

基于 WiMAX 的移动视频监控系統

苑春苗^{1,2}, 金志刚³, 杨清永⁴

(1. 天津大学计算机科学与技术学院, 天津 300072; 2. 天津工业大学计算机科学与软件学院, 天津 300160;
3. 天津大学电子信息工程学院, 天津 300072; 4. 天津天地伟业数码科技有限公司, 天津 300384)

摘要: 提出一个基于无线城域网(WiMAX)的移动视频监控系統设计方案, 给出系統监控前端的硬件设计、采用的芯片及无线接口的设计, 采用双缓存机制和自适应码流策略保证 WiMAX 网络扇区切换和带宽变化时传输到最终用户的视频质量。测试结果及系統实际应用效果证明了该设计方案的有效性。

关键词: 无线城域网; 视频监控; 移动视频监控; 速率控制

Mobile Video Surveillance System Based on WiMAX

YUAN Chun-miao^{1,2}, JIN Zhi-gang³, YANG Qing-yong⁴

(1. School of Computer Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072;
2. School of Computer Science and Software, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160;
3. School of Electronic and Information Engineering, Tianjian University, Tianjin 300072;
4. Tianjin Tiandy Digital Technology Co., Ltd, Tianjin 300384)

【Abstract】 This paper proposes a design scheme of mobile video surveillance system based on WiMAX. It gives the hardware design of front end, chips and the wireless network interfaces. Double buffer and intelligent code rate control policies are used to assure the quality of video when network bandwidth changes or sector switchs in WiMAX. Experimental results and application effect of the system show the validity of the design scheme.

【Key words】 WiMAX; video surveillance; mobile video surveillance; rate control

1 概述

无线移动视频监控作为无线通信领域和视频监控领域的尖端技术, 正受到越来越广泛的关注。由于奥运会的召开, 无线移动通信成为一个科技亮点。一些大型的体育赛事, 比如一些水上项目, 由于无法使用有线网络, 因此采用基于无线网络的移动监视系統可以得到更加精确、详实的即时比赛信息, 有利于用户实时观看比赛、了解比赛现场信息。因此, 无线移动监控系统成为监控领域研发的热点^[1-2]。

无线视频监控系統目前可分为三大类: 基于无线局域网(WiFi), 基于无线城域网(WiMAX)和基于移动通信网络。此外对音视频质量要求不高的应用中也可以采用低端的无线数据传输网络。基于 CDMA 或 GPRS 的产品的优点是移动性很好、功耗相对较低, 但缺点是对移动网络依存性很大, 而且会产生一定的通信费用^[3-4]。而基于 WiFi 和 WiMAX 的产品可以为用户提供更高的带宽和品质更高的视频图像。

本文所设计的移动无线视频监控系統主要运行于 WiMAX 环境, 为用户提供覆盖面更广、带宽更高的可移动监控服务。该项技术可以将距离遥远的各监控点通过无线宽带网络连接起来。系统的业务平台如图 1 所示。系統采用网络视频服务器、camera、云台解码器、报警输入/输出设备组成前端视频采集和报警控制系统, 采集完监控点的视频信息后, 经 WiMAX CPE 处理为射频信号再发往基站, 然后由基站通过以太网传输到本地视频监控中心统一监视、管理, 监控中心再通过无线网络将监控画面传给最终的终端用户。前端无线视频监控设备可以安放在汽车、轮船等移动设备上,

在移动的过程中实时获得监控图像, 而安保人员配备手持监视终端就可以在移动巡逻的同时监控各个被监视区域的情况, 保障监控点的安全。此项技术解决了以前安保人员只能在固定地点观看监控录像的问题, 不但为安保人员提供了便利, 而且对传统固定监控网做了重要而有效的补充。

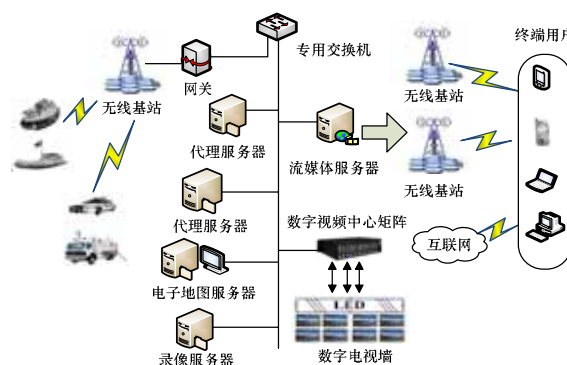


图 1 移动视频监控系統业务平台

2 无线监控前端的硬件设计

2.1 主处理器

系統前端无线监控器以 TI 公司生产的 DM355 为主体进

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90604013);天津市应用基础及前沿技术研究计划基金资助项目(08JCYBJC14200)

作者简介: 苑春苗(1975 -), 女, 讲师、博士研究生, 主研方向: 网络多媒体技术; 金志刚, 教授、博士; 杨清永, 硕士

收稿日期: 2009-08-10 E-mail: cm_yuan@163.com

行视频处理与控制。DM355 是 TI 公司针对便携式高清(HD) 视频播放、压缩和监控产品市场推出的最新达芬奇(DaVinci) 处理器,其核心是 ARM926EJ-S 内核(ARM926EJ-S 可以运行 Linux 操作系统,对外设组件进行控制),时钟频率为 216 MHz 或 270 MHz,提供 16 KB 指令高速缓存、8 KB 数据高速缓存、8 KB ROM、32 KB 程序/数据 RAM,集成了视频处理子系统、MPEG-4-JPEG 协处理器(MJCP)及多种外设。

该 MJCP 能够以 720p 格式与每秒 30 帧的速度提供高清 MPEG-4 SP 编解码功能,提供了相当于 400 MHz 的数字信号处理器(DSP)实现高清视频,同时视频处理子系统执行的任务与 DSP 约 240 MHz 的性能相当,因此,MJCP 与视频处理子系统结合起来就能提供相当于 640 MHz 的 DSP 处理性能。视频处理子系统的硬件中集成了预览引擎、图像缩放工具以及屏幕视控系统。子系统内的视频前端包括 CCD 控制器和视频接口,能够实现自动曝光、聚焦和白平衡。后端包括屏幕菜单式调节(OSD)、视频编码器(VENC)和 10 位 DAC。该产品包含符合生产要求的高清 MPEG-4 编解码器,无需向 TI 支付许可费或版权。

采用 DM355 构建的系统拥有超长电池使用寿命,相当于现有便携式高清系统寿命的 2 倍。根据应用的不同,DM355 在高清 MPEG-4 编码过程中的功耗约为 400 mW,而待机功耗仅为 1 mW。

2.2 无线监控前端的内部结构设计

监控前端的系统内部结构设计如图 2 所示。

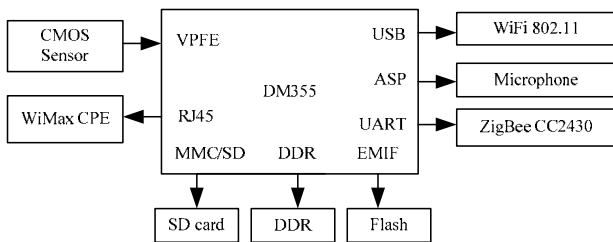


图 2 监控前端的系统内部结构

本文除了设计实现 WiMAX 的接入外,为了提高系统的兼容性,还设计了针对 WiFi 设备及 ZigBee 设备的接入。具体内容如下:

(1)CMOS 传感器:本系统的 CMOS 传感器视频采集能力达到 720p 以上。DM355 与 CMOS 传感器的数据连接使用 VPFE 接口。

(2)WiFi 接入:DM355 与 WiFi 模块的数据连接使用 USB 接口。

(3)音频设备:麦克风通过 ASP 接口接入 DM355,进行音频压缩编码。

(4)ZigBee 设备:本方案的 ZigBee 设备采用 TI 公司生产的 CC2430 芯片,CC2430 是一个真正的系统芯片(SoC)CMOS 解决方案,能够提高性能并满足以 ZigBee 为基础的 2.4 GHz ISM 波段应用对低成本、低功耗的要求。DM355 与 ZigBee 模块的数据通信使用 UART 接口。

(5)SD 卡(或硬盘):为了使设备具有存储功能,在方案中加入了 SD 卡。DM355 与 SD 模块的数据连接使用 MMC/SD 接口。

(6)WiMAX CPE:WiMAX 无线设备接入,通过 RJ45 接口与 WiMAX 的 CPE 相连接。CPE 负责与基站进行数据连接和传输。

3 关键技术

在 WiMAX 系统中,由于无线网络的特殊性,在移动过程中会出现扇区切换和网络带宽不断变化等情况,而对于监控系统来说,网络视频设备被设置到某个分辨率后其带宽必须达到相应值,否则将出现丢帧、视频质量下降等现象^[5]。为解决上述问题,在系统中采取了双缓存管理机制和自适应码流策略 2 种机制,经实践表明两者的应用效果良好。

3.1 双缓存管理机制

由于无线网络通信的特殊性,被监测对象(例如船只)在不同基站覆盖范围内来回穿梭时,在跨越基站的地方,网络信号会出现临时、短暂的中断现象,在 WiMAX 通信中称之为扇区切换。而在视频监控领域,实时视频流的传输不能出现中断,否则势必导致丢帧,而视频流编码的相对性要求对前后帧之间解码的依赖性比较高,一旦丢帧将使 2 个关键帧之间的所有视频无法解码,导致视频质量下降。为解决扇区切换问题,系统采用在发送端和接收端设置双重缓冲加丢包重传机制的方法解决网络的暂时中断问题。具体如下:

(1)发送端

1)设备启动后设置缓冲区。缓冲区大小与要解决的网络中断延迟有关,一般情况下设置的缓冲区能存放的数据是网络中断时间的 2 倍,即在网络中断的间隔内,设备中要有足够的缓冲来存储无法发送的数据。

2)设备发送数据,并将网络中断期间无法发送的数据保存到缓存中,以保证网络中断时可以重传视频数据帧。

3)当收到接收方的请求重传帧后,重传相应帧。发送端会为每个连接的客户端建立一个发送缓冲区,发送失败的数据暂时保存在该缓存内。

(2)接收端

1)接收端由用户选择并设置缓冲区的大小。缓冲区大小决定了网络中断期间有多少数据可以播放,默认设置为网络最大中断延迟的 2 倍。

2)接收端缓存用来存放一定的备用数据,以保证在无线监控网络暂时中断时客户端有一定的备用数据。

3)接收端发现收到的数据帧序号不连续时,向发送端发起重传命令,并将后续收到的有用数据暂存,当重传数据包到达后再一起送去解码。

4)接收端在进行请求重发后会进行超时计数,若达到一定间隔 t 后未收到数据,再发送请求重传命令,达到最大请求重传次数后宣告超时,告诉解码器有数据丢失,进行相应的丢包处理。

接收端缓冲区的目的是在网络中断期间无数据接收时保证有足够的数据用来解码显示,不让用户感觉有视频停顿或中断的现象。

经现场实际应用测试,本方案可有效解决网络暂时性中断导致的视频停顿或中断问题,使监控端看到的视频流畅不间断。

本方案会给实时视频监控带来一定的时延,但可以保证视频在扇区切换时尽可能少地出现断续问题。

3.2 自适应码流策略

无线监控系统大多受天气影响,风、雨、雷、电都会对无线传输系统造成影响。同时建筑物的屏蔽作用和反射作用会降低信号的强度。由于以上原因,无线网络系统提供的带宽可能不够稳定,因此在组建无线网络视频监控时,为使监控端有较好的监控效果,也要注意依据网络的实际情况

实时调整视频数据的编码码流速率和发送速率。本系统中采用了动态自适应码流策略。其原理是在尽量保持编码帧率不变的前提下, 监控前端设备根据网络的实际带宽情况动态调整编码的码流速率, 而发送速率和码流速率相同, 因此, 发送速率也得到了相应的调整。

系统以检测到的丢包率为网络特征进行编码码流速率调整。假设 LR 为数据的丢包率, CR_t 为 t 时刻视频数据的码流速率, LR_{\min} 为丢包率的下限, LR_{\max} 为丢包率的上限, LR_{\min} 和 LR_{\max} 是判断是否进行速率调整的上下门限值。算法具体如下:

(1) 如果 $LR < LR_{\min}$, 表明当前信道情况良好, 可以适当增加发送速率, 即增加码流速率, 但考虑到系统的处理速度, 要对最大码流速率加以限制:

$$CR_t = CR_0 + (CR_{\max} - CR_0) / \alpha \quad (1)$$

其中, CR_0 为系统默认的初始码流速率; CR_{\max} 为最大码流速率; α 为速率增加的调节因子, $\alpha \in (1, 100)$ 。 α 取值越大则调节幅度越小, 取值越小则调节幅度越大。在实际应用中, 因为采用类似 TCP 传输控制机制的慢增长快速下跌原则, 所以默认 α 取值是 50, 用户可以根据实际现场需要调节该值。

(2) 如果 $LR > LR_{\max}$, 表明当前信道情况恶劣, 要大幅度降低发送速率, 即降低码流速率:

$$CR_t = \beta CR_0 \quad (2)$$

其中, β 为调整因子, $0 < \beta < 1$, 可以根据实际的网络情况进行调整。因为系统采用快速下跌的原则, 所以默认选取 β 值为 1/2, 即丢包率过大时, 把码流速率降一半。

(3) 如果 $LR_{\min} < LR < LR_{\max}$, 保持现有数据编码速率不变。

系统通过自适应码流算法实时监测网络的带宽变化情况, 不断调整监控前端的码流编码和发送速率, 达到合理利用网络带宽、降低网络上数据冲突概率的目的, 使监控端有较好的视频质量。

4 系统测试及应用

4.1 数据测试

图 3 是系统采用 VBR 进行数据传送时, 当网络带宽由正常情况降至原有一半时的视频码流变化情况, 图 4 给出相应的监控端的帧率变化情况。

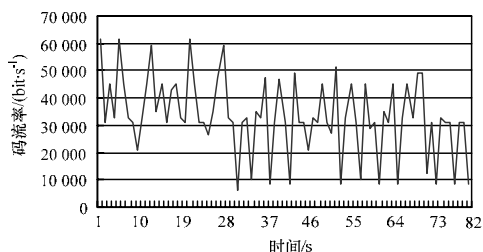


图 3 码流速率的变化

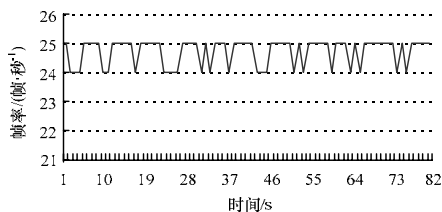


图 4 帧率的变化

从测试结果可以看出, 当网络带宽发生波动时, 通过调整码流和发送速率并使用缓冲区技术, 使接收端的帧率仍然保持在较为稳定的变化水平(每秒 24 帧或 25 帧), 即接收端仍可获得较好的监视效果。

4.2 系统应用

系统已成功应用于某水上赛事直播中。在 WiMAX 网络为监控系统提供 4 Mb/s 带宽的情况下, 通过无线监控前端传输高清信号, 观众可以以“通过电视机收看直播、贵宾船实时点播”等方式欣赏比赛, 结束了以往水上比赛只能播放录像带而不能直播的历史, 系统运行如图 5 所示。同时在移动安保船、安保车上也安装了网络快球、网络一体摄像机等产品, 使监控范围从陆地扩展到海洋及陆地多处有线网络无法覆盖的重点区域, 极大地提高了安保人员对周边的安防警戒能力。在发生特殊情况时可以统一安排应急方案、疏散事故现场周边人员、实施事故的紧急救援等, 更好地保障了比赛的顺利进行。在使用过程中, 该系统经受住了海面气候条件复杂、船舶抖动剧烈等诸多严酷条件的考验, 系统运行稳定、图像清晰, 确保了赛事直播和移动保安工作的顺利进行, 获得了有关领导和专家的一致好评。



图 5 系统网络平台软件实时现场图像

5 结束语

本文设计的移动网络视频监控系统的典型应用包括: 海上比赛实况的实时播放, 海上移动安保业务, 陆地观众台的移动实时采访, 移动终端的实时图像浏览、点播等。通过系统的实际应用, 验证了设计方案和技术的正确性、有效性。今后将研究无线网络的扇区切换预测问题以及在移动视频监控系统中如何提高视频的清晰度。

参考文献

- [1] 王志良, 金洁华, 刘冀伟. 基于 CDMA 和 MPEG-4 的移动视频监控的实现[J]. 计算机工程, 2006, 32(10): 242-243.
- [2] 曹贝贞, 李志康, 薛松. 基于无线网络技术的数字视频监控系统设计[J]. 计算机工程, 2007, 33(1): 247-249.
- [3] 谢红华, 陆以勤. 基于 3G 无线网络的高质量实时视频监视系统的设计[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(10): 313-315.
- [4] 胡栋, 刘峰, 朱秀昌. 实时多模式无线视频传输原型系统的实现[J]. 通信学报, 2006, 27(10): 106-112.
- [5] 杨必武, 周宁. 实时视频系统的数据编码速率智能控制[J]. 计算机仿真, 2006, 23(9): 188-191.

编辑 张帆