

在线环保远程视频取证系统^①

黄海平¹, 袁仲良²

¹(肇庆医学高等专科学校, 肇庆 526040)

²(肇庆三欣机电设备有限公司, 肇庆 526040)

通讯作者: 袁仲良, E-mail: 42036253@qq.com

摘要: 针对目前环保监管部门对排污企业不达标排放取证难的问题, 提出了一种在线环保远程视频取证系统的实现方法. 该方法通过流媒体分发技术、XML-RPC 协议票据身份安全认证技术以及在 ADSL 网络环境条件下的音视频流优化技术, 实现环保监管部门远程对排污企业排污情况的实时视频监控和历史视频取证. 通过本项目研发的 Web 视频控件, 结合污染源在线监测系统, 组成一个综合性的在线环保远程视频取证系统, 为环保监管部门更好地对排污企业管理以及排污取证提供了一个便捷的管理平台.

关键词: 视频取证; 视频服务节点; 流媒体技术; XML-RPC 协议; 票据验证

引用格式: 黄海平, 袁仲良. 在线环保远程视频取证系统. 计算机系统应用, 2018, 27(12): 47-55. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6664.html>

Online Remote Video Forensics System for Environmental Protection

HUANG Hai-Ping¹, YUAN Zhong-Liang²

¹(Zhaoqing Medical College, Zhaoqing 526040, China)

²(Zhaoqing Sanxin Electrical and Mechanical Equipment Co. Ltd., Zhaoqing 526040, China)

Abstract: Aiming at the problem that the environmental regulatory authorities have difficulty in obtaining evidence from the excessive emissions of pollutant discharge enterprises, this study proposes a new method of online remote video forensics system of environmental protection. The method enables the environmental protection departments to remotely monitor the pollution discharge of polluting enterprises in real time and obtain evidence from history videos by means of streaming media distribution technology, XML-RPC protocol authentication technology, as well as the audio and video flow optimization technique in the ADSL network environment. The web video controls developed in this project combined with the pollution sources online monitoring system form a comprehensive online remote video forensics system of environmental protection. Thus, a convenient platform is provided for environmental protection and supervision departments to better regulate those pollution-discharge enterprises and execute forensics.

Key words: video forensics; video-service node; streaming-media technology; XML-RPC protocol; bill verification

引言

随着世界各国经济的发展, 自然环境遭到严重破坏, 人类的生存环境面临严峻考验. 为了全人类的可持续发展, 环境保护已经成为了各国经济发展过程中必须面对的重要任务. 好在, 我们国家在经过三十多年的

改革开放及经济发展后, 已经意识到保护环境的重要性及紧迫性. 在环保排污监控领域, 国家强制要求排污企业在排污口安装污染源在线监测系统, 将实时将数据上报到上级环保部门. 但由于区域经济发展水平不同, 国民环境意识不高等原因, 部分排污企业出于自身

① 基金项目: 广东省科技型中小企业技术创新专项资金 (2012CY164)

Foundation item: Special Fund for Technological Innovation Project of Mid- and Small-scale S&T Enterprises in Guangdong Province (2012CY164)

收稿时间: 2018-03-01; 修改时间: 2018-03-21, 2018-05-24; 采用时间: 2018-06-05; csa 在线出版时间: 2018-12-03

利益的考虑,采取偷排、篡改数据等方式来逃避监管;一些排污企业对已经安装的实时在线监测系统有抵触情绪,对在线监测设施采取消极管理、消极维护的态度,导致在线监测系统故障频发,在线监测数据不准确.为了杜绝这种现象,实现视频监控系统与环保管理信息系统相结合,将数据和视频集成在同一界面显示,从而实现对数据和视频的同屏实时监控,就成为了必要.本项目研究的目的是为了实现对环保监测数据以及排污口、在线站房、环境治理设施的全方位视频监控,让数据监控与视频监控互补,充分发挥环保在线监控管理平台的远程监控取证功能,使环保部门能更直观地监测污染源的排放情况,进一步提高污染源在线监控设备运行管理水平,为环保部门提供良好、便捷的管理手段^[1].

1 项目现状

视频监控技术的发展到目前为止,主要经历了本地模拟视频监控、计算机多媒体监控、Web 远程视频监控三个发展阶段.

1.1 现场模拟视频监控系统

在 20 世纪后期,大部分设备信号的采集和传输都以模拟信号为主,其中包括视频监控设备.摄像机采集模拟视频信号,然后通过铜轴电缆以模拟信号方式传输到附近的监控中心.该技术只能应用于小范围、近距离的监控,无法实现远程监控^[2].

1.2 计算机多媒体监控系统

在 21 世纪初期,由计算机系统以及 PCI 接口的视频卡构成了计算机多媒体监控系统.在现场监控中,由计算机视频卡采集多个摄像机的视频信号,再通过传输线路把这些信号传输到终端显示器上显示.此种监控方式存在图像稳定性、可靠性差的缺点,但可以通过计算机网络实现小规模远程视频传输及监控,还无法和其他系统集成.

1.3 Web 远程视频监控系统

Web 远程视频监控系统就是将现场采集的模拟音频、视频、控制信号转换为数字信号,然后通过通讯网络传输到远方的监控中心,终端用户通过 Web 插件利用浏览器实现对现场音视频的点播浏览.经过授权认证的用户可以使用 Web 浏览器查看现场传输过来的实时和历史视频及声音,并可以远程控制摄像机的动作和实现对讲,从而最终实现了音频视频的数字

化、应用的多媒体化、传输的网络化以及管理的智能化^[2].该技术还可以同其它系统相结合,产生许多新的应用,正越来越广泛地渗透到环保、教育、政府、娱乐、医疗、酒店、家居、工业等各种领域,在各行各业起着举足轻重的作用.

在 21 世纪初,网络通讯传输技术得到了很大提升,相继出现了 ADSL 宽带技术以及光纤网络通讯技术.两种网络传输技术的发展,使得要求实时性强、传输数据量大的远程视频监控技术得以实现.

在以上两种软硬件技术的支持下,远程视频监控技术得到了迅猛发展,但由于音视频流的数据量非常大,而终端用户真正需要得到的只是发生概率很少的一些事情.那么如何通过海量的音视频流数据而获取到有价值的信息,从而把视频监控从静态的变成动态的、事后取证变成实时取证就更加重要^[3].在环保在线监测取证方面,能够结合已有的污染源在线监测数据,实现数据和音视频的集成取证功能,目前还没有成熟的先例.本项目正是以环保自动分析设备为核心,以视频监控设备为辅,以通讯网络为传输媒介,运用自动测量技术、自动控制技术、现代传感技术、网络通讯技术以及计算机软件技术组成的一个综合性的在线环保远程视频取证系统,实现对排污企业现场数据和视频的取证功能^[4].

2 技术路线

项目技术路线

(1) 根据环保视频取证系统的特点以及工程实际,并对系统功能需求做深入的研究,在此基础上提出了在线环保远程视频取证系统的总体设计方案及软件实现的方法.

(2) 整个监控系统采用分布式组件设计,包括流媒体服务、视频存储服务、客户端监控组件、视频节点认证服务、服务器端的管理服务.

(3) 根据省市环保管理平台的具体要求,设计和省市环保平台视频对接的函数接口,以实现环保平台能够集成视频监控并实现对视频系统的远程控制.

(4) 通过对大批量数据远程传输方式的综合比较以及 TCP/IP 网络传输的特点,结合本系统对远程数据传输的要求,设计采用基于 TCP/IP 的网络传输方式,作出了音视频传输的优化设计方案,使得采用 ADSL 通讯方式的音视频在终端用户面前也很流畅和清晰,满足了用户的要求.

(5) 根据方案的功能设计要求, 提出基于 C/S 和 B/S 混合模式体系结构的设计方案, 设计开发软件使用微软.NET 平台, 硬件方面主要给出了存储服务器、通讯服务器以及音视频系统的配置要求。

(6) 根据音视频流传输安全要求, 本系统使用了 XML-RPC 远程过程调用协议及票据作为身份认证的设计方案, 实现了用户对音视频数据的安全访问。

2.1 项目的创新点

2.1.1 采用 XML-RPC 协议实现票据数据交换

XML-RPC 的全称是 XML Remote Procedure Call, 即 XML 远程方法调用, XML-RPC 是一套规范及其一系列的实现, 它允许运行在不同操作系统、不同环境的应用程序基于 TCP/IP 网络进行的远程过程调用。XML-RPC 是工作在 Internet 上的远程过程调用协议, 它使用 http 作为传输协议, XML 作为传送信息的编码格式。定义简单的 XML-RPC 协议能够传送、处理、返回复杂的数据结构。一个 XML-RPC 消息就是一个请求体为 xml 的 http-post 请求, 被调用的方法在服务器端执行并将执行结果以 xml 格式编码后返回^[5]。

XML-RPC 协议过程调用的参数类型包括标量、数值、字符串、日期以及复杂的记录或列表结构(数组类型)等^[5]。在本项目中, 实时视频权限集成接口等函数接口使用了 XML-RPC 协议。

2.1.2 采用票据验证方式实现权限验证

目前, 市场上现有的视频监控系统的登录认证方式还是比较简单的口令形式, 即通过用户输入的登录信息与系统事先保存的登录信息相比较去判断用户身份的合法性。这种用户身份认证方式极其简单, 存在着极大的安全隐患: 一方面, 其安全性完全取决于用户口令的保密性, 它不能有效的抑制口令猜测攻击; 另一方面, 登录信息以明文方式在网络传输, 攻击者通过监听网络来获得合法用户的登录信息, 并利用这些信息对系统进行非法访问, 极易遭受重放攻击^[6]。

鉴于上述存在的问题, 在本项目中, 根据系统的数据及音视频流传输安全要求, 视频点播中采用了票据认证服务的方式, 将客户端监控组件的要求和中心节点视频服务器连接起来, 实现实时、历史视频的数据交换的安全认证功能。视频点播要通过获取票据和使用票据两个流程来实现, 每个票据由中心节点视频服务器生成并发送给请求票据的客户端使用, 每个票据只允许使用一次, 使用完毕后会注销, 不能再使用^[7]。使用这种票据验证方式, 克服了传统密码保密性差、

易失密等缺点, 兼顾密码方式的方便、灵活、安全、可靠, 实现了音视频数据的安全传输和浏览。

2.1.3 视频传输中 ADSL 网络带宽的优化

随着人们对图像观感要求的不断提高, 视频监控产品的图像清晰度做得越来越高, 视频流传输所需的带宽要求也就越来越高。国内外大的安防企业都在对前端视频采用更为高效的压缩技术, 尽力在保证视频质量的前提下降低视频传输流量, 但也难以完全解决视频数据远程传输对通讯网络的压力^[8]。在当前的技术条件下, 通讯网络的带宽始终制约着远程视频监控技术的发展。

使用 ADSL 通讯, 由于其带宽小, 大量的音视频流对网络产生了极大的压力, 使得最终呈现在终端用户面前的视频流畅度不好或清晰度不高, 达不到远程监控的要求。针对目前有些排污企业由于经济或地域问题, 还无法完全使用光纤作为传输介质, 只能使用 ADSL 网络进行通讯的实际情况, 我们通过调整相关的视频参数, 适当降低音视频流传输流量, 使呈现在终端用户面前的画面清晰度和流畅度达到一个最佳效果, 从而减轻了众多音视频传输时对通讯网络的压力, 很好的解决了视频传输中由于采用 ADSL 传输网络而造成带宽不足的问题^[9]。

2.1.4 采用 Web 客户端组件实现视频点播

本项目通过“现场—市级—省级”三级网络架构, “现场节点、视频服务节点、市级用户节点、省级用户节点”^[7]四个网络节点, 开发 Web 客户端监控组件实现对现场监控点的实时视频监控和历史视频取证功能。Web 客户端视频监控组件是最终呈现在用户面前供用户监控使用的组件, 它通过 IE 插件的方式集成在环保平台上。Web 客户端可以嵌入到 IE 页面中, 提供二次开发功能, 通过 Web Service 获取各个服务组件的各种服务, 用于显示实时视频和回放录像、云台控制、镜头动作等监控动作, 亦可以在一个 IE 页面中同时显示几十个以上不同的实时图像或历史图像而互不干扰, 并且通过对视频传输中 ADSL 网络带宽的优化使得实时和历史视频能够流畅播放和控制, 实现对视频点的并发访问。

3 设计方案

3.1 工艺流程

本系统采用 ADSL、MSTP 等宽带形式和各监控节点进行组网通讯, 并利用 TCP/IP 协议作为数据传输标准, 通过“现场-市级-省级”三级网络架构, “现场节

点、视频服务节点、市级用户节点、省级用户节点”^[7]四个网络节点, 再通过将数据和视频集成在一个页面上, 实现对现场监控点的实时视频和历史视频监控取证功能. 具体见图 1 所示.

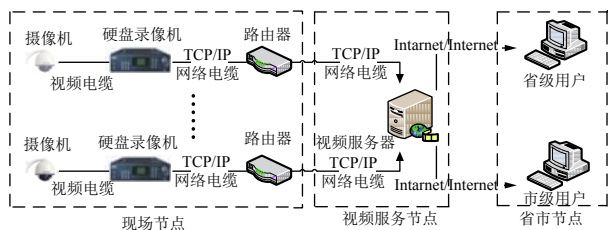


图 1 工艺流程

流程说明:

(1) 视频监控数据由现场的视频设备进行采集、编码、压缩, 再通过 TCP/IP 网络传输到上级的视频服务节点.

(2) 视频服务节点由放置在视频监控中心的一套视频服务软件、网络防火墙、视频服务器等组成. 视频监控中心能够实现视频数据的采集、储存、分发以及对远程现场视频监控设备的控制和管理.

(3) 在市级、省级中心平台软件集成 IE 客户端视频控件. 通过集成在中心平台软件中的视频控件, 与市级监控中心的视频服务节点直接相连, 使用 XML-RPC 协议实现视频接口函数, 再采用票据方式和视频服务器实现点播实时视频和历史录像的权限验证, 省市级系统用户不用直接连接到现场的监控设备, 减轻了对现场端设备的负荷和网络拥堵.

系统构成:

远程视频监控管理系统采用分布式组件设计, 包括 IE 客户端监控组件、视频节点认证服务组件、流媒体服务组件、视频存储服务组件、服务器端管理系统以及现场端的硬件采集设备. 如图 2 所示.

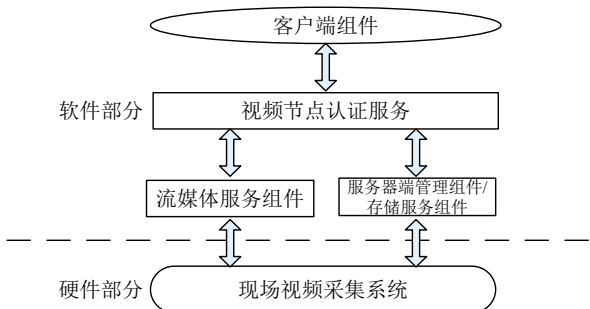


图 2 系统构成图

3.2 软件设计

软件部分是由 IE 客户端监控组件、视频节点认证服务组件、流媒体服务组件、视频存储服务组件、服务器端管理系统五大部分组成的远程视频监控管理软件. 本软件可对各监测点的视频数据进行自动采集、自动处理并存储; 同时, 根据远程客户端的需求, 将采集接收到的视频数据通过宽带网络传输给远程 IE 客户端, 并能接收远程 IE 客户端发出的控制指令控制视频设备的状态.

3.2.1 流媒体服务组件设计

流媒体技术就是把连续的影像和声音信息经过压缩处理后放在网站服务器上, 让用户边一边下载一边观看、收听, 而不需要等整个文件全部下载完毕后才可观看的技术. 该技术先在使用者端的电脑上创建一个缓冲区, 在播放前预先下载一段资料作为缓冲, 当网络实际连线速度小于播放所耗用资料的速度时, 播放程序就会取用这一小段缓冲区内的资料, 这样可以避免播放的中断, 也使得播放品质得以保证^[10]. 具体特点如下:

(1) 流媒体经过了特殊的压缩编码后很适合在 Internet 上传输, 流媒体技术实现了在低带宽环境下提供高质量的音视频信息.

(2) 客户端嵌入浏览器中, 初次使用时自行下载安装, 以后直接打开浏览器就可以点播观看, 极其方便.

(3) 流媒体技术可以保证在不同的网络连接速率下, 各用户能够得到不同质量的音频、视频效果, 从而保证满足不同用户的需求.

(4) 采用先进的机群技术, 可对大规模的并发点播请求进行分布式处理, 使其能适应大规模的点播环境^[11], 亦可以大大减少服务器端的负荷, 避免出现系统宕机, 同时最大限度地节省带宽.

如图 3 所示.

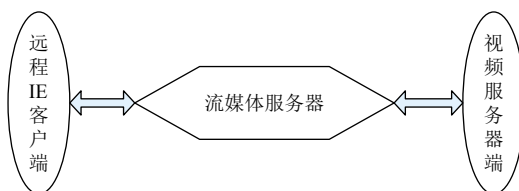


图 3 流媒体中间件

基于流媒体技术存在以上的优点, 针对目前部分地区宽带网络带宽低, 速度慢, 网络不稳定的实际情况,

本设计方案里采用了流媒体技术实现现场视频的采集、传输和分发. 流媒体技术服务功能的实现分为实时流媒体技术服务功能模块和回放流媒体技术服务功能模块. 实时流媒体技术服务功能模块实现对远程现场的实时视频数据流进行上传、转发, 回放流媒体技术服务功能模块用于对储存在本地的历史视频数据流进行转发. 在本项目中, 设计的流媒体程序如图4所示.

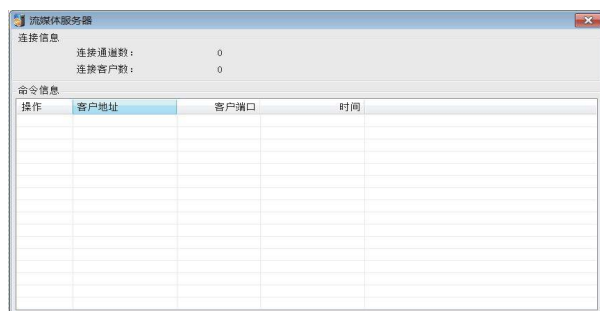


图4 流媒体中间件实现界面

3.2.2 IE 客户端监控组件设计

IE 客户端视频监控组件是最终呈现在用户面前供用户监控使用的组件, 它通过 IE 插件的方式集成在环保平台上. IE 客户端监控组件通过 WebService 获取各个服务组件提供的各种服务, 用于显示实时视频和回放历史视频或录像、实现云台控制、控制镜头动作等监控操作. IE 客户端监控组件与现场视频设备的所有

数据交换如云台控制、镜头控制、音视频流等, 都必须通过中间的视频服务节点进行^[7], IE 客户端监控组件不能与现场的视频监控设备进行直接网络连接, 而是通过视频点位 ID 与视频服务组件唯一关联. 一个视频点位 ID 只对应一路音频、视频、云台.

IE 客户端监控组件的安装包使用 cab 文件封装, 可以在网页上通过 JavaScript 调用. 其控件运行稳定可靠, 不会影响到被嵌入的监控平台网站.

在本项目中, IE 客户端监控组件设计了以下功能: 客户端初始化控件、客户端显示模式设置、实时视频播放开始/停止、云台或镜头开始/停止动作、打开/关闭声音、音量调整、截图、录像开始/停止、历史视频回放开始/停止、回放模式设置等等 14 个功能函数.

在本项目中, 实时视频和数据集成到 IE 中的设计界面中, 如图5所示.

视频监控页面, 左侧选择监控站相应视频点, 显示视频, 并可对视频设备进行控制. 视频图像下方显示该监控站下所有监测点位的实时数据.

在本项目中, 历史视频和数据集成到 IE 中的设计界面, 如图6所示.

左侧工具栏中, 在日历上选择查看哪天的历史视频, 下方显示当天的历史视频列表. 历史视频列表中点击某个时间段, 右侧视频监控面板可播放该段视频.



图5 实时 IE 客户端实现界面



图6 历史 IE 客户端实现界面

3.2.3 存储服务组件设计

存储服务组件用于在闲时自动循环下载现场端硬盘录像机的历史视频到中心节点视频服务器, 以供 IE 客户端调用点播. 本组件的设计特点是: 系统自动检测 IE 客户端是否在点播某一企业现场点实时视频, 如果没有点播, 则执行自动下载现场端硬盘录像机的历史视频到中心节点视频服务器. 这一设计思路很好的解决了在实时视频点播及历史视频下载时抢用带宽的问题, 在采用 ADSL 宽带时, 这一设计尤其重要. 在本项目中, 历史视频下载设计界面, 如图 7 所示.



图7 存储服务组件实现界面

3.2.4 视频节点认证服务设计

(1) 实时视频数据交换模型

实时视频的播放, 主要经过两个流程: 获取票据、使用票据. 客户端通过监控中心平台向视频服务器节

点请求点播实时视频的要求, 视频服务器节点生成并发放票据给对应的客户端使用, 每个票据只允许使用一次, 使用完毕后会被客户注销, 不能再使用^[7]. 具体的方法如图 8 所示.

(2) 历史录像数据交换模型

历史录像的播放, 主要经过三个流程: 获取历史视频列表、获取票据、使用票据, 其中后面两个流程与实时视频的流程类似. 客户端要求监控中心平台向视频服务节点查询某一点位在某个时间段的历史视频列表, 供客户端选择. 客户端请求播放某一时间段的历史视频后, 视频服务器节点再生成并发放票据给对应的客户端使用, 每个票据只允许使用一次, 使用完毕后会被客户注销, 不能再使用^[7]. 具体的方法如图 9 所示.

(3) 具体实现方法

在视频服务认证节点环节, 服务器端集成并提供符合要求的 Web 服务, 环保监控中心平台按照统一的接口标准, 调用视频服务节点上的 Web 服务, 从而实现视频数据交换^[7]. 采用 XML-RPC 方法, 调用视频服务节点上的 Web 服务^[7]. 视频服务节点实现的部分接口函数如实时权限集成接口、历史权限集成接口、列表检索接口、开关灯集成接口等等.

以下是实时视频接口的 XML-RPC 请求和响应示例, 其它命令的 XML-RPC 请求和响参考此示例.

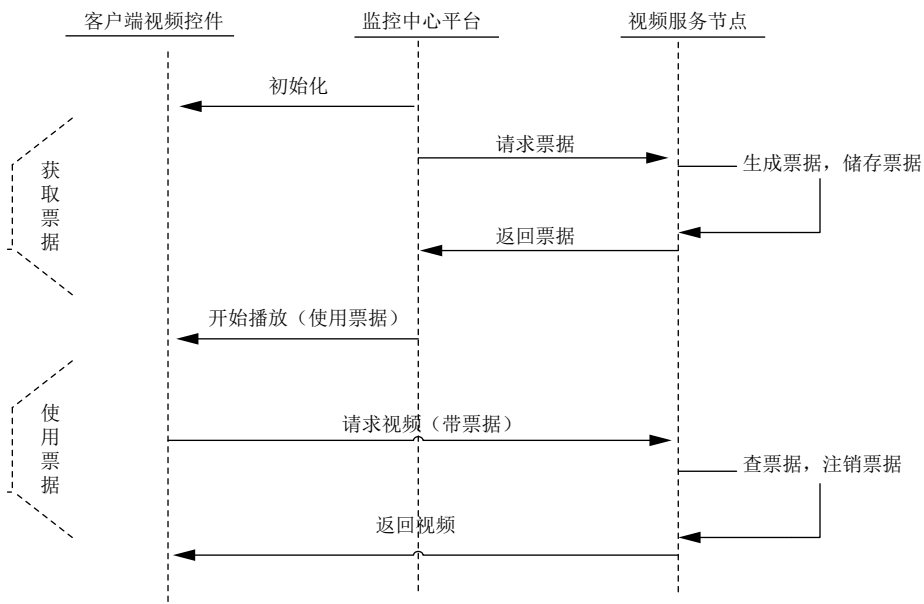


图8 实时视频数据交换模型

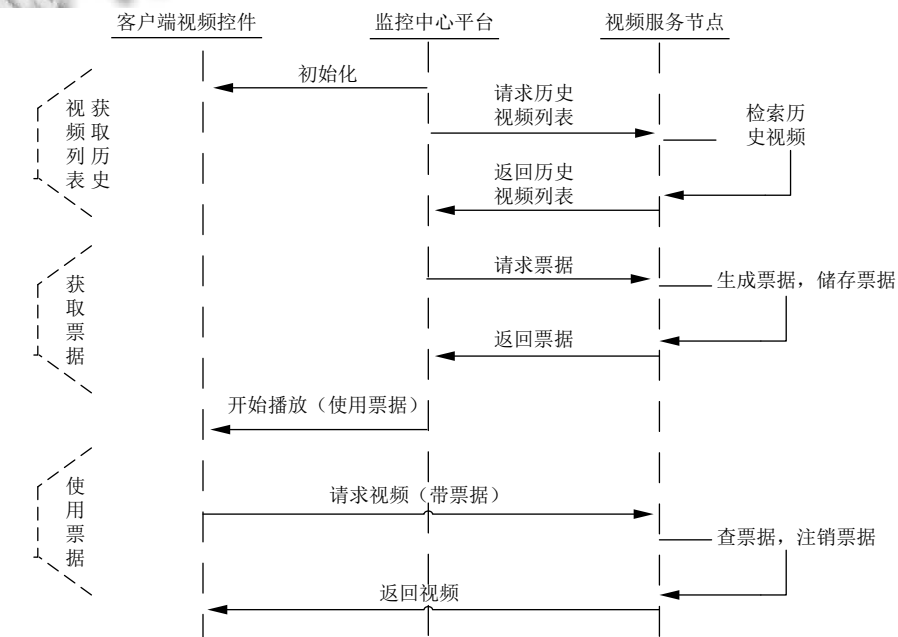


图9 历史录像数据交换模型

```
POST /RPC2 HTTP/1.0
User-Agent: Frontier/5.1.2 (WinNT)
Host: localhost
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
```

```
<methodCall>
<methodName>GetRtVideoTicket</methodName>
<params>
<param>
<value><string>string</string></value>
</param>
```

```

</params>
</methodCall>
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0"?>
<methodResponse>
<params>
<param>
<value>
<struct>
<member>
<name>CamID</name>
<value><string>string</string></value>
</member>
<member>
<name>TicketString</name>
<value><string>string</string></value>
</member>
</struct>
</value>
</param>
</params>
</methodResponse>

```

3.2.5 服务器管理程序设计

服务器端管理组件用于基础信息设置、实时视频监控、历史视频回放即点播功能、云台控制、镜头动作、本地录像或截图、通讯记录查询等操作,以及远程视频设备管理与本地设置管理等.具体见图10.

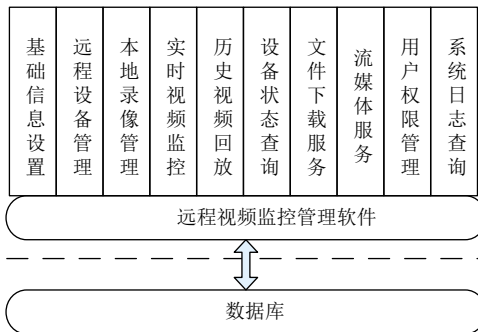


图10 视频系统功能框架图

4 应用情况

4.1 在环保行业的应用

目前,该项目已经在肇庆市环境保护局环保监控平台和省环保厅环保监控平台投入使用.到目前为止,肇庆市有200多家污染源企业已经接入了远程视频集成监控管理软件,并稳定、及时、准确的将视频数据上传到肇庆市和广东省环保监控平台.图11为部分企业的实时视频抓取画面及在环保平台上的应用.

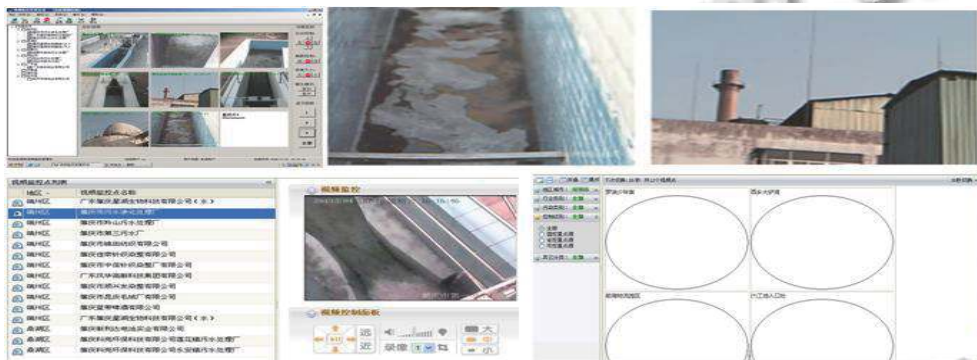


图11 环保行业应用

4.2 在其他行业的应用

本项目产品应用范围广阔,除了应用于环保行业以外,还可以应用到其他需要视频监控的行业中去.随着视频远程监控需求的不断上升,在环保、交通、工业、家居、银行、零售业等行业市场,以远

程视频监控为基础的视频监控将获得长足发展,因此本项目远程视频监控管理系统的市场前景广阔,特别适合对数据和视频要集成在一起的应用场合.

图12为本系统在其它行业方面的具体应用.



图 12 其他行业应用

5 结束语

本系统采用先进的流媒体分发技术、票据身份安全验证技术、音视频流优化技术,实现了远程视频监控的目的。在线环保远程视频取证系统是环保在线监测系统中的一部分,是用于环保远程视频监控取证的平台,它主要针对目前环保部门对排污企业不达标排放取证难的问题,通过本系统对企业污染源排放口实时监控,实现了远程视频的取证功能,有效震慑了部分污染源企业存在的偷排现象,支持了各级环保部门的环境监理与环境监测工作。

本项目很好的实现了设计的目的,实现了企业现场和市、省环保平台的无缝接入,满足不同层级用户的管理需求。本项目属于广东省创新资金重点支持领域,已通过验收并取得良好的社会和经济效益。

参考文献

- 1 邝键. 污染源在线监控模式及应用探讨. 环境保护, 2016, 44(20): 64-66.
- 2 陈圣江, 章春风, 胡永红. 视频监控系统的应用及发展趋势. 价值工程, 2013, 32(22): 223-224. [doi: 10.3969/j.issn.1006-4311.2013.22.123]
- 3 张晓兵, 李明, 白杨. 浅析视频监控系统发展. 北方交通, 2010,(11):51-53. [doi: 10.3969/j.issn.1673-6052.2010.11.018]
- 4 汪晓平. 基于网络的数字视频远程监控系统关键技术的研究及系统实施[硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2002.
- 5 XML-RPC 协议规范及实现类库[EB/OL]. <https://www.cnblogs.com/elfsundae/archive/2010/12/24/1915460.html>, 2010-12-24.
- 6 李晓瑾, 童恒庆. 一次性口令认证技术的改进. 微型电脑应用, 2007, 23(11): 52-54. [doi: 10.3969/j.issn.1007-757X.2007.11.017]
- 7 陈春怡, 黎嘉明, 王彦刚, 等. 粤环办[2008]68号广东省自动监控信息交换技术规范--视频系统集成规范. 广州: 广东省环境保护局, 2008.
- 8 万澄, 孔宪法. 高清视频应用的技术瓶颈及解决方案. 通信与广播电视, 2013, (2): 40-47.
- 9 黄海玉. 基于 SIP 的视频监控系统客户端的设计与实现[硕士学位论文]. 沈阳: 中国科学院沈阳计算技术研究所, 2007.
- 10 刘柏洋. 流媒体系统架构的技术分析. 四川理工学院学报(自然科学版), 2006, 19(5): 51-54. [doi: 10.3969/j.issn.1673-1549.2006.05.015]
- 11 付先平. 多媒体技术及应用. 北京: 清华大学出版社, 2007. 51-54.