

分布式多媒体系统的主要研究领域与发展现状^{*}

Main Research Areas in Distributed Multimedia Systems and its State of the Art

王兴伟 张应辉 刘积仁

(东北大学信息学院计算机系 沈阳 110006)

Abstract The state of the art of some of the primary research areas in distributed multimedia systems is surveyed. These areas include: compression and decompression techniques, networking techniques, network interface techniques, communication protocols, operating systems techniques.

Keywords Distributed multimedia, Compression, Decompression, Networking, Network interface, Communication protocols, Operating systems

分布式多媒体系统集多媒体信息的综合性、计算机的交互性、通信的分布性、电视的真实性等于同一个系统,按全新方式在众多领域为用户提供新型分布式多媒体信息服务^[1-3,6]。由于分布式多媒体系统是多媒体信息处理技术、分布式处理技术、高速网络技术相互融合的产物,因此涉及的研究领域非常广泛。本文作者试图在较为全面地总结国内外已有研究成果的基础之上,结合多年从事分布式多媒体系统开发与应用的理论研究与工程实践的实际经验,对分布式多媒体系统涉及的主要研究领域作一概要综述,以期对分布式多媒体系统及其在我国的研究与发展能起到一定的推动作用。

1 压缩技术

多媒体、特别是连续媒体(如视频与音频)数据量非常大,不仅需要大容量存储设备,而且需要高的网络带宽。即使存储技术与网络技术发展得更快,如果不对多媒体数据进行压缩,多媒体应用也会受到很大的限制。因此,在网络上传送或在多媒体计算机上存储多媒体数据之前,一般都是在信息源对其进行压缩,而在目的地解压缩后播出^[4]。压缩方式可以分成两类:无损压缩和有损压缩。压缩/解压缩技术对于降低多媒体数据、特别是连续媒体数据的存储

与通信带宽需求至关重要,而且能以不平衡的方式实现。发送方压缩多媒体信息所用的 CPU 时间一般相对较多,压缩后的多媒体信息在接收方占用的存储空间较少而且解压缩所用的时间也相对较少。目前的压缩比还不够理想,人们希望压缩比能够达到 1000,以便能够通过电话线就可以实现极低比特率视频传输。

2 联网技术

多媒体应用的发展要求计算机网络不仅能够支持传统的面向数据的通信(如文件传送等),而且必须支持多媒体通信,即同时支持多种通信服务。多媒体通信、特别是连续媒体通信具有不同于传统数据通信的特点,要求计算机网络支持通信的实时性与等时性,提供高带宽。为此,计算机工作者研究与开发了高速网络技术,取得了巨大进步,使得新一代高速网络向集成式服务网络(Integrated Service Network)方向发展,可以同时支持传统的面向数据的通信和新型的多媒体通信,为分布式多媒体系统提供下层基础网络机制^[5]。等时 Ethernet(isoEthernet)、100Mbps 和 1000Mbps Ethernet、交换式 Ethernet、FDDI-II、DQDB、采用 ATM 分组交换技术的 B-ISDN 可以较好地支持多媒体通信。

^{*}“九五”国家科技攻关项目 96-B08 资助。王兴伟 博士,副教授,主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术、计算机网络。张应辉 博士,主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术。刘积仁 教授,博士生导师,东北大学副校长,主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术与方法学、CSCW、组件技术等。

3 网络接口

目前工作站和 PC 机硬件系统结构在支持连续媒体处理方面存在严重不足,一般只能处理极少量的连续媒体连接,否则 CPU/总线就会过载。为了克服主机系统瓶颈问题,早期方法是将多媒体应用的处理与带宽需求从计算机的主 CPU/总线下移到一个前端多媒体增强单元上,如英国兰卡斯特大学开发的多媒体网络接口^[6]。该单元安装在主机和网络之间,可以直接生成与消费往来于主机的所有连续媒体流。主机支持的所有多媒体外设都直接与网络接口相连,这就使得连续媒体数据不必经过系统总线。主机的作用只是管理数据流。桌面域网络(desk area network)^[7]也是一种选择。在该方法中,主机被配置为由多个节点组成的集合,包括一个或多个主 CPU、各种多媒体外设、外部网络接口以及其他设备等;所有这些节点通过一台内部 ATM 交换机连接;各节点之间可以彼此通信,而且可以与外界通信。桌面域网络方法可以实现网络与端系统体系结构的无缝集成,但不能方便地用于现有的工作站和 PC 机。

4 通信协议

传统通信协议难以适应多媒体通信,特别是连续媒体通信的要求。以目前最流行的 TCP/IP 协议集为例。IPv4 是目前使用最广泛的网络层通信协议。它是一个数据报协议,只提供不可靠无连接服务。虽然在 IPv4 分组头部中有服务类型 ToS(Type of Service)域,但是由于该域只是代表向网络提出的建议而且实际上现有 IPv4 实现都不考虑 ToS 域,因此 IPv4 实际上不支持 QoS 概念,难以满足 90 年代分布式多媒体应用需求。在传送层, TCP 是一种面向连接的全双工对等传送协议,保证无差错、无重复、有序的数据提交,提供完全可靠的通信服务。但是,由于 TCP 协议采用滑动窗口流控机制,数据传送随着流控窗口动态地启动和关闭,因此难以满足连续媒体通信的实时与等时传送要求。TCP 协议采用嵌入式刚性超时重传机制支持完全可靠的通信,既不能有效地利用多数分布式多媒体应用具有的内在容错能力,也难以满足多媒体通信的实时性和等时性要求(因为 TCP 的超时重传机制可能造成分布式多媒体应用不能容忍的过高延迟)。此外,尽管 TCP 提供“加急指针”,可以提供优先级支持,但是在滑动窗口流控等机制的约束下,难以有效地满足连续媒体通信的等时与实时要求。UDP 是一种无

连接传送层协议,不提供差错校验和重传机制,不支持 QoS 概念,因此也不适合分布式多媒体应用。其他一些著名的传统协议如 ITU-T 的 X.25、ISO 的 TP4 等在支持分布式多媒体应用方面也存在着这样或那样的问题。因此,迫切需要研究和发展适合于 90 年代新型分布式多媒体应用的新一代通信协议。为此,计算机工作者开发了许多支持多媒体通信的协议。

ST-2 和 ST-2⁺ 是面向连接的网络层协议^[8],基于流概念。在 ST-2 和 ST-2⁺ 中,流是一个源和一个(或多个)目的地之间的单工连接,在连接建立期间,通信双方通过交换有关流的参数规范来协商流对资源的需求。实际上,ST-2 和 ST-2⁺ 是由两部分组成的:流控制报文协议 SCMP(Stream Control Message Protocol)是资源预约协议,目的是在 Internet 上提供端到端实时保证;流协议 ST(Stream Protocol)用于转发数据。

RSVP(resource ReSerVation Protocol)是一个资源预约协议,与 IP 配合使用^[9]。RSVP 分组不携带任何应用数据,只是用来控制 IP 分组的传输。RSVP 支持多点播送。接收方首先根据其 QoS 需求确定所需预约的资源数量,然后发起预约。RSVP 通过中间 RSVP 代理从接收方沿着子网向发送方预约所申请的资源。预约分组朝着发送方传播,直到找到一棵满足其资源需求的多点播送树。RSVP 预约模型由两个构件组成:资源分配构件和分组过滤器构件。前者确定资源数量,后者选择可以使用资源的分组。RSVP 支持三种风格的资源预约:通配符过滤器(wildcard filter)风格,允许来自所有上游发送方的流共享预约的资源;固定过滤器(fixed filter)风格,只允许来自某个特定发送方的流使用预约的资源;共享显式(shared explicit)风格,允许来自被选出的多个发送方的流共享预约的资源。

IPv6^[10] 是新一代 IP 协议。在 IPv6 分组头部中有流标签域,支持 QoS 概念。新一代 IP 路由器可以根据流标签域中的 4 位通信量类型子域采取不同的策略和机制处理相应类型的通信量。这对于需要 QoS 支持的连续媒体流特别有用。

XTP(eXpress Transport Protocol)4.0 是一个高速传送层协议^[11]。该协议具有以下特点:在传送层明确支持多点播送和多点播送组管理;提供丰富的优先级机制,若与实时操作系统和提供优先级支持的网络相结合,则可为高优先级报文提供端到端延迟界限保证;支持速率与突发控制,允许应用灵活

选择流控策略;提供快速连接建立;支持应用灵活选择差错控制策略和重传策略;允许应用灵活选择应答策略,等。这些特点使得 XTP4.0 可以对分布式多媒体应用提供一定程度的支持。

实时传送协议 RTP(Real-time Transport Protocol)^[12]为具有实时特征的数据(如交互式音频与视频)提供端到端提交服务。通常 RTP 在 UDP 之上运行。如果网络提供多点播送支持,则 RTP 支持对多个目的地的数据传送。整个协议由 RTP 和 RTCP(RTP Control Protocol)组成。前者被用于传送具有实时属性的数据;后者被用于监控服务质量,传递有关会话参加方的信息。

HeiTP^[13]是 HeiTS 系统中使用的一个传送层协议,基于 ST-2 协议。HeiTP 可以支持数据分组的分段与重组,使用基于速率的流控机制防止发送方“淹没”接收方。差错控制机制是可选的。对于传送中出现的差错,用户可以选择差错忽略、差错指示、差错纠正等机制。此外,HeiTP 提供媒体调节机制,可以使被传送的数据流适应网络负载的变化。

CMTP^[14]是根据连续媒体的需要“量体”设计的,提供适合于处理连续媒体通信的能力。由于连续媒体客户可以描述其未来通信量的特征,因此 CMTP 提供详细说明未来性能需求和资源需求的机制。此外,CMTP 使用连续媒体客户之间的逻辑流抽象。这里,流表示在某一给定时间间隔持续期内的连续数据单元序列。流内的数据单元按序提交。通过使流对传送服务可见,就可以提供一个用于同步来自不同连接数据的非常自然的机制。CMTP 支持的差错处理机制也可根据连续媒体的实际需要进行剪裁。

还有很多协议也可以对分布式多媒体应用提供支持。

上述通信协议都可以对点对点分布式多媒体应用提供一定程度的支持,有的还可以支持组通信,但是总体上对 QoS 和多媒体组通信的支持还相当薄弱。

5 操作系统

操作系统管理计算机资源(CPU、存储器、I/O 设备等),隐蔽下层基础设备的物理特征,向端用户提供高效、方便的使用环境。多媒体操作系统需要对传统操作系统的功能进行扩充以满足多媒体数据处理的需要,提供一种既高效支持实时运行多媒体应用也同时高效运行传统应用的环境。要解决的主要

问题包括实时处理与基于 QoS 的资源管理。两者相结合就可以既保证满足多媒体应用的 QoS 需求且提供对暂态过载的智能控制又满足传统应用的需要,从而使各种类型的应用共存于同一个系统并且都能得到满意的服务。

多媒体操作系统有两种开发模式^[15,16],一种是扩充传统操作系统,一种是使用微内核体系结构从头构造。在第一种方法中,需要对传统操作系统的内核进行适当的修改使之能提供可预测的性能。例如, SUN 公司认为,目前工作站已具有足够的处理能力,不足之处在于没有适当的资源管理机制,为此, SUN 公司开发了一种时间驱动资源管理 TDRM(Time Driven Resource Management)机制,允许应用告知系统该应用可能即将到来的资源请求。应用的资源请求用诸如质量、最后期限、优先级等参数刻画。系统并不试图提供性能保证,而只是沿着申请方向有倾向性地分配可用资源,并且将注意力集中在服务的温和降级上,如果用户选用的话,系统还可以将有关降级的必要信息通知受到影响的用戶。SUN 公司认为,TDRM 对于通用多道程序工作站来说是一种适当的策略。第二种方法保留传统操作系统界面,但是采用微内核方式重新实现传统操作系统内核结构。Chorus、Mach 和 Amoeba 都是基于微内核的操作系统,并且都支持标准 UNIX 系统界面。兰卡斯特大学已经研究了如何以 Chorus 为基础开发提供端到端连续媒体支持的分布式系统。如何在 Mach 环境下提供适合连续媒体处理的处理机调度机制也取得了显著进展。通过使用基于协处理器的智能设备控制器并且允许应用控制对物理设备的直接访问,在基于 Amoeba 的 UNIX 环境下也实现了对连续媒体的支持。

实际上,无论采用哪种方式,多媒体操作系统都必须至少提供满足多媒体信息处理要求的 CPU 管理、存储器管理、I/O 管理和文件系统管理功能。

5.1 CPU 管理

实时处理可以通过高效实时调度实现。实时调度器调度任务以满足其最后期限。在连续媒体环境下,最后期限可以是可接受的每帧回放时间,因此是一种软最后期限但周期性出现。实际上,多媒体调度面临的挑战来源于两个相互矛盾的目标:一是,非实时处理不应该受实时进程执行的影响,因为多媒体应用对离散与连续媒体数据的依赖是等同的。因此,实时进程不应该垄断所有资源。二是,应该允许实时进程剥夺非实时进程或者其他低优先级实时进程。

最著名的实时调度算法有 EDF 和速率单调调度算法^[12,13]。对于 EDF 算法,每个任务都是可剥夺的,而且根据每个任务的最后期限为其分配优先级。分配给最后期限最早的任务的优先级最高。任务的执行按优先级顺序。当有新任务到达时,调度器重新计算所有任务的优先级,然后重新组织处理顺序。如果新到达的任务具有最高优先级,则剥夺正在执行的任务,从而使新任务立即得到服务,被中断的任务以后在中断点处被恢复;否则,新任务将被放到适当的位置上。

对于速率单调调度算法,每个任务都是可剥夺的,而且按照请求速率为其分配优先级。分配给请求速率最高的任务的优先级最高。不同于 EDF,这样的分配只在连接建立时执行一次而且维持在整个连接生命期。对于可剥夺、周期性任务,速率单调调度算法在如下意义上是最优的:速率单调算法不能调度的任务集合,其他静态算法也不能调度。

比较这两种算法,EDF 更动态一些,因此执行必然频繁,调度开销高,优点是它可以达到 100% 的处理机利用率。另一方面,速率单调算法是静态的,因为只计算一次优先级分配。由于优先级是根据请求速率分配的,因此速率单调调度算法比 EDF 的上下文切换多。处理机利用率的最坏情况上限是大约 69% ($\ln 2$),尽管平均而言利用率远远超过 80%。速率单调调度算法没有调度开销而且对周期性任务是最优的。

5.2 存储器管理

存储器管理为进程分配存储器资源。连续媒体数据通常都具有比较大的长度而且有严格的定时需求^[14]。传统的虚拟存储器采用请求页式调度,不适合这样的实时进程,因为缺页将造成在主存和磁盘之间过长的交换时间,从而可能影响实时性能。一种解决方案是避免交换并且在进程执行期间将连续媒体数据锁在存储器中,但是,这种方法可能影响资源利用率。另一种方法是利用连续媒体数据的周期性及时预取这样的数据。其他比较重要的实用性实现技术包括使用散布缓冲区(scatter buffer)以及传递指针。使用散布缓冲区(或者散布装入),就可以将进程地址空间装入可能不连续的存储器区域。这样做的空间效率似乎比单一连续区域高(因为可能得不到连续区域)但可能造成分段。使用指针传递,就可以通过引用传递对象,而不是不得不传递对象本身。同样,这可能导致比较高效地使用存储空间。

5.3 I/O 管理

I/O 子系统的主要功能是在主存和网络适配器或者多媒体外设(摄像机、扬声器、CD-ROM 驱动器、麦克风、磁盘、键盘、监视器等)之间传送多媒体信息^[15]。重要的问题包括设备管理,中断延时与实时传输。设备管理集成所有硬件构件并且为这些设备的控制与管理提供统一界面。通过将物理设备映射成抽象的设备驱动器,I/O 管理屏蔽对实际硬件的依赖性。多媒体应用需要大量的 I/O 操作。连续媒体帧将频繁中断内核,从而降低系统吞吐量。有三种缓解该问题的策略:改变内核的内部结构使之高度可剥夺、在现有内核中增加安全剥夺点集合、将当前内核转换成用户程序并且在微内核上运行它。实时 I/O 对于多数多媒体应用是必需的,这样做才能保证每条流的连续性和多条相关流之间的同步。问题的中心围绕着 I/O 总线带宽。同处理器与存储器性能的提高(预计一到两年提高一倍)相比,I/O 子系统性能的提高大为落后。此外,数据在到达目的地之前必须通过一条长通路(例如 SCSI 总线与系统总线),这甚至可能导致总线争用。随着网络与通信技术的进步,网络带宽超过 1Gbps 已经成为现实,I/O 已经成为制约系统总体性能的瓶颈,因此提高 I/O 系统吞吐量迫在眉睫。

5.4 文件系统管理

文件管理器负责高效使用存储容量并且向用户提供对存储数据的文件访问与控制。多媒体文件系统还有实时需求以处理连续媒体流。连续媒体对存储系统提出了很多新的要求,常规存储机制(如 UNIX 系统的存储机制)难以满足这些要求。首先是吞吐量问题。例如,多数 UNIX 系统的文件系统只能同时提交很少的几条连续媒体流。其次,现有的技术同样不能很好地满足连续媒体的确定性需求。例如,常规磁盘缓存策略就不大适合于连续媒体文件,因为对连续媒体的访问模式通常是顺序的,然而现有策略一般都是为访问具有时间局部性的数据而优化设计的。有关连续媒体存储服务器的研究工作多数是集中在对磁盘布局和磁头调度的研究上。计算机工作者已经提出了多种适合于连续媒体存储与检索的磁头调度算法^[16],如 SCAN-EDF 算法、Group Sweeping 算法等。对于存储布局来说,研究者们提出了多种策略,大体上可以分成以下三类:

- 连续媒体单独存储。连续媒体数据单独存放在“专属”的磁盘分区上、或者是“专属”的磁盘上、或者是磁盘阵列的“专属”条纹上,这样就可以对磁盘布局进行高度优化。例如,连续媒体数据可以顺序存

放在较大的磁盘块中,从而降低每次访问的搜索时间。连续媒体数据和静态媒体数据的目录信息存放在单独的目录磁盘上。

- 连续媒体数据和常规文件一同存放。该策略试图在同一个通用文件系统中同时支持常规文件和连续媒体文件。两种类型的媒体数据存放在同一存储设备上,没有“专属”区域。多媒体文件嵌入在可以同时有效地处理大与小文件系统对象的层次目录结构中。但是,由于两种文件类型访问特征的根本不同,因此任何一种同时为两种类型媒体数据提供支持的通用解决方案都必须进行适当的折衷。高速缓存“除数据之外的任何内容”是一种比较好的策略。采用这种策略,系统只缓存磁头/间接块和目录内容,而不缓存文件内容。这样就可以避免访问连续媒体数据时对 Cache 的不断“清理”。

- 分布式存储体系结构。与连续媒体集成有关的一个主要问题是系统的可伸缩性,即如何为数量日益增长的音频与视频数据既提供足够的存储容量又提供可接受的服务。为了提供这种必需的伸缩性,有些研究者建议使用分布式体系结构^[21],通过高速网络如 ATM 网将服务器互联起来。类似于磁盘条纹化,分布式体系结构采用网络条纹化,即将一个源多媒体文件等分到很多条纹单元中去并且将这些条纹单元划分到网络上的多个服务器中去。该体系结构的可扩展性非常好,通过增加新服务器就可以方便地满足未来需求。对于该体系结构,需要进一步研究的问题包括服务器同步、动态 QoS 管理、负载均衡与可靠性等。

该领域研究工作的具体实例^[22]包括加州圣迭戈大学设计的视频点播 VoD 服务、加州伯克莱大学开发的连续媒体文件系统、兰卡斯特大学开发的连续媒体存储服务器。后两种系统使用了“磁盘条纹化”(disk striping)技术,即将连续媒体流的连续段存储在磁盘阵列的不同磁盘上。该技术可使 N 个磁盘提供的吞吐率接近于单个磁盘吞吐率的 N 倍。但是,值得注意的是,迄今为止,这些技术都不能为同时检索大量的连续媒体流提供完全可伸缩的解决方案。

6 多媒体数据库

数据库系统是多媒体系统的一个重要组成部分,提供存储与并发访问如下两种类型信息的设施:

- 多媒体信息:表示多媒体对象的内容,例如视频、音频、文本、数据、图形和静止图像。

- 元信息:关于播放、结构、QoS、存储与版本等信息。元信息被用来定位、访问、提交与播放多媒体信息。

多媒体数据库的设计与实现在数据抽象、通过查询语言进行高层访问、应用中立性、并发控制、容错(例如事务机制与访问控制)等方面都可以借鉴传统数据库的经验。

元信息对多媒体数据库系统的生命力起关键作用,有关播放的元信息指示格式、编码与压缩技术以及这些技术有关的特征。多媒体对象有时间与空间关系,例如字幕文本与视频之间的时间同步、信息播放位置的布局。多媒体数据库系统应该建模这些关系并且将其作为结构信息的一部分存储。有关内容的信息(如关键字)对于有效地支持检索机制是必要的。多媒体对象的位置和所需的存储空间对访问特定对象是相关的。有关版本的元信息描述多媒体对象的演变历史,目前多数工作都是研究如何使用元信息支持检索机制,只有很少的研究工作涉及支持 QoS 管理(例如 QoS 协商)的元信息。

为多媒体数据库系统增强与 QoS 有关的元信息对于有效的 QoS 管理是至关重要的。这样,我们就可以从位置、格式和初始 QoS 的角度选择适当的对象来满足用户的希望和系统的限制(例如带宽、编码器)。有关多媒体数据库研究现状与发展趋势的详细讨论参见文献[23,24]。

7 同步

计算机工作者在多媒体同步领域进行了大量的研究工作。早期研究工作的目标多是为了建立描述在多媒体文档中的各种媒体数据之间存在的时间与空间关系的规范,后来的研究工作则主要集中在如何提供有效的实时同步机制上^[25]。

媒体对象之间存在内容、空间与时间三种关系,其中,内容关系定义媒体对象之间的数据依赖性;空间关系定义媒体对象之间在播出时的空间布局关系;时间关系定义媒体对象之间在播出时的时间依赖性。

在分布式多媒体领域中,对同步的研究主要集中在时间同步上,根据确定时间关系的类型,同步可以分成实况同步(live synchronization)与合成同步(synthetic synchronization)两类。实况同步的目标是在播放时准确地重新产生在捕捉过程中存在的时间关系。合成同步的时间关系是人为指定的。

目前,在同步支持方面,人们还缺乏具体经验。

到底需要提供什么样的同步模型、如何实现这些同步模型、特别是如何提供实时实现实时同步模型的机制、这些机制应该在分布式多媒体系统的哪一(些)层次实现比较合适还没有达成共识。此外,对分布式多媒体组应用所需要的多方同步研究得甚少。

8 分布式多媒体应用支撑平台与互操作

分布式多媒体应用支撑平台的作用是为程序员提供一组抽象,以方便分布式多媒体应用的开发。平台应能在异构环境下运行,提供一定程度的分布透明性,即尽量向分布式多媒体应用程序员屏蔽下层基础硬件系统结构、通信系统结构和系统实现细节,使程序员可以在一定程度上不必了解系统的分布性^[26]。

分布式计算与电信领域的很多研究项目对分布式多媒体应用支撑平台的制订提供了丰富的实践经验。例如,Y系统是一个建立在ATM网络之上的层次结构的分布式应用平台,由四个层面组成:互联网层面、进程间通信层面、支撑环境层面和分布式应用层面。Cruiser允许用户沿着“虚拟走廊”参观办公楼,访问“虚拟办公室房门”打开的办公人员,这样就在参观者和办公人员之间建立起一条音频/视频会议连接。Touring Machine通用平台系统结构由站对象(station objects)和调用对象(call objects)组成;站对象封装多媒体工作站上的所有多媒体源和渊,调用对象则表示站与站之间的特定连接拓扑。该系统结构的应用背景即电信领域对其设计思想影响很大,因此特别在网络提供者拥有的资源(调用对象)和顾客拥有的资源(站对象)之间仔细地维持着“一条分界线”。这一点在广域网环境下必须予以充分考虑,因为这是收费结构和责任划分所必需的。

分布式多媒体应用一般都涉及位于不同地点的多个用户通过网络交换多媒体信息而相互配合工作。在实现世界中,所有用户不大可能共享完全相同的公共基础结构,特别是在广域网环境下。因此,支持用户跨越不同类型的网络平台、操作系统平台、计算机硬件平台和媒体格式(如PAL与NTSC视频格式)在异构环境下的互操作至关重要。制订分布式多媒体应用支撑平台标准对解决分布式多媒体应用互操作问题将发挥重要作用。在制订分布式多媒体应用支撑平台参考模型时,很多标准化组织(ISO、ITU-T等)制订的分布处理标准(如RM-ODP、CORBA等)可供借鉴。但是,由于这些标准在制订时并没有充分考虑连续媒体的需要,因此需要进行

必要的扩充才能使之成为充分支持分布式多媒体应用的平台模型。

还应指出的是,现有平台多数不能提供多媒体应用所需的理想的性能水平,而且人们还没有就平台提供的连续媒体抽象达成共识,还有待于研究、设计与开发人员进一步获得有关的经验。此外,如何将分布式计算领域与电信领域关于平台的研究相互结合、相互促进也是一项极其重要的工作。

9 服务质量

用户对分布式多媒体应用一般都有一定程度的QoS需求,要求分布式多媒体系统对带宽、端到端延迟、端到端延迟抖动、出错率等QoS参数提供相应的保证,因此分布式多媒体系统需要强有力的QoS管理机制来满足用户的要求。很多研究机构(如英国的兰卡斯特大学、美国的加州伯克莱大学、哥伦比亚大学等)、标准化组织(如IETF、ISO、ITU-T)、计算机公司(如IBM)对QoS管理都进行了深入研究,取得了很多有价值的研究成果,这些工作对本文的研究工作产生了很大的影响。

应该指出的是,目前还没有一种对分布式多媒体系统QoS管理的完整解决方案。如何将QoS管理与分布式多媒体系统各组成部分有机结合而形成能有效而灵活地满足应用QoS需求的机制、同时将这些机制相互集成而形成一套完整的QoS支持体系是需要深入研究与探索的问题。

本文作者在文[4]中提出了一种分布式多媒体系统QoS管理模型,在文[27]中讨论了QoS管理及其实例,在文[22]中对QoS管理进行了更为广泛深入的研究并且进一步提出了一种分布式协作柔性QoS管理模型。

10 组通信与形式化描述技术

很多分布式多媒体应用(如远程教学、远程讨论班、计算机会议)都属于组应用,需要组通信支持。组通信同样贯穿于整个系统结构,需要从由网络硬件支持的多点播送到高层组机制的完整支持,才能最终向组用户提供良好的组通信服务。文[22]对分布式多媒体系统中的组通信机制进行了深入广泛的研究并且提出了支持分布式多媒体组应用的通信机制—QoS受限型组管道QCGPIPE(Quality-of-Service Constrained Group PIPE)。

形式化描述技术FDT对于分布式多媒体系统的形式化系统开发及其标准化非常重要,也是该领

域走向成熟和规范的标志^[3]。但是,现有的形式化描述技术,如有限状态机、Estelle、Esterel、过程代数、SDL、Lotus 和 Lotus-T 等都难于描述多媒体信息的 QoS 需求和实时同步需求,因此必须对现有的这些形式化描述技术进行必要的扩充或者研究全新的形式化描述技术。同时,应该对分布式多媒体系统的每一组成部分都提供适当的 FDT 并且提供这些 FDT 之间的转换工具以及 FDT 对具体实现技术的转换工具,这样才能方便分布式多媒体系统的开发工作。目前已经取得了一些研究成果。

11 分布式多媒体应用

目前研究机构和计算机公司已经开发出各种各样的分布式多媒体应用系统,以满足用户的各种实际需要。这些应用都在一定程度上在一个或多个侧面反映出分布式多媒体系统所应具备的特征。为了更好地理解分布式多媒体系统,有必要对各种分布式多媒体应用进行必要的分类。

文[29]从应用对通信机制的要求角度出发将分布式多媒体应用分成四类。第一类是点对点非实时交互式应用,如个人多媒体电子邮件。这类应用可以利用现有的点对点通信技术实现,不需要进行实时交互式访问。第二类是多点非实时交互式应用,如多媒体新闻发布。这类应用需要将多媒体信息传送到多个目的地,但不需要实时交互式访问。广播可以看做是该类通信的特例。第三类是实时交互式点对点应用,如可视电话。这类应用所涉及的通信双方需要进行实时交互式通信。例如,用户可接受的往返延迟一般不能超过 800ms。第四类是多点实时交互式应用,如计算机会议。这类应用的多个参加者之间可能分散在不同的地点,但这些参加者需要彼此之间进行实时交互式通信。例如,对于大多数会议应用来说,端到端延迟应该保持在 250ms 以下,否则就会使会议参加者感觉信息交流不便利。显然,具有实时交互作用的第三和第四类应用对网络的要求高。

文[5]根据应用性能对低延迟服务的依赖程度将应用分成实时与弹性两类。实时应用要求在最后期限之前提交分组,弹性应用则总是等待分组的到达。文[30]以回放应用为例又进一步将实时应用分成非容错型和容错型回放应用。非容错型回放应用(如远程医疗诊断)需要网络提供确保型服务支持,而容错型回放应用(如网络电影播放)需要网络提供预测型服务支持。传统的 Telnet、FTP、E-mail 等应

用属于弹性应用。

文[30]将分布式多媒体应用分成水平应用与垂直应用两类。其中,水平应用是基础,基于它可以发展定制化的垂直应用。水平应用提供支持可能的各种网络多媒体商业应用所需的实用功能。文[30]认为多媒体台式协作、多媒体邮件、多媒体信息检索是三种核心多媒体应用领域,构成水平应用的核心。垂直应用就是定制化应用,如远程学习、远程工程/协作设计、特定于工业的知识库、远程专家咨询、分布式政府管理、远程医疗/协作诊断等。

文[31]则将多媒体应用分成硬实时应用、延迟自适应实时应用和带宽自适应实时应用三类。

分布式多媒体系统还有很多研究领域,限于篇幅和作者的知识水平,不再赘述。

综合以上,作者赞同这样的观点:一个比较完善的分布式多媒体系统必须具备下列主要特征^[14]。

- 技术集成:集成信息、通信与计算系统以形成统一的数字化处理环境。

- 多媒体集成:在一个集成环境中同时满足离散媒体数据和连续媒体数据的需要。

- 实时性能:要求存储系统、处理系统和传输系统具有实时性能。因此,需要巨大的存储容量、高 I/O 速率、高网络传输速率和高 CPU 处理速率。

- 系统范围 QoS 支持:沿着从发送方、途经网络到接收方的数据通路在端到端基础上支持应用的 QoS 需求。

- 交互能力:要求在用户与系统之间提供全双工通信并且允许每个用户控制信息。

- 多媒体同步支持:保持在同一条连续媒体流内部的时间连续性,维持在多个相关媒体对象之间存在的时间与空间关系。

- 支持标准化:尽管在信息内容、播放格式、用户界面、网络协议和消费者电子工业等方面存在严重的异构,但是 DMS 必须支持互操作。

分布式多媒体系统的研究方兴未艾。计算机工作者虽然在很多研究领域已经取得了值得借鉴的成果,但是这些成果多数局限于原型实现和某一(些)研究领域,缺乏实际应用的经验和有效的集成,很多问题还有待进一步解决。这就需要我们进一步地深入研究分布式多媒体系统所涉及的各个研究领域并且探讨有效地综合集成相关技术的途径与框架,将分布式多媒体系统的研究与应用进一步推向前进。(参考文献共 32 篇,略)