

高速公路视频联网监控系统技术研究

何铁军¹, 张 宁²

(1. 东南大学智能运输系统研究中心 南京市 210096; 2. 东南大学交通学院 南京市 210096)

摘 要: 模拟视频的数字化压缩并通过网络传输是目前视频远程传输技术发展的一个方向。本文对高速公路数字视频监控联网系统的实现方法进行了讨论。首先提出了各种视频传输设备的接入系统的方法, 其次就视频的联网调度和控制方法进行了讨论, 最后就多压缩标准共存条件下的数字视频流的解压缩提出了相应的解决方案。

关键词: 高速公路; 联网监控; 数字视频; SDH; DirectShow

随着高速公路路网的逐步形成, 高速公路管理部门对其联网监控的需求日益迫切^[1]。目前路网管理采用三级结构: 省监控中心、各路分中心以及收费站。通常各高速公路在建设的初期已实现了路级的视频联网, 即各路分中心能监控本高速公路所有收费站和外场的视频图像。

早期的高速公路视频监控的路级联网形式主要采用视频光端机传输。随着数字视频技术的发展, 将视频压缩成数字视频流, 并利用通信系统传输成了热门的方向, 这种传输方式的优点除了可以节省光缆资源之外, 还可以使视频、语音与数据三网合一, 将视频监控、设备监控与交通量监控整合在同一平台上, 提高管理水平, 提升服务质量。

由于全省高速公路路网监控有着分布广、距离长的特点, 将各高速公路的视频通过视频光端机传输至省监控中心是不现实的。另一方面为了保证全省各高速公路的数据传输(如联网收费数据), 通常已经建有全省的高速公路 SDH 光通信系统。因此可充分利用该通信资源, 将各条高速公路的监控图像压缩成数字视频后通过通信系统上传至省路网监控中心进行解码, 实现高速公路全省联网监控的图像传输^[2]。

1 视频的数字化传输

1.1 视频的压缩标准

目前流行的数字视频压缩标准有 MPEG-2、MPEG-4、H. 264 等。

MPEG-2 制定于 1994 年, 它的基本结构与 MPEG-1 完全相同, 所能提供的传输率在 3 M bit/s 至 10 M bit/s 间, 在 PAL 制式下的分辨率可达 720 × 576, 可提供广播级质量的视频^[3]。

MPEG-4 是 ISO 公布的“超低比特率活动图像和语音压缩标准”, 与 MPEG-2 一个重要的区别就在于它是一个基于对象的视编码压缩标准, 它所定义的码率控制的目标就是获得在给定码率下的最优质量。MPEG-4 是一框架性文件, 并未指定算法, 目前常见的 MPEG-4 压缩算法有 WMV、DIVX 和 XVID^[4]。

H. 264 是 ITU-T (国际电信联盟) 的 VCEG (视频编码专家组) 和 ISO/IEC 的 MPEG (活动图像编码专家组) 的联合视频组开发的一个新的数字视频编码标准, 它既是 ITU-T 的 H. 264, 又是 ISO/IEC 11173-1 的 MPEG-4 的第 10 部分。它与目前使用中的 MPEG-2 或 MPEG-4 Advanced Simple Profile 视讯压缩标准相比较, 在相似的视频压缩品质下可节省约 50% 以上的码率。目前市场上还没有专用 H. 264 编码专用芯片推出, 虽有采用在 DSP (digital signal processor, 数字信号处理器) 上运行编解码程序这种形式的产品, 但许多产品的算法与压缩标准有一定的出入。

因此, 短期内建立视频联网监控系统若网络带宽足够的话, 数字视频可选用 MPEG-2 压缩格式, 若带宽比较紧张, 则可考虑 MPEG-4 压缩格式。

1.2 数字视频的传输

由于全省高速公路联网通信有着分布广、距离长的特点,通信的业务包括语音和数据,因此通信系统通常采用SDH系统。对于像数字视频传输之类的高速数据通信业务,SDH可以提供E1接口,也可采用IP OVER SDH技术提供网络接口。目前市场上两种接口的视频编解码器都较为普遍。考虑到在省监控中心,除了在监控室以模拟视频的形式监控图像以外,还有各个部门的管理人员需在自己的电脑上以软解压的形式收看,因此,数字视频的传输接口应选用PC机上最常见的以太接口。

SDH的网络传输实际上只是完成网络与E1通道之间的映射,实现点对点的通信的传输功能,而没有交换功能,也没有包过滤的功能,其带宽为2 M基本带宽的倍数,可根据需要进行设置。例如传输MPEG-2,则至少设置为4 M传输带宽,而传输MPEG-4,则2 M带宽就可以了。

与模拟视频相比,数字视频传输有一定的延时。编解码器自身的延迟由所采用的编解码芯片性能、码率以及帧结构决定。一般而言提高码率可降低一定的延时,但在SDH传输系统中,所能分配给每路的带宽是有限的,因此不能过多提高其码率;另外,数字视频流中B帧(双向预测帧)是以前后2个基准帧作为参考帧实现双向预测,因此在2个基准帧之间,每增加1个B帧,将多引入1帧图像所需的时间,取消B帧,可减小一定的延时。通过这些优化手段,视频编解码器传输图像的延迟可小于300 ms。

2 省级视频联网监控的接入方式

由于各条高速公路的路级监控模式往往各不相同,所以对于不同的路级监控模式接入全省联网监控系统应考虑不同的方案。在设计高速公路全省联网监控方案时,应注意避免视频的二次编解码以防止引入不必要的延时,并尽可能地利用原有设备,保护设备投资。

2.1 视频光端机的接入

利用视频光端机传输的视频,经视频分配后,1路接显示器输出,1路接MPEG-2编码器,经视频编解码器编码后,接入省联网监控系统,系统结构图如图1所示。

2.2 E1视频编解码接入

对于利用E1接口传输数字视频的系统而言,接入全省联网监控系统稍有点复杂。E1是一种点对点的通信机制,其本身不能实现一对多的通信,因此需要开发

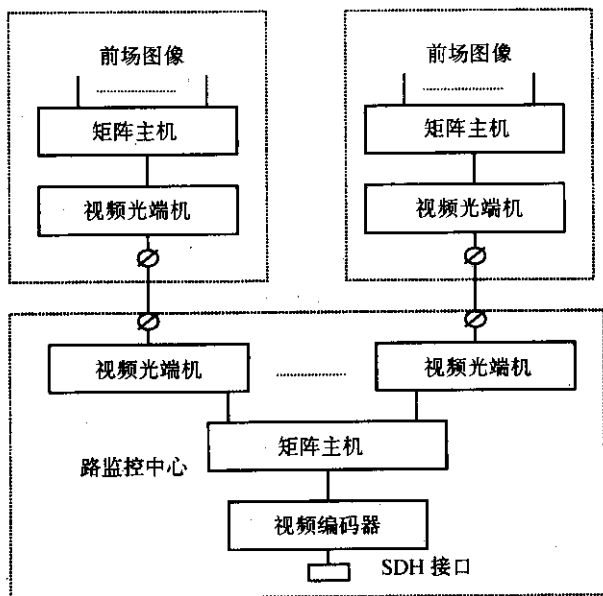


图1 视频光端机接入结构

专门的MCU(Multi-point Control Unit,多点控制单元),接受通过E1链路传递的数据,并将数据分发至路监控中心的解码器和路网监控中心的解码器^[6]。

由于E1的通信速率为2.048 M bit/s,传输一路MPEG-2需要采用2路E1线路复用。基于E1的编码器通常采用“乒乓”的方式将一路视频数据和控制用的串行口控制数据分配到2个E1的各个时隙中。因此MCU应能实现时隙的提取、数据的串并转换、视频数据的合并以及数据的网络传输。系统功能模块如图2所示。

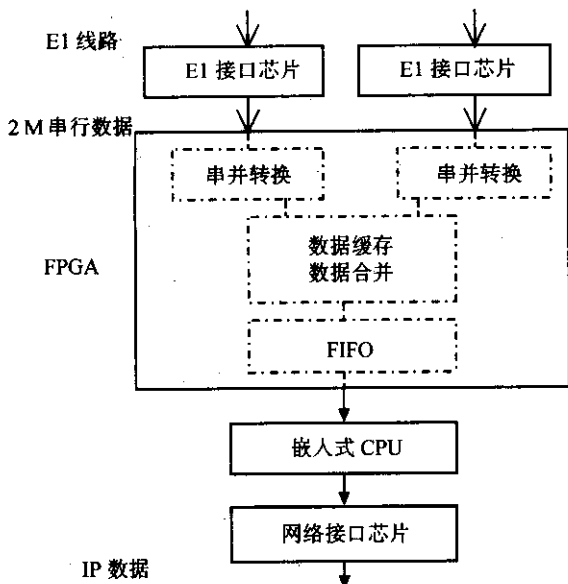


图2 E1视频编解码接入MCU功能模块

图2中,E1接口芯片主要实现时隙的提取、HDB3码的转换和数据同步时钟输出的功能。FPGA(Field-Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)芯片实现数据的串并转换,以及数据的合并。由于各路E1数据传输可能经过不同的传输通道,其传输延时并不一定一致,因此需利用FPGA内部的RAM配置成FIFO,用于缓存数据。合并后的数据存入FIFO供CPU读取。CPU从FIFO中读入数据后,将数据封装成IP包,将数据一路送至路监控中心的解码器,一路上传至省监控中心。

2.3 IP视频编解码接入

在高速公路的路级联网监控系统中,IP视频编解码通常有2种传输方式:一是采用千兆网接入;一是通过SDH系统中的IP OVER SDH传输数据。对于千兆网而言,只需将千兆网的上联口接至省级SDH干网的LAN接口即可。对于后者,由于IP OVER SDH只是传输系统,只能实现点对点通信,本身没有交换的功能,因此需开发以太网的MCU,截取数据流,并将数据流分别分发至路监控中心和路网监控总中心。

2.4 省路网监控系统中心端网络接入

数据接入省监控中心的交换网络后,可以利用计算机网络的传输能力、交换能力和数据复制能力,解码端从网络中获取视频数据流并解压播放。从理论上讲,只要带宽足够,联在网络上的任意一台计算机都可以收看图像,这是用传统的方式所没有的优点^[6]。

为了保证多个用户可同时收看同一幅图像,编码器通常以组播的方式发送数据。组播是一种地址广播,其发送源和接收端是一对多的关系,也就是说编码器只向一组特定的用户发送一个数据包,数据包在组中的各个用户所处的子网中是以广播形式发送的,这样组中的各个用户可以共享这一数据包,而组外的用户是无法接收到的。使用组播的好处在于原来由编码器承担的数据重复分发工作转到路由器中完成。

由于IP OVER SDH没有数据包过滤的功能,为防止其他的视频传输通道的数据的“流入”,3层交换机应将每一个SDH的接入划为一个独立的VLAN。

3 高速公路多级联网控制

除了图像传输以外,路网联网监控的另一个主要的功能是图像的调度,以及实现对前场监控设备的控制。

3.1 图像的调度

高速公路的省级联网监控是树形的,视频传输通道的路由固定,可事先在控制中心生成图像调用路由表。当调用某路图像时,系统根据事先设定的路由表,控制视频矩阵主机、视频编码器以及其他设备协同动作。

对于采用视频光端机作路级联网监控的高速公路而言,首先通过收费站矩阵主机将某路视频切换至光端机,光端机传输视频至路监控中心的矩阵主机,再由路监控中心的矩阵主机切换该路图像至视频编码器,编码后传至省监控中心。

对于采用数字视频传输方式作路级联网监控的高速公路而言,首先通过收费站矩阵主机将某路视频切换至视频编码器,由视频编码器将视频压缩后传至路监控中心,再控制路监控中心的MCU向省监控中心发送数据。

3.2 前场监控设备的控制

目前的模拟监控系统大都是一个封闭的系统,其控制往往由本地的监控键盘向矩阵主机发送控制命令来完成,此外矩阵主机留有一个串口控制接口留给计算机控制使用。利用这一接口,可通过在各个节点放置专用的联网控制器或利用视频编解码器的串口通道对前场设备进行控制,使得多个封闭的监控系统变成一个有机的整体。由于各收费站通常采用不同的矩阵,因此联网控制器和视频编解码器应支持不同的矩阵、键盘协议,并支持相互间的转换。

由于省级联网控制可能存在多人对同一前场设备进行控制的情况,因此系统应赋予每一位操作员于一定的优先级别,联网控制器或视频编解码器根据操作人员的优先级别的高低来判断应执行何指令。为防止非法调用指令的入侵,发送的命令需采用数字签名进行身份验证。

4 多压缩格式下的软解压

利用软解压在PC机上收看图像,可将图像监控与交通监控、收费管理软件等整合成一有机的系统,有着部署方便,对设备要求低的特点。理论上,只要带宽足够,联在网络上的任意一台计算机都可以收看图像,这是用传统的方式所没有的优点。

由于各高速公路是在不同时期由不同的集成商建设的,采用的视频编解码的格式也各不相同,为保护投资,要求软解压能对各种压缩格式的视频流进行正确解压。

随着多媒体技术的不断发展,对软件功能和性

能的要求也越来越高。为了向开发人员提供功能更完备的处理软件,Microsoft 公司推出了新一代多媒体开发软件包——DirectShow^[7,8]。

在 DirectShow 中,对媒体数据的处理都交由 DirectShow 的 FilterGraph 来完成。应用程序只对 FilterGraph 通过命令进行控制,例如发出播放、暂停、停止等命令,而不对数据进行直接处理。在 FilterGraph 中,有各个模块来处理媒体数据,这种模块称之为“过滤器”——Filter。Filter 按功能分为 3 种:Source Filter、Transform Filters 和 Rendering Filters。Source Filter 通常指数据源模块,Transform Filters 通常用于数据的处理,那些第三方解压的 Filter 都是 Transform Filter。Rendering Filter 是处理的最后一个环节,通常与硬件联系在一起,例如:显卡、声卡或磁盘文件,用以输出处理结果。

由于 DirectShow 利用 COM 技术,很好地实现了算法重用的问题。使得下游厂商可以利用第三方解压控件,自己只要向控件提供数据即可。这样可大大降低开发难度。当采用不同的压缩标准时,只需更换第三方解压控件即可。

要实现网络实时解压软件,需要实现一个源 Filter,由其从网络上接受数据,并分发给下一级解压的 Filter 进行处理。由于在联网监控环境中,有多种格式的压缩标准的数据流,源 Filter 接受到网络数据流后,根据数据流的压缩格式进行解复用,将数据流分解成压缩视频流和压缩音频流,并根据其压缩格式决定调用何种解压模块作为下一级的 Transform Filter。这样将创建一个能解压各种压缩格式视频流的软件的工作,简化为创建一个能对各种视频流进行解复用的 Source Filter 的工作。

5 结语

数字视频编解码器的发展与应用为实现全省联网监控提供了实现的可能,但仍有许多技术障碍,例如:视频的多级调度、联网控制以及多压缩格式共存条件下的数字视频流的解压缩等。本文在分析了各高速公路联网监控特点的基础上,针对已建成各高速公路监控系统的不同结构,在充分利用现有设备,确保视频在传输中不会经过 2 次编解码导致延时增加的前提下,提出了全省高速公路联网监控视频传输模型。本文还就视频的联网调度和控制以及多压缩标准共存条件下的数字视频流的解压缩提出了相应的解决方案。

参考文献:

- [1] 黄卫,陈里得. 智能运输系统(ITS)概论[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [2] 付怀珀,施强. 高速公路视频传输解决方案[J]. 公路交通科技,2003,20(3).
- [3] ISO/IEC 13818, Information Technology-Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information[S]. 1996.
- [4] ISO/IEC FDIS 14496-2, Information Technology-Generic Coding of Audio-Visual Objects-Part 2: Visual[S]. 1998.
- [5] 徐王景,薛祥川,陈卫东. 双 E1 接口的 MPEG-2 码流传输卡的设计与实现[J]. 电子产品世界,2002,(11).
- [6] 何铁军,黄卫,陈里得. 基于 MPEG-2 的数字视频网络远传系统及其在交通中应用. 公路交通科技,2004,21(11).
- [7] 陆其明. DirectShow 开发指南[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [8] Microsoft. Microsoft DirectX Media SDK Document [M]. Redmond Washington: Microsoft Press, 2000.

Research on Video Online Monitoring System of Expressway

HE Tie-jun¹, ZHANG Ning²

(1. ITS Research Center, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Communication School, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Video over IP is one direction to the development of video long-range transmitting technical at present. The realization method of real-time digital monitoring system of expressway is discussed in this paper. The access methods for varied video transmitting devices are introduced first, then camera switch and control method are discussed, a soft-decoder resolvent for varied video compressed format is provided at the end of the paper.

Key word: expressway; online monitoring system; digital video; SDH; DirectShow