

关于 ATM 交换结构的分析与构想

文远保 傅向东 (华中理工大学计算机系)

摘要:本文提出一种带优先权的成组排队的 ATM 交换结构。其基本思想是在 knockout 交换结构的基础上,在输入端根据优先权进行分组,同一组的输入端共享排队缓存,在输出端采用共享输出。这种结构能适应不同业务对信元丢失率及时延的不同要求,提高缓存的利用率和系统的吞吐率,而且还能大大改善交换结构的抗突发能力。

一、ATM 技术特点

异步传输模式 ATM(Asynchronous Transfer Mode)是实现 B-ISDN 的关键技术,它克服了电路交换技术不能适应任意速率业务,难以导入未知新业务的缺点,简化了分组通信协议,并直接由硬件对简化的协议进行处理,交换节点不再对信息进行差错控制,从而极大地提高了网络的通信处理能力,使之能以兆或千兆速率传送语音(连续流业务)、数据和图象(突发性业务)。ATM 技术为在公共网上传输不同数据的各种业务提供了一种灵活、高带宽利用率的有效手段^[1]。

ATM 是建立在电路交换和分组交换基础上的一种新模式,本质上是一种高速分组传送模式,它将话音、数据及图象等所有的数字信息分解成长度一定的数据块,并在各数据块前装配地址、丢失级别等控制信息(即信头 H)构成信元。就复用方式而言,它属于统计时分复用,不是通过时隙的位置,而是通过时隙的标号来区分信道,其中时隙长度等于一个信元(Cell)的长度,即 53 个字节。就交换方式而言,它属于快速分组交换,用硬件实现存储转发,信息移动的基本单元是长度固定的小分组(mini-packet)一信元。每一个信元的长度都为 53 个字节,由信头(Header)和信息域(Information field)组成。信头占 5 个字节,装有信元的控制信息,信息域中装入用户信息或其它控制、管理信息,其长度为 48 个字节^[2]。

ATM 仍然是面向连接的方式,但不是如同电路交换那样的实连接,而是与分组交换相似的虚连接。ATM 的呼叫接续并不是按信元逐个地进行选路控制,而是为了避免象数据报(Datagram)那样复杂的顺序控制,它采用了分组交换中虚呼叫的概念。也就是说,在传送信息之前预先建立与某个呼叫有关的信元接续路由,直至呼叫结束同一个呼叫的所有信元都经相同的路由传递。当呼叫建立时,在与输入线路对应的接续路由表中记入选路

比特 RB,用它来表示哪个呼叫通过哪条交换路由接续。信元到达后,查对信头中的标记号码 I,用它来识别呼叫。将选路比特 RB 和交换机内部识别符 X 装入信头后将信头送往交换网。各交换模块具有自律选路功能,它根据 RB 将信元发往指定的方向。由于信元可从各个方向独立到达,有时会发生冲突现象。为防止信元冲突,应设置输入缓存器和输出缓存器。在输出端将标记号码 J 记入信头中,以便在路由内识别呼叫,这一操作也通过检索标记变换表来实现。此表在呼叫建立时生成。^[3]

二、ATM 交换结构

随着信息交换的增长,信源的数量剧增,这就需要 ATM 交换机在信元丢失率和信元时延上有较高要求。CCITT 建议 I.150 提出了由 ATM 层提供与信元丢失率有关的 QOS(即业务质量),ATM 信元信头中的一个比特(CLP)用来指示信元两级丢失优先权。按用户对信元时延的要求,也将其分为两个优先级。因而信元共有四个类别。如表 1 所示。第 1、3 类信元属于高丢失优先级,第 2、4 类信元属于低丢失优先级。同样,第 1、2 类信元属于高时延优先级,第 3、4 类信元属于低时延优先级^[4]。

表 1 信元丢失和时延优先级表

		最大时延	
		敏感(20 信元时隙)	不敏感(100 信元时隙)
信元丢失率	敏感 ($<10E-8$)	1	3
	不敏感 ($<10E-3$)	2	4

本文所采用的交换结构是基于 Knockout 交换结构进行设计的,是一个有 B 个输入端和 B 个输出端的交换

网络。它有三个基本特点：

- 每个输入端都有一个广播总线；
 - 每个输出端能接收所有输入端的信元；
 - 采用输出缓冲器结构^[4]；
- 全连通模块化拓扑结构如图 1。

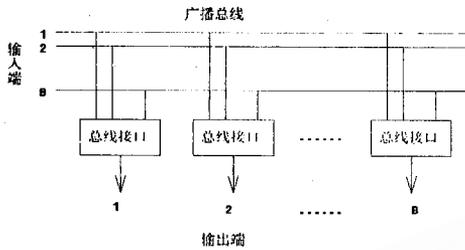


图 1 全连通模块化拓扑结构

图 2 给出了交换结构中每个输出端的总线接口结构^[4]：

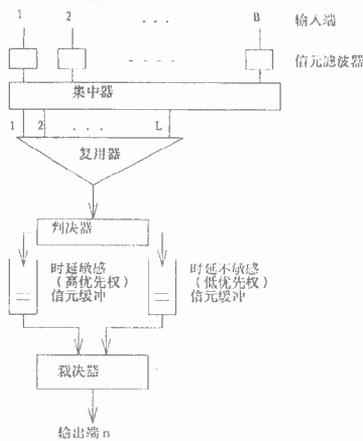


图 2 总线接口结构

三、输入排队分析

输入排队是 ATM 交换中常用的交换结构之一，它可以在输入端采用各种方法解决由于分组到达和碰撞的随机性可能产生的竞争问题。为了改善输入排队性能，已提出不少和改进措施，较典型的有先进先出 (FIFO) 排队策略、开窗策略、输入平滑策略以及加速因子策略^[5]。

·先进先出 (FIFO) 排队策略：当有一个以上的队首分组具有相同的输出地址时，竞争和阻塞就会发生，只有一个队首分组能通过交换结构，其余竞争失败的分组将

被阻塞在输入队首。

·开窗策略是减少队首阻塞的典型的先行 (Look-ahead) 竞争仲裁策略。每个输入端在每一时隙仍然只能发送一个分组，但不必是位于队首的分组；每个输出端一时隙也仍只能接收一个分组。

·输入平滑策略消除了队首阻塞，其代价是将交换体的大小从 $N \times N$ 扩大到 $Nb \times Nb$ ，其中 N 是输入端口的个数， b 为每个输入队的缓存容量。每一时隙中最多可允许 Nb 个分组进入交换体，而最多允许其中的 b 个分组同时到达同一输出端，因而不会再出现队首阻塞的现象。

·加速因子策略是用硬件条件减少队首阻塞，从而改善性能的方法。如果交换体的处理速度与输出链的速度是输入链传输速度的 $C(C>1)$ 倍 (C 称为加速因子)，则允许最多 C 个分组无阻塞地同时通过交换体到达同一输出端。加速因子的实现依赖于高速硬件或并行处理的技术。

从以上介绍可以发现这几种策略的一个共同问题，当分组到达一已被占满的队列时，分组将丢失，尽管其它的队列可能还有很多闲置的空间，这就限制了缓存利用率的提高，同时也将导致非均匀业务和突发业务对交换性能产生很大的影响^[5]。

为了提高缓存利用率、提高系统吞吐率和增强系统抗突发能力，采用一种成组输入排队策略。

在图 1 结构的输出队列中，存在着不同优先级别的信元，通过图 1、图 2 的信元将其按表 1 所示的优先级别进行分组，分组后的信元进入图 3 所示交换结构中，在图 3 所示交换结构中采用成组输入排队策略，输出端的信元进入图 4 所示结构中，共享输出。图 3 所示为成组输入排队模型的结构图。

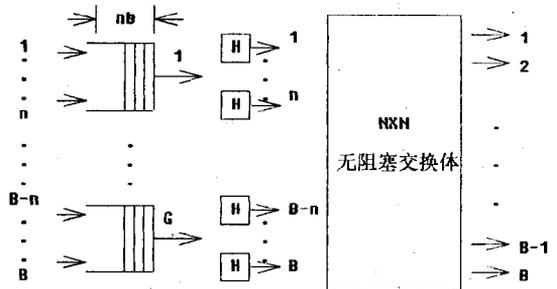


图 3 成组输入排队模型

成组输入排队模型的结构如图 3 所示。将 B 个输入

端分为 4 组,属于同一组的输入端共享同一队列,称之为组队。每个组对包含 n 个输入端, $n = B/4$, 并具有大小为 $n \times b$ 的缓冲容量。 $G = B$ 和 $G = 1$ 分别对应于无缓存共享和缓存全共享排队,到达属于同一组队的输入端的分组进入同一组队排队。当组队被占满时,将发生分组丢失。在每一时段,至多允许从每个组队中挑选 N 个分组作为队首发送且通过交换结构,所有的队首(至多 $B \times G$ 个)的挑选都遵循先行的竞争处理方案,开窗尺寸为 b 。

四、共享输出

ATM 交换机有三个重要的性能指标:交换延迟,信元丢失率和吞吐率。ATM 技术的主要障碍是信元丢失率,一个交换机应该有尽可能小的信元丢失率。所以,ATM 交换机性能主要从信元丢失率来考虑。对于采用共享缓冲器的交换机,所有输入信元被时分复接,并根据信元标头信息存入不同输入队列,各队列共享一个缓冲器的容量。缓冲器的每个存储单元(可存一个信元)可以动态地分配给每个输出排队队列。每个队列长度的上限可以扩展到整个缓冲器溢出为止。共享缓冲器交换方式实质上属于输入缓冲器方式,故其最大吞吐率可达 100%。但是这种交换方式属于时分交换,各路输入信元时分复接后要求存取速率很高。为了能够实现,要采用并行处理,即在输入端要采用时分复接和串并转换,而在输出端又要进行并串转换和分接。如图 4 所示。

来自各终端的信元流在 ATM 结点上对缓冲器进行统计复用,当业务量瞬时过载出现拥塞时,因缓冲器容量有限发生溢出导致信元丢失。因缓冲器溢出而发生的信元丢失的特性与缓冲器容量、复用连接数以及每个连接的信元业务量特性(尤其是突发性)有关。缓冲器容量越小,复用连接数越多,信元的突发性越大越容易发生信元丢失现象。因此,应根据各种业务信元流的业务量特性,

确定相应的缓冲器容量和复用度以确保信元丢失率在一定数值以下。在相同的缓冲器容量和业务强度下,随着共享缓冲器输入输出口的增加,信元丢失率随之降低,这就是“共享效应”。



图 4 共享输出

五、结束语

本文提出了一种带优先权的成组排队的 ATM 交换排队结构。用这种结构来缓冲重业务负荷与突发业务对交换性能的冲击,使 ATM 交换结构能适应不同业务对信元丢失率及时延的不同要求,提高缓存的利用率和系统的吞吐率,改善交换结构的抗突发能力。

参考文献:

- [1] Jian - Yves le Boudes, The Asynchronous Transfer Mode, Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 24, No. 4, May 1992
- [2] Special Issue on the ATM - Asynchronous Transfer Mode, Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 24, May 1992
- [3] Ronald J. Vetter, ATM concepts architecture and protocols, Communications of the ACM, Vol. 38 No. 2 Feb 1995
- [4] 陈山枝、严烈民《一种新的带优先权控制的 ATM 交换结构》,通信学报 1995 年 5 月
- [5] 朱涛、程时昕《ATM 交换结构的成组输入排队模型》,通信学报 1995 年 1 月