维普资讯 http://www.cqvip.com

计算机科学1997Vol.24 №.3

分布式多媒体信息点播系统的研究*)

张应辉 王兴伟 刘积仁
(东北大学软件中心 沈阳110006)

摘 要 Starting from analyzing several key problems involved in designing the distributed multimedia information-on-demand systems (DMIoDS), we first present a kind of abstract functional model of DMIoDS in this paper. According to the abstract functional model, we research and discuss the topological structure model and elucidate some design ideals for systems.

关键词 Distributed multimedia, Information-on-demand, DMIoDS, ATM, Data compression, Multimedia Database

计算机技术、网络技术和多媒体技术的高速发展及其之间的相互融合，产生了分布式多媒体技术[1]。作为一个跨学科的研究领域，分布式多媒体技术集计算机的交互性、网络通信的分布性和多媒体信息表示的综合性于一身，突破了计算机、网络通信、电视等技术间相对独立发展的界限，是计算机和通信领域的一次革命。随着分布式多媒体系统的发展，产生了很多新的应用，例如视频点播、远程学习、远程医疗咨询等。其中，分布式多媒体信息点播系统(DMIoDS- - -Distributed Multimedia Information-on-Demand Systems)作为对视频点播系统[2,3]的拓展，引起了计算机工作者的极大兴趣，并开展了很多研究工作，取得了一些研究成果。

一、DMIoDS中的几个关键问题

DMIoDS的一个显著特点是它提供的服务交互方式是非对称的，从信息源到用户的正向通信信息量大，而用户对信息源的反馈信息量少，所以它对分布式多媒体信息的处理方式以及网络传输中的协议要求也有一定的特殊性。因此，DMIoDS对信息存储方式、视频/音频服务器的组织结构，前端多媒体信息的处理形式等都有一定的要求，需要解决如下几个关键问题：

·网络支持 现有网络，如Ethernet、IBM Token Ring、FDDI等，虽然速率可达10Mbps甚至100Mbps，但是多半属于介质共享型网络，因此网络传输延迟较大，难以充当多媒体信息的理想通信平台。虽然象N-ISDN这样的线路交换型网络的延时小，但是相对而言速率较低，因此也不太适合作多媒体信息的通信平台。

ATM[4,5]技术的出现，为我们提供了一种崭新的通信手段，它既有电路交换传输延迟小的优点，又具有比包交换网络更高的传输率。ATM把所有的信息都变成一系列固定长度的信元，使得通信变得快捷而利落，它的传输基本上不受CPU速度的局限。ATM最为突破的地方就是它的任意带宽分配(BandWidth-on-Demand)技术，通过它的QoS(服务质量)[6]，对诸如Video/Audio等带时间属性的多媒体信息流的传输便有了保障。另外，一个真正的ATM网可以没有Router，这对广域的分布式多媒体信息存取来说也是一个理想的通信平台。

·适合于DMIoDS的多媒体数据的编码技术 多媒体数据，尤其是Video和Audio数据，信息量非常庞大，不仅需要大容量的存储设备，而且对网络传输和数据处理也提出了很高的要求，特别是DMIoDS，更是需要巨大的存储容量。目前关于多媒体数据的压缩编码有JPEG、H.261、MPEG和MHEG等国标标准，其中MHEG(Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group)标准是为多媒体网络通信制定的国际标准，它对多媒体

*)本文获得国家自然科学基金资助。张应辉 博士生，主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术、计算机网络；王兴伟 在职博士生，讲师，主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术、计算机网络；刘积仁 教授、博士导师，主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术及方法学、CSCW、组件技术等。

维普资讯 http://www.cqvip.com

网络通信中网络交换、用户之间、多媒体之间的关系进行了统一的规定。MHEG 标准把进行独立编码表示的基本信息单元称为对象，可以是基本的多媒体对象，也可以是同步或链接在一起的不同媒体的对象的集合。信息对象的概念是多媒体信息交换与管理、对象的时间和空间同步等描述的基础。总的来说，MHEG 标准包括两部分：一是关于多媒体或超媒体信息应用的规定；二是提出输入对象和超媒体对象的编码表示。

多媒体数据压缩和解压缩技术是分布式多媒体处理中的一个很关键的问题，结合 DMIoDS 自身的特点，对不同的数据，采用不同的压缩/解压缩方法，如把有时间关联的不同媒体数据交替地放在同一个数据流中，这样可以减轻网络通信中信息同步处理量。另外，适合信息表示的多样性特点以及用户对信息的不同需要，DMIoDS 对信息的表示采用了可伸缩性的数据编码方式，可伸缩性的数据编码方式产生的压缩视频流，可以以原分辨率和速率再现视频信息，但这种视频流中的信息子集的不同组合可以以不同分辨率和不同速率的形式再现视频信息。

·多媒体数据库支持　按照技术的实现途径，多媒体数据库可以分为三类：一是扩充的关系数据库，如 Oracle 7.0；二是面向对象的数据库，如 MULTOS；三是使用超文本（或超媒体）的方法，如 WWW 上流行的 HTML 和 VRML 等等。对多媒体数据库技术的研究尚处于初级阶段，对其应具备的一般特性还未取得共识，因而它尚处于没有完善定义的状态，人们各自根据自己理解的应用环境，设计各自的系统。多媒体数据库系统应该提供如下机制：支持丰富的数据类型及相应的处理；扩充个别对象的定义到其类型定义之外；编组来自不同数据库的数据并加以一致性处理；描述结构化信息；模拟对象的内部概念与外部表达；支持上下文无关和有关的引用；支持系统预定义的操作和用户定义的操作；支持对象的同步与集成；支持复杂对象的查询以及基于非格式化数据内容的查询；具有能够高效地存取多媒体数据的物理存储结构与逻辑组织结构。

根据分布式多媒体自身的特点，结合 DMIoDS 的实际情况，这对数据库技术又有新的要求。例如：在某个视频服务器中存储了一部影片，我们考虑在此部影片点播的峰值时间里，可能有成千上万的人同时点播此部影片，而且并不是同步观看，如果把此部影片顺序地放在某一个高速存储介质中，如同步 SCSI 硬盘，虽然硬盘的存取速度很快，但由于点播者的不同步，所以大部分时间可能花费在硬盘磁头机械的来回移动上，这就是所谓的"抖动"现象。因此可以考虑把影片分成若干段[7]，依据点播率，把这些段按某种规律分别存储于不同的硬盘之上，必要时，可以把此影片备份于多个服务器之上，这样便可以满足观看者的要求。当然，这也许超出了传统数据库所涉及的范围，但对于 DMIoDS 来说，这一问题也必须得以解决。

随着硬件技术的不断进步，分布式多媒体信息点播系统中所需要解决的关键问题中，诸如网络传输和媒体存储等比较底层的问题在一定程度上可以得到解决。但是，DMIoDS 是涉及不同应用部门、与多种类型的信息服务领域有关的一种综合系统，许多关键技术在某个单一的系统组成部件上不可能得以完全解决，作为一种分布式系统，应对其采用开放系统体系结构的设计思想，有一个共同遵守的参考模型，并明确系统组成中各层或各部件所承担的功能以及互操作的接口。以下我们给出一种 DMIoDS 的功能模型，依此，本文分析了系统拓扑结构模型中各部件的功能和作用。

二、DMIoDS 功能模型

DMIoDS 是一种非对称的信息传输系统，设计中采用了 Client/Server 模式，为了对 Client 和 Server 方中各层结构和功能有一个统一的定义，把两边都抽象到一个功能模型中去，这样可以更好地体现开放系统中层之间的对应关系以及低一层向高一层提供一致的、透明的服务，这里的一致性是指请求服务和得到服务的一致性。在层的定义中，使用了基于对象的思想，顺应自然地对每层的结构和功能进行了抽象。DMIoDS 的功能模型如图1所示。

·用户接口和多媒体数据库接口层　用户接口层位于 Client 方，它向用户提供一种透明的服务，用户和服务请求都是通过它所分派的代理集合（Agent Set）来完成。一旦系统接收到新的合法的用户任务，即产生相应的代理对用户进行服务，完成任务后，则取消相应的代理集合。Agent 可以把用户的不同服务请求解释成系统能够识别的元组信号，并把这些元组信号传递给信息点播服务层。元组信号中包括了信息的名字、服务类型、QoS 要求、用户信息等。当然，信息名字中数据类型和地址信息对用户来说是透明的，用户所能看到的信息名字只是一个关键字、图标或其它简短的描述信息。

多媒体数据库接口层位于 Server 方，作为信息

维普资讯 http://www.cqvip.com

的提供者，除了能完成传统信息的查询之外，还能够支持带时间属性媒体连续流的并行访问。多媒体数据库接口层和用户接口层一样，也是通过 Agent Set 向下层提供信息的。多媒体数据库接口层中最关键的问题是多媒体信息流的合理存放和多进程的并行访问。

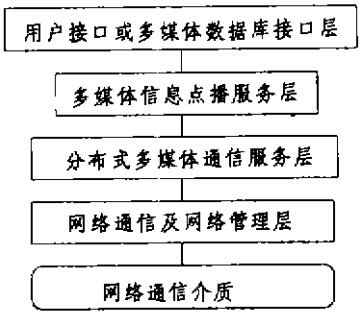

图1 DMIoDS 的功能模型

系统产生的代理集合都是由代理总管(Agent Manager)来管理和协调的，代理总管的使用提高了系统的自适应能力，符合分布式人工智能(DAI)的要求。通过代理总管，系统能有效地组织代理集合去完成用户的请求任务，一旦代理集合确定后，用户或数据库就只与代理集合中的代理进行联络。处理过程中，代理根据用户的请求或数据库的使用情况周期性地向总管进行汇报，如果需要，可向代理总管申请特权，增加单个 Agent 的适应能力；长时间空闲的代理，总管可以把它解除，或把它转交到别的代理集合中去；代理集合中所有的代理都不能胜任的工作可向总管申请新的类型的代理去完成。这样，系统就可以不断地、周期性地根据变化的任务、资源、外部信息以及系统过去的行为，改变系统中 Agent 的类型与数目，实现组织重构。麻省理工大学的 C. Hewitt、美国依里诺依大学的 M. J. Shaw 等人在这方面作了大量的研究，他们的许多研究成果很适合于用户管理单元中的 Agent 管理。

·多媒体信息点播服务层　是模型中媒体信息处理的核心部分，它隐藏了信息处理的所有细节，向不同功能类型的用户代理或数据库查询代理提供透明的服务。对于 Client 方的每个代理，多媒体信息点播服务模块主要提供了命令的请求和信息的回答两种功能，它可以向代理传递信息服务的内容，然后根据代理的请求找到对应的信息，最后根据信息的类型和信息的 QoS 要求以适当的形式把信息反应出来。而在 Server 方，它的主要功能则是向上传递信息查询的命令，接收数据库中的多媒体数据，根据不同的数据类型，向下传递给分布式多媒体通信服务模块。

在功能上，多媒体信息点播服务模块实现了多媒体信息处理的透明性，不论是何种媒体信息，对用户代理而言，只有服务请求和得到服务两种功能，至于不同类型的信息怎样调用不同的程序去处理等功能已经隐藏在模块内部。

·分布式多媒体通信服务层　传统网络通信的模式和方法是在特定的发展背景和条件下，根据当时的应用需求提出来的，经过多年的完善和改进，现在已经相当成熟。但是随着硬件水平的不断提高，应用范围的不断扩大，传统的网络通信方式已经在很多方面，尤其是支持多媒体信息通信方面表现出了它的不合理性。多媒体信息的数据类型，不同于传统的数据类型，它不仅包含了无时间属性的大容量静态数据类型(如大文本、图形、图像以及程序等)，而且主要的数据类型是与时间有关的连续媒体数据类型(如，音频、视频、三维 VR 数据类型等)。与这些数据类型相对应的是许多传统网络所很难具备的各种信息服务类型，如视频点播、电视会议、多点播送(Multicast)等。当然，还存在各种单媒体数据间的同步问题，如音频和视频信息的"对口型"问题。

为了有效地支持多媒体信息的通信，有两种有效的途径：一种是设计全新的适合于多媒体信息特别是连续媒体信息传输的低层网络协议；另一种是基于目前的网络协议，在传输层之上增加多媒体通信服务层。依据实际的使用情况和硬件环境，我们采用了第二种方案，DMIoDS 功能模型中的分布式多媒体通信服务模块是为适应第二种途径而设计的，其主要功能是实现媒体信息传送的透明性；对于无时间属性的数据信息，可在为满足 QoS 而规定的时间内将信息向上或向下传送，保证信息的空间同步；对于与时间相关联的媒体信息，根据 QoS 要求，尽量减小延迟值和延时抖动现象保证媒体信息的时间同步。

·网络通信及网络管理层　此模块主要是依赖于现有网络通信机制，向上提供透明的网络传输。它屏蔽所有具体网络的特点，保证数据的可靠传输，主要解决分布的透明性、信息迁移的透明性以及数据复制和透明性等问题。

DMIoDS 的功能模型是一个抽象的层次模型，

维普资讯 http://www.cqvip.com

每个层次可以由一个或几个对象组成，对象的属性和方法定义后，它的部分具体实现可以由对象服务器(Object Server)完成。举个例子，实现用户代理的某个对象中有一个方法定义，其实现部分可以是虚拟的，它的具体实现在信息点播服务对象中，当它调用这个方法时，就能激发信息点播服务对象中对应的方法去实现用户代理的服务请求，向用户代理提供透明的服务，对用户而言，它只需要知道服务的名称，而不需要知道服务的具体细节，这些细节包括服务名称所对应的函数名及参数传递的语义特征等等，在这些名称和函数之间有一张动态的对应表，参与组件化的对象间通过协同可以修改对应表。另外，对于具体实现而言，Client 和 Server 方的重点是不一样的：在 Client 方，多媒体信息点播服务模块是最重要也是最复杂的部分，而在 Server 方，支持对多媒体数据库的并行访问则变成了主要矛盾。下面我们来分析 DMIoDS 的拓扑结构模型，在分析中进一步表述所抽象的 DMIoDS 功能模型。

三、DMIoDS 的拓扑结构模型

为了更好地适应多媒体信息传递过程中的不对称性和节目与时间选择集中性的要求，使系统有很好的可扩展性并实现部件的模块化设计，并向用户提供透明的多媒体信息点播服务，一个完整的分布式多媒体信息系统的拓扑结构模型如图2所示。

·主服务器　主要完成功能模型中多媒体信息点播服务层的功能，它除了能够提供常规的信息服务外，还可以充当一个对象服务器。它能够识别合法的用户，向用户提供初始的信息服务目录，接受用户的服务请求命令，搜索到所需的信息，并在用户和信息资源之间建立一条逻辑上的通道。主服务器可以监视资源的使用情况，协调用户的 QoS 要求，满足不同层次用户的需要。另外，主服务器还提供了信息点播中的记费功能，可以记录各用户所点播和检索的节目类型、服务时间等等。

·静态信息服务器　主要完成对无时间属性的各种静态数据的分布式查询，如超文本/超媒体信息的查询，图形、图像数据的查询以及传统的数据库信息的查询等。由于对静态信息的存取具有不确定性，信息的传输只需要空间上的同步，传输过程中时间属性并不能影响信息的再现，只是再现的时间长短而已。另外，静态信息服务器中也可以存放一部分可以独立运行的程序，如 CAI 自演示程序、游戏程序等。当然，大部分程序都存放在程序库中。

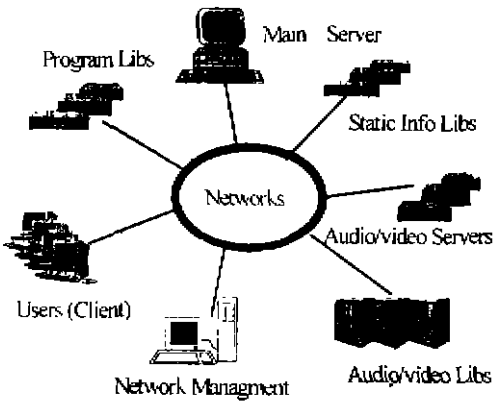

图2　DMIoDS 的拓扑结构图

·视频服务器(Audio/Video Server)和视频库(A/V Library)　为了满足视频点播中 QoS 的要求，视频服务器除了需要有大容量的高速存储介质(包括内存和硬盘等)和具有高速传输能力的网络通信接口外，还需要有快速视频检索系统。它与传统的数据库服务器不同，不仅需要较大的容量，而且要求视频流的连续、实时输出。根据点播的要求，视频服务器应具备接纳控制、请求处理、数据检索、按流传输、流的保密等功能，此外，还应该具备 VCR 的各种功能。如果和视频输入 I/O 相连，视频服务器还应该具备多媒体信息的录入、产生和编码等功能。接纳控制是指权衡用户提出的 QoS 请求在有效的系统资源下是否能够实现，请求处理是指只有在能够保证用户 QoS 请求的前提下，系统才能对这种请求予以服务。

视频服务器中并不需要存储所有节目，据目前试范系统的经验，3-5%的节目可以满足99-99.5%的点播需要，所以，可以根据点播率，周期性地把高点播率的节目调入视频服务器中，而点播率相对较低的节目则可以放入视频库中。由于用户选择节目的时间往往非常集中，在同一个时刻，可能有数以万计的用户正在同时点播一部新影片，并且播放的进度可能不一样，这就需要视频服务器有很高的 I/O 吞吐量。当然，把一部影片放在一个或几个视频服务器上供成千上万的人同时观看，目前的硬件水平和通信速度还无法满足这种需要，所以我们采用 Group Server 模式：通过协同和调度机制，把物理上分布的服务器以层次或网状的结构紧密耦合在一起，透明地向用户提供信息流资源，Group Server 中

维普资讯 http://www.cqvip.com

的不同服务器级别也是不同的。这样，不但缓解单个服务器的 I/O 吞吐量，又可以减轻网络资源的负载。

视频库作为视频服务器的后备存储设备，可以使用大容量的存储设备，如廉价硬盘、CD-ROM、磁带等。它并不需要有象视频服务器那样高的 I/O 吞吐量，也不需要支持多用户的并行存取。它主要是和视频服务器进行通信，在必要的时候，它也可以和少量的用户直接通信。

·程序库(Program Library) 程序库中存放的主要是一些能够在 Client 方执行的程序块或程序组。程序库中的程序数据被调入到 Client 方后，不仅能够改变程序的执行流向，甚至可能控制程序的运行，因为系统调入的不仅仅是数据，而是能够执行的程序。在 DMIoDS 中，程序库中存放的主要的是一些具有交互功能的信息演示程序，如三维模型的演示、VR 模型的演示等等。

库中程序块或程序组是以中间代码形式存在的，代码元组与具体的系统平台无关，可以被解释执行。这样，只要操作平台有这种解释器，就可以执行库中的程序。把程序库的思想运用于 DMIoDS 中可以使整个系统"活动"起来，远程的诸如 CAI 演示程序能够在本机自动运行，用户可以在本地操纵远程的游戏等等。

·用户终端(User or Client) 用户终端设备是信息的最终服务对象。为了向用户充分地表现多媒体信息资源，用户终端设备除了具备一定的多媒体信息处理能力外，还需要有较好的网络通信能力。从用户角度看，用户终端设备应该适应不同的服务提供者的要求、适应不同应用程序的技术需要、不同用户接口的规定、不同交互程度的需求。它应该具备解压缩功能，多媒体信息的同步播放功能。此外，为支持程序库中的各种程序，用户终端还应提供这些程序的解释器，去解释执行程序库中程序。

·公共网络(Public Network) 公共网络是系统各组成部分的连接设备，可以基于局域网络，也可以基于由局域网连接而成的广域网络。考虑到实际的应用情况，在局域网范围内，可以使用现有的快速交换以太网和 FDDI 等，在主干网上，最好使用 ATM，并且视频服务器直接接在高速交换设备的接口上。

·网络管理(Network Management) 网络管理服务器和传统的网络管理服务器在功能上是一致的。通过 SNMP，网络管理员可以监视整个网络资源的配置情况和使用情况、网络通信的流量控制情况、网络的安全性能等等。

应当说明的一点是，在局部范围内，系统拓扑模型的部件之间没有严格物理上的界限，不同的部件可以由不同的主机服务器来承担，也可以是几个不同的部件放在同一个服务器上，如主服务器可以当作一个网管服务器，而且一些静态数据库和程序库还可以存放在主服务器上。

结束语 为了更好地指导 DMIoDS 的设计，使系统具有很好的开放性和合理性，在传统的多媒体信息处理的网络通信的基础上，本文抽象出了一个 DMIoDS 的功能模型，并依据这个抽象模型，给出了系统的拓扑结构模型。本系统是国家自然科学基金资助课题之一，已于96年7月通过了验收。在系统的设计中，还对分布式多媒体通信及信息处理的方法学进行了一定的研究。

参考文献

[1] 刘积仁、都军、张霞，分布式多媒体技术的研究及其展望，电子学报，1995，23(10)

[2] P. V. Rangan et al. ，Designing an On-Demand Multimedia Service. IEEE Comm. Magazine，430(7)，1992

[3] Y. H. Chang，D. Coggins et al. ，An Open-Systems Approach to Video on-Demand，IEEE Comm. Magazine，32(5)，1994

[4] R. Handel et al. ，ATM Networks，Addison-Wesley Publishing Company，1994

[5] H. Ahmadi，W. E. Denzel，A Survey of Modern High-Performance Switching Techniques，IEEE J. on Selected Areas in Comm. 7(7)，1989

[6] A. Campbell et al. ，A Quality of Service Architecture. ACM Computer Comm. Review，24(2)，1994

[7] J. Gemmell and S. Christodoulakis，Principles of Delay Sensitive Multimedia Data Storage and Retrieval，ACM Trans. on Infor. Systems，10(1)，1992

[8] A. Park and P. English，A Variable Rate Strategy for Retrieving Audio Data From Secondary Storage，Proc. of the Intl. Conf. on Multimedia Information Systems'91，McGraw Hill，1991

[9] F. A. Tobagi et al. ，Streaming RAID：A Disk Storage System for Video and Audio Files，Proc. of ACM Multimedia'93，1993，8