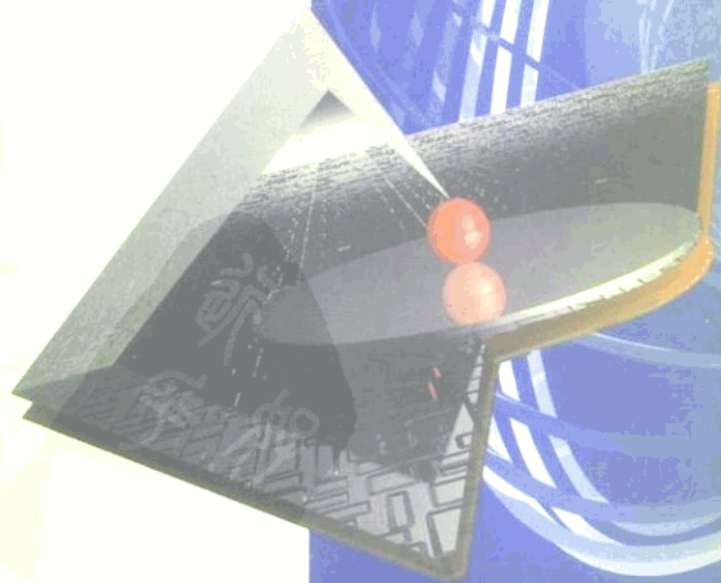


段 强
孙 栋 编著

ATM 技术

电信高技术普及丛书 / 邮电部科学技术司主编



丛书前言

在世纪之交,中国通信事业面临着机遇和挑战。经济增长、社会发展、人们物质生活及精神生活水平的提高对通信提出了更新、更高的要求。满足社会对通信的需求成为国民经济发展的重要任务之一,也是通信工作者的光荣职责。

目前全国正在贯彻落实邓小平同志关于“科学技术是第一生产力”的思想和科教兴国的战略方针,我国通信发展也确立了“依靠科技进步,促进通信发展”的方针。立足高起点,采用新技术,用先进设备装备通信网是目前发展通信的重要任务。通信发展要依靠科技,科技进步要依靠高素质的通信人才,因此,大力提倡广泛地学习科技知识,加强企业的科学普及工作,真正使科学技术服务于企业的发展。

邮电部科学技术司和人民邮电出版社应广大电信职工和管理干部的要求,共同组织科技工作者、院校教师、企业工程技术人员编写这套电信高技术普及丛书。该丛书主要涉及程控交换、光纤通信、移动通信、数据通信、卫星通信、7号信令网、数字同步网、电信管理网、智能网、综合业务数字网等。目的是帮助广大通信工作者学习、掌握电信高新技术,为建设一支整体素质好、管理水平高、专业技术精、业务能力强的通信职工队伍服务。

为了跟踪世界通信高技术的发展,满足读者多方面的要求,希望广大读者提出宝贵意见,以便出好这套丛书。

邮电部科学技术司

1996年3月

前 言

随着信息时代的到来,人们对各种信息的需求越来越大。为了适应信息传递的要求,各种通信网络纷纷出现,如电话网、X.25、FDDI 以及 DDN、以太网、令牌环等,这些网络或以传递话音为己任,或为传递数据而设计,各具特色。但是,国家信息基础结构(NII)的提出,各种多媒体应用的出现,要求通信网络不仅能够传递单一特性信息,而且还要将话音、数据和图像等大量信息同时传递。显然,现有任何一种通信网络都不能胜任这一要求,通信网络技术仅靠修修补补已不能满足社会发展的需求。宽带综合业务数字网(B-ISDN)的出现解决了这些问题,实现了多种业务在同一网络中的综合传递,而其核心技术即是 ATM(异步转移模式)技术。ATM 技术已被公认为下一代通信网络技术的必然趋势。为了向广大读者介绍这种重要的通信技术,作者根据现有的资料和所进行的研究,编写了本书,内容力求简明扼要,通俗易懂。本书的目的是客观地介绍 ATM 技术的功能、结构、工作原理及相关的经济问

题,以供有关的电信技术人员、管理人员和电信爱好者阅读参考,也可供领导者作决策时参考。

ATM 技术是一种全新的通信网络技术,它对传统的通信网络技术进行了“扬弃”,在继承了它们的技术优点基础上,又作了一定的创新。随着相应标准和规范的不断完善,已有多家公司推出了自己的 ATM 产品,它们覆盖了从广域网(WAN)到城域网(MAN)、局域网(LAN)的各个方面,这些产品以无可辩驳的事实证明了 ATM 技术的优越性,预示着通信技术的发展方向。

本书重点是讨论 ATM 技术的各种相关问题。第一章简单介绍了 ATM 技术的起源、特点和发展趋势;第二章介绍了 ITU-T 和 ATM 论坛关于 ATM 技术的有关建议及相关概念;第三章讨论了 ATM 技术的关键技术——ATM 交换技术,介绍了 ATM 交换技术的分类、特点和一些实现方案;第四章针对与 ATM 网络有关的信令系统,分别讨论了用户—网络信令和 network 节点信令的规程;第五章介绍了 ATM 网络的管理、流量控制、拥塞处理等问题;第六章介绍了目前已有的 ATM 设备,重点介绍了我国第一个 B-ISDN 示范网的组成情况;第七章则介绍了目前 ITU-T 对 ATM 技术的研究进展及有关建议情况。

本书主要由孙栋、段强编写,其中第一章、第三章、

第六章以及第二章的一、二、四节由孙栋负责编写，第四章、第五章和第七章以及第二章的第三节由段强负责编写。

特别感谢中国工程院院士孙玉研究员在百忙之中抽出宝贵时间对本书作了审阅和指导，感谢李开华主任的关心与支持。冀克平研究员和吴巍高工也对本书的编写给予了指导和帮助，提出了许多宝贵的建议。另外，王俊芳、妥艳君和张之义等同志对本书的关心和帮助，使作者顺利地完成了工作，在此深表谢意。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

作者

1995年8月

目 录

一、概述	1
1. ATM 技术的引入	1
2. ATM 技术的特点	7
3. ATM 网络结构	15
4. ATM 的发展趋势	17
二、ATM 分层结构	21
1. B-ISDN 参考模型	21
2. ATM 物理层技术	31
3. ATM 层技术	45
4. ATM 适配层技术	54
三、ATM 交换技术	82
1. ATM 交换的基本原理	82
2. ATM 交换的缓冲排队方式分类及性能	89
3. ATM 交换结构的分类、性能及设计实现	96
4. ATM 交换机的组成	122
四、ATM 网络的信令技术	127

1. 用户/网络接口信令.....	128
2. 网络节点接口信令	143
3. ATM 信令适配	152
五、ATM 网络维护管理	157
1. ATM 网络运行维护管理	157
2. ATM 网络的拥塞管理	169
六、ATM 设备及应用	176
1. ATM 设备的分类及研究进展	176
2. ATM 试验网络的现状	179
3. 广州 B-ISDN 示范网简介	181
七、B-ISDN 标准化进展	187

一、概 述

1. ATM 技术的引入

在现代社会里,人们需要传递和处理的信息量之大,已远远超出了传统的电报电话业务能力,对会议电视、高速数据传输、高速传真、远程教育和按需分配电视(Video On Demand, VOD)等各类宽带新业务的需求正在迅速增长。迄今为止,虽然在整个通信业务中电话业务量仍占 60%以上,但是近十几年来,所有电信发达国家的电话需求量已趋于饱和。目前,全世界电话业务的平均年增长率仅为 4%左右,而非话业务却以平均每年 20%的速度增长。80 年代末欧洲非话业务用户仅占人口的 1.7%,而 90 年代中期将达到 10.3%,到本世纪末,仅欧洲的非话业务用户数将达到 1000 多万。据有关专家预测,随着综合业务数字网(ISDN)的进一步推广,非话业务量将会继续大幅度增加,到

2000 年时,可能占总业务量的 50%左右,非话业务的高速增长,反映出人们对传输信息的新需求,他们要求更快更方便地得到更多的数据、图表和文字信息。同时,社会上巨大的业务要求也向电信技术提出了新要求,许多面向单一业务的通信网,如电报网、电话网、有线电视网(CATV)和数据通信网等同时并存,既不经济又不便于管理和维护。另外,随着多媒体(Multimedia)技术的发展,用户终端需要通信网络有能力同时传送语音、视频和数据,解决这些问题的一个有效办法是用一个综合业务网络来提供各种业务。

早在 1972 年,国际电报电话咨询委员会(CCITT)的一个特别研究组就给出了综合业务数字网(ISDN)的初步定义。随着数字传输和交换设备的进一步发展,No. 7 信令系统的出现,发展 ISDN 的条件日趋成熟,在 1977~1980 年研究期间,CCITT 给出了 ISDN 的一个较详细的定义。1981~1984 年研究期是 ISDN 发展的一个里程碑,在这一研究期内,CCITT 第 18 研究组从各个方面对 ISDN 进行了研究,得出了一套标准即 I-系列建议,为建立全球性的 ISDN 奠定了基础。上述网络通常称为窄带 ISDN(N-ISDN),因为它具有 2B+D(线路速率 192 kbit/s,信息速率 128 kbit/s)和 30B+D(线路速率 2048 kbit/s,信息速率 1920 kbit/s)两种接口,只能支持带宽小于 2 Mbit/s

的窄带业务。

N-ISDN 的网络结构虽然具有巨大的经济意义和实用价值,但也存在着固有的局限性,因此不能满足用户业务急速增长的需求,特别是高速、宽带通信业务的需求。其局限性表现为:

(a) 传送速率低, N-ISDN 最高处理 2 Mbit/s 的业务, 很难利用它进行高清晰度图像通信, LAN 间通信或传送高速数据;

(b) 中继网种类繁多, 在网络和用户系统中并用电路和分组两种交换模式, 因此要求系统具有双重交换模式的网络功能;

(c) 用户接入速率种类少, 在电路交接模式中, 只能支持速率高于 64 kbit/s 的用户接口;

(d) 对未来导入的新业务适应性差。

80 年代以来, 与通信相关的光电子技术、微电子技术和软件工程的飞速发展, 使得作为宽带综合业务数字网 (Broadband Integrated Service Digital Network, B-ISDN) 的三大基础技术——光纤传输技术、宽带综合交换技术和图像编码压缩技术有了突破性进展。特别值得一提的是光纤系统的传输能力, 在 80 年代末, 已能得到 100 km 内传输容量为 8 Gbit/s 不需中继和 10 km 内传输容量 80 Gbit/s 不需中继的光纤通信系统。因此, 在 N-ISDN 还没有全面投入实用之

前,人们又开始了 B-ISDN 的研究。

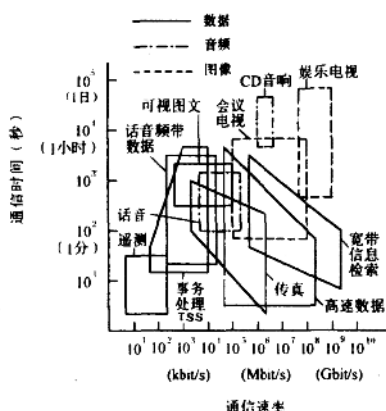


图 1.1 B-ISDN 业务的特性

B-ISDN 将能够处理图 1.1 中的各种信息,显然,这些信息的传输速率与持续时间不同,信息的连续性和突发性也不相同。此外就接续方式来说,也可分为单向、双向和广播等多种。B-ISDN 要满足这些要求,克服 N-ISDN 局限性,必须具备以下条件:

(a)能够提供高速传输业务的能力,如 140 Mbit/s 的高清晰度电视节目,以及几 Mbit/s 至几十 Mbit/s 的高速数据传输业务,并且能够在给定带宽内高效地传输任意速率的业务,对用户业务的变化有很高的适

应性；

(b)网络设备与业务特性无关,不仅能够支持在现有电信网中传送的图像、语音等恒定比特率业务,还能经济地提供分组数据和可变比特率业务的传输；

(c)信息的转移方式与业务种类无关,网络将信息进行统一的传输和交换,信息传送的时延及其变化要很小,信息传送时的损伤也很小。

ATM 技术作为 B-ISDN 的核心技术,是 CCITT 规定的 B-ISDN 统一的信息转移方式,本文用“ATM 网络”表示采用 ATM 技术的 B-ISDN。ATM 网络克服了现有的电路模式和分组模式的技术局限性,采用光通信传输技术,提高了传输质量,同时,网络节点不执行导致时延过长的信息检错、纠错等通信规程,而由网络终端设备和外部接口来执行这些功能,网络的主要功能只是单纯地实现信息的高速转移。除了采用上述的分散控制技术外,还采用大量硬件设备代替软件实现其功能,如采用并行方法处理信元的交换,这就好像在交通拥挤的地方建起了“立交桥”。这样,既简化了网内的处理协议,又加快了处理速率。

ATM 引起人们极大关注的另一个重要原因,是它的技术经济性。在 B-ISDN 中,各种业务的持续时间、突发性和速率这三个方面都是不同的。不同用户的业务种类不尽相同。就是对同一个用户而言,使用业务

的要求也是随时变化的。例如若采用电路模式来传送峰值速率为 40 Mbit/s、平均速率 20 Mbit/s 的压缩电视节目,因电路模式的信道速率划分为固定的几个频段,如准同步数字系列(Plesiochronous Digital Hierarchy,PDH)中的 E-1 为 2048 kbit/s,E-2 为 8448 kbit/s,E-3 为 34.368 Mbit/s,只能按信源峰值比特率来设计、分配信道,必须分配 40 Mbit/s 带宽,而不管是否一直有信息经过该通路传送,对信道及网络资源造成了很大的浪费。而在 ATM 网络中则可根据用户电路的要求,随时按需分配信道资源,根据不同业务作出恰当的反应,如可视电话需要同时传送话音和图像,ATM 网络将其统一转换成信元进行传送,设可视电话的话音带宽为 64 kbit/s、图像带宽为 220 kbit/s,在 ATM 网络中,只需分配 284 kbit/s 带宽给用户,而采用电路模式,则需要分配 $64 \times 5 = 320$ kbit/s 带宽。显然利用 ATM 技术,网络节约了带宽,提供了极大的经济性。

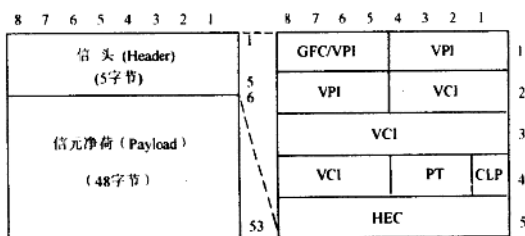
总之,采用 ATM 技术的 B-ISDN 具有极大的透明性和灵活性。对用户而言,网络对全部业务提供透明传输,而不在乎用户信息的种类和特性,通过这样一个统一的网络,用户就可以使用各种业务;从网络运营者的角度出发,网络以其统一的技术体制,为各种通信业务提供信道,不仅保证现有各种业务的可靠传输,而且

对将来可能发展的新业务,提供了极大的保证。

2. ATM 技术的特点

异步转移模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)技术是一种全新的电信技术,是融合电路模式和分组模式的优点发展而成的。所谓“转移模式”,CCITT 是这样定义的,转移模式就是在电信网路中传输、复用和交换的诸方面。而这里指的“异步”与通常所说的数据通信中的异步传输(如 RS-232C)不同,它并非传输码流的异步,而是指被分组的用户信息——信元不必像 TDM 中的时隙那样周期性地出现而占据固定信道,也就是说信元是动态占用信道的。

ATM 信元是 ATM 网络传送信息的基本载体,CCITT 规定其长度为 53 字节,分成信头(Header)和净荷(Payload)两部分,信头为 5 字节,净荷为 48 字节。依据其位置不同,在用户-网络接口(User Network Interface,UNI)和网络节点接口(Network Node Interface,NNI),信元格式略有区别,如图 1.2。两者不同之处主要在信头中,UNI 信元信头中有 4 比特的一般流量控制段(General Flow Control,GFC)用于用户—网络接口的流量控制,以防止信道过载。UNI 信头



ATM信元格式

UNI/NNI信元信头格式

GFC:一般流量控制,4 比特

PT:净荷类型,3 比特

VPI:虚通道标识,8 比特/12 比特

CLP:信元丢失优先级,1 比特

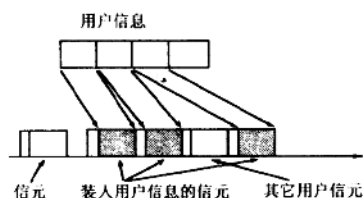
VCI:虚通路标识,16 比特

HEC:信头误码控制,8 比特

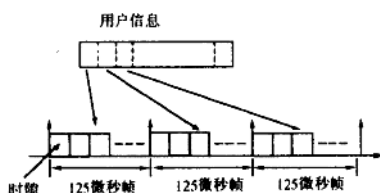
图 1.2 ATM 信元格式

的虚通道标识(Virtual Path Identifier, VPI)为 8 比特,虚通路标识(Virtual Channel Identifier, VCI)为 16 比特,净荷类型(Payload Type, PT)为 3 比特,信元丢失优先级(Cell Loss Priority, CLP)为 1 比特,信头误码控制(Header Error Control, HEC)为 8 比特,而 NNI 信头的 VPI 为 12 比特,其余与 UNI 信头相同。

ATM 本质上是一种寻址型特殊分组转移模式,它将数字化话音、数据及图像等所有的数字信息分割成固定长度的数据块,在每个数据块前加上一个包含地址等控制信息的头(Header),从而构成一个信元(Cell),图 1.3(a)是将待发送的信息分解成信元并进



(a) 异步转移模式 (ATM)



(b) 时分复用方式 (TDM)

图 1.3 TDM 与 ATM 的比较

行多路复用的过程。电路模式中的传统时分多路复用 (TDM) 技术, 采用周期为 $125 \mu\text{s}$ 的帧结构, 发送信息以字节或比特形式固定加入到每帧内的相应时隙, 在连接建立后, 不论有无发送信息, 时隙必定属于该连接, 而不能被其它连接占用。图 1.3(b) 中所示发送信道加入每帧内的第 3 时隙, 这种依据帧内的时隙位置识别通路的复用方式称为位置复用。而 ATM 复用方

式与分组复用方式有些类似,只要信道上存在空闲位置就可将发送信息组成的信元加入信道,显然,信元的复用无周期性和固定位置。由于它依靠信头内的通路标记进行信元的识别、传送和交换,因此称作标记复用或统计复用。虽然 X.25 或以太网、令牌环等分组交换中也采用标记复用,但由于分组长度在上限范围内可变,因此每个分组在信道上的位置是任意的,而 ATM 信元的长度固定,使信元像 TDM 时隙一样定时出现,因此,可以采用硬件电路高速地对信头进行识别、复/分接和交换处理,由此可见,ATM 复用技术融合了电路模式和分组模式的优点。

信元形式的 ATM 网络和分组形式的传统数据网络的本质区别之一就是 ATM 网络采用面向连接的呼叫接续方式。传统数据网络如以太网、令牌环和 FDDI 采用无连接操作方式,这些网络假设目的端点可用并可接收信息,每个端点必须检查每一个分组的路由标记以此确定是否接收该分组。ATM 网络的操作类似于电话呼叫接续过程,在通信前必须在源和目的端之间建立连接,这个连接是一个“虚连接”,网络根据用户的要求(如峰值比特率、平均比特率、信元丢失率、信元时延和信元时延变化等指标),分配 VPI/VCI 和相应的带宽,并在交换机中设置相应的路由。所谓“虚连接”是指网络依据 VPI/VCI 对信元进行处理,当该用