

# 基于 SIP 的网络视频监控系统的设计与实现

凌庆华, 石志强, 程伟明

(中国科学院软件研究所多媒体中心, 北京 100080)

**摘要:** 设计了一个基于 SIP 的网络视频监控系统, 利用 SIP 的呼叫机制, 解决了多个视频监控系统间的信令互通性问题。在此基础上, 利用 SIP 的媒体协商机制支持多种媒体的互通, 集成多种视频监控前端, 实现了复杂组网环境下的互联互通。描述了该系统的设计和实现过程, 讨论了其中的一些关键技术; 该系统在现有的社区宽带网络上运行良好。

**关键词:** 视频监控系统; 会话初始化协议; 呼叫机制

## Design & Implementation of SIP-based Network Video Surveillance System

LING Qinghua, SHI Zhiqiang, CHENG Weiming

(Multimedia Center, Institute of Software, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**【Abstract】** The paper designs and implements a SIP-based network video surveillance system, using SIP call mechanism, and gives a solution to the interconnection among multi-surveillance systems. Using media negotiation in SIP, it integrates a variety of video servers, and solves the interconnection under complex network. It describes the process of design and implementation, and discusses some key technologies. The system runs well in the community network with integrated services.

**【Key words】** Video surveillance system; Session initiation protocol (SIP); Call mechanism

### 1 概述

随着我国社会信息化程度的不断提高, 许多行业对网络数字视频监控的需求日益增长, 除了传统的金融和交通等行业外, 小区、公园、医疗及企业等对视频监控的需求也逐渐成熟。而且随着监控系统应用的逐渐扩大, 对其需求已不再局限于小系统应用, 单一地区、单一场景的应用, 网络化的监控系统呼之欲出。

而监控系统从 20 世纪 80 年代发展以来, 经历了第一代模拟监控系统, 第二代数字监控系统, 目前正在向网络化、智能化方向发展, 以提供更便捷、更自动化、更人性化的服务。监控系统的网络也基本从有线电视网到局域网进而迈向互联网, 视频压缩数据流也从 MPEG1、MPEG2 等过渡到 H.263、MPEG4 和 H.264。这些都让我们看到了监控系统的美好发展前景。

为了互联网络监控系统, 必须面对目前各监控系统范围小及其之间互通性问题, 因此我们采用了可扩展的 SIP 呼叫机制, 通过代理和重定向等方式来实现对不同网段的监控请求, 很好地解决了各监控系统间的互通性。本系统跟随了监控系统的最新发展方向, 采用了多种视频服务器作为监控前端, 包括北京一些公司和福建泉州一公司提供的产品, 其中有神州龙芯公司提供的视频服务器, 基于龙芯一号处理器, 媒体格式支持了 MPEG4 和 H.263 编码, 支持 D1 格式的分辨率; 系统服务器运行在 Linux 下采用 SIP 的呼叫机制和消息格式, 以提供可扩展的网络呼叫和标准的易行的消息处理, 系统服务器还提供认证和对前端视频服务器的管理等; 监控中心软件运用了 DirectShow 编程, 提高了媒体的解码效率。整个监控系统的框架如图 1 所示。

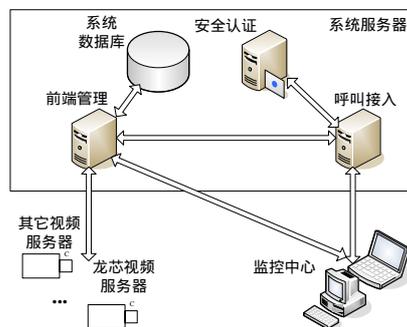


图 1 网络监控系统框架

### 2 系统设计

借助实验室基本完善的社区宽带网络系统的成熟技术, 我们设计并实现了一个网络化的监控系统, 目前基本以服务社区监控为主。从图 1 中可以看出整个系统分成: 前端视频服务器, 系统服务器软件和监控中心软件。其中前端视频服务器负责媒体数据的采集, 并向系统服务器传输媒体流; 系统服务器集中管理监控系统中的各个前端视频服务器, 并向监控中心提供各种请求服务; 监控中心软件面向用户操作, 提供友好的控制界面。系统可以跨越多个局域网段, 形成一个可以互联的监控系统, 每个分控中心通过相应的权限设置, 访问不同网段的监控点。在设计 and 实现中, 采用了基于 SIP 的呼叫机制, 并把一些自定义的消息格式也以文本形式封装

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60472076)

**作者简介:** 凌庆华(1980 -), 男, 硕士生, 主研方向: 多媒体通信; 石志强, 博士、高工; 程伟明, 研究员

**收稿日期:** 2006-03-25 **E-mail:** qinghua03@ios.cn

在 SIP 消息体中，从而形成了控制消息格式的统一，也便于进一步的扩展。

### 2.1 系统功能需求

该网络监控系统的软件包括系统服务器端和监控中心软件。服务器端软件主要负责监控前端的管理、用户认证、数据转发以及一些属性配置和计费信息等；在其管理监控前端的同时向监控中心提供各种服务，因此面临着两方面的要求，一方面服务器接收来自监控中心的各种请求，提供相应的服务功能，如用户认证、转发数据，资料查询和保存、提供计费信息等；另一方面也管理其辖域内的监控前端，包括权限控制、属性配置等，让监控中心更方便更安全地访问来自监控前端的图像和其他信息。监控中心则是面向用户的，提供可视化的友好操作界面；通过连接服务器，把用户的请求转化为服务器可接收的消息格式，同时接收服务器的响应，反馈给用户。这其中包括用户登录、对监控前端视频图像的查看、轮巡、对监控前端节点和服务器的配置，以及监控前端相关的电子地图信息等；也负责把服务器发送过来的信息反馈给用户，如报警联动信息等；此外还包括在本地监控中心完成的请求，监控中心设置等。

### 2.2 系统模块结构

在 C/S 架构的模式下，监控系统首先分解成服务器端软件和监控中心软件，互相配合完成监控系统的各项功能。

根据需求分析和用例设计，服务器端软件可以分成如下几个模块：计费模块，信令处理，节点管理，用户管理，配置管理，资料管理和数据转发。其中，计费模块实现从服务器的数据转发和用户管理模块中提取计费信息，配合整个社区宽带网络的计费系统统一实行计费功能；信令处理主要负责服务器和监控中心之间消息的解析、封装和传输，并根据消息的具体类型转化为相应模块的请求，分发给各模块去完成；节点管理负责节点相关属性、电子地图等相关消息的处理；用户管理负责用户认证和权限控制相关消息；配置管理处理服务器配置相关消息；资料管理负责录像资料保存、查询、浏览及下载等相关内容；数据转发完成从监控前端接收媒体数据并向多个目标转发的功能，接收信令处理模块解析的转发命令，启动或者停止一路转发数据流。从而可以得出系统服务器端模块，如图 2。

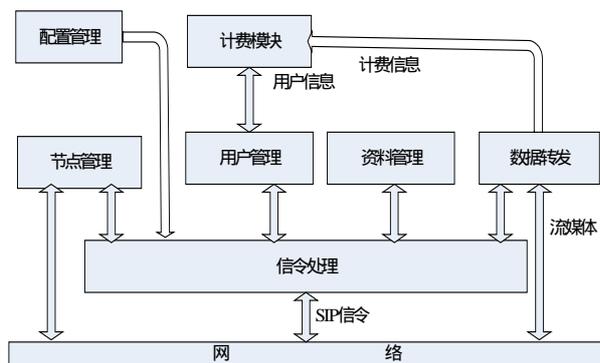


图 2 系统服务器模块

监控中心软件借助服务器的支持完成各项需求功能，其模块相应可以分解成：信令处理，数据接收，节点管理，配置管理，资料管理，用户登录，报警管理和视频显示几个模块。信令处理模块与服务器端的信令处理对应，完成网络上所有 SIP 消息的交互，包括封装和解析，与其他模块都有相应的接口；数据接收模块主要负责流媒体数据的接收，提供

给视频显示模块多路媒体数据，受控于信令处理模块；节点管理负责用户在节点上的相关操作，包括对节点的属性配置、节点相关的电子地图编辑等；配置管理负责服务器和监控中心进行基本配置；资料管理负责对录像资料或者图片资料进行管理，包括根据时段和节点通道查询相应的录像资料，并进行相应的播放、删除和下载等操作，远程资料的管理结合服务器端的模块进行完成；报警管理负责处理来自服务器或监控中心的报警信息，并反馈给用户；用户登录负责用户登录信息相关消息处理，与服务器端的用户认证模块一同完成用户登录；视频显示主要负责视频多路显示，从数据接收模块缓冲获取媒体数据或从本地录像资料取得媒体数据，进行解码显示，还负责对多个前端视频服务器通道进行轮巡及相关配置。因此得到监控中心模块，见图 3。

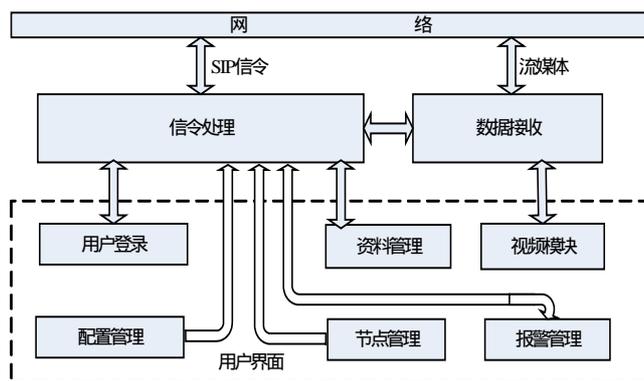


图 3 监控中心模块

## 3 系统实现

在整个系统的模块化设计中，SIP 的相关实体功能也都融合在模块之中，采用模块化的设计可以使得系统结构清晰，另外也考虑到监控系统中还有一部分功能是 SIP 之外的，形成模块结合到系统中比较方便，但它们也通过 SIP 的消息格式体进行交互。

### 3.1 SIP 协议简介

SIP 是由 IETF 提出的一种应用层控制与消息协议。用于创建、修改和终止多媒体会话或者呼叫，并可以支持用户的移动性、用户对话的选择性以及 Web 相结合的一些应用。主要用于 Internet 多媒体会议、Internet 电话呼叫以及其他一些多媒体控制等，具有良好的可扩展性。该系统中利用了 SIP 呼叫机制完成监控中心对监控前端视频服务器的请求。

在 SIP 中定义了几个 SIP 实体：用户代理 (User Agent)，包括用户代理客户端 (UAC) 和用户代理服务器 (UAS)，分别扮演一个呼叫的发起方和响应方；SIP 服务器，包括代理服务器 (Proxy Servers)、重定向服务器 (Redirect Servers) 和注册服务器 (Register Servers)。其中代理服务器执行应用层的 SIP 请求和响应路由，在转发请求之前可能改写原请求消息中的内容；重定向服务器接收非辖域内的 SIP 请求，把请求中的原地址映射成零个或多个新地址，返回给用户代理，并在收到呼叫请求后返回重定向应答；注册服务器接收注册请求，完成用户地址的注册。记录 SIP 地址和相关的 IP 地址信息，形成本地服务地址库。

SIP 本身定义了呼叫机制，对消息体的类型也做到了良好的可扩展性。SIP 消息总体上分成请求消息和响应消息，基本的请求消息有 REGISTER、INVITE、ACK、CANCEL、OPTIONS、BYE 这 6 种，另外还扩展了一些比较通用的方法：INFO、NOTIFY、SUBSCRIBE 和 REFER 等。应答消息都以

应答代码来标识,从 1XX 到 6XX,其具体的含义参考 SIP 标准,这里就不赘述了。这些基本的方法可以完成端到端的呼叫,通过承载具体的监控系统相关的消息可以完成具体的各类消息的封装。

### 3.2 模块的功能实现

从 SIP 实体的角度来看,监控中心的功能较为简单,完成进行请求和其他消息的发起即可,其中信令处理模块接收来自其他模块的请求内容,完成 SIP 消息的封装和发送,并等待应答回送给相应模块。而该系统中服务器方面则实现了多个 SIP 实体的功能,其中信令处理模块配合其他模块一道完成多个 SIP 实体功能。具体说来,信令处理在接收到 SIP 消息时,分析为注册消息则传递给用户管理模块完成注册服务器实体功能;分析请求目标不在本注册中心时,把消息转入重定向实体子模块处理;当分析为非节点相关消息时,传递给相应的模块;若为节点相关时则以用户代理服务器实体子模块来处理。服务器在管理每个监控前端视频服务器时,为每个前端视频服务器实现了一个 EndNode 类来实现用户代理服务器的功能。它一方面实现与前端视频服务器的通信,这是通过前端视频服务器自定义的格式实现的;另外通过组装其他类的功能实现节点管理和数据转发等模块的功能,完成一个监控系统中用户代理服务器的功能。从上面可以看出服务器端的信令处理模块是整个系统的消息交互中心,其消息处理流程总结成的活动图见图 4。

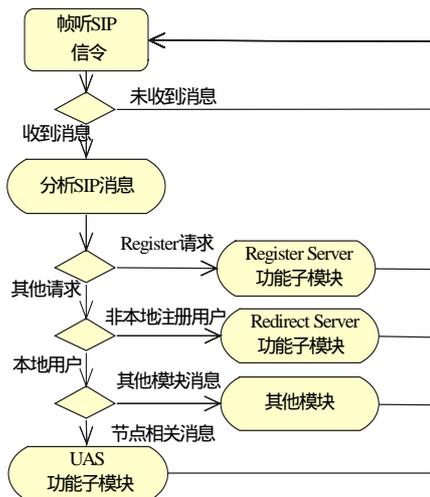


图 4 系统服务器信令处理活动图

一个 SIP 呼叫可以只发生在两个用户代理之间(直接在 UAC 和 UAS 间建立呼叫),但更多的情况是在 SIP 服务器间路由和重定向之后定位到目标用户代理,才建立呼叫。鉴于目前监控系统中前端视频服务器对 SIP 的支持尚不完善,该系统中服务器端包含了对多个前端视频服务器的管理,因此一方面实现了多个用户代理服务器,即一个用户代理服务器对应于一个前端视频服务器,同时也实现了 SIP 代理服务器、注册服务器和重定向服务器的功能;在监控中心实现了用户代理客户端,监控中心在登录成功获得前端视频服务器的列表后,以 UAC 的身份发起呼叫请求,请求在服务器上通过代理服务器转发给相应的 UAS 或者重定向到其他网段的服务器。之后 UAC 和相应被请求的 UAS 之间进行媒体协商,这里是保证后面的媒体数据格式能够被正确解码,进而启动媒体传输。从而实现了 SIP 呼叫机制的基本实体,完成完整的呼叫流程。因此该系统中一个典型的呼叫流程见图 5。

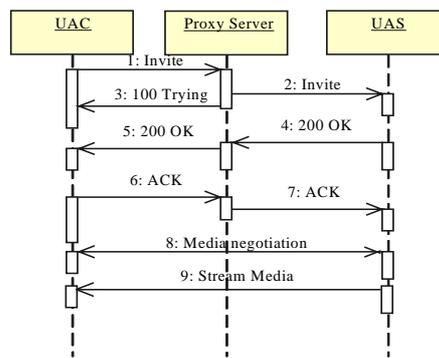


图 5 系统基本呼叫流程

### 3.3 SIP 消息机制的开发

在进行 SIP 格式消息的封装和解析时,我们采用了 oSIP2 开发库。oSIP2 协议栈主要面向 SIP 的底层的 API 的封装,用来填充消息结构、解析消息和状态机事务处理等,结构简单而小巧,但不提供高层的 SIP 会话控制的 API,这些需要用多条 oSIP2 的 API 来组装,从而完成相应的处理。oSIP2 主要实现了 SIP 的消息处理和状态机事务,同时还包括一些工具模块,因此 API 大致包含 3 大类:状态机部分,消息处理部分和工具模块。其中状态机部分包括了 SIP 定义的 4 个相应状态机的相关事务处理:客户邀请事务(Invite Client Transaction: ICT),客户非邀请事务(Non-Invite Client Transaction: NICT),服务器邀请事务(Invite Server Transaction: IST)和服务器非邀请事务(Non-Invite Server Transaction: NIST);消息处理部分包括 SIP 消息、SDP 消息以及 URI 结构的处理;工具部分则提供了一些 SDP 协商、对话管理的函数。在监控中心实现 ICT 和 NICT 的状态机来发起一个请求,服务器则提供 4 个状态机的事务处理,一方面要作为 UAS 完成 IST 和 NIST 的事务,还要提供 SIP 消息的转发请求相关的 ICT 和 NICT 状态机。在该系统中注册相关的消息利用 SIP 的 Register 请求,主要发生在服务器 UAS 子模块启动时在服务器上注册时;完成一个呼叫则利用了 SIP 的 Invite、ACK 和 Cancel 请求,在监控中心 UAC 和服务器端的 UAS 间完成;另外我们扩展了 SIP 的 Info 扩展消息,用来封装监控相关的各类消息格式,包括监控中心登录消息、监控节点列表信息、各种属性设置信息、前端视频服务器相关信息、报警信息和录像资料查询信息等。首先是通过 SIP 消息的统一解析,之后提取出我们的消息转发给相应的功能模块,从而完成整个消息处理流程。

### 3.4 监控中心的开发

监控中心软件在处理 SIP 消息和媒体数据等模块功能的同时,更重要的是提供给用户友好的界面。整个用户界面分成两大块:左边列表框为该用户可控的前端视频服务器列表,右边显示相关操作的效果,如查看视频、查看电子地图、设置轮巡等。另外还提供了主要功能的工具栏方便用户操作。总体效果图见图 6。



图 6 监控中心部分界面

(下转第 279 页)