

YIBU ZHUANYI MOSHI
—ATM JISHU JI YINGYONG

异步转移模式 —ATM 技术及应用

汪齐贤 冯玉琨 主编

中国铁道出版社



411249

异步转移模式 ——ATM 技术及应用

汪齐贤 冯玉珉 主编



中国铁道出版社

1998年·北京

(京)新登字 063 号

图书在版编目(CIP)数据

异步转移模式:ATM/汪齐贤,冯玉珉编著. —北京:中国铁道出版社,1997.10

ISBN 7-113-02827-6

I. 异… II. ①汪… ②冯… III. 非同步传输-宽带通信系统-概论 IV. TN914.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 25873 号

异步转移模式——ATM 技术及应用

汪齐贤 冯玉珉 主编

中国铁道出版社出版、发行

(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑 黄成士 封面设计 薛小卉

各地新华书店经售

北京彩桥印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:14.25 字数:313 千

1998 年 5 月 第 1 版 第 1 次印刷

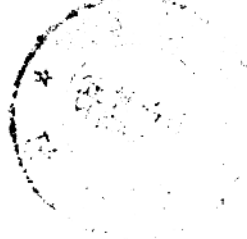
印数:1—2000 册

ISBN7-113-02827-6/TP·278 定价:25.00 元

内 容 简 介

ATM 网络作为信息高速公路的重要通信方式,是目前通信领域开发与研究的热点,正引起全球性关注。本书较系统地介绍及综述了 ATM 技术的原理、协议、接口及应用,主要包括:宽带综合通信网发展,ATM 原理,参考协议模型,接口技术,ATM 交换技术及复用技术,ATM 网络信令系统,业务量及拥塞控制,网络运行管理及维护,多媒体业务及运用,现有网与 ATM 网的互通及过渡策略,ATM 网络工程等。

本书综合了国内外 ATM 网络研究与发展现状,内容较为丰富,取材力求新颖,可供从事信息和通信、计算机专业开发与研究的技术人员阅读与参考。本书强化了逻辑性、实用性,也可作为大专院校信息和通信或计算机专业本科生、研究生和有关培训班的教材或参考书。



前 言

现代电信网络的发展,面临多种业务的需求及激烈的竞争,最引人注目的是光纤技术,多媒体技术及异步转移模式(ATM)。这三种技术的结合,对现代电信网络发展与更新换代产生了强烈影响,也推动了信息技术的发展与变革,促进了“信息高速公路”(国家信息基础设施 NII)的建设,从而受到全球性的关注。

ATM 采用异步时分复用技术,以固定长度(53 个字节)的信元作为基本单位进行传输与交换。ATM 网络提供高带宽、低延时,VP/VC 复用,动态带宽适配,先进的拥塞控制与差错控制等网络技术,支持多种信息媒体对不同速率、延迟、突发量、差错率与丢失率等的服务质量(QOS)的需求,是迄今为止适应多媒体业务传输与交换的最佳网络技术,因而在广域网(WAN)与局域网(LAN)受到普遍重视,成为通信及计算机领域研究与讨论的热点。

从标准化观点看,国际电信联盟(ITU)及 ATM 论坛等标准化组织,已制定和正在开发 ATM 的有关规范,ATM 技术正在逐渐达到成熟。I. 121 建议确定了 B-ISDN 总框架并选定 ATM 作为 B-ISDN 的目标传输与交换模式。近年来许多网络公司及电信设备厂商已研制出不少 ATM 交换设备,并开展了相应的宽带网实验,进一步推动了 ATM 网络标准化及实用化进程。由于 ATM 可以在现有准同步及同步传输系统上独自发展,因此专家们普遍认为 ATM 技术可先于

B-ISDN 采用,并提出了由现有网向 ATM 网过渡具有建设性的策略,以满足日益增多的多媒体业务的需求。综上所述、ATM 已成为通信及计算机网络领域研究与开发的热点,是当代发展的一种崭新的组网技术。目前国内有关论述 ATM 技术的专著尚不多见,为了推动国内 ATM 技术的发展,满足广大科技及工程技术人员的需求,在作者多年从事网络研究,教学及实践基础上编写了本书。

本书综合了国内外有关 ATM 网络研究与发展,取材新颖,加强了系统性及实用性。可作为大专院校通信与计算机专业的教材,以及科技及工程技术人员的参考资料。为了便于阅读与理解,本书强化了系统性与逻辑性,内容深入浅出,突出重点与难点,并附有参考文献以供读者查阅。

本书共分十四章,每章相对独立。第一章论述了宽带综合通信网,侧重于现代数字传输网及 ISDN 网的特点与演变;第二章介绍了现代数据通信网特点及发展,包括分组交换网,帧中继,以及局域网技术,如传统局域网、高速交换以太网、FDDI 网等及其演变;第三章介绍了 ATM 基本原理,逐步引入 ATM 原理及初步概念;第四章分析了 ATM 协议模型、ATM 层及 ATM 适配层协议、物理层功能、接口与映射方式;第五章阐述了 ATM 交换原理,交换方式及多种交换结构;第六章介绍了 ATM 网络信令系统,信令结构及规程;第七章分析了网络参数(NP)及服务质量(QOS);第八章介绍了 ATM 网络业务量管理及拥塞控制方法;第九章论述了 ATM 复用原理及复用方法;第十章介绍了 ATM 网络运营管理及维护(OAM);第十一章介绍了基于多媒体业务类型、特点和应用;第十二章分析了 ATM 网络与现有网络间的互通及协议结构;第十三章介绍了现有网向 ATM 网过渡策略,接入网

结构及配线方式;第十四章介绍了 ATM 网络工程及运用。

本书由汪齐贤教授和冯玉珉教授主编,谢宏讲师和郭宇春讲师参加编写。其中第二、四、十二、十三及十四章由汪齐贤编写;第一、五、九、十一章由冯玉珉编写;第三、七及八章由谢宏编写;第六章及第十章由郭宇春编写。

作者通过多年科研、教学与实践加以总结提炼,并不断跟踪国内外 ATM 的有关论著编写了本书。但由于作者水平有限,加以电信与计算机网络技术发展迅速,ATM 技术仍在发展和不断完善之中,书中难免有不妥及疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

1997 年 7 月

目 录

第一章 宽带综合通信网概述	1
1.1 引 言	1
1.2 综合业务的进展	2
1.3 宽带综合业务数字网(B-ISDN)	8
1.4 ATM 技术的引入	14
第二章 现代数据通信的发展	16
2.1 引 言	16
2.2 网络体系结构	20
2.3 现代数据通信网的发展	26
2.4 局域网的发展与演变	34
第三章 ATM 基本原理	44
3.1 ATM 的目标	44
3.2 ATM 信元结构	45
3.3 ATM 网络基础	46
3.4 ATM 交换与交叉连接	48
3.5 净荷大小的选择	52
3.6 ATM 实质	53
第四章 ATM 协议	55
4.1 引 言	55
4.2 B-ISDN 协议分层模型	59
4.3 物理层(PHY)	62
4.4 ATM 层	72

4.5	ATM 适配层(AAL)	81
第五章	ATM 交换系统	95
5.1	ATM 交换功能要求	95
5.2	ATM B-ISDN 协议参考模型的三个 平面考虑	98
5.3	输入模块(IM)	102
5.4	输出模块(OM)	107
5.5	连接允许控制(CAC)	110
5.6	ATM 信元交换基本原理	116
5.7	空分结构	126
第六章	ATM 信令系统	142
6.1	B-ISDN 信令规程结构	143
6.2	信令 ATM 适配层(SAAL)	146
6.3	用户网络接口(UNI)信令	154
6.4	网络节点接口(NNI)信令	169
6.5	UNI 信令与 NNI 信令的互通配合	190
第七章	网络参数与业务质量	192
7.1	引 言	192
7.2	关于业务质量(QOS)与网络性能参量(NP)	192
7.3	关于质量的基本性能参量与派生性能参量	194
7.4	具体质量参数	197
7.5	确保 QOS 的方法和策略	203
第八章	业务量控制与拥塞控制	217
8.1	引 言	217
8.2	业务量协商(Traffic Contract)	218
8.3	业务量控制	223
8.4	拥塞控制	244

8.5 业务量工程	258
第九章 ATM 统计复用	269
9.1 ATM 复用基本概念	269
9.2 ATM 复用的主要技术问题	274
9.3 优先级概念	280
9.4 ATM 复用排队模型的分类简介	283
9.5 ATM 复用模型	286
9.6 ATM 复用性能分析	289
9.7 典型多媒体信息统计复用策略	293
第十章 ATM 网络的运行管理维护(OAM)	296
10.1 OAM 流量参考体系	297
10.2 OAM 信元格式	299
10.3 ATM 网络故障管理	302
10.4 ATM 网络性能管理	308
10.5 ATM 网络配置管理	316
10.6 ATM 网络计费管理	317
10.7 ATM 网络保密管理	318
10.8 ATM 网络业务量管理	319
第十一章 基于 ATM 的多媒体业务及其应用	320
11.1 关于多媒体通信业务	320
11.2 ATM 网的多媒体信源特征	327
11.3 视像业务	336
11.4 语音和数据 VBR 业务	342
11.5 多媒体应用	344
第十二章 ATM 网与现有网互通	356
12.1 ATM 与帧中继网互通	356
12.2 ATM 网与局域网互通	361

12.3	B-ISDN 与 N-ISDN 互通	364
12.4	ATM 网与城域网(MAN)互通	377
第十三章	现有网向 ATM 网过渡策略	382
13.1	引 言	382
13.2	向 ATM 过渡与互通涉及的若干问题	383
13.3	向 ATM 网络过渡策略	388
13.4	宽带接入网技术	392
13.5	用户设备访问 ATM 网策略	401
第十四章	ATM 网络应用	408
14.1	引 言	408
14.2	ATM 网络设备	409
14.3	ATM 局域网工程	418
14.4	ATM 广域网工程	428
缩写词语		433
参考文献		442

第一章 宽带综合通信网概述

1.1 引言

长期以来,传统通信网都是针对某一单项信息媒体通信业务而设计的。因此相继出现了不同类型的分立通信网。如持续将近 80 年的模拟电路交换电话网(PSTN),至今承载着世界各国最为普遍的大量电话业务。由于计算机及数据通信的发展,从出现调制解调器(MODEM)以来,又可利用电话网传输低速数据,很长一个时期中,已是一个相当普遍和方便使用的通信环境条件,并从起初的几十波特电报数据进展到今天可以在 4kHz 语音信道支持 28.8kb/s,甚至 56kb/s 的数据传输。

PSTN 电路交换及 MODEM 能力限制了突发性数据传送。60 年代开始产生的分组数据交换特别是分布交换系统,作为典型的分组交换网,是利用 PSTN 租用链路来支持 56kb/s 或 64kb/s 数据流,但其提供差错控制和流控功能的协议复杂限制了分组交换网的吞吐量,并增加了网络延迟,此种情况下的分组数据的延迟高达 50~100ms。

致力于通信发展的科技专家们曾经试图以分组交换方式传送语音信号,由于分组数据与语音传输对于传输与控制机制以及质量要求有明显不同,因此分组交换语音存在着不少突出问题,诸如:

(1)传统的分组数据协议如差控与流控用于保证分组数据的可靠传递,但限制了吞吐量增加了分组包延迟,而语音则

对差错与信息丢失要求不高,但对延迟及延迟抖动敏感。

(2)端到端传输延时为实时性语音带来极大不便

- 在编码语音若需按一定格式组包产生“打包”延时;
- 在各交换节点随机排队延时;
- 在各交换节点的分组处理延时;
- 为了在接收端对各种排队延时进行补偿而导致缓冲延

时。

(3)延时与信息丢失情况下的语音信息恢复困难。

(4)适于数据的流控机制并不适于语音。

虽然存在上述诸多难度较大的问题,但对现有数据通信的协议及分组交换技术进行修改,实现分组交换语音尚有可能达到令人满意的语音传输质量。

本书将介绍的异步转移模式——ATM (Asynchronous transfer mode)——就是针对分组交换不适于语音的上述主要问题,统一考虑分组交换、复用及传输模式,并作为宽带综合业务数字网的传输目标,适于各种媒体的综合——多媒体业务,ATM 将以优越的性能支持语音、图像及数据业务。

1.2 综合业务的进展

上面我们浏览了传统的 PSTN (模拟电路交换电话网)和分组交换数据网,并拟将传统的 PSTN 语音业务搬入分组网遇到的问题,作为问题的提出。以便产生一个既体现两种网型优点,而又避开各自不足而产生一个更为先进的转移模式——ATM。这就涉及到向宽带综合业务网演化的新技术体制研究。为此首先需要解决的是:数字技术的支持能力,支持语音业务的分组交换的可行性。另外,在实验分组式语音中,要认证对于分组交换延时敏感性语音信息的可行性。于是这些

问题的解决过程则波及到公用交换电话网 PSTN 的变革。目前数字技术正在提高网络性能与业务支持能力,特别是数字程控交换机及数字传输设备逐步取代了相应的模拟体制——综合数字网(IDN)的产生,其“综合”含义是指数字交换和数字传输的有机合成,这在成本性能上是个显著的进取。这样使之进一步在这单一网络上提供各种数据业务将成为可能。IDN 可以支持附加的数据业务与分组交换,并且将进发到以一个单一数字网来提供更为广泛的种种语音和数据业务。“综合业务数字网(ISDN)”较 IDN 能综合语音与数据而言,又产生了一个质的飞跃。这里介入“综合业务”是指能综合不同的业务,即通过一个公共用户网络接口来使网络提供各种不同类型的信息媒体——支持包括声、像、图、文、数据等多媒体信息业务。

1.2.1 综合数字网

随着电子业发展,固态电子器件越来越可靠与便宜。自 50 年代末期实现数字传输技术以来,至今有着日新月异的发展进程。人所共知,数字传输具备种种优点,如:

- 抗噪声性能强——通过数字中继再生及差错控制以及最佳检测等手段大大提高通信的可靠性;
- 容易方便的接入信令;
- 便于采用大容量复用传输,大大提高通信的有效性;
- 监视与维护简单,容易长时间保持其传输性能;
- 数字化语音信息可在网上实现计算机处理与存储,就是说,可以进行各种压缩编码,适于不同传输环境及应用目标。同时由于存储的功能,尚可在通信网上实现语音提示、报警及语音邮箱等业务,虽然普遍需要实时通话方式,但是由于语音数字化处理技术的深入发展,数字语音处理业务正在逐

步把人们带入到更为广阔应用领域。

数字传输,多半用于实施语音通信,如基带 PCM 传送 24 个或 30 个话路的数字语音。而近代的发展,形成数字网是数字化之后通信的又一质的飞跃。如 T1 载波或 E1 载波,分别以 1.544Mb/s 或 2.048Mb/s 的传输线路承载 24 路或 30 路“时分复用”(TDM)语音信息,并用以各提供 64kb/s 速率的优质话音。现今已开发应用到各种高次群、超群的复用传输,乃至上万条话路复用一条光纤传输链路。

IDN——数字交换与传输综合的进程始于 70 年代中期,并首先采用了数字电子式交换系统取代电话模拟交换。利用模拟传输的方式,模拟交换在局间中继采用模拟话带频分复用(FDM),在串联交换时,就必须进行解复用(分路)/解调,然后再通过空分交换方式,之后再行复用与调制。这样,长途通信需经过一系列的交换与上述处理,不但增加了转接设备成本,而且大大积累了噪声。在采用数字传输后,但仍使用模拟交换的期间,在交换机尚需模/数转换,仍然增加了投入费用,并且质量降级也自然会发生。

只有交换与传输均完成数字化之后,在数字交换机才无需如上述模拟交换时必须进行的复用/解调与再复用/调制那种处理过程。数字时分复用(TDM)与数字时分交换一体化运行,大为简化了整个传输系统,并大大改进了通信性能。在世界各国应用最广泛且业务量最大的公用交换电话网 PSTN 向 IDN 进发,特别是局间设备的 IDN,具有更大的经济意义及社会效益。

现在国内外数字化、综合化已是世界通信发展目标的主要组成部分。不用几年我国与其他科技先进国家一样,将实现全程全网的传输与交换的全部数字化。

1.2.2 综合业务数字网

上面介绍的 IDN 主要旨在实现话音通信的全网数字化,接着的发展目标是为了最大限度利用数字基础信息设施,而将数据业务综合到 IDN,然后再进展为 ISDN(综合业务数字网)。这种构思早在 70 年代初就提出来了,到 1984~1988 年 ITU-T 的研究期内,研究与开发并陆续颁布了 ITU-T 多个系列建议标准,表明了 ISDN 的真正确立,并从此有了一个长足发展,但开始数年又是曲折的发展历程。

ISDN 初级阶段以窄带为先导(N-ISDN),至今它在经历了一个徘徊阶段后,世界各国近几年均争相敷设。我国从“七五”开始试验,“八五”已进行推广,进入“九五”之后,各省市、各部门拟普遍使用 N-ISDN,并逐步开办各种新业务。然而,它又面临着迅速发展的互连网(Internet)的挑战。

ISDN 概念包括如下特征:

- 端到端数字连接;
- 开办应用范围广阔的话音与非话业务;
- 严格的用户—网络接口(UNI)标准。

借助于分组交换子网,ISDN 在处理能力上将会增强,而分组交换子网将和电路交换网分开。IDN 的能力最后增强到可以提供诸如数据传真(如 G4、G5 即四类、五类传真机),图文广播(teletext),可视图文(videotex),以及视听多媒体会议(teleconferencing)和多媒体可视电话(videophone)等。这些可能广泛的应用正在世界范围内推广的新技术、新业务,可以统称为窄带(不大于 2 Mb/s 速率)多媒体业务,包括视听业务及数据(data)和远程信息业务(telematic)。

因此,ISDN 的目标是通过一套公用的标准接口,针对上述那些业务,对用户实现综合接入。

ISDN 各种接口是基于 ISDN 以下各类信道配置的:

- 用于用户信息接入 64kb/s 的 B 信道;
- 用于用户信息和用户信令接入的 16 或 64kb/s 数据信道,即 D 通道;
- 384kb/s 速率的 H0 信道;
- 1.536Mb/s 速率的 H11 基群(T1)信道;
- 1.920Mb/s 速率的 H12 基群(E1)信道。

上列 64kb/s 基本话路速率是基于 PCM-A 律或 μ 律,以 4kHz 话音带宽,以 8kHz 抽样速率,每量化样本编成 8bit 码字,这样构成一个标准数字话路(时隙)64kb/s。

从以上给出的各种用户标准信道,ISDN 的关键部分是用户—网络标准接口。从概念上来说,接口将用户接入到数字通路,而此类接口或通路容量,可由任何类型的业务量或几种信息媒体组成的混合业务量来充实。在网络范围内,不同类型的业务量相互分开,并由切当的业务特定的子网予以处理。如图 1.1 所示。现行 ISDN 标准规定了两类用户接口:

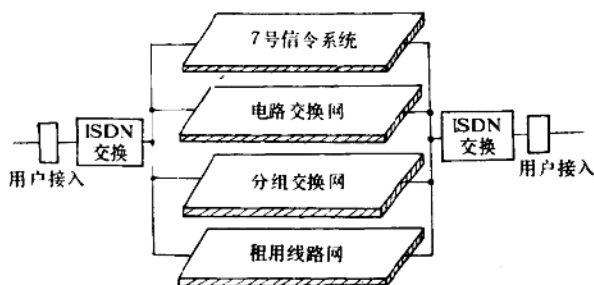


图 1.1 ISDN 网中的综合用户接入到业务特定子网

144kb/s 基本速率接入,即 $2B + D = 64\text{kb/s} \times 2 + 16\text{kb/s}$
——两个 B 信道和一个 16kb/s 的数据、信令信道;