

ATM

异步转移模式

白英彩 宋云明 周一萍 等编著



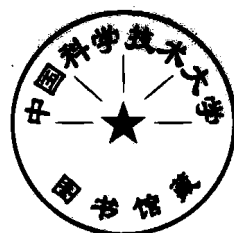
上海交通大学出版社

上海“九五”重点图书

异步转移模式(ATM)

——当代通信网络的核心技术

白英彩 宋云明 周一萍 编著
周静斐 龚文芹



上海交通大学出版社

内容简介

本书系统介绍异步转移模式(ATM),内容包括 ATM 定义、ATM 交换技术、ATM 业务流量研究和 ATM 最新标准及建议等。全书共分 9 章:第 1 章介绍了 B-ISDN 的发展和 ATM 的产生;第 2 章介绍 B-ISDN 模型;第 3 章到第 7 章深入研究了 ATM 的适配层协议、网络管理、信令、业务流控制和 ATM 交换机技术;最后两章阐述了在网络中引入 ATM 的策略、应用及其发展前景。

本书取材新颖,内容丰富,图文并茂,注重理论和实践相结合,力求反映当前 ATM 的最新发展,对广大通信、计算机和电视网络用户及工程技术人员是一本很好的参考书。本书也可以作为大中专院校计算机网络和现代通信课程教材和教学参考书。

DW51/07

异步转移模式(ATM)

编 著 白英彩 宋云明 周一萍等

上海交通大学出版社出版发行

上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030

电话 64281208 传真 64683798

全国新华书店经销

上海交通大学印刷厂·印刷

开本:787×1092(毫米)1/16 印张:16 字数:390 千字

版次:1998 年 6 月 第 1 版

印次:1998 年 6 月 第 1 次 印数:1—3000

ISBN 7-313-01573-9/TP·356

定价:26.00 元

本书任何部分之文字及图片,如未获得本社之书面同意,
不得用任何方式抄袭、节录或翻印。

(本书如有缺页、破损或装订错误,请寄回本社更换。)

前 言

随着网络通信技术和多媒体技术的迅猛发展,与之相关的网络设备也不断推陈出新,异步转移模式(ATM)近两年得到极其快速的发展,就是一个例证。ATM采用了一种介于电路交换和分组交互之间的所谓信元交换技术,同时又采用了统计复用和简化的分组交换技术。因此,ATM对多媒体通信需求有很强的适应性和灵活性。它适用于各种宽带业务,即支持语音、数据和图像等综合业务。其速率范围也十分宽广(从几 Kb/s 到几百 Mb/s 或数十 Gb/s),既能处理平稳业务,又能支持突发性业务;为用户提供方便、灵活的人网接口;取消了链路级的流程控制和差错控制,增强了快速交换能力,使得信元丢失率降低到 $10^{-8} \sim 10^{-12}$ 的令人满意的程度。由于 ATM 拥有上述诸多特点和优势,使它倍受国内外用户的青睐。据称,在美国已投入运行的 ATM 网络系统已有 500 个,全世界近 1000 个,中国也有数以百计的 ATM 网络已经或正在投入运行。正是在这样的背景下才促使我们拟定本书。本书主要由白英彩、宋云明、周一萍编写,周静斐、龚文芹两位同志也参加了本书的部分编写,并完成了全书的排版和录入工作。由于编者才疏学浅,加以 ATM 技术发展较快,书中难免有疏漏之处,恳请读者不吝指教。

编者

1997 年 10 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 B-ISDN 的发展	1
1.2 B-ISDN 的基本结构和业务应用	3
1.3 ATM 的产生	6
第2章 B-ISDN 协议参考模型与参考配置	15
2.1 B-ISDN 协议参考模型	15
2.2 物理层协议	18
2.3 ATM 层协议	23
2.4 B-ISDN 用户网络接口的参考配置	27
第3章 ATM 适配层协议	35
3.1 AAL1 协议	35
3.2 AAL2 协议	39
3.3 AAL3/4 协议	40
3.4 AAL5 协议	43
第4章 ATM 网络管理	48
4.1 ATM 传送网及 OAM 流	49
4.2 物理层管理功能	51
4.3 ATM 层管理功能	54
4.4 ATM 网管理功能的前向和后向兼容性	66
第5章 ATM 信令	68
5.1 ATM 网的信令体系结构	69
5.2 ATM 用户网络接口信令协议(Q.2931)	71
5.3 元信令(Q.2120)	80
5.4 信令的适配	83
5.5 No.7 信令与 AAL5 之间的相互转换	89
5.6 ATM 寻址	92
第6章 ATM 业务流控制	97
6.1 呼叫/连接接纳控制	98
6.2 业务流量控制技术	106
6.3 选择性丢弃	111
6.4 拥塞控制	112
6.5 业务流成形	116
6.6 B-ISDN 重发方式的选择	118

第7章 ATM 交换机	123
7.1 ATM 交换单元的基本原理与分类	123
7.2 研制和开发 ATM 交换机的关键技术	133
7.3 共享存储器交换结构	139
7.4 共享媒介交换结构	142
7.5 空分交换结构	143
7.6 ATM 光交换技术	147
第8章 ATM 网络互连	157
8.1 ATM 业务及其应用	157
8.2 ATM 和 OSI 模型	159
8.3 ATM 路由协议	160
8.4 LAN 仿真	173
8.5 本机模式协议	181
8.6 ATM 多协议支持	188
8.7 广域网互连	192
8.8 ATM 组网问题	195
第9章 ATM 宽带应用及发展现状	198
9.1 宽带应用及其特点	198
9.2 ATM 宽带网络关键问题	205
9.3 ATM 发展动态	209
9.4 ATM 技术、市场、产品与应用的当前状况	214
9.5 ATM 交换芯片概况	232
附录 A 符号说明	238
附录 B ATM 技术标准	242
参考文献	246

第1章 概 论

1.1 B-ISDN 的发展

计算机网络技术及产品的发展过程几乎经历了 30 多年的历史,从技术更新的观点看,经历了三代的发展,目前正进入第四代的发展时期。

第一代网络是 50 年代末和 60 年代初发展起来的计算机终端网,又称为分布式多用户连网网络。

第二代网络是 60 年代末和 70 年代初发展起来的计算机互连网络,其典型代表是美国国防部高级研究局开发的 ARPAnet 远程网络,著名的全球性网络 Internet 就是在此基础上形成的。

第三代网络是 70 年代末和 80 年代初发展起来的,主要标志有:

- (1) 网际通信网络(利用卫星进行中继)的出现;
- (2) 局域网(LAN)的商品化和实用化;
- (3) 网络互连技术的成熟和完善;
- (4) 网络环境下的信息处理——分布式处理的应用,诸如客户机/服务器(Client/Server)服务方式和分布式数据库的出现。

从 80 年代末起,世界计算机网络及数据通信的发展方向十分明确,进入其发展的第四代时期,即从低速数据传输向高速数据传输发展,以适应高质量信息通信的需要;适应中小型企业分布式点对点等网络(peer to peer net)并和客户机/服务器模式的大型网络并存发展;适应多媒体网络和综合业务数字网(ISDN)的全球发展以及智能网络(IN)的兴起。

传输速率达到 100Mbit/s(bit/s 简记为 b/s)以上的高速计算机网络是第四代网络的发展重点,目前已制订出标准的只有 ANSI 的 100Mb/s 光纤 LAN 标准 FDDI,但最近正在对 100Mb/s 的高速以太网(总线型使用细缆 10BASE-2 和粗缆 10BASE-5,星型使用双绞线 10BASE-T)和 10Mb/s 的 TPDDI 进行标准化,另外也正在开发用于大容量多媒体数据通信的 LAN,即 ATM-LAN,具体见表 1-1。FDDI 采用光纤双环(正反向传输)传输介质,从而大大提高了可靠性,因此可用作企业内部连接各支线的主干 LAN,同时也可将超级计算机和工作站直接接入 FDDI,实现多媒体应用开发。其中最重要的应用就是实现 ISDN 及其服务。ISDN 不仅能传送语音信息,而且能传递数据、字符、图像、传真等各种形式的信息。它实现了信息收集、传递、处理和控制的集成化,当前 ISDN 的发展方向主要是发展宽带 B-ISDN;它需要结合分组交换及电路交换两种技术的优点才能予以实现,由此产生了快速分组交换技术——异步转移模式(ATM);它采用异步时分复用(ATD)技术,每个分组的长度为固定的 53 字节,通过硬件进行交换处理,故延时很小,从而可以达到高速处理的目的;它不仅适用于通常的数据通信

等非实时业务,还可用于语音、动画及高清晰度电视(HDTV)等各种实时通信业务,ATM 技术被认为是 21 世纪计算机通信网络的理想转移模式,ITU-T 已确定将其作为组建 B-ISDN 的最佳转移

表 1-1 高速 LAN 性能比较表

名 称	标准化组织	通信速率	物理传输媒体
FDDI	ANSI, X3T9.5	100Mb/s	光纤
TPDDI	ANSI, X3T9.5	100Mb/s	双绞线
高速以太网	IEEE, 802.3	100Mb/s	双绞线
ATM-LAN	ATM 论坛	45, 100, 156Mb/s	光纤、双绞线

模式。自从美国开始声势浩大的信息高速公路建设以来,作为信息高速公路支撑技术的 ATM 技术在新形势下以更快的速度发展着,并以前所未有的速度迈向实用化。

各国 B-ISDN 的研究与试验都在加速进行。为适应各国发展 B-ISDN 的需求,ITU-T 等国际电信组织加快了 B-ISDN 标准制定的步伐。ITU-T 第 18 研究组在 1984 年~1988 年研究成果的基础上,于 1990 年通过了 B-ISDN 第一组建议,1992 年又全面进行了修改、补充,开发了一些有关 B-ISDN 的新建议,对信令、UNI、ATM、AAL、OAM、资源控制以及 B-ISDN 性能等专题展开了全面研究。这些建议除了探讨 B-ISDN 的概貌外,对于具体业务和组网的有关事项、ATM 的基本特点以及网络管理与维护,都作了相应的规定,它们将是开发网络各要素的基础。1992 年 12 月在澳大利亚墨尔本召开的第 18 研究组第 3 次 ISDN 专家会议上,提出今后的任务是网络总体的研究,主要有:①网络体系功能、功能实体及网间互通;②网络~网络接口(NNI)和用户~网络接口(UNI);③网络性能;④新技术和新业务对网络的影响;⑤B-ISDN 的基本原理。

由于 B-ISDN 的巨大吸引力,发达国家研制 B-ISDN 已取得了惊人的进展,欧洲是世界上 B-ISDN 研究最活跃的地区之一,其著名的 RACE 计划是目前世界上最全面的 B-ISDN 发展计划,它不但为欧洲制定了 B-ISDN 的发展方向和具体实现步骤,而且还推动了 ITU-T 等国际电信组织的研究进程。欧洲各国在加紧合作开发的同时,还纷纷独立制定宽带发展计划,开展其国内的研究项目,并取得了很大进展,如法国已在主要的城市建立了光纤网,用于支持 B-ISDN;法国电信已在巴黎地区开通第一个 ATM 网,运行速率为 34Mb/s,1994 年提高到 140Mb/s,支持以巴黎为中心的 12000km² 地区范围内的宽带业务;德国也在加紧进行 B-ISDN 试验,世界上第一部 ATM 宽带交换机于 1989 年底在柏林通信系统电话局(BERKOM)投入使用,其宽带应用包括:①医用高速图像传输,速率高达 64Mb/s,这种高速处理的终端 1991 年开始投入使用;②在剪接编辑方面,几个图像工作站通过试验网可对相同的多媒介文件工作;③采用与 ATM 节点连接的网桥实现 LAN 之间的互连;④通过 ATM 网连接用户交换机(PBX),证明在 B-ISDN 中接入专用网十分有效,1994 年初在 ATM 基础上进行 B-ISDN 试验,1994 年中期开始进行连接国际固定接续线路的 B-ISDN 试验,1995 年起使用特定信令进行 B-ISDN 拨号通信试验,根据试验结果,将最终确定 B-ISDN 在德国的应用性能和正式投入使用的时间。北美和日本 B-ISDN 的发展也很快,美国目前已敷设了 10⁷km 的光纤,作为宽带通信系统的主要传输手段。1994 年开始提供商用化宽带传输系统,1997 年使 B-ISDN 走向实用化,日本电气公司成功地开发了 20Gb/s 积木式 ATM 宽带交换系统和外围设备(宽带终端适配器和信元多路复用器)。该系统可连接 448 条 156Mb/s 的通信线路,加拿大北方电信公司提出了把智能通信网(IN)和 B-ISDN 相结合的新设想,并据此采用了超节点(Super Node)网络结构的模式,包括由高速总线连接的业务交换点、业务控制点、信令转接点和网络管理维护中心,交换点是超节点交换机或 ATM 交换中心。

ITU-T 于 1988 年正式接受美国贝尔通信技术研究首先提出的同步光纤网(SONET)概念,并重新命名为同步数字系列(SDH),使之成为不仅适合于光纤,也适合于微波和卫星传输的技术体制,且在网络管理功能方面大大加强,后又通过了有关 SDH 的一系列建议,SDH/SONET 现已成为公认的新一代理想的宽带传输体制。ATM 技术和 SONET 技术相结合可实现高速、宽带、综合业务的 B-ISDN,它的目标是把全球各种各样的通信要求纳入单一的网络中,即能够支持多种业务综合,支持宽带或窄带业务,支持突发或连续比特流业务及面向连接或无连接的业务,支持多媒体传输服务,提供语音、数据、图像的综合服务。美国、日本、法国、德国、加拿大、意大利、芬兰等国的多家厂商已生产出了 2.5Gb/s 的 SDH 成套产品,NEC 还生产出了 10Gb/s 的光纤通信系统,而会议电视、可视电话也有不少厂家生产。这类产品中,由 B-ISDN 传送的图像通信,其速率有 2Gb/s 和 10Mb/s 两种,物体移动时图像无明显重影,质量较好。用来传送 HDTV 的超级活动图像通信,其传输速率为 34Mb/s 或 140Mb/s,通信的质量更好。

面对 21 世纪通信技术的迅速发展及对电信业务的迫切需求,我国将在高新技术的攻关项目上投入相当大的力量,具体地说,将 B-ISDN 的研究分为三个阶段:第一阶段主要是收集资料,提出关键技术的实施方案;第二阶段研制 ATM 用户交换设备、ATM 适配设备,建立 ATM 单节点实验模型网;第三阶段研究 ATM 复用设备,完成 ATM 实验模型网。在此期间,研究的主要技术包括 ATM 电交换技术、ATM 光交换技术、ATM 复用技术、突发变速率编码技术及 ATM 控制技术等内容。

B-ISDN 是 21 世纪的电信网络,是一项投资巨大、技术复杂、意义深远的系统工程,必须不断进行小规模试验,才能逐步摸清存在的技术问题,找出解决问题的办法,并对用户需求、B-ISDN 业务成本以及可行的资费政策等作实地调查。目前,B-ISDN 仍然存在许多问题待进一步研究,有关的国际标准亦未完善,制造商的技术规范还存在混乱现象。因此,大批量生产还面临着一些问题,产品价格相当长的时期内还缺乏吸引力。另外,宽带技术的优势在多媒体领域,对单媒体用户而言不一定是最佳选择,B-ISDN 采用的 ATM 技术也面临着设计方面的挑战。例如,要支持各种业务,网络资源管理就成为一个极为重要的问题,不同种类的业务其传输特性不同,这涉及到网络的资源分配、网络的阻塞控制等,其中,网络的阻塞控制是最难解决的工程设计问题之一。此外,网络与用户设备软硬件的复杂化,尤其是现有用户终端接入 B-ISDN 网所需要的适配器价格昂贵,环路设备在成本上达不到实用化的要求。由此可见,近期在我国优先发展 B-ISDN 将会遇到技术上、经费上、管理上、系统支持上和推广应用上等诸多棘手问题。

1.2 B-ISDN 的基本结构和业务应用

1.2.1 B-ISDN 的特点和基本结构

通信网的发展依赖于用户对通信业务的需求和新业务本身的特点,未来的通信网应该是一个全数字化的、高速的、宽带的、具有综合业务能力的高智能网,它应具有以下特点:

- (1) 在一个网内支持话音、数据和图像等综合业务;
- (2) 网络能支持不同带宽的用户业务,信息速率的动态范围是每秒几千位到上百万位;

- (3) 网络支持突发性业务(以计算机通信为代表的高速数据通信,每秒高达数十兆比特)和平稳业务(以标准数字电话为例,单路 64Mb/s);
- (4) 网络较容易地提供新业务并与原有网络兼容;
- (5) 为用户提供方便、灵活的人网接口;
- (6) 网络应具有个人或用户可控制的功能;
- (7) 网络安全、可靠,费用能被用户接受。

B-ISDN 是实现以上目标的通信网理想转移模式,目前一些发达国家正在积极向 B-ISDN 过渡,预计到 21 世纪初,在一些发达国家 B-ISDN 将成为通信网的主要支柱。图 1-1 表示 B-ISDN 的基本结构,它由宽带交换网、光纤传输设备、多路复用设备、网络终端设备和用户终端设备等构成,通过光缆和交换网实现了各大商业用户、国家机关各部门、社会公共事业部门和娱乐部门等各种通信业务;实现了计算机网络互连和分布式数据共享;为公众和社会提供多种服务业务(如电话业务、数据传输、图像通信、信息查询和电视广播等)。

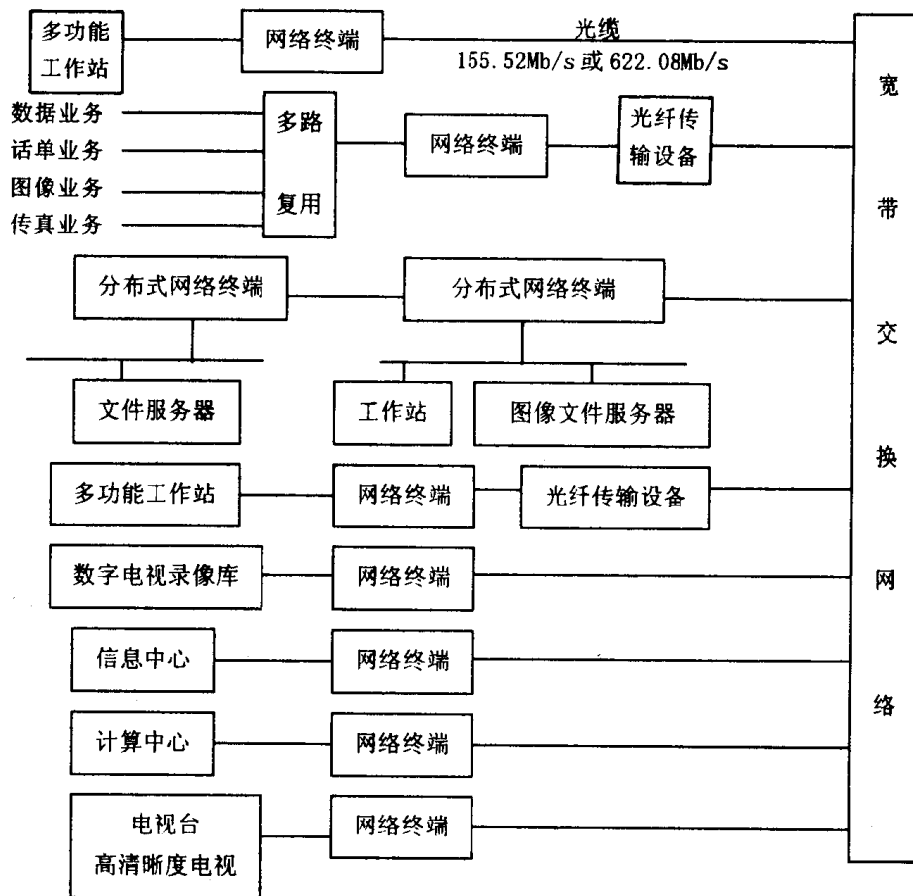


图 1-1 B-ISDN 的基本结构

1.2.2 B-ISDN 业务及其应用

B-ISDN 的网络结构和网络功能主要应满足宽带业务的需求和便于向用户提供新业务,因此在规划 B-ISDN 时需要对网络所提供的业务有一个基本的认识。B-ISDN 业务大致分为两大类:交互型业务和分配型业务。交互型业务可细分为会话型业务、消息型业务和检索型业

务三类,分配型业务可细分为通过用户干预的业务和不通过用户干预的业务两类。由于各国情况不同,发展宽带业务的策略也不同。法国发展宽带业务主要是面向广大居民的,其重点是为他们提供娱乐型视频节目,还有可视电话业务和信息查询业务;日、英、美等国发展宽带业务主要是面向广大商业用户。宽带业务主要是高速数据交换,它包括 LAN、MAN 互连,分布式数据库共享,大容量文件传送等。B-ISDN 的业务分类及应用详见表 1-2。

表 1-2 B-ISDN 业务表

业务分类	信息类型	应 用 举 例
交互型业务	声音和活动图像	普通电话和可视电话、电视监控、会议电视图像通信
	数据	计算机局域网互连和分布式数据库共享、大容量数据文件传送、实时控制与遥测、低速数据传送
		文件
	消息型业务	传真业务、混合文件从用户到用户的传送
		图像和声音
	文件	动画和伴音传送所用的电子信箱业务
分配型业务	检索型业务	传送混合文件的电子信箱业务
		文本、数据、图形、声音、静止与活动图像
	由用户干预的业务	电子购物、电子广告、新闻检索、从信息中心、档案馆等检索混合文件、远程教育、与培训、娱乐目的
		文本、图形、声音、静止图像
	不由用户干预的业务	远程教育、与培训、电子广告、电子软件、新闻检索
		电视
	文本、图形和静止图像	电视节目分配(包括标准和高清晰度电视节目)
	数据	电子报纸、电子出版物
		非受限数据分配业务

1.2.3 B-ISDN 业务的特性

B-ISDN 支持上述众多的业务,这些业务的特性相差很大。

1. 比特率

表 1-3 列出一些宽带业务的比特率。B-ISDN 除了支持宽带业务外,还将与现有的一些低速数字网互连,支持窄带业务,它们的比特率相差非常大。

2. 突发性

突发性(burstiness)定义为业务峰值比特速率与均值比特速率之比,显然它是一个大于 1 的正数。突发性越大,表明业务峰值比特速率与均值

比特速率相差越大,即业务的速率变化越大。突发性越小,表明业务峰值比特速率与均值比特速率相差越小,即业务的速率变化越小。当突发性等于 1 时,业务为恒定比特率业务,如 64Kb/s 数字电话业务的突发性为 1。

图 1-2 给出了几种业务的突发性,纵坐标为业务突发性,横坐标为业务峰值速率。可见, B-ISDN 中业务的突发性相差也很大。

3. 服务要求

在 B-ISDN 中,某些业务是面向连接的(Connection-Oriented),即双方通信之前需要建立

表 1-3 宽带业务的比特率

业 务	比特率 Mb/s
数据传输	1.5~130
文件传送/检索	1.5~45
视频会议/视频电话	1.5~130
宽带可视图文/视频检索	1.5~130
TV 分配	1.5~130
HDTV 分配	130

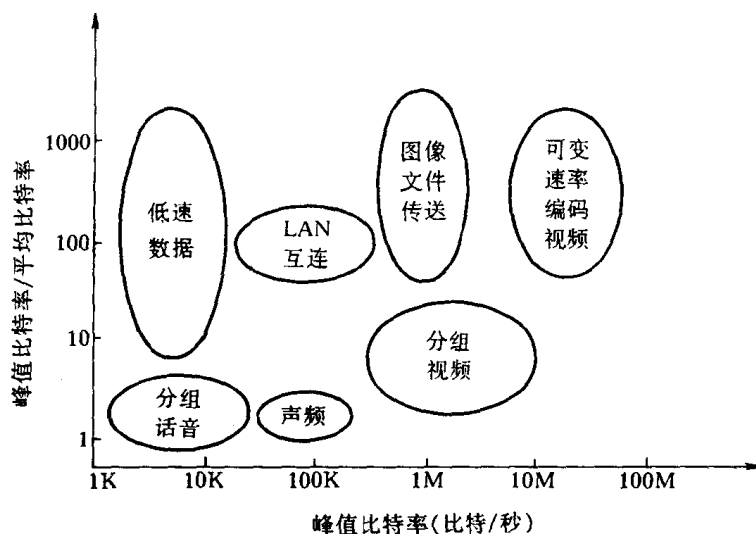


图 1-2 B-ISDN 中业务的突发性

通信链路,如电话、视频会议等;某些是无连接的(Connectionless),即双方通信之前不需要建立通信链路,如局域网数据业务等;某些业务对丢失敏感,但对时延不敏感,如数据传输;某些业务对时延敏感,但对丢失并不敏感,如语音、视频服务;某些业务对时延和丢失都敏感,如实时数据传输。

1.3 ATM 的产生

1.3.1 ATM 的产生背景

目前,无论是电信界还是计算机领域都出现高速化、多媒体化以及宽带化的需求趋势。

在计算机领域,商业用户对计算机局域网和专用广域网的带宽和速度要求在不断地提高,同时多媒体也开始在桌面微机上应用。这些发展和变化使得网络出现了严重的瓶颈效应,整体性能也大受影响,因而用户期望网络具有更大的带宽和多媒体处理能力。

在电信界,现有的电信网络都是面向某种特定应用的,不同的网络对话音、数据、图像等业务有不同的处理方法,任何一种网络都不能有效地支持其他的业务。因此电信部门迫切需要一种灵活的、可以综合各种业务的网络,它既能以优异的性能覆盖现有的业务,同时还可提供高性能的新型业务,并具有统一的网络管理、运营和维护功能。

现阶段,用户若要求多种业务,就必须申请多个用户号、多种接入方式和多台通信终端,不仅投入大,而且操作也不方便。随着计算机技术的飞速发展,微机性能的不断提高,终端的智能化程度和多媒体的处理能力也越来越高。这样,从客观上具备了多种业务终端合一的能力,从而迫切需要一种可以提供各种业务功能的通信网络。

此外,电信业和有线电视业间合作和竞争问题的日趋突出,也要求网络具有综合能力。这些问题在美国尤为明显,但由于双方存在资源共享、技术互补的特点,从而为推出提供综合增值业务、增加营业利润的光纤与同轴电缆结合的方案打下了基础,所以此方案的实施必然会推动和促进综合网络的发展。

综上所述,在电信、计算机以及有线电视业都出现了网络综合化、宽带化和高速化的需求趋势,即从网络到用户都期盼着宽带综合业务数字网的出现。但采用何种信息转移模式,才能实现在同一网络上支持各种不同类型业务(如话音、信令、文本、数据、影像及图像等),按不同的带宽要求以及不同服务质量进行通信呢?这些功能的实现非异步转移模式(ATM)莫属。

ATM是未来宽带 ISDN 的重要组成部分。目前,国外已经研制出 ATM 交换机,并且开始了宽带网的试验。ATM 技术成熟化之早和宽带交换商用化之快都是前所未有的,其中有来自市场需求方面的驱动力和技术实现方面的支撑。

从市场需求来看,一些新的业务要求网络能够提供高于 PCM 一次群速率的传输通道,而用户则希望网络能够将速率不同(约 $1 \sim 10^9 \text{b/s}$)、保持时间各异(约 $1 \sim 10^5 \text{s}$)的数据以统一的方式进行传送和交换,并实现资源共享。面对用户的要求,窄带网无能为力,因为它注重的仅是用户网络接口上业务的综合,而在交换网络内仍由电路交换和分组交换等若干个分离的实体提供业务。这种综合是不完全的,并且直接影响到系统的可靠性、运行成本及系统维护。

ITU-T 提出的第一个宽带标准是同步数字系列(SDH),它较好地解决了宽带业务的传输问题,但应用于宽带交换就变得笨拙和不经济了。

于是,ATM 因综合了电路交换的简单性和分组交换的灵活性而被选为宽带 ISDN 的交换模式。图 1-3 表示出通信网可能采用的几种交换方式。

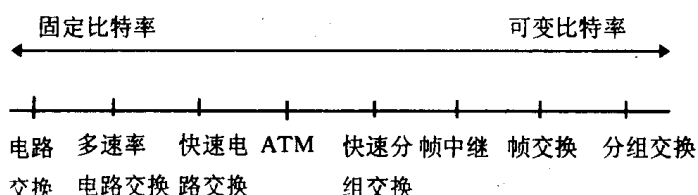


图 1-3 通信网可能采用的交换方式

1.3.2 ATM 的技术背景

通信网的根本任务是实现信息的转移(Transfer),即信息的传输与交换(Transmission and Switch)。ATM 技术在传输和交换方面都采用了与传统技术不同的方式。在传输方面采用了统计复用的方法,也称为异步时分复用(Asynchronous Time Division Multiplexing);在交换方面采用了一种改进了的分组交换技术,称快速分组交换(Fast Packet Switching),也称 ATM 交换。以下分交换技术和传输技术两个方面,通过简述传统网络的技术特点和 ATM 网络的技术特点来阐明 ATM 的概念。

1. 交换技术

在传统的网络中,根据所传输业务的不同,其体系结构和技术也不同。电话网采用电路交换技术,数据网采用报文交换或分组交换技术。

(1) 电路交换(Circuit Switching) 在电路交换的网络中,双方通信之前通过呼叫建立一条连接,该连接的带宽是固定的。连接一直维持到通信完毕才被释放。

①电路交换每个连接的带宽是固定的,而 B-ISDN 中业务的速率变化很大,如果按峰值比特速率分配带宽,则效率很低;如果按均值比特速率分配带宽,则服务质量无法保证。

②电路交换中要定义一个基本的信道,每个服务可以通过一个或多个这样的基本信道提

供带宽。在 B-ISDN 中各种业务速率相差很大,如果基本信道的速率选择得太小,则管理大量信道的难度将很高;如果基本信道的速率选择得太大,则带宽浪费很大。

③电路交换网中的用户在通信过程中始终占有信道,即使此时双方无信息传输。而 B-ISDN 中的业务,有些在一段时间内按峰值比特速率产生信息,随后又无信息传输(如交互式数据文件传输),因此效率很低。

在 B-ISDN 中,这种交换方式的适用性虽然很差,但它的优点是能保证双方的持续通信,而且各个中转节点只需要做简单的中转。

(2) 报文交换(Message Switching) 报文交换技术将信息分成一个个单元,称为报文。各个报文在网络中的传输是相对独立的。每个报文中除了正文信息外,还包含有一个信息头和一个信息尾,信息头中有源节点地址、目的节点地址等,信息尾中有误码检测信息。在双方通信之前,不需要建立连接,源节点直接将报文沿目的节点方向发向下一个中间节点。中间节点接收完报文后进行误码检测,若发现有错,则要求重发;若未检测到错误,则存储,并继续向下一节点转发,直到目的节点。显然,这种技术如应用在 B-ISDN 中尚存在下列缺陷:

①这种交换方式由于在通信之前不建立连接,所以时延无法预测,不能支持实时业务通信;

②各中转节点要接收完整个报文后才能进行下一步处理,时延较大;

③每个中转节点要实现较复杂的差错控制和应答重发功能,使得整个网络的速率不可能很高,只能达到每秒几万比特。

(3) 分组交换(Packet Switching) 分组交换技术与报文交换技术相似,只是在分组交换技术中,将信息单元进一步分小,即将报文分成多个分组,每个分组中包括有目的节点地址、源节点地址、校验字节等,是一个个相对独立的信息单元。这些分组的长度是可变的。分组交换有两种方式:数据报和虚电路。对于数据报方式,每个分组可以沿着不同的路径到达目的节点,因此,分组到达目的节点时的次序可能与离开源节点时的次序不一样,需要在目的节点处重新排序。对于虚电路方式,在源节点和目的节点间先建立一条逻辑通路,所有分组沿这个逻辑通路传输。这种方式保证了分组到达目的节点的次序与离开源节点时的次序一致,但与电路交换相似,需要建立、拆除连接的过程。

分组交换技术与报文交换技术相比,由于信息单元的长度减短,各中转节点在接收分组的时候,同时可以将前一分组发送出去,而不必等整个报文完全接收后才进行进一步处理,所以时延较报文交换短,能适合交互式业务。由于每个分组包含有目的节点地址、源节点地址等信息,分组交换技术开销比报文交换大,而且需要在源节点处将信息拆分成组,在目的节点处将分组重新组装,恢复为原来的信息。分组交换技术如应用在 B-ISDN 中尚存在下列缺陷:

①各个中转节点要进行差错控制和流量控制,处理较为复杂,需要用软件来实现,这使网络的速率不可能很高,一般分组交换网的速率只能达到 64Kb/s;

②由于分组长度可变,交换机的交换结构和缓存器管理的复杂性从另一方面限制了分组网的速率。

但是,由于分组交换技术只有在用户进行信息传输时才占用带宽资源,所以信道利用率较高。

表 1-4 列出了上述三种交换技术的特点,以便进行比较。

表 1-4 报文交换和分组交换技术的比较

电路交换	报文交换	数据报分组交换	虚电路分组交换
独占传输信道	不独占传输信道	不独占传输信道	不独占传输信道
对交互式足够快	不满足交互式	对交互式足够快	对交互式足够快
不存储报文	存储报文	可存储分组至转发	存储分组至转发
为整个通信过程建立通道	为每个报文建路由	为每个分组建路由	为整个通信过程建立通道
过载会阻塞呼叫但对已建呼叫不影响	过载会增加报文时延	过载会增加分组时延	过载会阻塞呼叫并增加分组时延
固定带宽	带宽可动态利用	带宽可动态利用	带宽可动态利用
呼叫建立后无附加开销	每个报文有开销	每个分组有开销	每个分组有开销

(4) ATM 与快速分组交换 快速分组交换(FPS, Fast Packet Switching)融合了电路交换的高传输速率与低时延等特点,以及分组交换的频宽运用灵活的特性。快速分组交换就是加快了处理速度的分组交换。通常的分组交换对于快速分组交换来说之所以“慢”,主要原因之一是差错控制与流量控制很复杂。处理时花费的时间很多,为了减少花费的时间,必须简化甚至取消交换节点中的差错控制与流量控制等工作,而将这些工作留给终端进行处理。

使用光纤作为通信介质,使数据链路的带宽很宽,发生差错的可能性低,因此可以简化通信子网的各种传输协议(流量控制、差错控制等),这是实现快速分组交换的一个重要应用。

现在采用快速分组交换技术的服务网络有:帧中继服务、交换式多兆位数据服务(SMDS, Switched Multimegabit Data Service)和 ATM 信元中继。

帧中继和 SMDS 是目前已较广泛使用的服务网络。ATM 信元帧中继目前仍处于开发试验阶段。帧中继服务已计划提供 DS3(45Mb/s)和 E3(34Mb/s)的传输速率,而 SMDS 服务也计划采用 OC3/STM1 的同步光纤网络接口,并提供 155Mb/s 的传输速率。

帧中继和 ATM 信元中继的相同之处,是可以提供永久式虚电路连接(Permanent Virtual Connection,简称 PVC)和交换式虚电路连接(Switched Virtual Connection,简称 SVC)。

帧中继和 ATM 信元中继的不同之处在于,帧中继的封包为一帧,其大小是可变的,允许的最大帧长为 4096 字节。由于采用了统计式的复用技术,因而帧的大小可动态地配合用户信息来调整。但是,帧中继是建立在 X.25 基础上,以高级链路控制(High-Level Data Link Control,简称 HDLC)规程为基础的。HDLC 是面向位的控制规程,它的特点是所有信息都用统一的“帧”格式进行传输,帧中的信息长度是可变的,任何一帧都有差错控制。这样就必须等一帧的最后一位传输结束后才能进行差错检测,同时需要对较长的信息进行存储,而这种信息可能是错误的。HDLC 尤其不能支持高质量的图像传输,其速率控制和纠错都采用窗口及重发机制。帧中继虽然简化了面向连接的链路层服务,但与 ISDN 一样,由于它的结构特点,使其不能充分支持宽带服务。

而 ATM 信元帧中继将信息分成定长小段构成信元(53 字节)。信元的信头包括地址信息等控制信息,同时,话音、数据、活动图像等信息统一于信元格式。这种统一的信元格式,有利于硬件处理,简化了交换机的处理程序,可以用硬件逻辑电路达到快速数据交换的目的,彻底取消了节点间的这些控制。以信元为单位传送信息,不仅支持连续业务,也支持突发业务。使用硬件处理,基于 ATM 技术及虚连接的建立可以动态地分配网络带宽,理论上适合于在任意速率下的通信。

帧中继技术主要用于解决网络的互连问题。从以上的比较中可以看出,帧中继由于它的结构特点和传输协议特点使其不能更好地进行多媒体的传输,这也正是帧中继与 ATM 相比在局域网交换中不能制胜的原因。帧中继与 ATM 网络互连一般可采用两种方法:一种是将帧中继的帧包装(Encapsulating)在 ATM 信元的信息段内,即包装法;另一种是将两种服务按照对等功能进行映像转换(Mapping),即映像法。包装法指的是用 ATM 包装帧中继,它在理论上较易实现,但是频带使用效率较低,而且仍需要不同的交换机来处理各自的打包内容。1993 年 7 月 ITU-T 的 XIII 研究组推荐了 I.365.1 标准,利用第 5 类 ATM 适配支持帧中继。映像法可以有效地运用频带,而且两个服务的不同功能可以对等交换。例如,帧中继中的 DE (Discard Eligible)位用来区别信息的高、低优先级,一旦网络发生阻塞,低优先权信息可以予以丢弃。同样,ATM 信元中的 CLP(Cell Loss Priority)也用来区别信息的优先权。因此,当帧中继封包 DE 位设为 1 后,经由 ATM 主干网络时,ATM 信元的 CLP 也会置 1。至于帧中继中其他无法映对的栏位,可放入 ATM 信元的信息段中传输,从而将映像法和包装法统一起来。

SMDS 和 ATM 信元中继都属于信元中继,而且封包的格式大小都一样,都是 53 字节,只是通信协议不同。SMDS 的封包称为协议数据单元(Protocol Data Unit,简称 PDU),在数据链路层的 PDU 称为 SIP-2(SMDS Interface Protocol-Layer2)PDU,它与 ATM 信元大小一致。SMDS 的用户初期采用 DS1/E1 及 DS3/E3 两种用户信息网络界面(Subscriber Network Interface,简称 SNI)。SMDS 的用户信息先包装成 SIP-3(layer 3)PDU,其中包含了发送方地址和接收方地址等信息,然后再切割成 53 字节的 SIP-2(layer 2)PDU,最后经由 DS1/E1 或 DS3/E3 数字传输线路送到目的地。

SMDS 主要用于解决网络互连问题,SMDS 与 ATM 网络的互连首先要利用 ATM 适配的第 3/4 种类型,将它映射成 ATM 信元,同时 ATM 信头的 VPI/VCI 也指定固定的数值(VPI=0, VCI=15)供给 SMDS 服务,以供识别。

根据 SMDS 各层封包的过程可以看出,虽然 SMDS 的 SIP-2 PDU 的长度与 ATM 信元相同,都为 53 字节,但这 53 字节并不是由提供控制信息的信头(包含分层的地址结构等信息)和信息段组成,而是将上层信息进行再分组而已。由于封包不同带来本质上的区别,所以不能将 SMDS 与 ATM 等同。图 1-4 更进一步明确了 ATM 在交换中的位置。

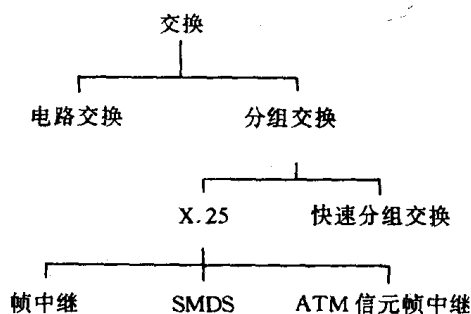


图 1-4 ATM 与快速分级组交换

2. 传输技术

(1) 同步转移模式(STM) 传统的电话网采用同步转移模式(Synchronous Transfer Mode,简称 STM)。每条链路以帧的格式传输信息,帧的产生是周期性的。每一帧除了帧信号外,还划分成一个个固定长度的时隙(Slot),时隙的长度可以是几个字节,也可以是一个字节。这些时隙分别对应于一个个信道,用在帧中所处的位置来标识。在建立连接后,如果网络分配某一信道给用户,那么该用户将一直占用此信道,直至拆除连接。其原理如图 1-5 所示。由于用户建立连接后固定地占用某一信道,该信道在每帧中的位置是固定的,所以称为同步转移模式。

一般地,帧周期取 $125\mu\text{s}$,那么,信道在每帧中占用 1 字节,对应信道速率为 64Kb/s 。

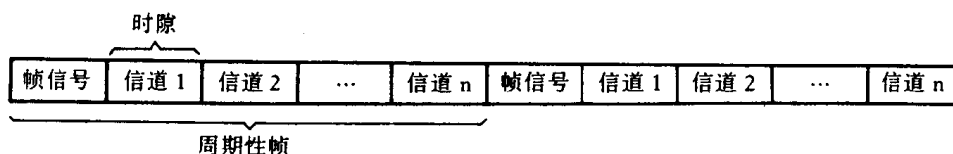


图 1-5 STM 原理

实际上,STM 采用的是同步时分复用的方案。图 1-6 示出了三路输入经同步时分复用的情况,假定每路输入信息长度占两个时隙,每个帧周期可提供三个时隙(信道),分配 1 号信道给 A,2 号信道给 B,3 号信道给 C。

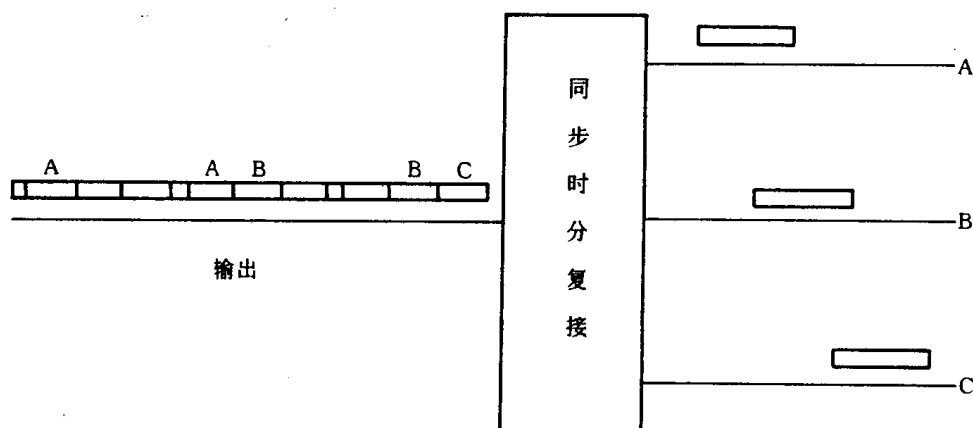


图 1-6 同步时分复接

STM 的优点是一旦建立连接,该连接的服务质量便不会受网络其他用户的影响。但是为了保证连接所需带宽,必须按峰值比特速率来分配信道资源。这一点对恒定比特率的业务(如 64Kb/s 语音业务)没有影响,但对于可变速率的业务来说,显然会降低信道利用率。

在 ITU-T 正在研究如何利用 STM 技术转移 B-ISDN 中信息的时候,出现了一种新的信息转移方式,这便是 ATM 技术。

(2) 异步时分复用(Asynchronous Time Division Multiplexing) 异步时分复用中,各个信元动态地占用信道如图 1-7 所示。

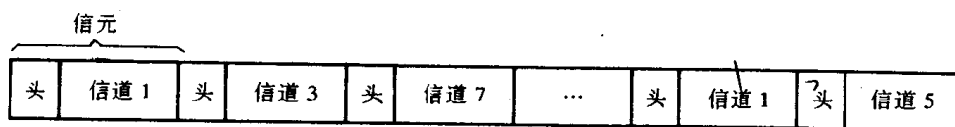


图 1-7 异步时分复接信道被占情况

STM 在建立连接时需要确定连接所占信道在一帧中的位置,然后一直占用该信道,直至释放连接。而异步时分复用不需在建立连接时确定采用哪一个信道,各个连接可以统计地占用整个信道资源。如图 1-8 所示,A,B,C 三个输入经异步时分复用后输出。如果复用时采用先到先服务原则,输出的信元次序将是 B1,A1,A2,B2,C1。由于每条输入的信元流在输出信元流中所占的位置是固定的,所以称为“异步”。这种复用方法的优点是:①只要输入信元流不断,输出信道就会一直被占用,所以信道利用率很高,对于速率变化很大的业务也能很好地支持;②这种复用方法与输入业务流的速率无关,这一点与 STM 只能支持一些特定速率的业务