

高等学校
电子信息类 规划教材

DIANZIKEJIDAXUECHUBANSHE
XILIEJIAOCAI

本科通信与信息工程

ATM 技术

孙海荣 编著



电子科技大学出版社

UESTC PUBLISHING HOUSE

TN9
581

ATM 技术

孙海荣 编著

YD

电子科技大学出版社

声 明

本书无四川省版权防盗标识,不得销售;版权所有,违者必究,举报有奖,举报电话:(028) 6636481 6241146 3201496

ATM 技术

孙海荣 编著

出 版:电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号,邮编:610054)

责任编辑:王仕德

发 行:新华书店经销

印 刷:四川建筑印刷厂印刷

开 本:787×1092 1/16 印张 12.5 字数 300 千字

版 次:1998年3月第一版

印 次:1998年3月第一次印刷

书 号:ISBN 7-81043-858-1/TN·81

印 数:1—3000册

定 价:14.50元

内 容 简 介

ATM 是被国际电联选定的 B-ISDN 中的转移模式。ATM 网络是信息高速公路中重要的通信平台。本书综合论述了 ATM 技术的概念、原理、协议和应用。包括: B-ISDN 用户网络接口的配置、协议参考模型, ATM 网络中业务的适配, ATM 网络的信令系统, ATM 网络的管理, ATM 交换结构, ATM 网的拥塞控制, ATM 网与现有网络的互通, ABR, IPOA, LANE, ATM 研究和开发现状等。本书可作大专院校通信或计算机专业的本科生、研究生教材, 也可供从事通信技术研制、开发、应用的人员学习、参考。

出 版 说 明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社，各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996～2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我部教材办商各专指委、出版社后，审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大、有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需，尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

序

“信息高速公路”或“国家信息基础设施”(National Information Infrastructure, 简称 NII) 的建设已引起全球性关注。NII 包括高速信息网络。高速信息网络中的信息是多样化的, 如图像、数据、话音等。各种信息的速率差别大, 而且还会不断出现新的信息类型。在多种速率信息的情况下, 需要寻求一种合适的传输与交换方式。对于这种情况, 交换速率单一的传统电路交换遇到了困难。分组数据交换很适合于低速数据, 在已建立的分组数据网中, 数据以不等长度的分组进行传输和交换。但是, 由于这种分组数据网在交换节点中要进行复杂的处理, 使得端到端点的总时延增加, 不适合于实时性要求高的业务。因此, 国际电报电话咨询委员会 (CCITT) (现已由 International Telecommunication Union——Telecommunication Standardization Sector, 简称 ITU-TSS 接替) 在已有研究的基础上, 提出了 ATM (Asynchronous Transfer Mode, 异步转移模式)。

采用 ATM 后, 被转移 (传输和交换) 的是称为信元 (Cell) 的固定长度分组。每个信元由 5 个字节 (每字节 8bit) 信头和 48 字节信息域组成, 共 53 字节。ATM 采用了分组的方式, 这传统的分组交换接近, 不过, 采用的是固定长度的短分组, 以避免使实时业务的信息因拆装而引入过大时延; 在交换时也作了很多简化, 以减小时延。ATM 信元头中有虚通路标识码等, 可以实现虚通路交换, 这又和电路交换接近。ATM 的优点是具有很高的灵活性, 易适应多种业务的综合, 还能高效地利用传输和交换设备等。宽带综合业务数字网 (B-ISDN) 中的信息传输和交换方式要采用 ATM。在计算机局域网 (LAN) 等场合, 也因 ATM 特有的优点而被采用。

在美国, 为了加速 ATM 的发展, 解决工业界的合作和设备互通等, 成立了 ATM 论坛 (ATM Forum), 制定有关标准。现在已接纳国际会员单位。该会出版的书中写道: 在信息时代, ATM 已与通信同义。

近年来, ATM 也是通信学术刊物和会议中研究与讨论的一个热点, 例如, ATM 复用的建模与统计性能分析研究, ATM 交换的研究, ATM 网络的拥塞控制研究, ATM 网络中的信源编码研究, ATM 用户接入设备研究, ATM 网络中的信令、网络管理, ATM 的应用研究等。

最初提出 ATM 时, 是为了用于宽带综合业务数字网, 一般采用光纤传输。现在, 无线移动通信中, 为了解决综合业务运用, 提出了无线 ATM, 开辟了新的研究领域。

综上所述,ATM 已成为通信发展的重要内容,是目前通信领域研究和开发的热点。由于 ATM 技术是 80 年代末发展起来的一项崭新的技术,国内目前系统全面介绍 ATM 技术的专著较少。本教材是在作者前一部著作《ATM 技术——概念、原理和应用》的基础上(该书已于 1995 年 10 月由电子科技大学出版社出版,并由台湾儒林图书公司购买了海外版权),增加了 ATM 方面的最新进展,修改而成,并已为研究生讲授过多次。本书可用作研究生和高年级学生教材,也可供有关工程技术人员参考。

李乐民

1998 年 1 月于成都

前 言

本教材系按电子工业部的《1996~2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由“通信与信息工程专业”教学指导委员会编审、推荐出版。本教材由电子科技大学孙海荣教授担任主编，主审李乐民院士，责任编委李在铭教授。

本教材的参考学时数 40 至 60 学时。

全书共分为十二章。第一章引入 ATM 的概念；第二章讲述 B-ISDN 用户网络接口处的参考配置；第三章分析了 B-ISDN 的协议参考模型，介绍了物理层和 ATM 层协议；第四章阐述 ATM 网中各种业务的适配方法；第五章介绍 ATM 网的信令系统；第六章介绍 ATM 网的管理；第七章分析了 ATM 网的交换结构；第八章论述了 ATM 网中业务流控制的方法；第九章阐述了 ATM 网与现有网络的互通；第十章介绍 ATM 网支持 IP 的具体方法；第十一章列举了 ATM 技术应用的一些实例；第十二章介绍了 ATM 技术研究和开发的动态。

使用本教材时应注意：(1)读者应具备通信原理方面的基础；(2)由于 ATM 技术发展很快，常有新的标准被制定，所以，本教材只能给读者一个框架性的基本概念，有志于研究 ATM 的读者，可根据本书附录中给出的线索，进一步查阅新的资料。

本教材由孙海荣编写全部章节。由于编者水平有限，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。

编 者

1997 年 11 月

目 录

第一章 信息高速公路与 ATM 网	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 B-ISDN 的引入	(2)
1.3 ATM 的引入	(7)
1.4 小结	(13)
参考文献	(13)
第二章 B-ISDN 用户网络接口的参考配置	(14)
2.1 引言	(14)
2.2 参考点	(14)
2.3 功能组	(15)
2.4 共享媒介应用的物理配置	(16)
2.5 可能的物理配置	(19)
2.6 小结	(20)
参考文献	(20)
第三章 B-ISDN 协议参考模型	(21)
3.1 引言	(21)
3.2 B-ISDN 协议参考模型	(23)
3.3 物理层协议	(26)
3.4 ATM 层协议	(34)
3.5 小结	(38)
参考文献	(38)
第四章 ATM 网中业务的适配	(40)
4.1 引言	(40)
4.2 AAL1 协议	(40)
4.3 AAL3/4 协议	(46)
4.4 AAL5 协议	(49)
4.5 小结	(51)
参考文献	(51)

第五章 ATM 网中的信令	(53)
5.1 引言	(53)
5.2 ATM 网的信令体系结构	(54)
5.3 ATM 用户网络接口信令协议 (Q.2931)	(56)
5.4 元信令 (Q.2120)	(60)
5.5 信令的适配	(64)
5.6 小结	(71)
参考文献	(71)
第六章 ATM 网的运行管理和维护	(72)
6.1 引言	(72)
6.2 ATM 传送网和 OAM 流	(72)
6.3 物理层 OAM 功能	(75)
6.4 ATM 层 OAM 流	(79)
6.5 ATM 网管理功能的前向和后向兼容性	(82)
6.6 小结	(84)
参考文献	(84)
第七章 ATM 交换结构	(85)
7.1 引言	(85)
7.2 共享存储器交换结构	(87)
7.3 共享媒介交换结构	(92)
7.4 空分交换结构	(94)
7.5 小结	(99)
参考文献	(100)
第八章 ATM 网的业务流控制和管理	(101)
8.1 引言	(101)
8.2 呼叫/连接接纳控制 (Call/Connection Admission Control, 简称 CAC)	(102)
8.3 业务流警管 (Traffic Policing)	(107)
8.4 选择性丢弃 (Selective Discarding)	(110)
8.5 反应式拥塞控制	(112)
8.6 业务流成形 (Traffic Shaping)	(113)
8.7 帧丢弃 (Frame Discard)	(114)
8.8 ATM 论坛关于业务流管理的技术	(116)
8.9 小结	(124)
参考文献	(125)

第九章 ATM 网与现有网络的互通	(127)
9.1 引言	(127)
9.2 ATM 网支持无连接业务	(127)
9.3 ATM 网与帧中继网互通	(130)
9.4 ATM 局域网技术	(136)
9.5 B-ISDN 与 N-ISDN 互通	(137)
9.6 小结	(142)
参考文献	(142)
第十章 ATM 网支持 IP 的方法	(143)
10.1 引言	(143)
10.2 IPOA	(144)
10.3 LANE	(148)
10.4 小结	(155)
参考文献	(155)
第十一章 ATM 网络应用举例	(157)
11.1 引言	(157)
11.2 ATM 网实现网络互连	(157)
11.3 ATM 局域网	(159)
11.4 远程教学	(159)
11.5 远程医疗	(160)
11.6 视频点播	(161)
11.7 高性能计算与通信	(163)
11.8 小结	(163)
参考文献	(163)
第十二章 ATM 技术研究和开发现状	(165)
12.1 引言	(165)
12.2 ATM 技术标准化进展	(165)
12.3 ATM 产品开发进展	(175)
12.4 小结	(181)
参考文献	(182)
附录 A 技术名词中英文对照表	(183)
附录 B 与 ATM 有关的 Internet 地址	(187)

第一章 信息高速公路与 ATM 网

1.1 引言

当今世界已跨入信息时代,一方面,整个社会的运行(科技、经济、生活方式)受信息的影响日益增大,另一方面,整个社会的信息量正以 20 万倍于人口增长的速率超速膨胀。因此,建立一个功能强大的信息网络已不仅是信息社会的基础设施和社会物质生产的一般条件,更是衡量一个国家综合国力的重要组成部分,是信息社会的国脉。近几年,各发达国家均在雄心勃勃地规划建设信息高速公路。

1991 年 12 月,当时任美国参议员的现任副总统戈尔(Gore)提出的高科技法案《高性能计算技术法案》获国会通过,根据该法案,美国政府到 1997 年底将投资 29 亿美元以建立 Gb/s 的全美研究教育网(NREN)。之后,克林顿政府又提出了名为国家信息基础设施(NII)的信息高速公路计划,并将该计划看作是美国在世界上重新确立其技术领先地位的象征,由政府采取各种措施保证私营部门进行投资,还在国会竞争委员会中成立 21 世纪信息高速公路工程小组制定有关政策。并修改《通信法案》,消除对有线电视、电话等各种电信工业企业施加的行政和法律限制,对建设信息高速公路进行立法,鼓励各私营企业进行竞争。作为对政府举措的响应,太平洋贝尔(Pacific Bell)拟利用 7 年时间投资 150 亿美元,在其业务区域内建立多媒体信息高速公路。初期工程集中在旧金山、洛杉矶等地,1996 年底连接 150 万用户,本世纪末将连接 500 万用户。1993 年,大西洋贝尔耗资 330 亿美元购买合并了美国国内第一大有线电视公司——TCI 公司,并拟投资 160 亿美元筹建信息高速公路。最近,Bellcore, AT&T, HP, Apple, IBM, Intel 等 28 家大公司联合成立了一个跨行业的工作小组(XIWT),以在技术上进行协调。

欧洲自 1988 年开始进行 RACE 计划,投资 5.5 亿美元建立综合宽带通信网(IBCEN)。1992 年 10 月,德国、法国、英国、意大利和西班牙等五国计划逐步建设泛欧高速信息网:在第一阶段建成欧洲 ISDN;在第二阶段建成泛欧网(Globe European Network),速率为 140 Mb/s;在第三阶段建成经营性欧洲传输网(Managed European Transmission Network),并进行 ATM 试验,最后建成速率高达每秒万兆比特的 ATM 网。1993 年 12 月,欧共体委员会公布了德洛尔的白皮书,正式宣布了开发欧洲信息网基础设施的庞大工程。英国电信公司拟投资 100 亿英镑,建设英国的信息高速公路。法国政府最近也宣布了全法的信息高速公路计划。

加拿大分析了各国在信息高速公路方面的规划后,拟立法鼓励各通信公司竞争建设加拿大信息高速公路。

在亚洲,日本为了保持其在经济和技术上的领先地位,决定建立连接全国国立研究所和大学的高速信息网络,对超级计算机和学术数据库进行统一管理。首先利用大容量光缆,以筑波科学园城和关西文化学术研究城为核心建网,最后与欧美的研究信息网联网。同时

计划投资 800~1200 亿美元,于 1995 年建成高级通信网,并于 1996 年至 2015 年间利用 20 年时间建成全国高速信息网。KDD 公司已宣布为此投资 90 亿美元。

从 90 年代中期,直到下一世纪中叶,在这几十年时间内,将是建成全球信息高速公路的重要时期,对全球经济的发展、各国的社会进程都将产生极其重要的影响。那么,什么是信息高速公路?众说纷纭。在美国政府的工作报告——《国家信息基础设施:行动计划》中,对美国的信息基础设施即信息高速公路作了如下定义:

国家信息基础设施,是能给用户随时提供大量信息的,由通信网、计算机、数据库和日用电子产品组成的完备的网络。

因此,信息高速公路是一项规模庞大的系统工程,涉及通信、计算机及电子技术的各个方面,而且,整个工程的建设并最终为用户应用,还涉及到政治、经济、国防等社会各个领域。但是,从通信的角度来看,信息高速公路最基本的一个通信平台,是一个高速(宽带)的数字通信网。高速的目的是为了满足信息高速公路上“大量信息”的传输要求,这里的“大量信息”,除了指信息的业务量大之外,还包含有业务种类众多的意思。因此,这个作为信息高速公路的基本通信平台的高速数字网,是一个宽带综合业务数字网(Broadband Integrated Services Digital Network,简称 B-ISDN)。

1.2 B-ISDN 的引入

B-ISDN 是由 ISDN 发展而来的,因此也称 ISDN 的宽带部分,原先的 ISDN 也称窄带 ISDN (Narrowband ISDN,简称 N-ISDN)。

N-ISDN 的概念是在 1984 年提出来的。N-ISDN 主要的性能和最初的目的是为了在同一网络上同时支持话音和非话音应用。N-ISDN 定义了两个接口:基本访问接口(Basic Access Interface)和基群速率访问接口(Primary Rate Access Interface)。基本访问接口包括两个 64 kb/s 的信道(B 信道)和一个 16 kb/s 的信令信道(D 信道),也称 2B+D。基群速率访问接口包含 30(或 24)个 64 kb/s 的信道,和一个 16 kb/s 的信令信道。北美和日本采用 24B+D,该速率称 T1,为 1.544 Mb/s。欧洲和我国都采用 30B+D,该速率称 E1,为 2.048 Mb/s。在 N-ISDN 中,用户通过标准接口进入网络,实现了多种业务的综合接口。在网络内部,针对不同业务,实际上还是采用不同的交换方法,还未实现综合交换。

为了能够满足更多用户更大的业务传输需求,提出了 B-ISDN 的概念。

一、B-ISDN 中的业务

在 ITU-T 的 I.113 建议中,对“宽带”作了如下定义:要求传输通道的速率超过基群速率的业务或系统,称为宽带业务或系统。

B-ISDN 中的业务分成两类:交互型业务和分配型业务。

1. 交互型业务

(1) 会话型业务 (Conversational Services)

会话型业务包括:宽带可视电话、宽带会议电视、电视监视、高速不受限数字信息、高速传真、高分辨率图像业务等。

这类业务最主要的特点是实时性。信息的流向既可以是双向的,也可以是单向的。

利用 B-ISDN 提供的会话型服务,在地理位置上分散的学生可以选修远程的课程,从而实现远程教学 (Tele-education 或 Distance Learning)。在偏远地区的病人可以由远程的专家会诊,从而实现远程医疗 (Tele-medicine)。分散在各个地区的计算机可以互连,从而组成元计算机 (Meta-computer),解决诸如中长期天气预报、分子动力学研究等计算量极大的重大挑战问题。传感设备收集的数据可以传输给远程的计算机进行分析、计算,从而实现热电发电站、环境质量监控等的远程控制。

(2) 消息型业务 (Messaging Services)

消息型业务通过存储单元在用户间提供存储-转发、电子信箱、报文处理的通信服务。这类业务是非实时性的。

现有的分组网 (X.25) 和计算机局域网都已能提供电子邮件 (E-mail) 业务。B-ISDN 中的 E-mail 服务将是多媒体的,不仅包括有数据信息,还可提供话音、视频信息的传输,无疑,这将大大提高 E-mail 服务的质量。

(3) 检索型业务

用户可以通过 B-ISDN 向网络上的其他节点或信息中心检索信息,如产品目录、广告、培训材料、产品的技术资料,这类信息也可以是多媒体的。用户还可以通过 B-ISDN 实现视频点播 (Video-on-demand, 简称 VOD)。因此,检索型业务有些是实时性的,有些是非实时性的,视具体情况而定。

2. 分配型业务 (Distribution Services)

分配型业务实现点到多点的通信,按用户能否个别控制信息分配分成两类:

(1) 用户可单独演示控制 (Distribution services with user-individual presentation control)

分配型业务的中心节点将信息周期性地广播,用户可以浏览、选择,并能控制信息的起始。如远程教学、远程广告等。

(2) 用户不能单独演示控制 (Distribution services without user-individual presentation control)

利用这类服务,分散在各地的印刷、出版部门可以接收中央部门通过 B-ISDN 广播的信息 (报纸、杂志、书籍),实现电子出版。B-ISDN 将来还将支持广播电视服务,与现有无线广播电视网争夺广播电视用户。

表 1.1 给出了 B-ISDN 中交互型业务的类型、例子和应用。

表 1.1 交互型宽带业务

业务类别	信息类型	宽带业务的例子	应用	业务类别	信息类型	宽带业务的例子	应用		
会 话 型 业 务	活 动 画 面 (视 频) 和 声 音	宽 带 可 视 电 话	用于在两点间传递话音(伴音)、活动画面以及视频扫描静止图像与文件的通信(个人对个人的通信) —远程教学 —远程购物 —远程广告	会 话 型 业 务 (续)	文 件 资 料	高 速 传 真	用户到用户的文本、图像、图纸等的传递		
		宽 带 会 议 电 视	用于在两点或多点间传递话音(伴音)、活动画面以及视频扫描静止图像与文件的通信(个人对团体,团体对团体的通信) —远程教学 —远程购物 —远程广告			高 分 辨 率 图 像 通 信 业 务	—专业图像 —医用图像 —远程游戏和游戏网络		
						文 件 通 信 业 务	用户到用户的混合文件传递		
		图 像 监 视	—建筑物的安全保卫 —业务量监视	消 息 型 业 务	活 动 画 面 (电 视) 和 声 音	可 视 邮 递 业 务	传递活动图像和伴音的电子邮箱业务		
		视 频 / 音 频 信 息 传 输 业 务	—电视信号传递 —视频/音频对话信息的提供		文 件	文 件 邮 递 业 务	混合文件的电子邮箱业务		
	声 音	多 个 声 音 节 目 信 号	—多种语言解说的频道 —多个节目的传递	检 索 型 业 务	文 本、数 据、图 形、声 音、静 止 图 像、活 动 画 面	宽 带 可 视 图 文	—包含活动画面在内的可视图文 —远程教学和培训 —远程软件 —远程购物 —远程广告 —新闻检索		
	数 据	高 速 不 受 限 制 的 数 字 信 息 传 输 业 务	—高速数据的传递 —LAN(局域网)互连 —MAN(城域网)互连 —计算机与计算机互连 —图像与其他信息类型的传递 —静止图像的传递 —多点交互型 CAD/CAM			图 像 检 索 业 务	—娱乐目的 —远程教学和培训		
		大 容 量 文 件 的 传 递 业 务	—数据文件的传递			高 分 辨 率 图 像 检 索 业 务	—娱乐目的 —远程教学和培训 —专业图像通信 —医用图像通信		
		高 速 遥 信	—实时控制 —遥测 —告警			文 件 检 索 业 务	从信息中心、档案库等进行混合文件的检索		
							数 据 检 索 业 务	远程软件	

表 1.2 列出了 B-ISDN 中分配型业务的类型、例子和应用。

表 1.2 分配型宽带业务

业务种类	信息类型	例子	应用	业务种类	信息类型	例子	应用
用户不能进行单独演示控制的分配型业务	图 像	常规电视分配型业务 (PAL、SECAM、NTSC)	电视节目分配	用户不能进行单独演示控制的分配型业务 (续)	文本、图形、静止图像	文件分配型业务	—电子报纸 —电子出版
		改进质量的电视分配型业务 —提高清晰度的电视分配型业务 —高质量电视	电视节目分配		数 据	高速不受限数字信息的分配型业务	—不受限的数据的分配
		高清晰度电视分配型业务	电视节目分配		活动画面和声音	图像信息分配型业务	—视频/音频信号的分配
		付费电视(对每个节目付费,对每个频道付费)	电视节目分配		文本、图形、声音、静止图像、活动图像	全频道广播视频通信	—远程教学和培训 —远程广告 —新闻检索 —远程软件

二、B-ISDN 中业务的特性

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。所以, B-ISDN 中业务的比特率相差非常大。

表 1.3 宽带业务的比特率

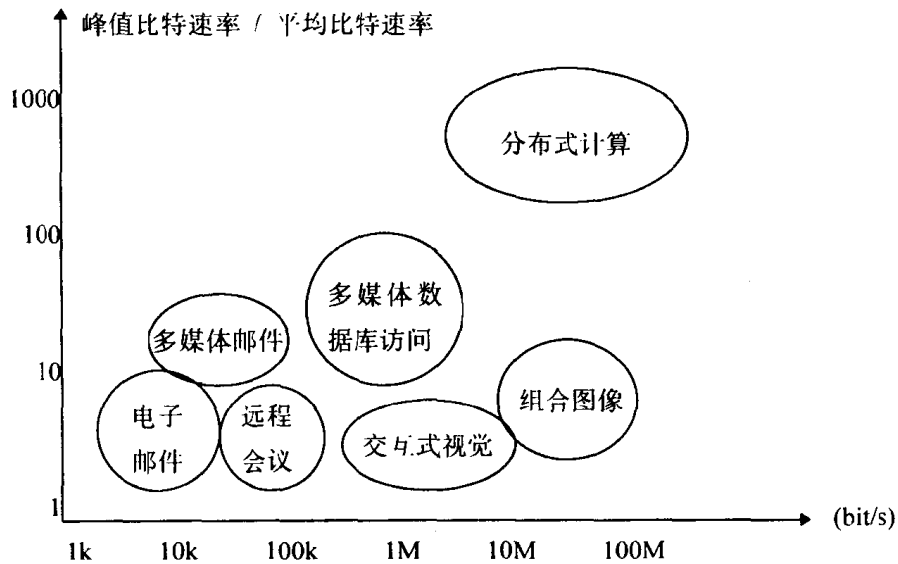
业 务	比特率 (Mb/s)
数据传输	1.5~130
文件传送/检索	1.5~45
视频会议/视频电话	1.5~130
宽带可视图文/视频检索	1.5~130
TV 分配	1.5~130
HDTV 分配	130

2. 突发性 (Burstiness)

我们定义突发性为业务峰值比特速率与均值比特速率之比, 显然这是一个大于 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 64 kb/s 数字电话业务的突发性为 1。

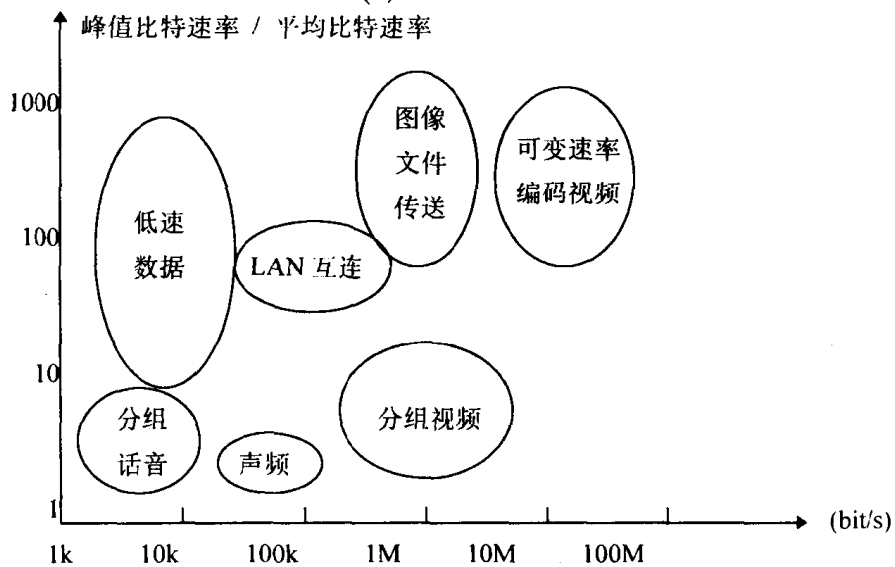
图 1.1 给出了几种业务的突发性, 纵坐标为业务突发性, 横坐标为业务峰值速率。可

见，B-ISDN 中业务的突发性相差很大。



峰值比特速率

(a)



峰值比特速率

(b)

图 1.1 B-ISDN 中一些业务的突发性

3. 服务要求

在 B-ISDN 中，有些业务是面向连接的 (Connection-Oriented)，即双方通信之前需要建立通信链路，如电话、视频会议等；有些是无连接的 (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。有些业务是对丢失敏感但对时延不敏感的，如数据传输；有些业务对时延敏感，但对丢失不十分敏感，如话音、视频业务；有些业务对时延和丢失都敏感，如实时数据传输。