

基于联结的分布式网络多媒体内同步技术的研究

夏波涌 俞能海 刘政凯

(中国科技大学信息处理中心,合肥 230027)

摘要 多媒体同步是多媒体展示必须解决的问题,而内同步又是同步技术的基础。本文基于联结的分布式网络环境及其 QoS 参数,利用限制性阻塞方案和阻塞性方案,提出了缓冲区 N 大小的分配策略,给出了其时态图、数学描述和推导,进而在理论上分析和说明了该分配策略的可靠性和正确性。

关键词 同步,内同步,阻塞性方案,展示

1 引言

在许多实际应用中,如视频点播系统 VOD,电视会议等,用户皆需要通过多媒体网络来实现各自需求。而在这些分布式网络多媒体应用中,主要将多媒体信息从服务端发送到客户端,以使用户取舍和使用。而由各种单一媒体综合而成的多媒体中,各种单一媒体之间不仅具有一定的时间关联,而且单一媒体的本身内部也具有时间关联^[1]。一般来说,根据媒体之间及内部的时间关联属性可将同步分为 2 种情况加以考虑:内同步和间同步。前者主要指确保单一媒体信息展示本身的时间关联;后者主要指异种媒体信息之间展示相互时间关联。

目前,已提出很多处理多媒体信息同步问题的方案,如阻塞性方案和限制性阻塞方案等^[2]。Qazi 等人曾用上述 2 种方案来处理多媒体存储展示的同步问题^[3]。然而,Qazi 等人提出的方案中,只是对系统进行模型化定性描述,缺乏有关数学定量分析和描述,如缓冲区 N 的大小需求,最大和最小延迟等等。

本文在上述两种方案的基础上,主要针对内同步问题,给出有关参数的数学定量分析和描述。得出内同步算法中的缓冲区 N 的大小需求及其管理机制,并对此种模型在理论上证明其可靠性和实用性。

2 系统模型及参数

延迟是网络性能的一个重要参数,但由于网络负荷、处理机及传输模式等诸多随机因素的影响,延迟只能是一随机不确定量。为了实现媒体信息流的同步,延迟参数必须在有界的范围内加以考虑。ATM 网络综合了传统的电路交换和分组交换的优点,克服了它的缺点。且 ATM 网络通过资源调度和访问控制的协议,确保了最大的传输延迟 D_{\max} 和最小的传输延迟 D_{\min} ,具有较低的信元(Cell)丢失率和突发性到达的信元丢失。ATM 网络中,某一信元丢失时,在信元丢失处,将填充某些默认的信元。因此,可以假定所有媒体单元将不会丢失,仅有细微的错误信息将被展示,而这是用户可以忍受的。

在我们提出的系统模型中,采用面向联结的网络 ATM 网络。为了完成实时通信(如视频会议),媒体的产生和展示应具有同等的速率 θ , θ 表示服务端每个媒体单元产生所需要的时间,那么在用户端每秒应展示 $1/\theta$ 个媒体单元。本系统模型主要配置如图 1 所示。图 1 在这分布式面向联结的网络环境 ATM 中,存在一发送控制器和展示用户。在服务端,发送控制器依照媒体的实际产生时间启动发送。在应用开始建立时,ATM 网络通信传输协议通过选择合适的服务品质 QoS(Quality of Service)参数,

分别创立各种媒体的联结如视频和音频的联结。这样,每种类型的媒体就建立了各自的多媒体虚通道的联结^[4]。QoS的选择主要依据用户的应用需求;媒体的产生和展示速率 θ ,允许的最大的失步值等等,进而通信协议据此选定合适的QoS参数。在用户端,在建立每个媒体的虚通道MVC之后,分配足够的 N ,然后启动各自的展示处理过程以获得最终的展示。一旦用户端接收到媒体单元,该处理过程立即处理:是存贮在缓冲区 N 内还是立即展示给用户端。显然,这里的同步模型中的缓冲区 N 的概念不同于周学海等人提出的预取块的概念^[5]。我们这个系统中,服务端主要负责发送,具体的同步是在用户端完成的。而且,用户端也不必在应用开始时向服务端预取多少数据块。否则,若取数据块就很难达到实时的双方通信。

速率; N :缓冲区的大小。

3 视频媒体流内同步的缓冲区 N

每一媒体展示连续性对用户来说十分重要,但由于网络 D 的随机性,媒体单元在服务端周期发送,用户端并非周期接收到,而是平稳或突发性到达。用户端对对突发性到达的正确处理显得较为重要,如何分配合适的缓冲区 N ?这里我们主要从突发性到达的产生条件开始分析。

假定媒体单元 k 最迟到达时间较 $k+1$ 媒体单元最早到达时间要迟,在接收端就可能发生突发性到达。在我们的系统模型中,主要基于面向联结的ATM网络,故而所有的媒体单元将按序到达,也就是说,如前一媒体单元经历较长的延迟,则后一媒体单元排队,进而导致突发性到达。假定 t_0 时刻发送 k ,则 k 最迟到达时间为: $t_0 + D_{\min}$, $k+1$ 媒体单元最早到达时间为: $t_0 + \theta + D_{\min}$ 。据以上分析,突发性到达的数学描述如下: $t_0 + \theta + D_{\min} \leq t_0 + D_{\max}$; $\theta \leq D_{\max} - D_{\min}$, $\theta \leq J_{\max}$ 。

一般在局域网LAN中, $J_{\max} < \theta$;而在广域网WAN中,由于网络联结较多, $\theta \leq J_{\max}$ 。通过以上分析知: $J_{\max} < \theta$ 时,不会产生突发性到达,而在广域网WAN中会产生突发性到达。任两相邻媒体单元如 k 与 $k+1$ 之间到达接收端的时间间隔为:

最大值: $(t_0 + \theta + D_{\max}) - (t_0 + D_{\min}) = \theta + J_{\max}$;
 最小值: $(t_0 + \theta + D_{\min}) - (t_0 + D_{\max}) = \theta - J_{\max}$ 。

由于假定基于面向联结的ATM网络,最小值只能为0,其实际意义就是两相邻媒体单元在接收端顺序到达,其之间没有任何时间间隔,图2描述了这种时间关系。

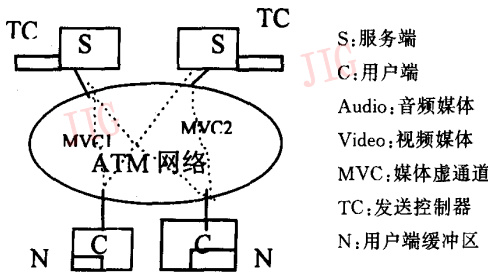


图1 系统参考模型

这里我们主要选定下面主要参数以便完成缓冲区的计算: D_{\max} 和 D_{\min} 分别表示网络的最大延迟和最小延迟。需要说明的是:此延迟包含传播延迟、发送延迟和队列延迟等等; D :网络延迟, $D_{\min} \leq D \leq D_{\max}$; J_{\max} :网络最大延迟抖动, $J_{\max} = D_{\max} - D_{\min}$;

δ :网络阻塞间隔时间; θ :媒体单元产生或展示

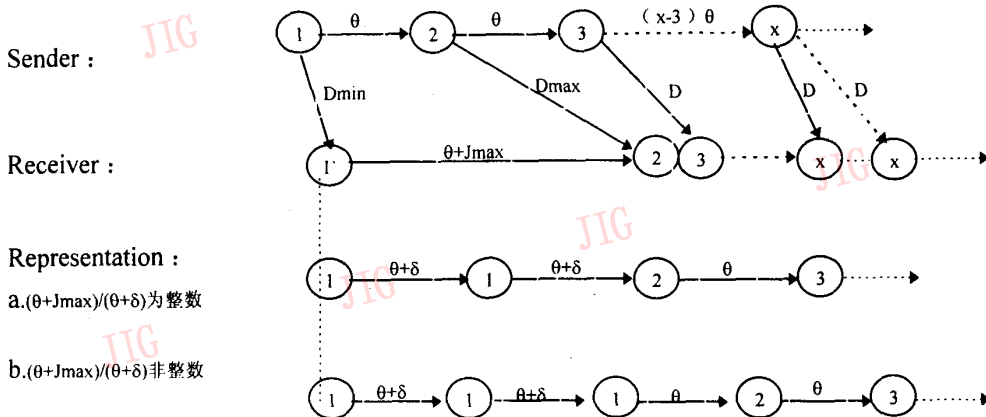


图2 第1种情况下的媒体单元之间的时态关联图

下面着重讨论 $\theta \leq J_{max}$ 情况下的突发性到达对接收端的缓冲区 N 的影响。

按照上文所述,针对视频信息流,我们采用限制性阻塞方案。这里分为 3 种情况:

(1) 如图 2 所示,第一媒体单元经历 D_{min} ,而第二媒体单元经历 D_{max} 。显然,若后续媒体单元经历 D_{min} ,会发生突发性拥塞到达。由于较长的延迟 D_{max} ,媒体单元 2 错过了它的展示期限。此时,限制性阻塞方案工作过程如下: k 媒体单元展示完毕以后,如 $k+1$ 仍未到达, k 展示过程等待 δ 时间。若在等待 δ 时间内, $k+1$ 媒体单元到达,展示 $k+1$ 媒体单元;反之,在等待时间 δ 内, $k+1$ 媒体单元仍未到达,展示过程重新等待,并展示有关最新媒体单元如 k 媒体单元。

图 2 中,媒体单元 1 在接收到后立即展示。在媒体单元 2 接收到之前,1 媒体单元每隔 $\theta + \delta$ 时间展示一次,假设 x 为在媒体单元 3 开始展示时最新到达的媒体单元。以下分为 2 种情况分别讨论所需缓冲区 N 的大小。

① 当 $\frac{J_{max} + \theta}{\theta + \delta}$ 为整数时,由图 2 可知,此时媒体

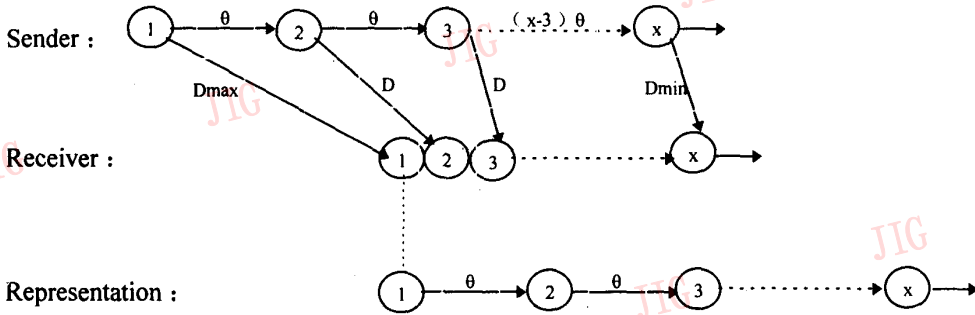


图 3 第 2 种情况的媒体单元之间时态关联图

假设在开始展示媒体单元 2 之前, x 为最新到达的媒体单元。此时满足:

$$t_0 + D_{min} + (x - 1)\theta \leq t_0 + D_{max} + \theta;$$

$$x \leq 2 + \frac{J_{max}}{\theta}, x = 2 + \left[\frac{J_{max}}{\theta} \right], N_1 = 1 + \left[\frac{J_{max}}{\theta} \right]$$

(3) 媒体单元 $k+1$ 经历 D_{max} 时,缓冲区已存有 n 个媒体单元,如图 4 所示。存储的 n 个媒体单元展示完毕以后, k 媒体单元在 $k+1$ 媒体单元接收端之前,每隔 $\delta + \theta$ 时间就展示一次,见下页图 4。

在这里,假设媒体单元 $k+2$ 开始被展示时, x 为最新到达的媒体单元。因为媒体单元 k 经历的延迟不确定,假定 k 经历的最小延迟 D_{min} ;则所需缓冲区 N 此时达到极限,故而此时 D 按 D_{min} 取值,使我

单元 1 在重复展示结束时,媒体单元 2 恰好收到,立即被展示。这种情况下,满足:

$$t_0 + (x - 1)\theta + D_{min} \leq t_0 + D_{min} + \frac{J_{max} + \theta}{\theta + \sigma}(\theta + \delta) + \theta;$$

$$x \leq 3 + \frac{J_{max}}{\theta}, x = 3 + \left[\frac{J_{max}}{\theta} \right],$$

$$N = 1 + \left[\frac{J_{max}}{\theta} \right]$$

其中, $[\cdot]$ 取 \cdot 数的下界。

② 当 $\frac{J_{max} + \theta}{\theta + \delta}$ 为非整数时,此时满足:

$$t_0 + (x - 1)\theta + D_{min} \leq t_0 + D_{min} + \left[\frac{\theta + J_{max}}{\theta + \delta} \right](\theta + \delta) + \theta + \theta;$$

$$x \leq 3 + \frac{\left[\frac{\theta + J_{max}}{\theta + \delta} \right](\theta + \delta)}{\theta},$$

$$N = 1 + \left[\frac{\left[\frac{\theta + J_{max}}{\theta + \delta} \right](\theta + \delta)}{\theta} \right]$$

(2) 媒体单元 1 经历 D_{max} ,后续媒体连续到达,见图 3。

们有条件求得所需缓冲区 N 的大小,且满足实际需求。这里又分 2 种情况讨论:

① 当 $\frac{J_{max}}{\theta}$ 为整数时。显然此时媒体单元 x 在 $t_0 + D_{max} + 2\theta$ 时刻到达,也就是说媒体单元 $k+1$ 展示恰巧完毕时,媒体单元 x 到达,此时满足:

$$t_0 + D + (x - k)\theta = t_0 + D_{max} + \theta + \theta,$$

取 $D = D_{min}$ 时,则

$$t_0 + (x - k)\theta \leq t_0 + D_{max} - D_{min} + 2\theta;$$

$$x \leq 2 + k + \frac{J_{max}}{\theta}; \text{取 } x = k + 2 + \left[\frac{J_{max}}{\theta} \right]$$

$$N = 1 + \left[\frac{J_{max}}{\theta} \right]$$

② 当 $\frac{J_{max}}{\theta}$ 为非整数时。此时媒体单元 $k+2$ 开始展示时,媒体单元 x 到达。此时满足:

$$D + t_0 + (x - k)\theta < t_0 + \theta + D_{max} + 2\theta;$$

$$\text{取 } D = D_{min} \text{ 时, 则 } (x - k)\theta < J_{max} + 3\theta$$

$$x < 3 + k + \frac{J_{max}}{\theta}, \text{ 取 } x = k + 3 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$$

$$N = 2 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$$

综合上述 2 种条件可知缓冲区 N 的大小取值为 $2 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$ 。再将 3 种情况下缓冲区 N 大小的数学计算结果综合加以分析,可得出:采用限制性阻塞方案连续视频流同步所需缓冲区 N 在接收端的大小为: $2 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$ 。这样,在用户端就按此缓冲区大小为每一视频流进行分配。

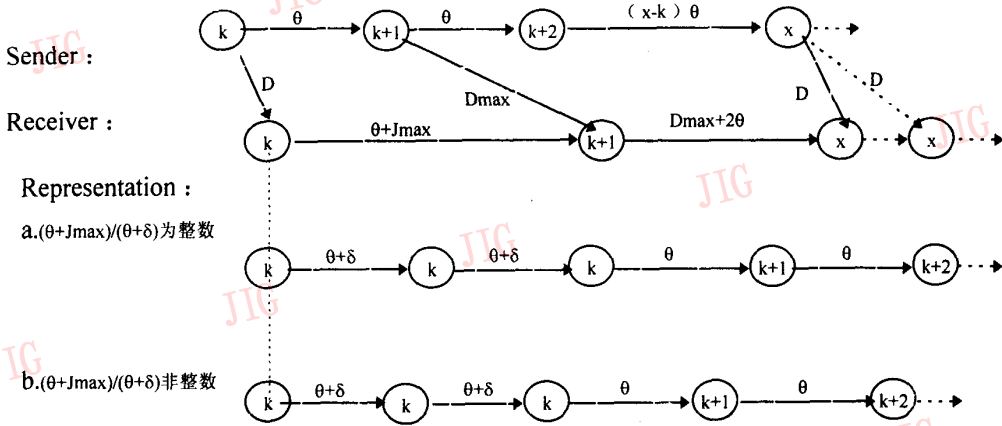


图 4 第 3 种情况的各媒体单元之间的时态关联图

4 音频媒体流内同步的缓冲区 N

一段音频媒体流的重复展示是没有多大实际意义的,故而这里采用阻塞性方案:若缓冲区有音频单元就实时播放;否则,将播放动作悬挂或阻塞,直至后续的音频媒体到达为止。这里与视频流连续展示的情况类似,也可分为 3 种情况加以考虑。

(1) 第 1 媒体单元经历 D_{min} , 第 2 媒体单元经历 D_{max} 。因此,若后续媒体单元经历的延迟 D 尽可能的小,则会发生突发性拥塞到达。但由于媒体单元 2 经历较大的延迟 D_{max} ,故媒体单元 1 和 2 展示之间有一段“沉默”期,亦即阻塞或悬挂动作。类似图 2,假定 x 媒体单元是在媒体单元 3 开始展示之前,最近到达的媒体单元,满足:

$$t_0 + D_{min} + (x - 1)\theta \leq t_0 + D_{min} + J_{max} + \theta + \theta,$$

$$x \leq 3 + \frac{J_{max}}{\theta}; \text{ 取 } x = 3 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil; N = 1 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$$

(2) 媒体单元 1 经历 D_{max} , 后续媒体单元连续到达。如后续媒体单元经历的延迟尽可能小,则可能

会发生突发性拥塞到达。类似图 3,假定 x 为在媒体单元 2 开始展示之前,最近到达的媒体单元此时满足:

$$t_0 + D_{min} + (x - 1)\theta \leq t_0 + D_{max} + \theta;$$

$$x \leq 2 + \frac{J_{max}}{\theta};$$

$$x = 2 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil, N = 1 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$$

(3) 第 $k+1$ 媒体单元经历 D_{max} , 媒体单元 k 经历延迟 D , 在媒体单元 $k+1$ 到达之前,缓冲区已空。也就是说,即使 k 经历 D_{max} , 由于采用阻塞性方案,媒体单元 k 并不影响媒体单元 $k+1$ 的展示。类似图 4,假定 x 为在 $k+1$ 媒体单元没展示之前最新到达的媒体单元。此时满足:

$$t_0 + D_{min} + (x - k)\theta \leq t_0 + D_{max} + \theta + \theta;$$

$$x \leq k + 2 + \frac{J_{max}}{\theta}; \text{ 取 } x = k + 2 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil;$$

$$N = 1 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$$

综合上述讨论和数学分析可知,针对各种突发性拥塞到达,用户端所需的缓冲区 N 的大小为: $1 + \left\lceil \frac{J_{max}}{\theta} \right\rceil$ 。也就是说,传输协议确保展示的连续性、实

时性,必须分配单元大小为 $1 + \left\lceil \frac{J_{\max}}{\theta} \right\rceil$ 的缓冲区。

5 结论

多媒体同步是多媒体展示过程必须解决的问题,而内同步又是此问题的基本。本文采用了限制性阻塞方案和阻塞性方案,基于面向联结的分布式网络(如 ATM 网络)及其 QoS 参数的基础上,提出了缓冲区的分配策略,给出了缓冲区大小的详细数学推导和描述,解决了由于网络参数的复杂及随机性给同步问题的研究的定量分析的困难。并在理论上分析和说明了该策略的可靠性和正确性。有关不同媒体之间的内同步问题的研究在以后进一步讨论。

参考文献

- 1 Little T D C, Ghafoor A. Network Consideration for Distributed Multimedia Object Composition and Communication, IEEE Networks, 1990, 4(6).



俞能海 男, 1992年毕业于清华大学电子工程系, 获工学硕士学位, 现为中国科技大学讲师, 主要研究领域包括数据库及信息系统集成技术, 多媒体技术, 图象处理与模式识别。1992年以来, 先后主持参加的科研开发项目有7项, 其中一项获中国科学院科技进步三等奖。

- 2 Qazi N U, Wool M, et al. A synchronization and communication for distributed multimedia. ACM multimedia.
- 3 wool M, et al. A synchronization framework for communication of pre-orchestrated multimedia information. IEEE Networks, 1994, 18(8).
- 4 Anagnoster M E, et al. Quality of Service requirements in ATM-based B-ISDN. Computer Networks and ISDN Systems, 1991, 14.
- 5 Little T D C, et al. Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects. IEEE Journal on selected areas in communication, 1990, 8(3).
- 6 周学海等. 分布式多媒体数据库连续媒体同步, 计算机科学, 1996, 23(14).



夏波勇 男, 1968年10月生, 中国科技大学博士研究生。主要从事图象处理、地理信息系统、模式识别及多媒体通信等方面的研究工作。



刘政凯 男, 1940年8月生, 1964年毕业于中国科学技术大学, 现为中国科学技术大学教授, 博士生导师。主要从事遥感图象处理, 人工神经网络及模式识别方面研究, 已发表论文60余篇, 出版专著6本。

A Study of Multimedia Intra-media Synchronization Based on Linked and Distributed Networks

Xia Boyong, Yu Nenghai, Liu Zhengkai

(Information Processing Center, USTC, HeFei 230027)

Abstract The problem of multimedia synchronization must be resolved on the multimedia presentation, and intra-media synchronization is its basis. In this paper, we propose an approach for allocating buffer N and give their time relationship figures, mathematics description and induction, with restricted blocking policy and blocking policy based on linked distributed networks and its QoS parameters. We analyze and demonstrate its reliability and correctness.

Keywords Synchronization, Intra-media synchronization, Restricted blocking policy, Representation