



电 信 新 技 术 实 用 丛 书

ATM交换技术

陈锡生 编著



人民邮电出版社

电信新技术实用丛书

ATM 交换技术

陈锡生 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

ATM 交换技术/陈锡生编著,一北京:人民邮电出版社,2000.4

(电信新技术实用丛书)

ISBN 7-115-08408-4

I .A... II .陈... III .非同步传输-数据交换-技术 IV .TN915.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14138 号

内 容 提 要

本书系统深入地阐述了 ATM 交换技术。首先介绍了有关基础知识和 ATM 协议参考模型,随后重点阐述了 ATM 交换的基本原理、ATM 交换结构及其控制机理,介绍了 ATM 网络信令、信流管理,最后对 IP/ATM 的融合技术作了前瞻性阐述。

本书内容新颖,文笔流畅,适合电信工程技术人员、网络技术人员阅读,也可供高等院校通信工程专业师生参考。

JS-58/22

电信新技术实用丛书

ATM 交换技术

-
- ◆ 编 著 陈锡生
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
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本:787×1092 1/16
印张:17.5
字数:434
印数:1-5 000 册
 - 2000 年 4 月第 1 版
2000 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-08408-4/TN·1577

定价:28.00 元

前 言

ATM 技术可提供基于硬件的高吞吐量的高速交换,并可保证各种业务的服务质量,因此即便在 IP 技术的冲击下,在未来通信网中 ATM 技术仍将发挥重要的作用。目前,介绍 ATM 技术的书籍已有不少,但是专门介绍 ATM 交换技术的书尚属少见。一直从事交换技术的教学与研究工作的作者,感到有必要编写一本这方面的图书。

基于上述观点,本书将重点介绍 ATM 交换技术,力求比较系统和深入。本书共分九章。第一章和第二章是基础部分,第一章对交换方式作一全面介绍,第二章简单介绍 ATM 协议参考模型。ATM 交换结构是 ATM 交换系统的重要组成部分,在很大程度上反映了 ATM 交换的原理,因此在第三章、第四章和第五章中作了重点介绍,特别是第四章对 ATM 交换结构的控制机理作了较全面的概括和分析,在第五章中对新出现的 ATM 交换结构也作了简介。第六章介绍 ATM 网络信令。第七章介绍 ATM 网络的信流管理,即业务流管理。第八章介绍 ATM 交换系统。第九章则对 IP/ATM 的融合作了介绍,重点是集成模式。

由于作者水平有限,书中难免有不当之处,敬请广大读者指正。

作 者

目 录

第一章 交换方式	1
第一节 交换方式概述.....	1
一、交换方式分类.....	1
二、交换方式的技术特征.....	1
第二节 电路交换方式.....	3
一、电路交换.....	3
二、多速率电路交换.....	4
三、快速电路交换.....	4
第三节 分组交换方式.....	5
一、报文交换.....	5
二、分组交换.....	5
三、帧交换.....	7
四、快速分组交换.....	7
第四节 ATM 交换.....	7
第五节 交换技术的发展.....	8
一、电路交换技术的发展.....	8
二、分组交换技术的发展.....	9
三、ATM 交换技术的发展.....	11
参考文献.....	13
第二章 ATM 协议参考模型	15
第一节 协议参考模型分层结构.....	15
一、协议参考模型的面与层.....	15
二、SDU 与 PDU.....	16
第二节 物理层.....	16
一、B-ISDN 用户—网络接口的参考配置.....	16
二、物理层的功能.....	17
三、物理层接口类型.....	18
第三节 ATM 层.....	18
一、ATM 连接.....	18
二、信元结构与编码.....	20
三、ATM 层的功能.....	22
四、业务原语.....	23
第四节 ATM 适配层(AAL).....	23

一、AAL 概述	23
二、AAL 协议数据单元	25
参考文献	34
第三章 ATM 交换结构的分类与基本原理	35
第一节 ATM 交换结构基本功能	35
第二节 ATM 交换结构分类	36
第三节 时分交换结构	37
一、共享存储器	37
二、共享媒体	38
第四节 基于 crossbar 的交换结构	39
一、矩阵型	39
二、全互连型	40
第五节 基于 banyan 的交换结构	40
一、banyan 网络	40
二、delta 网络	41
三、banyan 类网络	42
四、Batcher—Banyan 网络	43
第六节 多通路交换结构	44
一、基于 banyan 的多通路结构	44
二、Shuffleout 网络	46
三、Benes 网络	48
四、Clos 网络	48
参考文献	51
第四章 ATM 交换结构控制机理	52
第一节 缓冲策略	52
一、缓冲策略的分类	52
二、输入缓冲	52
三、输出缓冲	56
四、输入与输出缓冲	56
五、环回缓冲	56
六、交叉点缓冲	57
七、共享缓冲	57
八、多级网络的内部缓冲	58
九、业务流模型与缓冲性能分析	59
第二节 竞争消除	66
一、竞争消除的基本功能与分类	66
二、基于 ACK/NACK 的外部仲裁	66
三、基于 ACK/NACK 的网络仲裁	70
四、基于偏转和/或环回的方法	72
五、基于时隙预留的方法	74

六、基于加速/并行的方法	75
第三节 反压控制	75
一、反压控制与排队损失	75
二、反压控制的实现方式	75
三、直通	76
第四节 选路方法	77
一、选路方法的分类	77
二、自选路由	78
三、表格控制选路	79
第五节 多播实现	79
一、多播实现方式的分类	79
二、拷贝与选路合一	80
三、拷贝与选路分离	81
四、循环拷贝	85
第六节 队列管理	88
一、缓冲管理	88
二、共享缓冲控制	91
三、信元调度	94
参考文献	96
第五章 实用与新型 ATM 交换结构	100
第一节 Knockout 交换结构	100
一、 N^2 分离通路的互连结构	100
二、总线接口	100
三、模块化扩展	102
四、多播功能的实现	103
五、性能分析	104
第二节 ATOM 交换结构	104
一、交换单元	104
二、多播功能的实现	105
三、ATOM 多级交换结构	106
第三节 Sunshine 交换结构	107
一、基本结构	107
二、优先级控制	107
第四节 MPSR 交换结构	108
一、集成交换单元	108
二、交换模块	109
三、MPSR 多级网络结构	110
第五节 新型 ATM 交换结构	113
一、Helical 交换结构	113
二、Abacus 交换结构	115

三、WUGS 交换结构	117
四、DB 交换结构	117
参考文献	119
第六章 ATM 网络信令	120
第一节 信令协议栈	120
第二节 SSCOP	121
一、SSCOP 的功能	121
二、SSCOP 与邻层间的通信	122
三、SSCOP PDU	124
第三节 SSCF	129
一、用于 UNI 的 SSCF	129
二、用于 NNI 的 SSCF	130
第四节 Q.2931	132
一、消息类型	132
二、消息格式	133
三、点到点呼叫/连接的建立和释放	135
四、呼叫/连接状态	136
五、层间原语	138
第五节 UNI4.0	139
一、ATM 论坛 UNI 信令规范	139
二、UNI4.0 的信令能力	139
三、基本的点到点呼叫	140
四、点对多点呼叫	142
五、叶节点启动加入	143
六、任播	145
第六节 B-ISUP	146
一、B-ISUP 功能结构	146
二、B-ISUP 消息格式和类型	146
三、B-ISUP 消息含义及参数	148
四、呼叫建立过程	151
第七节 PNNI	153
一、PNNI 协议概述	153
二、PNNI 选路的基本原理	154
三、PNNI 选路协议	163
四、PNNI 信令协议	178
参考文献	183
第七章 ATM 信流管理	184
第一节 信流管理的分类	184
一、信流控制与拥塞控制	184
二、信流管理的时间级别	184

第二节 ATM 层业务结构	185
一、ATM 层业务类别	185
二、ATM 层业务类别的属性	186
第三节 ATM 层服务质量(QOS)	187
一、QOS 参数概述	187
二、QOS 参数定义	189
三、QOS 类别	190
四、影响 QOS 参数的因素	191
第四节 信流合约	191
一、信流参数与描述语	191
二、业务流合约	192
第五节 信流控制	192
一、连接接纳控制	192
二、使用参数控制	193
第六节 拥塞控制	196
一、选择性信元丢弃	196
二、显式前向拥塞指示	196
三、ABR 流量控制	196
参考文献	200
第八章 ATM 交换系统	201
第一节 ATM 交换系统基本功能与结构	201
一、ATM 交换系统功能概述	201
二、ATM 交换系统基本结构	202
第二节 ATM 交换系统实例	204
一、FETEX-150 ESP	204
二、MainStreetXpress 36190	209
第三节 分布式处理的 ATM 交换系统	218
一、集中式呼叫处理结构	218
二、分布式信令呼叫处理结构	221
三、分布式呼叫控制处理结构	221
四、分布式选路呼叫处理结构	221
参考文献	224
第九章 IP/ATM 的融合	226
第一节 重叠模式与集成模式	226
一、重叠模式	226
二、集成模式——数据驱动与控制驱动	229
第二节 IP 交换	231
一、IP 交换机的构成	231
二、IP 交换过程	232
三、Ipsilon 流管理协议(IFMP)	234

四、通用交换机管理协议(GSMP)	238
第三节 Tag 交换	239
一、Tag 交换的组件	239
二、转发等效类	241
第四节 多协议标记交换(MPLS)	242
一、MPLS 交换技术概述	242
二、标记分配协议(LDP)	246
三、ATM 标记交换路由器(ATM-LSR)	250
四、MPLS 的 SIN 模式	252
第五节 I-PNNI	253
一、PNNI 增强选路(PAR)	254
二、Proxy-PAR	255
三、Integrated PNNI	256
参考文献	257
附录 英文缩写词	258

第一章 交换方式

第一节 交换方式概述

一、交换方式分类

无论是传统的电话通信网,还是现代的多媒体宽带通信网,都离不开交换功能。已出现了多种交换方式,如图 1.1 所示。

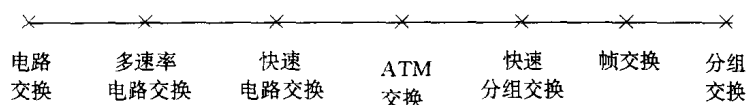


图 1.1 各种交换方式

在图 1.1 中,各种交换方式分布在一条连续线上。连续线的最左端为电路交换,属于电路传送模式(Circuit Transfer Mode—CTM),或称为同步传送模式(Synchronous Transfer Mode—STM);最右端为分组交换,属于分组传送模式(Packet Transfer Mode—PTM)。

电路交换与分组交换是两种截然不同的交换方式,体现了代表两大范畴的传送模式,因此位于连续线的左右两个极端。依次从左到右,多速率电路交换、快速电路交换属于电路传送模式的范畴;依次从右到左,帧交换、帧中继则属于分组传送模式的范畴。

连续线的中央为 ATM 交换,ATM 表示异步传送模式(Asynchronous Transfer Mode—ATM),可以看成是分组交换与电路交换的结合,兼具两者之特点。

图 1.2 更清楚地表示了主要的交换方式,即分为电路交换与分组交换两大类。分组交换分为常规的基于 X.25 协议的分组交换与快速分组交换。快速分组交换(Fast Packet Switching—FPS)又分为帧中继与信元中继。信元中继的典型代表就是面向连接的 ATM 交换,无连接的交换型多兆比特数据业务(Switched Multi-megabit Data Service—SMDS)也属于信元中继。

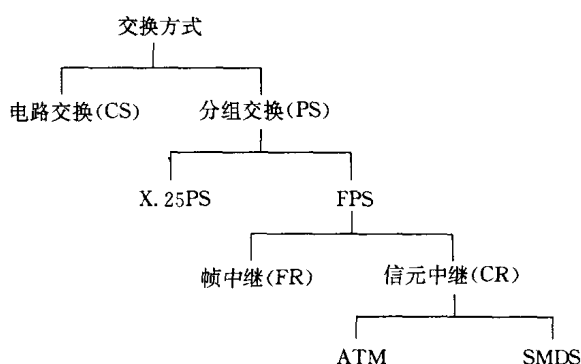


图 1.2 交换方式分类

二、交换方式的技术特征

面向连接与无连接、物理连接与逻辑连接、同步时分交换与异步时分交换以及不同层次的交换可以用来表明不同交换方式的主要技术特征。

1. 面向连接与无连接

面向连接(Connection Oriented—CO)是指两个用户之间的通信信息沿着预先建立的通路上传送。也就是说,面向连接必须先有一个建立过程,以在用户间建立一条固定不变的传送通路。面向连接引入了建立时延,但一旦通路建立后,信息交换的过程就比较简便。建立通路可以有信令建立和管理建立两种方式,信令建立是用户在呼叫时采用一定的信令方式来要求建立通路,管理建立则由网络的管理功能来预先建立,前者为交换型,后者为(半)永久型。

无连接(Connectionless—CL)则不用建立过程来预先建立通路,而是每当用户发送信息分组时,临时通过选路来传送这一分组。无连接没有建立时延,但每次选路的开销较大。

2. 物理连接与逻辑连接

面向连接的方式又可分为物理连接与逻辑连接。物理连接(Physical Connection)是在用户之间建立由其专用的物理通路,该物理通路可以是模拟通路,也可以是数字时分通路,例如某一个固定分配的时隙。物理连接可以保证时延等服务质量的要求,交换机理也较简单,但由于固定分配带宽,资源的利用效率低。

逻辑连接(Logical Connection)建立的是虚电路(Virtual Circuit—VC),虚电路并不独占线路,而是在一条物理线路上可以同时建立多个虚电路,也就是建立多个逻辑连接。

不论是物理连接还是逻辑连接,都需要先有建立过程,建立方式如前述可有交换型和永久型。

3. 同步时分交换与异步时分交换

采用电路交换方式的数字程控电话交换是同步时分(Synchronous Time Division—STD)交换,ATM 交换则属于异步时分(Asynchronous Time Division—ATD)交换。

时分意味着复用,即一条物理链路可以由多个连接所共享,各自占用不同的时间位置。各个连接属于不同的呼叫,有各自的目的地,在交换的过程中必须加以区分,也就是要判别每个时间位置中的信息是属于哪个连接的。STD 是按照时间位置本身来区分的,这意味着每个建立的连接占有某条物理链路上固定的时间位置。以 PCM30/32 路一次群的链路为简单的示例,每帧有 32 个时隙(Time Slot—TS),周而复始,假定在建立过程中将 TS8 分配给连接 A,则每帧的 TS8 始终是传送连接 A 的用户信息,直到连接拆除。

ATD 复用的各个时间位置相当于各个信元所占的位置,即一个信元占有一个时间位置。ATD 与 STD 不同的是,属于某个呼叫连接的多个信元不是占有固定的时间位置,而是按该呼叫连接所需的带宽大小,占有或多或少的时隙位置。也就是说,属于同一呼叫连接的信元,可以或密或疏地在复用链路上出现。因此说,它不是固定分配的同步方式,而是灵活分配的异步方式,从而可以适应各种不同带宽业务的要求。为便于比较,图 1.3 简明地表示了 STD 与 ATD 的概念。图 1.3(a)为 STD,A、B、C 表示不同的呼叫连接,占用了各自的固定时隙位置,图 1.3(b)为 ATD,X、Y、Z 表示不同的虚连接所属信元,时间位置灵活分配。

既然 ATD 采用灵活的带宽分配,各个呼叫连接的信元不占有固定的位置,就不能按照时间位置来区别不同的连接,而要按照信元的信头中所含的用于选路的标识来

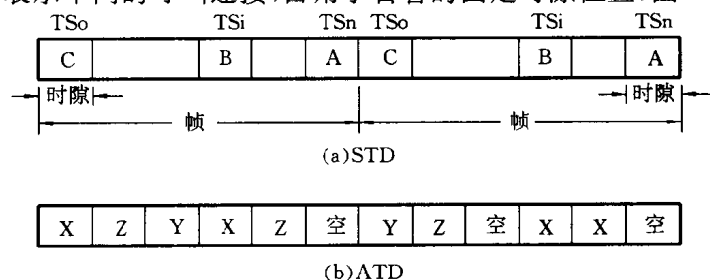


图 1.3 STD 与 ATD 的概念

区分不同的连接。实际上,这属于标记复用(labelled multiplexing)的方式。所谓标记复用,就是依靠每个分组(信元就是短分组)中所含的标记来区分各个连接的复用方式。标记可以是显式,直接表明目的地址,也可以是隐式,用建立过程中分配的“连接标识”来表示,总之标记可用来正确选路。相对于标记复用,STD 可称为非标记复用(unlablled multiplexing)。

4. 不同层次的交换

对应于开放系统互连(Open System Interconnection—OSI)的参考模型,可以实现不同层次的交换方式,即物理层交换、链路层交换和网络层交换。

公用网中的电路交换和交叉连接系统的静态交换可以看成是物理层交换。帧中继和信元中继(ATM 交换)属于链路层交换,专用网常用的以太网/令牌环交换也属于链路层交换。基于 X. 25 的分组交换、基于 IP 的选路以及 IP 交换、标签交换、多协议标记交换(MPLS)则属于网络层交换。支持 IP 选路的路由器执行的选路功能,实质上属于广义的交换功能。至于 IP 交换、标签交换、多协议标记交换等含义将在最后一章给出。

以下将分别介绍电路交换和分组交换,在此基础上进一步说明 ATM 交换,并简述交换技术的发展。

第二节 电路交换方式

一、电路交换

1. 电路交换的基本过程

电路交换(Circuit Switching—CS)是最早出现的一种交换方式,包括最早的人工电话在内的电话交换普遍采用电路交换方式。电路交换的基本过程包括呼叫建立阶段、信息传送(通话)阶段和连接释放阶段,如图 1. 4 所示。

2. 电路交换的特点

电路交换是一种实时交换,当任一用户呼叫另一用户时,应立即在两个用户间建立电路连接;如果没有空闲的电路,呼叫就不能建立而遭受损失。因此,应配备足够的连接电路,使呼叫损失率不超过规定值。

电路交换的特点可以概括如下:

(1) 要在通信的用户间建立专用的物理连接通路,从而又引起以下的特点:

- 在通信前先要有连接建立过程;
- 只要用户不发出释放信号,即使通信暂时停顿,物理连接仍然保持;
- 物理连接的任何部分发生故障都会引起通信的中断;
- 仅当呼叫建立与释放时间相对于通信的持续时间很小时才呈现高效率。

(2) 对通信信息不作处理(信令除外),而是原封不动地传送,用作低速数据传送时不进行速率、码型的变换。

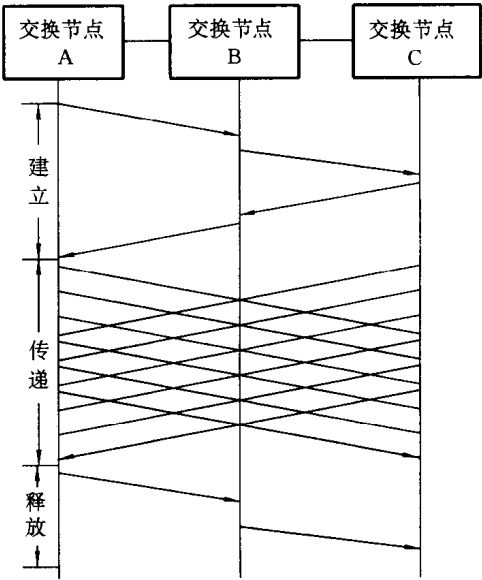


图 1. 4 电路交换的基本过程

(3) 对传送的信息无差错控制措施。

(4) 用基于呼叫损失制的方法来处理业务流量,过负荷时呼损率增加,但不影响已建立的呼叫。

综上所述,电路交换是固定分配带宽,连接建立后,即使无信息传送也虚占电路,电路利用率低;要预先建立连接,有一定的连接建立时延,通路建立后可实时传送信息,传输时延一般可以不计;无差错控制措施,数据交换的可靠性没有分组交换高。因此,电路交换适合于电话交换、文件传送、高速传真,不适合突发(burst)业务和对差错敏感的数据业务。

二、多速率电路交换

采用电路交换方式的交换节点为呼叫所建立的连接通路,通常只有一种传送速率,例如 64Kbit/s。为了适应多种业务的需要,包括较高带宽的业务,可以采用多速率电路交换(Multi-Rate Circuit Switching—MRCS)。

多速率电路交换方式可以对不同的业务提供不同的带宽,包括基本速率(例如 8Kbit/s 或 64Kbit/s)及其整数倍。为此,在交换节点内部的交换网络及其控制必须适应多速率交换的要求。多速率电路交换有两种实现方法,一种是采用多个不同速率的交换网络,另一种是采用一个统一的多速率交换网络。一般而言,前一种方法需要的硬件较多,但控制简单;后一种方法需要的硬件较少,但控制复杂。

多速率电路交换具有以下缺点,并不能很好地满足多种业务不同的带宽要求:

(1) 基本速率较难确定。基本速率定得低,难以实现较高带宽的业务;基本速率定得高,对低带宽业务会成浪费。

(2) 速率类型不能太多。多速率的数量不能太多,否则很难实现,因此仍然缺乏灵活性,不能满足宽带业务的要求。

(3) 不适应突发业务。虽然是多速率,仍然是固定带宽分配,不适应突发业务的要求。

(4) 控制较复杂。

三、快速电路交换

1. 快速电路交换的基本过程

为了克服电路交换固定分配带宽的缺点,提高灵活性,在 1982 年提出了快速电路交换(Fast Circuit Switching—FCS)方式。

快速电路交换的基本思路是只在信息要传送时才分配带宽和有关资源。在呼叫建立时,有关交换节点要在相应路由上分配所需的带宽,并且要“记忆”所分配的带宽和去向。实际上只是建立了“虚电路”或称为逻辑连接,而不是物理连接。当用户发送信息时,通过呼叫标识可以查到该呼叫所需的带宽和去向,并激活虚电路,建立物理连接。由于快速电路交换并不为各个呼叫保留其所需带宽,因此当用户发送信息时并不一定能成功地激活虚电路,会引起信息丢失或排队时延。突发交换(burst switching)是与快速电路交换相似的交换方式。

2. 快速电路交换的特点

快速电路交换具有以下特点:

(1) 由于并不为每个呼叫专门分配和保留其所需的带宽,因此提高了带宽的使用效率。

(2) 物理连接的建立和拆除要有相当高的速度。

(3) 由于只有当信息发送时才建立真正的连接,因此时延比通常的电路交换要大。

快速电路交换虽然也提高了带宽利用率,但控制复杂,灵活性比不上快速分组交换,故未得到广泛应用。近期提出的动态传送模式(Dynamic Transfer Mode—DTM)是快速电路交换的发展,可望在某些领域获得应用。

第三节 分组交换方式

一、报文交换

分组交换(Packet Switching—PS)采用存储转发(store and forward)方式,为此先介绍报文交换(Message Switching—MS)。

报文交换又称为存储转发交换,与电路交换的原理不同,不需要提供通信双方的物理连接,而是将所接收的报文暂时存储。报文中除了用户要传送的信息以外,还有目的地址和源地址。交换节点要分析目的地址和选择路由,并在该路由上排队,等待到有空闲电路时才发送到下一交换节点。公用电信网的电报自动交换是报文交换的典型应用,有的专用数据网也采用报文交换方式。

报文交换可以进行速率、码型的变换,具有差错控制措施,可以发送多目的地址的报文,过负荷时则导致时延的增加。图 1.5 表示了报文交换的基本过程和时延的构成。

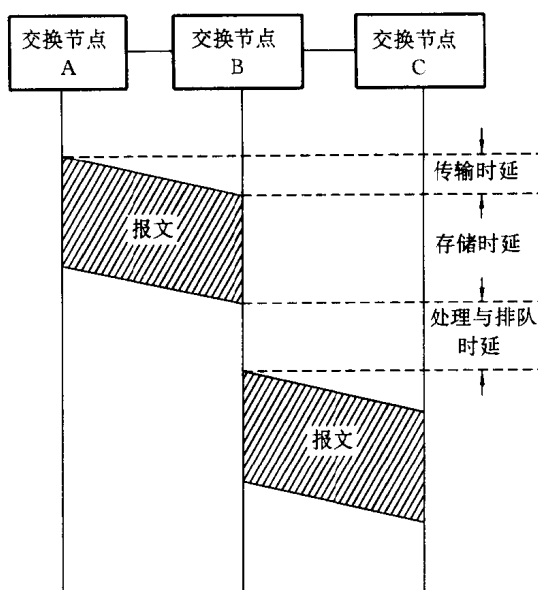


图 1.5 报文交换的时延[2]

二、分组交换

1. 分组交换的基本概念

采用存储转发方式的分组交换与报文交换的不同在于:分组交换将用户要传送的信息分割为若干个分组(packet),每个分组中有一个分组头,含有可供选路的信息和其它控制信息。分组交换节点对所收到的各个分组分别处理,按其中的选路信息选择去向,以发送到能到达目的地的下一交换节点。

分组交换的时延示于图 1.6。将图 1.6 与图 1.5 比较可以看出,分组交换的时延小于报文交换。这是因为分组交换是分成多个分组来独立传送,收到一个分组即可以发送,从而显著减少了存储的时间。

但是,正是由于分成多个分组,也增加了开销。为此,分组长度的确定是一个重要的问题。分组长度缩短会进一步减少时延而增加开销,分组长度加大则减少开销而增加时延。通常,分组长度的选择要兼顾到时延与开销这两个方面。

用于分组交换的 X.25 协议采用逐段链路的差错控制和流量控制,出现差错时可以重发,提高了传送质量,可靠性高。但由于协议和控制复杂,信息传送时延大,通常只用于非实时的数据业务。

2. 虚电路方式和数据报方式

分组交换可提供两种服务方式：虚电路（Virtual Circuit - VC）方式与数据报（Datagram - DG）方式，各有其特点，可适应不同业务的要求。

（1）虚电路

所谓虚电路方式，就是在用户数据传送前先要通过发送呼叫请求分组建立端到端之间的虚电路；一旦虚电路建立后，属于同一呼叫的数据分组均沿着这一虚电路传送，最后通过呼叫清除分组来拆除虚电路。

虚电路不同于电路交换中的物理连接，而是逻辑连接。虚电路并不独占线路，在一条物理线路上可以同时建立多个虚电路，也就是建立多个逻辑连接，以达到资源共享。但是

从另一方面看，虽然只是逻辑连接，毕竟也需要建立连接，因此不论是物理连接还是逻辑连接，都是面向连接（Connection Oriented - CO）的方式。

虚电路有两种：交换虚电路（Switched Virtual Circuit - SVC）和永久虚电路（Permanent Virtual Circuit - PVC）。前述通过用户发送呼叫请求分组来建立虚电路的方式称为 SVC。如果应用户预约，由网络运营者为之建立固定的虚电路，就不需要在呼叫时临时建立虚电路，而可直接进入数据传送阶段，称之为 PVC。

（2）数据报

数据报不需要预先建立逻辑连接，而是按照每个分组头中的目的地址对各个分组独立进行选路。由于不需要建立连接，称为无连接方式。

图 1.6 可理解为采用数据报方式的分组交换的时延，如果是虚电路方式，还应增加呼叫建立阶段和清除阶段。

（3）虚电路与数据报的比较

① 分组头

DG 方式的每个分组头要包含详细的地址，而 VC 方式由于预先已建立逻辑连接，分组头中只含有对应于所建立的 VC 的逻辑信道标识。

② 选路

VC 方式预先有建立过程，有一定的处理开销，但一旦虚电路建立，在端到端之间所选定的路由上的各个交换节点都具有映象表，存放出入逻辑信道的对应关系，每个分组到来时只要查找映象表，而不要进行复杂的选路。当然，建立映象表也要有一定的存储器开销。DG 方式则不需要有建立过程，但对每个分组都要独立地进行选路。

③ 分组顺序

VC 方式中，属于同一呼叫的各个分组在同一条虚电路上传送，分组会按原有顺序到达终点，不会产生失序现象。DG 方式中，由于各个分组是独立选路，可以从不同的路由转送，会引起失序。

④ 故障敏感性

VC 方式对故障较为敏感，当传输链路或交换节点发生故障时可能引起虚电路的中断，需

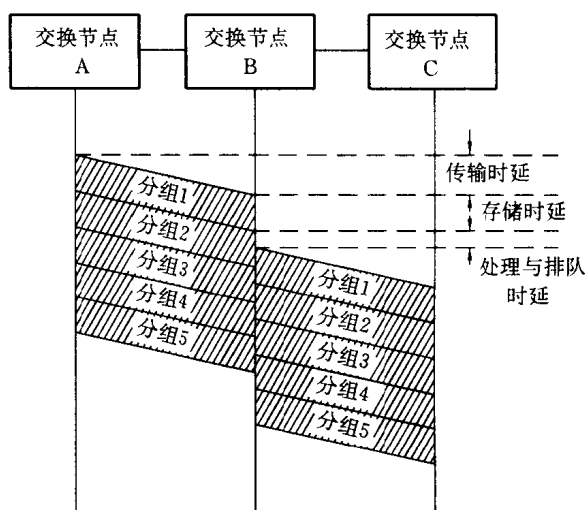


图 1.6 分组交换的时延[2]

要重新建立。有些分组网具有再连接功能,出现故障时可自动建立新的虚电路,并做到不丢失用户数据。DG 方式中各个分组可选择不同路由,对故障的防卫能力较强,从而可靠性较高。

⑤ 应用

VC 方式适用于较连续的数据流传送,其持续时间应显著地大于呼叫建立时间,如文件传送、传真业务等。DG 方式则适用于面向事务的询问/响应型数据业务。分组交换公用数据网(PSPDN)通常采用 VC 方式。

三、帧交换

通常的分组交换是基于 X.25 协议。X.25 包含三层,第 1 层是物理层,第 2 层是数据链路层,第 3 层是分组层,对应于开放系统互连(Open System Interconnection—OSI)模型的下三层,每一层都包含了一组功能。帧交换(Frame Switching—FS)则只有下面两层,没有第三层,简化了协议,加快了处理速度。

帧交换是一种帧方式(frame mode)的承载业务(bearer service),在数据链路层上以简化的方式来传送和交换数据单元。通常,在第 3 层传送的数据单元称为分组,在第 2 层传送的数据单元称为帧(frame)。所以,帧方式是将用户信息流以帧为单位在网络内传送。

帧方式与传统的分组交换比较有两个主要特点:一个是帧方式是在第 2 层——链路层进行复用和传送,而不是在分组层;另一个是帧方式将用户面与控制面分离,而通常的分组交换则未分离。用户面(user plane)提供用户信息的传送,控制面(control plane)则提供呼叫和连接的控制,主要是信令(signalling)功能。

四、快速分组交换

快速分组交换(Fast Packet Switching—FPS)可理解为尽量简化协议,只具有核心的网络功能,以提供高速、高吞吐量、低时延的服务的交换方式。有时,FPS 是专指 ATM 交换,但广义的 FPS 包括帧中继(Frame Relay—FR)与信元中继(Cell Relay—CR)两种交换方式,信元中继为 ATM 所采用。实际上,ATM 是源自 FPS 和异步时分交换,专门在 1.4 节说明,这里仅介绍帧中继。

帧中继是典型的帧方式。与帧交换比较,帧中继进一步简化了协议,非但不涉及第 3 层,第 2 层也只保留了链路层的核心功能,如帧的定界、同步、透明性以及帧传输差错检测等。帧中继只进行差错检验,错误帧予以丢弃,不再重发。具体说,帧中继采用 ITU—T Q.922 建议的 LAPF 的一个子集,对应于数据链路层的核心子层,称为数据链路核心协议(DL—CORE)。LAPF 表示帧方式承载业务的链路层接入协议。帧中继采用可变长度帧,可适应突发信息的传送,很适用于局域网(Local Area Network—LAN)的互连。

需要指出,简化协议而只提供核心的网络功能是有其背景基础的。一方面,高带宽、高传输质量的光纤系统的大量应用,为简化或取消差错控制和流量控制创造了条件;另一方面,终端系统日益智能化,例如个人计算机的大量出现,具备了以端到端的方式进行一些复杂控制的能力,网络只提供公共的核心功能,反而增加了应用上的灵活性。

第四节 ATM 交换

ATM 是 ITU—T(国际电信联盟电信标准化部门,原国际电报电话咨询委员会 CCITT)