的基础，而这个扩展的协议包含了其他建议的各种思想。SIP 的这个扩展的版本叫做 SIPP (Simple IP Plus), 它最终作为设计下一个 IP 的基础而出现。

现在已经正式决定，新版 IP 被正式分配版本号 6。为了与当前的 IP 相区别，新版 IP 名字是 IPv6。需要说明的是，版本 1~3 从未正式指派过，而版本 5 则被指派给了 ST 协议。在过去，IPng (IP Next Generation, IPng) 曾广泛地用于各种文章，它是指那些有关下一代 IP 的所有讨论和建议，而 IPv6 则是指 IETF 所提出的特定的建议。

IPv6 能相当好地满足各项要求。它保持了 IPv4 的优良特性，抛弃或减弱了其缺点，并且在有必要的地方加入新特性。总的来说，IPv6 与 IPv4 不兼容，但它与其他所有 Internet 协议兼容，包括 TCP, UDP, ICMP, IGMP, OSPF, BGP 以及 DNS 等。

124. IPv6 有哪些特点？

IETF 所建议的 IPv6 协议保持了 IPv4 所赖以成功的许多优点。事实上，IPv6 基本上与 IPv4 一样，只是作了一些改进。例如，IPv6 还支持无连接的传递——每一个数据报都含有目的地址，每

个数据报独立地进行路由选择；允许发送方选择数据报的大小，要求发送方指明数据报在到达终点前的最大跳数（maximum hops）。正如我们所看到的，IPv6 保持了 IPv4 选项的大多数概念，包括分片和源站选路。

尽管许多概念是相似的，IPv6 还是改变了许多协议的细节。例如，IPv6 使用更大的地址空间，增加了一些新的特征。更重要的是，IPv6 全部修改了 IPv4 的数据报的格式，用一系列固定格式的首部取代了 IPv4 中可变长度的选项字段。下面将深入探讨这些主要的变化及造成这些变化的内在动机。

1. 扩大了地址空间

这是 IPv6 的最大特点。IPv4 的地址长度是 32 位（bit），理论上，这种地址结构能够支持多达 1 600 万个网络，40 亿台主机。然而，由于目前的地址是采用 A、B、C 类进行分配的，所以实际可用的网络数和地址数，远小于这个数目。IPv6 的地址长度是 128 位（bit）。地址空间足够大，在可预见的将来不会被耗尽。

IPv6 的地址是由 8 组 16 位（bit）组成。其表示方法与 IPv4 不同，IPv4 是十进制数加“.”；IPv6 是十六进制数加“:”。IPv4 的地址可以作为 IPv6 地址的一部分使用，即可将 IPv4 的地址映射到 IPv6 的 32 位（bit）。例如，IPv4 的地址“202.13.181.100”，表示成 IPv6 的地址则为“0:0:0:0:0:0:202.13.181.100”。IPv6 支持多级地址，IPv6 的地址中有单级地址（Unicast Address）、多级地址（Multicast Address）。广播地址（Broadcast Address）属多级地址。

2. 灵活的头部分格式

IPv6 使用一种全新的、不兼容的数据报格式。IPv4 头部的每一个域几乎都变了，或被替代掉了。IPv6 的数据报头部由基本头部和扩展头部两部分组成。IPv6 的基本报头部所包含的信息比 IPv4 少。在 IPv4 的数据报头部中的选项和一些固定的字段，在

IPv6 中被移到了扩展头部中。发送端可以选择在一个给定数据报中要包含或忽略哪些扩展头部。因此，扩展头部提供了最大限度的灵活性。

3. 增强的选项

同 IPv4 一样，IPv6 允许数据报包含可选的控制信息，它还包含了 IPv4 所不具备的新选项，增加了选择设定的灵活性，能很好地适应新增功能。

4. 支持资源分配

IPv6 提供了一种机制，允许对网络资源的预分配，它以此取代了 IPv4 的服务类型说明。发送方与接收方能够通过底层网络建立一条高质量的路径，有关数据就在这条路径上进行传递。这种机制为音频和视频等应用，保证了一定的带宽和时延。

5. 协议的可扩展性

IPv6 协议允许新增特性，它并不像 IPv4 那样规定了所有可能的协议特征。发送者能为一个数据报增加另外的信息。扩展方案使得 IPv6 比 IPv4 更灵活，意味着随时能在设计中增加所需的新特征。

6. 支持对数据的确认和加密

IPv6 提供了对数据确认和完整性的支持，还可通过对数据的加密来提高可靠性。

7. 支持自动配置

IPv6 支持多种形式的自动配置，包括从一个单独网络中节点地址的“即插即用”配置到 DHCP（动态主机配置协议）提供的全功能设备配置。

8. 支持源路由

IPv6 包括一个用来支持源需求路由协议（SDRP）的扩展源路由头部。SDRP 的目的是支持初始源路由选择，以完成现有路由协议提供的域内和域外路由选择。

9. 定义服务质量的功能

IPv6 的数据报用标记说明它从属的信息流类型，从而提供相应的通信服务质量，如实时服务等。

10. IPv4 可以简单灵活地向 IPv6 转换

IPv4 向 IPv6 的转换应该是平滑渐进的，而不是跳跃式的。IPv6 的转换计划必须满足四个基本要求，即随时升级、随时使用、编址简单和降低费用。

125. 什么是逐跳路由与显式路由？

IP 现有组网模式是采用基于宿地址的逐跳路由。如在某个自治域中，每个路由器了解本自治域系统（AS）中全部的路由和链路，使用最短路由算法计算基于宿地址的最短路径，并建立地址前缀与下一条链路对应的转发表，包发送是根据此表进行选路。这样每个路由器独立决定下一路，即如何转发包是本地决定的。在包发送过程中，每一跳是彼此分离的、无连接的。逐跳路由实现简单，不具备 QoS 和流量工程能力。

MPLS 采用显式路由，在 MPLS 中经常出现源路由、约束路由、策略路由、QoS 路由等概念，在此一并简单阐述。

显式路由是指：在包到达网络或者未到达网络之前，就已经明确指定了其转发路径（称显式路径，可以不是最短路径），在 MPLS 中称为显式 LSP（或叫约束 LSP，类似于单向的 ATMVC 连接）。通过特定的显式 LSP 可以支持特殊的业务和应用。显式路径是在 LSP 的建立过程中，由源端（MPLS 域的入口处）计算到宿端的完整路径，故又称源路由。显式路径可以通过网管指定或在路由计算中引入约束参数的方法建立。在显式路由中，路由计算时需要考虑各种约束条件（如策略、QoS），也称约束路由。约束路由比基于最小成本或最短路径的传统路由协议要优越，但处

理相对复杂。因此，约束路由与策略路由（考虑经过哪个网络提供商或特定 QoS 路径的选择）、QoS 路由（考虑时延、时延抖动、丢失率等要求）是紧密相关的，约束路由比 QoS 路由概念更广泛些。要实现 QoS 路由，需要扩展现有路由协议（如 OSPF）的功能。

在不同路由周期或网络状态发生变化时，逐跳路由可能引起包转发路径的改变。这对路径改变十分敏感的有些应用（如实时业务）是不利的。而在 MPLS 中，可以通过对显式 LSP 进行路由固定实现。

相比于逐跳路由，显式路由更容易配合实现流量工程和 QoS，可以像 ATM 一样根据各种约束参数来计算路径，并具有更大的灵活性和可扩展性。

126. 什么是 MPLS 流量工程和网络管理？

IP 网管理上的一个重要问题是如何监视流量，防止和化解拥塞。采用 OSPF 协议的结果是大家都选择最短路径，这可能会在一些热门节点上出现拥塞。早期的因特网骨干网是用人工修改 SDH 通道的路由，改变路由矩阵来控制流量。在 ATM 被用于因特网骨干网上时，用虚电路来连接路由器。虚电路上的流量是可以监视的，改变虚电路也很方便，控制流量能力大大提高。而且在发展 IP over ATM 技术时，人们也发展了多协议标记交换技术 (MPLS)。MPLS 可以在 ATM 交换机中根据标记，为一个 IP 实时业务数据流建立虚电路，保证 QoS。当吉位路由交换机取代 ATM 用于因特网骨干网时，控制流量的流量工程被再次提出来。其解决办法是采用 MPLS 在 IP 网上为某一路由路径建立标记交换路径，借助标记号可以将这一路径变为显式的，从而监视其流量，同时也可以方便地改变路由，重新设置路径。

随着标准的制订和完善，今后 MPLS 将成为实施流量工程的主要方法。此外，MPLS 还将为自愈恢复和网络管理提供有力的支持。IP 优化网络的网络管理系统要求 L1/ L2/ L3 一体化，而 MPLS 将是一个有力的工具。随着 MPLS、流量工程和 QoS 等最新技术的发展与完善，通过合理设计网络结构，第三层 IP 层在传输语音、视频、图像等多媒体数据时可获得与传统电话网络同级别的可靠性和服务质量。MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 使得在 IP 网络中提供类似电路连接特性并提供业务的快速自愈能力成为可能，基于 MPLS 的 QoS 能控制网络带宽、延迟、抖动和包丢失，以满足多种业务对服务质量的要求。随着话音、视频等对时延比较敏感的应用的全方位的展开，如何提供 QoS 保障已成为传输过程中无法避免的问题。

虽然 MPLS、流量工程等最新技术的发展对 QoS 十分有益，但是由于 TCP/ IP 协议本身是面向无连接的，所以在此基础上发展 QoS 十分困难。与其花费很大的代价发展 QoS，还不如充分利用以太网成本低廉的特点，牺牲一部分带宽，以获得高速通信的保障。在以太网技术的发展过程中也有类似于摩尔定律的规律，也就是每隔三四年，以太网的速度就会提高 10 倍，而价格每年下降 30% ~ 40%。

127. 路由器必须具有哪些安全特性？

1. 可靠性与线路安全

可靠性是指设备具有的故障恢复能力和负载承受能力，而路由器的可靠性则主要体现在接口故障和网络流量增大时所具有的适应能力，而能够保证这种适应能力的方式就是备份。

2. 身份认证

路由器中的身份认证主要包括访问路由器时的身份认证，对

端路由器的身份认证和路由信息的身份认证。选择的路由器必须具有身份认证的包过滤能力。

3. 访问控制

对于路由器的访问控制，需要进行口令的分级保护；基于 IP 地址的访问控制；基于用户的访问控制。

4. 信息隐藏

与对端通信时，不一定需要用真实身份进行通信。通过地址转换，可以做到隐藏网内地址，只以公共地址的方式访问外部网络。除了由内部网络首先发起的连接，网外用户不能通过地址转换直接访问网内资源。

5. 数据加密

为了避免因为数据窃听所造成的信息泄漏，有必要对所传输的信息进行加密，只有与之通信的对端才能对此密文进行解密。

6. 攻击探测和防范

路由器作为一个内部网络对外的接口设备，是攻击者进入内部网络的第一个目标，如果路由器不提供攻击检测和防范功能，则也是攻击者进入内部网络的一个桥梁。

7. 安全管理

内部网络与外部网络之间的每一个数据报文都会通过路由器，在路由器上进行的报文审计可以提供网络运行的必要信息，有助于分析网络的运行情况。

128. 路由器选型有哪些基本原则？

选择路由器还应遵循如下基本原则：设备标准化原则、技术简单化原则、环境适应性原则、可管理性原则和容错冗余性原则。对于高端路由器，更多的还应该考虑是否和如何适应骨干网对网络高可靠性、接口高扩展性以及路由查找和数据转发的高性

能要求。高可靠性、高扩展性和高性能的“三高”特性是高端路由器区别于中、低端路由器的关键所在。这几项原则是用户在选择产品时必须满足的基本要求，从而在大体上确定了路由器的选型标准。

1. 设备标准化原则

必须选择基于国际标准或行业标准的路由器。路由器是各种不同类型网络之间相互通信的唯一关口，不同类型网络遵循不同协议，各自的数据包帧格式各不相同，只有通过路由器的统一翻译才能彼此识别，完成数据正常通信。

2. 技术简单化原则

必须选择技术简单实用的路由器。因为技术简单实用的路由器便于日后路由器运行过程的管理和维护，而技术复杂的路由器的管理维护往往需要专业性人员。

3. 环境适应化原则

必须选择环境适应性强的路由器。虽然网络拓扑结构不多，但网络组建类型却是千奇百怪，就是同样的物理类型，其中的流量、速度要求也会不一样，这就是环境的区别。

4. 操作可管理原则

选择路由器时务必关注网络系统的监管和配置能力是否强，设备是否可以提供统计信息和深层故障检测的诊断功能等。

5. 系统容错冗余原则

冗余就是配置设备时，安装了多个相同功能模块，在工作正常时可平均分担系统负荷，当系统设备出现故障时又可自动切换，担负起系统负荷，维护系统继续正常工作。所以，用户在选择路由器时，应充分考虑设备是否支持热插拔，支持备份设置，支持自动切换等功能。

129. 选择路由器时应注意哪些问题？

路由器作为网络设备中的“黑匣子”，工作在后台。用户选择路由器时应注意安全性、控制软件、网络扩展能力、网管系统、带电插拔能力等方面。

(1) 对于用户来讲，则要根据用户的实际使用情况，首先确定是选择接入级、企业级还是骨干级路由器。这是用户选择的大方向。网络规划技术人员既要了解路由器的容量、每秒钟能处理多少数据包、能否被集群等性能问题，还要注意路由器是否能够提供增值服务和其他各种服务，如 VPN，SLA，QoS，MPLS，Diffserv 和组播通信等。然后，再根据路由器选择方面的基本原则来确定产品的基本性能要求。最后，对于价格问题也应该是用户考虑的因素。

(2) 可靠性也是路由器考虑得最多的问题，由于路由器是网络中比较关键的设备，路由器的安全可靠实际上就是网络安全可靠的一半。

(3) 路由器的控制软件是路由器发挥功能的一个关键环节。从软件的安装、参数自动设置，到软件版本的升级都是必不可少的。软件安装、参数设置及调试越方便，用户使用就越容易掌握，就能更好地应用。

(4) 随着计算机网络应用的逐渐增加，现有的网络规模有可能不能满足实际需要，会产生扩大网络规模的要求，因此扩展能力是一个网络在设计 and 建设过程中必须要考虑的。扩展能力的大小主要看路由器支持的扩展槽数目或者扩展端口数目。

(5) 随着网络的建设，网络规模会越来越大，网络的维护和管理就越难进行，所以网络管理显得尤为重要。

(6) 在安装、调试、检修和维护或者扩展计算机网络的过程

中，免不了要给网络中增减设备，也就是说可能会要插拔网络部件。那么路由器能否支持带电插拔，是路由器的一个重要的性能指标。

(7) 如果网络已完成楼宇级的综合布线，工程要求网络设备上机式集中管理，应选择 19 英寸宽的机架式路由器，如 Cisco 2509。如果没有上述需求，桌面型的路由器（如 Intel 的 8100 和 Cisco 的 1600 系列），具有更高的性能价格比。

(8) 由于最初局域网并没有先出标准后再出产品，所以很多厂商（如 Apple 和 IBM）都提出了自己的标准，产生了如 AppleTalk 和 IBM 协议，Novell 公司的网络操作系统运行 IPX/SPX 协议，在连接这些异构网络时需要路由器对这些协议提供支持。Intel 9100 系列和 9200 系列的路由器可提供免费支持，3Com 的系列路由器产品也提供较广泛的协议支持。

130. 路由器的发展趋势是什么？

目前，路由器主要有三种发展趋势：

1. 速度更快

传统意义上，路由器通常被认为是网络速度的瓶颈。在局域网速度早已达到上百兆比特率时，路由器的处理速度至多只到几十兆比特率。这几年伴随着因特网的爆炸性增长，大家对路由器的研究也重点体现在提高路由器的处理速度上。一是越来越多的功能以硬件方式来实现，具体表现为 ASIC 芯片使用得越来越广泛；二是放弃使用共享总线，而使用交换背板，即开始普遍采用交换式路由技术；三是并行处理技术在路由器中运行，极大地提高了路由器的路由处理能力和速度。1996，1997 年间，美国出现了一批极具创新精神的小公司，如 Nexabit，Juniper，Avici 等，把路由器的处理速度提高到了登峰造极的地步，在很短的时间内相

继推出了吉位路由器。连 Cisco 公司在速度这一方面都只能望其项背。由于这些高速路由器无一例外地都引入了交换的结构，这些路由器也被称千兆位交换路由器（GSR: Gigabit Switch Router）和太位交换路由器（TSR）。这些路由器的光接口速度也很快从 OC-12（622 Mbit/s）跳到 OC-48（2.5 Gbit/s）再到 OC-192（10 Gbit/s），这样的速度早已把 ATM 交换机远远地甩在身后。从此，ATM 在核心网络中的不可代替的地位彻底发生了动摇。旷日持久的 IP—ATM 技术之争终于以 IP 占据压倒性的优势宣告结束。不过，从以下的分析，我们也可以看出，IP 路由器速度的提高是直接得益于 ATM 的概念和技术的，在 IP 领域中提出的许多新概念和新技术也有相当一部分是直接或间接来源于 ATM，两种优秀的技术逐渐开始融合。事实上，许多公司从事高速 IP 路由器研发的技术人员正是过去研究 ATM 技术的研发人员。

2. 服务质量更好

前面所述的路由器在速度上的提高仍然只不过是为了适应数据流量的急剧增加。而路由器发展趋势更本质、更深刻的变化是：以 IP 为基础的包交换数据将在未来几年内迅速取代已发展了近百年的电路交换通信方式，成为通信业务模式的主流。这意味着，IP 路由器不仅要提供更快的速度以适应急剧增长的传统计算机数据流量，而且，IP 路由器也将逐步提供原电信网络所提供的种种业务。但是传统的 IP 路由器并不关心也不知道 IP 包的类型，一般只是按先进先出的原则转发数据包，语音电话数据、实时视频数据、因特网浏览数据等各种业务类型的数据都被不加区分的对待。由此可见，IP 路由器要想提供包括电信广播在内的所有业务，提高服务质量（QoS）是其关键。这也正是目前各大网络设备厂商（包括 Cisco，3Com，Nortel 等）所努力推进的方向。各大厂商新推出的高、中、低档路由器中都不同程度地支持 QoS，如 Cisco 的最高档 12000 系列，从硬件和软件协

议两方面都对 QoS 有很强支持，而其新推出的低端产品 2600 系列也支持语音电话这样的新业务应用。事实上，QoS 不仅是路由器的一个发展趋势，以路由器为核心的整个 IP 网络都在朝这个方向发展。“三网合一”这样一个概念便是这个方向的产物。然而以传统 IP 路由器为核心的网络已经不能适应“三网合一”的趋势，以美国为首的各个国家都在推进能提供更好、更快的服务质量的网络技术的研发。其中路由器的研发又是其中的关键，公司成为推动这项技术的主要动力。

3. 管理更加智能化

随着网络流量的爆炸性增长，网络规模日益膨胀，以及对网络服务质量的要求越来越高，路由器上的网络管理系统变得日益重要，网络连接已成为日常工作、生活中不可缺的部分。在保证质量的情况下最大限度地利用带宽，及早发现并诊断设备故障，迅速方便地根据需要改变配置，这些网络管理功能日益成为直接影响网络用户和网络运营商利益的重要因素。在网络协议七层模型中，网络管理属于高层应用，目前各厂家网络管理的一个重要发展趋势是向智能化方向发展。所谓智能化又体现在两个方面，一是网络设备（路由器）之间信息交互的智能化；二是网络设备与网络管理者之间信息交互的智能化，

在网络管理智能化的大趋势中，“基于策略的管理”和“流量工程”这两个技术概念是目前最引人注目的。各路由器厂商在新推出的产品中无不标榜自己的网络管理配套系统具有或部分具有这两个方面的功能。

131. 什么是交换机？

众所周知，交换机工作在 OSI 参考模型的第二层（数据链路层）上，主要功能包括物理编址、网络拓扑结构、错误校验、帧

序列以及流控。物理编址（相对应的是网络编址）定义了设备在数据链路层的编址方式；网络拓扑结构包括数据链路层的说明，定义了设备的物理连接方式，如星形拓扑结构或总线拓扑结构等；错误校验向发生传输错误的上层协议告警；数据帧序列重新整理并传输除序列以外的帧；流控可以延缓数据的传输能力，以使接收设备不会因为在某一时刻接收到了超过其处理能力的信息流而崩溃。与桥接器不同的是交换机转发延迟很小，操作接近单局域网性能，远远超过了普通桥接互连网之间的转发性能。

交换技术允许共享型和专用性大的局域网段进行带宽调整，以减轻局域网之间信息流通出现的瓶颈问题。现在已经有以太网、快速以太网、FDDI 和 ATM 技术等交换产品。目前交换机还具备了一些新的功能，如对 VLAN 的支持、对链路汇聚的支持，甚至有的具有防火墙的功能，这就是第三层交换机所具有的功能。所谓的第三层交换机就是在基于协议的 VLAN 划分时，增加了路由功能。

网络交换技术是近几年来发展起来的一种结构化的网络解决方案。它是计算机网络发展到高速传输阶段出现的一种新的网络应用形式。它不是一项新的网络技术，而是现有网络技术通过交换设备达到性能上的提高。由于交换机市场发展迅速，产品繁多，而且功能上越来越强。

132. 交换机有哪几种？

从广义上来看，交换机分为两种：广域网交换机和局域网交换机。广域网交换机主要应用于电信领域，提供通信的基础平台。而局域网交换机则应用于局域网络，用于连接终端设备，如 PC 机及网络打印机等。

从传输介质和传输速度上可分为以太网交换机、快速以太网

交换机、千兆位以太网交换机、FDDI 交换机、ATM 交换机和令牌环交换机等。

从规模应用上又可分为企业级交换机、部门级交换机和工作组交换机等。各厂商划分的尺度并不是完全一致的，一般来讲，企业级交换机都是机架式，部门级交换机可以是机架式（插槽数较少），也可以是固定配置式，而工作组级交换机则为固定配置式（功能较为简单）。另一方面，从应用的规模来看，作为骨干交换机时，支持 500 个信息点以上大型企业应用的交换机为企业级交换机，支持 300 个信息点以下中型企业的交换机为部门级交换机，而支持 100 个信息点以内的交换机为工作组级交换机。

133. 交换机具体技术实现主要有哪些？

第三层交换机基本上具有了传统交换机的所有功能，以第三层交换机为准，交换机具体技术实现包括：

1. 可编程 ASIC

ASIC 是专用于优化第二层处理的专用集成电路，是当今联网解决方案的核心，它将多项功能集成在一个芯片上，具有设计简单、可靠性高、电源消耗低、性能更高和成本更低等优点。

2. 分布式流水线

有了分布式流水线，多个分布式的转发引擎能快速地独立传送数据包。在单个流水线中，多个 ASIC 芯片同时处理多个帧。这种并发性和流水线可将转发性能提高到一个新高度：在所有的端口上实现点播（Unicast）、广播（Broadcast）和组播（Multicast）的线速性能。

3. 动态可扩展的内存

对于先进的局域网交换产品，真实的性能是建立在智能化的存储器系统之上的。第三层交换机将存储器的一部分直接与转发

引擎相关联。增加更多的接口模块，包括各自的转发引擎，存储器也相应地扩展了，并通过流水线式的 ASIC 处理，动态地构造缓存，增加了内存的使用率，系统也能够处理大的突发数据流而不丢包。

4. 先进的队列机制

即使网络设备有突出性能，也会受到其所连接网段上的拥挤带来的损害。传统上，通过一个端口的流量必须在只有一个输出队列的缓存中保存，不论它的优先级是多大，也必须按照先进先出的方式被处理。当队列满的时候，任何超出的部分都将被丢弃。此外，当队列变长时，延时也增加了。这个特点使得在传统的以太网上运行实时的事务处理及多媒体应用变得非常困难。基于这种原因，许多网络设备厂商开发了新技术，可在一个以太网段上提供不同的服务级别，同时提供对延时和抖动的控制。这样就引进了每端口有不同级别队列的机制。

这种队列能更好地区分不同的流量级别，以便将网络更接近地与高性能应用匹配。像多媒体和实时数据流这样的数据包被放进高优先级队列。使用加权公平排队算法，可以更频繁地处理高优先级队列，但又不会置低优先级队列于不顾。传统应用的用户不会察觉到响应时间和吞吐量的变化，而那些使用紧急应用的用户则可得到及时的响应。

5. 自动流量分类

有些数据流比其他数据流更重要。使用自动流量分类，第三层交换机可以指示数据包流水线区分用户指定的数据流，从而实现低延时、高优先级传输及避免拥塞。

6. 智能许可权控制

第三层交换机提供多种安全机制，并使用流量分类器，管理员可以限制任何被识别的数据流，包括限制对服务器的访问及排除无用的协议广播。这一点是网络技术领域里的突破性进展，即

提供线速防火墙。

7. 动态流量监督

流量的分类、优先化处理以及资源保留使企业网和 Intranet 管理员能将精力集中在更重要的事情上，即传统的和下一代的应用。但有一个事情还需要去做，那就是流量监督。流量监督不能算是一个策略机制，因为它实际上是一个保护机制。它监视流量和网络的拥塞情况，并对这些情况做出动态的响应，以保证所有的网络元素（终端用户和网络本身）都置于控制之下并能最佳运行。

为了在拥塞的局域网上进行优先化处理，许多第三层交换机使用了 IEEE 802.1p 的服务级别。为了避免拥塞，高性能第三层交换机甚至采用了更先进的技术来动态地监视输出队列的大小，以便发现一个端口是否将变得拥挤。通过控制队列的大小和拥塞，网络可以维持对延时敏感的数据流所需的极限。

8. 可扩展的 RMON 实现

对 RMON (Read Monitoring) 的支持已经成为进行主动和广泛的网络管理一个不可缺少的组成部分。RFC1757 定义的 MIB 含有物理层和 MAC 层的统计数据，RFC2021 定义的 RMON2 将统计数据的采集扩展至网络层以上。

9. 向量处理技术

向量处理技术用来加速数据帧的处理速度。第三层交换机的体系结构不仅在第二层之上增加了第三层的控制能力，而且还增加了多方位的多种向量控制，从而极大地加强了向量处理功能。第三层交换机的向量处理有众多的优点：

(1) 快速的帧处理速度。由于有了基于 ASIC 的数据包分类、转发和解释技术，由软件进行帧解码的工作被降至最低的程度，与纯软件的设计相比，这种方法可以获得高得多的性能。

(2) 具有高度适应性的功能控制。向量处理与可编程的 ASIC

配合工作，从而能够以最小的开销支持未来的新标准。例如，对 IPv6 的支持已经是向量逻辑的一部分。

(3) 增强的管理功能。多方位的向量处理还包括内置的网络管理代理及 RMON 等。

10. 多 RISC 处理机

在高可靠性的交换机中，一个专门的高性能 RISC 处理机是绝对需要的。事实上，帧处理机（FP）与向量逻辑的结合所提供的性能是无与伦比的。

一个独立的应用处理机（AP）可辅助 FP。像 FP 一样，AP 也是一个高性能的 RISC 处理机。AP 控制除帧转发以外的所有操作：高层的桥接和路由，如生成树和 OSPF 协议，以及 SNMP 操作和 HTTP 操作等。使用 AP 和 FP 的好处是显而易见的，因为管理和计算方面的工作不影响数据转发，从而实现高吞吐量和低延时。

通过以上的技术分析不难看出，高性能、安全性、易用性、可管理性、可堆叠性、服务质量及容错性是当前交换机的技术特点。随着视频会议、实时组播、网络电话、程控交换及自动呼叫转发等表明多媒体时代到来的新一代应用的出现，交换技术该向何处发展呢？有一点可以肯定的是，高带宽、安全性、服务质量及智能化应该是新一代交换机所应追求的技术方向。不过，值得一提的是，现在已经有厂家正朝着交换机分布式网络计算方向迈进。

134. 什么是端口交换？

端口交换技术最早出现在插槽式的集线器中，这类集线器的背板通常划分有多条以太网段，不用网桥或路由器连接，网络之间是互不相通的。以太网主模块插入后通常被分配到某个背板的

网段上，端口交换用于将以太模块的端口在背板等多个网段之间进行分配、平衡。根据支持的程度，端口进行还可以细分为：

模块交换：将整个模块进行网段迁移。

端口组交换：通常模块上的端口被划分为若干组，每组端口允许进行网段迁移。

端口级交换：支持每个端口在不同网段之间进行迁移。这种交换技术是基于 OSI 第一层上完成的，具有灵活性和负载平衡的能力等优点。如果配置得当，还可以在在一定程度上进行容错，但没有改变共享传输介质的特点，因而不能称之为真正的交换。

135. 什么是帧交换？

帧交换是目前应用最广泛的局域网交换技术。它通过对传统传输媒介进行微分段，提供并行传送的机制，以减小冲突域，获得高的带宽。一般来说每个公司的产品的实现技术均会有差异，但对网络帧的处理方式有以下几种。

1. 直通转发技术 (Cut-through)

交换机一旦解读到数据包目的地址，就开始向目的端口发送数据包。通常，交换机在接收到数据包的前 6 个字节时，就已经知道目的地址，从而可以决定向哪个端口转发这个数据包。直通转发技术的优点是转发速率快、减少延时和提高整体吞吐率。其缺点是交换机在没有完全接收并检查数据包的正确性之前就已经开始了数据转发。这样，在通信质量不高的环境下，交换机会转发所有的完整数据包和错误数据包，这实际上是给整个交换网络带来了许多垃圾通信包，交换机会被误解为发生了广播风暴。总之，直通转发技术适用于网络链路质量较好、错误数据包较少的网络环境。

2. 存储转发技术 (Store-and-Forward)

存储转发技术要求交换机在接收到全部数据包后再决定如何转发。这样一来，交换机可以在转发之前检查数据包完整性和正确性。其优点是：没有残缺数据包转发，减少了潜在的不必要数据转发；其缺点是：转发速率比直接转发技术慢。所以，存储转发技术比较适用于普通链路质量的网络环境。

3. FragmentFree

FragmentFree 是介于上述两者之间的一种解决方案。

当然，不是所有的交换机都支持上述三种交换方式，有些交换机只支持前面两种交换方式，并不支持 FragmentFree。

136. 什么是 ATM 交换？

ATM 采用固定长度 53 个字节的信元交换。信头包括虚拟通路 (VP) 和虚拟电路 (VC) 标识等地址信息。ATM 根据 VP 和 VC 来确定信元的发送源地址和接收目的地址。由于长度固定，因而便于用硬件实现。ATM 采用专用的非差别连接，并行运行，可以通过一个交换机同时建立多个节点，但不会影响每个节点之间的通信。ATM 还容许在源节点和目标节点之间的通信能力。ATM 采用了统计时分电路进行复用，因而能大大提高通道的利用率。ATM 的带宽可以达到 25 Mbit/s, 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 甚至数吉比特每秒的传送能力。随着 ATM 交换技术的发展，现在企业网络中越来越多地在高速网络主干或边缘网络采用 ATM 交换技术。

ATM 交换机中的连接分为永久虚拟电路 (PVC) 和交换虚拟电路 (SVC) 两种。PVC 是在源地址与目的地址之间的永久性硬件电路连接。SVC 是根据实时交换要求建立的临时交换电路连接。两者的最大区别是：PVC 不论是否有数据传输，它都保持连

接；而 SVC 在数据传输完成后就自动断开。两者的应用区别是：在通常的 ATM 交换中，有一些 PVC 用于保持信号和管理信息通信，保持永久连接；而 SVC 主要用于大量的具体数据的传输。

ATM 交换另一个特点是：ATM 本身就是全双工的。发送数据和接收数据在不同虚拟电路中同时进行，保持双向高速通信。为了满足以太网帧（Frames）与 ATM 信元（Cells）的相互通信要求，ATM 协议标准规定了针对数据应用的 ATM 适配层（ATM Adaption Layer），它工作在帧交换和信元交换之间，将以太帧的逻辑电路层的地址信息对应地转换为虚拟电路（VC）、虚拟通路（VP）地址信息，完成帧—信元转换和信元—帧转换工作。ATM 交换的广泛应用，也给交换网络的网络监视和管理带来了新的挑战。

137. 什么是第二层交换？

第二层交换，这个概念数年前由 Kalpana（现在的 Cisco）等公司提出。第二层交换是多端口网桥技术的重新包装，其性能和可扩展能力显著提高。这些产品传输帧基于第二层以太网、令牌环网、或 FDDI MAC（介质访问控制）地址。

有两类通用的第二层交换机：工作组交换机和网段交换机。工作组交换机产生独占网络带宽，为每个端点设备（如工作站或服务器）提供专门的 LAN 网段，实际上取代了共享介质集线器；网段交换机被优化设计在多用户共享介质 LAN 网段间或在 LAN 主干间桥接流量；一般每个端口必须支持大量的 MAC 地址。

138. 什么是第三层交换？

顾名思义，第三层交换器就是将第二层的交换器与第三层的

路由器合二为一，使路由器根据第二层的地址转发数据包以达到快速通信，这就形成了第三层交换器。第三层交换出现因于 ATM 与交换器的技术背景，因为传统的网络是由路由器作为中心的。使用第二层交换器使网络速度提升，可是在网络中使用过多的交换器，所有交换器所架构的网络可能会形成广播风暴，所以需要路由器来隔离可能会形成的广播风暴，为了使路由器不会形成网络的瓶颈，就形成了第三层交换。

第三层交换是采用 Intranet 的关键，它将第二层交换机和第三层路由器两者的优势结合成一个灵活的解决方案，可在各个层次提供线速性能。这种集成化的结构还引进了策略管理属性，它不仅使第二层与第三层相互关联起来，而且还提供流量优先化处理、安全以及多种其他的灵活功能，如链路汇聚、VLAN 和 Intranet 的动态部署。第三层交换机分为接口层、交换层和路由层三部分：接口层包含了所有重要的局域网接口：10M 100 M 以太网、千兆以太网、FDDI 和 ATM。交换层集成了多种局域网接口并辅之以策略管理，同时还提供链路汇聚、VLAN 和 Tagging 机制。路由层提供主要的 LAN 路由协议：IP，IPX 和 AppleTalk，并通过策略管理，提供传统路由或直通的第三层转发技术。策略管理和行政管理使网络管理员能根据企业的特定需求调整网络。

相对第三层，第二层被采用的程度决定了所谓的网络控制分类，一个纯第二层的解决方案，是最便宜的方案，但它在划分子网和广播限制等方面提供的控制也最少。而第三层交换机能为分类中的所有层次提供动态的集成支持。传统的通用路由器与外部的交换机一起使用也能达到此目的，但是与这种解决方案相比，第三层交换机需要更少的配置、更小的空间、更少的布线、价格更便宜，并能提供更高更可靠的性能。

后来第三层交换及所有与之相关的术语（如多层交换、IP 交换、路由交换机）提出来了。但第三层交换技术实质上是路

由，譬如在 IP 子网间交换流量。第三层交换试图减轻传统路由器带来的性能瓶颈——在企业网流量分布偏离 2: 8 规则且大多数流量必须跨越子网边界——时显得越来越重要。大多数第三层交换技术可以归结为“路由一次，交换多次”，或者是基于高性能硬件的线速路由器。当两个设备在不同子网间通信时，“路由一次，交换多次”技术试图使路由次数降至最低。这种技术通过分离路由的两个功能组件——路由计算和帧发送——减轻了潜在的性能下降。交换机根据与一个数据“流”关联的第一个数据包计算并建立通信路径一次（“路由一次”），然后将此数据流剩余包交换至同一路径（“交换多次”），这样消除了进一步的路由计算。

与此对照，线速路由器在硬件上实现了传统的路由功能，消除了基于软件的路由器的性能瓶颈。通过建造专门的路由专用集成电路（ASICs），这些产品可以把路由性能提高一个数量级——线速路由器以每秒百万包的速率发送流量；而传统基于软件的路由器仅能以每秒数十万包速率发送数据包。线速路由器提供的吞吐速率足以以全介质速率驱动多条千兆以太网链路。

139. 什么是第四层交换？

在建设企业网时，一些产品商所创造的术语令人迷惑。正当网络管理员认为他们正逐步弄清楚不同的第三层交换技术的差别时，一种十分有意义的新概念提出了：第四层交换。许多第三层交换技术要求采用专有的或厂家专用的协议，而与此相反，第四层交换是“厂商中立”的，即加入到现成的网络环境中亦可受益。如果第二层交换是网桥的再现，第三层交换是路由，那么，什么是第四层交换呢？

OSI 模型的第四层是传输层。传输层负责端对端通信，即在

网络源和目标系统间协调通信。在 IP 协议中，这是传输协议 (TCP) 和用户数据报协议 (UDP) 所在的协议层。

在第四层中，TCP 和 UDP 标题包含端口号 (Port Number)，它们可以唯一区分每个数据包包含哪些应用协议 (例如 HTTP, SMTP, FTP 等等)。端点系统利用这种信息来区分包中的数据，尤其是端口号使一个接收端计算机系统能够确定它所收到的 IP 包类型，并把它交给合适的高层软件。端口号和设备 IP 地址的组合通常称作“插口 (Socket)”。

1 和 255 之间的端口号被保留，它们称为“熟知”端口，也就是说，在所有主机 TCP/ IP 协议实现中，这些端口号是相同的。除了“熟知”端口外，标准 UNIX 服务分配在 256 ~ 1 024 端口范围结果，定制的应用一般在 1 024 以上分配端口号。分配端口号的最近清单可以在 RFC1700 “Assigned Numbers” 上找到。TCP/ IP 端口号提供的附加信息可以为网络交换机所利用，这是第四层交换的基础。

第四层交换的一个简单定义是：它是一种功能，它决定传输不仅仅依据 MAC 地址 (第二层网桥) 或源/目标 IP 地址 (第三层路由)，而且依据 TCP/ UDP (第四层) 应用端口号。

140. 第四层交换机必需具有哪些功能？

进行第四层交换的交换机需要有区分和存储大量发送表的能力。交换机在一个企业网的核心时尤其如此。许多第二/三层交换机倾向发送表的大小与网络设备的数量成正比。对第四层交换机，这个数量必须乘以网络中使用的不同应用协议和会话的数量。因而发送表的大小随端点设备和应用类型数量的增长而迅速增长。第四层交换机设计者在设计其产品时需要考虑表的这种增长。大的表容量对制造支持线速发送第四层流量的高性能交换机

至关重要。

第三/四层路由交换机使用基于特殊的高性能 ASIC，它使基于第三/四层交换的路由交换机可以进行线速过滤、业务分类、实施策略、记账、交换和路由分配功能。

ASIC 可以根据几种不同参数过滤业务，并为之分类：在 OSI 第二、三以及第四层，包括物理端口、源或目的地 MAC 或 IP 地址、UDP 或 TCP 端口号、VLAN 标记及 DiffServ 码 (DSCP)。这些分类功能在传输多种不同信息类型（关键和普通、实时和对时间不敏感的信息、开放和安全信息）的一体化网络环境中尤其重要。

数据包在到达基于第三/四层交换的路由交换机端口时，ASIC 立即对其进行核对，看它是否符合定义的某种策略，以便进行处理。ASIC 可以根据以下匹配标准中的任何一种或多种识别数据包，并为之划分级别，如：源/目的地 IP 地址/掩码；协议类型：ICMP，TCP 或 UDP 端口号；DiffServ 规则。

实际上，通过使用适用于匹配字段的操作符，可实现更先进的功能，这些操作符包括：设置 802.IP 或 DSCP 字段；使用策略服务器进行验证；对已分类的帧实施策略和转发匹配完成后，ASIC 便决定如何处理该数据包。这些处理选择包括：转发、服务质量（使用哪个队列，以及是否修改相关的 QoS 参数）、安全性（是否丢弃和/或拷贝该数据包）、业务整形（该数据包是否符合为之定义的策略）和记账（共有多少次策略匹配情况发生）。

将来，这些策略还可以通过集中的网管策略服务器中的公用开放策略业务 (COPS) 进行设置，它可以提供更大的使用简便性、一致性和灵活性，以满足不断变化的业务要求。

第四层交换机提供了支持高性能、可调谐网络架构所必需的功能，这些产品提供了如下功能：

(1) 基于第四层信息的线速性能，即使在多个千兆位以太网连接时亦如此。

(2) 一个路由器所要求的全部功能（如路由协议支持、安全过滤器、组播支持）。

(3) 基于应用的不同服务级别。

(4) 大的路由表能够支持基于第四层应用信息的线速流量发送。

(5) 网络流量的增强管理能力。

在一个企业的网络架构中能够提供不同层次的服务对于网络管理员来说正变得越来越重要。第四层交换使一个企业能建立依据特殊应用的类型的流量控制。这种强大的功能有助于在今天和明天的企业网中提供需要的服务水平。

141. 什么是面向电子商务的第七层交换技术？

IP 电话、电子商务、关键任务 Intranet 和 Extranet 的面世与迅速普及，为网络和 IT 管理人员带来了更多挑战。其中之一是控制全球各地多个用户都接入的各个 Web 服务器的负载。网络管理人员如何才能确保对所有用户都做出同样迅速的响应？

服务器交换机可以为关键任务的电子商务和 Internet 应用提供最快的应用响应时间和服务器负载平衡功能。服务器交换机可以部署在任何城域网和局域网环境中，经过最少的重新配置（只需配置一个交换机端口），便可以提高服务器的性能。

第七层交换技术不仅仅能够测量预测响应时间，还可以依照业务级别（CoS）完成这一工作。可以为各个协议定义多种业务级别。例如，一个站点上安全的电子商务区域的响应时间可以根据预定的指导原则进行测量和维护。而且，这一目标的实现无需使用基于服务器的代理，因为它会增加复杂性，给关键任务应用带来潜在的稳定性问题。

此外，不同业务级别可得到不同优先级和不同的目标响应时

间。服务器交换机可以提供一种方法，使不同业务级别有不同响应时间，而不是一组服务器内进行负载分担。这样，在请求达到一定数量时，某些服务器可以暂时专门用于回答此类电子商务请求，而另外一些则只用于支持 Web 浏览或文件传输请求。此外，服务器交换机还使国际请求可以发往本地服务器，以当地语言为用户提供内容，并从地理上优化响应时间。

业务级别分组可以根据应用或协议类型定义，即：HTTP，HTTPS，FTP，DNS，任何 TCP 或 UDP。

Internet 用户要求保护安全套接层（SSL）站点授权，并对它们的交易进行数据加密。然而 SSL 进行的密集加密计算和授权计算会削弱哪怕是最强大的 Web 服务器的处理功能，从而大大降低交易速度。这样，当网络中业务负载很大时，就会导致越来越长的等待，有些交易甚至会彻底失败。

基于第七层交换的 SSL 可以在 SSL 交易期间消除服务器性能瓶颈。这种交换机的设计旨在通过提供硬件辅助的 SSL 设置和加密来加快 Web 上的电子商务交易速度。

142. 什么是 Web 交换机？

Internet 的发展瞬息万变，为应付不断增加的负载和新的应用需求，Web 交换机应运而生，为数据中心设备（包括 Internet 服务器、防火墙、高速缓冲服务器和网关等）提供管理、路由和负载均衡传输。不同于传统网络设备的是，传统网络设备注重高速完成单个帧和数据包的交换，而 Web 交换侧重于跟踪和处理 Web 会话。除了由传统第二/三层交换机所提供的连接和封包路由外，Web 交换机还可提供传统局域网交换机和路由器所缺乏的完备策略，将局部和全球服务器负载均衡、存取控制、服务质量

保证 (QoS) 以及带宽管理等管理能力结合起来。目前, Web 交换机已由纯粹的传输层 (第四层) 设备发展到具有基于内容 (第七层) 的交换的智能。利用内容或用户分类进行 Web 请求重定向是 Web 服务器的一项功能。不过, Internet 传输和商业的发展远远超过计算机处理能力的提高。把内容分类卸到 Web 交换机可平衡整个网站的基础设施。

143. 什么是 IP 交换技术 ?

随着 Internet 的蓬勃发展, 网上的应用越来越复杂, 网上的信息量迅猛增长, 高速率、低延时、有 QoS 要求的业务大量出现, 同时促进了 IP 交换技术的快速发展。

所谓 IP 交换技术就是人们常说的 IP over ATM 技术, 它只对数据流的第一个数据包进行路由地址处理, 按路由转发, 随后按已计算的路由在 ATM 网上建立虚电路 VC。以后的数据包沿着 VC 以直通 (Cut-Through) 方式进行传输, 不再经过路由器。从而将数据包的转发速度提高到第二层交换的速度。

目前主要有以下几种 IP 交换技术: Ipsilon 公司的 IP Switching, Cisco 公司的 Tag Switching, Cascade 公司的 IP Navigator, IBM 的 MSS, 3Com 公司的 Fast IP, ATM 论坛的 MPOA 标准以及 IETF 的 CIPOA, NHRP 和 MPLS。

其中多协议标记交换 MPLS 由 Tag Switching 发展而来, 集多家 IP 交换技术和路由技术之优点, 是未来 Internet 网络最具有前途和生命力的主干网技术。

与传统路由器的一跳接一跳 (Hop-by-Hop) 相比, IP 交换机增加了直接路由, IP 交换与传统路由器的数据发送方式的比较如图 5.7 所示。

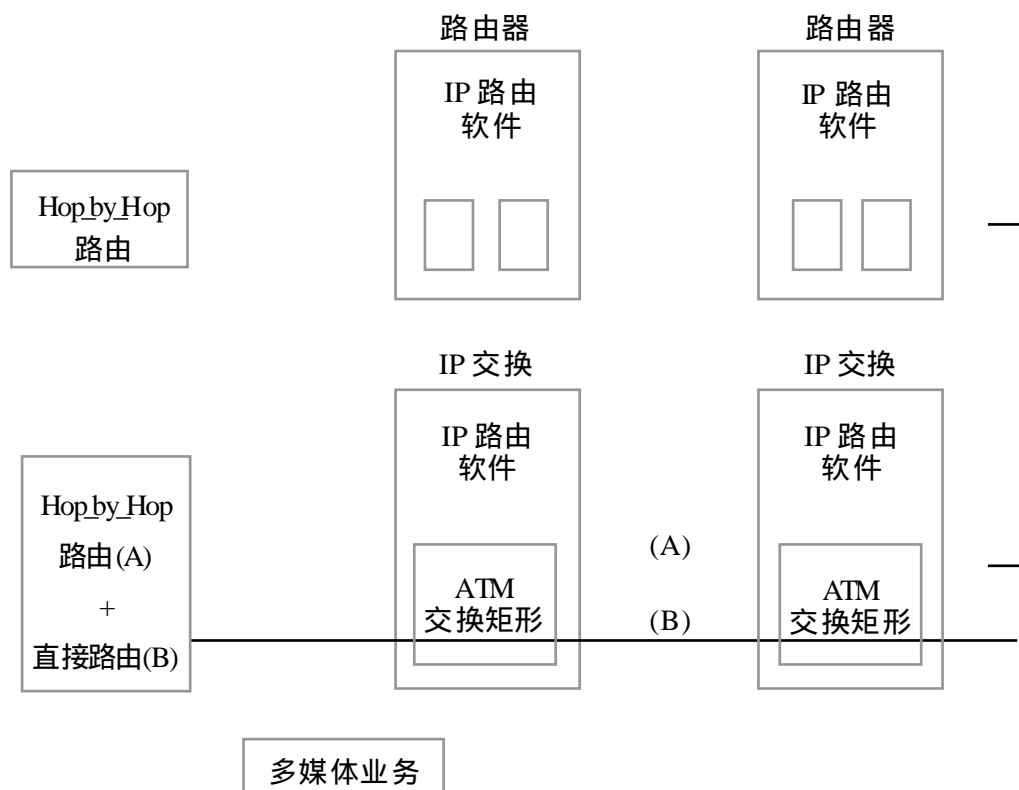


图 5.7 IP 交换机与传统路由器的数据发送方式的比较

144. Ipsilon 的 IP Switching 如何？

Ipsilon 公司的 IP 交换主要用于 ATM 网。它首先建立一条从边缘交换机和 ATM 站点到网络核心的“IP 交换控制器”的缺省的虚链路，然后再进行数据包转发，而 IP 交换控制器为一个第三层的路由器。

145. 什么是 Tag Switching？

Cisco 公司的 Tag Switching 是一个广域网的体系结构。当到多个目的地的路径通过相同的广域网交换机时，边缘路由器将相应

的数据流累积到公共的 VC 上，因而减少所需的 VC 数量。Tag Switching 使用一个特殊的标志来识别和控制数据流向。

146. 什么是 Fast IP ?

各种第三层捷径方法各有不同，3Com 公司的 Fast IP 技术是一种软件解决方案，由网络接口卡驱动软件提供。它采用 IETF 的 NHRP 标准草案，通过终端系统之间的请求响应过程来实现。这个过程可以在不同子网上的终端节点之间找出第二层通路，从而避开路由器慢道。Fast IP 速传过程与常规的信息流并行发生，因而可保证通信总是在进行中。

Fast IP 工作于现有的第二层交换机和第三层路由器上，既改善了现有网络的性能又保护了已有的设备投资。Fast IP 易于实现，为基于数据包的网络和基于单元的网络提供了消除路由器瓶颈的解决方案。

Fast IP 的实现不要求改变路由器的硬件或软件。在 Fast IP 的基础设施中，路由器仍然用于执行第一级的过滤/防火墙策略。第三方的安全性服务器提供附加的安全性，交换机执行附加的过滤策略，主机系统也实现安全性措施。

Fast IP 在 ATM 的仿真 LAN (ELAN) 上的工作方式与在普通 LAN 上的工作方式相同。属于不同子网的各个终端站被归属到一个 ELAN，它们之间的 NHRP 请求和响应过程就如同在传统的 LAN 上进行一样。因此，Fast IP 将在同一个 ELAN 中的不同子网之间建立捷径，避开了路由器慢道。

Fast IP 还可以与 ATM 上的协议 (MPOA) 结合使用。MPOA 把 ATM 论坛的 LAN 仿真 (LANE) 和 NHRP 集成在一起，在 LANE 环境中有效地传输子网间的单址播送数据，在数据通路中不必有路由器。在含有多个分布式 ELAN 的网络中，Fast IP 可以

用来在同一个 ELAN 中的不同子网之间建立捷径，而 MPOA 可以用来在不同的分布式 ELAN 中的不同子网之间建立捷径。

147. Fast IP 有何优点？

Fast IP 是一种基于软件的技术，它使不同子网上的终端系统可以直接通信，避开慢速的路由器。它利用了终端系统的处理能力和应用日益广泛的第二层工作组交换机。

Fast IP 这种简单解决方案既利用了原有的网络基础设施，又使之能够支持新的高要求的应用。

由于 Fast IP 的连接请求须流经常规的路由通路，因此，基于路由器的安全性和网络中已确定的交通控制策略仍然支配着 Fast IP 连接。

Fast IP 将满足和超过下一代网络（如 ATM 和 Gigabit Ethernet）的各项要求。由于 Fast IP 在建立连接期间让路由器参与一次，然后把路由器排除在数据通路以外，所以它能够保护交换控制能力，又能以千兆位每秒速度转发数据，使子网之间实现线路速度的传输。总体解决方案是把交换网的平整化、更高速度的路由和 Fast IP 直通旁路技术结合在一起。随着网络的演变，3Com 公司的 Fast IP 解决方案将为优化未来的高性能网络提供所需的高速度性能。

148. 什么是虚拟网？

虚拟网实际上是与地理位置无关的局域网的一个广播域。由一个工作站发送的广播信息帧只能发送到具有相同虚网号的其他站点。其他 VLAN 的成员收不到这些广播帧。采用 VLAN 具有下述优势：

- 控制网络上的广播风暴；
- 增加网络的安全性；
- 集中化的管理控制。

对于一个成功的虚拟局域网分段，应使 80% ~ 90% 的通信流量限制在同一个逻辑子网中，而仅有 10% ~ 20% 的通信流量会发生在连接逻辑子网的“虚拟路由”中。VLAN 间至少存在 10% ~ 20% 的通信流量，因此，必须有 VLAN 之间的通信机制。

149. 采用 VLAN 具有哪些优势？

交换技术的发展，加快了新的交换技术（VLAN）的应用速度。通过将企业网络划分为虚拟网络（VLAN）网段，可以强化网络管理和网络安全，控制不必要的数据广播。在共享网络中，一个物理的网段就是一个广播域。而在交换网络中，广播域可以是由一组任意选定的第二层网络地址（MAC 地址）组成的虚拟网段。这样，网络中工作组的划分可以突破共享网络中的地理位置限制，而完全根据管理功能来划分。这种基于工作流的分组模式，大大提高了网络规划和重组的管理功能。

在同一个 VLAN 中的工作站，不论它们实际与哪个交换机连接，它们之间的通信就好像在独立的集线器上一样。同一个 VLAN 中的广播只有 VLAN 中的成员才能听到，而不会传输到其他的 VLAN 中去，这样可以很好地控制不必要的广播风暴的产生。同时，若没有路由的话，不同 VLAN 之间不能相互通信，这样增加了企业网络中不同部门之间的安全性。网络管理员可以通过配置 VLAN 之间的路由来全面管理企业内部不同管理单元之间的信息互访。交换机是根据用户工作站的 MAC 地址来划分 VLAN 的。所以，用户可以自由地在企业网络中移动办公，不论他在何处接入交换网络，他都可以与 VLAN 内其他用户自如通信。

VLAN 可以是有混合的网络类型设备组成，比如：10 M 以太网，100 M 以太网，令牌网，FDDI，CDDI 等等，可以是工作站、服务器、集线器、网络上行主干等等。

VLAN 的管理需要比较复杂的专门软件，它通过对用户、MAC 地址、交换机端口号、VLAN 号等管理对象的综合管理，来满足整个网络的 VLAN 划分、监视等功能，以及其他扩展管理功能。现在比较通用的 VLAN 的划分方法是基于 MAC 地址。但也有些厂商的交换机提供更多的 VLAN 划分方法：MAC 地址、协议地址、交换机端口、网络应用类型和用户权限等等。

用户在选择交换机的同时，应当仔细考察选购的交换机的 VLAN 功能，根据自己企业的实际需要，选择满足要求而且管理方便的交换机。同时，应当特别注意现在不同厂商的交换机的 VLAN 之间大多数是不兼容的。VLAN 将广播域进行分割，但通过 VLAN 进行通信则必须通过路由器进行转发。

150. VLAN 之间通信的主要方式有哪几种？

1. 传统的路由器方式

采用传统的路由器方式，实现起来比较方便，而且用户体验比较多。缺点是，这种方式会造成一定的网络拥塞，而且路由器一旦坏了，整个 VLAN 之间就不能互通信息。并且由于所有信息都通过整个网络来访问中心路由器，因而增加了网络延迟和网络流量。

2. 虚拟路由的方式

由于引入了 ATM，路由器的作用就变得十分模糊了。路由选择依然重要，但路由选择的定义，以及到底由哪层进行路由选择都值得商榷。路由选择的作用在于发现、选择和决定从一点到另一点的路径。一般在不同子网、VLAN 或仿真的局域网之间进

行通信时避免使用路由器。因为进行语音、图像等大数据传输时，经过的设备越少越好，目前对 VLAN 之间的路由选择问题提出了不同的解决方式。一种是在局域网交换机上用路由信息缓存来减少对路由器的访问。多层交换机在高速缓冲存储器中存储第三层的信息，并在需要向本地目的地址传送信息包时参考适当的路径信息。这样就避免了通过路由器发送信息包并进行路由计算。

151. 交换机应用领域有哪些？

1. 大型企业（500 节点以上）

大型企业具有跨地域、跨行业、多层次和全方位等特点，业务内容覆盖面广，网络数据传输量大，数据交换能力强，首先要满足企业内部通信的需要，建立网络平台。并且要求网络系统不停机，稳定可靠，不间断运行。要在注重考虑高性能、可管理性、高可靠性、适用性和性能价格比的基础上选择产品。

2. 电信行业

电信系统由于其经营特点和为公众服务的目的，决定了电信系统机构在地理位置上分布范围广，提供业务多而且不断更新。网络设备要求更是严格，一般网络设备选型为广域网产品。

3. 铁路系统

铁路系统一般对广域网通信要求较高，各个站点的节点数不是特别多，所以各站点在建设局域网进行设备选型时可考虑选择部门级交换机或工作组级交换机。

4. 银行业

该行业支行分布范围广，业务活动频繁，业务品种变化多，业务量增长快，因此对稳定性和响应时间要求比较高。由于该行业对数据敏感性特别高，因此要求有链路冗余，传输链路应具有

备份功能，一旦主线路发生故障，备份线路可立即替换。所以要求网络设备处理能力强、容错性能好，并考虑好扩展性、可用性及可靠性。

5. 证券业

该行业具有迅速、及时响应和稳定、安全、可靠、不间断运行的特点。设备选型要求背板速度快、冗余性能好、可管理及可堆叠，并充分考虑好设备的可开放性、可扩展性、可用性和可靠性。

6. 教育行业

该行业对数据的关键性要求不是很高，涉及到多媒体教学、视频点播等主要应用，设备选型时要考虑到高带宽、高可用性及高扩展性。

7. 中小型企业

对于企业的网络节点数少于 500 点的中小型企业，在创建企业 Intranet 时，由于企业内部数据流量不大，实时响应性不高，同时考虑到企业的可持续性发展，应注重网络设备的通用性、可靠性、可管理性、可扩充性及性能价格比。

总之，网络已经改变，用户却希望网络总是可以工作并且总是透明的。适应这种需求需要有弹性、速度和安全的控制。Internet 及 Intranet 已经使企业将注意力集中到最重要的东西——信息上，而不是基础结构上。通过策略控制网络是新的网络技术范例。控制方式使网络变得透明并保持配置 Intranet 的灵活性。通过交换技术，能满足用户今天及未来的商业需求。而灵活的组网、线速性能以及完全的扩展性能使设备配置长期有效。

152. 交换机的性能指标有哪些？

交换机属于网络设备中的中高端产品，用户在选购时除了解

其提供的主要扩展功能外，还应该对各种品牌和型号的交换机产品进行横向比较，确定其交换性能的差异。交换机的主要性能参数包括：

1. 吞吐率

根据 IETF 的 REC1242 的定义，吞吐率指的是不丢失帧时能够达到的最大速率。由于以太网（Ethernet）的帧长度是可变的，从 64 ~ 1 518 B 不等，因此测试速率时应测试不同帧长度下的速率，一般而言，64 B 的帧容易丢失。

2. 延迟时间

交换机处理 Ethernet 包的时间，一般测试的是从收到最后一位到发出最早一位的时间（Last bit in, First bit out）。

3. 包丢失率

持续负载下交换机丢失包的比率，虽然 Ethernet 协议规定的丢失重发保证了丢包不影响数据正确性，但大量的丢失降低了网络的利用率和实用性能。

4. 非法帧测试

交换机一般都采用存储转发技术（Store-and-forward），它从一个端口收到帧后，会对其进行检验，如果有错，则将之丢弃，不传送。因此，如果用 Ethernet 测试仪从一个端口输入故意生成的错误包（长度小于 64 byte 或长度大于 1 536 byte 或 CRC 校验码错），不应从其他端口看到这些帧。

5. 阻塞测试

如果一个端口往两个目的端口发包，其中一个目的端口阻塞，但另一个目的端口不阻塞，则交换机应能将包发到非阻塞的端口，如果发往非阻塞端口出现帧丢失的话，则此交换机存在 Head-of-Line 阻塞。

6. X-Stremimua

此测试检查交换机在所有端口同时收发包时的性能，测试时

产生不同负载情况（如 10% ~ 90% 负载），记录包丢失情况，丢失包越少越好。

153. 如何选择交换机？

交换机性能的好坏将直接影响到整个网络，因此了解一下交换机参数不仅是必要的，而且有助于更好地作出符合实际需要的选择。目前，ATM 交换机的价格居高不下，并且主要应用在大型网络的骨干网或者广域网中，所以，我们将讨论的重点集中在对以太网交换机的参数进行剖析上。

1. 背板带宽与端口速率的选择

交换机的端口速率已经从 10 Mbit/s，100 Mbit/s 提高到现在的 1000 Mbit/s，有人已提出了兆兆位交换机的概念。从目前网络应用的热点来看，10 M 交换机已经淡出市场。另外，由于 10M/100 M 自适应网卡的价格大幅降低，使用户能够在桌面上享受到快速以太网技术，进而越来越多的用户在主干网上将使用千兆位以太网交换技术。1000 M 交换机一般应用在大型网络的骨干网中，与 ATM 一样，为用户提供高速的主干带宽。100 M 交换机将在中小型网络的主干中发挥作用，或者在大型网络中扮演二级交换机的角色。

对于 100 M 交换机来说，还有一种常见的参数是速率的自动适配，即交换机的端口速率可以与网卡匹配，决定是以 10 Mbit/s 速率还是以 100 Mbit/s 速率连接。

虽然端口速率很重要，但是，影响交换速率的因素除了端口每秒吞吐多少数据包的能力外，还有：

(1) 背板带宽：当然是越宽越好，它将为交换机在高负荷下提供高速交换。

(2) 包转发率：即交换机每秒转发数据包的数量。

2. 交换方式

我们知道，交换机将每一个端口都挂在一条带宽很高的背板总线（Core Bus）上，背板总线与交换引擎（Switch Engining）相连，由端口进来的封装数据包经背板总线进入交换引擎。交换机通过两种方式进行数据包的交换：

直通交换：提供线速处理能力，交换机只读出网络帧的前 14 个字节，便将网络帧转送到相应的端口上；

存储转发：通过对网络帧的读取进行验错和控制。前一种方法的交换速度非常快，但缺乏对网络帧进行更高级的控制，缺乏智能性和安全性，同时也无法支持具有不同速率的端口的交换。因此，各厂商把后一种技术作为重点。

3. 模块化还是固定配置

目前，市场上的交换机从设计理念上讲只有两种：一种是机箱式交换机（也称为模块化交换机）；另一种是独立式固定配置交换机。

机箱式交换机最大的特色就是具有很强的可扩展性，它能提供一系列扩展模块，诸如千兆位以太网模块、FDDI 模块、ATM 模块、快速以太网模块、令牌环模块等等，所以能够将具有不同协议、不同拓扑结构的网络连接起来。它最大的缺点就是价格昂贵。机箱式交换机一般作为骨干交换机来使用。

固定配置交换机，一般具有固定端口的配置，比如 Cisco 的 Catalyst1900/ 2900 交换机，3Com 的 SuperStack 系列，Bay 的 BayStack350/ 450 交换机等。固定配置交换机的可扩充性显然不如机箱式交换机，但是成本却低得多。

所以，在选择交换机时应按照需要和经费来综合考虑是购买机箱式还是固定配置的交换机。一般来说，大型网络的中心交换机应考虑其扩充性和冗余性，适合采用机箱式交换机；而二级交换机或者中小型网络的主干网则可采用简单明了的独立式交

交换机。

4. 专用芯片与通用芯片

一台交换机实际上就是一台计算机，因此也有自己的处理器（CPU）。在 100 M 1 000 M 交换机中，处理器的任务十分繁重。有些交换机的生产厂商，采用通用的 CPU 芯片。由于通用 CPU 芯片不是专为交换机设计的，所以工作效率比较低，如果多个端口同时工作，则会引起丢包、堵塞等状况发生。

大多数交换机生产厂商，采用自己专门设计的 ASIC 芯片。这种芯片由于是针对交换机而设计的，效率比较高。所以，在选用交换机时，要特别注意交换机是否采用了 ASIC 专用芯片。

5. 您需要哪一种 VLAN

为了减少碰撞和广播风暴、增强安全性，用户通常要求交换机具有划分 VLAN 功能，也就是说，在交换机上实现划分子网的功能。VLAN 是一组可以互换单一播送数据包的交换机上的端口。当一个数据包从一个属于某 VLAN 的端口进行广播时，交换机收到数据包，然后将它拷贝到这一 VLAN 所包括的所有端口上。

一般来说，不同 VLAN 之间是不能互相通信的，但是有些交换机支持一个端口既可以属于这个 VLAN，又可以属于另外一个 VLAN。

一些交换机依赖于附加的用于交换机之间进行 VLAN 信息通信的协议，允许一个 VLAN 跨越到多台交换机的端口上。

VLAN 的划分方式通常有如下几种：最早的 VLAN 划分是基于端口（Port Based）的，即通过端口来划分 VLAN；现在的交换机还支持通过 MAC 地址（MAC Based）和 IP 地址（Protocol Based）来划分 VLAN；一些较新的交换机，还可以通过策略服务（Policy Service）来管理 VLAN，进一步简化了 VLAN 的划分和管理。

大部分交换机 VLAN 都遵循 IEEE 802.1Q 标准，有些交换机则遵循 CGMP (Cisco Group Management Protocol) 专有标准。

6. 第三层交换还是第四层交换

用户在第二层交换机上划分子网 (VLAN)，其子网之间的通信有赖于路由器的沟通，这就是传统网络的做法。路由器的低效率和大时延使之成为网络流量的瓶颈。于是一种同时具有第二层交换机和第三层路由器功能，并且其时延大大小于传统路由器的全新设备应运而生。这就是第三层交换机。第三层交换机适用在有多个子网而不同的子网之间需要互通的场合，例如大型企业网或者校园网的骨干交换机。

值得一提的是，第三层交换的实现技术目前还没有公认的标准，不同的厂商有不同的作法。例如：ATM 论坛的 MPOA，3Com 的 Fast IP，Cisco 的 Tag Switching，Ascend 的 IP Navigator 等，当然，还有极具发展潜力的 MPLS。

有些第三层交换机具有通过辨别第四层协议端口的能力，有人就将其称为第四层交换机。从根本上来说，第四层交换实际上就是一种第三层交换，不过是有一些增值的软件。第四层交换实际上不在传输层上工作，它还是在第三层上进行交换操作，只不过是第三层交换更加敏感而已。

7. 交换机之间的连接

需要交换机之间互相连接吗？有人认为用一根交叉的双绞线 (1, 2 和 3, 6 对调) 将它们连接起来就万事大吉了，其实不然，交换机之间的连接还要考虑冗余和因此引起的带宽瓶颈问题。

8. 冗余连接突破瓶颈

我们知道，在以太网环境下是不允许出现环路的，生成树 (Spanning Tree) 则可以在交换机之间实现冗余连接又避免出现环路。当然，这要求交换机支持 Spanning Tree。

不过，Spanning Tree 冗余连接的工作方式是 StandBy，也就是

说，除了一条链路工作外，其余链路实际上是处于待机（Stand-By）状态，这显然影响传输的效率。一些最新的技术，例如 FEC（Fast Ethernet Channel），ALB（Advanced Load Balancing）和 Port Trunking 技术，则可以允许每条冗余连接链路实现负载分担。其中 FEC 和 ALB 技术是用来实现交换机与服务器之间的连接（Server to Switch），而 Port Trunking 技术则是实现交换机之间的连接（Switch to Switch）。通过 Port Trunking 的冗余连接，交换机之间可以实现几倍于线速带宽的连接。

9. 堆叠

提供堆叠接口的交换机之间可以通过专用的堆叠线连接起来。通常，堆叠的带宽是交换机端口速率的几十倍。例如，一台 100 M 交换机，堆叠后两台交换机之间的带宽可以达到几百兆甚至上千兆比较每秒。

多台交换机的堆叠是靠一个提供背板总线带宽的多口堆叠母模块与单口的堆叠子模块相连实现的，并插入不同的交换机，实现交换机的堆叠。

10. 上连

交换机可以通过上连端口实现与骨干交换机的连接。例如，一台具有 24 个 10 Mbit/s 和 1 个 100 Mbit/s 端口的交换机，就可以通过 100 Mbit/s 端口与 100 Mbit/s 主干交换机实现 100 Mbit/s 速率的连接。

11. 网络管理功能

交换机的管理功能是指交换机如何控制用户访问交换机，以及用户对交换机的可视程度如何。通常，交换机厂商都提供管理软件或满足第三方管理软件远程管理交换机。一般的交换机满足 SNMP MIB I MIB II 统计管理功能。而复杂一些的交换机会增加通过内置 RMON 组（mini-RMON）来支持 RMON 主动监视功能。有的交换机还允许外接 RMON 监视可选端口的网络状况。

12. 延时

交换机延时 (Latency) 是指从交换机接收到数据包到开始向目的端口复制数据包之间的时间间隔。有许多因素会影响延时大小, 比如转发技术等等。采用直通转发技术的交换机有固定的延时。因为直通式交换机不管数据包的整体大小, 而只根据目的地址来决定转发方向。所以, 它的延时是固定的, 取决于交换机解读数据包前 6 个字节中目的地址的解读速率。采用存储转发技术的交换机由于必须要接收完了完整的数据包才开始转发数据包, 所以它的延时与数据包大小有关。数据包大, 则延时大; 数据包小, 则延时小。

13. 单/多 MAC 地址类型

单 MAC 交换机的每个端口只有一个 MAC 硬件地址。多 MAC 交换机的每个端口捆绑有多个 MAC 硬件地址。单 MAC 交换机主要设计用于连接最终用户、网络共享资源或非桥接路由器。它们不能用于连接集线器或含有多个网络设备的网段。多 MAC 交换机在每个端口有足够存储体记忆多个硬件地址。多 MAC 交换机的每个端口可以看作是一个集线器, 而多 MAC 交换机可以看作是集线器的集线器。每个厂商的交换机的存储体 (Buffer) 的容量大小各不相同。这个 Buffer 容量的大小限制了 this 交换机所能够提供的交换地址容量。一旦超过了这个地址容量, 有的交换机将丢弃其他地址数据包, 有的交换机则将数据包复制到各个端口不作交换。

14. 外接监视支持 (External Monitoring)

一些交换机厂商提供“监视端口”(Monitoring Port), 允许外接网络分析仪直接连接到交换机上监视网络状况。但各个厂商的实现方法各不相同。

154. 交换和路由相结合网络的控制方法有哪些？

随着人们纷纷寻求各种方法以消除 IP 网络中的路由器瓶颈，IP 交换技术遂成为业界的一个热门课题。为了解决企业网络中存在的这个问题，已出现了许多的技术和办法，其中包括“直通路由”和所谓的第三层交换机。网络的一般规律是没有哪一种技术能解决所有的问题。因此，有必要逐一了解所有这些交换和路由相结合网络的控制技术。

1. 处处交换

“处处交换”的方法要求 LAN 中没有任何路由功能，路由器只用于 WAN 连接。由于所有的 LAN 信息流都经过交换机进行传输，所以这种方法能以最低的成本提供最高的性能。它对整个网络进行平整（即取消一切子网），使终端站可以访问 LAN 的任何部分，不必经受路由器的延迟或控制。这极大地简化了某些方面的网络管理，特别是因为终端站的地址与其物理地点无关，故增加迁移/更改终端站极为方便。

从这种网络升级到更高速的网络技术（如千兆以太网）不需要进行重大的结构改变。只需增加带宽，网络就很容易支持“任意对任意”的 Intranet 交换模型。

这种方法的局限性在于其中没有任何减少广播流量的控制手段，也难以实现先进的安全功能。此外，企业还可能没有足够的空间来实现完全平整化的网络。随着网络的扩大，通常需要在某个层次使用第三层控制。

2. 尽可能用交换，必要时用路由

这种方法继承了平整化交换网的简单性，但又在需要保证安全性、减少广播信息流或进行地址管理的地方增加了路由器。其主要设计目标是限制需要路由的信息流流量，以便提高性能和降

低路由管理成本，同时使同一个逻辑子网上各个终端系统之间保持线路速度的交换性能。

如果交通流量在很大程度上是可以预计的，以致于在设计网络时可以把 70% ~ 80% 的交通流量限制在各个特定的逻辑组内部，那就可以用虚拟局域网（VLAN）来产生这些逻辑组。此时路由器的作用只是在各个 VLAN 之间传输信息流。这种办法使工作组内部的性能因增加了带宽而得到提高，而在信息流通过传统路由器时工作组之间的传输性能有所牺牲。为了进一步减少流经路由器的信息流，可以给多个 VLAN 配置服务器，使多个工作组可以存取服务器的数据而不必通过路由器进行传输。

但是，企业并不总是能够预计和限定子网之间或 VLAN 之间的流量。在新出现的 Intranet 环境中，用户要访问分散于整个企业中的许多不同服务器的数据，因而交通流量往往是不可预计的和瞬息万变的。在这些情况下，路由器可能成为网络性能的瓶颈。

3. 一次路由，随后交换

“一次路由，随后交换”是一种新方法，其中包括各种已提出的技术如“IP 交换”和“直通路由”。

这些技术的共同原理是：不同子网上的终端系统之间的通信先通过路由器进行，此后的信息流都取捷径更快的交换通路。不同技术的差别在于如何启用捷径：某些技术依靠终端系统来启动；另一些技术须使用中介或专用的交换机或路由器；还有一些技术以某种方式综合利用上述两种方法。3COM 公司的 Fast IP 技术属于后一类技术。它基于 IETF 的 NHRP 标准草案，运行在终端系统上。

“一次路由，随后交换”这种方法的优点是子网内部和子网之间的信息流均流经速度更快的高带宽通路。其中的最佳解决方案应能适用于现有的交换机和路由器。

4. 处处路由

“处处路由”方法主张使用能够路由每个数据包的设备，过去的解决方案使用基于 CPU 结构的通用路由器，这样的解决方案提供了灵活性，但通常使性能局限在 10 万数据包/秒 (packet/s) 以下。新型的第三层交换机增加了先进的芯片技术，从而极大地提高了整机性能。这些交换机由于集成了先进的、经过充分验证的交换/路由能力，使网络控制方法得以过渡到“处处路由”的模型。

史无前例的高速度、简单的网络控制和基于 LAN 的策略服务，这些优点使第三层交换机最终将取代 LAN 核心中的大多数通用路由器。这些新型交换机提供线路速度的路由，完全消除了今天日益增多的子网间的任一对任一通信瓶颈。

155. 新一代吉位线速路由交换机有何特点？

1997 年，新一代吉位线速路由交换机面世。它采用专用硬件 ASIC 进行包处理，转发速度可以达到 40 Mpacket/s 以上，比传统路由器速度快几十倍，而且结构变化不大。吉位路由交换机一举解决了瓶颈的问题，它的出现向 IP over ATM 方案提出了有力挑战。首先，在因特网骨干网上，吉位线速路由交换机取代了 ATM 交换机，在 SDH 上甚至直接在光纤 (DWDM) 上运行 IP。这样网络既减少了内部开销，简化了设备，降低了成本，又简化了网管。其次，在城域网、校园网方面，对于以 IP 业务为主的网络，采用吉位线速路由交换机，直接在光纤上运行吉位以太网，这是构成宽带 IP 网的最佳方案。

另外，随着 IP 业务的发展，ATM IP 多协议、多业务平台将逐步过渡到纯 IP 平台。

电信网已经装备了大量 ATM 设备，目前传统数据通信业务

也还有很大的市场。因此，ATM IP 多协议、多业务平台会继续存在一个时期。但是，我国由于数据通信业务起步晚，对多协议、多业务的要求不强烈，发展用吉位线速路由交换机构成宽带 IP 网无疑是最佳选择。例如近来 AT&T 已经在因特网骨干上将 ATM 交换机全部换成了基于 IP over SDH 的路由器，构成了纯路由器 IP 骨干网。

随着通信体制革命的深入发展，ATM 将逐渐退出历史舞台，让位给宽带 IP 网。但是，ATM 发展的先进思想和技术已经被宽带 IP 技术吸收。随着技术的发展，三层交换机与路由器的本质区别会越来越模糊。

156. 传统路由器与标记交换路由器（LSR）相比较有何特点？

传统路由器是包转发机制，包的 IP 地址（全局意义）是关键字，处理相当复杂。从 IP 包中取出 IP 宿地址，在转发表中查询其匹配的网络号才能转发到下一跳。由于因特网引入了无类域间路由（CIDR），要作（可变）子网掩码运算，且是 IP 地址的最长网络前缀匹配原则。转发表项大时，需要多级缓存查表。有时还要做包过滤等处理，过程复杂、处理费时。另外，为支持 IP QoS，新的传统路由器（高速）要处理多字段的 IP 包头分类，包括 IP 地址、协议字段、端口号等，最长可达 104 比特信息。据此，再进行相应的排队和调度。每一跳都要这样逐包处理，引起时延和时延抖动问题。新的传统路由器（高速）可支持 DiffServ 实现一定的 QoS，此时只处理 DS 的 6 个比特，相对简单些，但还要逐跳逐个分析 IP 包头。

与传统路由器相比，LSR 从包转发变成标记交换，从复杂查询变为简单索引。标记（本地意义）和入端口号是关键字，相比于以 IP 地址（尽管是地址前缀）为关键字，表项要少得多。这

样，转发表就简化成交换表，即基于定长而有序、精确区配的标准索引，不需作任何附加处理（注：在边缘路由器（LER）要作附加处理），包的排队和调度都只与标记有关，提高了转发速度和效率，硬件实现更为简单。LER 同时具有标记交换和传统包转发的功能，处理相对要复杂些。

157. ATM 交换机上提供 POS 和 GE 等接口与真正的 GSR 有何不同？

有些 ATM 交换机上虽然能够提供 POS 和 GE 等接口，但因为 ATM 交换机上的 POS/GE 还是采用 IP over ATM 的方式接入到 ATM 交换核心的，同样存在协议复杂、开销大的缺点，不能实现分布路由转发，因此即使在 ATM 交换机上全部插上 POS 等 IP 业务接口板，但与真正的 GSR 相比，本质上仍然是不同的。

158. GSR 设备提供的 ATM 接口与 ATM 交换机上的接口有何不同？

有些 GSR 设备虽能提供 ATM 接口，但 GSR 设备上的 ATM 接口是 ATM 网络上的终端侧设备，在进入 GSR 交换网络之前，已经将所有的 VC 终结，把信元重新组装成 IP 包进行转发，因此 GSR 不能实现 ATM VC 的交换，通过 GSR 提供的两个 ATM 接口不能提供一个面向连接、固定带宽的 IP 通道。

159. 什么是一体化交换和 LAN MAN WAN 融合？

计算机网络在发展过程中分成了局域网、城域网和广域网，在网络交换设备方面，则有工作于链路层的集线器、交换机和工作于网络层的路由器之分。

随着吉位路由交换机、千兆以太网的出现和光传输技术的进

步，上述产品分工和网络划分概念开始发生变化。吉位线速路由交换机由于采用硬件 ASIC 电路进行包处理和转发，采用高性能路由处理机计算路由表，因此它既可以提供第二层的交换功能，提供 VLAN 服务，又可以提供网络层（L3）的路由器的功能，支持 RIP，OSPF，BGP4 等各种路由协议，另外它还支持传输层（L4）的一些服务。所以，人们又称之为 L2/ L3/ L4 一体化交换机。这种路由交换机的出现不仅改变了原有产品的分工方法，也对网络结构产生了重大影响，它可以大大简化网络结构。千兆以太网的出现使传输速率达到 1 Gbit/ s。现代全双工以太网交换机已经消除了传统以太网共享媒体防碰撞造成的效率低和传输距离短的限制，量子阱分布反馈激光器等新激光器的出现，使得吉位以太网在单模光纤上的无放大传输距离可以达到 80 km 以上，有放大、无电再生的传输距离可以达到 600 km 以上。这样，原来划分 LAN MAN WAN 的界限消失了，千兆以太网可以用于 LAN，MAN 甚至 WAN。从广域网到城域网，局域网采用不同速率的以太网，具有相同的、与 IP 数据包一致的帧格式，中间不需要任何格式转换，实现无缝连接，设备简单，效率高。目前，光缆到路边或大楼，LAN 接入已经成为一种新的接入方法，称为 GITS（Gigabit Internet To School（Home））。

当然，这种组网新概念在快速发展的同时，它也受到传统组网概念的束缚。一些大网络设备生产商，为了保护其已有投资利益，仍然坚持传统的产品和网络分工方法，强调各种产品的分工和差异，例如他们不承认 L3 交换是路由器，强调它和千兆以太网只能用于企业网，不能用于骨干网。这样很容易造成用户思想混乱，不能及时采用新技术，接受新概念。我们应该从发展的观点，站在更高的高度看这个问题，做出正确的判断。

160. 什么是网关？

网关，在一个计算机网络中，当连接不同类型而协议差别又较大的网络时，则要选用网关设备。网关的功能体现在 OSI 模型的最高层，它将协议进行转换，将数据重新分组，以便在两个不同类型的网络系统之间进行通信。由于协议转换是一件复杂的事，一般来说，网关只进行一对一转换，或是少数几种特定应用协议的转换，网关很难实现通用的协议转换。用于网关转换的应用协议有电子邮件、文件传输和远程工作站登录等。

网关和多协议路由器（或特殊用途的通信服务器）组合在一起可以连接多种不同的系统。和网桥一样，网关可以是本地的，也可以是远程的。目前，网关已成为网络上每个用户都能访问大型主机的通用工具。

对于网关，有着不同叙述。有些文章认为网关是路由器中的一个部件，是属于第三、四层。有的文章认为网关是第四层至第七层的设备，各家有各家的观点。作者认为：在路由器中讨论的网关与第七层讨论的网关其含义是不一样的。按照 OSI RM 的规范来说应用层的网关才是真正意义上的网关。除了网关外，应用层还有一个防火墙。

161. 什么是 IP 电话网关？

最初的 IP 电话只是网上 PC 用户利用专用的 Internet 软件来实现的。以 1995 年 VocalTec 公司发布 Internet Phone1.0 版本为契机，IP 电话开始崭露头角。随着 IP 电话为更多的人所认识，很多电信公司开始将注意力投向这一领域。

但是 PC 用户毕竟是少数，于是他们将目光投向众多的 PSTN

电话用户。这时 IP 电话网关就应运而生，但它的实现大都以工控机加语音处理卡和 IP 链路卡而构成，这种工控机处理能力相当有限，一般只能处理几十个话路，远远不能满足组建大型电信级 IP 电话网的需要。

为了组建大规模的 IP 电话网络，设备制造商研制了电信级 IP 电话网关。电信级 IP 电话网关的处理能力也大大加强，接口密度一般有几个到几百个 E1。

162. IP 电话网关主要功能是什么？

为了提供具有一定服务质量的 IP 电话业务，就必须组建一个能够保证可靠性和服务质量的 IP 电话网。IP 电话网主要由以下几个部分组成：承载网，即 IP 网；IP 电话网关；IP 电话网的管理层面；接入部分（可以有多种方式，普通电话网接入，局域网接入和无线接入等其他方式）。

IP 电话网关位于公用交换电话网与 IP 网的接口处，它是电话用户使用 IP 电话的接入设备。IP 电话网关既是电路交换的终结点，也是分组交换的起始点。在电话网侧 IP 电话网关一般有数字中继接口，在 IP 网侧一般有局域网接口。IP 电话网关设备是 IP 电话网的关键设备，它既要在媒体流方面，又要在信令方面实现电话网与 IP 网的互操作。它的主要功能为：

(1) 完成 PSTN, ISDN, GSM 侧的呼叫建立和释放，以及 IP 网络侧的呼叫建立和释放，完成电路侧信令和 IP 网侧信令的转换。实现 H.323, H.225, H.245, RTP/ RTCP, TCP/ IP, ISUP, TUP, DSS 中国一号等协议。

(2) 完成语音编、解码和数据包的形成、回声消除、静音检测和静音压缩，并提供收端缓存以消除时延抖动等功能。

(3) 采集计费信息，能够记录通话开始和结束时间等计费信

息，并在通话结束时或定期向网守发送计费信息。

(4) 接入认证功能，网关要能与后台认证系统配合验证用户身份并确定该用户是否为 IP 电话的有权用户。

(5) 具有与网管设备的接口，完成配置、统计、故障查询、告警等功能。

163. IP 电话网关设备有哪些类型？

目前，IP 电话网关设备的产品很多，但归纳起来主要分为三大类：

第一类是由传统电信设备制造商研制开发的，如华为公司、北电等。这类产品一般是基于交换机平台，因此设备的容量比较大。

第二类是由数据设备制造商开发的产品，如 Cisco，3COM，Ascend 等，这类产品的特点是基于路由器或接入服务器的硬件平台，设备的容量属于中等。

第三类是由计算机厂商和新兴制造商开发的产品，一般是基于工控机插卡式，如 Clarent，VocalTec 等。

164. IP 电话网关的发展趋势是什么？

从技术发展的趋势来看，IP 电话有将网络设备的控制部分和媒体处理部分分离的趋势，即呼叫控制和媒体处理分别由独立的物理实体来完成，这样网络就清晰地可分为控制流层面和媒体流层面。将 IP 电话网关分解成媒体网关和媒体网关控制器就是这种趋势的体现。进行这种分解的最大好处在于这种结构具有良好的可扩展性，它包括业务和网络规模的可扩展性。这样，在网络结构上可以由媒体网关控制器和其他管理设备形成一个统一的

管理层面，而由媒体网关形成媒体流层面，在组建大型电信级的 IP 电话网络时可大大提高组网的灵活性并能有效地节约投资。相信随着技术的进步和市场的培育，IP 电话的未来会越来越美好。

165. 防火墙是什么？

由于 Internet（因特网）的迅速发展，提供了发布信息和检索信息的场所，但它也带来了信息污染和信息破坏的危险，人们为了保护其数据和资源的安全，出现了防火墙。那么防火墙是什么呢？

防火墙原是建筑物大厦设计来防止火灾从大厦的一部分传播到另一部分。在城域网里“防火墙”是指一种将内部网和公众访问网（如 Internet）分开的方法，它实际上是一种隔离技术。防火墙是在两个网络通讯时执行的一种访问控制尺度，它能允许你“同意”的人和数据进入你的网络，同时将你“不同意”的人和数据拒之门外，最大限度地阻止网络中的黑客来访问你的网络，防止他们更改、拷贝、毁坏你的重要信息。防火墙从本质上说是一种保护装置。它防止 Internet 上的危险（病毒、资源盗用等）传播到你的网络内部。而事实上 Internet 防火墙不像一座现代化大厦中的防火墙，而更像北京故宫的护城河。它服务于多个目的：

- (1) 限制人们从一个特别的控制点进入；
- (2) 防止侵入者接近你的其他防御设施；
- (3) 限定人们从一个特别的点离开；
- (4) 有效的阻止破坏者对你的计算机系统破坏。

因特网防火墙常常被安装在受保护的内部网络连接到因特网的点上，如图 5.8 所示。

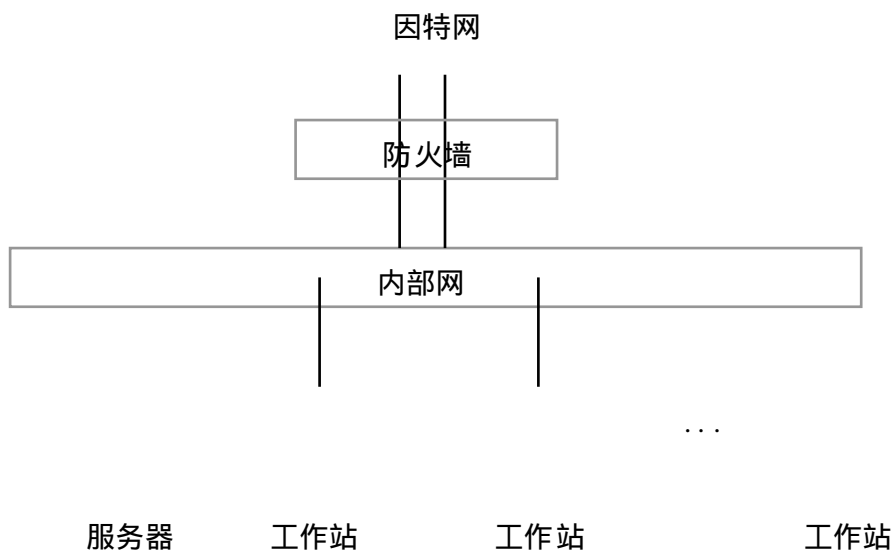


图 5.8 防火墙在因特网与内部网中的位置

166. 防火墙技术的安全性如何认识？

防火墙对网络的安全起到了一定的保护作用，但并非万无一失。通过对防火墙的基本原理和实现方式进行分析和研究，对防火墙的安全性应有一个客观的认识。

1. 正确选用、合理配置防火墙非常不容易

防火墙作为网络安全的一种防护手段，有多种实现方式。建立合理的防护系统，配置有效的防火墙应遵循这样四个基本步骤：a. 风险分析；b. 需求分析；c. 确立安全政策；d. 选择准确的防护手段，并使之与安全政策保持一致。

然而，多数防火墙的设立没有或很少进行充分的风险分析和需求分析，而只是根据不很完备的安全政策选择了一种似乎能“满足”需要的防火墙，这样的防火墙能否“防火”还是个问题。

2. 需要正确评估防火墙的失效状态

评价防火墙性能如何及能否起到安全防护作用，不仅要看它工作是否正常，能否阻挡或捕捉到恶意攻击和非法访问的蛛丝马

迹，而且要看到一旦防火墙被攻破，它的状态如何？按级别来分，它应有这样四种状态：a. 未受伤害能够继续正常工作；b. 关闭并重新启动，同时恢复到正常工作状态；c. 关闭并禁止所有的数据通行；d. 关闭并允许所有的数据通行。前两种状态比较理想，而第四种最不安全。但是许多防火墙由于没有条件进行失效状态测试和验证，无法确定其失效状态等级，因此网络必然存在安全隐患。

防火墙必须进行动态维护防火墙安装和投入使用后，并非万事大吉。要想充分发挥它的安全防护作用，必须对它进行跟踪和维护，要与商家保持密切的联系，时刻注视商家的动态。因为商家一旦发现其产品存在安全漏洞，就会尽快发布补救（Patch）产品，此时应尽快确认真伪（防止特洛伊木马等病毒），并对防火墙软件进行更新。

3. 目前很难对防火墙进行测试验证

防火墙能否起到防护作用，最根本、最有效的证明方法是对其进行测试，甚至站在“黑客”的角度采用各种手段对防火墙进行攻击。然而具体执行时难度较大：

(1) 防火墙性能测试目前还是一种很新的技术，尚无正式出版刊物，可用的工具和软件更是寥寥无几。据了解目前只有美国ISS公司提供有防火墙性能测试的工具软件。

(2) 防火墙测试技术尚不先进，与防火墙设计并非完全吻合，使得测试工作难以达到既定的效果。

(3) 选择“谁”进行公正的测试也是一个问题。

可见，防火墙的性能测试决不是一件简单的事情，但这种测试又相当必要，进而提出这样一个问题：不进行测试，何以证明防火墙安全？

4. 非法攻击防火墙的基本“招数”

(1) 通常情况下，有效的攻击都是从相关的子网进行的。因

为这些网址得到了防火墙的信赖，虽说成功与否尚取决于机遇等其他因素，但对攻击者而言很值得一试。下面我们以数据包过滤防火墙为例，简要描述可能的攻击过程。

这种类型的防火墙以 IP 地址作为鉴别数据包是否允许其通过的条件，而这恰恰是实施攻击的突破口。许多防火墙软件无法识别数据包到底来自哪个网络接口，因此攻击者无需表明进攻数据包的真正来源，只需伪装 IP 地址，取得目标的信任，使其认为来自网络内部即可。IP 地址欺骗攻击正是基于这类防火墙对 IP 地址缺乏识别和验证的机制。

通常主机 A 与主机 B 的 TCP 连接（中间有或无防火墙）是通过主机 A 向主机 B 提出请求建立起来的，而其间 A 和 B 的确认仅仅根据由主机 A 产生并经主机 B 验证的初始序列号（ISN）。具体分三个步骤：

主机 A 产生它的 ISN，传送给主机 B，请求建立连接；

B 接收到来自 A 的带有 SYN 标志的 ISN 后，将自己本身的 ISN 连同应答信息 ACK 一同返回给 A；

A 再将 B 传送来的 ISN 及应答信息 ACK 返回给 B。

至此，正常情况，主机 A 与 B 的 TCP 连接就建立起来了。

IP 地址欺骗攻击的第一步是切断可信赖主机。

这样可以使 TCP 淹没攻击（TCP SynFlood Attack），使得信赖主机处于“自顾不暇”的忙碌状态，相当于被切断，这时目标主机会认为信赖主机出现了故障，只能发出无法建立连接的 RST 包而无暇顾及及其他。

攻击者最关心的是猜测目标主机的 ISN。为此，可以利用 SMTP 的端口（25），通常它是开放的，邮件能够通过这个端口，与目标主机打开（Open）一个 TCP 连接，因而得到它的 ISN。在此有效期间，重复这一过程若干次，以便能够猜测和确定 ISN 的产生和变化规律，这样就可以使用被切断的可信赖主机的 IP 地

址向目标主机发出连接请求。请求发出后，目标主机会认为它是 TCP 连接的请求者，从而给信赖主机发送响应（包括 SYN），而信赖主机目前仍忙于处理 Flood 淹没攻击产生的“合法”请求，因此目标主机不能得到来自于信赖主机的响应。

现在攻击者发出回答响应，并连同预测的目标主机的 ISN 一同发给目标主机。

随着不断地纠正预测的 ISN，攻击者最终会与目标主机建立一个会晤。通过这种方式，攻击者以合法用户的身份登录到目标主机而不需进一步的确认。如果反复试验使得目标主机能够接收对网络的 ROOT 登录，那么就可以完全控制整个网络。

归纳起来，防火墙安全防护面临威胁的几个主要原因有：SOCK 的错误配置；不适当的安全政策；强力攻击；允许匿名的 FTP 协议；允许 TFTP 协议；允许 Rlogin 命令；允许 X-Windows 或 Open Windows；端口映射；可加载的 NFS 协议；允许 Win95/ NT 文件共享；Open 端口。

(2) 破坏防火墙的另一种方式是攻击与干扰相结合。也就是在攻击期间使防火墙始终处于繁忙的状态。防火墙过分的繁忙有时会导致它忘记履行安全防护的职能，处于失效状态。

(3) 需要特别注意的是，防火墙也可能被内部攻击。因为安装了防火墙后，随意访问被严格禁止了，这样内部人员无法在闲暇的时间通过 Telnet 浏览邮件或使用 FTP 向外发送信息，个别人会对防火墙不满进而可能攻击它、破坏它，期望回到从前的状态。这里，攻击的目标常常是防火墙或防火墙运行的操作系统，因此不仅涉及网络安全，还涉及主机安全问题。

以上分析表明，防火墙的安全防护性能依赖的因素很多。防火墙并非万能，它最多只能防护经过其本身的非法访问和攻击，而对不经防火墙的访问和攻击则无能为力。从技术来讲，绕过防火墙进入网络并非不可能。

目前大多数防火墙都是基于路由器的数据包分组过滤类型，防护能力差，存在各种网络外部或网络内部攻击防火墙的技术手段。

167. 防火墙的基本类型有哪些？

当挑选防火墙时，必须理解防火墙的工作方式才能评估它是否能够真正满足自己的需要。为了找出适合用户所在组织的最佳防火墙产品，用户必须将自己的需求映射到特定的防火墙类型上。一旦你挑选了正确的体系，琳琅满目的防火墙产品也就变得不再令人眼花缭乱了。

防火墙有许多种形式，有的以软件形式运行在普通计算机之上，有的以硬件形式单独实现，也有的以固件形式设计在路由器之中。总的来说防火墙分为三种：包过滤防火墙（也叫网络级防火墙）、应用级网关、状态监视器（电路级网关）和规则检查防火墙。

168. 什么是包过滤防火墙？

在 Internet 这样的 TCP/IP 网络上，所有往来的信息都被分割成许许多多一定长度的信息包，包中包含发送者的 IP 地址和接收者的 IP 地址信息。当这些信息包被送上 Internet 时，路由器会读取接收者的 IP 并选择一条合适的物理线路发送出去，信息包可能经由不同的路线抵达目的地，当所有的包抵达目的地后会重新组装还原。包过滤式的防火墙会检查所有通过的信息包中的 IP 地址，并按照系统管理员所给定的过滤规则进行过滤。如果防火墙设定某一 IP 地址的站点为不适宜访问的话，从这个地址来的所有信息都会被防火墙屏蔽掉。

包过滤防火墙的优点是它对于用户来说是透明的，处理速度快而且易于维护，通常作为第一道防线。包过滤路由器通常没有用户的使用记录，这样我们就不能得到入侵者的攻击记录。而攻破一个单纯的包过滤式防火墙对黑客来说还是有办法的。“IP 地址欺骗”和“同步风暴”便是黑客用于攻击包过滤防火墙比较常用的手段。另外，包过滤防火墙还具有配置繁琐的缺点。它阻挡别人进入内部网络，但也不告诉你何人进入你的系统，或者何人从内部进入 Internet。它可以阻止外部对私有网络的访问，却不能记录内部的访问。包过滤另一个关键的弱点就是不能在用户级别上进行过滤，即不能鉴别不同的用户和防止 IP 地址盗用。

先进的网络级防火墙可以判断这一点，它可以提供内部信息以说明所通过的连接状态和一些数据流的内容，把判断的信息同规则表进行比较，在规则表中定义了各种规则来表明是否同意或拒绝包的通过。包过滤防火墙检查每一条规则直至发现包中的信息与某规则相符。如果没有一条规则能符合，防火墙就会使用默认规则，一般情况下，默认规则就是要求防火墙丢弃该包。其次，通过定义基于 TCP 或 UDP 数据包的端口号，防火墙能够判断是否允许建立特定的连接，如 Telnet，FTP 连接。

下面是某一网络级防火墙的访问控制规则：

- (1) 允许网络 123.1.0 使用 FTP (21 口) 访问主机 150.0.0.1;
- (2) 允许 IP 地址为 202.103.1.18 和 202.103.1.14 的用户 Telnet (23 口) 到主机 150.0.0.2 上;
- (3) 允许任何地址的 E-mail (25 口) 进入主机 150.0.0.3;
- (4) 允许任何 WWW 数据 (80 口) 通过;
- (5) 不允许其他数据包进入。

网络级防火墙简洁、速度快、费用低，并且对用户透明，但是对网络的保护很有限，因为它只检查地址和端口，对网络更高

协议层的信息无理解能力。

169. 什么是应用级网关？

应用级网关也就是通常我们提到的代理服务器。它适用于特定的 Internet 服务，如 HTTP，FTP 等等。代理服务器通常运行在两个网络之间，它对于客户来说像是一台真的服务器，而对于外部的服务器来说，它又是一台客户机。当代理服务器接收到用户对某站点的访问请求后会检查该请求是否符合规定，如果规则允许用户访问该站点的话，代理服务器会像一个客户一样去那个站点取回所需信息再转发给客户。代理服务器通常都拥有一个高速缓存，这个缓存存储用户经常访问的站点内容，在下一个用户要访问同一站点时，服务器就不用重复地获取相同的内容，直接将缓存内容发出即可，既节约了时间也节约了网络资源。代理服务器会像一堵墙一样挡在内部用户和外界之间，从外部只能看到该代理服务器而无法获知任何的内部资源，诸如用户的 IP 地址等。

应用级网关比单一的包过滤更为可靠，而且会详细地记录所有的访问状态信息。但是应用级网关也存在一些不足之处：首先它会使访问速度变慢，因为它不允许用户直接访问网络，而且应用级网关需要对每一个特定的 Internet 服务安装相应的代理服务软件，用户不能使用未被服务器支持的服务，对每一类服务要使用特殊的客户端软件，尤其是，并非所有的 Internet 应用软件都可以使用代理服务器。

常用的应用级防火墙已有了相应的代理服务器，例如：HTTP，NNTP，FTP，Telnet，Rlogin，X-Windows 等。但是，对于新开发的应用，尚没有相应的代理服务，它们将通过网络级防火墙和一般的代理服务。

应用级网关有较好的访问控制，是目前最安全的防火墙技

术，但实现困难，而且有的应用级网关缺乏“透明度”。在实际使用中，用户在受信任的网络上通过防火墙访问 Internet 时，经常会发现存在延迟并且必须进行多次登录 (Login) 才能访问 Internet 或 Intranet。

170. 什么是电路级网关？

电路级网关又称状态监测防火墙，这种防火墙具有非常好的安全特性，它使用了一个在网关上执行网络安全策略的软件模块，称之为监测引擎。监测引擎在不影响网络正常运行的前提下，采用抽取有关数据的方法对网络通信的各层实施监测，抽取状态信息，并动态地保存起来作为以后执行安全策略的参考。监测引擎支持多种协议和应用程序，并可以很容易地实现应用和服务的扩充。与前两种防火墙不同，当用户访问请求到达网关的操作系统前，状态监视器要抽取有关数据进行分析，结合网络配置和安全规定做出接纳、拒绝、身份认证、报警或给该通信加密等处理动作。

这种防火墙的优点是一旦某个访问违反安全规定，就会拒绝该访问，并报告有关状态作日志记录。状态监测防火墙的另一个优点是它会监测无连接状态的远程过程调用 (RPC) 和用户数据报 (UDP) 之类的端口信息，而包过滤和应用网关防火墙都不支持此类应用。这种防火墙无疑是非常坚固的。但是它会降低网络的速度，而且配置也比较复杂。

当然有关防火墙厂商已注意到这一问题，有些防火墙产品的安全策略规则是通过面向对象的图形用户界面 (GUI) 来定义以简化配置过程。限制同时上网人数，限制使用时间或阻塞 Java, Active X 控件等，依需求不同而定。

电路级网关用来监控受信任的客户或服务器与不受信任的主

机间的 TCP 握手信息，这样来决定该会话 (Session) 是否合法，电路级网关是在 OSI 模型中会话层上来过滤数据包，这样比包过滤防火墙要高二层。实际上电路级网关并非作为一个独立的产品存在，它与其他的应用级网关结合在一起，如 Trust Information Systems 公司的 Gauntlet Internet Firewall；DEC 公司的 AltaVista Firewall 等产品。另外，电路级网关还提供一个重要的安全功能：代理服务器 (Proxy Server)，代理服务器是个防火墙，在其上运行一个叫做“地址转移”的进程，来将所有公司内部的 IP 地址映射到一个“安全”的 IP 地址，这个地址是由防火墙使用的。但是，作为电路级网关也存在着一些缺陷，因为该网关是在会话层工作的，它就无法检查应用层级的数据包。

171. 什么是规则检查防火墙？

该防火墙结合了包过滤防火墙、电路级网关和应用级网关的特点。它同包过滤防火墙一样，规则检查防火墙能够在 OSI 网络层上通过 IP 地址和端口号，过滤进出的数据包。它也像电路级网关一样，能够检查 SYN 和 ACK 标记和序列数字是否逻辑有序。当然它也象应用级网关一样，可以在 OSI 应用层上检查数据包的内容，查看这些内容是否能符合公司网络的安全规则。

规则检查防火墙虽然集成前三者的特点，但是不同于一个应用级网关的是，它并不打破客户机/服务机模式来分析应用层的数据，它允许受信任的客户机和不受信任的主机建立直接连接。规则检查防火墙不依靠与应用层有关的代理，而是依靠某种算法来识别进出的应用层数据，这些算法通过已知合法数据包的模式来比较进出数据包，这样从理论上就能比应用级代理在过滤数据包上更有效。

目前在市场上流行的防火墙大多属于规则检查防火墙，因为

该防火墙对于用户透明，在 OSI 最高层上加密数据，不需要去修改客户端的程序，也不需对每个需要在防火墙上运行的服务额外增加一个代理。如现在最流行的防火墙之一 OnTechnology 软件公司生产的 OnGuard 和 CheckPoint 软件公司生产的 FireWall-1 防火墙都是一种规则检查防火墙。

从趋势上看，未来的防火墙将位于网络级防火墙和应用级防火墙之间，也就是说，网络级防火墙将变得更加能够识别通过的信息，而应用级防火墙在目前的功能上则向“透明”、“低级”方面发展。最终防火墙将成为一个快速注册稽查系统，可保护数据以加密方式通过，使所有组织可以放心地在节点间传送数据。

172. 防火墙如何配置？

防火墙配置有三种：

1. Dual-homed 方式（双重宿主主机体系结构）

Dual-homed 方式最简单。Dual-homed Gateway 放置在两个网络之间，这个 Dual-homed Gateway 又称为 Bastion host。这种结构成本低，但是它有单点失败的问题。这种结构没有增加网络安全的自我防卫能力，而它往往是受“黑客”攻击的首选目标，它自己一旦被攻破，整个网络也就暴露了。

2. Screened-host 方式（被屏蔽主机体系结构）

Screened-host 方式中的 Screening router 为保护 Bastion host 的安全建立了一道屏障。它将所有进入的信息先送往 Bastion host，并且只接受来自 Bastion host 的数据作为出去的数据。这种结构依赖 Screening router 和 Bastion host，只要有一个失败，整个网络就暴露了。

3. Screened-subnet 方式（被屏蔽子网体系结构）

Screened-subnet 包含两个 Screening router 和两个 Bastion host。

在公共网络和私有网络之间构成了一个隔离网，称之为“停火区” (DMZ, 即 Demilitarized Zone), Bastion host 放置在“停火区”内。这种结构安全性好，只有当两个安全单元被破坏后，网络才被暴露，但是成本也很昂贵。

173. 防火墙的安全措施有哪些？

各种防火墙的安全性能不尽相同。这里仅介绍一些一般防火墙的常用安全措施。

1. 防电子欺骗术

防电子欺骗术功能是保证数据包的 IP 地址与网关接口相符，防止通过修改 IP 地址的方法进行非授权访问。还应对可疑信息进行鉴别，并向网络管理员报警。

2. 网络地址转移

地址转移是对 Internet 隐藏内部地址，防止内部地址公开。这一功能可以克服 IP 寻址方式的诸多限制，完善内部寻址模式。把未注册 IP 地址映射成合法地址，就可以对 Internet 进行访问。

3. 开放式结构设计

开放式结构设计使得防火墙与相关应用程序和外部用户数据库的连接相当容易，典型的应用程序连接如财务软件包、病毒扫描、登录分析等。

4. 路由器安全管理程序

它为 Bay 和 Cisco 的路由器提供集中管理和访问列表控制。

防火墙技术的致命弱点在于数据在防火墙之间的更新是一个难题，如果延迟太大将无法支持实时服务请求。额外的管理负担是另外一个弱点。此外，防火墙采用滤波技术，滤波通常使网络的性能降低 50% 以上，如果为了改善网络性能而购置高速路由器，又会大大提高经济预算。一个普通路由器不足 4 000 美元，

而一个高速路由器的价格可能在 20 000 美元以上，这使滤波器无法广泛应用。而且，只装有滤波器往往还不足以保证安全，尤其无法防止防火墙内侧的攻击。因此，防火墙技术往往只作为辅助安全策略。

在理想情况下，一个好的防火墙应该能把各种安全问题在发生之前解决。就现实情况看，这还是个遥远的梦想。目前我们还只能在各种利弊之间“走钢丝”。

174. 防火墙技术有何优缺点？

防火墙技术的优点体现在：

(1) 防火墙能强化安全策略

因为 Internet 上每天都有上百万人在那里收集信息、交换信息，不可避免地会出现个别品德不良的人，或违反规则的人，防火墙是为了防止不良现象发生的“交通警察”，它执行站点的安全策略，仅仅容许“认可的”和符合规则的请求通过。

(2) 防火墙能有效地记录 Internet 上的活动

因为所有进出信息都必须通过防火墙，所以防火墙非常适用收集关于系统和网络使用和误用的信息。作为访问的唯一一点，防火墙能在被保护的网络和外部网络之间进行记录。

(3) 防火墙限制暴露用户点

防火墙能够用来隔开网络中一个网段与另一个网段。这样，能够防止影响一个网段的问题通过整个网络传播。

(4) 防火墙是一个安全策略的检查站

所有进出的信息都必须通过防火墙，防火墙便成为安全问题的检查点，使可疑的访问被拒之门外。

上面我们叙述了防火墙的优点，但它还是有缺点的，主要表现在：

(1) 不能防范恶意的知情者

防火墙可以禁止系统用户经过网络连接发送专有的信息，但用户可以将数据复制到磁盘、磁带上，放在公文包中带出去。如果入侵者已经在防火墙内部，防火墙是无能为力的。内部用户偷窃数据，破坏硬件和软件，并且巧妙地修改程序而不接近防火墙。对于来自知情者的威胁只能要求加强内部管理，如主机安全和用户教育等。

(2) 防火墙不能防范不通过它的连接

防火墙能够有效地防止通过它进行传输信息，然而不能防止不通过它而传输的信息。例如，如果站点允许对防火墙后面的内部系统进行拨号访问，那么防火墙绝对没有办法阻止入侵者进行拨号入侵。

(3) 防火墙不能防备全部的威胁

防火墙被用来防备已知的威胁，如果是一个很好的防火墙设计方案，可以防备新的威胁，但没有一个防火墙能自动防御所有的新的威胁。

(4) 防火墙不能防范病毒

防火墙不能消除网络上的 PC 机的病毒。

175. 选择防火墙需要综合考虑的问题是什么？

我们认为，用户在选购防火墙产品时，除了从以上的功能特点考虑之外，还应该注意好的防火墙应该是企业整体网络的保护者，并能弥补其他操作系统的不足，使操作系统的安全性不会对企业网络的整体安全造成影响。防火墙应该能够支持多种平台，因为使用者才是完全的控制者，而使用者的平台往往是多种多样的，它们应选择一套符合现有环境需求的防火墙产品。由于新产品的出现，就会有人研究新的破解方法，所以好的防火墙产品应

拥有完善及时的售后服务体系。

好的防火墙还应该向使用者提供完整的安全检查功能，但是一个安全的网络仍必须依靠使用者的观察及改进，因为防火墙并不能有效地杜绝所有的恶意封包，企业想要达到真正的安全仍然需要内部人员不断记录、改进、追踪。防火墙可以限制唯有合法的使用者才能进行连接，但是否存在利用合法掩护非法的情形仍需依靠管理者来发现。

防火墙与代理服务器最大的不同在于防火墙是专门为了保护网络安全而设计的，而一个好的防火墙不但应该具备包括检查、认证、警告、记录的功能，并且能够为使用者可能遇到的困境，事先提出解决方案，如 IP 不足形成的 IP 转换的问题，信息加密 / 解密的问题，大企业要求能够透过 Internet 集中管理的问题等，这也是选择防火墙时必须考虑的问题。

没有一个防火墙的设计能够适用于所有的环境，所以建议选择防火墙时，还应根据站点的特点来选择合适的防火墙。另外，不要把防火墙的等级看得过重。在各种报纸杂志中的等级评选中，防火墙的速度占有很大的比重。如果站点通过 T1 线路或更慢的线路连接到 Internet 上，大多数防火墙的速度完全能满足站点的需要。

下面是选购一个防火墙时，用户应该从自身考虑的因素：

1. 受威胁的程度

若入侵者闯入网络，将要受到的潜在的损失；其他已经用来保护网络及其资源的安全措施；由于硬件或软件失效，或防火墙遭到“拒绝服务攻击”，而导致用户不能访问 Internet，造成的整个机构的损失；机构所希望提供给 Internet 的服务，希望能从 Internet 得到的服务以及可以同时通过防火墙的用户数目。

2. 是否有经验丰富的管理员

防火墙管理的难易度是防火墙能否达到目的的主要考虑因素

之一。一般企业之所以很少以已有的网络设备直接当作防火墙的原因，除了先前提到的包过滤，并不能达到完全的控制之外，设定工作困难、须具备完整的知识以及不易除错等管理问题，更是一般企业不愿意使用的主要原因。

3. 防火墙本身的安全问题

在选择防火墙时都将注意力放在防火墙如何控制连接以及防火墙支持多少种服务，但往往忽略了一点，防火墙也是网络上的主机之一，也可能存在安全问题，防火墙如果不能确保自身安全，则防火墙的控制功能再强，也终究不能完全保护内部网络。

大部分防火墙都安装在一般的操作系统上，如 Unix、NT 系统等。在防火墙主机上执行的除了防火墙软件外，所有的程序、系统核心，也大多来自于操作系统本身的原有程序。当防火墙主机上所执行的软件出现安全漏洞时，防火墙本身也将受到威胁。此时，任何的防火墙控制机制都可能失效，因为当一个黑客取得了防火墙上的控制权以后，黑客几乎可为所欲为地修改防火墙上的访问规则，进而侵入更多的系统。因此防火墙自身应有相当高的安全保护。

4. 用户可能考虑的特殊功能要求

(1) 网络地址转换功能 (NAT)

进行地址转换有两个好处：其一是隐藏内部网络真正的 IP，这可以使黑客无法直接攻击内部网络，这也是笔者之所以要强调防火墙自身安全性问题的主要原因；另一个好处是可以让内部使用保留的 IP，这对许多 IP 不足的企业是有益的。

(2) 双重 DNS

当内部网络使用没有注册的 IP 地址，或是防火墙进行 IP 转换时，DNS 也必须经过转换，因为，同样的一个主机在内部的 IP 与给予外界的 IP 将会不同，有的防火墙会提供双重 DNS，有的则必须在不同主机上各安装一个 DNS。

(3) 虚拟专用网络 (VPN)

VPN 可以在防火墙与防火墙或移动的客户端之间对所有网络传输的内容加密，建立一个虚拟通道，让两者感觉是在同一个网络上，可以安全且不受拘束地互相存取。

(4) 扫毒功能

大部分防火墙都可以与防病毒软件搭配实现扫毒功能，有的防火墙则可以直接集成扫毒功能，差别只是扫毒工作是由防火墙完成，或是由另一台专用的计算机完成。

(5) 特殊控制需求

有时候企业会有特别的控制需求，如限制特定使用者才能发送 E-mail，FTP 只能下载文件不能上传文件等。

176. 防火墙产品的发展趋势？

1. 优良的性能

新一代的防火墙系统不仅应该能够更好地保护防火墙后面内部网络的安全，而且应该具有更为优良的整体性能。传统的代理型防火墙虽然可以提供较高级别的安全保护，但是同时它也成为限制网络带宽的瓶颈，这极大地制约了在网络中的实际应用。数据通过率是表示防火墙性能的参数，由于不同防火墙的不同功能具有不同的工作量和系统资源要求，因此数据在通过防火墙时会产生延时。自然，数据通过率越高，防火墙性能越好。现在大多数的防火墙产品都支持 NAT 功能，它可以让防火墙受保护的一边的 IP 地址不至于暴露在没有保护的另一边，但是启用 NAT 后势必会对防火墙系统的性能有所影响。目前如何尽量减少这种影响也成为防火墙产品的卖点之一。另外防火墙系统中集成的 VPN 解决方案必须是真正的线速运行，否则将成为网络通信的瓶颈。

特别是采用复杂的加密算法（如 3DES）时，其性能尤为重

要。总之，未来的防火墙系统将会把高速的性能和最大限度的安全性有机结合在一起，有效地消除制约传统防火墙的性能瓶颈。

2. 可扩展的结构和功能

对于一个好的防火墙系统而言，它的规模和功能应该能够适应内部网络的规模和安全策略的变化。选择哪种防火墙，除了应考虑它的基本性能之外，毫无疑问，还应考虑用户的实际需求与未来网络的升级。

因此防火墙除了具有保护网络安全的基本功能外，还提供对 VPN 的支持，同时还应该具有可扩展的内驻应用层代理，除了支持常见的网络服务以外，还应该能够按照用户的需求提供相应的代理服务，例如，如果用户需要 NNTP（网络消息传输协议），X-Windows，HTTP 和 Gopher 等服务，防火墙就应该包含相应的代理服务程序。

未来的防火墙系统应是一个可随意伸缩的模块化解决方案，从最为基本的包过滤器到带加密功能的 VPN 型包过滤器，直至一个独立的应用网关，使用户有充分的余地构建自己所需要的防火墙体系。

3. 简化的安装与管理

防火墙的确可以帮助管理员加强内部网的安全性。一个不具体实施任何安全策略的防火墙无异于高级摆设。防火墙产品配置和管理的难易程度是防火墙能否达到目的的主要考虑因素之一。实践证明许多防火墙产品并未起到预期作用的一个不容忽视的原因在于配置和实现上的错误。同时，若防火墙的管理过于困难，则可能会造成设定上的错误，反而不能达到其功能。因此未来的防火墙将具有非常易于进行配置的图形用户界面。NT 防火墙市场的发展证明了这种趋势。Windows NT 提供了一种易于安装和易于管理的基础。尽管基于 NT 的防火墙通常落后于基于 Unix 的防火墙，但 NT 平台的简单性以及它方便的可用性大大推动了基

于 NT 的防火墙的销售。同时，像 DNS 这类一直难于与防火墙恰当使用的关键应用程序正引起有意简化操作的厂商越来越多的关注。

4. 主动过滤

Internet 数据流的简化和优化使网络管理员将注意力集中在 Web 数据流进入他们的网络之前需要在数据流上完成更多的事。

防火墙开发商通过建立功能更强大的 Web 代理对这种需要做出了回应。例如，许多防火墙具有内置病毒和内容扫描功能或允许用户与病毒与内容扫描程序进行集成。今天，许多防火墙都包括对过滤产品的支持，并可以与第三方过滤服务连接，这些服务提供了不受欢迎 Internet 站点的分类清单。防火墙还在它们的 Web 代理中包括时间限制功能，允许非工作时间的冲浪和登录，并提供冲浪活动的报告。

5. 防病毒与防黑客

尽管防火墙在防止不良分子进入上发挥了很好的作用，但 TCP/IP 协议套件中存在的脆弱性使 Internet 对拒绝服务攻击敞开了大门。在拒绝服务攻击中，攻击者试图使企业 Internet 服务饱和或使与它连接的系统崩溃，使 Internet 无法供企业使用。防火墙市场已经对此做出了反应。虽然没有防火墙可以防止所有的拒绝服务攻击，但防火墙厂商一直在尽其可能阻止拒绝服务攻击。像序列号预测和 IP 欺骗这类简单攻击，这些年来已经成为了防火墙工具箱的一部分。像 SYN 泛滥这类更复杂的拒绝服务攻击需要厂商部署更先进的检测和避免方案来对付。SYN 泛滥可以锁死 Web 和邮件服务，这样没有数据流可以进入。

综上所述，未来防火墙技术会全面考虑网络的安全、操作系统的安全、应用程序的安全、用户的安全、数据的安全，五者综合应用。此外，网络的防火墙产品还将把网络前沿技术，如 Web 页面超高速缓存、虚拟网络和带宽管理等与其自身结合起来。

177. 什么是代理服务器？

随着因特网技术的迅速发展，越来越多的计算机连入了因特网。它促进了信息产业的发展，并改变了人们的生活、学习和工作方式，对很多人来说，因特网已成为不可缺少的工具。而随着因特网的发展也产生了诸如 IP 地址耗尽、网络资源争用和网络安全等问题。代理服务器就是为了解决这些问题而产生的一种有效的网络安全产品。

代理服务器 (Proxy) 的工作机制很像我们生活中常常提及的代理商，代理服务器 (Proxy Server) 是在 Internet 上具有大容量储存设备的一个服务器，它的任务是代替使用者到网址上取得所需要的资料，并且把最近被访问过的内容暂时保存在服务器上。比如在浏览器中设置为使用代理服务器访问 Internet，当用户想去微软的网页看一看有关微软产品的最新消息，这时用户的浏览器会先到所设定的代理服务器上去查找有没有微软网页的最新内容，如果没有，就由这个代理服务器去把微软的网页下载回来，放在服务器上并且也传送给用户的浏览器。如果这个网页的最新内容已经放在代理服务器上，那么代理服务器不再到微软的网页上，而是直接把这些内容送到用户的浏览器。显而易见，代理服务器的作用就是加速网络访问的速度。如果用户使用的是一个本地的代理服务器，比如 ISP 所建立的代理服务器，而想去访问一个国外的网址，当服务器上已经有用户想下载的内容时，用户访问的实际是本地的服务器，而不是国外的网址，所以速度会比直接访问快得多。而当用户想要的内容不在代理服务器上，而需要代理服务器到真正的网址上取回来，这时的速度也不会比直接存取慢，因为服务器与服务器之间的连接是比较快的。以代理服务器的作用来看，代理服务器就像一个网络上的 Cache，浏览

器先到这个 Cache 上查找，大大加快了访问 Internet 的速度，尤其是在 Internet 的国际出口拥挤时更能体现出它的优点。

目前几种比较流行的代理服务器软件有 SyGate 3.1, WinProxy 3.0, WinGate 3.04, Microsoft Proxy 2.0, WinRoute 4.0, 但是市场上的代理服务器软件还有很多。这些产品除了具有所需的代理功能以外，还提供了众多吸引人的强大功能，各有各的特点，适合于不同的环境使用，需要我们根据具体的情况有选择地使用，以达到最好的效果和降低成本。

178. 代理服务器有哪些功能？

综上所述，代理服务器（Proxy Server）是一种服务器软件，它的主要功能有：

(1) 设置用户验证和记账功能，可按用户进行记账，没有登记的用户无权通过代理服务器访问 Internet 网。并对用户的访问时间、访问地点、信息流量进行统计。

(2) 对用户进行分级管理，设置不同用户的访问权限，对外界或内部的 Internet 地址进行过滤，设置不同的访问权限。

(3) 增加缓冲器（Cache），提高访问速度，对经常访问的地址创建缓冲区，大大提高热门站点的访问效率。通常代理服务器都设置一个较大的硬盘缓冲区（可能高达几个 GB 或更大），当有外界的信息通过时，同时也将其保存到缓冲区中，当其他用户再访问相同的信息时，则直接由缓冲区中取出信息，传给用户，以提高访问速度。

(4) 连接 Internet 与 Intranet 充当 Firewall（防火墙）。因为所有内部网的用户通过代理服务器访问外界时，只映射为一个 IP 地址，所以外界不能直接访问到内部网；同时可以设置 IP 地址过滤，限制内部网对外部的访问权限。

(5) 节省 IP 开销：如前面所讲，所有用户对外只占用一个 IP，所以不必租用过多的 IP 地址，降低网络的维护成本。

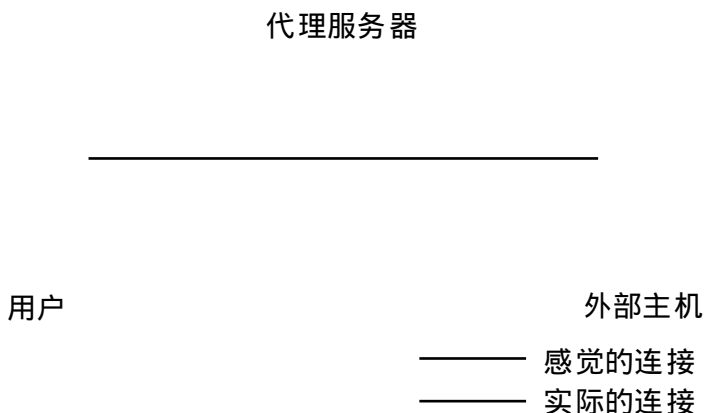


图 5.9 代理的实现过程

179. 代理服务有何优缺点？

1. 代理服务的优点

(1) 代理服务允许用户“直接”访问因特网

采用双重宿主主机的方案，用户需要登录到主机上才能访问因特网，这样会使用户感到很不方便，有些用户就可能寻找其他方法来通过防火墙。而采用代理服务，用户会认为他们是直接访问因特网。

当然这需要在后台运行一些程序，但这对用户来讲是透明的。代理服务系统允许用户从他们自己的系统访问因特网，但不允许数据包在用户系统和因特网之间直接传送。传送只能是间接的，或通过双重宿主主机，或通过一个堡垒主机和屏蔽路由器

系统。

(2) 代理服务适合于做日志

因为代理服务懂得优先协议，它们允许日志服务以一种特殊且有效的方式来进行。比如一个 FTP 代理服务器只记录发出的命令和服务器接收的回答，来代替记录所有的数据传输，这样产生的日志就会小而有用。

2. 代理服务的缺点

(1) 代理服务落后于非代理服务

尽管代理软件已广泛应用于一些老而旧的服务，如 Telnet 和 FTP 等，但是要找到一些为了某些新而少的服务使用的可靠软件是很困难的。在一个服务出现和它的代理服务的出现之间一般会有一个较为明显的延迟，这个延迟时间的长短是依赖于为代理而设计的服务器的。这使得一个站点在提供一个新的服务时无法立刻提供代理服务，在可以使用代理服务之前，该服务只能不放在防火墙内，这样一来就有安全漏洞产生。

(2) 每个代理服务要求不同的服务器

用户可能需要为每个协议配置不同的代理服务器，因为代理服务器需要按照协议来决定允许什么和不允许什么，并且要扮演一个角色，它对真实服务器来说是客户，对客户来说是真实服务器。因此选择、安装和配置这些不同的代理服务器是一项复杂的工作。

软件产品和软件包在配置的难易程度上是完全不同的，在一个软件上很容易做的可能在另一个软件上就非常难。例如，那些特别容易配置的服务器通常灵活性要差一些，它们能容易地配置是因为对如何使用它们作了各种假定，这些假定对于用户的站点来说可以是合适的也可以是不合适的。

(3) 代理服务一般要求对客户或程序进行修改

除了一些专门为代理而设计的服务外，代理服务器要求对客

户或程序进行修改，每一种修改都有其不足之处，人们无法总是用正常的方式来进行工作。因为这些修改，代理应用就可能没有非代理应用运行得那样好，同时对于协议的理解也可能有偏差，并且一些客户程序和服务器要比非代理服务缺乏灵活性。

(4) 代理服务对某些服务来说是不合适的

代理服务能否实现取决于能否在客户和真实服务器之间插入代理服务器，这要求两者间的交谈有相对的直接性。一个像 talk 这样复杂的交谈可能永远无法进行代理。

(5) 代理服务受协议本身缺点的限制

作为一个确保安全的方案，代理首先要判断对协议中哪些操作是安全的，但并不是所有的协议都能方便地作到这一点，如 X-Windows 系统协议中就存在许多不安全的操作，并且假如禁止这些不安全的操作系统就不能正常地运转了。

180. 什么是服务器技术？

服务器 20 世纪 90 年代主流计算机产品，是在网络环境下提供网上客户机共享资源（包括查询、存储和计算等）的设备。它具有高可靠性、高性能、高吞吐能力和大内存容量等特点，并且具备强大的网络功能和友好的人机界面，是以网络为中心的现代计算环境的关键设备。随着 Internet, Intranet 的高速发展，服务器的应用将变得越来越广泛，在整个信息高速公路的基础结构中起着举足轻重的作用。从目前的服务器技术发展趋势来看，PC 服务器在与小型机拉近，许多原先为主机系统独有的技术不断地被移植到 PC 服务器上，未来 PC 服务器很有可能替代小型机。但这并不是说 PC 服务器可以完全替代 UNIX 服务器，它们将并存，各自在不同的应用层面上发挥作用。

作为服务器（Server）是一台提供网络资源和为工作站和其

他客户机服务的计算机。作为服务器的计算机应具有的特点是：

- (1) 可管理性
- (2) 高可用性
- (3) 可连接性
- (4) 可扩充性

它是为其他计算机“服务”的计算机。通常服务器本身并不用于处理业务工作的任务，而向其他计算机的处理作业提供必要的服务，这就是服务器的任务。

通常在局域网中，一台服务器要悬挂若干台（几台到几十台）客户机，服务器必须对这些客户机的所有要求都作出响应，因此，要求服务器应当具有相当强的功能和相当高的性能。

再者，如果服务器停止运行，则整个局域网的功能都将中止，所以，服务器必须设计得能够耐得住连续运行。

采用主计算机或者事物处理计算机作为服务器时，大体上可以满足以上的各项要求。但是，采用个人机做服务器时，则需要增添 UPS（不间断电源）和双磁盘之类的硬件

181. PC 服务器有哪些相关性能和技术？

PC 服务器的基本性能和技术是指服务器硬件的相关性能和技术，其中以硬盘容量、磁盘阵列、内存大小、容错能力、集群系统等基本技术为主。

1. 硬盘容量

服务器的硬盘空间一般要求是网络中每个用户需求的空间容量乘以网络设计用户数之积。由于服务器的重要功能之一是为网络用户提供一个共享文件和应用软件的存储中心仓库，因此一般服务器的硬盘存储空间是 PC 硬盘容量的 10 ~ 100 倍。所以 PC 服务器除了采用大容量本机硬盘外，有些还采用容量更大、稳定性

更高、备份机制更强的磁盘阵列。由于磁盘直接与内存交换信息，是随机存储数据的高速存储设备，因而服务器磁盘阵列必须是高可靠性硬盘组，因为它们决定了服务器系统存储空间的大小，还决定了系统的安全稳定性能，根据服务器的应用情况，硬盘容量可以从 4.3 ~ 54 GB，甚至更多。

2. 磁盘阵列

磁盘阵列有许多特点。首先是提高了存储容量；其次是多台硬磁盘驱动器可并行工作，提高了数据传输率；第三，由于有校验技术，提高了系统的可靠性。如果阵列中有一台硬磁盘损坏，利用其他盘可以重组出损坏盘上原来的数据，不影响系统正常工作，并可以在带电状态下更换已坏硬磁盘（热插拔功能），阵列控制器自动把重组数据写入新盘，或写入热备份盘而使新盘成为热备份盘。磁盘阵列通常配有冗余设备，如电源和风扇，以保证磁盘阵列的散热和系统的可靠性。磁盘阵列有 8 种 RAID 类型，为了系统的安全、稳定和快速，往往将系统软件、数据信息及镜像数据分别放在不同的磁盘阵列中，并根据服务器的应用环境，一般应该配有 2 ~ 3 种以上的 RAID 类型。

3. 内存大小

实践证明，较大内存可以提高服务器系统的处理能力与运算能力，因为内存是 CPU 在处理与运算数据时输入输出最近的驿站。同时系统处理能力的极大提高还依赖于系统的二级高速缓存 (Cache) 的增加，原因是二级高速缓存可为 CPU 提供一个超速工作空间。为了保证最大程度上的稳定、安全和高速，PC 服务器的内存和二级缓存基本上采用 100 MHz 的 ECCS DRAM 存储器。当前 PC 服务器的内存大小一般在 64 MB ~ 4 GB，二级缓存一般在 512 kB ~ 4 MB 之间。

4. 容错能力及容错系统

容错能力是指在出现故障时服务器能继续工作的能力。容错

系统一般有两种，即因有热备份方案而允许出错的系统，和对出错非常敏感的系统。这里的“出错”既有人为因素，也有非人为原因。由于工作要求，服务器必须具有高可用性和可持续工作的能力，即便是诸如磁盘、风扇、电源、应用程序等出现故障也应能运行。因此，PC 服务器除了选用高质量、低故障的电源、磁盘阵列等设备外，还应采用多种部件备份容错方式，如双电源、双风扇、双主机备份通道及双设备通道等。同时许多 PC 服务器还配置一些专用适配卡来对系统进行实时监控，这些设备随时与控制台保持通信联系，实时报告服务器的内部工作温度，提供系统各个组件的状态信息。

5. 故障的在线修复技术

故障的在线修复技术包括故障部件可带电插拔和部件的在线配置技术。可带电插拔的部件如硬盘、内存、外设插卡、电源、风扇的热插拔，目前 PC 服务器中值得骄傲的技术是 PCI 的热插拔。模块化设计将是今后的发展方向。

6. I2O (Intelligent I/O) 技术

因目前 CPU 主频速度提升很快，I/O 速度遂成为系统的瓶颈。为了解决该瓶颈问题，厂商将 I/O 子系统中加入 CPU，负责中断处理、缓冲和数据传输等任务，提高了系统的吞吐能力，解放了服务器的主处理器，使其能腾出空间和时间来处理更为重要的任务，这就是智能输入输出技术。这样，使用了 I2O 技术的 PC 服务器，即使硬件规模不变，也能处理更多的任务。

7. SCSI (Small Computer Systems Interface) 接口

SCSI 是一种小型计算机系统接口，它的最大优势就是该标准享有十分强劲的业界支持，几乎所有硬件厂商都在开发与 SCSI 接口连接相关的设备，SCSI 连接设备有物理距离和设备数目的限制。

8. 集群系统 (Cluster System)

服务器集群指通过特殊的软件和硬件支持将两台或多台服务器组成服务器集合，它的目的是减少系统的故障时间，提高系统的可用性。有两种服务器集群方法；一种是将备份服务器连接在主服务器上，当主服务器发生故障时，备份服务器才投入运行，把主服务器上所有任务接管过来；另一种方法是将多台服务器连接起来，这些服务器一起分担同样的应用和数据库计算任务，改善关键大型应用的响应时间，同时，每台服务器还承担一些容错任务，一旦某台服务器出现故障时，系统可以在系统软件的支持下，将这台服务器与系统隔离，并通过各服务器的负载转嫁机制完成新的负载分配。

9. 对称多处理系统 (SMP)

随着应用水平的提高，单个处理器很难满足实际的应用需求，因而服务器厂商纷纷采用对称多处理系统来解决这一矛盾。PC 服务器中最常见的对称多处理系统采用 2 路、4 路或 8 路处理器，UNIX 服务器可支持 64 个 CPU 系统。SMP 系统中最关键的技术问题是如何更好地解决多处理器的协调和通讯。

182. 服务器的种类如何？

上面讲过，服务器是向其他计算机提供服务的计算机。服务器依照其服务的内容也可分作以下七种：

- (1) 文件服务器；
- (2) 应用程序服务器；
- (3) 数据库服务器；
- (4) 打印服务器；
- (5) 通信服务器；
- (6) 邮件服务器；

(7) FAX (传真) / 调制解调服务器。

不过，这并不意味着必须为每一项服务器内容设置一台服务器，往往是使用一台服务器兼任几项服务器内容。

然而，如果想要用一台服务器去完成全部功能的话，至少，个人机是不能胜任的；另外，从局域网网络整体上看，具备有上述全部功能的服务器，还很少见。

由于网络技术的不断发展，国外国内的众多厂家都先后推出了自己的服务器产品。

183. 什么是服务器的集群技术？

通俗地说，集群是这样一种技术：它至少将两个系统连接到一起，使两台服务器能够像一台机器那样工作或者看起来好像一台机器。采用集群系统通常是为了提高系统的稳定性和网络中心的数据处理能力及服务能力。自 20 世纪 80 年代初以来，各种形式的集群技术纷纷涌现。因为集群能够提供高可用性和可伸缩性，所以，它迅速成为企业和 ISP 计算的支柱。

常见集群技术：

1. 服务器镜像技术

服务器镜像技术是将建立在同一个局域网之上的两台服务器通过软件或其他特殊的网络设备（比如镜像卡）将两台服务器的硬盘做镜像。其中，一台服务器被指定为主服务器，另一台为从服务器。客户只能对主服务器上的镜像的卷进行读写，即只有主服务器通过网络向用户提供服务，从服务器上相应的卷被锁定以防对数据的存取。主/从服务器分别通过心跳监测线路互相监测对方的运行状态，当主服务器因故障宕机时，从服务器将在很短的时间内接管主服务器的应用。

服务器镜像技术的特点是成本较低，提高了系统的可用性，

保证了在一台服务器宕机的情况下系统仍然可用，但是这种技术仅限于两台服务器的集群，系统不具有可扩展性。

2. 应用程序错误接管集群技术

错误接管集群技术是将建立在同一个网络里的两台或多台服务器通过集群技术连接起来，集群节点中的每台服务器各自运行不同的应用，具有自己的广播地址，对前端用户提供服务，同时每台服务器又监测其他服务器的运行状态，为指定服务器提供热备份作用。当某一节点因故障宕机时，集群系统中指定的服务器会在很短的时间内接管故障机的数据和应用，继续为前端用户提供服务。

错误接管集群技术通常需要共享外部存储设备-磁盘阵列柜，两台或多台服务器通过 SCSI 电缆或光纤与磁盘阵列柜相连，数据都存放在磁盘阵列柜上。这种集群系统中通常是两个节点互为备份的，而不是几台服务器同时为一台服务器备份，集群系统中的节点通过串口、共享磁盘分区或内部网络来互相监测对方的心跳。

错误接管集群技术经常用在数据库服务器、MAIL 服务器等的集群中。这种集群技术由于采用共享存储设备，所以增加了外设费用。它最多可以实现 32 台机器的集群，极大地提高了系统的可用性及可扩展性。

第六部分 宽带接入技术

人们都知道 FTTH 是宽带接入的最终归属，但对于信息高速公路的最后一公里，现实性似乎比先进性更为重要，千万不要低估铜线在这里的生存期，千万要注意无线技术对这里的冲击。

184. 什么是接入网？

接入网（Access Network, AN）在 ITU-T 第 13 研究组的建议 G.963 中，接入网被定义为本地交换机（LE）与用户端设备（TE）之间的实施系统，其目的是综合考虑本地交换局、用户环路和终端设备，通过有限的标准化接口将各种用户的需求接入业务节点。接入网的引入给通信网带来新的变革，使整个通信网络结构发生了根本的变化。它除了包含用户线传输系统、复用设备外，还包括数字交叉连接设备和用户/网络接口设备。

随着经济的发展和科学技术的进步，人们的工作和日常生活已越来越离不开各种通信服务，对电信业务也提出了越来越高的要求，电信业务正逐渐从传统的电话等窄带业务向集语音、高速数据和可变视频为一体的多媒体宽带业务方向发展。要满足这种发展的要求，必须利用现有的通信网，逐步建立起能同时传输多种业务的宽带综合业务数字网（B-ISDN）。然而，在电信网范围内，被称为“信息高速公路最后一公里”的位于端局和用户间的接入网部分，现在多为铜线结构。由于受传输损耗、传输带宽及

噪声等的限制，现行铜线接入网已越来越难以满足电信新业务发展的需求，逐渐成为发展 B-ISDN 的瓶颈所在。作为交换局与用户终端之间的连接纽带，接入网的数字化、宽带化理所当然被提到议事日程，成为当前电信网发展的焦点之一。将来的接入网应该是一个以 FTTH 形式实现的宽带接入网。

烽火通信科技股份有限公司作为中国光纤通信技术的研究与开发基地（在中国光通信的发展史上拥有多个第一），作为国内的知名的接入网产品提供商新近推出了基于 SDH 传输平台的新一代综合宽带接入系统——IBAS。以最经济的方法在满足窄带接入的同时，又兼顾宽带接入的需求。尤其是比较完善的解决了 IP 接入问题，为中国的接入网建设提供了一条理想的解决方案，可称为新一代的宽带接入产品，必将在进入高速增长期的我国接入网建设发挥应有的作用。

185. 为什么在一个接入平台上综合各种接入技术已显得越来越重要？

预计，在今后的 10 年内，包括我国电信网在内的世界各国电信网中的数据业务量（主要是 IP 业务量）将超过电话业务量，这将使电信网发生历史性的变化，不可避免地给电信网的发展和建设带来一些新的问题，特别是计算机局域网和 Internet 国际互连网的普及向通信业务网的接入能力提出了强有力的挑战。宽带通信业务和多媒体通信的发展使我国用户接入网的发展建设将进入一个新的阶段。

在接入网的主干层采用 SDH-ADM 组成的自愈环或 ATM 光纤接入等宽带技术，对 IP 业务的解决已不是问题，问题的关键在配线层、引入层，目前常用的宽带 IP 接入技术有 xDSL（包括 HDSL，ADSL，VDSL，UADSL，EDSL 等）和以太网技术。它们各有特色，适于不同的应用。没有一种接入技术能解决所有问题，

在一个接入平台上综合各种接入技术已显得越来越重要。随着业务网络的相互融合以及网络向宽带化、分组化方向发展，接入网已发展为一个集话音、数据和视频业务于一体的综合业务接入平台。

在接入网内部支持 VOIP, VTOA 等协议，以分组方式传送语音业务，是网络真正融合的关键。接入手段多样化，各种宽带接入技术既竞争发展，又相互补充。现在最为市场看好的是 LAN 接入技术。LAN 技术具有技术成熟、价格便宜、安装方便等优点，但也存在安全性、服务带宽难以保障，管理困难的缺点。另外，受线缆资源、延伸距离等因素的影响，LAN 接入技术不可能一统天下。

ADSL, HFC 两种技术将在未来几年的接入网市场中占据可观的份额。许多情况下在同一个光节点 ADSL (HFC) 和 LAN 接入相配合可以实现最优的组网模式。APON 作为最佳的 FTTH/ FT-TO 技术，将在明年进入商用阶段。

186. 接入网与远端模块有何不同？

严格意义上的接入网要具备一个重要特征，即其与交换机之间的业务节点接口应为开放的、标准的 V5 接口（包括 V5.1 与 V5.2），其与交换机是互相独立的，并具备话音、数据及图像的综合接入能力。另一种将光纤向用户延伸的重要接入手段是采用交换机远端模块，远端模块是交换机内部传输链路的外部化，相当于把交换机的用户级通过光纤延伸到了靠近用户的地方。按严格的技术定义，接入网是不含端局与远端模块之间的部分。下面从七个方面对接入网与远端模块进行比较。

1. 接口

接入网与交换机的接口为开放的 V5 接口，可以兼容任何种类的交换机；远端模块与交换机的接口是专用和封闭的内部协议接口。

2. 业务能力

接入网提供综合接入能力。除支持交换业务外，还可以支持租用线业务、视像业务（会议电视，CATV，VOD等）、交换机不能提供的数据业务（例如可以提供低于64 kbit/s的各类子速率）等；远端模块仅支持交换机能提供的各种业务。

3. 组网能力

接入网组网灵活多样，可根据实际情况提供环形、星形、链形、树形等多种组网方式，且环形网可具有自愈功能，可带分支。可以与HDSL，ADSL，HFC，无线接入等多种接入技术融合在一起；远端模块组网能力差，随着远端模块数量的增加，网络拓扑结构会日趋复杂化，不利于电信网络结构的优化调整。

4. 网络升级

交换机与接入网的升级可独立进行，极其灵活。接入网远端设备ONU的服务半径小（通常为200~1000m）可以很方便地引入新业务，也易于向宽带网过渡；交换机与远端模块的升级必须同时进行，工作量大，缺乏灵活性。远端模块的服务半径通常为3000~4000m，光纤离用户依然较远。不利于引入新业务，向宽带网的过渡也困难。

5. 环境要求

接入网的远端设备ONU无需严格的机房环境，可以放置在任何方便的地方，甚至搁置在室外。这样建设费用低，维护也方便；远端模块通常需严格的机房环境，增大了建设投资，维护费用也高。

6. 网络管理

各接入网厂家都提供了功能较为全面的网管系统，实现对接入网内所有设备的集中维护以及监控，112测试等，并可通过相应的协议接入本地网网管中实施。将来采用Q3接口后，网管将更为方便；远端模块来自交换机厂家，单一厂家统一开发网管更

有效集中，能与交换机实行一体化维护管理。不过对接入环境中的传输设备难以有效管理。

7. 市场竞争

交换和接入网的技术和业务演进可以完全独立开来，从而使接入网的发展不受交换机的限制。这样接入网市场可以完全开放，开展竞争，从而降低成本；远端模块必须由交换机厂家提供，这样会造成垄断，使电信运营部门受制于交换机厂家。

交换机厂商为蚕食接入网市场，阻止接入网厂商打入原本由交换机所控制的接入网领地，在不断地改进远端模块，使新一代远端模块在经济容量、业务功能、维护方式等方面越来越接近某些光接入网设备，再加之其与交换机可实现一体化的网管。但无论远端模块怎样演变，它都具有两条明显的特征，即其含交换功能且与交换机接口不开放。而接入网由于采用开放的 V5 接口，可独立于交换机而发展，从而将竞争机制引入了接入网市场，这一点的意义是非常深远的。推广接入网，意味着光纤更进一步地推向用户，便于宽带业务的引入，很好地解决了电信网发展中的瓶颈问题。而且接入网在网络升级以及提供综合业务和新业务等方面都具有远端模块难以比拟的优势，更兼之接入网设备对环境要求低。这一切都决定了采用接入网是电信网络发展的技术方向和必然趋势。

187. 使用信令转换架有何危害？

一个值得警惕的逆向潮流是使用信令转换架（实际是新增局所）完成交换侧的 No.7 信令到接入网侧的 V5 信令转换；交换机厂家为保护市场，迟迟不愿意开放 V5 接口或 V5 接口功能不全，肆意抬高 V5 接口价格以抵制开放，给接入网的推广应用设置了很大的障碍。如果交换机不开放 V5 接口，要引入接入网，有些

厂家就使用信令转换架将 No.7 信令转换为 V5，这样增加了系统的复杂性和造价，使接入网丧失了很大的优势。具体说来有如下几个方面：

- (1) 转换架与交换机以局间中继接口，占用一个独立的 SP 编码，它实质上是一个交换机；
- (2) 增加了一次信令转接，也就增加了信令丢失的可能性；
- (3) 与“大容量、少局所”的总体目标不符合；
- (4) 交换机上的直接用户与接入网上用户不同局号，当信令转换架拆除时，用户要改号。

信令转换架方式出于占领市场的需要，会给电信网络带来危害，应引起我们的关注。因此，有必要敦促本地交换机厂商（特别是主导机型）尽快对原有非 V5 接口交换节点进行升级，提供 V5 接口，不再使用信令转换架。

188. 什么是 V5 接口？

在 V5 接口以前，CCITT Q 系列建议中曾规范了 V1 ~ V4 接口，它们分别对应于“基本接入数字段”、“一般数字段”、“一般用户数字段”和“数字接入链路”。这些接口的制定是为了满足数字用户接入的。从数字业务发展的角度来看，用户终端到交换机之间应该是透明的数字传输。这就要求交换机或其他通信设备（业务节点）提供数字用户的接入能力。

接口 V1 ~ V4 主要是为满足 ISDN 用户接入而制定的。它们的共同特点是都不支持 PSTN 和 ISDN 的综合接入。随着电信业务的发展，原来定义的这几种 V 接口的应用受到了限制。特别是随着光纤用户接入网的出现和发展，窄带、甚至宽带综合接入的呼声越来越高。网络的经营者（即电信部门）和广大用户都迫切要求用一对光纤、一种或少数几种接口与各业务节点相连，实

现窄带业务的综合接入并降低安装、运营成本。1991年 CCITT 第十八研究组在墨尔本专家会议上，美国和德国的代表提出了新型 V 接口的概念，旨在扩展 V 接口的使用范围。在该研究组 1992 年的末期会议上，德国代表在迟到的文稿中介绍了当时欧洲正在研究和规范的 V5 接口。这种新型 V 接口对于实现和发展本地交换局 (LE) 中的光纤接入网 (OAN) 具有特别的意义，因此受到了国际电信界的普遍重视。

在这种情况下，ITU-T 在美国 Bellcore 和欧洲电信标准协会 (ETSI) 的有关建议的基础上，于 1994 年 1 月召开了命名为 V5 的新型接口的规范研讨会，并决定用加速程序通过 V5.1 和 V5.2 接口建议。1994 年 6 月，ITU-T 通过该建议，其代号为 G.964 和 G.965。

为促进并规范我国接入网的发展，原邮电部以 ITU-T 建议 G.964 和 G.965 为主要依据编制了《本地数字交换机和接入网之间的 V5.1 接口技术规范》和《本地数字交换机和接入网之间的 V5.2 接口技术规范》，并于 1996 年 12 月作为原邮电部内部标准发布，编号为 YDN 020—1996 和 YDN 021—1996。原邮电部还规定，从 1998 年开始，接入网和交换机中如果不具备 V5 接口，将不被建议使用。

V5 接口是接入网数字传输系统和程控交换机相接合的新型开放式数字接口，以取代交换机的原有的模拟用户线接口、各种专线接口及 ISDN 用户接口。这种接口的应用将扩展现有电信业务和用户的容量，使用户采用标准的接口接入本地交换机。所谓开放式数字接口，即任何一个光纤用户网的制造商，只要它的产品符合 G.964 和 G.965 建议，就可以和任何一种符合上述二个建议的程控交换机相连。这就打破了光纤用户接入网交换机厂商的垄断地位，有利于公平竞争，以制造出更多更好的接入网设备，使用户受益。

根据速率的不同，V5 接口又分为 V5.1 和 V5.2 接口。V5.1 接口由一个 2 048 kbit/s 链路组成，它所对应的 AN 不含集线功能；V5.2 支持多达 16 个 2 048 kbit/s 链路，并具有集线功能。V5.1 接口和 V5.2 接口都是支持速率低于 2 Mbit/s 的窄带业务。

189. 什么是 VB5 接口？

VB5 接口是 ATM 业务节点的标准化接口，由 ITU-T 建议 G.967 规定。VB5 接口规范了接入网（AN）到业务节点（SN）的操作，这样使 AN 设备与 SN 设备独立开来，可以实现多厂家设备的互连。同时 VB5 接口支持 B-ISDN 接入，V5.1，V5.2 接入和非 B-ISDN 接入，这使 ATM 设备具备了更多的业务接入类型，必将促进 ATM 设备的应用和发展。

与窄带接入网的 V5.1，V5.2 相对应，VB5 接口分为 VB5.1 和 VB5.2 两种类型。VB5.1 接口中逻辑用户端口（LUP）与逻辑业务端口（LSP）之间的连接是通过管理平面指配建立的。VB5.1 是 VB5.2 的子集，VB5.2 相对于 VB5.1 增加了 B-BCC（宽带承载连接控制）部分。通过增加 B-BCC 功能提供 VC 链路的按需连接，包括带宽和业务类型的按需分配。多个 LUP 可以统计复用 LSP 的资源，提高了资源的利用效率。

VB5 接口作为宽带接入网的业务接口，按照 ITU-T 的 B-ISDN 体系，采用以 ATM 为基础的信元方式传递信息并实现相应的业务接入。

VB5 接口规定了接入网（AN）与业务节点（SN）之间接口的物理、程序及协议要求。VB5 接口支持 B-ISDN 以及非 B-ISDN 用户接入，包括符合 ITU-T 建议 I.432，基于 SDH/PDH 和基于信元的各种速率 UNI（用户网络接口）的 B-ISDN 接入、V5 接口接入、不对称/多媒体业务的接入、广播业务的接入、LAN 互连功

能的接入、通过 VP 交叉连接可以支持的接入等。如图 6.1 所示的 ATM 接入与窄带接入通过 VB5 接口与业务节点相连接，完成宽带和窄带业务的处理。

用户侧的 UNI 应是 ATM 信元格式的接口，UNI 速率有 2 Mbit/s, 25 Mbit/s, 51 Mbit/s, 155 Mbit/s 和 622 Mbit/s 等，采用 2 号数字用户信令（DSS2）作用户网络信令，如果为非 B-ISDN 的 UNI 则需要加入适配功能变换成标准格式。

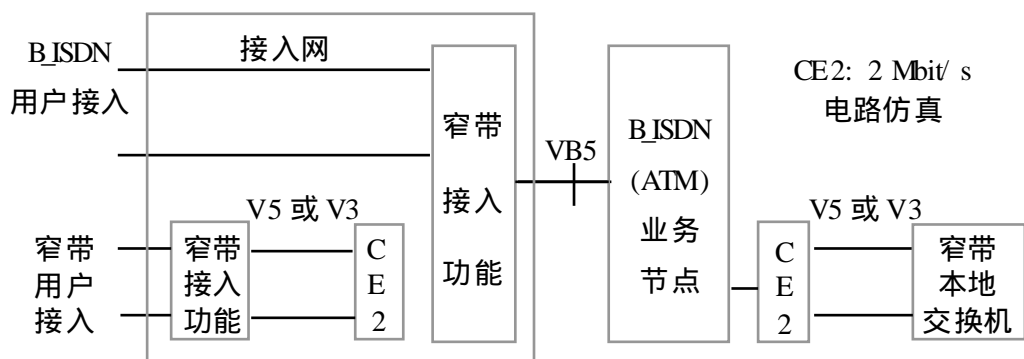


图 6.1 VB5 接口完成宽带和窄带业务的处理

190. VB5 接口应用前景如何？

VB5 接口与 VB5 接口宽带接入网的提出是为了解决接入网支持宽带包括窄带等多种业务的综合接入的迫切问题，VB5 接口与 V5 接口有相似的体系结构，具有接入网的特征要求，特别是具备极强的支持业务接入能力，所以各国都已展开对 VB5 接口应用于宽带接入网的研究。欧洲早在 1998 年已经开展了一个名为“ExPERT”的项目，用于研究 VB5 接口在 APON 中的使用。

在该项目中已经分别在业务节点和接入节点实现了 VB5 接口，并且取得了良好的试验效果。可见 VB5 接口可以较为简单地应用于各种宽带接入网，并能取得良好的业务效果。

但是 VB5 接口的发展和應用还碰到以下一些困难和問題：

技术上，VB5 接口以 ATM 为基础，要求与 ATM 交换机相互连接，支持业务接入。众所周知，ATM 的应用范围受到 IP 的挑战，ATM 到桌面的应用前景黯淡，核心网也还存在着采用 ATM 还是采用 IP 之争。由于采用以 ATM 方式支持业务接入，在接入网的用戶侧接口必须采用 ATM 方式连接，如果是非 ATM 则必须适配变换，如果要支持实际上的大量非 ATM 业务接入无疑是接入网的沉重负担。

另外一个重要原因是宽带业务的形式、需求规模和宽带接入的方式尚不明朗，很难确定主流业务，要大规模展开以支持宽带业务为主的接入网建设就带来困难，VB5 接口的应用缺乏足够的动力。

191. 基于传统 Modem 的用戶接入城域网的方式有何特点？

电话线可以使通信的双方在相距几千公里的地方仍可相互通话，是由于每隔一定距离都设有中继放大设备，保证话音清晰。在这些设备上若再配置 Modem，则能通电话的地方就可以传输数据。一般电话线路的话音带宽在 300 ~ 3 400 Hz 范围，用它传送数字信号，其信号频率也必须在該范围。常用的调制方法有三种：频移键控（FSK）、相移键控（PSK）和相位幅度调制（PAM）。

传统的基于 Modem 的接入方式是最为普及的一种用戶接入方式。如果采用数字同步语音和数据技术（DSVD）可以使现有的普通电话线路获得同时传送电话和数据的能力，为在普通电话线上实现个人会议、多用戶游戏和电子购物等新型电信业务创造了条件。然而，现有的 Modem 最高的传输速率为 56 kbit/s（采用

X2 技术获得的下行速率), 不能适应今后网络的发展, 特别是多媒体应用的要求。

192. 什么是调制解调器 ?

调制解调器也叫 Modem, 它是一个通过电话拨号接入 Internet 的必备的硬件设备。通常计算机内部使用的是“数字信号”, 而通过电话线路传输的信号是“模拟信号”。调制解调器的作用就是当计算机发送信息时, 将计算机内部使用的数字信号转换成可以用电话线传输的模拟信号, 通过电话线发送出去; 接收信息时, 把电话线上传来的模拟信号转换成数字信号传送给计算机, 供其接收和处理。

193. Modem 是如何工作的 ?

调制解调器由发送、接收、控制、接口、操纵面板及电源等部分组成。数据终端设备以二进制串行信号形式提供发送的数据, 经接口转换为内部逻辑电平送入发送部分, 经调制电路调制成线路要求的信号向线路发送。接收部分接收来自线路的信号, 经滤波、反调制、电平转换后还原成数字信号送入数字终端设备。如图 6.2 所示。

调制解调器通电后, 通常先进入挂机方式, 通过电话拨号拨通线路后进入通话方式, 最后通过 Modem 的“握手”过程进入联机方式。正常使用时, 由使用者通过控制电话机或 Modem 前面板的按键、内部开关实现三种方式间的转换。调制解调器与计算机连接是数据电路通信设备 DCE (Data Circuit terminating Equipment) 与数据终端设备 DTE (Data Terminal Equipment) 之间的接口问题。DCE 与 DTE 之间的接口是计算机网络使用上的一个重

要问题。任何一个通信站总要包括 DCE 与 DTE，因此确定一个统一的标准接口，特别是对公用数据网有重要的意义。数据终端设备 DTE 是产生数字信号的数据源或接收数字信号的数据宿，或者是两者的结合，像计算机终端、打印机、传真机等就是 DTE。将数据终端设备 DTE 与模拟信道连接起来的设备就叫数据电路通信设备 DCE，像 Modem 就是 DCE。DTE 与 DCE 之间的连接标准有 CCITT V.10/ X.26，与 EIA RS-423-A 兼容，是一种半平衡电气特性接口。

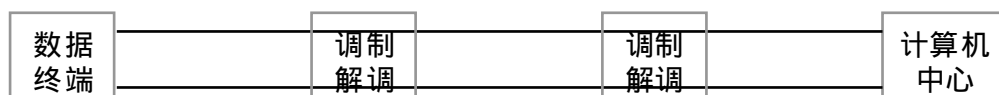


图 6.2 调制解调器的工作原理

194. 56 kbit/s 高速 Modem 有何特点？

56 kbit/s 高速 Modem 是 1997 年才开始上市的拨号高速调制解调器，它的传输速率之所以能有高于传统电话线路上 33.6 kbit/s 的极限速率，是因为它采用了完全不同于 33.6 kbit/s 的调制解调技术，其工作原理和使用要求与 33.6 kbit/s 高速 Modem 相比也有一定的区别。

56 kbit/s 高速 Modem 在通信系统中应用时，用户端的模拟调制解调器与 ISP 局端数字式调制解调器（局端 Modem）不是对等设备。其中用户端 56 kbit/s 高速 Modem 的工作原理和接入方法与 33.6 kbit/s 高速 Modem 没有什么不同，仍然与电话线模拟连接，拨号上网，也仍然是用来完成数/模或模/数转换工作，所以用户在安装和使用 56 kbit/s 高速 Modem 时，没有任何新的要求可言。而 ISP 局端的数字 Modem 与普通模拟 Modem 就完全不同

了，ISP 局端 Modem 是一种纯数字式调制解调器。该数字式调制解调器将 ISP 局端数字设备直接与公用市话网（PSTN）进行数字连接，也就是说 ISP 局端数字信号进入交换系统时将绕过 PCM 的模/数转换过程，将数字网上的数字信号经过特殊数字编码后取代调制过程，并采用与 PSTN 数字网中现行的 256 离散信号直接进入数字交换。

这样在整个网络系统中，除下载数据端的 PCM 中有数/模转换和用户端 56 kbit/s 高速 Modem 中有数/模转换外，其他各处都是纯数字传输。可见，在服务端的纯数字 Modem 与 PSTN 之间就不会产生任何模/数转换噪声了。这样，若从 ISP 端下载信息，则仅在用户端的 56 kbit/s 高速 Modem 上经过一次模/数转换，所以下载速率极高。

56 kbit/s 高速 Modem 工作的基本条件是：

(1) 客户端的 56 kbit/s 高速模拟调制解器和主机端的远程接入服务器（纯数字调制解调器）必须支持相同的标准（X2 或 K56Flex），最好是 V.90 标准；

(2) 主机端必须是数字线路连接，即干线端通道应该是 T1，或 ISDN，或 PRI/BRI 线路；

(3) 在整个传输网中只能存在一次模/数转换，即客户端的 56 kbit/s 高速模拟调制解器的模/数转换。

195. 调制解调器如何分类与选择？

近几年来，调制解调器市场逐渐兴旺起来，尤其是 Chinanet 的开通和计算机网络化进程的加快使调制解调器市场需求量急剧增长。

调制解调器品牌多、种类杂、价格差别大，除功能略有不同外，其基本原理相似。根据需要选择适当的调制解调器设备是每个上网者应了解的知识。

按调制解调器与计算机连接方式可分为外置式（台式）、内

置式（卡式）、PCMCIA 卡、机架式四类。最常见的外置式是一台独立的设备，通过一条 RS-232 电缆与主机相连，板上带有指示灯或液晶数码显示，便于监视当前状态。内置式插在微机的扩展槽中，有通用 Modem 的功能。PCMCIA 是一种标准微机接口，目前主要用于便携机。机架式可以理解为把许多 Modem 集成在一个机架中，它除具有 Modem 功能外，还有网管、远程监控等功能，主要用于网络、通讯枢纽等方面。

按调制解调器的传输能力不同有低速和高速之分，常见的调制解调器速率有 14.4 kbit/s，28.8 kbit/s，33.6 kbit/s，56 kbit/s 等。“bit/s”为每秒钟传输的数据量，工作速度越快、上网效果越好、价格越高。但电话线路的通信能力可能制约调制解调器的整体工作效率，个人用户入网一般选择 14.4 ~ 33.6 kbit/s 的调制解调器。

196. 如何选购调制解调器？

在个人计算机联网中每一条线路的两端都需要一台调制解调器，因此调制解调器在数据通信网中是最普通的设备，个人计算机联网的成功与否在很大程度上取决于调制解调器的质量。在购买之前，用户必须考虑实际的需要，例如传送的速率、传真的传输量或其他邮递功能等，这些因素对于调制解调器来说是十分重要的，故用户必须特别考虑。

1. 根据不同用途选购不同的 Modem

(1) 家庭或小办公室使用的机型体积小，一般不需具备专线功能。但至少应具有拨号线功能、安全回呼和传真功能等。

(2) 如果设备要用在卫星电路的场合，要选用对长时延失真的适应性强的 Modem。这一性能好的产品 在卫星电路上建立连接的可靠性好，并具有吞吐量不下降的特性。有不少在陆上通信性

能好的产品，对卫星电路的长时延不能适应，吞吐量明显下降，这是选购时应注意的。

(3) 办公室使用的机型，不一定具备全部高档机具备的功能。如支持 SNMP 协议和远程设备功能就不一定有此要求。但应具备异步/同步、拨号线功能、安全回呼、传真功能和在线帮助。

(4) 如果 Modem 是用作公用网或专用网在组网工程中的配套设备，宜选用性能优良的中高档机。要有高速率和高吞吐量，由于要实现网管，要求支持 SNMP 协议、远程参数设置、V.42/V.42 bis 协议、异步/同步、二/四线专线功能，还应有安全回呼、在线帮助。

2. 终端连接方式

进行数据传输之前，终端必须要建立起通信链路，通信链路可分为交换线路与专用线路。交换线路是终端经拨号通过公用交换网络建立通信链路的方式。这种方式灵活、方便、经济，但要经过呼叫建立阶段，而且还受到交换系统的干扰，降低传输效率。这种方式比较适合于通信量少，通信双方不固定的场合。

专用线路是一种永久的连接，是某个单位向电信部门租用或自己配置的通信线路，它具有较强的抗干扰能力和稳定性，以进行较高速率的传输，但一旦专用线路出现故障，就会影响整个通信，而不像交换线路那样可重新拨号建立连接。在选择调制解调器时，应考虑终端的连接方式是交换线路还是专用线路。另一种连接方式是二线/四线线路。一般来说，二线调制解调器对信道质量的要求比四线制的要高。

3. 调制解调器的兼容性

兼容性采用自动呼叫和自动应答的工作方式，不同厂家同类的调制解调器之间，高速与低速调制解调器之间的呼叫持续功能应符合 CCITT V.25 及 V.25 bis 自动呼叫应答接续规程。除此以外，用户也须注意其选购的调制解调器是否支持 Hayes AT 指令

集，因为 Hayes 指令集已成国际通讯的标准，故在兼容性方面也有一定的重要性。

微机上一般用的是独立式（外接）或插卡式 Modem（内置）。独立式 Modem 的优点是连接方便、通用性好，既可连 IBM PC 机，也可连 Apple Macintosh 等微机。而插卡式 Modem 的优点是价格低又不占地方。

4. 自动检错与数据压缩功能

选购调制解调器的另一个考虑因素就在资料传送时的兼容问题。一般的调制解调器都可以支持 MNP（Microcom Networking Protocol）2 至 4 及 V.42 标准的自动检错功能，而 MNP5 及 V.42 bis 的标准的调制解调器，将可得到更佳的传送效率。Modem 有两种常用数据压缩标准：MNP5 及 V.42 bis。MNP5 可达到最高 2 倍压缩。V.42 bis 可达到最高 4 倍压缩。在 Modem 经过硬件优化，更可在 V.42 bis 达至 8 倍压缩。若应用 8 倍压缩的 Modem 时，可大大减低通讯所需时间及费用。

197. 基于 ISDN 的用户接入城域网的方式有何特点？

ISDN 是一项成熟的网络技术，其费用相对低廉，使用灵活方便。只要我们拥有了一个 ISN 号码和 ISDN 标准终端，就可以在任何地方通信，而且可以完成多种业务（综合业务）处理，这一切要求所有业务必需采用数字传输，ISDN 提供两种接口：基本入口（2B + D）和一次群速率接口（30B + D）。

但 ISDN 所提供的速率不能完全满足实际要求，如电视视频信号的传输，尤其是现在 MPEG 系列标准的使用和 HDTV 标准的即将出台，要求综合业务必须包含视频业务。这是窄带 ISDN 所不能实现的。由于 ISDN 在欧洲和美国的应用较为广泛，从目前的产品和应用情况来看，基于 2B + D 的会议电视产品及相应的

应用已经相当成熟。

198. Internet 旁路技术的发展趋势如何？

电话网的设计初衷是为传统的话音业务服务，但是随着通信技术的不断提高，电话网的业务定位逐渐发生了转变。主要表现在两个方面：其一是作为 Internet 网的一个延伸，使得电话网摆脱了原来仅为话音业务而存在的状况，开始尝试一些非话业务，从而在一定程度上扩展了业务范围。其二是，作为 Internet 用户接入手段时对电话网自身所产生的影响。多媒体业务的发展必然使得越来越多的用户通过电话网接入到 Internet，同时通信时间也将越来越长，这一切都将使网络的负荷越来越重，妨碍了 PSTN 的正常通信。据报道，由于“Internet 电话”占线时间很长，形成的话务量很大，已在我国某些城市的本地网上发生了阻塞。一般电话的平均通话时长为 3 min，而 Internet 的呼叫时间要长得多。据统计为平均 30 min，忙时 120 min。为此，国内外提出了各种旁路技术，由此，经历了后置旁路、前置旁路和内置旁路这样一个发展进程。

199. 什么是后置旁路技术？

后置旁路技术是把旁路点设在市话端局或汇接局出中继至数据局之间。在该结构中，Internet 呼叫是在通过入口级交换和交换后被旁路到数据网上。这种结构的优点是，当该技术应用到市话端局时，解决了局间中继和出口级交换机的阻塞问题。而入口级交换机仍然包含了 Internet 呼叫的传输和信令处理过程。该技术是较早被采用的方案。但实际上该方案没有起到真正旁路的作用，在大量拨号上网业务接入时，没有真正解决电信网的阻塞问

题，而已在建设时存在投资大等缺陷。因此，这一技术阻碍了 Internet 业务的发展。

200. 什么是前置旁路技术？

随着宽带接入技术的出现，提出了前置旁路技术，即将旁路点设在用户线至交换机的用户模块之间。这一技术对宽带接入很适合，但对窄带接入并没有多大帮助，因为，在这种结构中，虽然 Internet 呼叫在入口级交换机之前的用户线侧就被旁路了，PSTN 网中的所有网元（入口级交换机、中继线及出口级交换机）都不再承担 Internet 呼叫流的传送，确实能把 Internet 拨号上网业务从电信网中隔离开来。但是，入口级交换机还是要负责 Internet 呼叫的部分相关信令处理工作，且要求前置设备同入口级交换机之间进行配合工作（如字冠分析和链路分配等），需要有一个较为复杂的机制作为保证（现有的交换机技术无法支持），从而在网络中难于实施。目前还没有厂商和运营商采用。

201. 什么是内置旁路技术？

无论是前置旁路还是后置旁路，或多或少地要改变现有电信网的结构，不能做到尽善尽美，因此，逐步提出了内置旁路技术，即将旁路点设在交换机内的用户模块（或入中继模块）和交换网络之间。在该结构中，Internet 呼叫在入口级交换机的用户电路之后被旁路了，PSTN 网中的入口级交换机的交换网络、中继线及出口级交换机都不再承担 Internet 呼叫流的传送。入口级交换机虽然还是要负责 Internet 呼叫的部分相关信令处理工作，但与前置旁路不同，由于旁路点设在交换机内部，旁路设备同交换机之间复杂的配合和机制将不复存在，而且能利用交换机自身

内在的能力，作到对交换机，不做技术上的改动，从而使内置旁路成为解决 Internet 旁路问题的一个非常诱人的方案。

202. 什么是 xDSL ?

DSL (数字用户线路, Digital Subscriber Line) 是以铜质电话线为传输介质的传输技术组合, 它包括 HDSL, SDSL, VDSL, ADSL 和 RADSL 等, 一般称之为 xDSL。它们主要的区别就是体现在信号传输速度和距离的不同以及上行速率和下行速率对称性的不同这两个方面。

HDSL 与 SDSL 支持对称的 T1/ E1 (1.544 Mbit/ s / 2.048 Mbit/ s) 传输。其中 HDSL 的有效传输距离为 3 ~ 4 km, 且需要两至四对铜质双绞电话线; SDSL 最大有效传输距离为 3 km, 只需一对铜线。比较而言, 对称 DSL 更适用于企业点对点连接应用, 如文件传输、视频会议等收发数据量大致相应的工作。同非对称 DSL 相比, 对称 DSL 的市场要少得多。

VDSL, ADSL 和 RADSL 属于非对称式传输。其中 VDSL 技术是 xDSL 技术中最快的一种, 在一对铜质双绞电话线上, 下行数据的速率为 13 ~ 52 Mbit/ s, 上行数据的速率为 1.5 ~ 2.3 Mbit/ s, 但是 VDSL 的传输距离只在几百米以内, VDSL 可以成为光纤到家庭的具有高性价比的替代方案, 目前深圳的 VOD (Video On Demand) 就是采用这种接入技术实现的; ADSL 在一对铜线上支持上行速率 640 kbit/ s ~ 1 Mbit/ s, 下行速率 1 ~ 8 Mbit/ s, 有效传输距离在 3 ~ 5 km 范围以内; RADSL 能够提供的速度范围与 ADSL 基本相同, 但它可以根据双绞铜线质量的优劣和传输距离的远近动态地调整用户的访问速度。正是 RADSL 的这些特点使 RADSL 成为用于网上高速冲浪、视频点播 (IAV)、远程局域网络 (LAN) 访问的理想技术, 因为在这些应用中用户下载的信息

往往比上载的信息（发送指令）要多得多。

203. 什么是 ADSL ?

充分利用现有的巨大双绞线铜缆网来开放宽带业务是电话公司的主要竞争策略，非对称数字用户线（ADSL）系统就是一种比较理想的双绞线铜缆宽带接入技术。这是一种采用离散多音频（DMT）线路码的数字用户线（DSL）系统。其下行单工信道速率可为 2.048 Mbit/s, 4.096 Mbit/s, 6.144 Mbit/s, 8.192 Mbit/s, 可选双工信道速率为 0 kbit/s, 160 kbit/s, 384 kbit/s, 544 kbit/s, 576 kbit/s, 目前已能在 0.5 芯径双绞线上将 6 Mbit/s 信号传送 3.6 km 之远。ADSL 所支持的主要业务是因特网和电话。其次才是点播电视业务。其最大特点是无须改动现有铜缆网络设施就能提供宽带业务。

目前，ADSL 系统采用效果最好的是离散多音调制技术 DMT，使用 40 kHz 以上频率传输数据，以下仍然用来传输话音，因此使用 ADSL 可以一直联网而不影响使用电话。上行频道共有 25 个 4 kHz 信道，传输调制效率为 15 bit/符号/Hz，理论上上行传输速率最高为 1.5 Mbit/s，由于存在干扰，一些频率的信道不能使用，实际上行速率为 32 ~ 864 kbit/s。下行共有 249 个 4 kHz 信道，调制效率同前，理论最高传输速率为 14.9 Mbit/s，由于在某些频率存在干扰不能使用，实际速率为 32 kbit/s ~ 8.032 Mbit/s。不同距离的最高速率不同。6 km 时为 1.544 Mbit/s, 5 km 时为 2.048 Mbit/s, 4 km 时为 6.312 Mbit/s。这种系统的标准是 ITU.G.992.1, G.dmt, 其价格较高。

目前 ADSL 在美国等发达国家已经进入大规模商业推广应用阶段。美国目前已经有 8 000 万用户群可以享有 ADSL 接入服务，其中 6 000 万户可以申请 ADSL 接入，实际用户约 60 万户。1999 年我国一些城市开始进行少量 ADSL 接入服务，发现一些地区由

于线路质量问题（转接头过多、线径不一致造成阻抗不匹配、串音过大），造成安装施工困难并且限制共缆用户数目，这些都影响了 ADSL 的推广使用。我国也已开始进行一定规模的试商用，初步反映不错，发展势头良好，其主要缺点是线对的苛刻要求，国外有大约 30% 的线对可以开 ADSL，目前国内双绞线只有不到 10% 的线对可以开 ADSL，其次尽管 ADSL 技术能支持因特网业务，成本仍嫌偏高，用户侧设备的安装仍嫌麻烦。还有，ADSL 也只能是宽带业务初期的一种过渡措施，一旦宽带业务普及率超过 10% 时，ADSL 就难于胜任，就需要将接入网升级。

由于历史的原因，ADSL 仍然采用 ATM 体制，对于宽带 IP 网接入来说是不合算的，增加了设备复杂度和成本。我国发展 ADSL 是否仍然延续采用 ATM 体制是值得认真思考的，不如将 ADSL 终端做成 IP 终端，IP 包经过 DMT 调制后通过电话线传输到电话交换局前端，经过解调后进入 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s 以太网交换机，再通过路由器连接因特网。这样做可以采用统一的数据格式，中间不需要做任何格式转换，大大简化了设备，降低了成本。

ADSL 接入的优点是可以利用现有的市内电话网，降低施工和维护成本。缺点是对线路质量要求较高，线路质量不高时推广使用有困难。它适合用于下行传输速率 1 ~ 2 Mbit/s 的应用。由于带宽可扩展的潜力不大，ADSL 不能满足今后日益增长的接入速率需求，只能是不长的一段时期的过渡性产品。

204. ADSL 接入模型如何？

固定电话网宽带接入的主要方法是不对称的数字用户环路 ADSL。ADSL 终端是一个不对称的 ATM 终端，采用 ADSL 调制解调器，通过电话线连接到电话交换局前端 ADSL 解调设备解调后

送入 ATM 网，可以提供基于 ATM 的各种应用业务。由于原来设想的 ATM 应用业务没有得到商业上的成功，对宽带 IP 接入的需求却迅速增加，ADSL 接入转而成为宽带因特网接入的一种方法，甚至使人忘记了它原来的用途。ADSL 仍然保持原来的体制和结构，只是 ATM 网通过路由器连接因特网（IP 网）实现因特网接入。图 6.3 给出 ADSL 宽带 IP 网接入系统示意图。

中央交换局端模块包括在中心位置的 ADSL Modem 和接入多路复合系统，处于中心位置的 ADSL Modem 被称为 ATU-C（ADSL Transmission Unit-Central）。接入多路复合系统中心 Modem 通常被组合成一个被称作接入节点，也被称作“DSLAM”（DSL Access Multiplexer）。远端模块由用户 ADSL Modem 和滤波器组成，用户端 ADSL Modem 通常被称为 ATU-R（ADSL Transmission Unit-Remote）。

由图 6.3 可以看出，IP 数据包在 ADSL 终端中被拆开放入 ATM DSL 调制后在电话线中传输到电话交换局前端，经过解调后进入 ATM 网。在 ATM 网中采用 155 Mbit/s 速率传输，最后通过路由器转换成 IP 数据包进入因特网。ADSL 的接入模型主要有中央交换局端模块和远端模块组成。

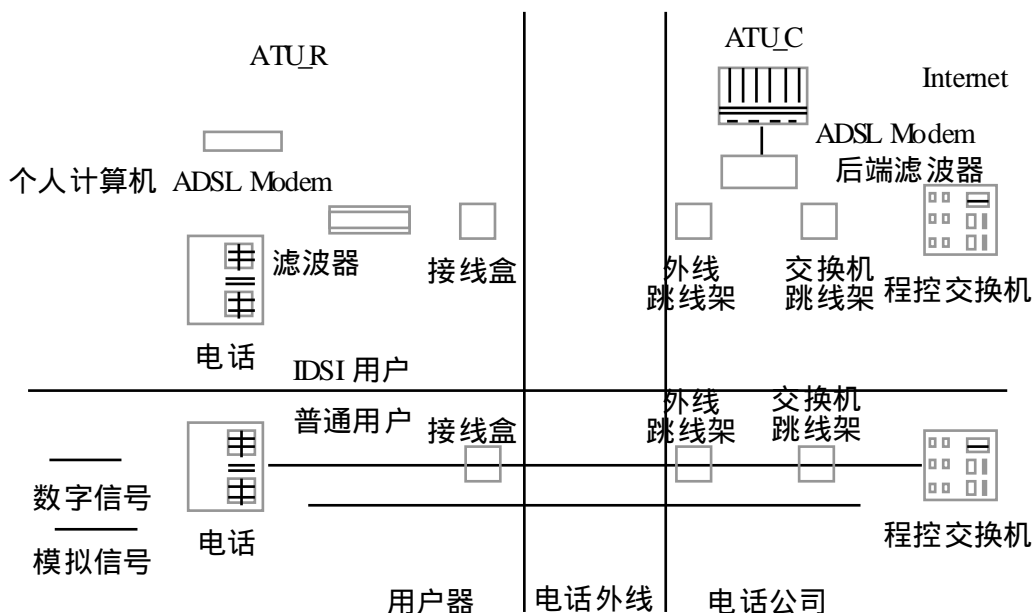


图 6.3 ADSL 接入模型

205. ADSL 发展状况如何？

随着 Internet 的爆炸式发展，在 Internet 上的商业应用和多媒体等服务也得以迅猛推广。要享受 Internet 上的各种服务，用户必须以某种方式接入网络。为了实现用户接入网的数字化、宽带化，提高用户上网速度，光纤到户（FTTH）是用户网今后发展的必然方向，但由于光纤用户网的成本过高，在今后的十几年甚至几十年内大多数用户网仍将继续使用现有的铜线环路，于是近年来人们提出了多项过渡性的宽带接入网技术，包括 N-ISDN，Cable Modem，ADSL 等等，其中 ADSL（非对称数字用户环路）是最具前景及竞争力的一种，将在未来十几年甚至几十年内占主导地位。

目前，ADSL 的热潮席卷世界各地，PC 业界领袖 MIC（Microsoft，Intel，Compaq）等以及世界范围内各大网络公司 3COM，CISCO，Siemens，Alcatel，Paradyne 等相继推出 ADSL 的产品并致力于 ADSL 的发展；全球许多电信公司、ISP 也纷纷推广各自的 ADSL 服务，北美、新加坡等率先正式投入营业，日本、台湾、韩国等国家也已进入试验阶段，中国电信在北京、上海、广东、福建等地已进行相关的网络测试并开始试验性推广，而深圳更是已进入了实用阶段，1999 年将是 ADSL 普遍走向社会大众的一年。

基于目前上网用户的实际条件及市场需求，深圳市数据通信局首先采用了 RADSL（以下简称为 ADSL）技术作为用户网宽带高速接入服务。深圳推出 ADSL 之初，就并不因为这是一种先进的高速接入技术而将其“贵族化”，而是将其定位为“大众化”的高速接入服务，（目前 ADSL 用户中，个人用户与公司用户各占一半，就说明 ADSL 已步入小公司、家庭用户，是普通用户所

能承受的，足以说明目前深圳数据局的价格定位是基本合理的)。ADSL 接入服务能做到较高的性能价格比这一点，与 ADSL 接入技术较其他接入技术具有其独特的技术优势是分不开的。

206. ADSL 设备如何安装？

ADSL 安装包括局端线路调整 and 用户端设备安装。在局端方面，由服务商将用户原有的电话线中串接入 ADSL 局端设备，只需 2 ~ 3 min；用户端的 ADSL 安装也非常简易方便，只要将电话线连上滤波器，滤波器与 ADSL Modem 之间用一条两芯电话线连上，ADSL Modem 与计算机的网卡之间用一条交叉网线连通即可完成硬件安装，再将 TCP/IP 协议中的 IP，DNS 和网关参数项设置好，便完成了安装工作，如图 6.4。ADSL 的使用就更加简易了，由于 ADSL 不需要拨号，一直在线，用户只需接上 ADSL 电源便可以享受高速网上冲浪的服务了，而且可以同时打电话。

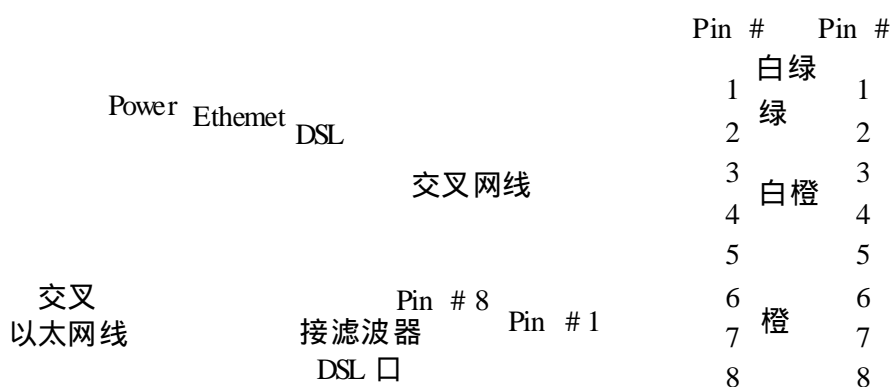


图 6.4 ADSL Modem 与计算机的网卡之间的连接

局域网用户的 ADSL 安装与单机用户没有很大区别，只需再加多一个集线器，用直连网线将集线器与 ADSL Modem 连起来就可以了，如图 6.5 所示。

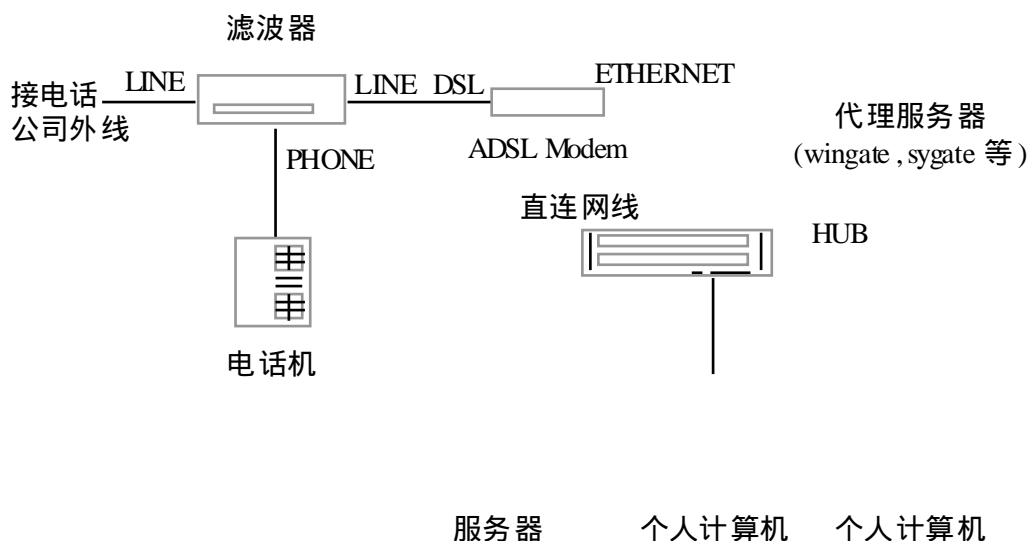


图 6.5 局域网用户的 ADSL 安装

207. 什么是 G.Lite 或 DSL Lite 接入技术？

在 ADSL 尚在起飞阶段时，因特网业务就已呈现了爆炸式增长，目前用户已发展到 1.4 亿，能否经济有效地支持因特网业务已成为接入网技术的重要设计考虑。尽管 ADSL 技术固有的非对称性已能很好地适应因特网业务，然而其成本仍偏高，用户侧设备的安装仍麻烦。那么能否在 ADSL 技术的基础上进一步简化，ITU-T 第 15 组的专家们充分意识到这一工作的重要意义和其巨大的市场前景，迅速成立了专门的课题组，开发了一种轻便型的无分路器的 ADSL 标准 G.922.2，即 G.Lite（也叫 DSL Lite、无分路器 ADSL 或通用 ADSL）。G.Lite 是一种速度较慢的 ADSL，它不需要在用户端进行线路的分离，而是电话公司远程为用户分路线路。正式称呼为 ITU-T 标准 G-992.2 的 G.Lite 提供了从 1.544 ~ 6 Mbit/s 的下行速率，以及从 128 ~ 384 kbit/s 的上行速率。G.Lite 有望成为部署最为广泛的 DSL 技术。

G.992.2 的基本思路有两点：第一是速率降低到 1.5 Mbit/s 左右，第二是在用户处不用电话分路器，这样一来价格可能下降，安装更为方便，其应用前景十分可观。G.992.2 规定下行速率降至 64 kbit/s ~ 1.5 Mbit/s，上行速率为 32 ~ 512 kbit/s，线路码仍为 DMT，主要业务为因特网接入，Web 浏览、IP 电话、远程教育、家庭办公、可视电话和电话等。不使用用户处的电话分路器，但需妥善解决干扰问题，特别是对话带的干扰问题。此外，尚有不少地方需要进一步改进，例如一比特星座和组帧效率的改进，比特交换与速率适配等，目前有关轻便型 ADSL 的开发工作已获得微软，Intel，Compaq，LT，Cisco，BT，DT 和地方贝尔等各行各业的一致支持，应用前景十分可观。有可能发展成为电信运营者近期的主要宽带接入方案。

208. 什么是 VDSL（甚高比特率数字用户线）技术？

有关 ADSL 系统发展的第二个趋向是进一步提高系统的下行带宽，即演变成所谓甚高速数字用户线（VDSL）系统，这种技术在双绞线上下行传输速率可以扩展至 25 ~ 52 Mbit/s，从而可容纳 6 ~ 12 个 4 Mbit/s MPEG-2 信号，同时允许 1.5 Mbit/s 的上行速率，其传输距离会分别缩短至 1 000 m 或 300 m 左右。有趣的是由于传输距离的缩短，码间干扰大大减小，对数字信号处理要求大为简化，收发机成本可望比 ADSL 降低一半。因而如果配线或引入线的质量尚可，此时将 FTTC，特别是 APON 与 VDSL 技术相结合可以提供光纤敷设成本。电子设备成本和提供的带宽能力方面的最佳平衡，是一种比较现实理想的宽带混合接入方案。当然，VDSL 仍处于现场试验阶段，其标准工作尚在进行，以 FDD 为基础的单载波与以 TDD 为基础的多载波之争还无结论，其性能和成本是否有竞争力也还有待实践检验。

209. 什么是以太网，什么是 802.3 局域网？

802.3 局域网是一种基带总线局域网，最初是美国施乐（Xerox）公司的 Palo Alto 研究中心（简称为 PARC）于 1975 年研制成功的 [METC76]，当时的数据率为 2.94 Mbit/s。它以无源的电线作为总线来传送数据帧，并以曾经在历史上表示传播电磁波的以太（Ether）来命名。1981 年施乐公司与数字装备公司（Digital）以及英特尔（Intel）公司合作，联合提出了以太网的规约 [ETHE80]。1982 年修改为第二版规约，即 DIX Ethernet V2，成为世界上第一个局域网产品的规约（DIX 是这三个公司名的缩写）。这个标准后来就成为 IEEE 802.3 标准的基础。在 802.3 标准中使用 CSMA/CD 协议。在美国，DIX Ethernet V2 标准的以太网还有一定的市场。

需要指出，“以太网”是 Ethernet 的中译名，而 Ethernet 的标准 DIX Ethernet V2 与 IEEE 的 802.3 标准略有不同。因此，将目前广泛使用的 802.3 局域网都称之为“以太网”就不太严格。然而术语 802.3 和 CSMA/CD 却是可作为同义语的。在不涉及到网络的协议细节时，很多人愿意将 802.3 局域网简称为以太网。

一个 10BASE5 802.3 局域网，这里“10”表示信号在电缆上的传输速率为 10 Mbit/s，“BASE”表示电缆上的信号是基带信号，“5”表示每一段电缆的最大长度为 500 m。这种以太网常称为粗缆以太网（电缆直径为 10 mm，特性阻抗为 50 Ω）。

计算机与电缆的连接是通过主机箱内插入一块网络接口板。网络接口板又称为通信适配器（Adapter）或网络接口卡 NIC（Network Interface Card），但现在更多的人愿意使用简称“网卡”。

210. 以太网接入的用户接入城域网的方式有何特点？

由于以太网协议简单，在光纤已经到小区或大楼的前提下，用户只需安装网卡，就可以容易地直接实现宽带到桌面。以太网接入技术适合于布线规整、用户密度大的城市大楼。集团用户通常采用以太网组建用户驻地网（CPN）。根据集团的大小，其规模可大可小。采用以太网作为企事业用户接入手段的主要原因是已有巨大的网络基础和长期的经验知识。目前所有流行的操作系统和应用也都是与以太网兼容的。性能价格比好、可扩展性、容易安装开通以及高可靠性等。成为企事业用户接入的最佳方式。

在因特网发展过程中经历了一个从 IP over Everything 到 Everything over IP 的过程。开始是在已经有的各种基础网络上运行 IP 业务，最近发展到以 IP 业务为主对网络进行优化设计，在光缆网上直接架构宽带 IP 网。由于以太网的帧格式和 IP 数据格式是一致的，用以太网传输 IP 数据业务，中间没有任何格式转换问题。以太网接入方式与 IP 网很适应。

随着快速以太网、千兆以太网的出现，将传输速率提高到 100 Mbit/s、1 Gbit/s，不久万兆以太网也将面世。而光纤传输技术的进步使得在标准单模光纤上千兆以太网的可不用中继放大器，即可实现传输距离达 100 km 以上，各种速率的以太网不仅可以构成局域网也可以构成城域网甚至广域网。在城市光缆网上用各种速率的以太网架构城市宽带 IP 接入网，是一种最合理、最实用、最经济有效的方法，我们简称为 LAN 接入系统。烽火通信的 IBAS 基于 SDH 传输平台，直接向用户提供 10 M/100 M 以太网接口或 DVB 数字图像接口。必将成为集团用户、部分高级住宅用户宽带接入的主要方式之一。

211. 以太网技术是如何发展的？

1982年12月IEEE 802.3标准的出现，标志着以太网技术标准的起步，同时也标志着符合国际标准、具有高度互通性的以太网产品的面世。IEEE 802.3标准规定以太网是以10 Mbit/s的速度运行，采用载波侦听多路访问/冲突检测（简称为CSMA/CD）介质存取控制（简称为MAC）协议在共享介质上传输数据的技术。不久以太网产品在局域网中得到了广泛的应用。

1990年，为了提高网络带宽，一种能同时提供多条传输路径的以太网设备出现了，这就是以太网交换机，它标志着以太网从共享时代进入了交换时代。以太网交换机是一个多端口网络设备，不仅将竞争信道的端口数减少到2个，还支持在几个端口同时传输数据，因此，它的出现，改变了共享式集线器多个端口共享10 Mbit/s带宽的局面，显著地提高了网络的整体带宽。

1993年，全双工以太网的出现，又改变了以太网半双工的工作模式，不仅使以太网的传输速度又翻了一翻，彻底解决了多个端口的信道竞争。

1995年3月，IEEE 802.3u规范的通过，标志着以100 Mbit/s的速度运行的快速以太网时代的来临。

1998年6月，IEEE 802.3z规范的通过，又使以太网进入到了高速网络的行列，运行速度达到了1 000 Mbit/s（即1 Gbit/s）。因此，我们已经可以听到高速以太网时代（或称为千兆位以太网时代）到来的脚步声，以快速以太网连接桌面，高速以太网连接核心的高速局域网的轮廓也已依稀可见了。

事实上，以太网提高两个数量级的这个速度是其在介质上传输数据的实际速度，并不是以太网传输有用数据的速度。无论是以太网、快速以太网，还是高速以太网MAC层协议采用相同

的 CSMA/CD 协议，也采用相同的以太网 802.3 的帧结构传输数据。以太网这种采用相同的协议和传输帧结构，使得以太网在对已有投资的保护基础上，完成对网络性能的升级。802.3 标准中规定的以太网帧是由 64 位前同步信号、96 位地址、16 位类型/长度字段、46 ~ 1500 字节的数据和 32 位校验等几部分组成，并且 CSMA/CD 还规定，在连续传输两个以太网帧时，必须等待至少 96 位的帧间隙时间，如果在这段时间信道内一直没有数据，就说明此时信道空闲，才允许此站点发送下一个以太网帧。可以看出，在一个以太网帧中，只有 46 ~ 1500 字节的数据才是有效数据，其他的字节均是消耗。因此，以太网在连续发送数据的情况下，每发送一个以太网帧就总共至少要消耗掉 304 位的额外开销。因此，10 Mbit/s / 100 Mbit/s / 1 Gbit/s 仅是在介质上传输数据的实际速度，通常将这个速度称为端口线速度，或称为信道带宽；而其传输有用数据的速度，无论是从理论上还是在实际中是都要小于端口线速度，通常将这个速度称为端口吞吐量。

212. 以太网能提供服务质量的保证吗？

我们知道，以太网帧结构是非常简单的，其主要目的就是完成简单的端对端寻址和转发，是没有 QoS 性能字节的，也不提供多个优先级的数据流，而这些 QoS 性能字节和数据优先级，应该是由处于第三层的网络层或更高层的协议软件来保证的。因此，以太网的数据传输具有高突发性和不确定性。所以，在一个以太网中同时传输实时业务与数据业务时，如在一个信道上同时提供实时多媒体业务和文件传输业务时，如果文件传输流量大，就会长久地占用信道，很难保证实时多媒体数据的实时传输。因此，为了能使以太网具有一些第三层的交换功能。开始第三层功能是由软件模块实现的，随着硬件技术的不断发展。第三层功能逐渐

由 ASIC 硬件模板替代。目前市场上有许多以太网多层交换机，如 3COM 公司的 Core Builder 3500，Intel 公司的 Express 550T。由于第三层交换的引入，从而使得以太网交换机可以完成那些只有高层交换设备才具有的性能，如 QoS 和 CoS，如数据流分级和组播技术 (Multicast)，不仅使重要的数据可以得到较高的优先级，一般的数据得到较低的优先级，还可以在大量节省信道带宽的情况下完成一点对多点和多点对多点的数据传输。

IEEE 802.1 工作组也已开展了局域网 QoS 方面的工作，组织开发了 802.1 P/Q 标准，并已于 1998 年 6 月完成。这些系列标准中除提供标准的 VLAN 技术外，同时还将组播和数据分级技术加入到二层交换之中，从而使得第二层设备无须加入第三层功能模块就可以完成数据分级和组播功能。

可是，无论是以太网交换机采取多层交换还是二层交换，但均只能提供服务分类功能 (CoS)，依旧无法提供有保证的服务性能，这是面向无连接的包转发机制的限制。不过，但这归根结底还是带宽不够，速度不够所致。试想，如果带宽足够宽，速度足够快，可以在一定范围内对具有最高优先级的数据流保证无阻塞的传输，就可以保证实时多媒体的实时传输，从而从另一个角度解决保证质量的 QoS。

213. 千兆以太网进展如何？

以太网标准由 IEEE LAN-MAN 标准委员会的 802.3 工作组创建并维护。近几年，802.3 z 工作组致力于光纤和屏蔽跨接电缆集合（“短距离铜线”）的千兆以太网解决方案。1997 年春天，新的工作组 802.3 ab 成立，研究基于 4 对 5 类缆线的“长距铜线”解决方案，其标准为 4 对 5 类 UTP、最大长度 100 m 的千兆以太网连接，该标准为以太网 MAC 层定义了一个接口 GMII (Gi-

gabit Media Independent Interface), 还定义了管理、中继器操作、拓扑规则及四种物理层信令系统: 1000 Base-SX (短波长光纤)、1000Base-LX (长波长光纤)、1000Base-CX (短距离铜线) 和 1000Base-T (100 m 4 对 5 类 UTP)。

注: 1000Base-CX 为 150 、平衡屏蔽的特殊电缆集合, 线速 1.25 Gbit/ s, 使用基于光通道的 8B/ 10B 编码方式, 其时间帧与光纤连接相同。

自 1998 年以来, 千兆以太网的第三层交换骨干技术日趋成熟。而且, 由于解决了长距离传输问题, 千兆以太网正逐步在企业大楼网、园区网、城域网和局域网骨干上取代了传统的 ATM。

此外, IP QoS 技术日趋成熟以及 IP 语音和视频应用技术的不断发展, 逐步取代了传统的基于 ATM QoS 实现的语音和视频应用。在宽带接入网方面不可忽视的另一个重要方向是千兆光纤以太网。目前已有多种构造千兆速率网络的方法, 以太网的光纤化从 10M, 100M 到 1 000M。目前光纤千兆以太网的标准 IEEE 802.1p, 1q, IEEE 802.3u 已经于 1998 年下半年出台, 促使千兆以太网成为市场主流。其应用范围从 LAN 到 MAN, 甚至到 WAN。例如, 西门子公司已经试验链路超过 1 570 km 的全双工千兆以太网。采用以太网交换机和 WDM 设备, 该网可以透明地传输所有业务, 包括 IP, ATM 和 SDH。

在一个技术预览中, Intel 演示了一个 64 位的 10 Mbit/ s, 100 Mbit/ s 和 1 000 Mbit/ s 自适应网卡。它比已存在的光纤网卡性能提高了 50 ~ 300 Mbit/ s。Hewlett-Packard 公司将在下月初发布一款 1000BaseT 网卡, 3COM 公司将在 7 月发布同样性能的。支持 5 类双绞线上的千兆以太网网卡和交换机/ 路由器通过减少设备的安装和电缆的布设费用来减低总费用。Cisco 公司上月为它的 Catalyst 2900, 4000 和 6000 交换机宣布了几种 1000BaseT 模型。

214. 万兆以太网进展如何？

到现在为止，以太网的发展已经经历了三个阶段，即以太网阶段、快速以太网阶段和最近构筑成功的千兆以太网阶段。目前业界又开始讨论研究 10 Gbit/s，也就是万兆以太网。IEEE 已经成立了一个研究小组来确定万兆以太网标准的技术参数。

简单地说，万兆以太网技术是一种高速以太网技术，它适用于新型的网络结构，能够实现全网技术统一。这种以太网采用 IEEE 802.3 以太网媒体访问控制（MAC）协议、帧格式和帧长度。万兆以太网同快速以太网和千兆以太网一样，是全双工的，因此它本身没有距离限制。它的优点是减少网络的复杂性，兼容现有的局域网技术并将其扩展到广域网，同时有望降低 25% 的系统费用，并提供更快、更新的数据业务。值得一提的是，在 Nortel 公司的发展策略中，已经认定万兆以太网技术是实现端到端光以太网的基础。

万兆以太网是在以太网技术的基础上发展起来的，不过工作速率大大提高，适用范围有了很大的变化，所以与原来的以太网技术相比有很大的差异，主要表现在：物理层实现方式、帧格式和 MAC 的工作速率及适配策略方面。

万兆以太网可作为局域网，也可作为广域网使用，而这两者之间工作环境不同，对于各项指标的要求存在许多的差异。针对这种情况，人们制定了两种不同的物理介质标准。这两种物理层的共同点是共用一个 MAC 层，仅支持全双工，省略了 CSMA/CD 策略，采用光纤作为物理介质。10 Gbit/s 局域以太网物理层的特点是支持 802.3 MAC 全双工工作方式，允许以太网复用设备同时携带 10 路 1 Gbit/s 信号。帧格式与以太网的帧格式一致，工作速率为 10 Gbit/s。10 Gbit/s 局域网可用最小的代价升级现有的局

域网，并与 10M/100M/1 000 Mbit/s 兼容，使局域网的网络范围最大达到 40 km。10 Gbit/s 广域网物理层的特点是采用 OC-192c 帧格式在线路上传输，传输速率为 9.584 64 Gbit/s，所以 10 Gbit/s 广域以太网 MAC 层必须有速率匹配功能。当物理介质采用单模光纤时，传输距离可达 300 km；采用多模光纤时，可达 40 km。10 Gbit/s 广域网物理层还可选择多种编码方式。

在帧格式方面，由于万兆以太网实质是高速以太网，所以为了与以前的所有以太网兼容，必须采用以太网的帧格式承载业务，为了达到 10 Gbit/s 的高速率，并实现与骨干网无缝连接，在线路上采用 OC-192c 帧格式传输。这样就需要在物理子层实现从以太网帧到 OC-192c 帧的映射功能。同时，由于以太网在设计时是面向局域网的，网络管理较弱，传输距离短并且对物理线路没有任何保护措施，所以当以太网作为广域网进行长距离高速传输时必然导致线路信号频率和相位较大的抖动。而以太网的传输是异步的，在宿端实现同步比较困难。因此，如果以太网帧在广域网中传输，需要对以太网帧格式进行修改。为此，在建议中修改了千兆以太网的帧格式，添加长度域和 HEC 域。

在局域网与广域网的速率适配方面，10 Gbit/s 局域以太网和广域以太网物理层的速率不同，局域网的数据率为 10 Gbit/s，广域网的数据率为 9.584 64 Gbit/s。由于两种速率的物理层共用一个 MAC 层，而 MAC 层的工作速率为 10 Gbit/s，所以必须采取相应的调整策略将 10GMII 接口的传输速率 10 Gbit/s 降低，使之与物理层的传输速率 9.584 64 Gbit/s 匹配，这是万兆以太网需要解决的问题。

尽管万兆以太网技术在如此多的方面不同于以前的以太网，但它仍然还是以太网，这样通过保持同样的管理工具和架构，大大减少了用户的学习时间。与以前的以太网标准相比，万兆以太网的目标瞄准了三个应用领域：局域网、广域网和城域网。万兆

高速以太网可以满足新的容量需求，解决了低带宽接入、高带宽传输的瓶颈问题，扩大了应用范围，并与以前的所有以太网兼容。一般，全双工的以太网协议并无传输距离的限制，在实际应用中是物理层技术限制了最大传输距离，不过可通过采用高性能的收发器或链路扩展器来延长以太网链路长度，因此，以太网技术也可以应用到城域网和广域网，而且采用以太网技术构建的城域网和广域网的费用比采用 ATM/SONET 技术构建的类似的系统降低约 25%。正是这些因素促使以太网从局域网扩展到城域网、广域网，并建立工作速率为 10 Gbit/s 的可靠、高速的数据网。这样网络将基于单一的核心技术，易于管理、费用低廉。

虽然万兆以太网还未形成最后的标准，但各公司都已开始加紧进行万兆以太网的研究工作，并推出部分 10 Gbit/s 产品。以万兆以太网的物理媒介为例，尽管确定物理媒介采用光纤，但是具体采用哪一种光纤需要根据其应用场合及传输距离确定。多模光纤价格便宜，但传输距离短；单模光纤传输距离长，但成本较高。目前便宜的单模光纤都要与波长大于 1 000 nm 的激光器配合使用，以保证可靠传输，而长波长激光发射器价格昂贵。针对这种情况，Lucent 公司生产出一种高模式带宽光纤——lazrSPEED，此类光纤可与窄带激光器结合使用，在 10 Gbit/s 的速率下传输数据距离超过 1 km。随着万兆以太网技术的发展，人们也开始考虑多模光纤方案。ISO/IEC 和 TIA TR42 的电缆标准委员会正在研究开发下一代 50 μm 多模光纤规范，这种光纤在 850 nm 工作区具有较大的带宽，可以支持 10 Gbit/s 数据传输。这种光纤与 850 nm 激光器配合使用，链路长度可达 300 m。

Nortel 公司推出一系列基于以太网技术的产品，2000 年 3 月，服务提供商 Ulfors 采用 Nortel 公司的设备建立了新型的端到端光以太网网络。

以太网技术一直被当做一种接入技术来使用，而万兆以太网

有希望成为最简单、最快速以及最高性价比的骨干网络技术。这也是万兆以太网技术不同于以往的以太网技术的一个突破性的进展。随着局域网、广域网和城域网的界限越来越模糊，网络的统一成了大势所趋。在不需大量网管的情况下，如何简单、经济地将各个网络连接是一个急需解决的问题。而万兆以太网技术可望解决这种问题，其较大的带宽使之可以构建园区骨干网或企业数据中心。预计到 2003 年，万兆以太网将提供性价比更优、更具吸引力的方案。同时万兆以太网的出现也将加速电子商务的应用及以太网高速接入 Internet 的实现。从经济角度讲，万兆以太网技术在较低的开销下提供了较高的带宽，并实现了各种网络的无缝连接。

总之，万兆以太网由于显著增加了局域网的带宽，所以将极大地缓解局域网主干网所承受的压力，因而具有广阔的网络发展前景。

215. 什么是 HFC 接入技术？

传统的有线电视网络采用同轴电缆作为传输介质，用放大器来延长传输距离，是一种单向广播树型结构。近来，副载波多路复用模拟光传输技术被应用到有线电视网中，在干线上采用光纤传输，而用户分配网络仍然使用同轴电缆。这种光电混合传输方式即所谓 HFC 接入技术，提高了图像质量，并且可以传到很远的地方，扩大了有线电视的使用范围。HFC 网络采用光纤到服务区的概念，每个服务区对应一个光节点，覆盖 500 ~ 2 000 个用户。图 6.6 所示为单向 HFC 网络的结构。

能进行交互式通信的是双向 HFC 网络，它是在原有 CATV 网络基础上改造而成的，如图 6.7 所示。首先，分配网络的带宽要升级到 750 MHz 以上（至少 550 MHz），网络中使用的信号放大器要换成双向放大器，同时光节点也应具备双向功能。另外，前

端要增加一些设备用于话音和数据通信，用户端也要增加相应的接收设备。这种 HFC 网络利用了光纤传输的优点和有线电视同轴网络的便利，具有高速、宽带的特点，能兼容现阶段的业务，又具有很好的扩展性，可以支持未来的通信业务以及使网络结构方便地升级。HFC 网络是现阶段最为经济的宽带接入平台。

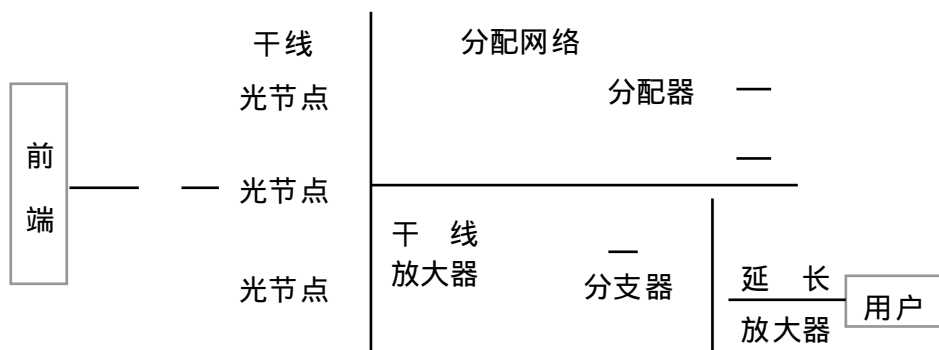


图 6.6 HFC 网络结构

混合光纤同轴（HFC）网是宽带接入技术中最先成熟和进入市场的，其巨大的带宽和相对经济性使其对有线电视公司和新成立电信公司很具吸引力。一旦管制放松，对电话公司也具有吸引力，允许其迅速提供宽带业务。HFC 在一个 500 户左右的光节点覆盖区可以提供 60 路模拟广播电视，每户至少 2 路电话，速率至少高达 10 Mbit/s 的数据业务。将来利用其 550 ~ 750 MHz 频谱还可以提供至少 200 路 MPEG-2 的点播电视业务以及其他双向电信业务。目前在北美采用电缆调制解调器只需每月花 40 美元就可以无限制地上网，很有吸引力。

从拓扑结构看有线电视 HFC 网的光缆网部分也能满足城市宽带 IP 骨干网的要求。如前面介绍的，它的基本结构是在总站和各分中心之间用环形光缆连接，各分中心用星形光缆网连接各个光节点。在这个光缆网上架构成城域宽带 IP 网是非常方便的，各个分中心可以成为宽带汇接点 GiGa PoP。在连接各个分中心的

环形光缆网用 IP over DWDM 技术架构多路千兆（或万兆位）以太网。先进的路由器可以将在一根光纤中传输的多个数据通道当作一根干线对待，防止各个通道之间负载不平衡。此外，在万兆以太网标准未完成之前，发展一种复用器可以将 8 路千兆以太网复合成一路 10 Gbit/s 数据在暗光纤或 DWDM 系统中传输。采用目前市场大量供应的背板速率为 40 ~ 60 Gbit/s 的高性能路由器，骨干网传输速率可以达到 10 Gbit/s，而采用最近面市的太位路由器（有 10 Gbit/s 端口），配合 80 × 10 Gbit/s DWDM 系统，传输速率可以达到 800 Gbit/s。今后 3 年内有可能达到 6.4 Tbit/s。对于一个有 1 000 个光节点的城市，平均每个光节点占有城域骨干网 6.4 Gbit/s 带宽，这足以支持 100 ~ 1 000 Mbit/s 到户的需求。

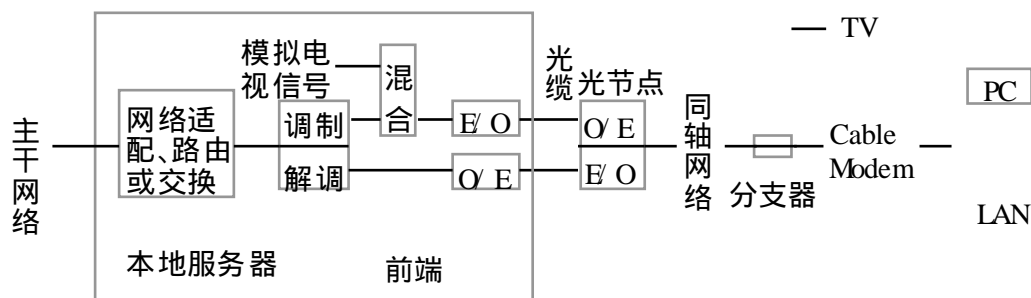


图 6.7 用 Cable Modem 的 HFC 网络结构

分中心将成为高速汇接点 GiGa PoP，也可以称为社区汇接点。在分中心设置高性能路由交换机，上接骨干网路由器，下接各光节点路由交换机。汇接点还负责连接 HFC 网电缆调制解调器前端和电话交换分局 ADSL 前端。在分中心还将配置大容量代理服务器、视频服务器以减少对骨干网带宽需求的压力。

一个分中心 GiGa PoP 通过单模光纤连接几十上百个光节点 PoP，其传输速率从 100 Mbit/s 可能发展到几吉比特每秒。目前有一类转换器产品可以将 100 Mbit/s 或 1 Gbit/s 电端口转换成可

以驱动的单模光纤的光端口，方便地将各种路由交换机与单模光纤配合，大容量服务器通过多个千兆以太网端口和高速汇接点连接，专门的软件被用来保证各端口中间负载平衡。

216. HFC 的用户接入方式有何特点？

1. 普及性高

有线电视是另一个深入到广大用户家庭的媒体。以上海为例，有线电视的普及率已达到 70%，用户达到 200 万户，经过几年的线路改造，初步形成光纤和同轴电缆混合网络 HFC。

2. 频带宽

可以满足综合业务和高速数据传输的需要。HFC 在字面的意思是光缆和同轴网的混合，实际则利用频率分段实现在 5 ~ 750 MHz 上同时传输模拟电视信号和数字信号。由于其具有宽带频谱，采用高效率调制技术 (64 QAM)，可在 6 MHz 频段传输 32.25 Mbit/s 数据，因此可以传输 HDTV 信号 (15 ~ 35 Mbit/s) 和其他高速数字信号，其 550 ~ 750 MHz 频带传输数据传输速率总和可达 1 Gbit/s (64 QAM)，而且兼容现有模拟电视系统，是一种非常好的过渡方案，一经推出即得到广泛的支持。

3. 传输速率高

在 HFC 网络上用 Cable Modem 进行双向通信时，其下行速率可达 30 Mbit/s，上行速率可达 10 Mbit/s，比电话线调制解调器高出几百倍。Cable Modem 就是为 HFC 网络开发的产品。在 HFC 网络的最大问题是上行频段的干扰太大，所以上行频段划分时放弃了 5 ~ 30 MHz 频段，向高频段发展为 5 ~ 50 MHz，甚至达到 5 ~ 105 MHz，并采用 CDMA 技术提高抗干扰能力。

4. 灵活性和扩展性

在结构上，HFC 网络具有很强的灵活性，可以平滑地向 FT-

TH 过渡或延伸。HFC 网络是共享网络，现在一般采用每个光节点下 500 ~ 2 000 个用户通过共享方式工作。随着用户数据业务的增加，光节点将变得更小，另一方面现在强调无源同轴网，将来的 HFC 网络将废弃现有的同轴双向放大器，这样有利于 750 MHz ~ 1 GHz 频段的利用，当模拟光纤信号不再使用时，频段将可能对称划分，模拟光纤信号将变为数字信号，向 FTTC (Fiber to the Curb) 结构发展，其可用资源将大增，最终光纤到户，彻底废弃同轴电缆，实现 FTTH (Fiber to the Home)。

HFC 网络的这些特点使之成为现阶段用户宽带接入的理想选择。不过，在 HFC 网络上实现双向通信也有一些需要解决的问题，特别是对上行通信而言。因为在双向通信中划分给上行通道的频谱是 5-30 MHz，而此段频率范围却极易受到短波、家用电器和其他干扰源的干扰，并且用户端同轴分配网络采用的是树枝型结构，用户端的噪声会在前端叠加，形成所谓噪声干扰的“漏斗效应”。同时，在树枝型结构中各分支用户共享上行通道，在技术上要解决好信道争用的问题。另外，传统的有线电视属于广播型业务，在进行交互式数据通信时要注意安全性和可靠性。

217. 什么是 Cable Modem ？

“Cable Modem”是一种通过有线电视网络实现高速数据访问（如 Internet 网接入）的设备。Cable Modem 通常有三个接头，一个接有线电视插座，一个接计算机，一个接普通电话。大部分 Cable Modem 是外置式的，通过标准 10BASE-T 以太网卡和双绞线与计算机相连。

“Modem”普遍用来描述电话调制解调器，“Modem”的功能是调制 (Modulates) 信号，和解调 (Demodulates) 信号。而 Cable Modem 的功能却不限于此。它实际上是一系列的功能复合体，包

含：调制解调器，转换器，NIC，SNMP 代理。

Internet 接入是目前最为热门的数据通信业务，但是随着上网人数的增加和信息量的增大，网络带宽已不堪重负，传统的电话网接入方式已经不能满足用户需求。而 HFC 网络则为人们提供了一种有效的解决方案，在 HFC 网络上利用 Cable Modem 可以实现理想的宽带接入。

Cable Modem 能够提供高速数据通信，比如 Internet 接入、在线娱乐、VOD、电视会议、远程工作组及局域网互连等，是 HFC 网络的关键设备。尽管目前还没有统一的国际标准，但是商用 Cable Modem 已经在很多地方得到了应用。

用 Cable Modem 进行数据通信的网络结构主要由前端和用户端 Cable Modem 组成。前端与主干网络连接，下行数据先进行射频调制，再用频分复用方式与模拟电视信号混合并经光调制后在本地网上向用户端传输。前端还接收上行数据，经解调后传输到主干网上。前端可以设置视频服务器、网络管理系统和其他运营支持设备，同时前端还有路由或交换功能。用户端 Cable Modem 是用户设备与同轴网络的接口，Cable Modem 具有标准以太接口，可以连接单台 PC，也可连接多台 PC 或局域网。Cable Modem 接收下行数据，经解调后传输到计算机，同时将上行数据信号进行射频调制，经本地网络传向前端。

Cable Modem 将同轴网络带宽划分为上行通道和下行通道，上行通道频率范围为 5 ~ 30（或 42）MHz，下行通道频率范围为 50 ~ 750（或 860）MHz。上行数据传输采用抗干扰能力较强的 QPSK 调制方式，也可采用 16 QAM 调制提高传输速率，调制频率受前端 CMTS 控制，频率灵活可调，传输速率可达 10 Mbit/s。下行数据传输采用 64/256 QAM 调制，6 MHz 带宽，传输速率可达 30 Mbit/s。上、下行数据都采用前向纠错和 Reed-Solomon 编码技术，提高可靠性。

Cable Modem 具有安全管理功能，并支持多等级服务，可以提供虚拟局域网业务。

218. MCNS 标准的基本内容是什么？

有线电视网络经营者一直相信，Cable Modem 的兼容、廉价以及像电话 Modem 和网卡一样的可零售是高速数据业务取得成功的必要条件。若做到这点，则有线电视商们可以避免因购买和出租 Cable Modem 带来的过重资金压力；顾客也可从不同的生产厂家选择自己满意的产品。

要做到这一点，就要求各 Cable Modem 生产厂家遵循相同的标准来生产 Cable Modem。为制定 Cable Modem 的国际标准，1994 年 5 月，IEEE 802.14 有线电视媒体访问控制 (MAC) 和物理协议 (PHY) 工作组成立。有众多的厂家加入该小组。其目的是为有线数据通讯制定国际标准。最初的目标是决定在 1995 年 12 月向 IEEE 提出 Cable Modem MAC 和 PHY 标准，但是，后来日期被推迟到 1997 年底。因 IEEE 802.14 的迟迟不出台，有线电视网络经营者们决定利用其强大的市场能力，联合起来越过此标准的推出而制定自己的标准。1996 年 1 月，有线电视厂商 COMCAST, COX, TCI 和 TIME WARNER 联合成立了多媒体有线电视网络系统联合体 (MCNS)。其目的是到当年底，为高速数据业务服务制定一系列接口规范。很快，又有一些有线电视厂商（如 MediaOne, Rogers Cablesystem 和 Cable-Labs）也同意 MCNS 有线网络数据服务接口规范 (DOCSIS) 提议。总计起来，这个联合代表着北美主要的有线电视公司，他们占据着美国的 85% 和加拿大的 70% 有线电视用户。

1997 年 3 月，MCNS 针对 Cable Modem 发布了有线电视系统数据处理接口范围 (DOCSIS)。目前，已有 20 多个厂商宣布将生

产基于 MCNS DOCSIS 标准的 Cable Modem。事实上，MCNS DOCSIS 标准已作为 Cable Modem 生产标准被业界承认。1998 年 4 月，国际电讯联盟（ITU）正式接纳 MCNS DOCSIS 为 ITU 国际标准。

根据标准化组织 MCNS 的定义，Cable Modem 在网层上采用 IP 协议，传送 IP 分组。媒体访问控制层（MAC）为所有的下行数据流传输定义了一个发射设备——CMTS，每个 CM 都侦听下行传输的所有数据帧，只有地址与之匹配的注册 CM 才接收数据，CMs 之间的通信也只能通过 CMTS 进行。上行通道是多个 CMs 对一个 CMTS，整个通道被分成很多时隙进行时分复用，CMTS 提供时间参考并控制每个时间间隔的使用。MAC 层的主要特性为：

- (1) CMTS 前端控制带宽的分配；
- (2) 回传信道划分为微时隙；
- (3) 采用可变长度数据分组和 MPEG 帧结构；
- (4) 支持多等级服务；
- (5) 支持宽范围内的数据速率；
- (6) 前端控制器动态提供支持基于竞争和独占的上行数据流传输；
- (7) 可以扩展，以支持未来的 ATM 或其他数据 PDU。

219. Cable Modem 如何工作？

Cable Modem 在有线电视上将数据进行调制，然后在有线电视网（CATV）的某个频率范围内进行传输，接受一方再在同一个频率范围内对已调制的信号进行解调，解析出数据，传送给接受方。事实上，其在物理层上的传输机理与电话线上的调制解调器无什么不同，同样也是通过调制技术对数据进行编码与解码。Cable Modem 的用户端连接如图 6.8 所示。

由于有线电视网是共用传输系统，所以 Cable Modem 可以在有线电视网上的某段或几段频率上进行数据调制和解调，其他频段依然可用于有线电视信号的传输。

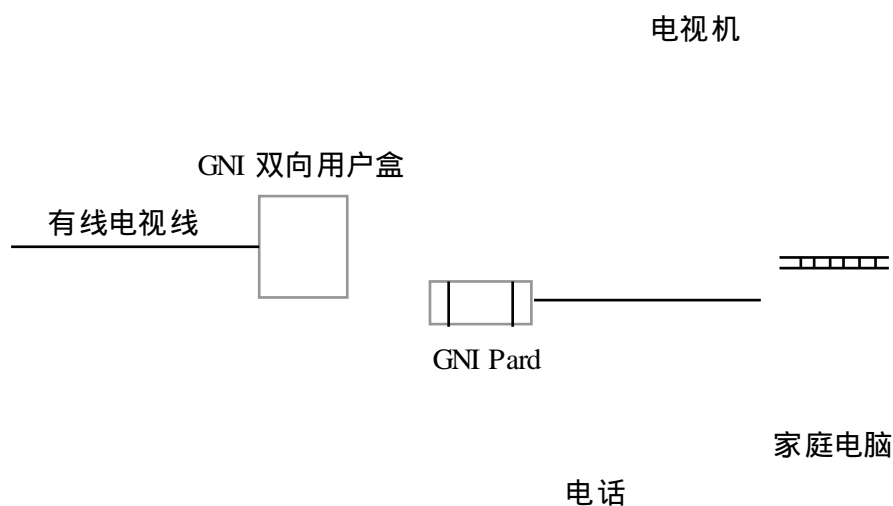


图 6.8 Cable Modem 的用户端连接

220. Cable Modem 优势何在？

与电话 Modem 和 ISDN 比较，Cable Modem 的优势表现在：无与伦比的速度，无需拨号，不占用电话线，支持宽带多媒体应用等方面。

1. 无与伦比的速度

电话 Modem 速度常为 28.8 kbit/s，部分产品可达 56.6 kbit/s；ISDN 以 64 kbit/s 或 128 kbit/s 的速度传输。Cable Modem 的传输速率可选范围较大。上行方向，传输速率可达 10 Mbit/s。下行方向，最大则可达 42 Mbit/s。从以下的例子可以更好地理解 Cable Modem 的速度：下载一个 500 kB 的图像文件，通过 28.8 kbit/s 的 Modem 需 8 min；通过 64 kbit/s 的 ISDN 需近 2 min；通过 Cable Mo-

dem, 仅需半秒。

2. 无需拨号, 不占用电话线

电话 Modem 连接因特网有两个基本缺点: 一是需拨号, 二是必须占用电话线。使用 Cable Modem 就不存在上述问题。只要一开机, 您就处在连接状态, 随时都可以访问因特网而无需等待连接; 并且, 由于不占用电话线, 这样, 上因特网与打电话可以同时进行, 互不干涉。

3. 支持宽带多媒体应用

由于 Cable Modem 的带宽优势, 基于互连网络的各种新的应用如视频会议、远程教学、视频点播、音乐点播等都能得以发展起来。

221. 无线接入的用户接入城域网的方式有何特点?

目前, 无线用户环路 (Wireless Loop, WLL) 正逐渐由模拟系统向数字系统发展。无线接入可分为移动接入和固定接入。

1. 移动接入

移动接入又可分高速和低速两种。高速移动接入一般可用蜂窝系统、卫星移动通信系统、集群系统等。低速接入系统可用 PGN 的微小区和毫微小区, 如 CDMA 的 WILL, PACS, PH 等。移动接入目前主要有两种手段: 一种是采用无线局域网, 另一种是借助公用移动通信网 (如 GSM 网上的 GPRS)。

2. 固定接入 (Fixed Wireless Access, FWA)

在技术上与低速相似。目前大部分系统采用时分多址 (TDMA) 技术, 而发展的方向是码分多址 (CDMA), CDMA 技术是一种扩展频谱技术, 容量大、频谱利用率高、保密性强、高无线数据率, 可简化系统规划、消除多径效应, 作为 FWA 应用比用蜂窝更能发挥其优越性。另一方面, 基于无线智能网接口技术标

准 V5.2 的网络，包括接入网（AN）和本地交换（LE）两部分，提供了适用于接入网的中继接口，因此进一步增加了网络的灵活性。IP WLL 主要承载数据业务，在此基础上支持 ITU-T H.323 协议，实现 Voice over IP，实现数据与话音集成。基站系统提供标准的以太网接口与交换机相连，交换机通过与路由器相连，实现宽带访问 Internet。

222. 什么是 WAP ?

WAP（无线应用协议）是在数字移动电话、因特网或其他个人数字助理机（PDA）、计算机应用之间进行通讯的开放全球标准。它是由一系列协议组成，用来标准化无线通信设备，可用于 Internet 访问，包括收发电子邮件，访问 WAP 网站上的页面等等。WAP 将移动网络和 Internet 以及公司的局域网紧密地联系起来，提供一种与网络类型、运行商和终端设备都独立的移动增值业务。通过这种技术，无论在何地、何时只要需要信息，就可以打开 WAP 手机，享受无穷无尽的网上信息或者网上资源。如：综合新闻、天气预报、股市动态、商业报道、当前汇率等。电子商务、网上银行也将逐一实现。还可以随时随地获得体育比赛结果、娱乐圈趣闻以及幽默故事，为生活增添情趣，也可以利用网上预定功能，把生活安排得有条不紊。WAP 协议包括以下几层：

Wireless Application Environment (WAE)

Wireless Session Layer (WSP)

Wireless Transaction Layer (WTL)

Wireless Transport Layer Security (WTLS)

Wireless Transport Layer (WTL)

其中，WAE 层含有微型浏览器、WML，WMLSCRIPT 的解释

器等等功能。WTLS 层为无线电子商务及无线加密传输数据时提供安全方面的基本功能。

WAP 协议的诞生是 WAP 论坛成员多年努力的结果。它是针对不同的协议层定义了一系列协议，这些协议使得各方面的厂商和公司可以协同工作，

开发无线通信网络的应用。目前有超过 100 个成员加入 WAP 论坛，包括有终端和基础设备的制造商，有移动通信的网络运营商，有业务提供商，有软件公司，也有网络内容提供商等，共同为移动设备开发服务和应用。但是，目前由于无线网的带宽等等因素的限制，WAP 手机的在多媒体上的应用如：可视会议、多媒体教学等等，还须一段时日。WAP 规范还在不断地完善，WAP 论坛成员们在加紧开发功能完善的 WAP 设备，这无疑加快其在无线因特网综合服务领域的扩展速度。

223. GPRS 能取代 WAP 吗？

一种革命性的无线通信新应用正在向我们微笑：这就是被视为可以平滑过渡到第三代移动通信的 GPRS（通用无线分组业务）。这种被称为“第 2.5 代”的移动通信系统，是移动通信由 GSM 时代向第三代（3G）过渡的重要里程碑，具有“永远在线”、费用合理及高速率等优势，将极大地增强手机的功用和拓展移动通信增值服务领域。

面对悄然到来的 GPRS 概念，人们迫切想知道，前一段时间成为焦点话题的 WAP 技术是否已经是昨日黄花，GPRS 是否将最终取代 WAP？

严格说起来，我们也许并不能把 WAP 和 GPRS 放到同一层面上来比较，因为，WAP 作为一种旨在使手机能访问 Internet 的高层应用协议和作为底层传输的手段，WAP 的技术核心是使

GSM 系统中的手机能顺利浏览构筑在 WML（无线注标语言）之上的 Internet 内容，而 GPRS 则是使这种浏览速度更快和浏览的内容更多。如果说 WAP 是信，那么 GPRS 就是运送信件的交通工具，它更快；如果说 WAP 是汽车，而 GPRS 即是跑车的路，它更宽。

在多款具有 WAP 功能的手机推出后，新的 GPRS 手机也将很快问世。人们不由得开始关心起它们之间的区别和替换关系。GPRS 能取代现在的 WAP 么？我们知道，GPRS 手机的计费是根据用户传输的数据量而不是上网时间来计算，因而能够做到“永远在线”，即只要不浏览、下载、传输数据，哪怕一直“在线”，也不要另外付钱，因而它的费用较按时计费的 WAP 手机更加划算；另外，由于 WAP 手机上网浏览网页，只能看专为 WAP 设计的网站，而现在这类网站还十分稀少，而 GPRS 手机则可以通过连接 PC 机来做到“永远在线”，并且浏览普通的 Internet 网页，比我们用普通电脑上网更方便、更快捷，而且还是无线移动的，单就这一点就无比诱人。

所以，从所提供的服务范围上来看，GPRS 技术使 WAP 有了更大的发挥空间。但目前已经有的 WAP 手机无法享受 GPRS 服务，用户还需要更换新的 GPRS 手机。目前各大通信厂家都在研制和开发 GPRS 手机，摩托罗拉公司继在国内推出多款 WAP 手机后，又开发出 GPRS 手机 L2000g。我们有理由相信，消费者体验移动通信新领域的要求将很快得以实现。

224. 什么是 MMDS？

MMDS 最初用于有限范围内的 TV 广播，是一种存在很多年的已被证实的无线技术，MMDS 发送数据下行可达 10 Mbit/s。它工作在比 LMDS 低得多的频率（2 ~ 3 GHz），所以受干扰的影响

要小得多。由于采用了一种叫做矢量正交频分复用 (VOFDM) 的补偿技术, 它也没有视线无障碍的要求。

由于 MMDS 天线之间不要求视线无障碍, 信息在到达目的地的路径上遇到物体引起反弹, 这就要求有一种机制可以在收端把信号按照适当的顺序重新组装起来。VOFDM 就提供了这样的机制。Cisco 通过收购 Clarity Wireless 公司获得了 VOFDM 技术, 并且结成了工业联盟以支持 VOFDM 成为一个多厂商标准。

MMDS 支持更远距离的能力——高达 30 多公里——以及 VOFDM 补偿技术使 MMDS 无论是对不具备视线接入设施的城市商业用户和远程办公者所处的郊区和农村市场, 都是一种可以比较经济地部署的切实可行的选择方案。

225. 什么是本地多点分配业务接入?

本地多点分配业务 (LMDS: Local Multipoint Distribution Service) 工作于 24 ~ 38 GHz 频段、宽带无线点对多点接入技术, 在有些国家, 如加拿大、韩国, 也称之为本地多点通信系统 LMCS (Local Multipoint Communication System)。在不同国家或地区, 电信管理部门分配给 LMDS 的具体工作频段及频带宽度有所不同, 其中大约有 80% 左右的国家将 27.5 ~ 29.5 GHz 定为 LMDS 频段。该技术利用毫米波传输, 可以提供双向话音、数据及视频图像业务, 能够实现从 $N \times 64 \text{ kbit/s}$ 到 2 Mbit/s 、甚至高达 155 Mbit/s 的用户接入速率, 具有很高的可靠性, 号称是一种“无线光纤”接入技术。

LMDS 工作在比 MMDS (2.5 GHz) 高得多的频率上 (28 GHz), 可提供比低频高很多的速率, 最高可超过 OC-3 (155 Mbit/s)。采用点 (基站) 对多点 (远端站) 组网方式, 基站直接连入广域网, 实现宽带接入。典型的系统可支持高达 45 Mbit/s 下行和 10

Mbit/s 上行的传输速率。因此 LMDS 比较适合部署在人口密集的城市区，在那里如果需要除了有线业务以外的宽带业务，商业用户可以做的选择有限。这是因为，传统的服务提供商目前的有线设施缺乏足够的带宽容量而物理上部署新的有线连接费用很高。

获得较高的带宽和类似光纤的服务质量 (QoS) 要作出的牺牲是无线链路之间的距离有限 (小于 4 km); 而且需要建立足够的小区覆盖以减少像大雨这样可能的障碍物的影响。LMDS 是一种视线技术，也就是说在无线连接的收发两端的天线之间不能有障碍物。

226. LMDS 的系统如何组成 ?

LMDS 系统通常由三个部分组成：基站、用户端设备以及网管系统，如图 6.9 所示。

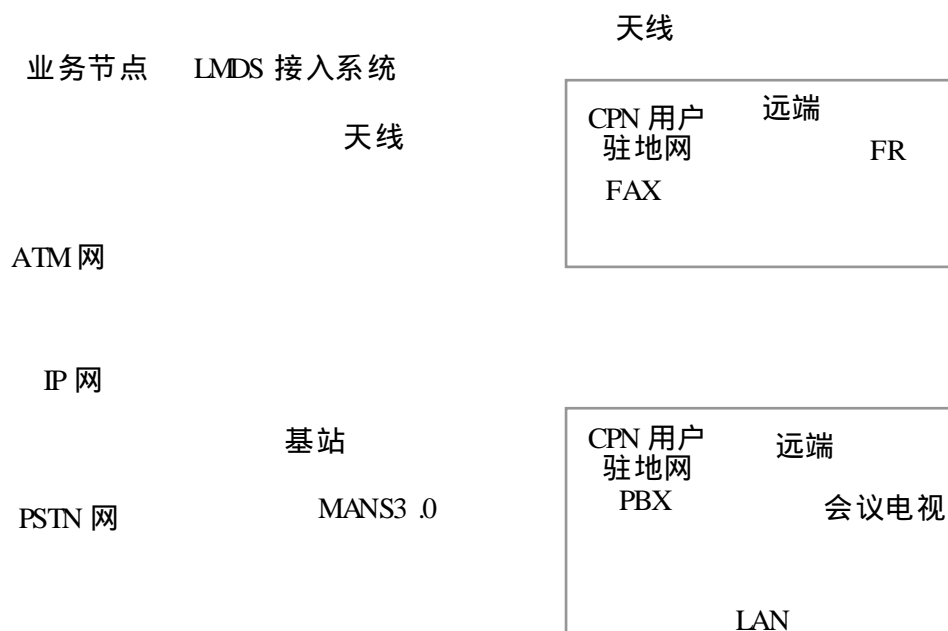


图 6.9 基于 LMDS 的宽带无线接入方案

基站系统负责进行用户端的覆盖，并提供骨干网络的接口，

包括 PSTN, Internet, Frame Relay, ATM, ISDN 等。基站设备包括与基础骨干网络相连的接口模块、调制与解调模块及通常置于楼顶或塔顶的微波收发模块。

由基站至用户端的下行链路采用 TDMA 模式, 射频调制方式可选 QPSK, 16 QAM 和 64 QAM, 多元调制方式, 特别是 64 QAM, 可大大提高频道利用率。

基站设备可分为室内单元、室外单元、天线和连接室内单元与室外单元的中频电缆四部分。室内单元是标准 19 英寸机箱, 机箱内含冗余电源, 机箱内共有 21 个插槽, 可插入各种板卡。室外单元采用特有的圆柱型结构, 体积小, 重量轻。

基站的容量取决于以下技术因素: 可用频谱的带宽、扇区数、频率复用方式、调制技术、多址方式及系统可靠性指标等, 系统支持的用户数则取决于系统容量和每个用户所要求的业务。基站覆盖半径的大小与系统可靠性指标、微波收发信机性能、信号调制方式、电波传播路径以及当地降雨情况等许多因素密切相关。

用户端设备包括室外安装的微波发射和接收装置和室内的网络接口单元 (NIU), NIU 为各种用户业务提供接口, 并完成复用/解复用功能。P-COM 的 LMDS 系统可提供多种类型的用户接口, 包括: 电话、交换机、图像、帧中继、以太网等等, 速率也非常全: ISDN, $N \times 64 \text{ k}$, 2 M , $N \times 2 \text{ M}$ 等, 基本上目前常见的业务都可直接接入。应根据用户的具体位置与业务需求情况, 配置合适的用户端设备。

网管系统完成告警与故障诊断、系统配置、计费、系统性能分析和安全管理等功能。

227. LMDS 的发展背景是什么？

LMDS 正成为国内接入网建设的一个热点，这是基于以下原因：

1. 接入网建设正成为当前网络建设的热点

在面向 21 世纪信息社会的进军中，核心网正向超高速和大容量的方向发展。高达 320 Gbit/s (32×10 Gbit/s) 的波分复用系统已投入使用。而接入网的建设因其复杂性、接入技术的多选择性使得接入技术的发展显得扑朔迷离。接入网——特别是宽带接入网——不仅成为电信网必须尽快妥善解决的“瓶颈”，而且也成了未来国家信息基础设施 (NII) 的发展重点和关键。接入网建设正成为当前网络建设的热点。

2. 业务综合化、宽带化的需求使传统的无线接入技术黯然失色

发达的经济、雄厚的技术力量、巨大的宽带业务潜在市场是美国成为接入网宽带化的领先者。目前出现的宽带业务应用主要有：高速因特网接入、高速局域网互连、会议电视、电子商务、影视点播、远程教学、远程医疗等。而对通信带宽的要求日益增高，同时期望通信资费不断下调。面对这种迫切的用户期待，已有的低频段无线接入系统（如 450 M, 2.4 G）渐显得力不从心，而 LMDS 技术则具有向单位和家庭架设一条便捷的信息高速公路的可能性。

3. 迫于电信市场开发的压力，运营商竞相采用新技术

随着我国经济体制改革的不断深化，以及世界各国电信市场逐步开放的环境影响，电信将面临着来自国内外的剧烈竞争与挑战，这种竞争与挑战的主要焦点将直接反映在接入网的发展水平和建设速度上，反映在多媒体业务的综合业务接入能力上。谁先建设好面向千家万户（包括大用户）的数字化、宽带化、智能化

的全业务通信信息接入网，谁就掌握了未来的通信网的命运和主动权；谁在接入网装备上占优势，谁就会赢得用户。因此电信运营商出于竞争的目的，必须扬长避短，采用新技术。

4. FTTH 受阻，宽带无线接入技术成熟

从理论上讲，光接入网是比较完美的解决方案，但实现起来有一定困难。根据最新统计，在美国 460 万商业大楼中，光纤到大楼的比例只有百分之一。事实上 95% 以上的商业企业都是中小企业，有人认为向这类用户提供光纤接入经济上并不合算。

LMDS 技术最初由美国 Cellular Vision 公司开发，1991 年得到了该技术的试验许可证，现已在纽约建成运行一个 LMDS 网络，主要是提供多频道电视服务。目前，有很多通信设备制造厂商已经推出或即将推出 LMDS 产品，例如：加拿大新桥网络 (Newbridge Networks)，北电网络 (Nortel Networks)；法国阿尔卡特 (Alcatel)；德国博世 (Bosch)；美国 Cellular Vision，朗讯 (Lucent)，惠普 (Hewlett-Packard)，Netro，Wytec，Belstar，休斯 (Hughes) 等。其中美国的 P-COM 公司已经成功地实现了为美国电信运营商 WINSTAR 通信公司用点对多点无线接入解决方案来提供本地多点分配业务，并在美国华盛顿特区提供商业服务。WINSTAR 公司计划于 2000 年在美国 50 个城市将 LMDS 全面铺开。美国一家市场研究公司 (Insight Research Corporation) 预测：2001 年北美 LMDS 网络与用户端设备的销售收入将增至 31 亿美金，LMDS 运营同样会有较快发展。在我国，LMDS 的研制开发和应用也已经起步，大唐电信已经研制和生产了基于 LMDS 技术的 R-2000 系列产品。而宽带固定无线接入系统 LMDS 因其能为运营商提供经济、快捷和有效的网络服务近几年异军突起，处于有利的发展地位。

228. LMDS 的特点及其发展前景如何？

与传统的光纤接入、以太网接入和无线点对点接入方式相比，本地多点分配业务有许多优势。

第一，可提供极高的通信带宽。LMDS 工作在 28 GHz 微波波段附近，可用频带为 1 GHz 以上，比 DBS (500 MHz) 等技术宽得多。理论上可以提供所有业务。

第二，蜂窝式的结构配置可覆盖整个城域范围。与传统微波技术不同的是，LMDS 系统还可以组成蜂窝网络的形式运作，向特定区域提供业务。当由多基站提供区域覆盖时，需要进行频率复用与极化方式规划、无线链路计算、覆盖与干扰的仿真与优化等工作。每个蜂窝站的覆盖区为 2 ~ 10 km，覆盖区可相互重叠。每个蜂窝的覆盖区又可以划分为多个扇区，可根据需要在该扇区提供特定业务或服务。

第三，LMDS 可提供多种业务。运用 LMDS 的目的就是实现用户远端到骨干网的宽带无线接入，进行包括话音、数据、图像的传输，也可作为因特网的接入网。在提供高速数据业务 (2 bit/s ~ 155 Mbit/s) 时有 100 Mbit/s 的快速以太网等。LMDS 还能提供模拟和数字视频业务，如远程医疗、高速会议电视、远程教育、商业及用户电视等等。

此外，在投资方面，LMDS 具有网络建设投资少、开通快、建设周期短、运营成本低的特点。据一般估算，由于节省了中介质的投入，其投资要比建立光纤接入低 20% 左右，可以在极短的时间内开通。网络扩容也比其他宽带接入手段方便，可减少设备的过量配置，组网机动灵活且易于管理。LMDS 系统的用户端设备相对简单，也是该技术的一个明显优势。

当然，任何一种技术都有其局限性，对于 LMDS 系统的传播

影响最大的是雨衰和需要直视路径的问题。雨衰对工作于28 GHz的 LMDS 系统影响很大，而且雨点的大小与 LMDS 的电波尺寸可比，容易引起无线信号的散射。雨衰会降低信号电平、提高相邻扇区和相邻小区之间的干扰隔离。LMDS 的覆盖距离因各地降雨状态而变。例如在美国多雨地区迈阿密，在暴雨过后 LMDS 的传输距离会降到 1 英里。这样为降低传输的误码率，对调整发送功率改善传输质量的技术要求就很高。同时 LMDS 的传播环境还与直视路径、建筑物高度有关。也就是说，LMDS 的天线一定要尽量安装在不受任何物体遮挡的高层建筑上。如果小区用户少，则平均每户分摊的成本相对较高；产品的兼容性还有待开发；频点问题还有待规范化；产品的成本也有待于国产化、大规模生产后进一步降低。

总之，固定无线接入主要有两种应用场合：一种是在新的本地电信运营商想很快独立提供业务时；二是在已有本地网的业务经营者弥补现有有线网络的不足时。成功地部署 LMDS 需要衡量技术、市场、资金等多方面的因素，具体来说主要有确定服务对象、分析人口数据和潜在用户的优先性、确定和优化网络覆盖、跟踪和确定设备的价格和平衡运营的成本及收益等。从技术的角度看，运营商需要考虑系统容量、微波传播、网络规划、网络节点设备、无线设备、用户端网络接口设备和网络管理等诸多方面的因素。在光纤到户短期内无法实现的情况下，接入技术不可避免地走向多元化，这为 LMDS 这类新兴的宽带接入手段提供了良好的市场空间。广电部门拥有大量的微波技术人才和丰富的微波技术运维经验，LMDS 技术将为广电部门参与到通信业务的开放和竞争中提供一条新途径。

229. ADSL 与 Cable Modem 比较有何特点？

与 Cable Modem 相比，ADSL 技术具有相当大的优势。Cable Modem 的 HFC 接入方案采用分层树形结构，其优势是带宽比较高（10 Mbit/s），但这种技术本身是一个较粗糙的总线形网络，这就意味着用户要和邻近用户分享有限的带宽，当一条线路上用户激增时，其速度将会减慢。再者，有关资料表明，大部分情况下，HFC 方案必需兼顾现有的有线电视节目，而占用了部分带宽，只剩余了一部分可供传送其他数据信号，所以 Cable Modem 的理论传输速率只能达到一小半。国外公司实验表明，其速率减为 1~2 Mbit/s，更常见的是 400~500 kbit/s。综合来看，即使在理想状态下，HFC 只相当于一个 10 Mbit/s 的共享式总线形以太网，而 ADSL 接入方案在网络拓扑结构上较为先进，因为每个用户都有单独的一条线路与 ADSL 局端相连，它的结构可以看作是星形结构，它的数据传输带宽是由每一用户独享的。

230. ADSL 与普通拨号 Modem 及 N-ISDN 比较有何特点？

(1) 比起普通拨号 Modem 的最高 56 kbit/s 速率，以及 N-ISDN 128 kbit/s 的速率，ADSL 的速率优势是不言而喻的。

(2) 与普通拨号 Modem 或 ISDN 相比，ADSL 更为吸引人的地方是：它在同一铜线上分别传送数据和语音信号，数据信号并不通过电话交换机设备，减轻了电话交换机的负载，并且不需要拨号，一直在线，属于专线上网方式。这意味着使用 ADSL 上网并不需要缴付另外的电话费。

231. 几种接入方式 ADSL/ VDSL, 以太网, IP WLL, LMDS, 移动 IP, HFC 各有何特点?

ADSL/ VDSL, 以太网, IP WLL, LMDS, 移动 IP, HFC 几种接入方式各有其特点, 比较见表 6.1。

表 6.1 各种用户接入技术方式比较

接入方式	优势	劣势
ADSL/ VDSL	充分利用电信现有网络资源, 对各种业务的支持能力强, 能较好地保证 QoS	价格较高, 安装不方便; 传输质量受传输距离影响较大, 易受外界影响
以太网	简单方便, 宽带大	缺乏严格的 QoS 保证, 且受距离限制
HFC	利用宽带的有线电视网, 带宽大	双向改造投资大
LMDS	可用带宽达 1 GHz 以上, 投资低、实施迅速方便	恶劣天气的影响
移动 IP	移动多媒体, 随时随地获取信息	带宽比以太网接入方式小, GPRS 和 3G 可支持的速率分别只有 115 kbit/ s 和 2 Mbit/ s
IP WLL	基站系统采用扩频技术, 解决无线传输问题, 采用定向扇区, 有利于频率复用, 提高系统容量	宽带业务的无线传输存在较大质量问题

232. ADSL、以太网两种接入方式的成本比较哪个高?

在目前的信息化小区的建设中, 就如何实现用户的宽带数据入户, 存在着多种技术手段, 当前得到应用的主要有 ADSL 和以太网两种。本文在一个较为典型的信息化小区模型的基础上, 针

设备成本：该方案需要在小区数据中心放置一台 DSLAM 设备（配置 200 线，出口为一个 155 M），用户家中放置 ATUR 设备，平均每个用户的设备成本为 $C_{a2} = 4\ 000$ 元（采用 PC 内置插卡，如果采用外置式 Modem 成本需要增加 1 000 元/户）。

设备名	单价	数量	总价	说明
DSLAM	3 000 元/ 端口	200 端口	60 万	
ATU-R	1 000 元/ 端口	200 端口	20 万	采用 PC 内置插卡

平均每个用户的总成本： $C_a = 0 + 3\ 000 + 1\ 000 = 4\ 000$ 元

整个小区的总投资： $M_a = 4\ 000 \times 200 = 800\ 000$ 元

以上成本的计算中没有考虑实际工程中电信电缆的挑线率的限制，可能因此需要在建设小区时敷设冗余的电信电缆所需增加的费用。

方案二：纯以太网接入方式，即每个用户通过一个独立的 10M 以太网端口实现接入，组网如图 6.11 所示。

布线成本：大多数情况下用户室内没有用于以太网接入的 5 类线（UTP5），因此需要重新布线，其中在小区数据中心到每幢楼之间为 1 对光纤，每幢楼的接入点到用户家中为 5 类线（UTP5），每个家中为一个信息点。

按照这种布线方式 5 类线（UTP5）的布线成本约为 600 元/户。光纤采用多模光纤，成本为 20 000 元/km（多模，4 芯，含工程费）。按照小区数据中心到每幢楼的平均距离为 150 m 计算，总的光纤布线成本约为 $20\ 000 \times 0.150 \times 14 = 42\ 000$ 元，平均每个用户的光纤布线成本为 $42\ 000 / 200 = 210$ 元/户。

因此，采用以太网方案平均每户的光缆、电缆布线总成本

$$C_{b1} = 600 + 210 = 810 \text{ 元}$$

1 号楼

ATM 骨干网

100M 以太
交换机

1 000M

14 号楼

千兆以太交换机

5 类线

小区网管

100M 以太交换机

图 6.11 纯以太网组网方式

设备成本：以太网方案需要在小区数据中心放置一台千兆以太交换机，带一个 1 000M 的以太光口用于连接宽带接入网的接入点、至少 4 个 100MTX 端口用于连接数据中心的各种服务器（主要有小区 WEB 服务器、小区 MAIL 服务器、VOD、网管等服务器），至少 14 个 100MFX 端口连接 14 幢楼。在每幢楼放置一台以太交换机，每台提供 24 个 10M 端口，提供一个 100MFX 端口用于连接小区数据中心。该以太网方案不包含带外管理功能，带外管理需要另外组织一张管理网。

设备名	单价	数量	总价	说明
千兆以太交换机		1	150 000 元	带一个 100M, 4 个 100MTX, 14 个 100MFX
100M 以太交换机	7 500 元	14	105 000 元	1 个 10 100MTX 口, 24 个 10MTX

续表

设备名	单价	数量	总价	说明
3C16950				
100M 以太交换机的光纤模块 (单口) 3C16970	4 300 元	14	60 200 元	为 3C16950 的可选模块
共计			315 200 元	

平均每个用户的设备成本为

$$Cb2 = 315\,200 / 200 = 1\,576 \text{ 元}$$

平均每个用户的总成本:

$$\begin{aligned} Cb &= Cb1 + Cb2 \\ &= 810 + 1\,576 = 2\,386 \text{ 元。} \end{aligned}$$

整个小区的总投资:

$$Ma = 2\,386 \times 200 = 477\,200 \text{ 元。}$$

该方案中由于 ADSL 端口少, 一般来说不需要因为 ADSL 的挑线率而增设冗余的电信电缆。

管理与维护性: 方案一即纯 ADSL 方案只需要维护小区数据中心的 DSLAM 设备就可以保证整个网络的正常运行, 用户家中设备的故障只涉及单个用户。这种方式由于设备比较集中, 小区数据中心的供电以及其他环境条件都比较好, 并且可以采用 UPS 作为备用供电保障 ADSL 的局端设备 (DSLAM) 不间断运行, 可靠性比较高, 设备维护比较方便, 适合电信级的运行。方案二都包括两个部分: 位于小区数据中心的千兆以太网交换机或 DSLAM 设备及位于楼宇的百兆以太网交换机 (提供交换 10M 到用户家中) 或复用设备。由于用于用户集中的百兆以太网交换机或复用设备放置在每幢楼中, 设备处于分散的状态, 并且每幢楼的设备出现故障将影响多个用户, 同时楼中的环境条件比小区数据中心要差得多, 楼内设备还存在供电和备用供电问题、安装问题, 所以可靠

性要差些，并且设备维护也比较麻烦。

以上比较基于一个宽带用户比较密集模型，在用户数量相对较少、较分散的应用场合，ADSL方式与以太网方式的成本差距将减小，甚至ADSL方式的成本低于以太网组网的成本。因此方案一较适合于用户较为分散的应用而以太网方案适合于用户密集的应用。

233. 什么是无源光网络 (PON) ?

无源光网络是光接入网 (OAN) 中的一种。在众多的接入网技术选择中，PON因其具有成本低、对业务透明、易于升级和易于维护管理的强大优势而深受用户欢迎。ITU-T已经制定了一些PON的标准，其中最重要的两个PON的标准为G.PONA和G.PONB。

OLT为光线路终端，它为ODN提供网络接口并连至一个或多个ODN。ODN为光配线网，它为OLT和ONU提供传输手段。ONU为光网络单元，它为OAN提供用户侧接口并和ODN相连。如果ODN全部由光分路器 (Optical Splitter) 等无源器件组成，不包含任何有源节点，则这种光接入网就是PON，其中的光分路器也称为光分支器 (Optical Branching Device, OBD)。

PON的基本概念实际上起源于通过使用无源光分路器，充分利用数字光纤基带系统通常在本地用户环路距离上所具有的较大功率预算富余度，从而实现程度较高的设备共享。所以，PON初期的建造费用很低是其主要优点。另外，无源分路器可靠性高，对业务透明，故系统的维护费用和升级费用很低，特别符合宽带业务需求逐渐发展的要求，具有较高的投资利用率。

234. 什么是 APON ?

在无源光网 (PON) 上实现基于 ATM 信元的传输, 即 ATM-PON (简称 APON) 技术。APON 即 ATM 化的无源光网络。ATM 技术是基于信元的传输系统, 为点到多点的传输系统的复用和多路接入方式提供了良好的基础, 这种传输结构为多用户共享整个带宽提供了基础。

在 APON 系统中, 为加强其系统高可靠性, 国际电信联盟 (ITU) 关于 APON 传输标准采用一对光纤进行双纤全双工传输, 系统带宽扩容采用 TDM 方式, 进一步考虑采用 WDM 技术。这种点到多点的多分支结构特别适合于未来将大量出现的下行分配型数字视频业务, 如 MPEG-2、JPEG 视频流等。ATM 信元通过信头的 VPI/ VCI (虚通道标识符/ 虚通路标识符) 进行二级寻址, 并根据不同业务的 QoS (服务质量) 进行不同的转接处理。例如: 对于话音业务, 必须考虑时延问题, 保证话音业务的时延不超过 1ms 的限制。而对于视频业务如有线电视或 VOD 业务而言, 对时延有严格的要求, 又有传输信息量大的要求, 为此, APON 系统中采用永久性 VP (虚拟链路) 连接, 以简化连接信令和呼叫处理过程。

综上所述, APON 技术将 ATM 和 PON 的优势互相结合, 传输速率可达 622/ 155 Mbit/ s, 代表了多媒体时代接入网技术的发展方向。一个 ATM-PON 可以通过 ATM 的集中和统计复用, 再结合无源分光器对光纤和光线路终端的共享作用, 使接入网成本比目前常用的以电路交换为基础的 SDH 接入系统降低了将近一半的成本。从今后通信网络的发展来看, ATM-PON 是一种结合 ATM 多业务高比特率支持能力和无源光网络透明宽带传送能力的非常理想的长期解决方案。面对日益丰富的多媒体业务和呈现

爆炸式增长式的 IP 业务的压力，APON 将会占据越来越大的市场份额，很可能成为 21 世纪的宽带接入技术的主要发展方向。

235. PON 系统工作原理是怎样的？

无源光网络 PON 系统由局端设备 OLT (Optical Line Terminal)、多个远端设备 (ONU: Optical Network Unit) 和无源光分配网构成 (ODN: Optical Distribution Network)。无源光网络使用的综合技术是时分复用、码分多址和光耦合技术。如图 6.12 无源光分支部分。

按照上下行复用方式不同，PON 分为两种方式：即 TDM (单纤：时间压缩复用) 和 SDM (双纤：空分复用)。SDM 技术比较成熟，市场上产品大多采用这种技术，在无源光接入网络中采用了一对光纤分别传输下行和上行信号，相应的分光器也用一对，达到全双工通信的目的。

OLT 到各 ONU 的下行信号传输采用时分复用 (TDM) 技术，以边续广播方式由 OLT 向每个 ONU 发送，每个 ONU 根据各自的 ID 号从下行数据流中提取属于自己的信息。上行信号传输采用时分多址方式 (TDMA)，将上行信道分为若干时隙，各 ONU 的信号在规定的时间内以突发模式向上发送信息。上行信息以光形式在光耦合器处耦合后送到 OLT。

由于 OLT 到各 ONU 距离不同，以及受温度等因素影响，上行信号到 OLT 时间不同，为防止在光耦合器处发生碰撞必须测量各 ONU 到 OLT 的信号延迟时间，根据不同延时，控制 ONU 在特定时隙发送，这个过程称之为测距。ONU 从下行比特流中提取系统时钟。

另外，由于 OLT 到各 ONU 距离不同，各 ONU 上行信号到达 OLT 的幅度也不一样，为正确地恢复上行数据，必须进行 APC

AGC 控制。OLT 接收上行信号，采用快速比特同步方式或高速采样单个脉冲提取同步和幅度信息。

236. 实现 APON 的关键技术有哪些？

1. 突发信号同步

采用 TDM/TDMA 传输方式的 APON 系统，在 ONU 至 OLT 的上行方向上，来自各 ONU 的信元信号虽然具有相同的传输码速（发送时钟相同），但由于各 ONU 与 OLT 的距离是不相同的，因此各路信元信号经传输延迟后，到达 OLT 时的比特相位一般也是不相同的，而且是未知的。为了不丢失有用信息，要求系统能够快速实现比特同步，OLT 处的比特同步必须在每个上行 ONU 短脉冲数据流期间建立，良好的快速比特同步要求在几个比特周期内与输入数据同步，从而把从每个 ONU 发送的信号正确恢复出来。

2. 测距

由于 APON 系统工作在点到多点方式，为防止各个 ONU 所发上行信号之间发生冲突，OLT 需要一套测距功能。与下行信号的广播式发送不同，上行方向传输的每一个用户信息必须准确插入预先确定的时隙，传送给 OLT。OLT 要在系统建立过程中以及后续工作全过程内不断测量每一个 ONU 和 OLT 之间的传输时延（即等效距离），据此进行计算以指挥每个 ONU 精确调整发送时间，使之不至于相互冲突。

3. 动态带宽分配

上行方向信道中的传输是采用时分复用接入方式来共享光纤的，各个 ONU 收集来自用户的信息并以 155 Mbit/s 或 622 Mbit/s 的 TDMA 突发模式向 OLT 发送数据，不同的 ONU 发送的数据占用不同的时隙。随着各种宽带业务的发展，用户对带宽的需求将

越来越大，如何根据各种不同用户的业务类型与业务特点合理分配信道带宽，使网络提供者以一套最有效的手段利用网络资源，是决定 APON 系统性能的关键技术之一。带宽分配算法在网络的控制功能中占据重要的地位，实现带宽的动态分配，高效地利用网络资源已成为接入网的重要研究课题。

4. 突发式光收发信机

突发式光收发信机的设计是 APON 中的又一关键技术。由于 ONU 向 OLT 的上行信号是以突发模式传输的，而且各 ONU 因地理位置的不同，发出的光信号所受到的传输衰耗差别可能很大，要求光接收和发送模块具有快速的控制和响应能力。发送端应具有可通过 OLT 信令控制的功率调整特性，而接收端必须具有较大的接收动态范围以及快速的门限自适应能力，以保证光系统适应实时突发数据的传输，并具有高效和极低误码率的传输特性。对于承载宽带业务的高速光接入网来说，突发模式的收发模块应能适应不同拓扑结构的网络，其性能直接决定了网络性能的优劣。

237. 什么是同步 PDH (SPDH) ?

基于 PDH 的固有弱点，将逐渐被新兴的 SDH 所取代。就目前而言，特别是在接入网中是否把 PDH 网都改造成 SDH 网呢？这需要从技术和经济两个方面来考虑。首先接入网具有明显的区域特点，不同于干线传送网，一般不要求与其他数字速率和帧结构不同的网直接联网，而是通过本地交换机转接。其次，接入网系统的容量很少超出 E4 (STM-1) 的等级，而且同样容量的 SDH 设备的价格要比 PDH 贵。因此如果 SDH 全面铺开，不仅不经济，还容易产生网管方面的问题。针对 PDH 的缺点，吸收 SDH 的优点，开发一种新型的 PDH 设备就成了当前比较热门的话题。

这种新型的 PDH 设备是在 PDH 复用的基础上，通过在传输帧中增加 EOC 通道容量，完善维护管理功能。在复用方式上，一种是采用 E2 级或 E3 级的比特同步复接，称为同步 PDH (SPDH)，另一种是更新帧结构（按建议 G.832）采用同步字节复用，称为准同步的 SDH (PSDH)。前一种方式，标准化程度低，但设备价格低，比较适合目前我国农村接入网市场的需要。后一种方式，标准化程度高，有利于今后升级为传送 ATM 信元的宽带接入网。

238. SPDH 有何特点？

(1) PDH 在上/下电路时，必须将整个高速线路信号升级分接到所需取出的低速支路信号后，才能下电路。上电路的支路信号又必须再逐级复接至高速线路信号。这是 PDH 的固有缺点，随着大规模集成电路技术的发展。整个过程仅由一个芯片即可完成，实现上十分简单同时价格也不高。再加上接入网一般距离不长，上下电路次数有限，不会明显地影响传输质量。如果在 E2 或 E3 级采用比特同步复用，还可以简化复、分接的操作。目前一些产品还增加了 E3 级的交叉连接功能，通过软件控制可以任意指定上下的 E3 支路。

(2) PDH 存在网管能力较弱的问题，这是由 PDH 帧结构中帧开销较少所至。可以通过在传输帧中增加 EOC 通道容量来增加开销，再配合设计先进的网管技术和网管平台，可以大大提高网管能力。

(3) 光电合一，上下电路方便，配置灵活（星形、链形、树形和环形）适合多种媒质传输（光纤、金属电缆、无线），具有多种多样的用户接口，拓展成模块型结构，分级式控制、管理、集中监控等，是这类设备的主要特点。

(4) 为方便沿途下线，下线容量可以灵活改变。台湾荣群公司开发生产的 ULC-1000 不采用传统的 PDH 分级复用技术，而采用将各支路物理接口来的信息经处理适配后直接连到一条高速数据总线上（50 Mbit/s 左右）。这种结构类似于计算机结构，上下支路特别灵活方便。当然在这种系统中高速总线的安全可靠成为最主要的技术问题。

239. 有源与无源接入系统相比各有何特点？

无源光纤接入系统与有源系统的本质区别在于它的组网是通过光分支器实现网络分支，不同于有源系统光/电或电/光转换的 ADM 分支和选路方式；光分支器是光学器件，工作无需电的参与，ONU 利用 ID 号从下行的广播方式中获取自己的信息。以下为应用于接入网配线层时，无源与有源光纤接入系统的比较：

1. 网络建设的灵活性

从工程建设的角度来看，ADM 的有源分支方式首先需要电力的供应，还有设备的调试甚至机房及配套设施的建设，建设周期长，工程安装对建设地点要求高，导致网络建设的局限性、网络灵活性很差。与之相反，PON 分支由分光器实现，而分光器的体积只有一支笔大小，大的也不超过一本书的大小，无需电源供给，更不需机房建设，可以安装放置在杆线、管线、机房 ODF 架上等处，网络分支不存在建设问题，从而可以根据综合建网因素，在最利于分支的地方实现分支，提高了网络质量，加速了网络的建设速度和网络建设的灵活性。

另外从分支能力来看，以烽火公司 IBAS-PON16 为例，它可以实现 1:16 的分支能力，这是有源设备所望尘莫及的。特别是对于小容量、用户分散的配线层建设，分支能力是决定网络组网质量的关键所在。从技术发展角度看，无源光网需要扩容时比较

简单，不涉及设备改造。所需设备软件升级，硬件设备一次购买，长期使用。为光纤入户奠定了基础，使用户投资得到保证。

2. 网络建设的经济性

关于建网经济性的问题，可以从以下三方面来分析：

(1) 从设备投资来看，PON 设备的价格比 SDH 设备低廉，无源接入系统用光分支设备（分光器）替代了有源 ADM 设备，分光器的价格在几百元到数千元不等，相对于 ADM 设备价格几乎可以忽略不计，值得一提的是，PON 的建设成本与网络结构无关，所以网络分支越复杂，PON 的价格优势越突出。图 6.12 是无源和有源分支方式比较。

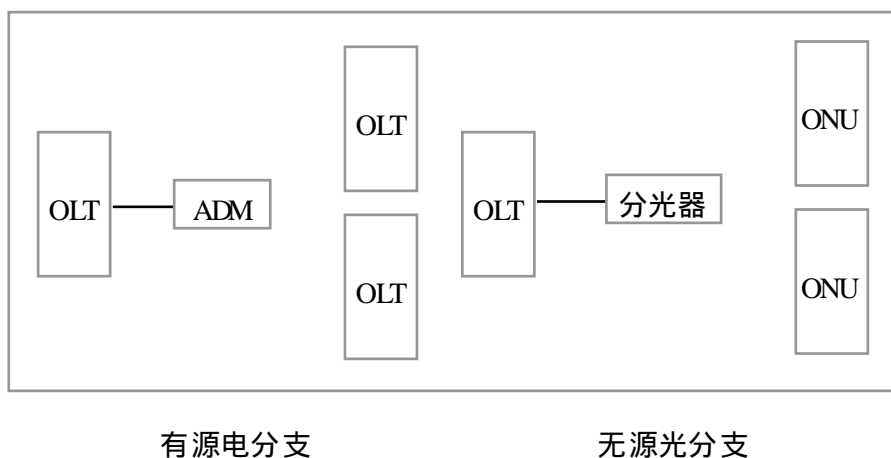


图 6.12 无源和有源分支方式比较

(2) 从工程建设投资来看，光分路器可以在任何可能的地点实现网络分支，无须工程建设，在这方面的投资为零，而有源设备涉及机房建设、设备调试、配套设施等问题，建设投资十分巨大。

(3) 从维护运行投资来看，如上所述，光分路器无须维护，在这方面的投资几乎也为零，而有源设备的维护工作则会花费很大的人力、物力和财力。

3. 网络建设安全性

PON 的组网是以树形、星形、总线形等分支结构为主，它不具备环网自愈的组网能力，这也正是 PON 设备不适合于主干层组网的原因。但是，就无源光传输技术本身，其安全可靠性是优于有源 SDH 和 PDH 的，其原因有二：

(1) PON 系统采用全光传输

由于 PON 网络没有光/电、电/光变换的有源环节，因而增强了网络的可靠性；另外，PON 下行信号采用广播方式，所有 ONU 都直接从局端提取时钟，因此时钟信号质量高。而 SDH 中每个点都是从上一级节点提取时钟，随着有源节点的增加，会使时钟信号劣化；无源光网络是纯介质网络，彻底避免了电磁干扰和雷电影响，极适合在自然条件恶劣的地区使用。

(2) PON 网络中 ONU 相互独立

PON 系统中的每个 ONU 与 OLT 都是点对点的关系，ONU 之间无任何联系，所以当网络上任何一点发生故障时，对整个网络的影响较小。

240. PON 组网拓扑结构有哪些？

无源光网系统采用无源光信号分路技术，网络可以进行多级的无源级联，光功率分配模块 FDM（即网络拓扑中的无源分支点 SP），可以随网络拓扑结构而随意放置，支持多级分支，满足复杂网络结构。在具体组网应用中，无源光网络可以与有源 SDH 传输网联合组网，也可以单独组网。

无源网络可与 SDH 传输网络进行联合组网，例如通过 SDH 环路上、支路上的 ADM 设备直接连接近端 OLT，然后下带自己的无源光分配网络 ODN，连接若干个远端 ONU，形成无源 PON 网络。此类组网应用中，系统的 AN-NMS（接入网网络管理系

统)可接在 SDH 环路的局端 OLT 处, PON 可看作 SDH 环路上的一个子网系统, 由 SDH-PON 有源无源一体化网管进行统一管理。

PON 也可单独组网, 此时 PON-C 处于局端交换机位置, 系统通过 V5 接口与 LE 相连, 下带自己的无源光分配网络 (ODN), 连接若干个远端 ONU, 形成无源 PON 网络。此类组网应用中, 系统可采用本地网管, 业务台相接与近端 PON-C 系统通过串口或网口相连, 对无源 PON 网络进行独立管理。每个近端 OLT 与若干个 ONU 可以星形、结形、总线形三种基本拓扑结构组网, 分别适用于各种地域及应用场合。

在星形组网方式中, 无源光分支点 SP 靠近 OLT 处, 适用于用户分散型的应用场合; 无源光分支点 SP 靠近 ONU 处, 适用于用户密集型的应用场合, 远端 ONU 最大传输距离与 SP 光分支比有关。此种组网类型因无源光分支点 SP 级数最少, 只有 1 级, 光路损耗最小, 传输距离最长, 故推荐使用。在分支比为最大 1: 16 时, 最远 ONU 与 LOT 距离可达 20 km (注: 此指标与具体光纤系统质量有关, 需进行现场测量及光功率预算)。

树形组网方式要看作是多个星形拓扑的组合, 适用于用户分布较复杂的应用场合。树形拓扑结构与星形结构相比较, 多了几级无源光分支点 SP, 如 ONU A 处于一级分支, ONU B, ONU C 处于二级分支, 系统组网更方便灵活, 网络覆盖面也更大。当采用此种组网方式时, 各树梢末端 ONU 的最大传输距离, 与该 ONU 所处位置连接光纤的分支级数, 以及各级分支处的光分支比有关, 级数越大, 光分支比越多, 传输距离就越短。因此, 在具体网络拓扑设计时, 需根据实际网元分布情况, 进行光功率预算, 具体问题具体考虑。

总线形组网方式可看作是若干个 2 叉树级联, 适用于沿江和公路等狭长地域。在具体组网运用时, 为使光功率得到最大利用, 系统传输距离最远, 无源光分支点 SP 最好根据实际网元分

布位置及距离远近，进行光功率预算，使用非均分型光分路耦合器。

以上三种基本网络拓扑结构在实际组网应用中可相互结合起来混合组网。

241. 无源光网络发展前景如何？

接入网主干层采用 SDH 已成为主流技术，然而，对于配线层是应采用有源光纤还是无源光网络（PON）存在一些分歧。

PON 的优势在于分支点无源使网络对传送信号透明且便于维护。但在 PON 中如何避免从各个不同的 ONU 发到 OLT 的信号发生碰撞，是一个难点，需要用到测距技术。下行从 OLT 到 ONU 和上行从 ONU 到 OLT 采用不同的光纤是比较简单的方案，也可采用波分复用（WDM：即来去方向分别使用不同波长）或时间压缩复用 TDM（就像打乒乓球那样来去两方向信号时间上交替传送）技术在一根光纤上实现双向传输，即单纤双工传送。

有专家对 PON 的发展前景比较乐观，认为 ATM 化的无源光网络（APON）可以通过利用 ATM 的集中和统计复用，再结合无源分路器对光纤和光线路终端的共享作用，使成本可望比传统的以电路交换为基础的 PDH/SDH 接入系统低 20% ~ 40%。ITU-T 对其显示了很大的兴趣，以很短的时间完成了 G.983 建议，设备厂家则计划在 1999 年下半年开发出符合标准的 APON 系统。

也有专家对 PON 的发展前景并不乐观，认为在几年前曾推出过窄带 PON 的方案，但没有市场。现在窄带 PON 发展到宽带 PON，价格仍很昂贵。

真正的 PON 应该用在宽带入户上，我认为目前在配线层上引入窄带 PON 的意义不大，直接采用 SDH 就很好。窄带 PON 不能向宽带升级，不适合于将来向宽带数据业务的发展，只适合于

在未来的 5 ~ 10 年内预见以语音业务为主的农村地区。此外，对于宽带的 PON，目前价格还很昂贵，并且，不一定是 ATM PON，将来也可能是 WDM PON。在中国市场，如果 ADSL 发展得很好，APON 将不会有太大的市场。

242. 什么是个人局域网？

近年来，随着各种短距离无线通信技术的发展，学术界提出了一个新的概念，即个人局域网（Personal Area Network, PAN）。

PAN 的核心思想是，用无线电或红外线代替传统的有线电缆，实现个人信息终端的智能化互连，组建个人化的信息网络。从计算机网络的角度来看，PAN 是一个局域网；从电信网络的角度来看，PAN 是一个接入网，因此有人把 PAN 称为电信网络“最后一米”的解决方案。

PAN 定位在家庭与小型办公室的应用场合。其主要应用范围包括：话音通信网关、数据通信网关、信息电器互连与信息自动交换等。

PAN 的实现技术主要有：Bluetooth, IrDA, Home RF 与 UWB (Ultra-Wideband Radio) 四种。Home RF 是由微软、英特尔、惠普、摩托罗拉和康柏等公司开发的。它的工作频段为 2.4 GHz，话音通信采用 DECT 标准，数据通信采用 TCP/IP。UWB 是一种新技术，其概念类似于雷达，在很宽的频段内传送短脉冲，将信息调制到脉冲的时间和频率上。UWB 的高性能和低功耗的优点使得它将成为未来市场上强有力的竞争者之一。

243. 什么是蓝牙技术？

蓝牙（Bluetooth）是无线数据和语音传输的开放式标准，以

短距离的无线连接为主，一般为 10 cm ~ 10 m 范围，目前若是增加功率或是加上某些外设如专用放大器 (Opitional Amplifier) 可达到 100m 的距离。蓝牙协议能使包括蜂窝电话、掌上电脑、笔记本电脑、相关外设和家庭 Hub 等包括家庭 RF 的众多设备之间进行信息交换。蓝牙应用于手机与计算机的相连，可节省手机费用，实现数据共享、因特网接入、无线免提、同步资料、影像传递等。

蓝牙计划主要面向网络中各类数据及语音设备，如 PC、拨号网络、笔记本电脑、打印机、传真机、数码相机、移动电话、高品质耳机等，使用无线的方式将它们连成一个小网 (Piconet)，多个 Piconet 之间也可以互连形成 Scatternet，使得在其范围之内各种信息化的移动便携设备都能无缝地实现资源共享。据国外权威机构预计，几年以后，全世界将会有数以亿计的数字移动电话、PC 机以及各种信息设备都会将基于蓝牙技术的无线接口作为一种标准配置。

蓝牙技术标准 1.0A 的版本已由该“蓝牙”特殊利益集团于 1999 年 7 月 26 日正式向全世界发布。这是一个经过精心设计的、完整而全面的技术规范，它可以使计算机、通信和信息家电的生产厂家按照此技术规范真正能够开始设计和制造嵌入蓝牙技术的产品。

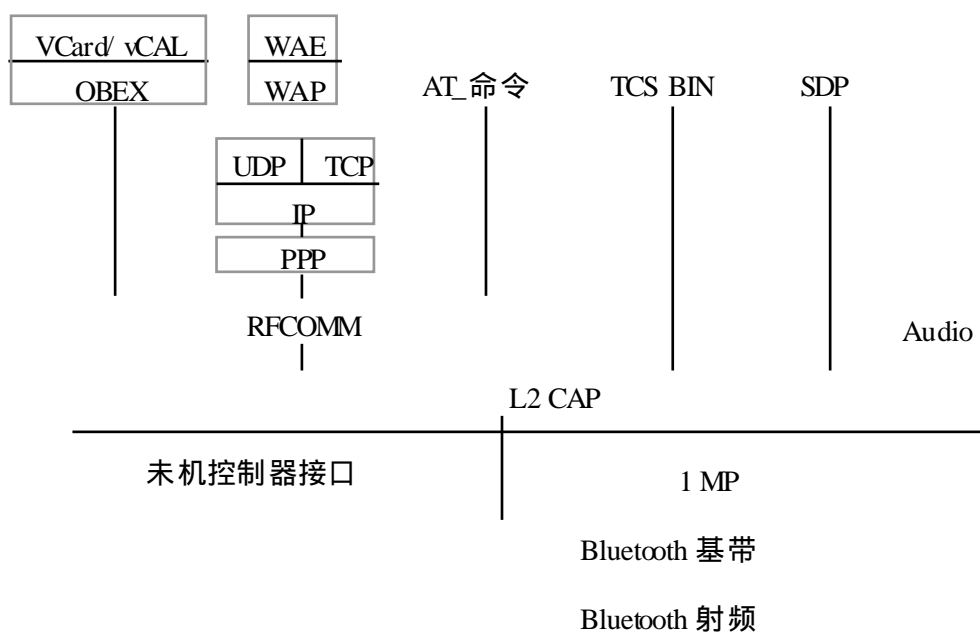
蓝牙技术是一种支持点到点、点到多点的话音、数据业务的短距离无线通信技术。它由爱立信、诺基亚、英特尔、IBM 和东芝等公司提出与推广。从 1998 年以来，推出了 1.0A，1.0B 标准并将推出 2.0 标准。它极大地推动了 PAN 技术的发展，IEEE 专门成立了 IEEE 802.15 小组负责研究基于蓝牙的 PAN 技术。

蓝牙技术的协议结构如下：RF 通过 2.4 GHz ISM 频段的微波，实现数据位流的过滤和传输，Baseband 负责跳频和数据帧传输，Link Manager 负责连接的建立和拆除以及链路控制，L2CAP 完成数据的拆装、服务质量和协议复用等功能。Audio 模块与下

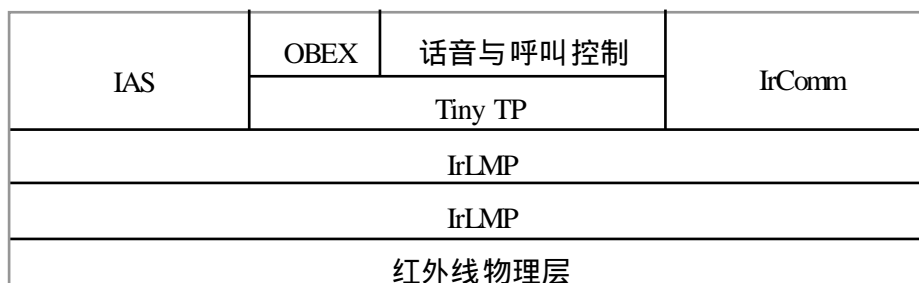
层合作可实现语音的无线传输。整个协议结构简单，使用重传等机制保证链路的可靠性，在 Baseband, Link Manager 和应用层中可实现分级的多种安全机制。

遵循蓝牙协议的设备将能够用微波取代传统网络中错综复杂的电缆，非常方便的实现快速灵活、安全、低代价、低功耗的数据和话音通信。

各种应用程序可以通过各自对应的 Profile 实现无线通信（图 6.13 (a) 中每一个竖向的协议栈即为一种 Profile，即应用模式）。



(a) Bluetooth 协议堆



(b) IrDA 协议堆

图 6.13 蓝牙和 IrDA 协议堆

拨号网络应用可以通过由 RFCOMM 仿真的串口访问 Piconet，数据设备也可由此接入传统的局域网；用户可以通过协议栈中的 Audio 层在手机和耳塞中实现音频流的无线传输；多台 PC 或笔记本电脑之间不用任何连线，即可快速灵活的传输文件，共享信息，多台设备也可由此实现操作的同步。随着手机功能的不断增强，手机无线遥控也将成为蓝牙技术的主要应用方向之一。

遵循蓝牙协议的各种应用都将保证简单易用的安装和操作、高效的安全机制和完全的互操作性，从而实现随时随地的通信。蓝牙技术将在多种领域迅速发展，其典型应用环境包括无线办公环境（Wireless Office）、汽车工业、医疗设备等。

244. 蓝牙技术主要有哪些应用？

蓝牙技术是作为一种“电缆替代”的技术提出来的，发展到今天已经演化成了一种个人信息网络的技术。它将内嵌蓝牙芯片的设备互连起来，提供话音和数据的接入服务，实现信息的自动交换和处理。蓝牙主要针对三大类的应用：

话音/数据的接入：话音/数据的接入是将一台计算设备通过安全的无线链路连接到一个通信设备，完成与广域通信网络的互连。

外围设备互连：外围设备互连是指将各种外设通过蓝牙链路连接到主机。

个人局域网：个人局域网的主要应用是个人网络和信息的共享和交换。

245. 蓝牙技术有何局限？

虽然目前蓝牙技术对无线网络而言显得如此炙手可热，但是其解决方案并非十全十美。相比而言蓝牙的速度较为缓慢，在蓝

牙网络内，数据传输速率为 1 Mbit/s。与随处可见的办公室以太网和无线局域网相比，802.11b 规范的传输速率可达到 11 Mbit/s。由于速度的限制，蓝牙技术还只能应用于小量的数据传输。

尽管 Intel 公司对蓝牙技术大为赞许，并花费了大量的时间用于解决其产品兼容性问题，然而蓝牙仍然面临众多的竞争对手，比如 802.11b 和 HomeRF。而著名的 Apple iBook owners 所支持的 802.11b 规范相对可能更具威胁性。

此外，蓝牙技术无法摆脱的局限还包括：

成本——蓝牙产品制造成本较高，其芯片成本价约为 5 美元，而目前销售价在 20 美元左右。

安全——虽然蓝牙在多向性传输方面具有较大的优势，但也需防止信息的误传和被截取；如果将一台蓝牙设备带到一个装备 IEEE802.11 无线网卡的局域网的环境，将会引起相互干扰；蓝牙具有全方位的特性，若是设备众多，识别方法和速度会出现问题；蓝牙具有一点对多点的数据交换能力，故它需要安全系统来防止未经授权的访问；分析家比喻，蓝牙的安全堪忧，这就好比把自己的社会保险号码放到网上的聊天室里一样。

功耗——电源的供给问题始终是移动设备的通病。

246. 蓝牙的前景如何？

蓝牙技术的最初倡导者是五家世界著名的计算机和通信公司：爱立信（Ericsson），国际商用机器（IBM），英特尔（Intel），诺基亚（Nokia）和东芝（Toshiba），并于 1998 年 5 月成立了蓝牙特殊利益集团（Bluetooth Special Interest Group, SIG），该组织采取了向产业界无偿转让该项专利技术的策略，以实现其全球统一标准的目标。

最近，美国的软件巨头微软公司也一改观望的态度，于

1999年12月1日正式宣布加盟蓝牙特殊利益集团，并与3COM、朗讯、摩托罗拉公司及原有的五家公司一起成为蓝牙特殊利益集团的九个领导成员，共同致力于在全球范围内将此项无线连接技术标准推向市场。蓝牙特殊利益集团（SIG）自1999年5月份成立以来，加盟的公司已超过1300个，其中包括诸如AMD、康柏、戴尔、惠普、德州仪器、高通以及卡西欧、飞利浦、三星、LG、精工、夏普等许多世界最著名的计算机行业、通信领域以及消费电子产品，甚至还有汽车与相机的制造商和生产厂家。一项公开的全球统一的技术规范得到了工业界如此广泛的关注和支持是以往所罕见的。这说明基于此项蓝牙技术的产品具有广阔的应用前景和巨大的潜在市场。蓝牙的通信速度为750 kbit/s，而现在带4 Mbit/s IR端口的产品比比皆是，最近16 Mbit/s的扩展也已经被批准。尽管如此，蓝牙应用产品市场前景仍然看好，蓝牙为语音、文字及影像的无线传输大开方便之门。

国内外到2000年上半年将有Bluetooth产品问世，随着技术和应用的不断发展，Bluetooth将在人们的日常生活和工作中扮演重要角色，市场潜力巨大，该技术正成为21世纪的投资热点。

世界正在走向无线。据技术预测公司Gartner预计，到2004年，70%的新型移动电话和40%的新型PDA将能够进行Web页访问，而蓝牙将在其中扮演至关重要的角色。另据Dataquest的预测，到2002年，采用蓝牙技术的PC数量将达到2亿。

247. 什么是 IrDA 技术？

IrDA (Infrared Data Association) 是一种短距离红外线通信技术，适合于低成本、跨平台、点对点高速数据连接，尤其是嵌入式系统。IrDA 的主要应用：设备互连、信息网关。设备互连后可完成不同设备内文件与信息的交换。信息网关负责连接信息终

端和互连网。

IrDA 技术是目前四种技术中市场份额最大的，已经安装了至少 5 000 万个单元。它采用红外线作为通信媒介，支持各种速率的点到点的话音和数据业务，主要应用在嵌入式的系统和设备中。

248. 蓝牙与 IrDA 相比较有何特点？

下面将从协议架构、基带与射频、应用协议与安全性四个方面对蓝牙和 IrDA 进行对比。

1. 协议架构

蓝牙和 IrDA 的协议堆如图 6.13 所示。

IrDA 和蓝牙的协议堆都可以划分成两部分：核心协议和可选协议。

IrDA 和蓝牙的核心协议非常类似，包括：物理层协议、链路接入协议、链路管理协议和服务发现协议。核心协议完成对物理传输媒介的监测与控制，发现设备，可靠的数据链路的建立与维持，高层数据包的适配，不同协议数据的复用与流量控制。IrDA 与蓝牙在核心协议上的区别在于实现方式的不同，原因在于物理传输媒质的不同。

IrDA 和蓝牙的可选协议中有一些相同之处：提供虚拟串口通信，支持 OBEX 协议，支持话音数据流和呼叫控制。由于核心协议的差异和应用的不同，导致两者的可选协议有相当大的区别，相同功能的实现方式也不尽相同。其区别主要基于：

(1) 核心协议的实现方式不同：蓝牙的 LMP 负责两个蓝牙设备间的建链与控制，包括状态监测、鉴权与加密和能源管理，但不负责业务数据的传递；IrDA 的 IrLMP 负责数据的复用和高级别

的业务发现。IrLAP 建立可靠的数据链路，有差错监测、数据重传和低级别流控；蓝牙的相应功能由 L2CAP 协议完成。

(2) 服务发现机制不同：蓝牙中设备发现和服务发现分别由基带协议和 SDP 协议完成。IrDA 中对应的协议为 ITLAP 和 IrLMP，IrLMP 中的信息接入服务 (IAS) 提供了本设备所支持的服务类型的信息。

(3) 话音通信的处理方式不同：在蓝牙中，话音编码数据直接通过基带协议传输，呼叫控制命令 (TCS-BIN 和 AT-Commands) 建立在虚拟串口协议 RFCOMM 上，通过 L2CAP 处理后，进入基带传输。IrDA 中，话音数据流和呼叫控制信令都承载于 TinyTP 协议上，话音数据流的处理开销比蓝牙大。蓝牙的 TCS-BIN 协议，基于 ITU-T Q.931 标准，IrDA 和蓝牙的 AT-Commands 都基于 ITU-T V.25 和 GSM07.07 协议。

(4) 通信的处理方式不同。蓝牙支持两种数据通信方式：OBEX 协议和 PPP 协议。在 OBEX 的基础上，蓝牙支持各种数据对象的交换与同步，如 vCard, vCalendar, vNote 和 vMessage 等。在 PPP 协议上，构筑了 WAP/ UDP/ IP 和 TCP/ IP 两种协议架构，使得蓝牙有能力承载互连网和移动互连网的各种业务数据，极大地扩展了蓝牙的应用范围，这也是蓝牙相对于 IrDA 的优点之一。未来的蓝牙 2.0 的版本中，OBEX 协议将采用 TCP/ IP 实现，从而蓝牙的数据通信将以 IP 作为统一网络层的协议，便于蓝牙设备与基于 IP 的通信设备的互连。IrDA 的数据通信主要建立在 OBEX 的基础上，立足于各种数据对象的高速交换与处理，提供了众多的数据对象格式和灵活的操作方式。IrDA 也提供了虚拟串口和并口，供应用程序选择使用。

2. 基带与射频

由于技术目标和传输媒介的不同，IrDA 和蓝牙在基带和射

频部分（物理层和数据链路层）上有很大的区别，而正是这些区别决定了高层协议的差异（见表 6.2）。

表 6.2 IrDA 和 Bluetooth 基带与射频部分对比

	传输媒介	天线	移动性支持	LOS 限制	调制方式	双工方式
IrDA	红外线	30°角	不	有	4PPM	半双工
Bluetooth	2.4 GHz, FH-SS	全向	支持	无	FSK	全双工
	节电模式支持	发射功率	覆盖距离	连接方式	数据传输速率	
IrDA	支持	1 mW	10 m	点对点	115 kbit/s ~ 16 Mbit/s	
Bluetooth	支持	100 mW	100 m	点对多点	最大为 1 Mbit/s 每个 Piconet 内	

从表 6.2 可以看出，IrDA 具有这样一些优点：数据传输速率高，适合于传输容量较大的数据文件和多媒体数据流；红外线发射角度较小，有一定的物理传输上的安全性。主要缺点是：传输距离短，受视距影响；要求通信设备的位置固定；点对点的传输，无法灵活地组成网络。

蓝牙的优势在于：使用全向天线，更容易发现设备；支持终端的移动性；信号传输不受视距的影响，全双工，最适合开展话音业务，支持点到多点的连接，易于组网。

3. 应用协议

从技术的角度看，蓝牙的应用可以分成基于 OBEX 的对象交换的应用、基于 PPP 的互连网应用和话音通信应用三种。IrDA 的应用有基于 OBEX 的对象交换的应用，有基于 IrLAN 的局域网的应用和基于 IrMC 的移动通信的应用三种。

IrDA 和蓝牙都把数据对象的交换作为基本的功能，以 OBEX 协议作为高层的基础协议，应用主要有：文件传送（File Trans-

fer)、对象推送 (Object Push) 和同步 (Synchronization) 等。对象的类型有: vCard, Message, vNotes 和 vCalendar 等。IrDA 中, 短距离通信和窄的信号角度提供了简单的安全性, 无需复杂的设备搜索程序, 而蓝牙则必须执行耗时的设备搜索和服务搜索程序, 而且必须采用鉴权和加密机制才能保证信息的保密性。蓝牙设备具有一定的移动能力, 而且无线电波的传输不受视距和障碍物的影响, 从而保证了数据对象自动地、隐蔽地完成交换, 易于完成数据的同步, 而 IrDA 技术由于受红外线的限制, 同步时设备的位置固定, 通信链路上不能有任何障碍物: 蓝牙具有自动组成 Piconet 的能力, 便于多台终端之间交换数据对象, IrDA 只能是点到点的通信。

计算机网络通信方面, IrDA 与蓝牙的应用大致相同: LAN 接入和拨号网络, 但是两者的概念、实现方式和应用范围有很大的不同。用做 LAN 接入点时, 蓝牙不受视距和障碍物的限制, 而且具有多点连接的能力, 使得多台蓝牙设备可以分享 LAN 资源; IrDA 则受限于视距传输和最大 1m 的传输距离, 但是 IrDA 在近距离时的传输速率比蓝牙高, 适合于极短距离和高速 LAN 连接的应用场合。在拨号网络的应用中, 蓝牙提供 AT-Commands 建立呼叫, 业务数据采用 TCP/ IP/ PPP/ RFCOMM 的方式传递, 信令与数据分开传送。IrDA 是基于 IrCOMM, 拨号网络是 IrDA 的典型应用之一, 但是与蓝牙相比, 它要求数据终端和调制解调器的距离小于 1 m, 而且必须有视距信号。蓝牙在计算机网络通信方面的最大优势在于: 数据和话音可以同时传递, 具有更加灵活的业务传递能力。

可进行话音通信是蓝牙技术大的特点之一, 蓝牙特意设计了 SCO 的数据包用于承载话音编码数据, 为话音数据包预留了带宽, 充分保证话音质量 (QoS), 制定了处理话音通信信令的协议

TCS-BIN。话音通信时，信令数据的传递建立在 L2CAP 上，话音数据直接通过基带协议传输。蓝牙话音通信的最大特点是话音业务和数据业务可以同时传输，但是应该指出话音数据的传递将导致 Piconet 内数据吞吐量的急剧下降。理论上在一个 Piconet 内蓝牙技术最多同时支持三路全双工的话音通信。话音通信并不是 IrDA 的设计出发点，但是在 IrMC 协议中的 RTCON 规定了在红外链路上如何传递全双工话音数据。RTCON 只支持一路话音数据，并且不能与其他数据业务共享复用信道。IrDA 的话音通信要求通信的双方的位置固定，距离小于 1 m。IrDA 话音通信最典型的场合是手机与耳机之间的通信。

4. 安全保证

IrDA 并不提供链路级的安全保证，它的安全保障来自两个方面：红外线的短距离和小角度的传输特性提供了物理层的安全特性，但是无法避免通过监测反射的红外线和滤除环境噪声的窃听；IrDA 主要依赖于高层协议提供的鉴权和加密机制，来保证通信的保密。

Bluetooth 的一个重要作用是“电缆替代”，而且蓝牙采用了全向天线，这些都要求在蓝牙的协议中充分保证通信的安全。蓝牙的跳频速度达到了 1 600 跳/秒，属于快速跳频技术，加上通信短距离的特性，提供了一定程度的物理层的安全特性。蓝牙的内置式安全特性主要有链路级和业务级的安全措施，并且采用了鉴权和加密手段。

蓝牙链路级的安全特性在 L2CAP 协议中完成。基于链路密钥的概念，密钥为 128 比特长的随和序列。蓝牙设备在每次建链时都要核对密钥，通信时该密钥将用于鉴权和加密。

业务级的安全措施中采用了安全管理器的概念，来限制对蓝牙设备和服务的接入。安全管理器可以对每一个设备和服务指定

信任等级和访问极限。

蓝牙从物理层、链路层、业务层三个层次上提供安全措施，充分保证通信的保密性，使得蓝牙成为 PAN 的最佳技术方案之一。

249. IrDA 和蓝牙可以互通吗？

很多的分析家在分析 PAN 技术时，认为 IrDA 和蓝牙技术两者相同点甚多，市场的竞争将导致其中一种技术的消亡。但根据 IrDA 和蓝牙各自的技术特点，两种技术将长期共存，互补发展。然而彼此间的互通是一个亟待解决的问题。

OBEX（目标转换模块）是 IrDA 和蓝牙间互通的基础之一。从系统实现的角度来看，IrDA 和蓝牙的系统架构基本相同。基带芯片和射频单元组成一个模块，运行底层的物理层和链路层的功能；高层协议由单独的 CPU 来运行。

从市场的角度看，IrDA 和蓝牙都属于低成本的无线互连技术，其价格大约为 7 美元。如进一步开发 IrDA 和蓝牙双模终端，则更将有助于两种技术的优势互补，开辟出个人局域网的新时代。

IrDA 和蓝牙双模终端应具备以下特点：高层协议统一采用 OBEX（目标转换模块），基带与射频单元的集成芯片独立放置，其余中间层协议在共用的 CPU 中独立完成。这样需要定义两个接口：OBEX 传送层接口（OTI）和基带射频单元接口（BRI）。从软件的角度来看，OTI 是一个软件接口，是操作系统的 API，负责处理对不同的传输层函数的调用。BRI 是一个硬件接口，它有相应的驱动程序，负责 CPU 单元与 IrDA、蓝牙的基带射频单元的连接。

在这种互通的模式下，互通是通过相同的应用程序的数据对象实现的，也就是在文件对象层次上的互通。两个协议的实现仍

然是相互独立的，对协议的选择由应用程序根据实际需求在建链时协商决定。

250. 什么是无线市话？

电话的诞生满足了人们无法见面却仍能实时交谈的需要，但是普通电话虽然通话费用低廉却只能固定在家里或办公室里，无法带在身边使用。移动电话的出现满足了移动通信的需求，却因为成本高昂只能成为商务人士或高薪阶层的必备品。对那些平常只在居住地区活动却仍希望有一部可以移动使用的电话的普通市民来说，无线市话就是一个最佳选择。

无线市话系统将市话传输交换与无线接入技术有机结合在一起，利用市话的交换传输资源，以无线方式提供在一定范围内具备移动漫游性能的个人通信终端。简而言之，就是通过一定的技术手段，将原本只能固定使用的电话随身携带、移动使用。所以，无线市话定位于本地市话网的补充和延伸，是市区内的无线流动市话。无线市话 PAS (Personal Access Phone System) 又名小灵通，是一种新型的个人无线接入系统，它采用先进的微蜂窝技术，以无线方式接入固定电话网，使电话在无线网络覆盖的范围内可随身携带使用，随时随地接听、拨打市内、本地网和国内、国际电话，也可方便地拨打寻呼和移动电话，是市内电话的延伸和补充，其收费标准与固定电话相同（单向收费，每三分钟 0.2 元）。随身携带，覆盖范围内自动漫游通话，清晰的音质，绿色环保的特点，以及经济实用的特征，使无线市话成为真正属于每个人的无线市话。

251. 无线市话有哪些技术特点？

无线市话系统的主要特点是采用全数字化无线技术，保密性强，无法盗打；采用 32 k 语音编码，可支持语音和数据业务，话音清晰度可以和有线电话媲美，将来还可以支持高速数据传输业务；小灵通手机轻巧精美，携带方便，可以移动使用；采用微蜂窝技术，手机只有 10 mW 的发射功率，对人体安全健康无伤害；用户能在市区内随时随地地通话，提高市话利用率；作为市话的延伸和补充，小灵通手机的电话号码和固定电话的号码编码方式相同，可以用它拨打市内电话和国内、国际长途，话费和优惠政策也和固定电话相同。

252. PHS 在日本为什么没有壮大起来？

PHS (Personal Hand-phone System, 个人手持电话系统) 在日本是于 1995 年 7 月开通运营服务的。到 1997 年 9 月时，日本的 PHS 用户达到了顶峰——708 万户。随后，PHS 用户出现了下降的趋势，目前保持在 600 万户。

前一个时期，外界经常报道日本的 PHS 市场出现衰落迹象。日本京瓷株式会社海外个人通信机营业部部长山口增海指出，PHS 在日本目前的发展停滞不前，是有其客观原因的，这并不能说明 PHS 技术本身不会再有市场发展前途。山口增海先生认为，PHS 在日本没有发展壮大起来的第一个原因，是由于 PHS 运营商自己没有提供良好的服务质量，败坏了 PHS 的名声所致。在日本，除 DDI 外，另外两家 PHS 运营商所提供的服务质量较差，不仅引起了用户的不满，也影响了市场的培育和发展。人们通常

所说的日本的 PHS 业务和市场不景气，准确地说，应该是指这两家 PHS 运营公司，如果没有三个 PHS 运营商并存，日本的 PHS 就不会出现目前的不良局面。

为什么 DDI 公司的 PHS 能提供良好的服务呢？这主要是由于 DDI 公司与另外两家运营公司的网络技术水平不一样。DDI 公司采用的是由京瓷公司提供的 500 mW 基站，这种基站具有发射功率大、灵敏度高、建网所需的基站数量少等优点，因而可以为用户提供满意的服务。另外两家运营公司的 PHS 基站，其发射功率只有 20 mW，因而建网所需要的基站的数量相当多。不仅如此，其通话服务质量和性能也不理想。

PHS 在日本没有发展壮大起来的第二个原因，是由于 PHS 运营商自己不是有线电话网的经营者。需要向有线电话公司支付有线网的接入费用。这样，PHS 业务收入中的大头被有线电话公司拿走了，致使 PHS 运营商的市场竞争力大大削弱。

在 PHS 网络初建时期，日本的蜂窝移动电话的通话费是每分钟 200 日元，而 PHS 手机的通话费仅为每 3 分钟 40 日元。由于通话费相差很大，所以当时的市场预测是，PHS 用户将会超过蜂窝移动电话的用户。然而现在，日本的蜂窝移动电话用户有 4 000 万，而 PHS 用户只有 600 万，这主要是因为蜂窝移动电话的通话费已经降到了每分钟 90 日元。而 PHS 手机的通话费从一开始到现在始终没有降过价，一直保持着固定不变的价格，使 PHS 在日本的市场上失去了吸引力。

253. 无线与有线的未来之争是替代还是融合？

正如我们所见，移动网替代固定网和移动网与固定网的融合并不是互相排斥的。各公司采用的策略取决于其可供利用的资源

类型，而且可以同时包括代替和融合的成分。在许多市场中，移动网正在代替固定网提供话音业务。然而，对于数据业务，我们预测移动网将在某些市场和应用场合补充固定网。

移动网替代固定网出现在两个层面上：第一个层面是终端替代，实际上人们已在用移动电话代替固定电话。第二个层面是通话替代，在这种替代中人们不一定放弃固定电话，但是在即使可使用固定电话时也宁愿使用移动电话，这或者是因为移动电话更方便，或者因为它更便宜。移动电话的平均费用仍会高于固定电话，但是也许会变得很低才会产生大量的替代。

就收入来说，移动电话目前约占全部话音收入的 30%。到 2005 年这一数字可能增长到 40%。与通话分钟所占的份额相比，移动电话收入的份额比可能增长得更慢，因为移动电话的费率比固定电话的费率相对降得更快些。所以话音收入中的大部分增长将来自移动电话，固定话音收入中仅有的增长将来自发展中国家。

在数据通信业务方面，与其说移动是替代固定，不如说是对固定业务的补充。正如话音业务那样，移动数据技术显然具有固定网不能仿照的移动性这一独有的特性，但是在数据通信领域中移动通信面临着三大劣势：

固定网（传送速度）更快，50 k 字节的文件在 256 kbit/s 的租用线上传送约用 1.5 s，但用 GSM 可能至少需要 40 s 的时间。

固定网更便宜，在 GSM 上传送数据需要花的钱是用 28.8 kbit/s 拨号调制解调器的 30 倍，是用 256 kbit/s 租用线的 100 倍。

固定网具有更大的容量，典型的三扇型 GSM 基站最大吞吐量可能提高到 5 Mbit/s（STM-1）传送到单一地址。

由于上述理由，移动数据业务似乎不可能代替固定数据业务，它将补充固定数据业务。

但在短小、便宜、快捷的信息和电子商务服务包括新闻、天气和交通报告、股市报道以及诸如付账、银行事务处理、股票交易甚至购票等越来越多的电子商务服务中，移动数据业务可能发展较快。

254. 什么是 IP 接入网？

在接入领域，ITU-T SG13 对 IP 接入网的定义、位置、功能模型及其接入方式的分类都做了定义，并在为起草 IP 接入网的新建议 Y.ipan 作准备。现行的 IP 接入网与 ITU-T 1995 年 G.902 定义的接入网有很大的不同。IP 接入网是指在“IP 用户和 IP 业务提供者（ISP）之间为提供所需的、接入到 IP 业务的能力的网络实体的实现”，IP 接入网的位置如图 6.14 所示。

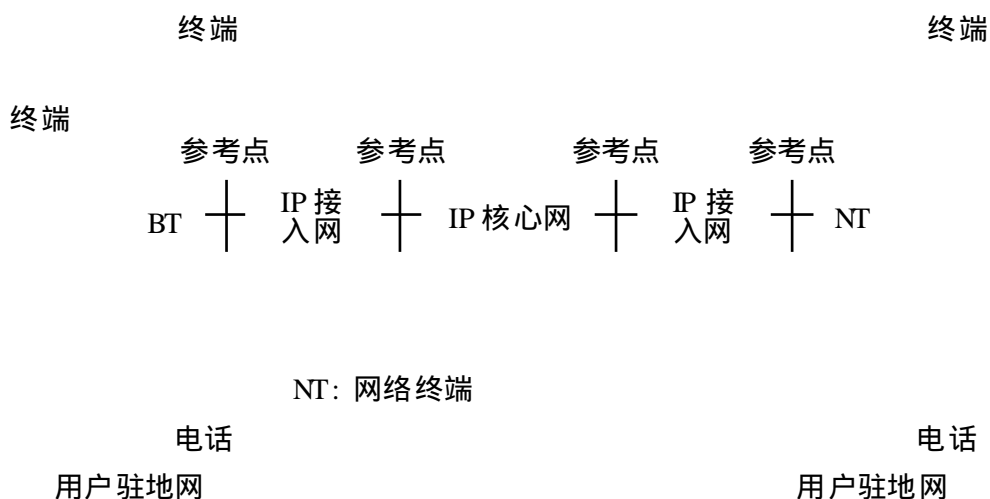


图 6.14 IP 接入网位置

255. IP 接入网参考模型是怎样的？

IP 接入网参考模型如图 6.15 所示。

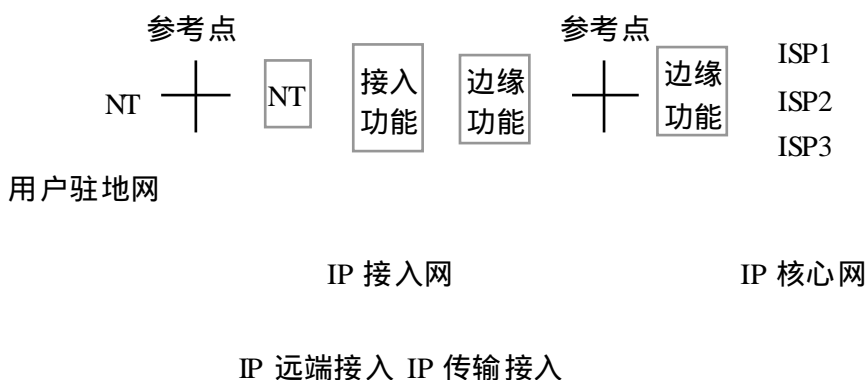


图 6.15 IP 接入网参考模型

IP 网是用 IP 作为第三层协议的网络。IP 网络业务是通过用户与业务提供者之间的接口，以 IP 包传送数据的一种服务。从图 6.15 可以看出，IP 接入网的功能包括接入功能、端功能、网络终端功能，与驻地网、ISP 的接口是参考点（RP）。

256. IP 接入网与 G.902 定义的接入网有哪些不同？

从 IP 接入网的定义来看，IP 接入网与 G.902 定义的接入网有很多不同。

从 6.15 IP 接入网的位置与参考模型也可看出，IP 接入网与驻地网和 IP 核心网之间的接口是参考点（RP），而不是传统的用户网络接口（UNI）和业务节点接口（SNI）。参考点 RP 是指逻辑上的参考连接，在某种特定的网络中，其物理接口不是一一对应的。

我们知道远端模块 (RSM) 含有交换功能 (主要是本地交换功能), 但是 G.902 接入网只有复用、交叉连接和传输, 一般不含交换功能和计费功能, 而 IP 接入网包含有交换或选路功能, 也需要计费功能。

从开放和竞争程序上看, G.902 接入网与交换机的接口为开放的 V5 标准接口, 可以兼容任何的交换机。交换机与接入网的技术和业务演进可以完全独立开来, 从而使接入网的发展不受交换机的限制, 这样接入网市场可以完全开放。运营商采用的接入网升级和演进不依附于交换机厂商, 促进了接入网向数字化和宽带化发展。而 IP 接入网是在千万个 IP 用户与众多 IP 业务提供商之间的选择。据统计, 目前我国的 ISP 有 520 家, 远远多于交换机厂商, 并且 IP 用户希望有动态选择 ISP 和网络提供商 (NSP) 的权利。因此要求 IP 接入网增加新的功能, 如多个 ISP 的动态选择、使用 PPP 动态分配 IP 地址、地址翻译 (NAT)、授权接入 (如加密授权协议 PAP 和 PPP 询问握手授权协议 HAP)、加密、计费和 RADIUS (远程授权拨入用户业务)、服务器的交互等。

IP 接入因其传输媒介和传输技术呈多样性, 主要表现为 ISP 在网中的几何位置的多样性。接入方式也呈多样性, 同时与接入方式无关, 支持各种形式的接入, 如 ISDN-基本速率接入 (B/2B/ Dchannel)、一次群速率接入 (1.5M/2M); B-ISDN 接入 (1.5M/600M); 铜缆接入 xDSL; 无线接入、卫星接入和移动接入; PN、APON、SDV、HFC 和其他的光系数接入; Cable TV 接入; 各种 LAN 技术如 802.4 Token Bus 令牌总线网、802.5 Token Ring 令牌环网 FDDI、802.6 MANs DQDB 和交换式以太网、快速以太网、千兆以太网接入等。从 IP 接入网的功能参考模型的角度出发可以将 IP 接入方式分为五类, 即直接接入方式、PPP 隧道方式 (L2TP)、IP 隧道方式 (Ipsec)、路由方式和多协议标记

交换 (MPLS) 方式。

目前, 随着以 IP 为主的数据业务在传统的电信网环境接入的迅猛增长, 以电路交换机为主的传统 PSTN 网络, 对于 Internet 的接入, 因网上占用时间较长, 使得 PSTN 网数据负荷量很重 (占用大量的中继线及交换机资源), 造成网络的拥塞。又由于 Internet 网 IP 数据大多为突发业务, 平均负荷小, 瞬时高, 因此带宽利用率低。在传统的电信网上, 解决 IP 业务接入的分流十分重要和迫切, 目前国内不少公司的接入网设备具有分流 IP 数据的能力, 这是向 IP 接入网演进的重要的一步。虽然在我国数据业务在电信业务中所占比例仍然很低, 但是, IP 数据业务发展迅速, 不需几年, IP 数据业务将超过传统的电话业务, 电信网的 IP 化是必然趋势。因此, 对 IP 接入网的研究, 应引起有关设备开发厂商、运营商的高度重视, 这是基于 IP 的下一代电信网演进中需要引起重视的一个方面。

移动与 IP 结合是新一代 IP 网络的一部分, IP 的移动性管理对网络提出了更高的要求。同时, 无线接入方面, 需要开发专用的协议 (例如 WAP) 及相应的硬软件。服务器应实现固定网 IP 协议与 WAP 协议的转换, WAP 网关要优化实现方法, 保证稳定性、可靠性和高效率。

257. 综合业务接入网演进通常有哪几步?

接入网直接面向用户, 承载业务, 代表运营商的形象。接入网的建设对电信运营商具有生死攸关的重要性。不管电信市场开放到什么程度, 哪个运营商向用户提供业务均要利用接入网。因而, 谁拥有接入网, 谁就拥有电信市场的未来。

然而, 运营商对总投资达 60% 以上的接入网, 需采取试

用、评估、总结，最后才大规模商用的谨慎态度。

电信综合业务接入网的演进分三步进行，首先实现各种窄带业务的综合接入，将光纤尽量引向用户端，使本地网由“多局所，小容量”向“少局所、大容量”化发展；第二步引进宽带接入，但宽窄带业务传输上分离；第三步是将窄带业务通过电路仿真成 ATM 模式，共享一条带宽传输。

在第一步中接入网需引入 V5 接口，综合接入各种窄带业务，如 ISDN，POTS，DDN，PSPDN 和模拟租用线等。在接入网采用 SDH，CT（局端终端）与 RT（远端终端）设备中内置 ADM（分插复用）已是接入网的主流技术。这里，DDN 的接入和拨号用户的 IP 分流是两个难点；同时，运营商在选择接入设备时应注意 RT 的交换结构是线群分割方式还是交叉矩阵方式，并注意与 CT 之间的信令是采用 V5 协议还是专用协议。

第二步中接入网虽然集成了宽窄带业务，但宽窄带业务传输上分离，业务网也分离，此方案适合于目前以窄带业务为主的运营商。这里选择宽窄带集成接入设备时应注意它的背板结构能否同时支持宽窄带业务，即是否同时支持电路模式的 TDM 总线和 ATM 信元总线。

第三步中接入网引入 VB5 接口，通过电路仿真将窄带电路模式仿真到 ATM 信元模式，窄带业务与宽带业务同传，共享传输带宽，这种情况适合于将来宽带业务为主的运营商。网络侧的业务节点可以是分离的，也可以是融合的。对于分离的业务节点，ATM 信息流被分用，电路模式信号被还原到窄带 PSTN 交换机。对于融合的业务网，用户则只用面对一个服务商，实现统一管理，多种业务一个账单。这里，对于当前业务网是否应在 PSTN 上融合存在不同的意见。

258. 宽窄带业务是否应集成到一个背板上？

接入设备分为两种：一种是宽窄带业务板集成在一个机框中，背板同时支持 TDM 和 ATM 总线，且业务插板可以根据用户的业务需求更换与混插；另一种是宽带业务与窄带业务分别位于不同的机框中，但置于一个机架上。

对于现时应选择何种设备供应商间存在很大的分歧。

有人认为在一个子架上同时支持宽窄带业务，将使窄带业务的成本提高。首先，需要在宽带总线结构中增加窄带的 TDM 总线，这样一个子架同时支持 ATM 总线和 TDM 总线，使成本增加很多；其次，窄带数据业务如 DDN，FR 及 X.25 复用设备的价格比 ADSL 复用设备便宜得多，没有必要用宽带子架来代替窄带子架。宽窄带业务在一个子架中同传，从目前来说，除了能降低设备空间外，成本会升高很多。并且，目前的业务网是分离的，即使用在接入网中将宽窄带业务综合传输，在进入业务网时还得分离。

有人则认为在同一个背板上支持宽窄带业务是一个非常灵活的方案。因为它支持宽窄带业务板的混插，当运营商以窄带业务为主时，可以多插窄带板，将来宽带业务上来后，直接将窄带板换成宽带板，这样可支持网络由窄带平滑地过渡到宽带。

有的产品提供两种方案，对于已建成窄带接入网的运营商，我们推荐采用在窄带机框上增加宽带机框的方式；而对于还没有接入网的运营商，我们推荐采用宽窄带混合的机框。”

259. 宽窄带业务是否应共享一条带宽？

当运营商的宽带业务超过窄带业务时，可通过 ATM 的电路仿真，将窄带业务的电路模式转换成 ATM 的信元方式，与宽带业务在同一条带宽中传输。接入网中通过引入 VB5 接口，可综合接入各种窄带业务或其他非 B-ISDN 业务。网络侧的业务节点可以是分离的，也可以是融合的。对于分离的业务节点，ATM 信息流被分用，电路模式信号被还原到窄带 PSTN 交换机。对于融合的业务网，用户则只用面对一个服务商，实现统一管理，多种业务一个账单。这里，对于当前业务网是否应在 PSTN 上融合存在不同的意见。

目前有许多供应商推出在窄带 PSTN 交换机上升级到宽窄带混合交换机的方案，也叫多业务交换机 (MSS)，比如，北京电信正在做 Alcatel 的 S1240 升级到 P3S、西门子的 EWSD 升级到 Intemode 的试验。

有人认为 PSTN 有非常可靠的性能，能处理各种智能的呼叫业务、信令，以及非常好的计费系统等，这些 ATM 交换机目前都做不到，它只有交换功能；并且，PSTN 电路交换机的交换能力可达到几百吉，而 ATM 的交换能力最多只有 10 吉。将来核心网还是要利用电路交换的许多功能，是 ATM 交换机与 PSTN 电路交换机的混合体，而将单独的 ATM 交换机放到网络的边缘。

多业务交换机的另一个功能是采用一种共享的交换矩阵，各种业务可以共享带宽。而在分离的网中，是没有这个功能的。比如说，当帧中继网的容量已满，而 ATM 网上的带宽还有很多剩余时，帧中继不能共享 ATM 的带宽。而在多业务的交换机中就有这种功能。

也有人认为中国电信不会大规模地将 PSTN 窄带电路交换机改造成多业务交换机 (MSS)。因为这需要花很大的投资和很长的时间, 并且不能保证能适应将来的业务发展。就像此前, 中国电信对 PSTN 网进行 ISDN 的改造工作花了不少时间和投资, 但收效并不太好。传统运营商应投资到综合接入网, 因为它才是传统运营商由窄宽向宽带过渡的最好办法。

宽窄带一体化的综合业务接入网目前还停留在试验阶段, 离商用化还有一定的距离。首先, 接入网的统一网管还存在一些问题; 其次, 商用网与试验网有很大的差别, 它需要考虑很多现实的因素, 比如说, 大量用户配线的集中管理、供电, 甚至出现老鼠咬断光纤等问题。

260. 为什么接入技术选择要适度超前?

我国一直在争取加入世贸组织 (WTO), 而作为服务贸易的重要组成部分。电信业的开放是入世谈判最主要的内容之一。因此, 要加入 WTO, 电信市场就必须开放。这样我国电信将面临着来自国内外的剧烈竞争与挑战, 这种竞争与挑战的主要焦点将直接反映在接入网的发展水平和建设速度上, 反映在多媒体业务的综合业务接入能力上。谁先建设好面向千家万户 (包括大用户) 的数字化、宽带化、智能化的全业务通信信息接入网, 谁就掌握了未来的通信网的命运和主动权, 谁在接入网装备上占优势, 谁就会赢得用户。我们必须保持自身网络装备上的优势, 在竞争中占据优势地位。

只有采用接入网的新技术、新设备、新方法、新思路, 发展建设本地网, 才能最大限度地合理组网, 快捷地建设, 提高投资效益, 接入网才能实现数字化、宽带化、智能化。从长远的发展

来看，光纤直接到用户的技术方案无疑最理想，由于接入网的用户共享程度远小于核心网，造成它对成本非常敏感。这种全光纤的接入技术进展较慢。从各设备厂商的宽带接入产品来看，比较具有发展前景的新型宽带接入技术主要有 APON，ADSL，SPDH，SDH，HFC，宽带无线接入技术和以太网接入技术等。这些技术或单独或组成混合方案，以适合于具有不同特点的服务商、不同网络环境和不同的用户要求。

其中 SDH 自愈环与宽带 PON 相结合很可能是今后十年宽带接入网的一种主要形式。以 SDH 自愈环和 BPON 相结合的接入网基本原理如图 6.16 所示。在接入网的主干层采用 SDH-ADM 组成的自愈环，保证了网络的可靠性，配线层采用 BPON，将业务分配到各个 ONU，从 ONU 到用户可采用铜线。这种结构除提供基本的电话业务外，还可提供高速数据和图像等宽带业务。

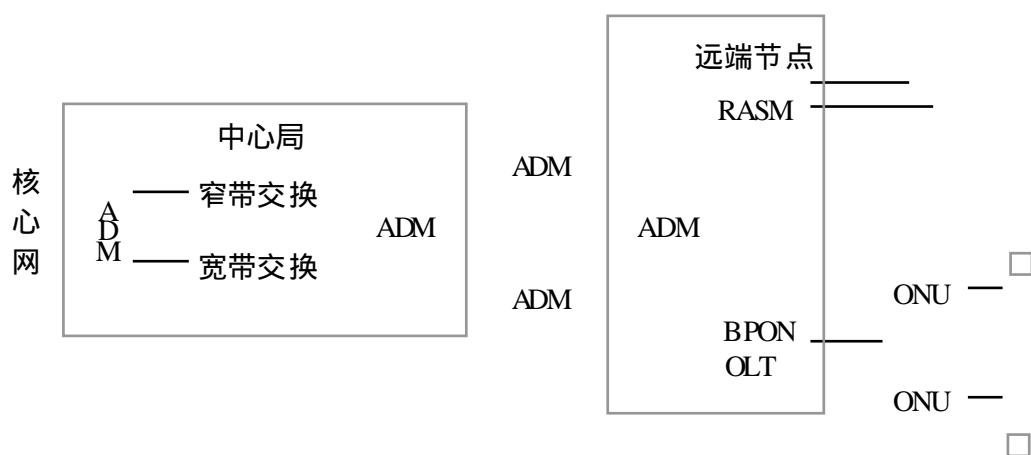


图 6.16 SDH 自愈环和 BPON 组成的接入网结构

目前市场的发展、带宽的需求和技术的进步，都已显示有必要把 SDH 的优势引入接入网，使 SDH 功能和接口尽可能靠近用户。目前 ITU-T 已经开发了相关的新建议。Sub-SDH 根据用户的需要，速率可降到 7Mbit/s，14Mbit/s 或 28Mbit/s。下一代 SDH

SONET 技术的基本原理就是规定高速率 SDH/SONET 中的若干 STS-1 信号用于分组信号的统计复接，其余的 STS-1 信号则用于传统的电路交换信号，这样 SDH/SONET 设备就能同时支持电路交换信号和分组信号，并且今后在功能方面会更加全面。如 IBAS 不需 ATM 适配层就能直接把宽带业务映射到 SDH 帧中，并能半动态/动态地按需分配带宽（ $N \times E1$ 或 $N \times T1$ ）以适应不同业务接口需要。可称为新一代的 SDH 接入产品。

第七部分 城域网相关技术的发展动向

261. 当前 IP 技术的研究重点有哪些？

ITU-T 已将 IP 标准的研究放在首位，国际电联 SG13 组是网络总体研究组，研究内容涉及 GII，IP 相关标准和电信网络的总体要求，对 ITU-T 内各研究组的内容都具有重要的指导意义。SG13 新研究期研究课题包括：异构网环境的原则、要求、框架和体系，ATM 层及其适配，基于 IP 网络和其他网络的 OAM 与网络管理，宽带和 IP 资源管理，包括 IP 多业务网的网络的互通，基于 IP 的网络和应急全球信息设施的性能，ATM 信元传送及可用性性能，传输误码和可用性性能，呼叫处理性能，核心网络体系及互通原则，使用 MPLS 在公共网上传送 IP 业务的机理，网络方面项目的总协调，卫星和地面网络的互操作性，IP 和其他系统的低层接入体系原则和特性，包括 IP 的网络总体术语，未来演进环境下的电信网络结构。SG13 承担了 ITU-T IP 相关标准主导研究组的任务，并于 1999 年 9 月初召开了首次 IP 专家组会议。这次大会的主要技术进展包括 IP 体系结构的研究、IP 接入网、IP 与现有网的互通、IP 的传送（ATM 传送 IP）、IP 业务、支持 IP

网上业务的信令 (SoI)。

关于 IP 体系结构的研究主要包括：IP 项目计划第二版，进一步明确了未来研究的方向和重点，包括分类 QoS IP 业务、电话网与 IP 网的互通、基于 IP 网话音业务的补充业务、基于 IP 的虚拟专网的提供、IP 信令网、IP 与未来无线系统、网络演进等 16 项内容；IP 框架建议的研究，对 IP 框架建议进行了修改，从网络功能的角度提出了 IP 网络的基本体系结构模型，将 IP 网络的低层能力概括为 IP 网络低层能力、电信网低层能力和本地功能能力；移动 IP，提出移动 IP 应包括终端移动性、IP 移动性和个人移动性。

在 IP 接入网方面，会议对 IP 接入方式进行了分类，包括：用户直接接入 IP、PPP 隧道方式、IP 隧道方式、路由器方式和多协议标签交换方式。

IP 互通包括网络互通，即通过电信网互连 IP 网络，以及业务互通，即 IP 网络的用户与电信网中使用 IP 业务的用户互通。会议对涉及 IP 互通的三个新起草建议进行了讨论和修改，包括：B-ISDN/ ATM 与 IP 网络的业务和网络互通，窄带电信网与 IP 网络的业务和网络互通以及 B-ISDN 面向 IP 业务的网络要求。

在 SG13 组会议上，有关在基于 ATM 技术的网络上支持 IP 业务被列为 IP 传送领域，指出公用 ATM 网络支持的 IP 目标业务是 DifferServ, Intserv 和 IPVPN，目标技术解决方案的选择是 MPLS。

SG13 组会议还对什么是 IP 业务进行了激烈的讨论，并形成了初步共识：IP 业务是通过“用户”与“提供者”之间的接口以 IP 包形式传送数据的一种数据传输业务。

SG13 作为 ITU-T IP 的牵头研究组，就 IP 信令网的研究课题与第 11 组进行了充分讨论，并提出了下一研究期的课题，包括：

支持新的增值的因特网智能业务的信令、支持 IP 网上拨号接入和话音、数据和多媒体通信业务互通的信令、为 ISP 有效地识别和指出业务流目的地的信令、连接控制中动态带宽管理的灵活性和按需的 QoS 等。

262. 电信网与信息网的区别是什么？

网络的核心是交换，交换的核心是控制，控制决定网络的形态。业务控制分为面向连接和面向无连接两种方式。面向连接是在通信建立前，在收、发两端间先建立一条连接，而面向无连接毋须先建立连接。但两者根本的区别在于发送信息时是用逻辑地址还是真实地址。由于面向连接已建立了一条连接，故可以用逻辑地址代替真实地址。但在面向无连接中必须用真实地址，逻辑地址的识别要快于真实地址的识别。因而，一般认为面向连接适用于时延敏感性业务，而面向无连接适用于时延不敏感业务。时分交换、ATM、帧中继、X.25 等属于面向连接之列，IP 则属于面向无连接。有时将面向连接网称为电信网，面向无连接的 IP 网称为信息网。

实现面向连接是采用信令或类似信令方式。网络控制的主要功能是选路、流量和拥塞控制、差错控制。由于电信网和信息网所承载的业务流性质不同，采取了两种截然不同的做法。选路控制在电信网中采用分级集中控制，而信息网采用无级分散控制。流量和拥塞控制在电信网中主要采用损失制，辅以信源速率控制，在信息网中采用窗口法的缓存信源速率控制。差错控制在电信网中基本不用，或采用前向纠错，而在信息网中采用反馈重发。传送层控制的主要功能是比特，目前，在电信网中是必须采用的，而在信息网中可有可无。综上所述，电信网与信息网采用

两种截然不同的控制方式，因为它们面对的是两种不同性质的业务流，即时延敏感的恒定比特流和时延不敏感的突发数据流。经过几十年的实践证明，它们所采用的控制方式，对所面临处理的信息流是行之有效的，也是成功的。

263. 武汉邮电科学研究院提出的 IP over SDH 提案有什么意义？

2000年3月31日，瑞士日内瓦，中国再次成为世界瞩目的焦点。在此间召开的国际电信联盟第七研究组全会上，由中国信息产业部武汉邮电科学研究院提出的 IP over SDH 提案被全会正式批准作为国际电联标准。它标志着在 IP 技术这个本世纪最尖端最具活力的信息科技领域，中国人的智慧与创造性得到了世界的公认。

未来的通信将是 IP 技术的天下。随着因特网的飞速发展，IP 业务逐渐成为通信业务的主流。国内外通信厂商都致力于 IP 技术的研发，把它作为抢占新世纪技术制高点的重要战略部署。而 SDH（光同步数字网）是目前世界上最好的电信传输资源，两者具有较强的互补性，拥有几千亿美元的市场前景。使 IP 协议直接在光同步数字网的光缆上运行，是近年来世界各国包括各大电信设备制造商、运营商以及各大计算机公司竞相研究的课题，也是电信网和计算机网络融合的关键点。中国提出的标准，成功地解决了这一问题。

武汉邮科院的这一提案是 1998 年 7 月正式提交国际电联的，同年 9 月该提案被国际电联北京会议正式接收，1999 年 6 月又被国际电联 ITU-T 第七研究组正式确定。2000 年 3 月 31 日，这项提案终于被国际电联全会正式通过。这一提案的历程和命运折射

出了中国电信事业的飞速发展和我国国际地位的不断提高。此前在国际电信联盟的大会上，中国的代表一向被认为是“只带耳朵，不带嘴巴”，而今在 IP 这项最尖端的电信技术领域，中国人却喊出了最嘹亮的声音，这无疑是一个历史性的重大飞跃。

面对新世纪席卷全球的 IP 浪潮，面对中国加入 WTO 后通信领域更趋激烈的市场竞争，IP 标准中国造，对于中国民族通信产业的发展有着极为深远的战略意义。

264. 造成网络安全保密问题日益突出的主要原因有哪些？

众所周知，网络是为广大用户共享网上的资源而互连的，然而网络的开放性和共享性导致了网络的安全性问题，网络容易受到外界的攻击和破坏。通常，人们希望网络能为用户提供众多的服务，同时又能提供相应的安全保密措施；而且这些措施不应影响用户使用网络的方便性。造成网络安全保密问题日益突出的主要原因有：

1. 网络的共享性

资源共享是建立计算机网络的基本目的之一，但是这也为不法分子利用共享的资源进行破坏活动提供了机会。

2. 系统的复杂性

计算机网络是一个复杂的系统，系统的复杂性使得网络的安全管理更加困难。

3. 网络边界不确定性

网络的可扩展性同时也暗示了网络边界的不确定性。一个宿主机可能是两个不同网络中的一个节点。因此，一个网络中的资源可由另一网络中的用户访问。这样，一些未经授权的也许是怀

有恶意的用户会对网络安全构成严重的威胁。

4. 路径不确定性

从用户宿主机到另一个宿主机可能存在多条路径。在路径上的每一个相应节点都必须提供安全保密功能，否则不能保证数据的安全。

与网络安全相关的技术包括密码技术、密钥管理、数字签名、认证技术、智能卡技术、访问控制、网络协议安全性验证、防火墙、计算机病毒防治等关键技术。从目前的各种技术分析，对于网络的安全管理往往是一个系统工程，整体策略的选取、使用者的安全意识和相应的法规建设都是与其紧密相关的内容。一般来说，整个城域网应作为一个相对独立的内部网络进行管理，并与外界通过防火墙进行隔离。对于不同的应用系统可以进一步根据实际的需求进行应用层加密和网络层的数据分组过滤。在理论上，没有绝对安全的网络，通过目前的一些技术，可以起一定的作用。但正如我们前面提到的那样，在大多数情况下，人员的教育以及安全观念和法制健全是更为重要的。

265. 什么是流量工程？

“流量工程”是核心网运营商最关心的问题，新的协议（如MPLS）在解决标记交换的同时，也提供了一个很好的解决“流量工程”的方法。即通过路由器之间交互各端的流量状态等信息，用收敛算法计算一段时间内网络内标记的显式路径，约束最短路程优先算法被采用以使整个网络的流量在每一段时间内尽量保持均衡。

266. 有哪些网络管理技术标准？

为了保证网络顺利运行，网络的管理和安全控制同样是必须加以考虑的重要方面。从网络管理技术目前的情况来看，主要存在着两类标准：基于 Internet 并得到广泛应用的 SNMP 和 ISO 的通用管理信息协议（Common Management Information Protocol, CMIP）。

SNMP 技术产生于 20 世纪 80 年代，是基于 UDP 的一种被动式网络管理协议。其协议设计的原则是简单和易用。当初 SNMP 是作为一种过渡协议推出的，但由于其广泛地得到使用，目前已成为网络管理的事实标准。从技术角度分析，SNMP 存在着安全性和功能上的不足之处。目前，在 SNMP v2 中已经得以改进。另外在局域网范围内，作为一种从 SNMP 发展而来的协议，RMON（Remote MONitoring，远程监控）提供了主动的网络管理功能，已被广大的计算机网络厂商们接受并融于其产品之中。和 SNMP 相比，CMIP 具有更多的管理和控制功能，但相应的协议操作也较为复杂，占用的网络带宽也较大（有数据表明，其对网络资源的消耗是 SNMP 的 10 倍）。由于 CMIP 实现复杂，因此完整的基于 CMIP 的产品并不多见，通常网管软件只能提供其中的一部分功能。

为了将整个城域网平台管理好，我们考虑采用 CMIP 和 SNMP 两种技术相结合的方式。对于一级、二级主干线路采用 CMIP 提供更为完整的网络参数管理和性能监控，而其他接入网和局域网采用 SNMP 或 RMON 进行管理。两者之间的通信和数据处理可以通过一个网关程序来实现，对于这方面的技术研究是当前网络管理的一个热点。

267. 什么是基于策略的网络管理？

虽然为不同业务流保证 QoS 很重要，但在大型网络中，手工配置和管理交换、路由单元可能很棘手。基于策略的联网的面世，简化了过去难度极大而且易于出错的工作，并使它可以自动完成。在使用策略的网络中，策略服务器以简单、用户友好的语句（如“为话音分配比数据更高的优先级”）获得有关适当的用户和网络策略的输入信息。然后，这些策略被转换为具体的过滤和排队指令，通过 COPS（约束问题求解系统）协议发往所有网络单元。

网络策略业务管理应用是当今市场上最先进的基于策略的管理系统。该应用主要包括两部分：策略管理器和策略服务器。策略管理器提供一个直观的 Web 界面，用于为用户和应用规定优先级，这些应用包括话音、视频、Web 浏览、电子商务、企业资源规划以及批量文件传输。策略服务器在一个基于标准的、与 LDAP 兼容的目录存储策略，并通过 COPS 协议将它们发往基于第三/四层交换的路由交换机，以便在整个网络中确保一致的端到端 QoS。

较短而且一致的时延不仅在电话应用中非常重要，而且在数据应用（如电子商务和供应链管理）中也是如此。例如，一个向电子商务网站发出询问的客户要求的响应时间为 3 s，然而，要回答这一询问需要在网络中进行大量连续的交易。由于延迟的累积特性，各次交易对时延可能有与实时话音相同的要求（如数毫秒）。

基于第三/四层交换的城域网和局域网解决方案的设计前提是基于策略的联网，它对于有效管理一体化网络至关重要，而且

交换机性能在使用、实施或跟踪策略时不能降低。在多业务网络中，以整体性能的下降为代价来为电话分配高优先级不是理想的解决方案。

“基于策略的管理”这一概念将同时影响路由器之间和路由器与网络管理者之间的信息交互行为模式。使得网络管理者更易于从用户的角度去定义和约束网络行为，而这些上层策略将直接影响网络基本行为，使传统的路由算法发展为基于策略的路由算法，使路由器之间的信息交互必须包含策略性所涵盖的信息内容。

268. 城域网的设计包括哪些内容？

随着 Internet 网络技术的发展和基于 TCP/ IP 网络应用的不断推广，有越来越多的应用程序需要移植到 TCP/ IP 的网络环境中，也有越来越多的应用程序要求对 Internet 进行访问。在这种情况下，传统的 32 位 IP 地址资源就显得越来越紧张、越来越珍贵了。众所周知，在传统的 IP 网络中，网络上的每一个设备都有一个永久的 IP 地址。这种 IP 地址是一个 32 位的二进制数据。这 32 位数据又分为 4 个部分，每个部分都包含 8 位二进制数据，我们称每一部分为一个位组。实际上，每个 IP 地址都能在软件中加以改变，而且每一个 IP 地址都与一个固定的硬件地址（如以太网地址）相联系。这种稳定的联系被用作是基于 IP 的安全措施、网络管理和配置方案的基础。IP 地址也是一种寻找网络资源（例如 TCP/ IP 网络上的服务器）的最为常用的工具。例如，一旦网络服务器的 IP 地址发生了变化，那么，DNS（Domain Naming System）必须重新配置。否则的话，应用程序将无法与这个服务器建立连接。在经常发生变动的网络环境中，这种工作是

很费时的。

另一方面，随着 Internet 应用的不断扩展，现有的 32 位 IP 地址已经用尽。在我国现有的特定环境下，申请到的 IP 地址十分有限。随着各个地区信息化建设的不断深化，IP 地址更成为一种稀缺的资源。如何充分地利用有限的网络 IP 地址资源是一个必须解决的问题。

正如网络的建设是为了尽可能的实现资源共享，解决 IP 地址资源问题的一个自然想法是利用地址复用技术。为了更高效和方便地实现网络的地址映射，从网络层入手进行考虑是一种更为有效的方式。事实上，在 Intranet 的工作环境中，内部网的主机和外界的 Internet 之间往往用一层防火墙加以隔离。对外界的主机来说，网络内部是不能直接寻址的，这样，对于内部用户可以自由分配内部的“非法”IP 地址，并通过网络地址映射技术 (NAT, Network Address Translation) 实现地址复用，实现对外界的合法访问。

对于内部网的设备，可以分配“非法”的 IP 地址，这是因为外界不能直接访问内部计算机的缘故。根据 Internet 的管理机构 NIC 的研究报告 RFC1597，一些地址范围定义为“Internet 私有地址”，专供网络内部使用。

当内部网络的计算机需要访问外部网络（如 Internet）时，就需要将这些“不合法”的内部地址转换或映射成有效的 IP 地址，这就是 NAT 所做的工作。RFC1631 对网络地址映射作了具体的规范定义。

269. 什么是 IP 软技术？

我们知道，作为整个网络的解决方案，其内容不仅仅包括网

络的架设，交换技术的选择，更应该解决好 IP 软技术问题。IP 技术包括网络地址的规划、全网路由、域名解析、网络安全、网络管理、业务管理等。同时网络建设的“循序渐进，滚动发展”的原则，新建网络应能整合现存的网络。综合已有的业务，尽可能保护现有的资源。当前，随着全球信息化程度的不断提高，三网融合已逐渐成为 IT 界热门话题，我们认为在宽带城域网对现有网络资源进行整合时应该考虑到网络融合的实际举措。

IP 软技术是网络解决方案的灵魂，IP 软技术包括网络地址的分配、域名解析、路由的规划、网络管理、网络安全、业务管理、流量工程、故障容错机制等。IP 软技术是宽带城域网设计与规划的核心内容。

城域网网络地址的规划是实施 IP 软技术的第一步，因为网络地址直接影响着域名解析以及路由的规划，网络地址应由网管中心统一发放，并综合考虑其与现有网络地址的整合以及与其他网络（如 Internet）的互通；域名解析是 IP 地址高级名字形式，域名解析应符合相关的规范，一般可按照地域、行政、设备、应用等方面进行命名；城域网络由应以动态路由为主，在接入层以及与现有网络整合时可酌情考虑部分采用静态路由的形式；网络管理以 SNMP（Simple Network Management Protocol）协议为主支持对全网、全设备的配置、性能管理、故障管理、安全管理。网络的安全主要考虑到 IP 网安全性，必要时采用安全认证、数据加密、VPN 等网络安全技术，同时可在路由器和三层交换机上配置虚拟网（VLAN，Virtual Local Area Network）以及访问控制列表（ACL，Access Control List），设置网络设备不同的管理权限，确保城域网不受黑客攻击以及病毒的侵扰。城域网的业务管理是网络经营、收费的主要内容，籍此，可以实现对用户的认证、授权、计费等功能，业务管理应支持标准的 RADIUS（Remote Access Di-

al-In User Service) 协议。流量工程、故障的容错弹性设计也是城域网设计与规划所必须考虑的核心内容。

综上所述，宽带城域网的设计与规划是一项复杂的系统工程，从横向来看，它包括骨干、接入层与终端；从纵向来看，它包括光传输、网络互连、业务整合与高层应用等各种技术。

三网融合也是城市信息化的一个发展趋势，目前，对三网融合错误理解是：既然“三网都趋于融合”，是不是以后建立一个宽带网就可以了。这是不正确的。三网融合应该是高层应用及用户终端的融合。在宽带城域网的规划和设计中，主要体现在接入和用户终端部分。我们知道，城市中的 PSTN 网与 CATV 网资源相对较广，并且已拥有相当的用户群，新建宽带城域网应能充分利用这些资源，宽带城域网与 PSTN 网可由 ADSL、拨号接入技术实现网络整合，通过基于 H.323 的 IP Phone 技术实现业务综合。宽带城域网与 CATV 网可由 Cable Modem 接入技术实现网络整合。三网融合必将是宽带城域网的一个发展方向，未来的城域网也终将是 IP/ATM，特别是以 IP 为主的宽带多媒体通信网。

270. 什么是动态同步传送模式？

动态同步传送模式 (Dynamic Synchronous Transfer Mode, DTM) 是一种基于电路交换，并辅以动态时隙分配的宽带网络结构。DTM 的核心延用电路交换的基本思想，摒弃了复杂的 ATM 流量管理算法。作为第二层的交换/传输技术，DTM 具有更强的带宽管理能力，适应光纤带宽的不断扩展，既支持现有的电信业务，又能有效地承载未来基于 IP 的多媒体。目前，DTM 以其高效的协议、灵活的业务支持、强大的可扩展能力等显著优点，引起了 ETSI 等标准化组织的重视，它的标准化工作正在不断地完

善，在未来网络中占据重要地位，很可能取代 ATM。

271. 动态同步传送模式的基本原理是什么？

DTM 是一种快速电路交换技术，其基本原理是取消流量管理，通过简单的动态时隙分配机制来支持对带宽的按需分配。DTM 的时隙分为数据时隙和控制时隙。每个节点至少有权访问一个控制时隙，用来向其他节点发送控制信息。控制时隙仅占很少的容量。在系统初始化时，数据时隙按照预定义的模式分配给总线上的所有节点，这样每个节点就“拥有”一些数据时隙，以发送数据。空闲的数据时隙将会在节点间相互借用，其归属将会随着网络的运行而动态变化。在 DTM 电路交换网中，数据和控制分别占用不同的时隙，数据流是透明传送的，无需作任何处理，也无需阻塞控制等机制，从而能快速交换数据，对控制信息的处理也只在电路连接的建立和释放阶段进行。

一个 DTM 网络是由边缘和转接节点组成的。每个边缘节点都知道网络的拓扑结构，当一个源边缘节点收到一个分组时，它就确定了目的边缘节点的地址。每个节点是一个主动的 STM 电路交换机，把链路标识符转为时隙转接信息，确定相应的输出时隙后，把输入和输出时隙间的连接写入地址控制内存（ACM）中配制一个连接。如果不能分配合适的输出时隙，信息就放在缓存池中等待下一个空闲的输出时隙。此过程在源和目的边缘节点间的每个转接点上执行。

与 ATM 相比，DTM 具有多速率数据传送、不需要优先级排队机制、对数据不需处理、低时延、几乎无时延抖动、不同业务流之间互不干扰和灵活的资源预留方法等特点。可见，DTM 在克服了电路交换缺点的同时，又保留了 ATM 按需分配带宽、支

持不同 QoS 业务能力等优点。

DTM 信道本身支持多播和广播，在整个网络上可同时建立任意数目的多播组，这为 IP 业务提供了灵活的承载方式。目前，在 DTM 网络中传送 IP 业务有两种方案；DTM 之上的 IP (IpoD: IP over DTM) 和 DTM 局域网仿真 (DLE: DTM LAN Emulation)。

1. IpoD (IP over DTM)

IpoD 综合了 IP 的无连接服务优点和 DTM 的大容量高速数据传送能力，以承载 Internet 中“尽力传送 (best-effort)”型 IP 业务和各种实时业务。IpoD 是在 DTM 网上以逐跳 (hop-by-hop) 或建立捷径 (short-cut) 的方法传送 IP 业务的方案。

在逻辑上 (第三层) IpoD 对传送的“路由器 + 主机”的 IP 网络结构未作任何改变。唯一的区别是路由器间、路由器与主机间的连接由传统的链路 (如 DDN, ATM PVC) 换成了 DTM 的通道，并且通道容量可以随 IP 业务量大小而动态变化 (DTM 通道可再协商的特点)。源宿之间在第三层的通信既可通过路由器逐点转发，也可借助于 NHRP 下一站解析协议建立直通连接，绕过路由器。

2. DLE (DTM LAN Emulation)

DLE 是在 DTM 网上建立虚拟 LAN，以便接入以太网节点。DLE 使用 DTM 网络在不同以太网段之间建立桥接。DTM 网上的数据分组依靠以太网帧头转发，从而使多个虚拟局域网形成一个大的局域网。

目前，已有 NetInsight, Ericsson 等多家厂商正在积极从事 IpoD 的研究开发，欧洲电信标准化组织 (ETSI) 也已于 1998 年开始讨论 DTM 的标准化问题。预计，随着 DTM 和 IpoD 标准的推出，IpoD 将不仅成为一种成熟的可行方案；而且很有希望成为承载 IP 的首选方案。

272. 如何建构 ISP ?

据 ISP 的投资规模的不同, 其建构方式也不一样, 所以, ISP 的建构没有一个固定的模式。这里仅就 ISP 的建构要素作一评述。

一个 ISP 的建构要素可分硬体和软体两大部分。所谓硬体部分是指: 办公设备、机房设施、办公场所等; 而软体部分是指: ISP 形象设计、社群关系、员工素质、管理方式、机构设置与经营策略等。

先看硬体部分, 一个 ISP 的硬体建构要依据其投资规模的大小和经营方针的规划来定。若投资规模小, 可建构为一个小型 ISP, 主营一个或几个方面的服务。例如: 一个 ISP 共投资 100 万, 那它可这样建构其硬体部分:

租用一小规模的经营场所 (机房、会客厅、办公室等), 先把必须的办公设备购置完备 (如: 必要的装潢、办公桌、电话等), 本着简化、实用的原则建设 ISP 的基本网络配置。

一个小型 ISP 的基本配置为: 两台服务器 (一台作为 DNS 和 WWW server, 可选用 SUN 公司的 SPARC server 产品, 运行 UNIX 系统, 即 Solaris 系统, 另一台作为 MAIL server, 可选用 COMPAQ 专用服务器或 Intel NTserver 或高档微机, 可装入 LINUX 或 SCOUNIX 系统或 Windows NT, Windows95 操作系统); 路由器用于接入 Internet, 可选用 Cisco 公司的 Cisco2511 系列产品, 同时做终端服务器; HUB 用于建构自己的以太网环境; 另外几台微机用于日常办公与对外服务所需 (如: HOMEPAGE 制作, 代顾客收发 E-mail, 日常打印等); Modem 箱用于提供 PPP/ SLIP 或虚拟终端方式的接入服务。

其软体部分的机构设置主要有：管理人员、市场推销人员、技术人员、工程人员、公关企划人员等。人不在多而在精，各司其职，齐心协力共创其业。

而对一个实力雄厚的 ISP 而言，其建构方案的设计应涵盖上面所论述的一个完整的 ISP 所应提供的服务的所有方面。

一个完整 ISP 的配置相当复杂，整体上是采用客户机/服务器模式建构，由于其体系很庞大，故采用小型机做服务器，核心主干采用 FDDI 光纤网，联有多个高性能路由器对外提供各类接入服务，并以插卡式路由器、Cisco 路由器、智能型交换式 HUB 和堆叠式 HUB 连成自己的局域网环境和网管系统。

其硬体结构复杂，对其软体的要求相应提高，其机构设置可更全、更分工明确，宣传攻势与市场拓展可更有力，应有强大的技术队伍作支持，售后服务与培训等工作要切实做好等。

273. 如何经营 ISP ?

首先，应据自身的规模和优势之所在，有针对性地进行规划适合自身特点的经营策略，据我国当前各大城市的 ISP 经营情况及潜在用户分析结果，笔者认为：目前我国 ISP 的经营重点应放在拨号入网和 WWW 信息服务上。然后，逐步转向专线入网的市场。这是因为：Internet 进入我国较晚，广大用户仍未意识到其强大优势，不舍得投入大量资金，即便认识到了其优势，又可能受财力所限，且我国的 Internet 还未发展到一定规模，致使其优越性得不到充分发挥，且目前我国主要的 Internet 用户是教育科研单位，完全进入商业领域需要一个过程。故目前 ISP 的主要市场在拨号入网和 WWW 信息服务上（包括：WWW 信息查询、HOME-PAGE 制作、信息发布等）。

其次，应加强宣传，用以推动我国 Internet 市场的发展的同时提高自身的知名度。从提高自身员工素质和服务质量入手，争取用户的信任与支持，扩大自己的美誉度。这包括员工的培训，用户方的培训：对员工的培训用以提高员工素质，对用户方的培训包括对用户方的具体实施人员和管理人员的初级培训、现场安装培训和高级培训（其中，初级培训指主机系统、语言和操作系统基础的培训；现场培训指安装时，由供应商技术人员现场培训；高级培训指系统管理、系统软硬件的维护、操作系统及应用系统的使用、网络中心设备及主干设备的维护检修方法等）。保证网络系统的先进性、开放性、有效性、实用性、安全保密性、可靠稳定性、可扩展可维护性等。提高售后服务质量：担保售后服务，用户方遇到问题要及时派人解决，维护好 ISP 主干网使其畅通无阻，及时升级并为用户提供软、硬件的扩充与升档服务，及时拓宽带宽，防止拥塞现象的发生，为用户提供技术支持等；设立咨询电话，随时解决用户提出的问题。

另外，要不断拓展自己的业务，提高实力，积极应用新技术，树立客户典范，给人以可信赖感。且要随时了解国际国内 Internet 新动向，紧跟其发展步伐。这是一个新生事物，且其技术性强，发展又异常迅速，故要随时获取新信息、新技术。作为我国的 ISP，必须了解并严格遵循我国的信息政策法规，依法经营，严格管理，并保证网络的安全畅通，选择合理的计费软件，做好计费管理工作。

274. 什么是空中 Internet ？

以 Craig O. McCaw 和 Bill Gates 为主要股东的 Teledesic 公司发起的“空中 Internet”计划，将耗资 100 亿美元，在距地球 565 km

的轨道上部署 288 颗低轨道卫星，构成一个覆盖全球的、在价格上用户可以接受的高速卫星通信网。Teledesic 可支持众多的网络协议，如 IP，ISDN，ATM 等，它提供的服务包括宽带 Internet 接入、视频会议、高质量语音和其他数据应用。

Teledesic 卫星系统被设计成具有光纤网络同样的基本特性，如宽带、低误码率、低时延等。每颗卫星能够覆盖运行轨道下直径约 100 km 的区域，在这个范围内可以提供超过 500 Mbit/s 的双工通信能力。Teledesic 可以同时向数百万用户提供服务，他们中的大多数将享受上行高至 2 Mbit/s、下行高至 64 Mbit/s 的接入服务。它将已有的光纤为主的基础设施无缝地扩展到地球的每一个角落。

Teledesic “空中 Internet”计划已于 1997 年 3 月得到 FCC 的批准，通信频率为 30 GHz/20 GHz，系统预计要到 2003 年开始投入商业运行。目前参与“空中 Internet”计划的除 Teledesic 外，还有 Motorola（计划注资 7.5 亿美元）、波音公司（投资 1 亿美元）、沙特王子（投资 2 亿美元）以及欧洲最大的卫星制造企业马特拉·马尔康尼空间公司。

低轨道卫星网络优异的性能和巨大的商业价值吸引了众多的厂商。据统计，已提出的计划多达十几种，其中耗资 35 亿美元，有 64 颗卫星组成的法国“空中桥梁”和 Motorola 提出的名为 Celestri 的高、低轨通信卫星的混合方案，将是“空中 Internet”在高速卫星通信上的主要竞争对手。

275. 输电线路接入的最新进展如何？

新千年伊始，韩国在研究开发输电线路上的因特网技术方面，取得了令人瞩目的重大突破。韩国商务、产业与能源部日前发布

一份报告显示，该部正在与韩国电气技术研究所、韩国电力公司以及韩国风险企业 Keyin 通信公司进行合作，其目标是使已经研究开发成功的电力输电线上网技术实现商业化。

韩国商务、产业与能源部表示，将投入 200 亿韩元（约合 1 780 万美元），争取在 2001 年以前开发出传输速率为 2 Mbit/s 的输电线路调制解调器。普通电话线路的传输速率为 56 kbit/s，因此，输电线路 2 Mbit/s 的数据传输速率与普通电话线路相比，增长了 40 多倍。

此外，韩国商务、产业与能源部还计划在 2004 年以前将传输速率提高到 10 Mbit/s。该部的官员们表示，借助输电线上因特网技术，广大用户可以轻而易举地利用与输电线路连接的特制的调制解调器上网，这种新的上网方式，其费用将比传统的电话线、有线电视以及光纤电缆线上网的费用低廉得多。韩国商务、产业与能源部表示，利用输电线上因特网，不必担心会对家用电器的使用产生不利的影 响，这是由于上因特网使用的是低输出信号。目前，世界上一些发达国家正在研究开发这种输电线上网技术，但是，韩国在这方面领先了一步，最乐观的估计是在今年 9 月份投入输电线上因特网的试运营。韩国风险企业 Keyin 通信公司已经研制成功一款专门用于输电线上因特网的 1 Mbit/s 试验型调制解调器，并且利用这款产品成功地进行了语音和数据的传输，效果令人满意。韩国商务、产业与能源部表示，该部已经与德国、新加坡和加拿大等十多个国家的通信业界进行磋商，将向这些国家提供上网用调制解调器，掀起全球性的输电线上网热潮。

著名的国立汉城大学的自动化与系统研究所也参与了这个输电线上网的研究项目，这家研究机构表示，输电线上网技术有着极其广阔的市场前景，将会在今后五年里为韩国带来 50 亿美元

的收益。

欧洲在输电线上网方面的研究也在最近取得了新的进展。德国能源行业的巨头 Veba 公司和美国家庭联网业的 Enikia 公司表示，这两家公司即将推出一项用输电线实现高速因特网接入的服务项目，在 Oneline 通信公司的协助下，Veba 公司和 Enikia 公司的电线上网服务项目将于 2001 夏季在欧洲市场上推出，以便在韩国公司之前率先投入试验性运行，以摸索经验，而全面的商用性服务将在 2001 年底正式推出。美国 Enikia 公司的副总裁表示，该公司也准备 2001 夏季在美国进行输电线上网的试验。此外，Enikin 公司和 Oneline 公司也表示，双方将联合建立一个共有系统，让广大用户可以将自己的计算机连接到任何一个电源插座上，然后借助输电线与因特网连接，以最简便最廉价的方式上因特网。

276. 国际光纤特性和试验方法的标准 有什么最新研究进展？

国际上主要有两个国际标准组织研究制订电信方面的标准，国际电信联盟（ITU）和国际电工委员会（IEC）。IEC 着重制订与产品有关的标准，而 ITU 则着重制订与应用有关的标准。国际电工委员会纤维光学技术委员会（IEC TC 86）主要制订纤维光学通信系统和部件的技术规范及其测试方法的标准，而国际电联电信标准化部门（ITU-T）主要制订全球电信领域中有关技术和应用方面的标准。他们都研究制订光纤特性和试验方法的标准，现对 ITU- 已制、修订的相关标准及近期的研究发展介绍如下。

ITU-T 制定颁布的光纤标准版本有：G.650（1997）《单模光纤相关参数的定义和试验方法》；G.651（1993）《50/125 μm 多模

渐变型折射率光纤光缆特性》；G.652（1997）《单模光纤光缆特性》；G.653（1997）《色散位移单模光纤光缆特性》；G.654（1997）《截止波长位移型单模光纤光缆特性》；G.655（1996）《非零色散位移单模光纤光缆特性》。

ITU-T SG15（第十五研究组）于2000年4月3日至14日在日内瓦召开的（1997~2000年）研究期末期会议上，除了对G.651没有修改外，完成了对建议G.650，G.652，G.653，G.654和G.655所作的修改，提交2000年9月27日~10月6日在加拿大蒙特利尔（Montreal）召开的世界电信标准大会（WTSC）通过。修改的主要内容有：

1. ITU-T 建议 G.652

将G.652类光纤进一步分为G.652A，G.652B，G.652C三个子类：

(1) G.652A 光纤主要适用于 ITU-T G.957 规定的 SDH 传输系统和 G.691 规定的带光放大的单通道直到 STM-16 的 SDH 传输系统；

(2) G.652B 光纤主要适用于 ITU-T G.957 规定的 SDH 传输系统和 G.691 规定的带光放大的单通道 SDH 传输系统及直到 STM-64 的 ITU-T G.692 带光放大的波分复用传输系统；

(3) G.652C 光纤（即波长段扩展的非色散位移单模光纤，又称为低水峰光纤，例如 Lucent 的全波光纤。）主要适用于 ITU-T G.957 规定的 SDH 传输系统和 G.691 规定的带光放大的单通道 SDH 传输系统和直到 STM-64 的 ITU-T G.692 带光放大的波分复用传输系统，这类光纤允许 G.957 传输系统使用在 1 360 ~ 1 530 nm 之间的扩展波段，增加了可用波长范围，使可复用的波长数大大增加，是未来城域网新敷光纤的理想选择。

G.652 三个子类光纤的模场直径、包层直径的容差和芯同心

度误差（代替模场同心度误差）、筛选应力等指标都相同，但比老版本更严了。G.652B, G.652C 光纤可以使用在 L-波段，规定了 $16 \times \text{nm}$ 波长衰减和宏弯损耗要求。对未成缆光纤 PMD 系数的指标没作规定。对已成缆 G.652B, G.652C 光纤，规定了链路 PMD 指标。在建议 G.652 中增加了一个附录“关于 PMD 的统计信息”。

2. ITU-T 建议 G.655

将 G.655 类光纤进一步分为 G.655A, G.655B 两个子类：

(1) G.655A 光纤主要适用于 ITU-T G.691 规定的带光放大的单通道 SDH 系统和直到具有通道间隔不小于 200 GHz 的 STM-64 的 ITU-T G.692 带光放大的波分复用传输系统；

(2) G.655B 光纤主要适用于通道间隔不大于 100 GHz 的 G.692 密集波分复用传输系统。

G.655 两个子类光纤的模场直径、包层直径的容差和芯同心度误差（代替模场同心度误差）、筛选应力等指标都相同，但比老版本更严了。G.655A 光纤只能使用在 C-波段；G.655B 光纤既可以使用在 C-波段，也可以使用在 L-波段，规定了 $16 \times \text{nm}$ 波长衰减和宏弯损耗要求。G.655A 光纤与 G.655B 光纤的另一个重要差别是在 C-波段的色散值。G.655A 光纤的值为 $0.1 \sim 6.0 \text{ ps} / \text{nm} \cdot \text{km}$ ；G.655B 光纤的值为 $1.0 \sim 10.0 \text{ ps} / \text{nm} \cdot \text{km}$ 。对未成缆光纤 PMD 系数的指标没作规定。对已成缆 G.655B 光纤，规定了链路 PMD 要求。在建议文本中增加了一个附录“关于 PMD 的统计信息”。

3. ITU-T 建议 G.653 和 G.654

与建议 G.652 和 G.655 相比，建议 G.653 和 G.654 变动较少。

G.653 光纤及 G.654 光纤的模场直径、包层直径的容差和芯

同心度误差（代替模场同心度误差）、筛选应力等指标更严了。

G.654 光纤可以使用在 L-波段，规定了 16xx nm 波长衰减和宏弯损耗要求。

对未成缆光纤 PMD 系数的指标没作规定。对这两类已成缆光纤，规定了链路 PMD 要求。在建议文本中增加了一个附录“关于 PMD 的统计信息”。

4. ITU-T 建议 G.650

在这次会议上，对 ITU-T G.650 《单模光纤相关参数的定义和试验方法》也进行了修改，进一步完善了偏振模色散（PMD）的试验方法和其他参数试验方法。主要修改方面包括：

(1) 确定了测量偏振模色散（PMD）的基准试验方法（RTM）和替代试验方法（ATM）。

规定斯托克斯参数测定法（Stokes parameter evaluation technique）为测量单模光纤 PMD 的基准试验方法；偏振态（SOP）法为第一替代试验方法；干涉法（IF）为第二替代试验方法；固定分析器（FA）法为第三替代试验方法。

(2) 对于模场直径的测量，增加了《双向后向散射之差法》作为第三替代试验方法。

(3) 增加了附录 4 《根据后向散射技术测量色散不均匀性的试验方法》。该方法是基于对双向后向散射的测量来确定单模光纤色散的不均匀性，该方法能分别估计波导色散和材料色散的不均匀性。如上所述，这种方法还能用于测量模场直径。

(4) 增加了附录 5 《测量有效面积 A_{eff} 的试验方法》。规定了三种测量方法：远场扫描（FFS）法，可变孔径（VA）法，近场扫描（NFS）法。

277. 多模光纤传输高速率信号有何新的突破？

Lucent 用新研制的 Lazr SPEED™ 多模光纤，将 10 Gbit/s 信号传输了 1.6 km，创造了新的世界记录。这种多模光纤主要是为局域网（LAN）设计的。1998 年 5 月，Bell Labs 就做了类似的实验，当时模拟了最坏条件的情况，包括使用 4 个最坏情况的光连接器，加上光缆受压力的影响和廉价的光收发器与光纤的耦合不准等因素，因此传输距离只有 300 m。这两次实验用的发光器件都是 850 nm 的垂直腔表面发射激光器（VCSEL），系统的误码率均达到 1×10^{-9} 。

278. 大气光通信有何新的突破？

Lucent 宣布，载送话音、数据和视频业务的 2.5 Gbit/s 单波道光信号可以直接通过大气传送。传送距离 2000 年 3 月达 2 km，2000 年 9 月达 5 km。并准备用 DWDM 技术将 8 个波道复用后，达 20 Gbit/s 速率。该光束可以通过水帘，说明抗恶劣气候的能力很强。据介绍，该系统用的是 1 550 nm 波长。系统的特点是：

容量大：2.5 ~ 20 Gbit/s；

距离远：2 ~ 5 km；

对人眼安全：符合 IEC60825；

安装时间短：允许快速、简易安装；

投资效率高：是光纤接人的经济的替代方式。

其主要应用是：

要求增强带宽时（如话音、数据、Internet 和 CATV）的“最后一公里”解决方案；

提供大楼到大楼的城域链路或计算机网络；
在没有接入条件或原带宽不能满足时提供的高效接入方案；
光缆线路维修的临时链路或第二备用手段。

279. 光通信系统的发展现状如何？

光通信技术是通信领域里发展最快的技术之一，超高速大容量系统的记录不断被刷新（包括单波道速率和全系统容量）。回顾一下超高速大容量系统的历史记录可以看出：

(1) Telecom '95 上 Nortel, Hitachi, Toshiba, Philips 等公司均推出了单信道 10 Gbit/s 设备，这在当时是最新记录；

(2) '97 NEC 宣布实现了 2.6 Tbit/s DWDM 传输系统实验，号称最新记录；

(3) 1999 NTT 宣布完成了 3 Tbit/s OTDM + DWDM 的传输系统实验，打破了 NEC 的记录；

(4) 1999 年，Siemens 宣布了 3.2 Tbit/s (80 × 40 Gbit/s) 的记录。

在这次 Telecom '99, Nortel 宣布了两个世界记录：

单信道：80 Gbit/s 的最高记录；

DWDM：6.4 Tbit/s 的最高记录。

下面简单介绍 Nortel 发表的记录的主要情况：

(1) Nortel 的单信道 80 Gbit/s 系统实际上是在实现电的时分复用 ETDM 40 Gbit/s 的基础上，采用 OTDM 技术将两个 40 Gbit/s 复用为 80 Gbit/s 信号的。线路码型为二进制 RZ 码，没有采用 FEC。在正、负色散每 5 km 交替使用的 G.655 光纤上传送 480 km（相当于巴黎到日内瓦）不用电再生器。线路上出现的最大色散

为 30 ps/nm，总色散为零。工作波长 1550 nm，全线使用了 12 个掺铒光纤线路放大器。40 Gbit/s 信号的产生是用 Mach-Zehnder 外调制器实现的。

(2) 6.4 Tbit/s DWDM 系统是在单波道 80 Gbit/s 的基础上用 80 个波道复用而成的。系统设计的可靠性为 99.999%。可以具有在一对光纤上可靠地连接 2500 个核心路由器的能力。

顺便提一下，Nortel 估计到 2002 年全球光网络的市场可达 350 亿美元，而且容量要求每 9 个月翻一番。Nortel 的 10 Gbit/s 系统占全球市场的 90%，1998 年的收入为 176 亿美元，其从光通信市场来的收入每年增长 50%。如果按 KMI 公司的报告，Lucent 的全球 DWDM 市场份额为 29%，其收入为 22 亿美元，则全球 DWDM 市场应为 76 亿美元。实际上这两个记录还没有保持多久，Lucent 在 1999 年 11 月就宣布了两项新的世界记录，又把 Nortel 远远地抛在后面：

1. 单信道 160 Gbit/s 的新记录；DWDM 16 Tbit/s 的刷新记录

Bell Labs 的一项新的世界记录是，单波道的最高速率达到 160 Gbit/s，在 Lucent 的 TrueWave RS 光纤中传送了 300 km。该 160 Gbit/s 的系统用的是与目前商用的系统同样的，基于半导体的发送机和解复用器。他们还准备将该系统用于 DWDM 系统，至少采用当前商用可实现的 100 个波道，届时单根光纤的传输容量将达到 16 Tbit/s。

40 Gbit/s，即 STM-256 的 SDH 设备，除 Nortel，Lucent 之外，Hitachi，Fujitsu，Siemens 等公司也都已开发出来。Lucent 不仅研制出 TM，还有 ADM。

2. 无电再生距离不断加长

通常的 DWDM 系统的无电再生传输距离可达 600 km (5 × 33 dB)，Pirelli 公司利用光线路扩展模块 LEM 可以将这个距离提

高到 6 000 km。

一般的 10 Gbit/s 系统的传输距离为 3 000 ~ 5 000 km，每隔 300 km 需要加以电的再生。而 Siemens 的 TransXpress Infinity320 Gbit/s (32×10 Gbit/s) DWDM 系统可以传输至 10 000 km 之外，且只需每 600 km 电再生一次。由于它采用了与众不同的光放大器及可选各种泵浦源，包括预放的远泵，使跨距衰减可达 44 ~ 75 dB，根据光纤参数不同，跨距可达 210 ~ 385 km。同时采用带外的 FEC 还可赢得额外的 5.5 dB，这对海底光缆系统是特别有利的。

3. 波分复用的波长数不断增加

目前商用的 DWDM 系统的波长数一般为 8 波或 16 波，32 波和 40 波系统也开始使用。80 波和 160 波（如 NEC 的 160×2.5 Gbit/s 系统）的实用化系统也已面世。1997 年 Bell Labs 创造的最高记录是 206 个波，到 1999 年 11 月，Lucent 在贝尔实验室实现了超密集波分复用（UDWDM），可以在一根光纤中传送 1 022 个波道，波长间隔为 10 GHz。

波道数的增加一方面靠减少波道间隔，另一方面靠增加窗口宽度，如 Pirelli 的 128 波道系统是如下安排的：

1 529 ~ 1 536 nm	安排 16 个波道
1 541 ~ 1 562 nm	安排 48 个波道
1 575 ~ 1 602 nm	安排 64 个波道

最近加拿大 LMGR 公司宣布，该公司采用声控光波专利技术使单根光纤能够传输多达 65 536 个彼此分离的光信道，并进行演示。这将使 DWDM 系统的潜在容量比目前可商用的 160 波系统提高 400 倍。

4. 光通信都要为数据传输提供解决方案

NEC 在其 $N \times 2.5$ Gbit/s 的 DWDM 环中，可以连接其 IX7000

核心路由器（100C 背板容量）及 IX5000 边缘路由器（4 G 背板容量），而这些路由器均可提供 ATM，ISDN，POTS，VPN 和 VOIP 等接口。其 IP 的传送是先映射进 SDH，然后通过 WDM 实现的。组网能力为 5×25 dB。

NEC 提出了光子 IP 方案、STM ATM IP 方案。NEC 所提供的综合业务节点可实现 ATM STM IP 的混合，节点容量可达 2 Tbit/s。

Lucent 的 40×40 Gbit/s 系统，采用了具有拉曼增益的光线路放大器。其中可以传送 DVS（Digital Video Systems），这是 MPEG2 的编码信号，用 VC12 级联的方式映射到 SDH 帧中传送。

Lucent 的 OptiStar OC48 和 Optistar OC12 就是一种 IP 适配卡，可以直接插入服务器，这样服务器就可以直接连到光纤主干线路上了。而 OptiStar GE1000 则是全速千兆以太网接入的适配卡。

Nortel 的 OPTera PacketCore 及 OPTera Connect 也是为 IP 提供解决方案的。可以提供 10/100Base-T 和千兆以太网接口。还有 Versalar15000，Versalar 25000M，Passport 15000 等都是将光层和路由层综合在一起，能够处理多种协议，如 IP/MPLS，ATM，TDM 或专线等，容量可扩充至 100 Tbit/s 以上，系统可靠性在 99.999% 以上。

280. 什么是全光网？

从原理上讲，全光网就是通信网中直到端用户节点之间的信号通道仍然保持光的形式，即端到端的全光路，中间没有光电转换器。这样，网内光信号的流动就没有光电转换的障碍，信息传递过程无须面对电子器件速率难以提高的困难。

概念化的全光网如图 7.1 所示，全光网由全光内部部分（含

有波长路由功能的光交叉连接设备（OXC）和外部部分（一个通用网络控制部分）组成。内部全光网是透明的，能容纳多种业务格式，网络节点可以通过选择合适的波长进行透明的发送或从别人的节点处接收。通过对波长路由的 OXC 进行适当配置，透明光传输可以扩展到更大的距离。外部控制部分可实现网络的重构，使得波长和容量在整个网络内动态分配以满足通信量、业务和性能需求的变化，并提供一个生存性好、容错能力强的网络。

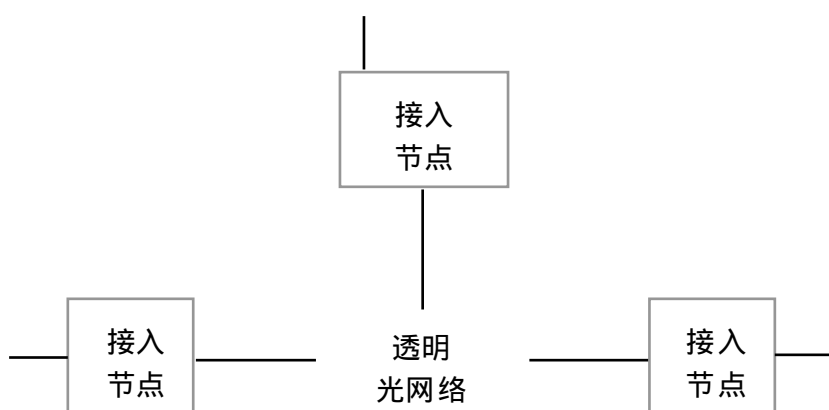


图 7.1 全光网络示意图

全网络的基本技术有全光交换、全光交叉连接、全光中继和光复用等。

“全光网”是光纤通信技术发展的最高阶段，也是理想阶段。实现透明的、具有高度生存性的全光通信网是宽带通信网未来发展目标。“全光网”的提出是一个重要概念，特别是对于我国这样一个幅员辽阔、具有庞大干线网的国家。“全光网”的建立将在干线网的交叉节点上引入光交叉连接（OXC）和光波长变换，从而形成端到端之间的“虚波长”通路，实现用户端到端的全光网络连接。这将使电路之间的调配和转接变得简单和方便。从发

展趋势看，形成一个真正的、以 WDM 技术及光交换技术为基础的光网络层，建立纯粹的“全光网”，消除光电转换的瓶颈已成为光通信发展的必然趋势，它完全符合“传送网”的分层化，在电路 DXC 和 ADM 之下提出了一层新的光网络层，简化了网络结构，提高了网络可靠性。并且与业务和承载信号无关，具有重要的现实和长远意义。

全光通信网是真正的宽带通信网，是通信网发展的目标。关于光的优越性，主要是光载波巨大的传输容量，人们利用光纤作为通信的传输媒介构成大容量光纤传输系统，这样，最终目标的实现首先从光纤传送网做起。即分两个阶段发展：

1. 全光传送网（用户—用户）

在中、长距离的点—点光纤传输系统中，发端用了电/光转换装置，使波长 $1.55\ \mu\text{m}$ 的光载波信号携带着数字信息沿单模光纤线路向前传播，经过一段距离，例如几十公里，只须加设光放大器（掺铒石英光纤放大器 EDFA），提高光信号功率，就可继续向前传播。经过若干个这样沿线加设的光放大器，可使光信号传播至很远距离，到了收端才由光/电和电/光转换装置变回电的数字信息信号，整条线路很长距离间不需要任何光/电和电/光转换，也就不需要再生中继器，没有电信号的处理和放大。这样的长距离传输完全利用光波沿光纤传播，称为发端与收端两地间点—点全光传输。既然每条点—点光纤线路已经能够实现全光传输，那么整个光纤通信网任一用户地点应该可以设法做到与任一其他用户地点实现全光传输，中间消除任何光/电或电/光转换。这样用户与用户全程实现全光传输，就组成全光传送网（AON）。这样由光传输发挥作用，是全光网发展的第一阶段。

现阶段的事实表明，全光通信网第一阶段的成功实现，主要依靠带有光放大的波分复用技术的光纤传输系统构成 WDM（链

路)网。网中除了使用光纤放大器(EDFA)以外,还有其他重要的光器件。特别像光波长路由器(Router)和光波长或频率转换器(Convertor)等光器件是必不可少的。

2. 完整的全光网(端—端的光传输、交换、处理等)

上述用户间全程光传送通信网,虽然实现已很不容易,但还不是最终目标,仍有许多研究工作需要继续进行。尤其是在上述阶段,有不少的信号处理、储存、计算、交换,以及多路复用/分接、进网/出网等作用,都是由电子完成的。而随着光子技术的发展,光信号处理、光计算、光开关、光交叉连接、光交换等等,都有可能由光子技术来实现。整个通信网将由光发挥传输以外的许多重要功能,完成端到端的光传输、交换、处理等,并使之具有更完善的整体作用,这就形成全光通信网发展的第二阶段,将是更完整的全光通信网。

无论如何,人们所期望的全光通信网,应包括本地的、全国长途的、甚至连通国际的宽带通信网。在原则上,它们应是容易扩大规模的(或称可收缩的scalable)。所谓扩大规模,是指地区范围从小到大,用户数从少至多,数据速率从中速至高速,都可以逐步扩大或增加。它们也应该是通用的(Universal)。所谓通用,是指各种不同业务和应用都能适应,例如点一点和点—多点通信,时分复用的各级数字群,各种不同接口,甚至少量模拟信号等等,全光网都能兼容。

全光网的透明性、可扩展性、可重构性等特点要靠器件来实现。同样,全光网的器件技术也还没有定型,尚处于探索、研究和验证之中。主要的全光网关键技术大致有:光交换器件、光时分复用、波分光交换、空分光交换、光ATM交换、光分插复用器等。

281. OTN 的进展情况如何？

在展览会上，许多厂商都展出了 OADM，OXC 等 OTN 的网元。

NEC 的 OADM 中的 16 个波长可以任选波长分插，可以构成双纤线路倒换自愈环和双向通道保护自愈环，通道倒换的时间为 50 ms。

Nortel 的 OXC 采用 Corning 的 40 波 100 GHz 波长选择开关，可有 512 个波长进出。还可以实现波长保护，采用的是聚合物波导开关，开关的菲特率为 100 Fit，开关执行时间 2 ms，总的光倒换时间为 20 ~ 50 ms。其光交换的容量是每个子框 2.8 Tbit/s，一个机架装两个子框可达 5.6 Tbit/s 容量，其内核仍是电的交换。与之相连的包交换设备的交换能力可达 19.2 Tbit/s。

Fujitsu 的 OADM 有 8 个端口，每个端口 16 个波，目前可经配置选择波长分插，2001 年可实现任选波长分插。其 OXC 设备采用一种 PI-LOSS 开关，即通道无关插入损耗（Path-Independent Insertion Loss）开关。输入端口可以为 32×10 Gbit/s。

ECI 的 OADM 可工作于 40 波的 DWDM 系统，可以分插 16 个波长。

Lucent 的 WaveStar OLS 400 Gbit/s 系统可以灵活地用于 40×10 Gbit/s 或 80×2.5 Gbit/s，也可以在 40 ~ 80 波之间 2.5 Gbit/s 与 10 Gbit/s 混用。它的光分插设备称为 WAD（Wavelength Addend Drop），在直通波道中无需光放大器。

Nortel 的 OADM 可以灵活地应用于不同的波道速率，其最大容量为： 160×10 Gbit/s，或 640×2.5 Gbit/s，或 $1\ 280 \times 1.25$ Gbit/s，或 $2\ 560 \times 622$ Mbit/s。当采用 FEC 时，误码率可低

于 1×10^{-15} 。

Siemens 也开发了 OADM 和 OXC。利用光开关支持光的 1 + 1 线路保护，用 OXC 的自由光保护机制对付多个故障的出现。

282. 什么是多协议波长标记交换？

IP 层与光层的融合及网络的演进结构，在网络的演进过程中，为了完成两层网络的有机结合，首先需要有一种统一的资源控制方法，所谓多协议波长标记交换 (MPLmS) 就是一种将多协议标记交换 (MPLS) 流量控制平面技术与光交换技术相结合的新思路。MPLmS 利用 IP 选路协议来发现拓扑，利用 MPLS 信令协议来实现波长通路的自动制配，为实时配置光波长通路提供了基本框架。

这种方法可以使业务层上的路由器、ATM 交换机或 ADM 动态地要求传送网提供所需的波长，实现统一的网络控制和快速业务供给，简化了 IP 层与光层的融合以及跨层的网络管理，通过跨层的流量控制改进了资源的利用率，降低了网络运行和业务拓展成本，消除了厂家专用的网络岛，有利于大规模网络敷设。IP 层与光层的融合展现了前所未有的前景。目前 MPLmS 支持两种基本网络结构，即重选模型和混合模型。尽管两者都是以 IP 为中心的控制结构，但在管理应用上有很大的不同，基本反映了计算机界和电信界的不同思路。

283. 什么是 IP 优化光网络？

近几年随着高性能激光器、光耦合器、掺铒放大器等技术的进步和光纤密集波分复用技术 (DWDM) 的成熟和商品化，在标

准单模光纤上可提供 $96 \times 2.5 \text{ Gbit/s}$ 传输能力，在出现通路负载能力不够时，只需将光纤两端的端接设备升级，即可大大提高传输能力。光纤传输技术的不断进步，为宽带城域网提供了一个具有高负载能力和高扩充性能的信息承载通路。

随着快速交换技术和交换机内部体系结构的发展，尤其是 ASIC 芯片的出现，交换机的背板带宽越来越大，数据交换的处理能力越来越强，端口密度越来越高，为宽带城域网的信息交换处理提供了高性能的硬件支持。

以 Intel 的 ES6000 系列千兆路由交换机为例，背板结构同时支持帧交换和信元交换两种，背板带宽可达 40 Gbit/s ，第三层路由速率为 45 Mbit/s ，同时支持 32 个千兆端口，96 个百兆端口，其多层交换模块将多层交换技术和第二层的多协议一体化技术相结合，为以太网、快速以太网、千兆以太网提供最低延迟的高性能多层交换。

将密集波分复用宽带传输能力与吉位（太位）路由交换机的交换、选路能力结合起来就形成了 IP 优化光网络。该网络满足以 IP 业务为主，对网络进行优化设计的需求，是宽带 IP 网的技术基础。这种系统在一个波长通道内是包统计复用，在光纤内是波分复用，在波长通道内和通道之间的包交换、选路转发则完全依靠电的路由交换机来实现。目前，这样的产品设备可以实现数十兆比特率的传输和交换速度，不久将可以达到 1 Tbit/s 以上的传输和交换速度。用 IP 优化光网络构成因特网骨干网与传统电信网相比，带宽可以有上百倍的增加，成本会降低到 10%，甚至 1%。因此，IP 优化光网络是宽带 IP 网的技术基础。

以前进行的全光交换网络的研究是以电路交换的概念为基础的，被设计与 SDH 时分复用系统配合工作。从发展看，人们今后可能会转向光标记交换研究，将波长通道之间的选路、交换由

光交换来完成，这样可以减轻交换机电路的负担，而 IP 优化光网络将会飞快地发展，成为电信骨干网的主流。

284. 如何理解发展宽带 IP 城域网已是当务之急？

近年来，广域宽带 IP 网技术有了重大突破，IP over DWDM 开始被商业运营系统采用。广域宽带 IP 骨干网带宽从数十吉位向数百吉位发展，不久将达到太位的水平。在宽带 IP 接入网方面，ADSL 和 HFC 电缆调制解调器技术已经成熟进入商业应用推广阶段。近年来，光缆到小区、到大楼 10/100 Mbit/s 以太网入户的接入系统异军突起，成为宽带接入的新趋势。这就对发展宽带 IP 城域网产生了强烈的需求。

传统电信城域网采用 SDH 系统，以 TDM 方式提供专线来构成城域网。这种系统成本高、带宽有限、建设周期长，远不能满足新一代宽带城域网的要求。对新一代宽带城域网的要求可以概括成以下几个方面：

- (1) 扩展性。带宽可以扩展至几十、几百吉比特每秒乃至太比特每秒以上。
- (2) 节点多。可以有多达几百个节点。
- (3) 低成本。低建设成本和运营成本。
- (4) 支持新一代基于 IP 的业务。支持各种物理接口、QoS (服务质量)、SLA、监视和计费系统。
- (5) 支持传统的话音和数据业务。
- (6) 强大和便于使用的网络管理系统。
- (7) 健壮性。提出 99.999% 的工作时间、硬件冗余、光缆环故障保护自愈能力。

285. 什么是光互连网络模型？

光互连网络的协议模型如图 7.2 所示，它包括客户层（IP 层）协议、IP 适配协议、光通路协议以及 WDM 光复用段、WDM 光传输段等。客户层协议包括 Ipv4，Ipv6 等协议；IP 适配层协议用于 IP 多协议封装、分组定界、差错检测以及 QoS 控制等功能，光通路协议包括数字客户适配和带宽管理（比特率和数字格式透明）、连接性证实等功能；光复用段功能包括带宽复用、线路故障分段和保护切换以及其他传送网维护功能；光传输段功能包括高速传输（色散补偿）、光放大器故障分段等功能。



图 7.2 光互连网络的协议模型

286. 为什么在光网上直接架构吉位以太网正在成为城域网主流？

IP 技术、千兆以太网交换和多层交换技术的不断发展，结合光纤传输技术的进步，在城域网络设计的观念上带来了一个全新的变革，采用具有多层交换能力的多功能千兆交换机为骨干，千兆交换机或百兆交换机为主体，以 IP 协议为信息承载协议，构造一个城域宽带 IP 光纤网已经成为一种高性能、低成本、极

具发展前景的网络建设方案。

目前的发展趋势是将以太网与 DWDM 技术结合，在光缆网上架构成宽带 IP 城域网。现在采用千兆以太网，很快将采用万兆位以太网。

DWDM 技术在广域网应用获得巨大成功成为主流，但是不能简单地将广域网 DWDM 方案用于城域网。DWDM 系统中相邻波长间隔仅 0.8 nm (100 GHz) 或更低，对激光器的频率精确性、单色性和滤波器要求很高，价格昂贵。由于广域网传输距离很长，中间要用很多个放大器，DWDM 系统中多个波长通道共用光纤和放大器，在广域网上仍然可以大幅度降低成本。而在城域网中，由于距离短（一般小于 100 km），不需要使用放大器，增加一根光纤成本也不高，简单采用与广域网相同的 DWDM 设备不一定合算。因此，解决方法是采用稀疏波分复用（CWDM）技术。使用 1 200 ~ 1700 nm 的宽窗口，对激光器和滤波器的要求可以大大降低，这样可以大幅度降低成本。另外一个趋势是将 WDM 光传输设备和路由交换机结合在一起，路由交换机端口直接驱动光传输设备。

最简单的情况是，一根光纤只传输一路数据时，在裸光纤上直接运行吉位以太网。如果需要传输多路数据，可采用波分复用系统，根据需要逐步增加波长通道。

在节点上的路由交换机连接各个波长通道，既负责选路交换又起分出/插入的作用。这种分/插作用不仅可以对波长，也可以对任务、对数据流甚至对数据包起作用。

用吉位以太网在光网上直接架构宽带 IP 城域网满足新一代城域网的要求必须解决以下问题：

- (1) 根据服务水平协议（SLA）保证 QoS，分配带宽；
- (2) 提供基于 TDM 的传统电信业务，如租用专线等；

(3) 当它用作接入网集中器时，需要解决同一楼内局域网不同用户之间互相隔离的问题和每个用户多业务流的分别管理（提供不同的 QoS）和计费问题，以及以组播方式提供视频广播，不对称的服务方式等问题；

(4) 光缆环路被切断时的保护和自愈恢复。

目前 L2/ L3 一体化的吉位以太网路由交换机的背板容量已经达到几百吉比特每秒，数据包通过量达每秒 1 亿个以上。它可以以线速进行第三层 IP/ IPX 路由和第二层无阻塞交换；支持冗余端口、生成树、多选择路由和冗余路由器协议，增加系统可靠性；还可以提供上百个 1000 Base-X 端口；提供带宽管理、优先权和基于策略的 QoS；可以方便地通过 HTTP，SNMP，RMON，本地和远程的 CLI 进行灵活管理。有的设备还可以支持数千个 IEEE 802.1Q VLANs，并且兼容 IEEE 802.1ad 的链路聚合技术。它可以将多个吉位以太网端口结合成一条干线，在各端口之间进行负载均衡。

对于以太网城域网而言，最困难的是如何在无连接的 IP 网上提供端到端的连接，仿真 TDM 电路。一些公司（如 Extreme）的产品已经开始可以提供 IP TDM 业务。核心网的 VMAN 和接入网的 VLAN 配合，可以以固定延时传输语音和视频，为公共电话网提供等效 E1 的 IP TDM 通道，但是这还不是真正的 TDM 通道。而 RAD 公司利用 TDM over IP，在 IP 网上建立透明的 T1/ E1 电路。其方法是：在数据包中插入同步比特流，加上 IP 包头送入 IP 网传输。数据包通过 IP 网转发到终点后，在终点重建同步钟，除去包头，提供同步的比特流。当然，IP 网必须对传输的数据流给以 QoS 保证。用户接口基于标准租用专线（T1，E1），不分帧或分帧/ 通道化，对协议透明，可以是任何数据（BSC，FR 等）、任何话音（PCM，ADPCM 等）、任何信令（PRI，SS7 等）。

网络接口是低成本的 10/ 100 Base T 以太网。可以配置 QoS 选项：VLAN 用于第二层优先级（802.1D），ToS 用于 IP 层优先级确定，UDP 口用于第四层优先级补偿包延时变化。这种系统具有外部的 / 自适应时钟再生，处理延时很小（小于 1 ms），可扩展，有冗余备份和管理及诊断功能。其系列产品，单机最多可以提供 16 个 E1 端口，TDM 有效负荷 48 ~ 384 字节。采用这种设备可以在 IP 网上提供 TDM E1 专线，比 SDH 网提供的 E1 和 ATM 都要便宜。

以太网城域网不使用 SDH 设备，当光缆环路被切断时如何能够像 SDH 一样在 50 ms 内完成自愈恢复是需要解决的问题。目前在网络的第一层到第三层均有解决方案。DWDM 系统用光交换可以在光路上在 50 ms 内完成自愈恢复。第二层的弹性分组环 RPR 可以像 SDH 一样快速进行自愈恢复，而又能利用环路备份部分传输数据。而最新的路由交换机则可以在第三层完成环网或网状网出现故障时进行快速自愈恢复。一种方法是事先计算好各种可能出现故障时的恢复路径的路由表，一旦发现故障可快速转换到备份路径；另外一种方法是利用 MPLS 来实现自愈恢复。这两种方法都可以在 50 ms 内完成自愈恢复。

新一代吉位路由交换机支持热插拔模块和元件，有双系统软件和双系统配置，可达到电信级的可靠性；具有灵活管理能力，可以方便地从本地或远程通过浏览器、用 SNMP 和 RMON 命令行进行灵活的管理。

287. 什么是弹性分组环多业务供应平台？

发达国家，基于 SDH TDM，ATM，FR 等的传统数据业务仍然有很大业务量，是电信业数据业务的主要收入来源。许多新兴运营商在开拓基于 IP 的新业务的同时，为了增加收入也开始参

与传统数据业务的竞争。在新一代信息网络中，IP 网成为基础网。一方面，各种业务在转向基于 Web，在互连网进行，这就是所谓的“Everything on IP”；另外一方面，在 IP 网上提供 TDM 电路，ATM，FR 等，以支持传统业务，这就是所谓的“Everything over IP”。因此有一种观点认为，在发展基于 IP 的城域网平台时，应该能够支持多种协议，最好能够提供透明的端到端的连接，这种平台被称为多业务供应平台 (Multiple Service Provisioning Platform, MSSP)。

这种方案融合吉位以太网、DWDM 和 SDH 的优点，发展一种被称为弹性分组环 (Resilient Packet Ring) 的新结构。在环形网上传输 IP 数据包，原 SDH 环的两侧既可以传输数据，又可以发挥自愈恢复环的功能，大大提高了利用效率。目前 IEEE 正在准备成立 802.17 工作组，IETF 正在准备成立 IPoPTR 组来发展这一技术，并制定相应的标准。多数专家建议采用万兆以太网帧格式，万兆以太网标准的初稿已经发表，2001 年将有首批产品面世。目前采用环形网的第二层包传输概念的产品有：Cisco 的 DPT，Nortel 的 interWAN 和 Luminous 的 Packetwave。

这里重点介绍 Packetwave，因为它采用万兆以太网，与未来的万兆以太网的 RPR 较接近。Packetwave 采用 $N \times$ 万兆以太网物理层，附加健壮服务机制，如性能监视、网络同步、控制包等，用以太网的成本提供 SDH 级的传输健壮性。

在分组网上进行电路仿真，将分层的时钟分配到各个节点上，运行同步分组环协议。即插即用第二层转发，所有流量在第二层复用，结构环的双向被完全利用。转发和复用时间小于 50 ms，保护交换不需要任何类似 SDH 的“缠绕包装”。以第二层 VLAN 和第三层 DiffServ 通过端到端的 QoS。LMS 网络管理系统提供 FCAPS 全方位管理，包括故障 (Fault)、配置 (Configuration)、

计费 (Accounting)、性能 (Performance)、安全 (Security) 管理, 具有 T1/ E1, S3/ E3, OC-3, OC-12PoS, 10/ 100BT, 万兆以太网等多种端口支持多种业务。

288. 有哪几种常见的提供多业务的方案 ?

传统城域网在支持 IP 业务时是在 SDH 网上, 通过分/ 插复用、交叉互连提供专线连接位于网络边缘的路由器。由于其存在成本高、供应准备周期长、不灵活、容量有限、效率低等问题, 造成了发展的瓶颈。前述的以太网和 RPR 方案是在核心网上直接架设 IP 网。另外一种思路是, 继续保持在核心网上提供第二层连接, 而将路由器放在边缘的结构, 同时设法消除 SDH 的缺点而保持其优点。

一种方案是采用 DWDM 系统, 用波长路由器 (Lambda Router) 或光交换机提供波长之间的交换 (交叉互连) 构成多业务光服务平台。这种平台可以提供透明的端到端的光波长通道, 传输任意协议和速率的数据流。它可以快速布设供应所需业务, 甚至可以动态改变。但是它只能对波长通道进行分/ 插, 一个低速率的业务流也要占用一个波长通道, 导致系统资源利用率低、成本高。当 DWDM 系统能支持上千个波长通道, 节点交换容量达太比特每秒以上, 电路由器不能支持时, 光交换机会在核心网上发挥重要作用。而当进一步发展出全光路由器时, 光核心网将仍然是 IP 网。

第二种方案是将不同协议的数据流集合在一个波长通道 (或裸光纤) 中, 不使用 SDH 的 TDM 方法, 而是以 SDH 分帧格式统计复用在光通道中传输。TDM, ATM, FR, FE, GE 等各种数据流可以保持其原来的协议, 而不必转换成公共格式, 也不必分装

到 TDM 时槽中。每种业务流带有 QoS 级标记，在传输过程中按其 QoS 级别给予 QoS 保证。对于 FE 和 GE 甚至可以以端口速率的分数提供传输带宽。采用交换矩阵可以在任意节点对任意波长或某一波长通道中的某一业务进行分出/插入。这种方法的优点是多种业务可以复用到一个波长通道中，使之保持满负荷，充分发挥作用，而又可以方便地分出/插入，从而使运营商能够快速甚至动态布设供应新业务。由于只使用 SDH 帧格式，而不使用 SDH 设备，因此可以降低成本，但仍然拥有类似 SDH 的自愈恢复能力和监控管理功能。例如 UPSR 1 + 1 保护，自愈恢复时间不超过 50 ms。这种方案的典型产品是 Alidian 的 OSN 系列。

第三种方法是继续保留改进的 SDH TDM 传输设备，同时增加 IP 传输能力。在一个端口内同时支持 TDM 和 IP 业务，输入数据属于 TDM 的则经过数字交叉互连接传输，属于 IP 的则进行 IP 数据包的转发。这种方案的典型产品是 Redback 的 SmartEdge。SmartEdge 800 是一个多业务光纤服务网络平台，它在一个平台上能够同时提供从传统的 TDM 方式到新的基于数据包和 IP 的数据传输方式。它的主要特点是：结合了高密度的 SONET/SDH 和 DWDM、视频流、第二层传输以及向 IP 业务平稳过渡的路径，其具有全面数据功能的结构可支持目前基于 TDM 技术的服务以及未来的数据和网络业务。客户化的 ASIC 使每一个机架有更大的端口密度，大大降低了 SONET/SDH 的营业成本。多环结构大幅度减少传统网络设备所需的外部布线及人工。综合设备管理软件可以简化线路分配及管理，提高服务速度。这种系统的优点是：SDH 功能使其从成本、占用空间、业务供应速度等各方面均优于一般的 SDH 设备，而它又能同时支持 IP 业务，起路由器的作用；支持 BGP-4 和 MPLS，并且可以方便地将输出复用到 SDH 通道中；在 TDM 通道上可以传输 ATM，FR，支持多业务。这种

设备适合传统运营商用来发挥其已有的 SDH 网络资源扩展 IP 业务。

宽带城域网的发展由于其应用的复杂性，出现了多样性的局面。在光缆网上直接架构千兆以太网（将来是万兆以太网）宽带 IP 城域网正在成为主流。弹性分组环 RPR 将发展成新标准。这些将为竞争性的运营商广泛采用，而从 SDH 演化的多业务平台将更多地为传统运营商用作向 IP 业务过渡的工具。原有的基于 ATM 的多业务平台将逐渐退出这一领域。对于太位以上的宽带城域核心网，将采用由 DWDM 和光交换机（波长路由器）构成的光多业务平台。运营商建设宽带城域网采用何种方案和设备取决于其市场定位、服务对象要求其所拥有的资源情况，应进行综合分析，并做出选择。

在基础电信业务之上，又有一层电信增值业务，这就包括了互连网业务。但这层可分为两块：ISP（Internet Service Provider）和 ICP（Internet Content Provider）——前者是指网络服务提供者，后者是指网络内容提供者。两者互相联系，缺一不可。这里的情况确实比较复杂。如果是孤立的 ICP，比如一个电子图书馆本身，并不属于电信服务业。但它需要接入某个 ISP，从而通过网络为社会提供服务，这就与电信服务有关系了。至于图书库的内容，哪些能公开，哪些不能公开，外商投资所占的比例，应当由其对应的主管部门根据国家政策去掌握。

289. 什么是电信级 IP 网？

电信级（Carrier-class）IP 网要采用符合电信质量标准和规范的设备，要按照电信工程标准和规范进行设计和施工，要按照电信网管标准和规范进行网络及设备的管理，要按照电信业务规范

和标准进行业务管理和配置，要按照电信业务经营模式和标准进行业务经营……，即按照电信工业在过去几十年中在服务领域所制定、所达到的那样一套成熟、稳定和完善的工程标准及规范、规范化、建设 IP 网，从根本上满足高可靠性高可用性、能承受大容量、高速发展和高性能的要求，而不再是目前“头痛医头，脚痛医脚”的现状，IP 网的建设也不再是简单地扩扩容、增加几个路由器的问題。

所有这一切都说明电信级 IP 网的高度专业化和高度复杂化，同时也说明电信级 IP 网的建设并非是一般的集成商所能够轻易胜任的。它要求的是新一代电信级 IP 专业集成商，是具有丰富的 IP 网络集成经验的专业集成商，是对 IP 技术发展极度敏锐、IP 市场发展准确把握的集成商，是能更快抓住发展趋势、能及时提供新解决方案的新一代的电信级 IP 专业集成商。

从建 IP 网之日起，电信部门一直在梦寐以求一个电信级的 IP 网，可以稳定可靠地运行，可以像话音网那样承受巨大容量，像话音网那样易于扩展、易于管理、易于经营，但由于 IP 技术存在的先天不足，这一领域工业标准和规范的迟迟未决和领域日新月异的高速变化，使得建立电信级 IP 网的这一愿望一次次地落空。

而今天，IP 市场已完成了从量变到质变的飞跃。无论是像 Cisco, 3COM 这些非电信业余选手的不断“电信专业化”，还是像朗讯、北方电讯、爱立信这些专业电信选手的纷纷加入。我们无疑会看到在 IP 产品市场上将出现专门针对电信部门的电信级质量的产品和解决方案。同时，伴随着这些技术高度先进、实现方案高度复杂的产品，脱颖而出的将是一代积累了丰富电信工程经验、按电信标准和规范进行设计、施工、管理的电信级 IP 集成商。

290. 什么是呼叫中心？

呼叫中心（Call-Center）是以高科技电脑电话集成系统为基础，通过专业培训的顾客服务人员，以有效率的服务流程来实现顾客关系管理，来加强公司在市场上竞争力的重要的战略工具。

通过这一工具，我们可以同顾客进行直接的沟通，在把产品和服务的信息推广给顾客的同时，我们可以在第一时间得到顾客的反馈；因为有技术的支持，我们可以提供个人化的服务来增强顾客的忠诚度；这一切将使我们始终在市场上保持不败，同时也将每一个顾客的价值发掘到最大。

很多公司都有自己的顾客服务热线或顾客服务中心，很多是由1个记录本，2~3个服务人员，4条直线电话来开始顾客服务的。

严格讲来，这不能算是呼叫中心，一般的呼叫中心方案包含一个交换机和ACD系统，一个CTI服务器，3~50个服务代表以上的座席中包括服务代表所用的电脑终端，电话机（CALL-MASTER），耳机，另外还有电话管理系统（CMS），数据库和语音交互系统（IVR）。

随着技术的发展，现在还出现了网络呼叫中心（Web-Enable-Call-Center），它更向多媒体的呼叫中心发展。

291. CTI 技术内容有哪些？

CTI（Computer Telephony Integration）技术内容十分广泛，如今已得到广泛应用的技术和内容有：呼叫中心（客户服务中心）、语音邮件、IP电话和IP传真、电子商务、客户关系管理（CRM）

与服务系统、自动语音应答系统、自动语音信箱、自动录音服务、基于 IP 的语音、数据、视频的 CTI 系统、综合语音、数据服务系统；自然语音识别 CTI 系统、有线、无线计费系统、专家咨询信息服务系统、寻呼服务、故障服务、秘书服务；多媒体综合信息服务。另外还有一些专业服务系统，即特别服务号，这些系统为政府、企业、公司和广大用户提供了良好的服务且受到广泛的欢迎。如 160 人工信息服务系统、168 自动信息服务系统、166 语音信息系统、被各行各业广泛应用的计费系统和缴费系统，还有如 112，114，119，121 等信息查询和集团电话等服务系统。

292. 什么是多媒体呼叫中心？

多媒体呼叫中心（Call Center）技术（有的称客户服务中心），是计算机电话集成技术（Computer Telephony Integration, CTI）的典型应用。20 世纪 90 年代欧美一些国家已在银行、医院、商贸中心、大规模生产商等机构内大规模应用。该技术集语音技术、呼叫处理、计算机网络、数据库技术于一体，以电话接入为主，为用户提供各种电话响应服务，具有 E-mail, Web, Audio, Video 等多种电子信息的灵活处理能力，通过 Internet 的实时交互功能、媒体灵活选择性提高中心与客户间的协作。

据 IDG 调查显示，呼叫中心将是 21 世纪初最具市场前景的技术之一，针对呼叫中心技术方面的费用正以每年 40% ~ 80% 的速度增长，其应用涉及呼叫中心办公系统、呼叫中心电话系统、声音交互应答系统、CTI 系统以及基于数据库的数据应用系统等。因此，呼叫中心技术实际上是一个巨大的商业挑战，也是一个非常好的商业机遇。

有关呼叫中心的定义，现在有太多的版本。人们从各自不同的角度，通过对它的认识程度和切身感受，结合技术的不断发展变化给予了呼叫中心很多的定义。有时让身处这一领域的人都感到无所适从。但是无论怎样定义，呼叫中心在以客户为中心的今天，将为企业带来无可估量的效益和价值，最终赢得丰厚的利润，推动整个社会的进步。

293. 呼叫中心发展趋势是什么？

呼叫中心在中国的发展还处于起步阶段，但是由于电信技术和计算机技术是目前最具活力的两个技术领域，呼叫中心却融合了这两大技术领域。所以每个领域内出现的新技术，都会直接推动着呼叫中心技术的发展。当新技术如 IP，WAP，ASR（Automatic Speech Recognition，自动语言识别），TTS（Text To Speech，文本转语音）和 DW（Data Warehouse，数据仓库）等出现时，就很快地和呼叫中心融合，使得呼叫中心的性能、结构和应用不断更新。由此我们可以看到呼叫中心将来的发展趋势。

1. 语音技术与互连网呼叫中心的融合

目前自动语言识别（ASR）技术进步很快，它的一个研究分支叫文字转换成语音（TTS），这些转换在国外已有不少公司做出了成果。因为这将开辟一个广阔的、全新的市场，尽管目前这些技术还没有成熟，却预示了一个十分光明的前景，如电子邮件语音识别、虚拟主持人、声纹密码识别、语音浏览互连网等等。

2. WAP 与互连网呼叫中心的融合

为了实现移动手机（终端）能访问 Internet，WAP 应运而生。WAP 协议提供了一种途径，使得用户通过 WAP 终端，可以移动访问呼叫中心的互连网站，读取其内容及数据，并使主要的信息

内容可在有限的手机屏幕上全部显示出来。这种访问方式，可以十分容易地与呼叫中心进行结合，把呼叫中心用户扩大到具有WAP手机的移动用户群，他们成为呼叫中心新的用户，方便用户找寻各种信息。

3. DW 技术与互连网呼叫中心的融合

DW (Data Warehouse——数据仓库) 是近年来发展起来的、一种新的用于决策系统的技术，在国外很多规模较大的呼叫中心都引入了这一技术。大量的数据通过数据仓库 (DW) 作出记录、统计、分析，领导者不断根据所获得的结果作出决策，改善服务，改善经营，使呼叫中心服务质量和利润双双上升。当然，由于资金有限、规模不大，要在互连网呼叫 centers 上附上一个庞大的 DW 是不合适的，但是可以采用用户数据库、市场信息库等方法，并编写一定的软件，对所获得的资料定期作出统计分析，供企业领导作出决策，以弥补投资不足。

第八部分 城域网建设实例

一、城域网建设实例（运营商）

对于城域网的建设、运营商、制造商究竟是怎么想的呢？

294. 上海的 ATM 城域主干网

2000年12月4日，上海信息港主体工程七个子项目之一——上海电信宽带网改造工程竣工，宣告上海已建成世界上最大的 ATM 城域主干网。该城域网具有 8 个核心节点、90 个边缘节点，核心节点交换容量达 40 Gbit/s。

上海 ATM 城域骨干网的建设完成，将一年来如火如荼的中国城域网发展推向了高潮。

2000 年以来，北京、上海、宁波、深圳、青岛、大连等地都先后启动了宽带城域网络的规划和建设，其中北京、宁波等城市已经开始提供宽带接入服务。

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。不仅是在中国，在北美和欧洲宽带城域网的建设也达到了前所未有的热度。MFN, Congent, Yipes 等新一代网络运营商利用大量的“黑光缆”（Dark Fibre），开始在各大市场构建带宽 IP 城域网，提供低廉的高速 IP 接入服务，参与电信市场

竞争。

295. 中国网通上海宽带 IP 城域网

作为上海信息港主体工程的七个子项目之一，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 74 卷大百科全书。

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，不仅网民获益匪浅，机关、学校、银行、网络运营商等企事业单位，也可以享受到带宽批发、高速因特网接入、主机托管、虚拟专网、IP 传真、一点对多点传真、语音和电视会议、远程教学、远程医疗、智能电子商务、网上交易、网上娱乐等各种高速接入和信息服务。

中国网通由中国科学院、国家广播电影电视总局、铁道部和上海市 4 家单位于 1999 年 8 月发起成立，主要从事新一代电信基础设施建设和提供全方位宽带网络电信服务。中国网通建设并运营的中国网通公用互连网是我国第一个 IP/DWDM 全光纤 IP 骨干网。2000 年 10 月，该公用互连网完成一期工程，敷设光纤 8 490 km，连接我国东南部 17 个主要城市。除了上海，中国网通还将在北京、广州、深圳建设宽带 IP 城域网。

296. 新乡有线台宽带多媒体城域网络的建设

根据新乡市的具体情况：东西方 8 km，南北方 7 km，考虑到利用多模光纤通信距离不要超过 2 km，因而骨干网分为市区和县区两部分。市区由 2 个核心节点和 7 个骨干节点组成。其中，广电中心及市政府节点作为核心节点，核心节点间采用 622 Mbit/s 的 POS 连接。北干道、开发区、供电局、解放南桥、维修西站、河师大、医学院等 7 个市内节点，通过 155 Mbit/s 的 POS 分别与两个核心节点相连并组成环状；县区部分：北站区、延津、封丘县、卫辉市、辉县市、原阳县、长垣县、获嘉县、新乡县共 9 个县采用星型结构，通过 155 Mbit/s 的 POS 与广电中心相连。

1. 网络设计的指导思想

作为视频、语音、数据合一的骨干网，新乡有线台宽带多媒体网络的建设，遵循了以下原则：

(1) 可靠的网络

作为全市的 CATV 的骨干网，应提供 95% 以上的可用性服务。这就要求对于此网络的建设应充分考虑到其设备的可靠性，以及网络设计的冗余性，尤其在未来扩展方面，新乡有线电视台的目标是发展成为一个服务提供者。能否吸引用户高性能网络，是在竞争中取得优势的关键。因此对于此次网络建设，应充分体现高性能优势。

(2) 可扩展网络

作为目前的网络建设，不仅要着眼于现在，而且要放眼未来。因此初期信息网络的建设，不能仅满足现在的需求，而且应具有随着技术的发展而发展的能力。这包括设备对于新技术的支持及网络延展能力。

(3) 灵活的网络

作为新乡有线电视台的骨干网，应针对各种用户提供各种接入方式，如 DDN 专线，Cable-Modem，10M/100 Mbit/s 以太网，ATM，Frame Relay 等。

(4) 安全的网络

作为新乡有线电视台的骨干网，应保证 CATV 信息的安全传输，根据不同用户的不同需求为其采取相应的安全措施。

2. 关键技术方案选型

IP over SDH，IP over DWDM 技术的发展，使得 IP 技术受到前所未有的瞩目。IP 技术中的薄弱环节，如 CoS，QoS 等，正在或已经得到解决。它的普及与推广速度如此之快，以至于众多电信厂商如 Nortel，Nokia，Motorola，Alcatel 等，均不约而同地将 IP 定位为今后的主要发展方向。

据 Boland 估计，在目前混合业务量中，ATM 占 95%，IP 仅占 5%，但是，2~3 年后 ATM 和 IP 将平分天下，而 5 年后采用 IP 的业务将达到 90%，采用 ATM 的业务将只占 10%。与 IP 技术相比，ATM 的价格始终较高，无法在桌面上普及，同时，其协议间的转换及打包浪费了大量的字节，占用过多 CPU 空间。ATM 信元 53 个字节中就有 5 个管理字节，占到近 10%，这是极大的浪费。选用 IP 接入技术，则可以有效解决上述问题。

经试验证明，Cisco GSR12000 的传输效率高于同水平的 ATM 交换机，而基于全网的 IP 传输，则效率更加明显。以 COS，WFQ，RED，WRED，CAR，Cisco IOS 等技术为基础，以宽带及方便的可扩展性为保证的 IP 网络，将能够提供与 ATM 相媲美的服务质量。在网络管理上，ATM 大量的 SVC 和 PVC 需要相当大的工作量去建立和维护，对人员和技术均提出了较高的要求，而 IP 网络的管理则减少了这些繁琐的业务。

3. 方案特点

新乡有线电视台数据通讯网连接河南省网络中心 SDH 环网，并通过卫星通道连接 Internet 国际和国内通道。数据通讯网总体结构为三层体系。其中核心交换机肩负主干数据流的交换任务，要求吉位以上的背板容量，快速路由设计，良好的流量管理，最重要的是电信级的冗余设计。Cisco 的 GSR12008 完全符合以上技术要求。GSR12000 的千兆位交换路由器基于线速路由技术提供 5 ~ 60 Gbit/s 交换容量，不仅具有可扩展的带宽，可扩展的性能，可升级的服务，而且基于电信级的设计，提供电信级的可用性。

系统的所有关键部件都具备冗余性，可在故障发生时将系统崩溃的可能性降到最小；

热插拨能力确保在增加、移动或更换部件时，服务不受影响；

交换结构冗余，可在不发生数据和用户会话损失的情况下，转换到备份结构；

APS 将 SONET/ SDH 的恢复能力扩展到 GSR12000 系列路由器；

符合 NEBS/ 欧洲电信标准协会 (ETSI) 的要求，确保适应 Telco/ 中央办公室环境。

GSR12000 以它最佳的性价比在国内得到广泛应用。

中心交换机作为二级网络设备要求分担网络交换任务，并提供各种类型网络的网间网互连功能。考虑到本地市场的具体情况，因此最后选用灵活多变并具有较高性价比的 Cisco7206 作为二级网络设备。

在确定边缘交换层设备时，考虑到不同用户的不同需要及业务的零耗费转移，我们将根据业务开展的实际情况在后期开展建设。但作为 IP 交换网络，IP 接入方式具有无可比拟的优势，并

已经占据了大部分市场，所以配置了一批 Cisco2916 交换机提供初期服务。

4. 用户背景

1999 年国家广电总局、河南省广电厅根据信息产业的发展形势，提出了有线电视进军数据领域的发展方针。河南省广电厅要求省内各有线台根据技术规范积极组网，并配合省 SDH 网，在 2000 年 7 月底以前实现全省数据业务的全面开通。新乡市市委、市政府对新乡有线电视宽带业务网的建设给予了大力支持，肯定了有线电视台的发展方向，加速了有线宽带综合业务网的建设步伐，将有线数据网的建设列为新乡市广电局的重点工程，选择了威发系统公司所做的方案进行了项目的建设。

5. 专家点评

通信技术与计算机技术、图像技术的日益融合，是当今信息时代的显著标志，尤其进入 20 世纪 90 年代以来，我国的有线电视事业得到了前所未有的发展，并建立了良好的用户基础。近些年各有线电视台在 HFC 网络改造的过程中，线路上富余了大量的架空和光纤。1998 年 3 月，Cable Modem 的 MCNS 标准协议的通过，克服了用户接入的最后一个障碍，为信息高速公路建设的“最后一公里”提供了一种最现实可行而且低廉便捷的解决方案。如何利用有线电视行业的这些优势，推动国家信息化建设，将是今后有线电视行业的主要任务。新乡城域信息网建设给我们提供了一些指导。

6. 高整体性能是网络的根本

随着网络技术的发展，网络技术不断更新，网络应用不断增多，这就要求整个网络有一个好的整体性能。因为今天任何用户需要的都是一个完整的解决方案，单个设备的先进是无法支撑整个网络的。这一点，在新乡城域信息网建设中就得到了很好的

体现。

新乡城域信息网数据通讯网连接河南省网络中心 SDH 环网，并通过卫星通道连接 Internet 国际和国内通道。数据通讯网总体结构为三层体系，统一采用了 Cisco 的联网设备，因此 Cisco 的 IOS（网际网操作系统）软件就发挥出强大的整体性能优势。IOS 目前已经成为业界事实的标准，它保证了 Cisco 的联网设备界面统一，具有良好的可连接性、安全性、可管理性、可扩展性，从而满足了企业级用户端到端联网的需求。该项技术提供了网络扩展性、模块化结构和移植性，以及多媒体、安全性、网络管理、拨号和 Internet 应用等多种内嵌功能。IOS 技术包含了 15 000 种特性，它以一致的线索把各种不同的硬件连接起来，构成有效、无缝的信息系统，更有利于新应用的部署。

7. 注重技术发展，尽可能采用先进技术

Internet 的兴起，强烈刺激了计算机网络的发展。新技术、新方法、新标准不断推出，成为计算机业发展的一个新的焦点。要想跟上时代的步伐，满足客户新的需求，必须尽可能地采用业界最新的技术。IP over SDH，IP over DWDM 技术的发展，使得 IP 技术受到前所未有的瞩目。IP 技术中的薄弱环节，如 CoS 和 QoS 等，正在或已经得到解决。它的普及与推广速度如此之快，正是基于方便的可扩展性、投资的充分保护、高服务质量、高带宽、简单的网络管理，也正是基于此，使新乡台最终选择了 IP 方案。

综上所述，新乡城域信息网网络的可靠性、安全性等特性是显而易见的，但更重要的是它的网络整体性能好，符合用户的需要。对于网络建设者而言，这要比网络中的某一项技术或某一种产品特别先进更为关键，因为网络本身就是一个综合的、整体的信息系统。另外，该网络建设注重技术的发展趋势，适应未来的不断增长的应用需要。

297. 大庆广电城域网

大庆广电宽带综合业务骨干网包括物理传输平台 SDH、数据网络平台、业务管理与应用等全面解决方案。下面将分别给予简单说明。

1. 本网络特点

- (1) 国内第一次推出 IP + SDH 的组网方式；
- (2) 国内第一次应用有线电视宽带数据网络综合管理系统 (ComCIS) 作为整个宽带数据城域网的管理平台；
- (3) 首次体现了中兴的 SDH、会议电视、视频编解码设备 (MPEG-II) 整体数据网络解决方案的完美组合。

2. 大庆市城域网结构设计

根据大庆市城域网络建设规划及光纤线路分配的情况，我们建议该有线电视网络的基本模式是：IP + SDH，见图 8.1。

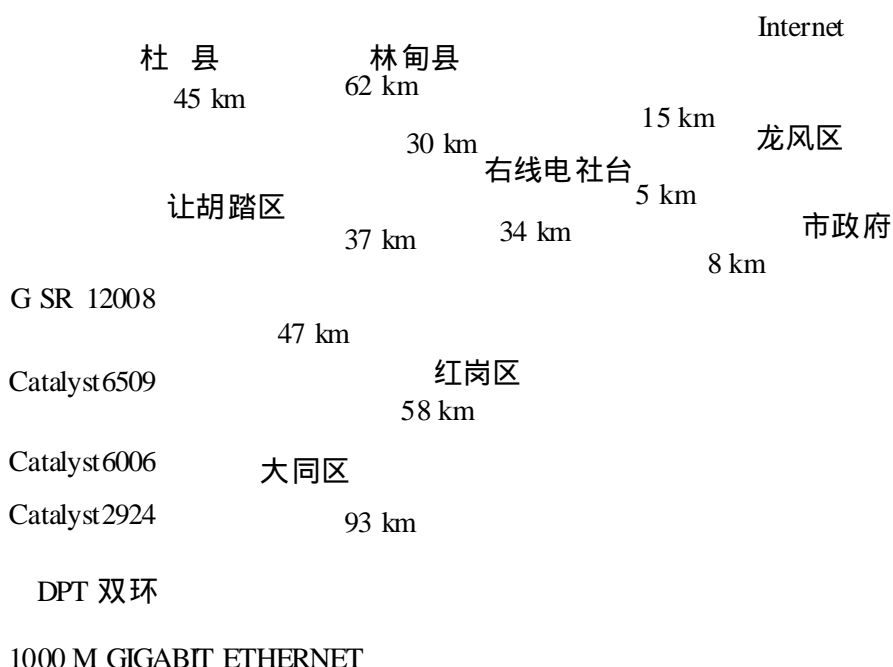


图 8.1 IP + SDH 光传输系统组网示意图

全网包括大庆市共计 10 个站点，分为两层结构：核心层由三个节点组成环形，接入层采用星形或树形结构相连接。主干环采用 Cisco 公司的动态传输（DPT）技术，其他接入层采用千兆以太网技术。全网应用中兴通讯生产的 SDH、MPEG-、会议电视等设备，使整个网络上传输高质量的信号。网络主要设备为 Cisco 公司提供的。

3. 大庆网络策划实施方案

在网络工程实施建设过程中，遵循使网络的建设由点到面，从城区到城市再到省级的分步实施策略。提供用户管理、视音频应用（会议电视、VOD、MPEGII 等）、网上增值服务等业务，通过多次的扩容充分达到以网养网的目的。

298. 青岛电信宽带 IP 网

青岛电信宽带 IP 网于 1999 年中建成，已经覆盖到市内各区和市郊各县市，并面向社会用户开放业务。青岛电信宽带 IP 网是基于千兆城域网技术和以光纤下户为主要接入方式的宽带 IP 业务交换网，网络拓扑为双星形结构，核心节点采用业界领先的 Cisco 最高端吉比特局域网交换机，和接入层节点也均采用高端局域网交换机，充分保证了网组的高度安全性和可配性。基于 VLAN 的划分和管理，支持 VPN，具备完善的流量管理和网络带宽分配功能，有良好的 QoS 保证体系，可以方便地面向用户的最终应用，灵活组网，为企业及用户提供多层次的网络服务。

1. 宽带 IP 网络的功能和特点

高速连接 网络采用光纤作为传输介质，保证了网络的高带宽传送。该网主干连接速率为 155 Mbit/s / 622 Mbit/s / 2.5 Gbit/s，可以为用户提供 100 Mbit/s / 10 Mbit/s 速率的光纤接入。

提供多种综合业务能够提供包括数据、话音、图像等多种服务：

(1) 先进的技术符合网络技术发展的潮流，充分保证用户网络的可扩展性，采用业界领先的千兆以太网（GE）交换技术。面向网络层（第三层），有完善的基于 WAN 的管理和 QoS 的保证。

(2) 兼容性好。10M 100M 1 000 Mbit/s 以太网作为外围网，可以将几乎所有类型的网络互连在一起。

(3) 方便的接入。用户可以方便地通过有线、无线等多种方式随时随地接入网络，享受服务。

(4) 高度安全性和可靠性。网络采用双星形结构，核心层和接入层均为处理功能极强的高端设备，同时所有物理光纤线路全部采用地下管网方式铺设，应用“环路自愈保护”系统，充分保证了网络的安全性和自我保护性。

(5) 覆盖广泛。电信光缆网已经覆盖市区，通达所有县、乡、镇、村。

(6) 独立电源保护系统。网络供电不依赖于市电，采用 4 套独立电源系统，保障供电安全，永不停顿。

(7) 全面可靠的网络维护。向用户提供每天 24 小时、每周 7 天的快捷全面网络维护，快速解决用户可能出现的各种网络障碍。

2. 宽带 IP 的应用

(1) 组建企业广域网，方便高速的连接，实现了企业局域网之间的互连。

(2) 交互式业务包括远程教学、政府联网、远程医疗、专家会诊。

(3) 电子商务包括电视购物、网上交易、EDI。

(4) 通信业务包括电话、传真、可视电话、电视会议、电子邮件。

(5) 广播业务包括模拟音频视频广播、数字音频视频广播、数据广播、图文电视等业务。

(6) 点播业务包括视频点播音频点播等业务。

(7) 信息检索业务包括数据库查询、电子图书馆、电子报刊、气象信息、新闻、体育、股票、金融、交通、旅游等信息检索业务。

(8) 其他包括道路交通远程监控，交叉式游戏，防火防盗报警，遥感遥测水、电、气等能源管理

3. 接入方式

铜线接入包括高速率数字用户环路、单线制数字用户线(SDSL)、超高比特率数字用户线(VDSL)、可调速数字用户环路(RADSL)等。

光纤接入包括光纤到路边、到大楼、到家庭、到办公室。

299. 成都市广电华宇宽带信息网络的建设

成都市广电华宇宽带信息网络结构描述如下：

核心层环状网络由两个 GSR12008 路由交换机通过 622 Mbit/s 端口构成一个主干环路，提供通过 622 Mbit/s 的 DPT 端口进行连接，来构建成都华宇宽带综合信息网建设工程的骨干网络，提供整个网络的高效率的运行。

接入层环状网状结构如下：在核心层环状网的两个 GSR12008 主干节点，每个主干节点分别向下和 CISCO 7507 路由器通过 622 Mbit/s 的 DPT 端口构成一个接入环状环，提供相应节点的应用业务。同时每个节点的 CISCO 7507 路由器连接一台千

兆网络交换机 CISCO CATALYST 2948G-L3 提供相应的节点接入。

在此种网络结构的方式提供各种形式的接入，如：PSTN IS-DN，HFC，DDN，ATM 等多种方式接入到主干网络，同时整个网络提供 MPLS 的 VPN 应用，以保证各种形式的接入的安全性、高效性，同时保证对应用的不同级别的服务。

该网如图 8.2 所示。

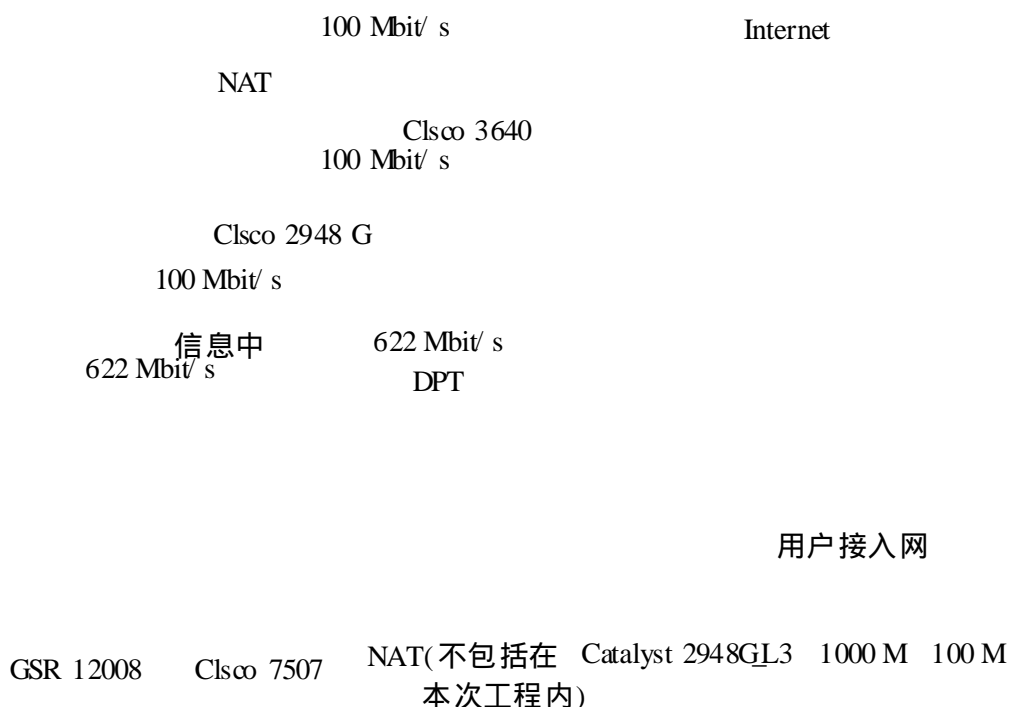


图 8.2 成都市广电华宇宽带信息网络

300. 南京电信的宽带城域网

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分纤点，方便用户接入。这个城域网初期具有 4 万个等效

10 Mbit/s 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。

全国首个宽带 IP 城域网在南京建成开通，从而使南京市成为全国第一个城区和郊县被全光纤高速通信网络全面覆盖的城市。

截至 2000 年 8 月底，南京市已建成用户光缆环 45 个，共部署近 200 个光分纤点，敷设主干光缆皮长 300 多公里、逾 8 万芯公里，光缆出局芯数达 20 712 端，相当于 1 万多对芯光纤。目前，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。

这个城域网初期具有 4 万个等效 10 Mbit/s 端口，具备 400 Gbit/s 核心处理能力，相当于每秒钟可传递、交换 40 万字的巨著 100 万册。此外，这个城域网直接与省和国家因特网骨干连接，出口带宽达到 4 000 Mbit/s，可根据信息流量和用户需求随时提升带宽。

南京城域网开通后，上网用户只需一块网卡即可以方便地接入网络，不再需要其他昂贵的设备和复杂的连线。对个人用户而言，只要其寓所在信息化小区内，城域网即可提供 10 Mbit/s 到桌面的因特网接入速率。

这个城域网还可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。

301. 昆明市电信宽带 IP 城域网

联创公司中标昆明市电信宽带 IP 城域网的承建工程，建设

迄今中国最大的宽带 IP 城域网，网络建成以后，不仅昆明市的市民、团体将从中收益，更可以强化昆明市在中国西南地区乃至整个南亚地区的核心地位，昆明市将作为整个南亚地区的信息集散地发挥其应有的重要作用。

作为信息传输的载体，通信网络正在面临着以话音为中心到以数据为中心（Data-Centric）的全面变革，电信运营商、网络设备供应商以及系统集成商都被迅速推到了变革的边缘，为了在将来的竞争中立足，必须抢占先机。

经过和昆明电信公司进行详细探讨，确立了在昆明市建网的思想：以动态分组传送（DPT）技术为骨干网部分建设主要技术，以千兆以太/快速以太/以太为接入网部分建设主要技术，以光纤到大楼（FTTB）、光纤到小区（FTTSA）为线路铺设的主体方式，以吉比特交换路由器为骨干网主体设备，充分利用已有的网络资源（如 ATM，ADSL 等），建设一个覆盖昆明全区的宽带 IP 承载网。

将宽带 IP 承载网划分为网关层、骨干层、汇聚层、边缘层和接入层等几个层次。网关层对上承担城域网连至省区、国家骨干网的网关业务，对外承担跨省际城域网互连和其他各种 ISP、ICP 等互连业务，对内承担城域网内各网的业务互连。骨干层、汇聚层从技术的角度讲其作用就是为各业务节点之间提供一个高带宽的 IP 通道。边缘层的主要作用是将各种宽带多媒体通信业务分配到各个接入层的业务节点。接入层对上连至汇聚层或边缘层，对下实现用户的接入。

网络建设中涉及到的主要技术有：计费、路由、组播、最终用户接入、网络管理、网络安全性、虚拟专用网的设立等。其中，联创的计费系统支持通过 Radius 方式、Netflow 方式和 SNMP 方式进行数据计费。

302. 邯郸有线电视台宽带 IP 城域网

1. 需求分析

规模需求

邯郸宽带 IP 网总体需求为 8 + 15 模式，8 个路由骨干交换机作为（市城域网）一级中心和 15 个县市作为（区县网）二级中心交换机，为邯郸地区县市提供宽带 IP 网信息服务。

宽带 IP 网的一级中心总前端（邯郸市有线台）放置一台千兆 IP 线速路由交换机 OmniCore 5052，可上行连接河北省宽带 IP 主干网，进而可访问 Internet、综合信息服务平台、或 ATM/SDH 主干网，并与市内 7 个节点互连成环组成邯郸城域网；市环（城域网）同时和各个二级中心（区县网）互连。

2. 一级中心设备性能需求

邯郸 IP 主干网的一级中心将由一台 OmniCore 5052，3 台 OmniCore 5022 和 4 台 OmniCore 5010 线速路由交换机构成。主干传输速率为 1 ~ 2 Gbit/s。所以一级中心的高速千兆路由交换机必须具有足够的吉位路由接口，并留有一定备份。

3. 二级中心设备性能需求

IP 主干网的二级中心用以太网千兆 IP 线速路由交换机作为骨干设备，它向上与一级中心的高速线速路由交换机相连，向下可与有线电视网分中心的数据（HFC）端口（可选设备）相连和与邯郸地区内单位的计算机局域网（LAN）互连。一期工程将建设 15 个二级中心。

二级中心对千兆路由交换机的要求：

- (1) 背板速度：10 ~ 25 Gbit/s；
- (2) 吉位接口：2 ~ 6 个；

(3) 100 Mbit/s 接口：20 个，以后可扩充到 100 个，接口必须支持单模。

4. 投资保护需求标准性和互操作性

因为投资的目标是一个电信级服务运营网，最大范围的互通性是其基本需求，所用的协议和技术必须符合国际标准，从而保证互通性，采用标准协议和技术具有以下优势：

(1) 厂商间一致的连通性能够保证工程的快速实施，并且降低系统维护费用；

(2) 因为是标准协议，厂商可以放心投资，因而能够保证系统的稳定性和产品的充足性；

(3) 用户和经营者具有更多的选择，从而能够选择性能价格比优越的产品，降低投资成本；

(4) 标准的协议和技术从而降低维护人员的培训费用；

不能采用非标准，厂商自行开发市场前景不明确的技术，这样会导致以下几个问题：

(1) 性能和互通行问题，性能不明确和难以测试，和其他厂商不能互通。

(2) 服务支持问题，由于市场前景不明确，有可能导致技术死亡，导致网络的服务支持难以保持。

(3) 投资成本问题，非标准的技术导致其他厂商不敢贸然进入，导致市场可用产品少且昂贵，投资者会为设备提供商所控制，增加投资成本。

(4) 稳定性问题，由于设备厂商少于参与共同开发，很难保证系统的可靠性和稳定性。

(5) 维护成本问题，非标准的技术使得必须重新培训维护人员，从而提高维护成本。

5. 对已有投资的充分利用和系统可扩展性

能够方便有效接入河北省宽带 IP 网，具有足够的插槽保证端口的扩充，具有足够背板带宽从而保证带宽的扩充。

6. 用户接入的方便性和可行性

能够有效的接入各种用户如：集团 LAN 接入、有线 HFC 用户和电讯 ADSL 用户等。

7. 可管理性需求

支持配置管理、故障管理、性能管理、计费管理、安全管理以及账户管理等。

8. 技术方案

邯郸市有线电视宽带 IP 城域网平台的基本模式是：IP over Optical (IP-光缆)。即：将 L2/ L3/ L4 一体化的线速路由交换机直接架构在邯郸光缆之上。

邯郸市有线电视宽带 IP 城域网平台的组成是：千兆以太网/快速以太网/交换以太网 (1 000M/ 100M/ 10 Mbit/ s)。整个网络从核心到边缘和接入，统一采用以太帧格式运行 IP (只运行 IP)。

9. 网络设计说明

运用分级设计原理，将链路拓扑基本设计为有自愈能力的环形，个别县依据光纤分布。交换中心分为三级：一级中心位于市有线电视台；二级中心位于各县有线电视台；三级中心位于行政小区或智能大厦。

10. 设备选型

根据实际的带宽需求邯郸市宽带 IP 主干网划分为两部分：邯郸市宽带 IP 城域网；邯郸地区宽带 IP 区县网。邯郸市宽带 IP 城域网采用 OmniCore 系列路由交换机，其城域网骨干由 1 台 OmniCore 5052 交换机、3 台 OmniCore 5022 交换机、4 台 OmniCore 5010 交换机组成，网络拓扑为两个环状。OmniCore 5052 交换机

处于市有线台为总前端，以增加中心性能和可靠性，邯郸市区的其他 7 个点成两个环与有线台相连接，共同作为整个网络的一级中心；区县网成两个环与市城域网相连接，共计 15 个县 4 台 OmniCore 5022 交换机，11 台 OmniCore 5010 交换机组成。（整个网络设备按最经济配置核算，因此节点首选 OmniCore 5010，必要时选用 OmniCore 5022 交换机）整个网络在缺省双工模式下双向总共可用带宽 1 Gbit/s。

11. 网络设计方案

整个网络设计成 4 个自愈环，骨干节点初步设计为 22 个，共同分担邯郸地区的信息节点。邯郸市内的骨干可用带宽是 1 Gbit/s，县区两个环可用带宽是 100 Mbit/s。市内骨干设备采用 Alcatel 公司的 OmniCore 路由交换机系列，有线台中心采用了 OmniCore 5200，背板交换速率是 52 Gbit/s，14 个可用插槽，有足够的电口、光口冗余；市内有 3 个点采用了 OmniCore 2200，背板交换速率是 22 Gbit/s，5 个可用插槽，有足够的电口、光口冗余支持信息用户的接入；市内有 4 个点采用了 OmniCore 1000，背板交换速率是 10 Gbit/s，20 个电口，2 个光口；县区采用了 14 台层二交换机。BayStack-350 24 口 10M/100 Mbit/s 自适应交换机。

12. 网络安全策略

城域网中的应用系统是一个组织的核心信息系统，除提供内部信息服务外，还要同时提供对外部用户的服务。完善的安全管理体制，对于系统设备的正常运行和业务的安全是必不可少的。

邯郸城域网中的网络拓扑结构是一个光纤环，具有自愈保护能力；路由交换机硬件设备中的电源、风扇、EMM 模块和存储矩阵都有冗余备份，确保网络内部的安全可靠。更为突出的安全问题是来自外部的入侵，如黑客、非授权用户等。对于外部的侵

害，应采取外部监测的措施。为保证网络系统中关键数据（如用户名、口令、关键信息等）的安全通信，方案的实施层次如下：

(1) 网络节点的安全

网络节点的安全性依靠防火墙保证。防火墙安装在内部网络与外部网络的连接处。作为中心网络，其他各节点通过广域网与中心网络相连。防火墙在连接 Internet 与 Intranet 时，是保证安全最为有效的方法，防火墙能够有效地监视网络的通信信息，并记忆通信状态，从而做出允许/拒绝等正确的判断。

(2) 应用系统的安全性

在各类服务器和应用系统上，设立应用网关，实现用户验证，实现基于特定访问策略的访问控制和严格的访问日志。设立相应的安全监测体制，建立和完善各级网络业务与管理机构的运行和管理制度是各种安全技术得以实施的保障。

应用程序的安全性通过操作系统提供的能力来保证。所用操作系统均提供存取控制权限以及用户权限。不同的用户只能在系统规定的权限下进行相应的操作。操作系统的权限控制主要是用户登录控制和文件存取权限控制。数据库管理系统提供用户连接确认、数据库各级别的存取权限控制。

二、城域网建设实例（厂商）

303. 宽带城域网解决方案具备哪些主要特点？

城域网分为业务/控制层、骨干层与接入层：包括数据交换设备、城域传输设备、接入设备和业务平台设备等。目前，业内许多专家都认为“未来的网络是以 IP/ATM 特别是以 IP 为主要承

载平台的多媒体宽带通信网”，籍此，宽带城域网的数据交换技术也应以 IP 及 ATM 技术为主，但究竟选择 ATM 还是 IP 可因地而异，具体问题具体考虑。

宽带城域网解决方案具备以下几个主要特点：

1. 开放的基础传送平台，组网能力强

下一代 NGN 网络主要由网络业务层、网络控制层、核心交换层与边缘接入层四层结构组成。核心交换层采用 ATM，IP，DWDM 技术；PSTN 将分阶段向全网分组话音演进，电信设备出现网络化、部件化态势，部件之间采用标准的控制协议；交换和控制分离，网络和业务相分离。

(1) 传输模式由主干网、分支网和末端网组成——网络结构层次清晰。

(2) 网络拓扑可以采用环形、星形、树形、链形等方式——组网灵活、可靠性高。

(3) 可采用 DWDM，SDH，APON 等方式组网——手段丰富，组网快速。

灵活的组网方式保障网络建设初期迅速达到对目标客户的无缝覆盖。

2. 传输手段丰富

(1) DWDM 混合环：适用于网络骨干层，容量巨大，采用增加波分数量的方式可以方便地实现带宽的成倍增长，采用 IP over WDM Optical 技术，可减少 SDH SONET，ATM，IP 等各层之间的功能重叠，大大降低成本，简化了网络层次。

(2) SDH 混合传输：适用于网络汇聚层，接入层在接入和边缘层采用 SDH ATM IP 业务的混合设备，实现宽带数据网和话音传输的一体化。各环之间的带宽可以动态调度，同时采用光层的保护和路由保护。

(3) APON: 适用于网络接入层结合了 ATM 多业务多比特率支持能力和 PON 透明宽带传送能力, 可以节省光纤和光设备的费用, 网络稳定性很高, 站与站之间带宽可以动态调节。

丰富的传输手段保证组网灵活, 成本最低。

3. 设备接口丰富

(1) 骨干层提供: 155 Mbit/s ~ 2.5 Gbit/s 的 ATM, POS, GE, FE 等高速 ATM 或 IP 接口。

(2) 汇聚层提供: 2 Mbit/s ~ 1 Gbit/s 的 ATM, POS, GE, FE, FR, CES 等系列低速到高速的多种业务接口。

(3) 接入层提供: ATM, POS, ADSL, LAN, Cable, POTS, CES, FR 等种类丰富的业务和上行接口。

4. 接入设备种类丰富

(1) 骨干层设备: 用户接口提供 POS, ATM, FE, GE 等方式;

(2) 边缘层设备: 用户接口提供 POS, ATM, FE, GE, V5, FR, CES 等方式;

(3) 接入层设备: 用户接口提供 POS, ATM, GE, FE, ADSL, LAN, Cable, CES, FR 等方式。

骨干、汇聚、接入和用户侧的设备种类丰富, 能够实现对用户的全覆盖, 不同的网络层次面对不同的用户, 任何一个节点都可当成一个 POP。

5. 端到 IP QoS 保障

(1) 在终端用户和业务提供点间, 采用专用链路和 LAN, ADSL, FR, DDN 等手段结合 CIR 技术保证 QoS。

(2) 在城域网内通过 ATM 的 VCC, MPLS 的 LSP (支持显式路由和流分类) 和 Diff Serv 等手段保证 QoS。

(3) 在城域网的任何节点设备上支持流量监管、排队、WRR

调度、Traffic shaping 和流量统计等完善的流量工程。

6. 丰富的业务提供能力

满足集团用户、行业用户和商业住宅用户不断增长的业务需求，具备移动通信、数据、图像及话音的多种业务综合接入能力：

话音及话音增值业务；

POTS/ ISDN；

XDSL, HFC, ETHERNET；

VOIP/ VTOA；

VPN；

DDN, FR, 宽带等不同速率的租用专线；

高速上网、PAYTV、远程教学等宽带业务等。

7. 网络的管理能力和运营能力

集中管理维护能力和运营能力；

丰富的计费手段（话音、数据等）；

服务质量；

安全性管理；

把握好投资和收益的平衡，边建设、边受益，滚动发展。

8. 电信级的可靠性保障

304. 城域光传输网传输解决方案是怎样的？

城域光传输网具有传输容量大，网络拓扑结构复杂，节点众多，业务分布方式多样化的特点，因而对光传输产品的性能提出了比较全面的要求。

城域网的网络拓扑结构复杂，要求设备能够具备接入较多的光路能力并提供各种方式的保护能力。其业务方式一般为集中型

或均匀分布型业务，设备应能够针对不同的业务种类提供不同的经济保护方式。同时，随着 IP 业务的快速增长，如何有效的解决宽带业务的传输也对传统的光传输设备提出了更新的要求。

烽火公司的 FONST 系列产品是该公司技术人员集多年的研发经验和用户的实际需要精心设计而成的，为城域网的建设提供了多种优秀的解决方案。

FONST 系列包括 $32 \times 10 \text{ Gbit/s}$ ， $32 \times 2.5 \text{ Gbit/s}$ ，GF9953-01 A，GF2488-01 B，GF155/622-06A 等系列产品，其具有卓越的系统性能，强大的交叉连接能力，丰富的接口种类，能够实现大容量业务的灵活调度，提供了城域光传输网的全面解决方案，如图 8.3 所示。

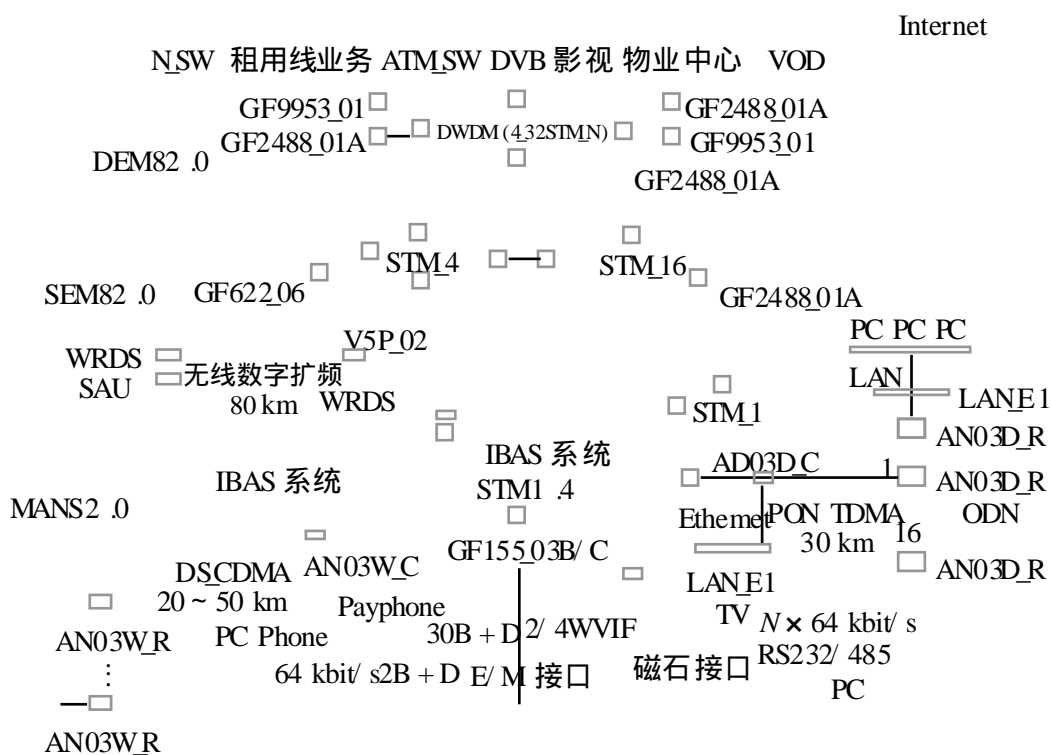


图 8.3 城域光传输网的全面解决方案

在城域网的中继环网上，可根据各地区的网络容量选择 $32 \times 10 \text{ Gbit/s}$ ， $32 \times 2.5 \text{ Gbit/s}$ ，GF9953-01A 或 GF2488-01B 作为光传输平台，满足各交换局间大容量的业务传输需求，同时，利用设备所具有的强大的交叉连接功能，实现各种业务的灵活调度。利用 FONST 系列产品具有的 GE（千兆以太网）接口，可实现高速以太网业务的传输。

在城域网的接入网层面上，可选择 GF2488-01B，GF155/622-06A 型设备作为光传输平台，实现各种传输业务的需要，其所具有的强大的交叉连接和接入多个光传输方向的能力特别适合接入网建设中经济适用的原则。同时，利用设备提供的 10 Mbit/s ， 100 Mbit/s 以太网业务接口，可实现网络未来发展的需要。

305. 如何提供完整的 IP 解决方案？

为了满足用户对 IP 通信的需求，武汉邮电科学研究院研制了 F-Engine 系列路由器和交换机，可为用户提供从核心到边缘，从高端到低端的完整 IP 解决方案。在网络核心层，可用 F-Engine R8001 组成 SDH 环构造骨干网，充分利用 SDH 环的自愈和倒换功能，环节点上 R8001 可直接与 SDH 或 WDM 传送网相连，向下可用其他的 POS 接口（ 155 Mbit/s 或 622 Mbit/s ）或千兆以太网以及 10 Mbit/s 、 100 Mbit/s 以太网接口与 F-Engine R4000 系列边缘路由器相连。由于以太网是传送 IP 的最好技术，而且价格便宜，在网络边缘，可用 F-Engine S2000 系列交换机直接连接用户或为大的用户或 ISP 提供 10 Mbit/s 、 100 Mbit/s 的以太网接口。

F-Engine 系列路由器和交换机包括三大类：核心路由器、边缘路由器和以太网二层/三层交换机。

核心路由器为 F-Engine R8001，边缘路由器包括 F-Engine

R3001, F-Engine R4001, F-Engine R4101, F-Engine R4201, F-Engine R4202, F-Engine RM4000 等 6 种型号。F-Engine 二层/三层交换机包括 S2008 V, S2016 V, S2024 V, S2032 以及 S2032V 等 5 种。

F-Engine 系列路由器具有以下特点：遵循 ITU-T X.85 标准、同时兼容 PPP；从边缘到核心，全套 MPLS 解决方案；配置了适用于中国特色的网管系统；全系列的路由器均为电信级设计；边缘路由器提供计费支持，有防火墙功能；接口丰富、价格低廉。

F-Engine 核心路由器为 F-Engine R8001。F-Engine R8001 是用于高速 IP 网的千兆核心路由器，交换容量为 60 Gbit/s，报文转发速率大于 20 Mpacket/s（百万包每秒），路由表项大于 256 k，接口丰富，可提供 10M/100 Mbit/s 以太网、千兆以太网、155 Mbit/s 和 622 Mbit/s 的 POS 接口。在实际组网应用中，可用 F-Engine R8001 组成 STM-4 的 SDH 环路，向上可用 622 Mbit/s 的链路速率与核心光传送网连接，在环路节点上分别通过 F-Engine R8001 路由器上的千兆以太网，155 Mbit/s，622 Mbit/s POS 接口与 F-Engine R4000 系列边缘路由器相连接。

F-Engine R8001 路由器符合多种国际标准，在协议方面 F-Engine R8001 遵循 ITU-T X.85 标准；体系结构支持 IGMP，支持 TCP/IP 协议；支持 IETF 的最新的网关协议，包括 RIP 协议第一版和第二版、OSPF 第二版、BGP 第四版；支持 PPP 协议；支持 MPLS；支持 IEEE 802.3z 协议；支持 QoS，包括 RSVP，DiffServ 和 WFQ。

在网络管理方面 F-Engine R8001 支持 SNMP 协议，包括第一版和第二版；支持 IETF 的 SMI 第一版和第二版的 MIB；可通过用户图形界面（GUI）实现对端口的配置、故障诊断和管理；支

持 RS-232 控制终端；具有 MAC 地址和 IP 地址过滤能力，可抵抗常见的网络攻击；支持 PPP 安全连接，支持 LADP 服务。

F-Engine R8001 采用 19 英寸标准机架；有 16 个 I/O 插槽、系统关键部分双备份（包括电源）、用 100 ~ 270 V 的交流电或 - 48 V 的直流电提供电源，运行温度为 0 ~ 40 °C、相对湿度为 10% ~ 90%、电磁兼容性满足 UL, FCC, CSA 和 CE 等标准要求。

F-Engine R3001 路由器有 1 个 E1/T1 接口，1 个 10M/100M 以太网接口，1 个 10M 以太网接口。支持的协议包括：RIP, OSPF, PPP, SNMP 等，支持 QoS, 包括 RSVP, DiffServ, WFQ 等，体系结构支持 MPLS 和 VPN, 有 Radius 计费 and 身份验证功能，有防火墙功能。

在实际应用中，可用 F-Engine R3001 的 E1/T1 接口与 SDH 网络设备相连，用 10M/100M 以太网接口以及 10M 以太网接口分别与不同的局域网相连。

F-Engine R4001 边缘路由器的交换容量为 5 Gbit/s, 报文转发速率大于 2 Mpacket/s, 可提供 4 个 10M/100M 以太网光接口、12 个 10M/100M 以太网电接口。支持的协议包括：RIP, OSPF, PPP, SNMP 等，支持 QoS, 包括 RSVP, DiffServ, WFQ 等，体系结构支持 MPLS 和 VPN, 有 Radius 计费 and 身份验证功能，有防火墙功能。

由于所有以太网接口（电口和光口）都是对等的，在实际应用中，可用 F-Engine R4001 的 10M/100M 以太网接口与核心网络相连（电口或光口），用 10M/100M 以太网光接口与距离较远的局域网相连接，用 10M/100M 以太网电接口连接距离较近的局域网或 F-Engine S2000 系列交换机，用 S2000 系列交换机再连接其他的局域网。

F-Engine R4101 边缘路由器的交换容量为 5 Gbit/s，报文转发速率大于 2 Mpacket/s，可提供 8 个 10M/100M 以太网电接口、1 个 1 000M 以太网电接口。支持的协议包括：RIP，OSPF，PPP，SNMP 等，支持 QoS，包括 RSVP，DiffServ，WFQ 等，体系结构支持 MPLS 和 VPN，有 Radius 计费 and 身份验证功能，有防火墙功能。

在实际应用中，可用 F-Engine R4101 的 1 000 M 接口与核心网络相连，用 10M/100M 以太网电接口连接有关的局域网（用户）或 F-Engine S2000 系列交换机，用 S2000 系列交换机再连接其他的局域网或用户。

F-Engine R4201 边缘路由器的交换容量为 5 Gbit/s，报文转发速率大于 2 Mpacket/s，可提供 8 个 10M/100M 以太网电接口、1 个 155M POS 接口。支持的众多分标准协议，如：RIP，OSPF，PPP，SNMP 等，支持 QoS，包括 RSVP，DiffServ，WFQ 等，体系结构支持 MPLS 和 VPN、有 Radius 计费 and 身份验证功能，有防火墙功能。

在实际应用中，可用 F-Engine R4201 的 155 Mbit/s POS 接口与核心网络相连，用 10M/100M 以太网接口连接不同的局域网用户或直接 F-Engine S2000 系列交换机，通过 S2000 系列交换机直接连接大的用户或再连接其他的局域网。

F-Engine R4202 边缘路由器的交换容量为 5 Gbit/s，报文转发速率大于 2 Mpacket/s，可提供 8 个 10M/100M 以太网电接口、1 个 622M POS 接口。支持的众多分标准协议，如：RIP，OSPF，PPP，SNMP 等，支持 QoS，包括 RSVP，DiffServ，WFQ 等，体系结构支持 MPLS 和 VPN，有 Radius 计费 and 身份验证功能，有防火墙功能。

在实际应用中，可用 F-Engine R4202 的 622 M POS 接口与核

心网络相连，用 10M/100M 以太网接口连接不同的局域网用户或直接 F-Engine S2000 系列交换机，通过 S2000 系列交换机直接连接大的用户或再连接其他的局域网。

F-Engine RM4000 路由器的交换容量为 5 Gbit/s，报文转发速率大于 2 Mpacket/s，该路由器采用模块化设计，可根据用户的需要提供多种接口，包括 10M/100M 以太网接口、千兆以太网接口、155 Mbit/s POS 接口以及 622 Mbit/s POS 接口。支持各种标准协议，如：RIP，OSPF，PPP，SNMP 等，支持 QoS，包括 RSVP，DiffServ，WFQ 等，体系结构支持 MPLS 和 VPN、有 Radius 计费 and 身份验证功能，有防火墙功能。

在实际应用中，可用 F-Engine RM4000 的千兆以太网、155 M 或 622 Mbit/s POS 接口与核心网络相连，用 10M/100M 以太网接口、千兆以太网、155 Mbit/s 或 622 Mbit/s POS 接口连接不同的局域网用户或直接 F-Engine S2000 系列交换机，也通过 S2000 系列交换机直接连接大的用户或再连接其他的局域网。

306. 如何提供城区宽带接入网解决方案？

现有的宽带接入网解决方案主要基于 ATM，IP，HFC 或是 WLL 等技术，这些技术为宽带业务在接入网中的应用铺平了道路。但由于他们各自应用范围的限制，都很难单独存在于一个复杂的网络环境中。在不同的情况下，需要灵活地采用不同的技术。因此人们需要一种多层次的全面“一揽子”解决方案。

为了适应这种全面的解决方案，接入设备必须能综合以上所提到的多种技术，这种设备具有不同的功能模块，将这些模块运用于不同的场合，就能适应复杂网络环境的要求。烽火公司的 IBAS 综合宽带接入系统就是这样的一种系统。

在这里，假设一个覆盖范围至少是一两个城区的大规模的城区多业务综合接入网，通过下面的讨论介绍如何利用 IBAS 组建起这个网络。

1. 多媒体接入网的 SDH 传输平台

首先需要为这个网络搭建一个可靠高效的传输平台。综合考虑了与现有设备的兼容性以及互操作性以及成本后，建议使用 SDH 作为该网络的传输平台。

利用 IBAS 的传输模块能轻松地组建起这样的传输平台，除了环形以外，IBAS 还能组成链形、星形等其他网络拓扑，在中心节点除了设备配置外，还应该配置有网络管理系统，对整个传输/接入网络实现有效的管理。

传输平台见图 8.4。

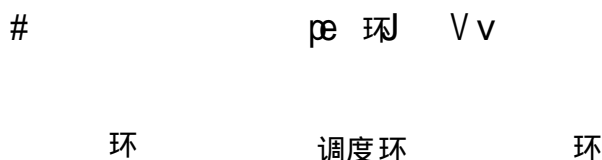


图 8.4 SDH 平台

2. 宽带业务接入

(1) 中心节点

在已经建成的城域网中，有相当一部分在核心层和业务汇集层是依靠 ATM 设备或高速网络路由器来实现的。IBAS 设备工作于业务接入层，可通过两种方法将业务传输到城域网中，达到业务互连的目的。

通过路由器。IBAS 的路由器模块具有 ATM 接口和快速以太网接口，实现路由功能，并完成 NAT 转换，同时完成以太网帧和 ATM 信元的转换，从而将小区 LAN 连到 ATM 核心网，该路由器还可以作为小区 LAN 的网关。

通过 ATM 接入模块接入。另一种接入核心网的方法是通过 IBAS 的 ATM 接入模块在 OLT 侧与 ATM 核心交换机互连。这个模块也能被配置在 ONU 侧，将各种非 ATM 业务适配成 ATM 业务，再利用 ATM over SDH 方式传输到中心节点。

(2) 远端节点

在远端有两种宽带接入手段可供选择：一种是通过以太网，另一种是通过 ADSL。

以太网接入

IBAS ONU 能在远端提供 10/100Base-T 以太网接口。传输速率从 2 ~ 100 Mbit/s 动态可调。同时可以在同一条物理通道上为不同的用户提供逻辑上独立的若干条速率不等的通道。通过以太网接口，用户可以利用自己的以太网交换机或 HUB 轻松地组建自己的局域网。

IBAS 的一个重要特性是 FTTB + ETTH。但由于超五类线的最大传输距离不超过 100 m。对于某些分散用户或特殊情况，必须考虑延伸 IBAS 的接入距离，延伸的办法有以下几种：

用光模块延伸：与 SW HUB 配合的光模块有内置式和外挂式两种，又分单模和多模，单模光模块价格贵，传输距离远（可以到几十公里），多模光模块便宜，传输距离在几公里以内。

用同轴适配器延伸：同轴适配器有无源和有源两种，一般无源同轴适配器与 SW HUB 配合可将网络距离延伸几百米。

以太网接入如图 8.5 所示。

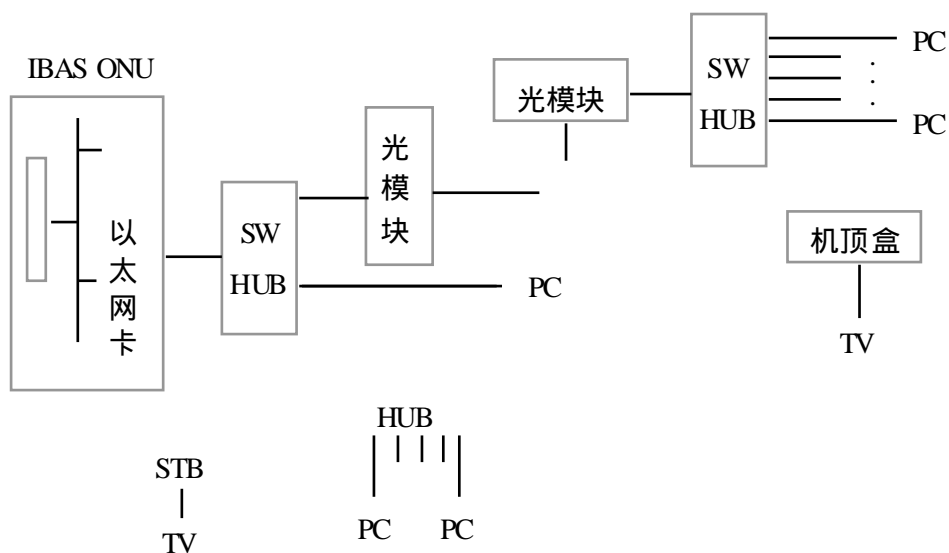


图 8.5 以太网接入

ADSL 接入

在远端节点，IBAS 的 ONU 能提供 ADSL 接口。利用远端的 ADSL Modem，能实现用户的 ADSL 接入。

ADSL 接入如图 8.6 所示。

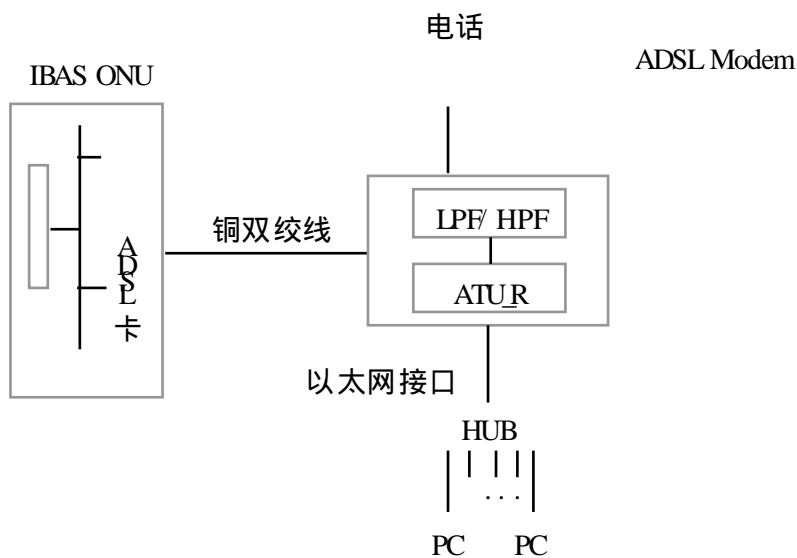


图 8.6 ADSL 接入

3. 传统业务接入

IBAS 的优势之一还在于能实现宽带和窄带的综合接入，网络运营者还可以利用 IBAS 组建的平台实现用户的窄带接入。

IBAS 可以通过 2 Mbit/s 支路盘连结局端 V5 处理机和远端 V5 接入机，构成窄带接入系统，完成话音业务与窄带数据的接入，见图 8.7。

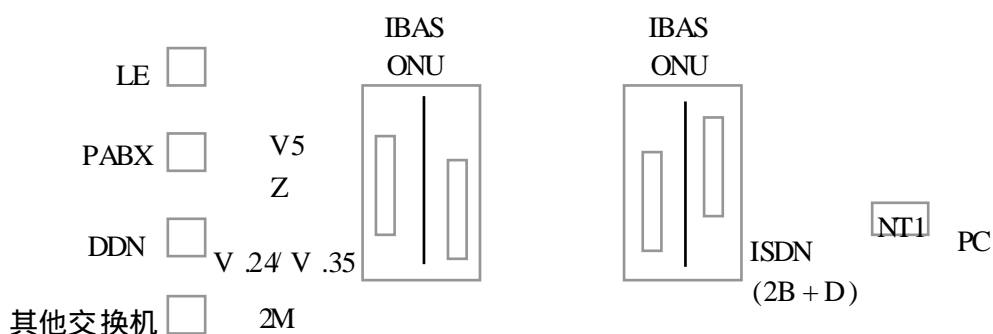


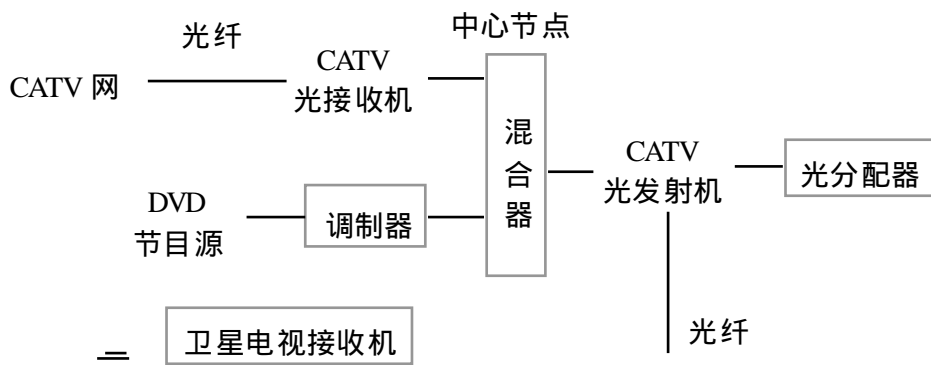
图 8.7 窄带业务接入

4. CATV 接入

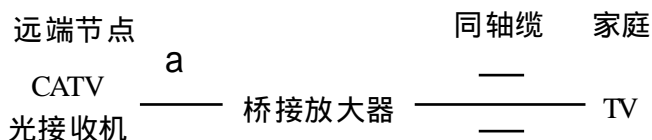
现有的 CATV 都采用模拟光传输技术，目前很难和数字系统真正融合为一体，因此，在小区多媒体接入方案上，采用了共缆分纤的办法，是一个相对独立的部分。见图 8.8 小区采用的模拟 CATV 系统符合国标 GB50200—94 《有线电视系统工程规范》和广电部行业标准 GY/T106—1999 《有线电视广播系统技术规范》的要求。

5. 物业管理

物业管理是现代化智能小区非常重要的内容，IBAS 系统不仅为用户提供了宽带和窄带接入平台，构筑了家庭信息服务系统，还把物业管理融合为一体，有利于组成住宅自动化系统，实施方案见图 8.9。



(a) 中心节点的CATV接入



(b) 远程CATV接入

图 8.8 远端 CATV 接入

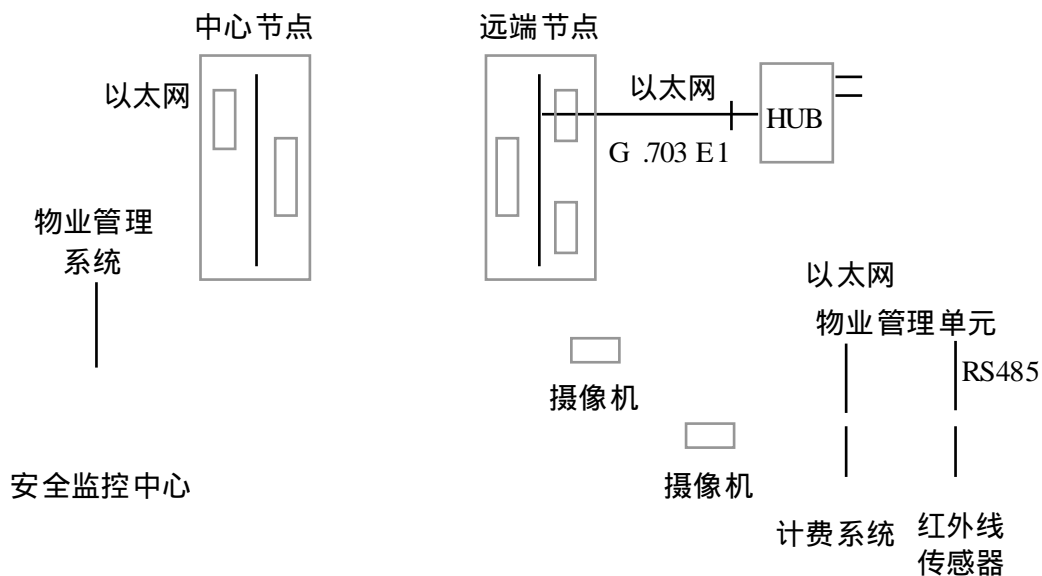


图 8.9 物业管理信息的接入

位于家庭的物业信息采集器负责住家水表、电表和煤气表的信息采集，负责住家防火、防盗、防煤气泄漏信息的采集，并通过 RS485 与楼内 IBAS-ONU 接口。

IBAS-ONU 中配有物业管理信息转换单元，通过 RS485 接口负责接收家庭物业信息采集器的远程抄表、远程防卫的物业管理基础数据和信息，并向各采集器转发小区中心的控制命令和发布的信息。“转换单元”还要将汇集的信息和指令打包分组转换成以太网接口接入 IBAS-ONU 中配置的 SW-HUB，利用 IBAS 的 10 M 100 M 以太网通道与小区物业管理中心通信。

“转换单元”还可汇集小区周边环境管理信息，该信息有两种途径进入 IBAS 系统，低速数据可由 RS485 接口接入“转换单元”，高速数据（如环境监视信息）由以太网口接入 SW HUB。

“转换单元”可带 64 个 RS485 总线端口，每个端口都可作为一个独立的控制器，除了完成寻址、回传、广播和业务分析功能外，还要向各“采集器”供电。

6. ATM-PON 技术的全业务网接入

烽火科技提供的采用 ATM-PON 技术的全业务网接入传输系统，设计合理，具有多种宽带和窄带业务的接口，功能完善，各项技术指标满足 863 计划的合同要求。所谓全业务网接入传输系统是指宽带网中从业务节点到用户宅内设备之间的远程接入系统，是一种依靠光纤实现多种业务接入的高质量接入传输系统，是当前国际流行的宽带接入网发展方向。随着多媒体技术、Internet、图像传输等多种当代业务的迅猛发展，接入网除了支持现有的窄带业务外，还要支持各种新的宽带业务。为此，国际各大公司纷纷大规模研制新一代的接入系统，从而出现了全业务网接入传输系统的概念。

该项目的成功开发，使我国成为继日本之后为数不多的掌握了 ATM-PON 技术的国家。同时将大大加快我国光纤接入网发展

的步伐，推动电信、广播电视和数据通信行业的基础设施建设，充分满足用户的接入带宽要求。在项目中，研发组首次开发研制了符合 ITU-T 建议的我国第一台采用 ATM-PON 技术的 155 Mbit/s 宽带综合接入设备全套设备，包括全业务网接入传输系统局端设备 OLT 和远端设备 ONU。并且项目所研制的设备从一开始就是按照产品的形式设计的，具有极高的商用性。专家估计，在 2003 年以前，本项目将产生 2~4 亿元人民币的经济效益，整个通信网络的运营效益可达 16~32 亿元人民币。