

通信工程丛书

软交换技术与协议

糜正琨 王文鼐 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了支持电信网演进的软交换基本原理、体系结构、协议标准、接入技术和核心网技术，并结合 SURPASS 典型系统介绍了软交换组网方式和电信网演进策略。

全书共分 15 章。第 1 章概要介绍电信网技术发展趋势和演进方向以及软交换体系结构和技术特点。第 2 章至第 5 章系统介绍电信网演进中十分重要的 xDSL 宽带接入技术。第 6 章至第 9 章介绍 ATM 网络技术，包括和 ATM 密切相关的 SDH 基本原理。第 10 章至第 13 章介绍最新的 IP 通信网络技术和协议，包括 IP 接入技术、VoIP 技术、H.248 协议以及核心网中极为重要的 MPLS 技术。第 14 章至第 15 章具体介绍基于软交换技术的 SURPASS 系统。

本书内容翔实、材料丰富，反映了国际上软交换技术和协议的最新进展。可供电信业和计算机业的工程技术人员和管理人员阅读，也可作为高等院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

软交换技术协议/糜正琨, 王文鼐编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2002.5

ISBN 7-115-10248-1

I. 软... II. ①糜...②王... III. ①通信交换②通信协议 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 020616 号

通信工程丛书

软交换技术与协议

◆ 编 著 糜正琨 王文鼐

责任编辑 陈万寿

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67180876

北京汉魂图文设计有限公司制作

印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张: 20.125

字数: 528 千字 2002 年 6 月第 1 版

印数: 1- 000 册 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10248-1/TN · 1874

定价: 38.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010)67129223

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识，提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力，了解通信技术的新知识和发展趋势，以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献，我会与人民邮电出版社协作，组织编写这套“通信工程丛书”，陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发，密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要，阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识，包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求，以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备，深浅适宜，条理清楚，对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材，不仅介绍有关的物理概念和基本原理，而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际；论证简明扼要，避免繁锁的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们，我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各方面提出宝贵的意见和建议，使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

在刚过去的 20 世纪的最后 10 年中, 电信业经历了重大的技术变革, 保持了持续的发展, 也面临了巨大的挑战。在 20 世纪 90 年代初, 电信业倾注全力研究和开发 ATM 技术, 积极部署 ATM 宽带通信网络。20 世纪 90 年代中, 随着 WWW 应用的推出, Internet 获得空前的发展, 信息通信技术领域展开了关于 ATM 和 IP 技术选择的热烈争论。20 世纪 90 年代后期, 得力于光通信技术的突破性进展和 VoIP 技术的逐步完善, 电信业和计算机业趋于统一, 认同未来通信网的演进方向应是以 IP 为核心的分组网络。基于这一共识, 业界大力投资基于 IP 优化光网的基础设施建设。不幸的是, 由于缺乏合理的商业模型和有效的业务支持, 所建设的网络远未得到充分利用, 也就无法获得预期的投资回报。这一事实促使人们冷静地思考, 综合市场需求、投资保护和技术发展等多方面因素, 认真研究网络演进的策略和技术方案选择。电信业正是顺从这样的轨迹, 在 10 年间不断探索和调整自己的发展方向。最近, 经过制造业、运营业和技术界的反复研讨和市场论证, 提出以软交换作为下一代网络的演进技术, 各大制造厂商积极响应, 推出各自的解决方案。

和一般技术不同的是, 软交换不是传统意义上的单项技术, 而是支持网络演进的综合的系统技术。其涵盖面广泛, 包括接入网和核心网技术, 电路交换和分组交换技术, 面向连接的 ATM 和无连接的 IP 技术, 传送和控制技术。尤其是众多的接口协议, 涉及 IP 网络的电信应用, 因此, 必须对于两类网络有深入的了解才能切实理解。正因为如此, 许多电信界的技术人员非常需要有一本书能够深入浅出地介绍软交换的相关技术, 剖析相关的接口协议, 这正是作者编写本书的出发点。

直接促成作者编写本书则是由于我院和北京国际交换系统有限公司(BISC)的教学合作。在合作过程中, BISC 公司向我们介绍了该公司基于软交换技术的 SURPASS 网络演进解决方案, 给我们留下了深刻的印象。BISC 公司希望我们能编写一本介绍系统相关协议的书籍, 并愿意提供 SURPASS 的相关材料。作者认为结合 SURPASS 典型系统介绍可以更清晰地阐明软交换的概念和技术内涵, 因此就着手开始本书的编写。

本书编写的原则是围绕软交换体系结构和电信网演进应用背景, 用电信业人士熟悉的语言和思维方式有选择地介绍相关技术和协议, 力图使读者对软交换有一个较为全面和清晰的概念。全书共分 15 章。第 1 章概要介绍电信网技术发展趋势和演进方向以及软交换体系结构和技术特点。第 2~5 章系统介绍电信网向数据化方向演进过程中十分重要的宽带接入技术——xDSL 技术。第 6~9 章介绍 ATM 网络技术, 包括 ATM 基本协议、交换和信令、VOA 技术以及和 ATM 密切相关的 SDH 的基本原理。第 10~13 章介绍和电信应用直接相关的 IP 技术和协议, 包括在电信网环境下的 IP 接入技术、VoIP 技术、媒体网关控制协议以及核心网中极为重要的 MPLS 技术。第 14~15 章则具体介绍基于软交换技术的电信网演进典型系统——SURPASS。其中, 第 1 章、第 10~15 章由糜正琨编写, 第 2~9 章由王文鼐编写。

由于软交换技术涉及面广, 尚处在发展之中, 且容许各厂商采用不同的实现方案, 因此本书只可能对共性的基本技术和协议进行介绍和分析, 在帮助读者理解和掌握各种软交换系统, 构思自己的网络演进方案。即便如此, 由于篇幅和时间有限, 有些很有用的协议还是没有能包含在内, 再加上作者水平有限, 书中难免有欠缺之处, 亟盼读者不吝指正。

在本书编写过程中, BISC 公司提供了 SURPASS 系统的相关资料, 张健和崔龙峰工程师就 SURPASS 的有关章节提出了宝贵的意见, 对于提高本书的完整性和实用性起了很大的作用, 在此表示衷心的感谢。

同时，本书编写自始至终得到人民邮电出版社编辑部门的热忱鼓励和帮助，在此也一并表示感谢。

作者
于 2001 年 10 月

目 录

第 1 章 电信网技术发展和演进策略	1
1.1 电信业务和技术的发展趋势	1
1.1.1 网络业务数据化趋势	1
1.1.2 网络技术分组化趋势	2
1.1.3 网络技术光纤化趋势	6
1.1.4 网络技术无线化趋势	11
1.2 电信网演进策略	12
1.2.1 网络结构演进	12
1.2.2 网络技术演进	15
1.2.3 网络业务演进	25
1.3 软交换技术	26
1.3.1 发展背景	26
1.3.2 网络体系结构	31
1.3.3 接口和协议	36
第 2 章 DSL 技术概述	38
2.1 引言	38
2.2 用户环路的组成结构	40
2.2.1 传统电话网的结构	40
2.2.2 用户环路的结构	42
2.2.3 用户环路规划设计的规则	44
2.3 DSL 的信号环境	48
2.3.1 铜线的传输损耗和容量	48
2.3.2 串扰和其它噪声	50
2.3.3 混合线圈和回波	52
2.4 常用的 DSL 信号处理技术	53
2.4.1 线路编码和调制技术	53
2.4.2 回波抵消	57
2.4.3 信道均衡	57
2.4.4 误码控制	61
第 3 章 高速数字用户线路(HDSL)	67
3.1 基本原理	67
3.1.1 线路编码技术	67
3.1.2 回波抵消技术	68

3.1.3	高速自适应滤波技术	69
3.1.4	HDSL 系统的体系结构	69
3.2	收发信机和线路码	71
3.2.1	收发信机的功能和线路码	71
3.2.2	HDSL 的性能目标	75
3.3	技术标准	77
3.3.1	HDSL 收发信机技术指标	77
3.3.2	扰码和解扰	78
3.3.3	HDSL 的帧结构	80
3.3.4	HDSL 的初始化过程	80
3.4	HDSL2	83
3.4.1	HDSL2 的参考模型和功能	83
3.4.2	HDSL2 的帧结构	85
3.4.3	初始化过程	87
第 4 章	ADSL	90
4.1	基本原理	90
4.1.1	ADSL 的基本体系结构	91
4.1.2	CAP/QAM 调制技术	93
4.1.3	DMT 调制技术	96
4.1.4	FEC 和间插技术	99
4.2	收发信机和线路码	102
4.2.1	DMT ADSL 的线路码和收发信机	102
4.2.2	CAP ADSL 的线路编码	105
4.3	技术标准	107
4.3.1	DMT ADSL 的技术标准	107
4.3.2	CAP/QAM ADSL 系统	121
4.4	子速率 ADSL	126
4.4.1	子速率 ADSL 的特点	127
4.4.2	子速率 ADSL 的规范	131
第 5 章	甚高速 DSL (VDSL)	134
5.1	VDSL 的应用环境	134
5.1.1	VDSL 的基本体系结构	134
5.1.2	VDSL 的串扰	136
5.1.3	射频干扰	137
5.1.4	速率和距离	139
5.1.5	频率分配	140
5.2	VDSL 的线路编码技术	141
5.2.1	CAP/QAM 方式的 VDSL	141

5.2.2	DMT 方法的 VDSL	145
5.3	VDSL 的标准	147
5.3.1	标准化组织和机构及其工作范围	148
5.3.2	VDSL 标准提案	150
5.4	CAP/QAM VDSL 的规范	153
5.4.1	参考模型	153
5.4.2	PMD 子层和 TC 子层	154
5.4.3	VDSL 的 OAM	157
第 6 章	ATM 网络协议	163
6.1	ATM 网络的基本概念	163
6.1.1	ATM 信元	164
6.1.2	ATM 网络的基本运行过程	165
6.1.3	虚信道连接和虚通道连接	166
6.2	ATM 协议参考模型	167
6.2.1	分层模型	167
6.2.2	多平面模型	172
6.3	ATM 层的功能和协议	174
6.3.1	ATM 信元格式和编码	174
6.3.2	UNI 的 ATM 层功能	178
6.3.3	ATM 层的交换	179
6.3.4	ATM 层的操作、维护和管理	181
6.4	AAL 层的功能和协议	182
6.4.1	AAL 的功能	182
6.4.2	AAL 服务类别和类型	184
6.4.3	AAL 类型	185
6.5	ATM 业务流量管理	194
6.5.1	基于连接的业务流量管理	195
6.5.2	基于逐个信元的管理	196
6.5.3	业务流量协定	198
第 7 章	ATM 交换和信令	202
7.1	ATM 交换原理	202
7.1.1	交换需求	203
7.1.2	空分交换和时分交换	203
7.1.3	数字交叉连接	204
7.1.4	交换织构	205
7.1.5	基本交换模块	207
7.2	ATM 交换技术和织构	210
7.2.1	时分交换织构	210

7.2.2	纵横式交换	211
7.2.3	Banyan 和 Delta 交换网络	213
7.3	UNI 信令	217
7.3.1	用户网络接口的信令体系结构	217
7.3.2	Q.2931 信令协议	219
7.3.3	信令适配	228
7.4	NNI 信令	232
7.4.1	公共信道信令和 B-ISUP	233
7.4.2	B-ISUP 的消息和参数	235
7.4.3	UNI 和 NNI 的信令互操作	238
第 8 章	ATM 话音(VOA)传送技术	243
8.1	VOA 基本原理	243
8.1.1	分组话音技术	243
8.1.2	VTOA 技术方案	247
8.2	话音编码技术	248
8.2.1	脉码调制 (PCM)	249
8.2.2	自适应差分脉码调制 (ADPCM)	251
8.2.3	低速率话音编码技术	252
8.3	适配技术	255
8.3.1	电路仿真 (CES) 的适配技术及规范	256
8.3.2	结构化 CES 的适配技术及规范	258
8.3.3	动态带宽电路仿真的适配技术及规范	261
8.3.4	经由 AAL2 的适配	264
8.4	信令互通技术	271
8.4.1	AAL1 中继的信令互通	271
8.4.2	AAL2 中继的信令互通	277
第 9 章	SDH 与 ATM 的接口技术	286
9.1	SDH 的基本原理	286
9.1.1	速率与帧结构	287
9.1.2	开销及其功能	290
9.1.3	同步复用和映射	293
9.2	SDH 与 ATM 的接口规范	296
9.2.1	ATM 信元的映射方法和需求	296
9.2.2	ATM 信元映射进入 VC-3/VC-4 的规范	297
9.2.3	ATM 信元映射进入 VC-12 的规范	297
9.2.4	ATM 信元映射进入 VC-4-Xc 的规范	298
第 10 章	IP 接入技术	300
10.1	IP 接入一般原理	300

10.1.1	IP 接入的功能要求	300
10.1.2	IP 接入网参考模型	302
10.1.3	IP 接入方式	304
10.2	PPP 协议	309
10.2.1	PPP 协议功能	309
10.2.2	PPP 帧封装结构	311
10.2.3	LCP	318
10.3	AAA 协议	323
10.3.1	AAA 网络结构	323
10.3.2	认证协议	324
10.3.3	RADIUS 协议	326
10.3.4	Diameter 协议	328
10.4	L2TP 隧道协议	330
10.4.1	网络环境和协议结构	330
10.4.2	消息格式和类型	332
10.4.3	协议操作过程	336
10.5	ADSL 宽带 IP 接入	339
10.5.1	IP over ADSL	340
10.5.2	ATM over ADSL	340
10.6	IPSec 安全协议	342
10.6.1	IPSec 体系结构	342
10.6.2	认证头 (AH)	349
10.6.3	封装安全载荷 (ESP)	350
10.6.4	密钥和安全协定管理	351
10.7	IP 数据流旁路技术	353
10.7.1	问题的提出	353
10.7.2	IP 数据流识别	356
10.7.3	IP 数据流旁路网络结构	358
第 11 章	IP 电话技术和协议	362
11.1	IP 电话关键技术和结构模型	362
11.1.1	IP 电话关键技术	362
11.1.2	IP 电话结构模型	368
11.2	RTP 和 RTCP 协议	371
11.2.1	协议设计思想	371
11.2.2	RTP 协议	372
11.2.3	RTCP 协议	377
11.3	H.323 系统技术和协议	383
11.3.1	系统概述	383

11.3.2	RAS 协议	387
11.3.3	呼叫信令协议	391
11.3.4	媒体控制协议(H.245)	402
11.4	SIP 系统技术和协议	408
11.4.1	SIP 系统概述	408
11.4.2	SDP 协议	411
11.4.3	SIP 协议	416
第 12 章	媒体网关控制协议 (H.248)	426
12.1	分离网关技术	426
12.1.1	分离网关基本思想	426
12.1.2	分离网关网络结构	428
12.1.3	网关控制协议	430
12.2	网关对象及其描述	431
12.2.1	连接模型	431
12.2.2	关联域	433
12.2.3	终端	433
12.3	终端特性描述语	435
12.3.1	概述	435
12.3.2	媒体描述	438
12.3.3	事件描述语	440
12.3.4	数字映像	441
12.3.5	信号描述	444
12.4	网关控制命令	445
12.4.1	H.248 命令集	445
12.4.2	事务通信方式	450
12.4.3	消息结构和传送	452
12.5	呼叫控制流程示例	456
12.5.1	初始化过程	457
12.5.2	呼叫建立过程	460
12.5.3	呼叫释放过程	472
第 13 章	MPLS 技术和协议	476
13.1	技术发展背景	476
13.1.1	IP/ATM 结合技术演进	476
13.1.2	重叠模型	480
13.1.3	集成模型	482
13.2	标记交换基本技术	485
13.2.1	一般路由技术	485
13.2.2	转发技术	488

13.2.3	控制技术	491
13.2.4	边缘设备	500
13.3	多协议标记交换	501
13.3.1	标记分配和分发	501
13.3.2	标记结构和标记栈	506
13.3.3	标记分发协议	511
13.3.4	VC 合并	515
13.3.5	环路检测和预防	517
13.3.6	多播	521
13.4	QoS 技术	524
13.4.1	综合服务	524
13.4.2	区分服务	528
13.4.3	MPLS 网络的 RSVP 实现机制	531
13.4.4	MPLS 网络的区分服务	533
第 14 章	Siemens 网络演进策略	538
14.1	概述	538
14.2	EWSD 超强节点	543
14.3	SURPASS 计划	548
第 15 章	SURPASS 系统	552
15.1	SURPASS 系统结构	552
15.2	hiA	558
15.3	hiG	564
15.4	hiQ	570
15.5	hiS	587
15.6	hiR	592
15.7	Net Manager	594
15.8	演进实施方案	596
15.8.1	网络演进方案	597
15.8.2	设备演进方案	600
15.8.3	业务演进方案	603
缩略语		608

第 1 章 电信网技术发展和演进策略

1.1 电信业务和技术的发展趋势

1.1.1 网络业务数据化趋势

自 1876 年贝尔发明电话以来,电信网始终是电话业务占主导地位,并以电话交换为主导技术。进入 20 世纪 90 年代后,电信网业务结构发生了极大的变化。全球传统电话业务的年增长率为 5%~10%,而数据业务的年增长率高达 25%~40%,呈指数式增长,特别是 20 世纪 90 年代中期以来,随着 WWW 业务的问世,IP 业务是每 6~12 个月翻一番,比著名的摩尔定律指出的 CPU 性能价格比每 18 个月翻一番的速度还要快 1.5~3 倍。预测至本世纪初,全球的数据业务量将超过电话业务量,将会出现电信业 100 多年来的一个历史性转折点:传统电话业务将成为副业,数据业务将为主业。在此背景下,各国大力投资扩建 IP 网络,增加其带宽,有效地提高了 Internet 传送质量,反过来又促进了 Internet 业务的发展和用户数的增长。至 2000 年全球 Internet 用户数已逾 4 亿,Internet 传送内容也从 E-mail 的低速率普通文本,到 Web 的包括图像的中速率数据,直至如网络游戏或影视等含活动图像的高速率信号。

由此可知,由于 Internet 的高速发展和成功应用,数据业务量不仅将超过电话业务量,而且已进入包括声音和图像在内的多媒体通信领域,传统的电信网和计算机网壁垒分明的界线已被打破。网络业务数据化发展趋势对电信网技术的发展带来了深刻的影响。

1.1.2 网络技术分组化趋势

1. 分组通信技术特点

众所周知,在通信网上有三大交换技术:电路交换、报文交换和分组交换。历史最为悠久、目前广泛应用于公众电话网(PSTN)的就是电路交换技术,它的基本特点是为通信双方固定分配一条具有固定带宽的通信电路,在数字网中电路带宽为 64kbit/s。一次通信包括三个过程:建立电路、通话和释放电路,其中电路建立和释放需要信令的支持。通常将基于电路交换技术的通信网称为电路交换网(SCN-Switched Circuit Network),它包括模拟和数字的固定电话网和移动电话网。SCN 的特点是可以保证为用户提供足够的带宽,从而确保低时延、低失真的实时通信服务质量(QoS)。其缺点是网络带宽利用率不高,一旦电路被建立后,无论用户是否处于讲话状态,分配的电路始终被占用。

这一问题对于数据通信来说尤为严重,因为数据通信和话音通信有完全不同的特性和要求。首先,数据通信具有很强的突发性,表现为在短时间内会集中产生大量的信息。突发性的定量描述为峰值比特率和平均比特率之比,对于一般的数据传输,突发性可高达 50;对于文件检索和传送,突发性也可达 20。如果采用电路交换,若按峰值速率分配电路带宽,则会造成资源的严重浪费,若按平均速率分配带宽,则会造成大量数据丢失。其次,在数据通信中,大量的数据终端为计算设备,其速率相差很大,而电路交换只能定义若干种标准带宽的电路,因此很难用有限类型的电路将不同类型和速率的数据终端有效地连接起来。另外,一般数据通信的基本要求是数据无差错地传送到对端用户,而对于传送时延则无严格的要求。由于以上原因,在数据通信中没有必要为通信双方事先分配一条独占的电路,而可根据用户的要求和网络

可提供的带宽，动态分配带宽，将突发数据按选定的路径逐个节点地接力前传，数据在每个节点的缓冲区中暂存。这就是分组交换的基本思想。

分组交换技术有两大要素，一是采用长度受限、结构统一的分组作为数据传输的基本单元。每个分组的头部带有地址、序号、校验码等信息，供节点作检错校错、排队、选路等处理，数据部分则透明传送。二是采用存储转发机制。每个节点首先将前一节点送来的分组收下来，暂存在缓冲区，然后根据分组头部中的地址信息选择适当的链路将其发送至下一节点。由此可见，同一链路在不同时刻可以传送不同通信会话的数据，这被称为网络资源的统计复用，这是分组交换和电路交换的最大不同之处。

至于报文交换，系源于电报通信，其最大的贡献在于提出了存储转发的概念。其传输单元为整个报文，由于报文长度差异很大，长报文可能导致很大的时延，且缓冲区分配也较困难，因此应用范围极其有限。分组交换在此基础上，采用了较小的分组进行传输，在性能和效率方面获得了较好的平衡，从而得到广泛的应用。

2. ATM 技术

分组交换网问世以后，一个很自然的想法就是能否将它和电话交换网合并成一个网络，向用户提供统一的服务。这就是原 CCITT 于 20 世纪 80 年代提出的综合业务数字网(ISDN)的概念。但是其基本设计思想仍然是以电路交换为基础的，传输则是以固定带宽的 B 信道为基础的，因此常称其为基于 64kbit/s 的 ISDN，或窄带 ISDN(N-ISDN)。在该网络中，虽然可以同时传送话音信号和分组数据，但是实际上是以叠加方式实现业务综合的，话音信号仍然以 PCM 形式和电路交换方式传送，丝毫未涉及分组技术。正因为如此，ISDN 未能赢得很好的市场。

20 世纪 80 年代末，原 CCITT 提出了宽带综合业务数字网(B-ISDN)的概念，它不是简单的 N-ISDN 的带宽提升，而是采用了一种全新的技术——异步传送模式(ATM)。ATM 综合了分组交换和电路交换的优点，以统一的方式对话音、数据和视频信息进行交换、传输和处理。

ATM 是一种新型的快速分组交换(FPS)技术。它利用虚信道(VC)和虚通道(VP)的概念完成多路信息的交换接续，既具有电路交换的高速性和信息时序的完整性，又具有分组交换的网络资源利用高效性。ATM 采用异步时分(ATD)复接的统计复用技术，允许各个连接根据需要动态占用信道资源，支持变速率业务和动态带宽分配，以获得可观的统计增益。ATM 采用固定长度的短分组——信元作为各种业务和各种速率信息统一的传送载体，实现了真正的业务综合，而且信元交换由硬件实现，转发时延小，可支持高性能的实时通信。

由此可见，在 ATM 网络中，所有媒体信息，包括话音和图像在内都以分组的形式在网络中传送和交换，它的一个重要特点是有完备的机制保证多种业务的 QoS。首先，ATM 是一种面向连接技术，从这一点来说，它和电路交换很相似。在通信开始之前，必须根据用户的需要，建立起一定带宽的连接。所不同的是，该连接不是独占某个物理通道，而是和其它连接统计复用某个物理通道，因此称为虚连接(VCC 或 VPC)。ATM 有一整套完备的信令协议，支持 VC 和 VP 的建立、修改和释放，这些信令协议的基本思想和 N-ISDN 信令类似。和分组交换一样，ATM 中也有半永久和永久虚连接，这类连接的建立不需要信令支持。其次，ATM 定义了完善的业务量管理机制，包括呼叫接纳控制、使用参数控制、网络拥塞控制等。它对业务进行分类，采用“合约制”对用户发出的流量进行管制，并根据网络资源的可用性决定是否允许用户发起呼叫，藉此确保每个通信用户都能获得所需的带宽和服务质量。另外，ATM 还针对不同的业务类型定义了相应的适配层功能，规定了各类业务信息的复用和封装方法，以传送端到端通信必须的同步、时序、差错控制等信息。

尽管 ATM 性能几乎是无懈可击，技术标准严谨，电信制造业和运营业倾注了极大的热忱，曾被公认为 B-ISDN 的最佳传送方式。然而多年来 ATM 网络和设备的发展却一直处于徘徊状态，B-ISDN 的市场接受率更为减退，被认为是一定会实现的理想化的解决方案。

从技术上分析，ATM 确实有一些不足之处。一是端用户接入比较复杂，它沿用 N-ISDN 的网络结构，需要宽带网络终端和宽带终端适配器，这些设备不但昂贵，而且需要专业人员安装和维护。二是其信令协议和网络协议过于复杂，虽然能够提供确保的 QoS，但是实现成本高，开发周期长，并直接影响网络的可扩展性。另外，ATM 标准还缺乏有效的应用编程接口(API-Application Programming Interface)，ATM 网络基本上仍然是一个由电信运营集中管理的封闭式网络，这就限制了新业务的开发和市场的拓展。凡此种制约了 ATM 技术的实际应用，尤其是原先作为重点应用研究的 ATM 话音和电话传送(VTOA-Voice and Telephony over ATM)也未见市场应用。这就是 ATM 面临的困惑。近年来，ATM 的主要用途是作为高带宽的骨干网络技术，且大多是提供半永久连接。以后随着高速路由器和光传送网的发展，ATM 将逐步退出骨干网，主要凭借其良好的 QoS 能力，应用于多业务的综合接入。

3. IP 技术

与此同时，进入 20 世纪 90 年代以来，以 TCP/IP 为核心协议的因特网(Internet)却在全球范围内以惊人的速度获得了超乎寻常的发展。Internet 是在 ARPANET 基础上发展而成的分布式广域计算机网络，长期以来局限用于数据通信。其主要应用是文件传送和电子函件(E-mail)，主要应用市场是北美，主要应用领域是教育科研和政府部门。它的高速发展主要归功于 20 世纪 90 年代中期公开推入市场的 WWW 应用。WWW 的快速便捷和丰富的信息含量使 Internet 迅速进入企业和家庭，引起各国政府和全球各个行业的广泛重视。

从技术上分析，IP 的最大优势是已经具有一个全球统一的网络，该网络具有统一的网络层和运输层协议，可以连接世界上任何一个地点不同类型的终端，国家与国家、地区与地区之间不存在网络互通问题，因此在这样一个网络平台上实现全球信息通信是现实的。其次，IP 接入非常简单，除了通过局域网或专线接入外，家庭用户通过 modem 就可拨号上网，该 modem 即插即用，十分简捷方便。另外，和电信网不同，IP 网是一个开放式网络，网络层对于所有业务信息都是透明的，信息加工和处理均由终端完成。终端实际上就是具有不同程度智能的计算设备，计算机厂商提供了许多使用方便的 API，可供用户根据需要开发自己所需的业务。尤其是基于 IP 上传送话音(VoIP-Voice over IP)技术的 IP 网络电话的成功应用，使 IP 技术不但是数据通信中的主导技术，而且也成为实时通信中富有挑战性的技术。

需要指出的是，虽然 IP 和 ATM 都采用分组技术，但是两者却有极大的差异。ATM 是一种面向连接技术，它继承了电路交换的思想，在通信过程中按照一定策略保证该带宽不被其它用户侵占。定义的协议和机制十分完备，业务的 QoS 能够确保。而 IP 却是一种无连接技术，它丝毫没有电路交换的痕迹，对于每个分组均根据当时网络的状态独立地选路，一个通信过程中的各个分组一般说来会走不同的路线，经历不同的时延。也就是说，IP 网络的简单性和开放性是以降低其 QoS 保证为代价的。由于其初衷只是提供数据服务，因此只提供一种称之为“尽力而为”(best effort)的服务，这对于话音和视频等实时通信业务来说显然是不够的。如何提高 IP 分组通信的质量，在 IP 网络上实现包括话音和视频业务在内的多业务通信，这是当前 IP 领域的一个研究热点。

因此，可以说 ATM 是一个技术驱动型标准，技术完美，标准完备，但缺乏市场和应用。IP 则是一个市场驱动型标准，虽然尚待改善，尤其是在支持多业务应用方面尚有许多待研究的课题，但是已经赢得了巨大的市场，并成功地进入电信应用领域。通信网络分组化发展趋势指的就是以 IP 为核心的分组网络技术。

1.1.3 网络技术光纤化趋势

IP 属于网络层技术，其目标是实现以 IP 为基础协议的融合的通信网络，它的开放性和灵活性有利于异质网络的互连互通和多种媒体业务的应用，但是 IP 本身并不能提供宽带网络资源和性能，传统的路由选择都由软件完成，转发速度有限。因此，要实现能支持实时电信应用的宽带 IP 网络必须依靠高速有效的链路层技术和物理层技术的支持，尤其是光纤基础传输网的部署是确保 IP 分组高速传送和 IP 网络 QoS 的重要基础。

IP 网络链路层和物理层技术的宗旨就是选择合适的机制高速传送 IP 数据包，要解决的问题是 IP over X？已提出的技术主要有 IP over ATM、IP over SDH 和 IP over DWDM。

1. IP over ATM

由于 IP 是基于软件路由的网络层技术，适于开放式互连，ATM 是基于硬件交换的链路层技术，适于快速转发，因此一个自然的想法就是在 ATM 上传送 IP 的 IP over ATM 技术，它将路由和交换技术结合起来，提高 IP 网络的性能。

首先提出的是 IP/ATM 重叠模型。它通过服务器配置和地址解析协议确定 IP 数据包下一跳的 ATM 地址，然后据此建立 ATM 连接，再将 IP 包分拆装入信元，在已建连接上快速传送。由于此模型涉及网络层和链路层两套地址、协议和标准，实现复杂，扩展性差，只能用于企业网和小规模网络。但是它定义的如何将 IP 分组映射进信元的规则被各种网络广泛应用。

其后又提出了 IP/ATM 集成模型。其基本思路是网络控制采用 IP 协议，数据转发采用 ATM 交换机制，两者结合构成新的网元——标记交换路由器(LSR)。特别是拓扑驱动的系统，ATM 交换路径可以预先建立，除了边缘路由器需配备额外的控制功能外，核心路由器的功能相对来说十分简单。这种方案充分利用 IP 和 ATM 的各自优势，实现选路与交换技术的优化组合，又可避免使用复杂的 ATM 信令，因而是一种很有前景的 IP 骨干网技术。其典型技术标准就是 IETF 制订的多协议标记交换(MPLS)技术。本书第 13 章将对此予以详细讨论。

以集成模型为主的 IP over ATM 技术适于多业务应用环境，能支持对 QoS 要求较高的 IP 业务，并易于支持 VPN。

2. IP over SDH

上述 IP over ATM 技术的最大问题是带宽利用率低。它需要将 IP 包进行适配封装，然后分拆成信元净荷，再加上 ATM 信头，最后将信元装入 SDH 的净荷封包。众所周知，ATM 信头要占整个信元 10% 的开销，当信元不能完全充填时效率更低。据统计，约有一半的 IP 分组为 40 或 44 字节，加上适配等开销字节，必须用两个信元才能封装，其带宽利用率不到 40%。按目前 Internet 骨干网分组长度分布平均计算，ATM 开销约要占 25% 左右。此外，随着 SDH 速率的提高，ATM 信元拆装的技术复杂性和成本也大为提高，直接影响网络带宽的提升。

因此，IETF 又提出了按原始格式将 IP 分组直接装入 SDH 净荷区的 IP over SDH 技术，在北美又称为 SONET 上传送分组(POS-Packet over SONET)技术。

IP over SDH 采用 IP/PPP/HDLC 三层封装帧结构，如图 1.1 所示。首先，在 IP 数据包外面加上 PPP 封装，指明内部是 IP 分组，然后再加上 HDLC 封装，提供帧差错控制功能，解决帧定界问题，最后将此 HDLC 按字节同步方式装入 SDH 的净荷区。ITU-T 定义了与此类似的专门用于 IP over SDH 的 LAPS 链路层规程，进一步简化了开销字段。