

糜正琨 王文鼎 编著

中国通信学会主编 人民邮电出版社

软交换技术与协议

通信工程丛书



通信工程丛书

软交换技术与协议

糜正琨 王文鼎 编著

中国通信学会主编·人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

软交换技术与协议/糜正琨, 王文鼎编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2002.7

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 王文鼎

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

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张: 20.25

字数: 528 千字

2002 年 7 月第 1 版

印数: 1-4 000 册

2002 年 7 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

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。

14 922-08

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有关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作者所在单位——南京邮电学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 章由王文鼎编写。

由于软交换技术涉及面广, 尚处在发展之中, 且允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, 以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 语音(VOA)传送技术	243
8.1	VOA 基本原理	243
8.1.1	分组语音技术	243
8.1.2	VTOA 技术方案	247
8.2	语音编码技术	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	低速率语音编码技术	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