

文章编号: 1005-8451 (2008) 05-0039-05

铁路平交道口远程图像监控系统的设计与实现

刘安玲¹, 冯晓虹²

(1.西南交通大学 科技产业集团, 成都 610031; 2.西南交通大学 软件学院, 成都 610031)

摘要: 针对铁路平交道口的安全问题, 设计一套远程数字图像监控系统。该系统采用 H.264 数字图像压缩方式, 利用 IP 网络进行图像传输。对系统需求进行详细地分析, 介绍系统组成和实现方法。

关键词: 铁路平交道口; 远程图像监控系统; 系统设计; 分析

中图分类号: U285.17 : TP393 文献标识码: A

Design and implementation of Remote Video Surveillance System for railway level crossing

LIU An-ling¹, FENG Xiao-hong²

(1.Hi-tech Group, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2.Software College, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Aiming at the safety problem of railway level crossing, it was designed Remote Video Surveillance System by using H.264 video compression algorithm and transmits video on IP network. It was analyzed the system requirement, introduced the system architecture and its implementation.

Key words: railway level crossing; Remote Video Surveillance System; system design; analyze

铁路平交道口是事故多发地段, 一直是铁路行车安全的隐患。为了加强对平交道口的管理和职守人员的责任心, 对已发事故进行科学的分析, 在铁路平交道口进行实时图像监控是十分必要的。本系统是以数字图像压缩及网络传输技术为核心, 采用目前先进的视频数字化技术 H.264, 符合工业标准并适应中国客户需求的 IP 网络视频监控产品。铁路平交道口远程图像监控系统解决方案针对铁路平交道口的如下目标实施实时监控:

- (1) 实现对铁路平交道口内交通情况的远程监视;
- (2) 监视平交道口值班室内值班人员的情况和道口设备的运转状况。

系统对铁路平交道口的重要部位和重点区域, 进行全天候 24 h 连续监视, 还可以把各个监控点的现场视频信号录制在硬盘中, 以备有证可查。平时监视人员通过设在中控室的监视器和大屏幕显示器监视各个平交道口的交通情况。

1 系统设计

1.1 系统需求分析

收稿日期: 2007-12-25

作者简介: 刘安玲, 工程师; 冯晓虹, 讲师。

1.1.1 用户需求概述

“铁路道口远程图像监控系统”主要是满足用户单位对道口重要部位的安全情况进行实时监控的需要; 道口分布在城市的各个位置, 道口与工务段监控中心之间的距离在几十到几百公里不等; 图像信息在道口必须记录一定的时间, 以供该单位监控中心操作人员在后期调阅。

1.1.2 需求分析

(1) 道口的安全部位需要多个摄像头进行画面的捕捉, 以达到安全监控的要求。按照用户要求, 道口处必须设置 3 个摄像头, 2 个用于道口监控, 1 个用于道口值班室监控;

(2) 各个道口比较分散, 图像数据的传输必须基于 Internet, 同时考虑成本问题, 接入 Internet 的方式只能用运营商提供的 ADSL 拨号上网或 CDMA 无线上网;

(3) 基于网络传输的图像信号必须进行模拟/数字的转换, 而且为了节约硬件和网络资源, 必须对图像信号进行进一步的压缩编码, 而在监控中心还原图像;

(4) 根据网络带宽, 3 路图像信号可以同时上传, 也可只选择其中一路实时上传, 监控中心操作人员可以根据网络情况, 通过网络对道口的图像信号进行切换选择;

(5) 道口的图像信号不论上传与否, 都必须记录 7 天, 以供监控中心操作人员进行后期的调阅;

(6) 调阅的方式有两种: 通过 Internet 在远端管理中心进行调阅; 在现场通过网络对连进行调阅。为使图像更加可靠, 存储的图像信号必须有两种格式: 能通过 Internet 传输的数据量小而质量相对较差的格式; 在现场调阅数据量较大而质量较好的格式;

(7) 由于 ADSL 线路和 CDMA 不稳定, 断线率比较高, 为了保证图像信号的实时监控, 必须监视 ADSL 或 CDMA 的通断情况并在断线后及时恢复通连;

(8) 必须保障系统中各个设备长时间工作稳定, 在环境相对恶劣的条件下尽量少出现故障;

(9) 个别重点道口必须安装云台, 由监控中心操作人员在远端通过 Internet 控制摄像头的上下左右移动;

(10) 所有道口的图像信号必须接受多个监控中心的控制, 必须使图像信号能同时传输到多个监控中心。

1.1.3 难点分析

(1) 图像信号要进行模拟 / 数字的转换并进行压缩编码; 为了满足传输和记录的要求, 必须采用 H.264 压缩编码协议; H.264 压缩编码协议代码非常复杂, 编码执行对 CPU 的运算速率要求很高。所以必须采取硬件处理, 采用高性能的 DSP 处理芯片来完成;

(2) 系统的监控终端和监控中心都是通过 ADSL 或 CDMA 方式接入 Internet, 这种方式的最大问题是拨号上网, IP 地址临时分配而不固定。在 Internet 监控终端和监控中心要相互连通无异于大海捞针。所以必须有一个 IP 地址固定而且工作非常稳定的中心服务器或无线网关, 由中心服务器或无线网关对这些设备进行集中管理;

(3) 系统必须在环境相对恶劣的条件下长时间稳定工作, 普通的 Windows 操作系统不能满足要求。必须采用工业控制中使用的嵌入式实时操作系统。VxWorks 操纵系统资源占用少、结构简单、稳定性高并且速度快, 有强大的网络功能而且极少有可以攻击它的病毒, 所以它是首选的操作系统;

(4) 监控终端设备要求记录 7 天的道口图像数据, 必须挂硬盘。而 VxWorks 操纵系统本身不支持大容量数据存储, 只能开发外设 IDE 接口并扩展地

址空间以满足几十个 G 的数据存储;

(5) ADSL 上网方式不稳定, 容易断线, 必须在 VxWORKS 操作系统内部嵌入 PPPOE 协议检测模块, 这样才能实时地检测 ADSL 的线路情况, 及时地断线恢复; 使用无线上网方式的也必须能够自动检测线路状态, 并在断线时自动重连;

(6) 所有道口的图像信号必须接受多个监控中心的控制, 也就是必须采用多点对多点的数据传输方式。然而网络带宽非常有限而且不稳定, 要让一个监控终端同时向不同的监控中心发数据是不能实现的。要满足多点监控的要求, 必须采用网络组播技术。而组播技术是基于 UDP 的方式, 对图像信号来说, 丢包的影响非常大, 所以必须根据 H.264 帧结构的特点加入纠错重发协议, 使得监控中心能得到高质量的图像。

1.2 系统结构

1.2.1 系统组成

“铁路道口远程图像监控系统”主要由道口图像远程监控终端、监控中心服务器及监控软件、道口摄像器材、ADSL 拨号器 / CDMA 无线模块及控制电路和中心服务器 / 无线网关等设备组成。

(1) 道口图像远程监控终端: 主要功能是完成对摄像器材输入的 3 路图像信号进行采集并按照 H.264 格式压缩编码; 通过 ADSL/CDMA 接入 Internet 并实时检测网络通连情况, 保证与监控中心随时互通; 接收监控中心操作人员的远端指令并按照要求选择图像信号发送至监控中心; 同时存储三路图像信号并保存 7 天, 根据要求接受监控中心操作人员的调阅;

(2) 监控中心服务器及监控软件: 支持监控中心操作人员使用该软件进行对远端道口图像的查看, 镜头切换, 调阅历史数据, 控制云台等; 完成所有接收图像的 H.264 格式解压缩和解码;

(3) 道口摄像器材: 安放在道口重点部位进行采集图像并通过同轴电缆传送到图像远程监控终端;

(4) 拨号器 / CDMA 无线模块及控制电路: 完成 ADSL/CDMA 拨号上网, 可以由图像远程监控终端对其进行上电复位, 在断线重拨时提高拨通率;

(5) 中心服务器 / 无线网关: 中心管理服务器是网络视频服务器系统的核心, 负责管理系统中的各种设备和资源, 包括音视频流管理、联动管理、录像管理和用户管理等。无线视频网关架设在有线网

络和无线网络之间，进行协议转换，使通过无线传输的视频监控设备可以无缝接入到监控系统中。

1.2.2 系统结构



图1 系统结构

系统结构如图1。图像远程监控终端通过 ADSL 或 CDMA 拨号上网，监控中心可通过任何适宜的方式接入 Internet，中心服务器 / 无线网关则应具备公网 IP 地址。

1.3 系统主要功能和特点

(1) 前端输入 3 路视频信号到图像采集处理模块；(2) 采用国际最新的 H.264 技术，图像清晰，画面质量高，占用带宽小，实时性强；(3) 视频延时小于 0.5 S；(4) 采用标准的 TCP/IP 数据传输协议，适合远距离图像传输；(5) 可调节图像质量与带宽占用，系统采用 H.264 硬件编解码，可以根据用户需求调节帧数、分辨率、图像质量等；(6) 多种图像浏览方式，包括单画面、4 画面、16 画面等多种浏览方式；(7) 图像传输途径：ADSL/CDMA。

2 实现方法

作为铁路行车安全的重要监控手段之一，道口图像监控系统对系统各个部分的要求都很高。而且由于网络条件和工作环境比较复杂，使用者涉及到多个部门，需要本系统要有高度的稳定性、高效的数

据处理和传输能力，以及良好的可操作和可维护性。

2.1 图像采集与处理子系统的设计与实现

2.1.1 硬件设计

前端采集与处理子系统采用嵌入式系统结构，核心芯片采用 TI 的 TMS320DM642 DSP，主要包含 DM642 DSP 芯片、SDRAM、FLASH 视频输入 / 输出接口、音频输入 / 输出接口、数字 I/O 接口、RS232/RS485 异步串口、以太网控制器以及 ATA 硬盘接口等，这些芯片按照各自的功能分别组合，构成一个嵌入式视频采集和处理系统。

2.1.2 软件设计

由于监控系统的特点，前端机必须满足实时性和并发性的要求，所以应用软件基于嵌入式实时操作系统。在本系统中，图像压缩采用 H.264 标准。H.264 具有很高的编码效率，在相同的重建图像质量下，能够比 H.263 节约 50% 左右的码率。H.264 的码流结构网络适应性强，增加了差错恢复能力，能够很好地适应 IP 和无线网络的应用。网络传输采用 RTP/RTCP 协议以及组播方式，这样可以保证传送的质量。在操作系统方面，采用基于 DSP/BIOS 的 TI 参考架构 5 (RF5)。前端机的应用程序由主控制、视频编码中断、视频网络传送、音频编码中断、音频网络传送、音频网络接收、音频解码中断和串口中断等几个任务组成。

2.2 传输系统实现方法

2.2.1 传输协议设计

由于数据的传输是基于 Internet 的，我们选用目前应用最广的 IP 协议，传输层图像采用效率较高的 UDP 协议，控制命令采用 TCP 协议进行传输，应用层采用自定义的数据传输协议，并采用一定的流控和重传机制，保证传输的可靠性。

2.2.2 数据传输技术

在传输数据技术的实现上，我们采用了 Socket 网络编程接口。Socket 最初是在 Unix 操作系统上发展起来的网络应用编程接口，当 Internet 上的一台计算机给另一台计算机发送数据时，数据报的报头不仅包含了接收方的 IP 地址，而且还包括由协议号和端口号组成的第 2 个标识符。通过这个协议 / 端口号标识符，接收方的 TCP/IP API 能够给数据报指定正确路径，使其到达正确的协议和端口。如果将协议 / 端口号加在 IP 地址的末端，就得到了 Socket。也就是说 Socket 是 IP 地址与协议 / 端口号的联合体，它采用客户机 / 服务器的通信机制，使

网络客户机方和服务器方通过 Socket 实现网络之间的连接和数据通信。

Socket 同时支持 TCP 和 UDP 两种传输控制协议。在本系统中, 我们采用的是 UDP 协议传输图像, 采用 TCP 协议传输控制命令。

2.3 数据库的选择和设计

2.3.1 数据库系统的选择

本系统中心服务器需对设备、用户和录像等多种资源进行管理, 需要选择一种稳定可靠的数据库管理系统。综合考虑系统功能、数据可靠性和成本等方面的要求, 我们选用 Microsoft SQL Server 2000 数据库系统。SQL Server 2000 是可伸缩的数据库, 可以保存大量的数据, 并允许多个用户同时访问这些数据。

SQL Server 2000 可以动态地将自身配置成能有效地使用客户端桌面或膝上型电脑中的可用资源, 而不需要为每个客户端专设一个数据库管理员, 还可以将其作为应用程序的数据存储组件方便地嵌入到应用程序中。此外, SQL Server 2000 还和 Windows 操作系统紧密结合, 针对该操作系统作出了很多优化, 使其成为 Windows 操作系统下卓越的数据库平台。

2.3.2 数据访问技术

数据库访问技术将数据库外部与其通信的过程抽象化, 通过提供访问接口, 简化了客户端访问数据库的过程。目前, Windows 系统上常用的数据库接口包括 DAO、ODBC、RDO、OLE DB 及 ADO 等。在本系统中, 我们选用了易于使用、功能强大且性能良好的 ADO 技术。

ADO 作为一个面向 OLE DB 的高性能的、易于使用的应用程序接口来设计的。它使用最少的网络通信, 在应用程序和数据源之间使用最少的层数来实现, 这使得它成为一个轻量级、高性能的接口。ADO 提供一个 COM 自动化接口, 是一种特殊的 OLE DB 客户程序, 它允许访问程序在 Visual C++、Delphi、Java 等编程语言中访问。

2.4 关键技术及应用

本系统关键技术如下:

(1) 基于 H.264 格式压缩/解压, 编译码协议。而且根据用户需求, 实现了 QCIF 和 CIF 两种分辨率的图像格式;

(2) 嵌入式操作系统 VxWorks 作为图像远程监控终端设备的工作系统, 提高了设备的稳定性和实

时性;

(3) 采用 H.264 格式高效解压解码技术, 在监控中心实现了多路软件解码, 降低了监控中心服务器 CPU 的工作量;

(4) 基于高速 DSP 处理片 TMS320DM642 系列的图像硬件压缩代码实现, 大大缓解了嵌入式 CPU 的负荷, 提高了处理速度, 实现了图像信号的实时传输和存储;

(5) 通过 IPV6 和纠错重发等机制解决了在 Internet 上进行高质量图像信号传输的问题;

(6) 基于组播技术的多点发送机制, 克服了 ADSL/CDMA 上行带宽的限制, 实现了多个监控中心同时查看和控制;

(7) 在嵌入式操作系统 VxWorks 中扩展了外设接口, 增加了 IDE 的控制接口和文件控制系统, 满足了用户在监控终端设备进行大容量数据存储的要求;

(8) 实现了 PPPOE 协议控制模块和 CDMA 无线上网模块, 可以通过 ADSL/CDMA 拨号上网并且能够进行通连检测和断线重拨;

(9) 采用中心服务器和无线网关的系统构架, 解决了动态分配 IP 的多台设备可以在 Internet 上互连互通的问题;

(10) 通过网络控制协议实现监控中心对监控终端的实时控制, 方便监控中心操作人员对远端设备进行镜头切换、云台转动以及数据调阅等工作。

3 结束语

根据铁路部门的需求和具体地理情况分析, 系统设计方案以 ADSL 和 CDMA 两种传输方式为主, 配合 TMIS, 极大地覆盖了铁路应用范围。

目前本系统已经成功应用于成都铁路局, 取得了良好的效果。

参考文献:

- [1] Advanced Video Coding[C]. Final Committee Draft, Document JVTG050, ITU-T Rec. H.264 / ISO/IEC 11496-10, March 2003
- [2] Schulzrinne H, Casner S. RTP: 3 transport protocol for real-time applications[J]. IETF, RFC1889, Jan. 1996
- [3] 秦岭, 王煜坚, 李东新, 吴镇扬. 视频编码标准 H.264 的主要技术特点及其应用前景[J]. 微计算机应用, 2004 (10).