

基于 B/S 模式的组件化网络多媒体监控系统结构研究^{*}

周兵 李伟 姜文峰 苏士美

(河南省高等学校信息网络重点学科开放实验室 郑州大学信息工程学院 郑州 450052)

摘要 B/S模式的监控系统使用 Web 浏览器作为用户界面,易于用户使用,升级和维护方便,有更好的通用性和跨平台性。本文参考流媒体系统结构,提出一种基于 Browser/Server 模式的网络多媒体监控系统结构,采用组件结构设计了系统的主要功能模块,并给出了两个核心组件实现的 UML 描述。基于 RTP/RTCP 传输控制机制将信源编码和信道编码结合起来,提高了系统的整体性能。

关键词 视频监控,流媒体,组件,RTP

The Research on the Component Structure of Network Multimedia Surveillance System Based on B/S Model

ZHOU Bing LI Wei JIANG Wen-Feng SU Shi-Mei

(Henan Provincial Key Laboratory on Information and Network, College of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052)

Abstract The B/S structure-based system employs a Web-browser as its user interface, so it can be operated, maintained and updated easily. Furthermore, the B/S system has good cross-platform property. Referring to media-stream systems, we present the component structure of the network multimedia surveillance system based on the Browser/Server model in this paper. The primary function modules of the system are implemented in the component frame. The two key modules are detailed with the UML descriptions. Combining source-coding with channel-coding, the transmission control mechanism based on RTP/RTCP improves the system's performance.

Keywords Video surveillance, Media streaming, COM, RTP

1 引言

网络多媒体监控系统是一个集多媒体信息的综合性、计算机的交互性、通信的分布性和监控的实时性等技术于一体的综合系统,能实时地把多个被监控对象的多媒体信息同时传输给位于不同地点的多个监控者,同时身处异地的各个监控者也可主动地控制被监控对象,获取所要的多媒体信息,可广泛应用于工业生产、交通、公安、银行和智能办公大楼等。

当前的网络多媒体监控系统一般基于 Client/Server 模式构建^[1],其软件结构设计主要基于模块化的思想,其网络传输部分主要采用单播技术,针对固定有线的网络条件。这种结构的系统具有部署困难、跨平台性差、可适应性不强、管理和维护升级成本高、容量扩展时负载高、性能差等问题。为改变上述状况,国内外针对多媒体监控系统的软件体系结构进行了许多研究,例如引入流媒体技术和 COM 组件技术、探索使用 MPEG-7 框架模型^[2]等,但仅就软件体系结构进行研究是不够全面的,取得的效果也是有限的。面对相对有限的带宽资源,实现基于音视频的网络多媒体系统,较好的解决方案是流媒体技术、多播技术以及带宽自适应的思想^[3,4]。本文基于 Browser/Server 模式,利用组件技术,结合流媒体和多播技术思想,设计、实现了一种易用、可扩展、动态适应网络状况的网络多媒体监控系统。

2 系统设计原理

2.1 基于 Web 的网络多媒体监控工作模式

B/S 模式中使用 Web 浏览器作为用户界面,它较 C/S

模式更易于集中管理和维护,有更好的易用性和跨平台性。当前最典型的网络多媒体应用系统是流媒体系统,它们均基于 B/S 模式构建。该结构包含两类服务器^[5]: HTTP 服务器,用于管理 Web 页面和元文件;流媒体服务器,用于管理音频和视频文件。

网络多媒体监控系统最主要的功能是浏览端实时预览和信息回放,采用 Web 方式可涵盖多种网络类型,并且易于用户使用。本文借鉴流媒体系统结构的思想,设计了一种基于 B/S 模式的监控系统模型,如图 1 所示。

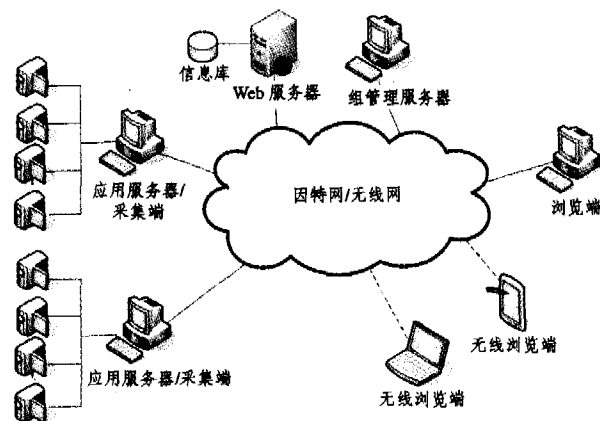


图 1 基于 B/S 结构的网络多媒体监控系统工作模式

该结构包括组管理服务器、Web 服务器、采集端和浏览端,各部分的具体功能如下所述:(1)组管理服务器是一个单独的配置管理软件,统一管理着浏览端和采集端,用于 Web

^{*} 受国家 863 计划(2001AA114142)、河南省高校杰出人才创新工程等项目资助。周兵 教授,主要研究方向:多媒体信息处理与传输;李伟 硕士,主要研究方向:视频监控;姜文峰 硕士,主要研究方向:多媒体通信;苏士美 副教授,主要研究方向:图像处理。

服务器的配置、各个采集端的基本设置、用户权限和级别的设置,配置信息驻留在 Web 服务器和各个采集端,由组管理服务器维护信息的一致性;(2)Web 服务器是 HTTP 服务器,用于管理各 Web 页面、用户信息和各采集端信息,主要完成用户登录时的身份认证,根据用户身份确定采集端的发布;(3)采集端位于监控现场附近,与多个视频摄像机和音频采集设备连接,完成多路多媒体信息的采集、压缩、显示、存储和异常检测,同时支持多路浏览端的访问;(4)浏览端基于浏览器实现,通过登录监控网站,向用户提供实时预览、记录点播和远程控制等服务。

图 1 表明了系统的整体结构以及数据的传输途径。视频采集模块将采集到的视频信号编码后,一方面在采集端进行存储,另一方面发送到浏览端由嵌入浏览器的 ActiveX 控件接收并且解码显示出来。Web 服务器上存储浏览端所需要的 ActiveX 控件以及相关的动态链接库(DLL),负责提供和发布带有相应控制和动态链接库的页面,用户则在浏览端使

用 IE 浏览器下载并注册 ActiveX 控制,接收来自于视频采集服务器的视频流。

本文的监控系统结构基于 B/S 模式来实现,它较当前基于 C/S 模式实现的监控系统有更好的通用性和易用性,同时易于集中管理和维护。本文提出的结构弱化了 Web 服务器的功能,Web 服务器主要用于采集端的发布和初始的一些认证工作,系统日常使用时数据流主要限制在浏览端和采集端之间,这有益于系统规模的扩充。

2.2 系统体系结构设计

在进行网络监控系统设计时,组件划分是否合理,直接影响系统的功能和运行效率。网络多媒体监控系统的设计还需要考虑多媒体系统的自身特征(数据量大、实时性要求高等)。本文采用单播和多播结合的策略,设计了基于组件技术的监控系统软件体系结构。该结构包括采集端的软件体系结构(图 2)和浏览端的软件体系结构(图 3)两部分。

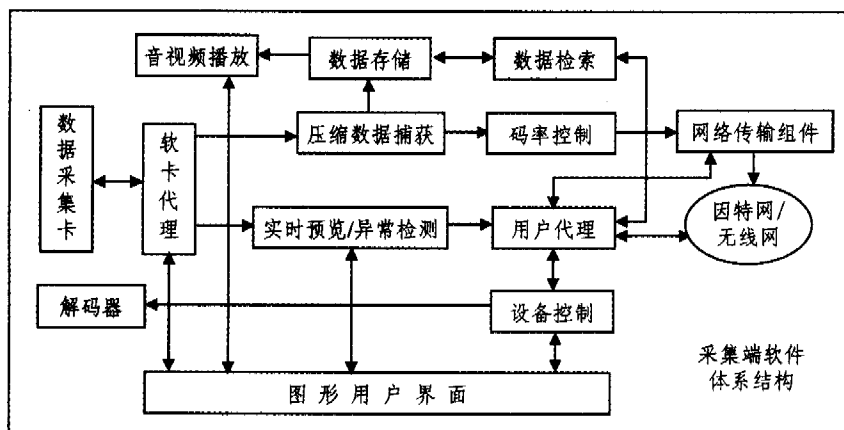


图 2 采集端软件体系结构

采集端的软件体系结构可划分为 6 个部分:(1)实时预览/异常检测部分。从软卡代理中得到未压缩的音视频数据,实时预览组件进行多路的现场实时预览;异常检测组件进行运动检测,确定是否有异常,根据异常情况进行报警。(2)数据存储部分。压缩数据捕获组件从软卡代理中得到多路压缩的复合媒体流,通过数据存储组件,存为标准格式的多媒体文件,同时向数据库中写相应的文件信息。(3)音视频播放部分。在多媒体播放控制器的协调下,打开存储的多媒体数据,完成解码及同步的视频显示和音频播放。(4)多用户代理部分。用于接收并转发网络传来的用户请求控制命令,完成用户和通道的设定,以及界面的调用控制。(5)前端设备控制部分。设备控制器接收用户界面发出的或网络传送来的(多用户代理转发的)控制命令,控制解码器,完成对云台、镜头等前端设备的控制。(6)自适应网络传输部分。完成现场多媒体数据及历史多媒体数据的自适应网络的传输,用于支持浏览端的实时预览和记录回放功能。其基本过程是码流经码率控制部分进行码率调整,然后由网络传输组件传送到网络中。

浏览端的软件体系结构可划分为 5 个部分:(1)多用户代理部分。通过控制网络组件,接收、转发设备控制命令,并接受前端的反馈信息。(2)采集端设备控制部分。采集端设备控制器接收用户界面发出的控制命令,通过用户代理发送到网络,完成对采集端的云台、镜头等设备的远程控制。(3)采集端回放信息检索部分。采集端回放检索器通过与采集端的交互,给出满足限定条件(日期、监控地点)的历史记录的信

息。(4)网络控制部分。完成音视频数据的接收、丢包率的检测和信息的反馈。(5)音视频网络播放部分。在控制器的协调下,完成解码和同步的视频显示和音频播放。

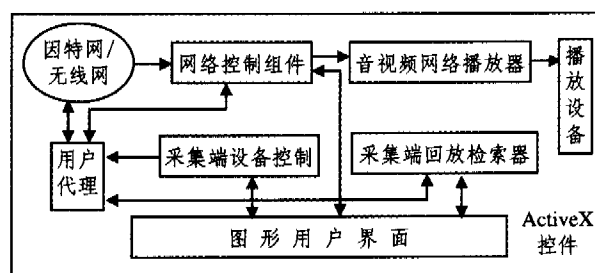


图 3 浏览端软件体系结构

本文设计的基于组件技术的软件体系结构,有良好的可升级性。组件更新时,系统的软件体系结构无需做任何变动。本文在进行系统软件结构设计时引入了多播和单播结合的策略,优先考虑使用多播,从而很大程度上节省了网络带宽,有效抑制了系统进行容量扩展时出现的负载和性能问题。本文软件系统结构的设计较为灵活,它涵盖了多媒体监控系统的主要功能,在实际系统实现时可根据具体的需求,对不需要的部分及其组件进行裁剪。

2.3 自适应的视频流传输

由于 Internet 线路传输带宽的不可预知性,以及视频流信息的数据量大对传输的实时性要求高,对端到端的延迟有

严格限制。如果前端子系统发送的包不能在限定时间内被后端子系统接收到,就必须被丢弃,这将严重影响视觉效果。因而,如何适应众多的网络带宽,保证好的视频传输质量,是基于 Internet 远程监控系统需要解决的关键技术之一^[3]。

针对上述情况,本系统采用下面的解决方案:服务端(采集端)子系统对视频流进行分解、打包,在传输过程中为编码器进行位率控制,提供反馈信息;客户端(浏览端)子系统完成数据包的解包、整合,得到完整的视频数据,送给显示部分播放。

视频流传输子系统以前端网络传输 TCP/IP 通信协议模块和位率自适应编码模块为基础,采用实时传输协议(RTP)和实时传输控制协议(RTCP)^[6,7],实现视频流的带宽自适应传输。体系结构框图如图 4。

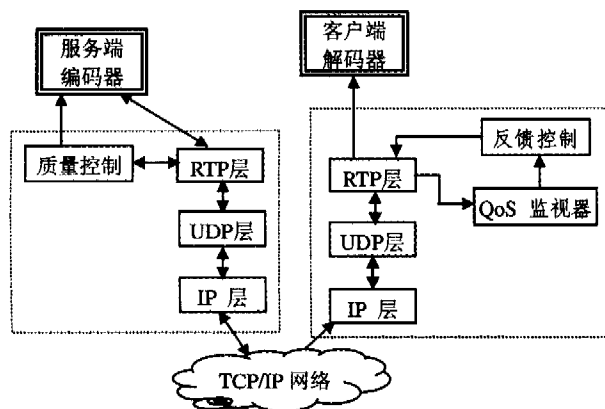


图 4 视频流传输体系结构

服务端编码器生成的视频流依次经过 RTP 层、UDP 层进入 IP 网络。当视频流数据包被成功传输到接收端(客户端)后,依次经过 IP 层、UDP 层和 RTP 层,然后送交视频解码器进行解码。接收端的 QoS 监视器根据接收到包的状况诊断网络的拥塞情况(如丢包率和延迟等),反馈控制模块对这些信息进行分析后向发送端(服务端)反馈信息。发送端的质量控制模块根据反馈信息判断当前网络的可用带宽,并传

送给编码器,进行位率的自适应调整,使之适合当前的网络带宽。

2.4 系统实现

本系统基于组件结构实现。由于篇幅有限,这里仅介绍一个具有代表性的控件:预览 ActiveX 控件。浏览端的 ActiveX 控件主要完成了接收音视频数据并且解码和播放的功能,将音视频数据接收和解码程序创建一个动态链接库。控件通过调用这个动态链接库,实现了同采集服务器的通信以及实时音视频数据播放。图 5 和图 6 分别为预览 ActiveX 控件静态 UML 类的结构图^[8]和实时浏览动态 UML 序列图。

图 5 中主要类的功能如下:CClientAgent 用户代理类主要完成客户端所有的请求命令,包括用户初始化、通道选择、控制命令转发等等;CNetPlayer 是 MPEG-4 格式数据的播放器封装类,能播放 MPEG-4 系统码流和音视频数据流;CRtpAgent 类从网络接受媒体流数据,处理后送交 CSyncBuffer 对象,可以处理的媒体流数据有两种类型:MPEG-4 系统流和 MPEG-4 音视频数据流;CRtcpAgent 类完成 QoS 控制和码率调整等功能;CMacSliderCtrl 是视频播放位置和音频的音量控制类。

图 6 为实时浏览动态 UML 序列图,具体的动态流程描述如下。首先,用户点击某个采集点,系统创建实时浏览控件类 CRealPlayCtrl 对象,对象的 SetRealPlayInfo() 函数创建实时浏览容器类 CRealttimePlayer 的对象,函数 InitClientAgent() 创建用户管理类 CClientAgent 对象,并通过函数 AddRtChannelInit() 初始化实时浏览通道。其次,CClientAgent 对象通过 SendMsg() 发送消息给采集端 CRtcpAgent 类对象进行身份验证。如果身份验证通过,采集端通过 Dispatch() 返回消息发送给 ClientAgent 对象,然后通过 Select() 和 TransUcInfo() 选择单播或多播。之后,StartRtp() 创建 CRtpAgent 对象实例,ReceiveInfo() 发送消息给 CRealttimePlayer 对象,CRealttimePlayer 对象用 InitNetPlayer() 创建网络播放器 CNetPlayer 对象 NetPlayer,并通过 StartNetPlayer() 启动 NetPlayer 播放现场采集的实时音视频。

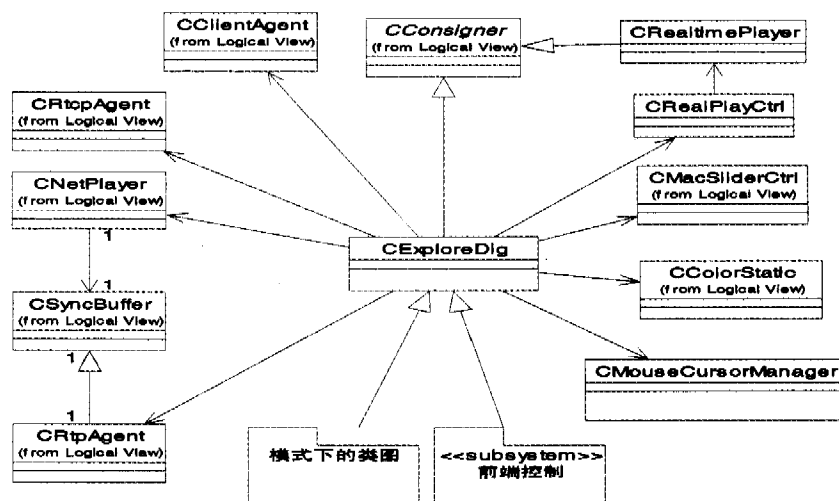


图 5 预览 ActiveX 控件类的结构图

该系统已经在实验室局域网和广域网以及无线 GPRS 网络进行现场监控实验。图 7 为通过 IE 浏览器接收多路视频信号的监控页面,表现了组播模式下监控点的实时视频监控情况。实验运行测试表明,系统的传输质量完全满足实时网

络音视频监控系统的要求,可以根据不同的网络带宽,动态调整帧率,画面清晰流畅,能够较好地实现音视频连续同步重演。

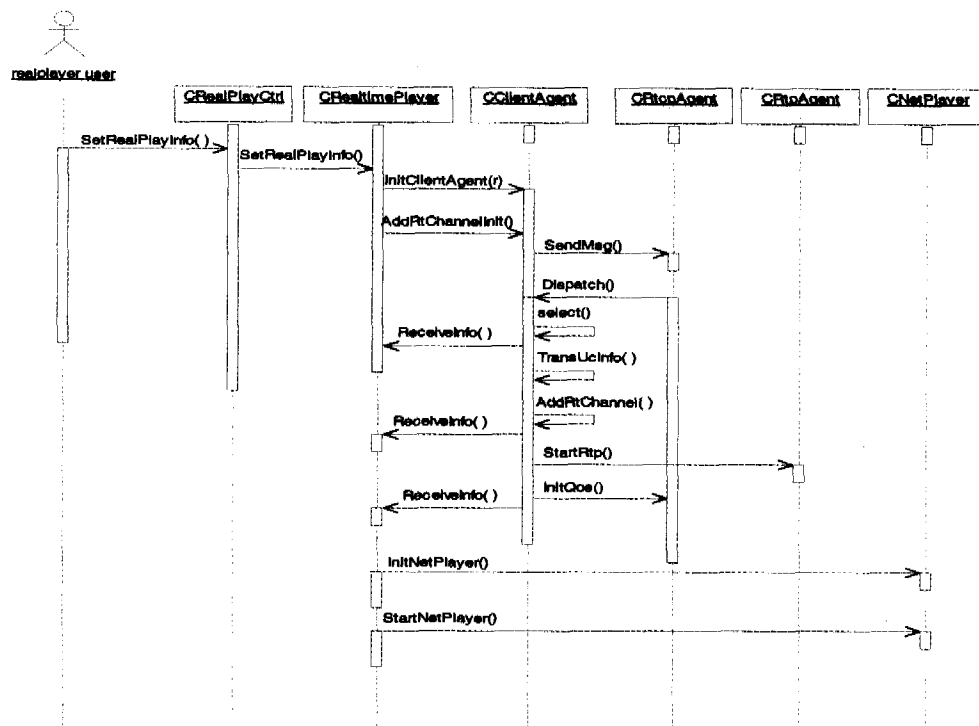


图6 实时浏览动态 UML 序列图



图7 实时监控页面效果图

表1 自适应控制算法的有效性验证

效果及性能指标		无自适应控制	使用本文传输控制	
教育科研网内	效果	视频速率 15~20 帧/秒 (发送速率 25 帧/秒)	视频速率 22~25 帧/秒 (发送速率 25 帧/秒)	
	实验数据	丢包率	大约 10%	大约 5%
		音频	不连续	连续
		视频	时而有马赛克	基本无马赛克
跨越不同服务商	效果	视频速率 10~15 帧/秒 (发送速率 25 帧/秒)	视频速率 18~22 帧/秒 (发送速率 25 帧/秒)	
	实验数据	丢包率	大约 30%	大约 8%
		音频	极差	基本连续
		视频	马赛克明显	偶尔出现马赛克

在跨越两个不同服务商的传输线路上,由于视音频报文丢失率都很高,不使用自适应传输控制算法时,报文丢失率在 30%以上,音频断断续续,视频显示马赛克效应非常明显。使用本文传输控制策略后,流量控制模块起了很大作用。由于对视频关键帧进行冗余编码,报文丢失率控制在 8%以下,对于视音频数据的播放都显得流畅。

结论 本文借鉴流媒体系统结构模型,设计并实现了基于 B/S 模式的组件化的网络多媒体监控系统。采用组件化结构,增强了系统的稳定性和可扩展能力;基于 Internet 网络实现的策略,扩大了系统的通用性和应用范围;利用 RTP/RTCP 协议将信源编码和信道编码有机结合起来,提高了系统的整体性能以及远程实时浏览和回放的服务质量。

基于丢失报文的自适应传输算法虽能取得一定的效果,但只有当报文丢失后才能作出反应,这会造成一定的数据损失,影响服务质量。将来可以考虑结合抖动延时技术,进一步提高系统的服务质量。

参考文献

1 Lucio M, Franco O, Foresti GL, et al. Distributed Architectures

3 自适应传输实验

为了证实系统自适应控制算法的有效性,我们选择了两个网络拥塞程度不同的线路进行实验:一条线路的服务端和传输端都在教育科研网内,网络带宽有保证;另一条线路,服务端和传输端跨越教育科研网和网通公司的宽带网络,网络带宽没有保证。

由于在教育科研网内网络带宽可以得到保证,即使自适应控制,视音频质量都可以接受。但因为网络在丢包率方面性能不是很好,即使在轻载状态下,视音频也无法获得很好的质量,表现在视频接收速率比发送速率低很多,音频偶尔出现断音现象,报文丢失率在 10%左右。采用本文自适应控制策略后,视音频质量都得到了改善,视频基本和发送端一致,音频不会出现断音现象,报文丢失率在 5%左右。

基于熵的信息系统业务模型复杂性度量^{*})

王忠杰 徐晓飞 战德臣

(哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院 哈尔滨 150001)

摘要 业务模型的复杂度决定企业信息系统的复杂度,也对信息系统的重构性能具有很大程度的影响。目前研究多侧重于代码级软件的复杂度度量,而对业务模型的复杂度则关注较少。本文首先给出了企业业务模型的分层体系结构,依据模型实体之间的依赖关系与分解关系将业务模型分解为一组基本模型单元。然后重点提出一种基于熵的模型复杂性度量方法,使用信息熵来描述业务模型的复杂性,通过计算基本模型单元的复杂度递归得到各模型实体、依赖关系的复杂性,进而综合得到模型的复杂性。最后通过实际案例验证了此方法的可行性。该方法为信息系统的设计与构造过程提供了有效的参考与决策依据。

关键词 信息系统,业务模型,复杂性度量,熵

Entropy-Based Complexity Metrics for Business Models of Enterprise Information System

WANG Zhong-Jie XU Xiao-Fei ZHAN De-Chen

(School of Computer Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract The complexity of business models determines the complexity of enterprise information system, thereby impacts reconfiguration performance of the system to a great extent. Current researches focus mostly on complexity metrics of code-level software systems, and pay little attention to business model's complexity metrics. To quantitatively measure model complexity, a multi-layer architecture of business models is firstly shown, in which a business model is divided into a set of Basic Model Units (BMUs) by the dependency and decomposition relationships between business entities. Then an entropy-based complexity metrics is emphatically presented, in which the complexity of model entities, dependency relationships, and business models can be recursively calculated by calculating the complexity of BMUs. Finally, a practical case is brought forth to validate the metrics. The method in this paper has great significance to the design and implementation of complex information systems.

Keywords Information system, Business model, Complexity metrics, Entropy

企业处于一个多变的环境中,频繁变化的需求要求信息系统具有良好的重构性能。复杂度是决定系统重构性能的一个关键指标,因此研究信息系统的复杂性度量方法具有重要的意义。

企业信息系统是一个复杂的系统,它由标准化的管理流程、知识化的数据体系以及集成化的软件系统构成,具有分层的体系结构,可划分为业务模型层、软件模型层、可运行软件层三个层次,分别对应系统的设计、构造与运行三个阶段的模型。其中业务模型层描述了企业的管理模式与管理流程,软件模型层是业务模型在软件系统中的映射,可运行软件层则为软件模型提供了具体的运行环境和平台。每个层次又可进一步细分为一系列的子层次。传统的系统复杂性度量方法通常集中于对软件模型层或可运行软件层的复杂性度量^[1],考虑构成软件系统的基本实体(例如变量、函数、对象等)及其之

间的依赖关系^[2,3]。但这些方法只能够在信息系统最终实现之后才能进行相应的度量^[4],无法提前预知系统的复杂性。

由于业务模型与软件系统之间存在着严格的映射关系^[5],业务模型的复杂度决定着软件系统的复杂度。系统设计人员在设计阶段(即模型构造阶段),通过度量业务模型的复杂度,就可以得知基于业务模型构造的信息系统的复杂度。从多个设计方案中选择具有最优复杂性的一个,使信息系统既能满足业务需求,又易于以后的重构,是设计人员面临的一项重要任务。

1 业务模型的分层结构

业务模型可抽象为一组模型实体及实体之间的交互关系的集合。实体之间交互关系分为两种类型:依赖关系和分解关系。依赖关系描述了同一层次内部实体之间的交互,分解

^{*}基金项目:国家自然科学基金资助项目(60573086)、“十五”国家“863”资助项目(2001AA414010,2003AA4Z3210,2003AA4Z3350)、高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20030213027)。王忠杰 博士研究生,主要研究方向:可重构 ERP 系统、软件、重用技术;徐晓飞 博士,教授,博士生导师,主要研究方向:企业智能计算、管理与决策信息系统、数据库等。战德臣 博士,教授,博士生导师,主要研究方向:软件重构与复用、企业资源计划系统与现代集成制造系统等。

- and Logical-Task Decomposition in Multimedia Surveillance Systems. Proceedings of the IEEE, 2001,89(10):1419~1440
- Lopes R J, Lindsay A T, David H. The utility of MPEG-7 systems in audio-visual applications with multiple streams. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003,13(1):16~25
 - Lee D, Kim N, Kim S. The MPEG-4 streaming player using adaptive decoding time stamp synchronization. IEEE Proceedings of the Ninth International Conference on Parallel and Distributed Systems, 2002. 1521~9097
 - Internet2 - QoS Working Group. Network QoS Needs of Advanced Internet Applications- A Survey. <http://www.internet2.edu/qos/>,2003-07/2003-05
 - 范圣印,李波,张光卫. 基于 Web 的带宽自适应组件化多媒体监控系统. 北京航空航天大学学报, 2003,29(10):881~884
 - RFC 1890. RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control
 - RFC 3016. RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams
 - 陈耀武,伍鹏,汪乐宇. 基于流媒体技术的网络化嵌入式视频监控. 工程设计学报,2004,11(2):58~61