

基于无线网的远程视频智能监控系统

明亮^{1,2}, 谢桂海¹, 齐子元¹, 王新锋¹, 彭德云¹

(1. 军械工程学院计算机工程系, 石家庄 050003; 2. 北京系统工程研究所, 北京 100101)

摘要: 提出了基于无线网的视频智能监控系统的原理结构、带宽适应性和智能监控的实现方法, 描述了系统中使用的无线组网、基于SPIHT视频编解码算法和基于内容的视频识别等关键技术, 给出了系统实现后的实际测试结果及相关性能指标。

关键词: 无线网; 智能监控; 网络视频; 流媒体

WLAN-based Remote Video Intelligent Surveillance System

MING Liang^{1,2}, XIE Guihai¹, QI Ziyuan¹, WANG Xinfeng¹, PENG Deyun¹

(1. Department of Computer Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003;

2. Beijing Institute of System Engineering, Beijing 100101)

【Abstract】 This paper introduces a video intelligent surveillance system, and presents the structure of the system, adaptability for bandwidth and the method for intelligent surveillance. It describes the key technologies, such as WLAN, efficient video coding arithmetic based on SPIHT(set partition in hierarchical trees), intelligent alarm aroused by video-recognizing, and so on, gives out the testing results and important parameter of performance by realizing the system.

【Key words】 WLAN; Intelligent surveillance; Network video; Streaming media

视频监控系统应用十分广泛。在民用上, 可用于家居、商场、银行、矿井、交通中重要部位的监视和报警控制; 在军用上, 可用于仓库、岗哨、机密场所的监查。此外, 对于易燃、易爆、高温、强辐射等危险场所, 视频监控系统更能发挥其独特的优势。传统视频监控系统通常用视频监控器、有线电视、摄像机等模拟设备来实现, 其缺点是组网布线困难、带宽要求苛刻(每路 2Mbps 以上带宽)、图像压缩处理困难、视频信息利用率低、视频存储占用空间大等^[1]。随着数字图像采集技术和网络视频传输技术的发展, 数字视频监控系统的日渐成熟。本文提出了一种基于无线网络的视频智能监控系统, 可实现 10km 以上, 16 路视频和语音的双向传输, 目标监控和远程报警。

1 无线网的通信性能分析

无线局域网(WLAN)通常有两种基本结构: 一种是 Ad-hoc(自组网), 特点是没有根站点, 各无线网络站点地位对等, 点对点通信^[2]; 另一种是 HUB-based(组网), 特点是一个无线站点充当中心站, 所有站点对网络的访问均由其控制。由于 HUB-Based 结构中站点布局受环境限制较小, 而且, 中心站为接入有线主干网提供了一个逻辑接入点, 因此, 基于无线网络的智能监控系统, 一般采用无线组网结构, 从而方便视频监控信息的传输和控制^[3]。

无线网络的传输距离由通信设备性能、收发天线方向性、架设高度、地理环境等诸多因素来决定。假定在室外无线发射功率为 P_T , 天线发射增益为 G_T , 工作频率为 f , 接收功率为 P_R , 接收天线增益为 G_R , 网桥接收灵敏度为 S_R , 接收放大器增益为 R_xG , 理想传输距离为 R , 那么在无环境干扰下, 传播途中的无线电波损耗 L_s 可通过式(1)计算:

$$L_s(\text{dB})=10L_g(P_T/P_R)=92.4+20L_gf(\text{GHz})+20L_gR(\text{km}) \quad (1)$$

设在天线波束区内某点的信号强度为 S_i , 可通过式(2)计算 S_i 的值:

$$S_i=PT(\text{dB})+GT(\text{dB})+GR(\text{dB})-L_s(\text{dB}) \quad (2)$$

为了保证正常通信, 应有 $S_i \geq S_R$ 。

在无线网中, $P_T=4000\text{mW}=10\lg 4000\text{dBmW}=36\text{dBmW}$, 天线的接收和发射增益 $G_T=G_R=15\text{dB}$, 功放的接收增益 $R_xG=17\text{dB}$, 遵循 802.11b/g 标准, 无线网桥在 11Mbps 带宽下的接收灵敏度 $S_R=-70\text{dB}$, 无线设备的工作频段为 $f=2.485\text{GHz}$ (最高频点), 代入式(1)、式(2), 如下式所示:

$$36+15+15-(92.4+20L_g2.485+20L_gR)=-70 \quad (3)$$

求解式(3)可得 $R=39\text{km}$ 。如果考虑发射端和接收端的天线馈线及接头插入损耗, 经验值为 12dB; 留出衰减储备, 经验值为 16dB。衰减储备主要用于预算建筑物、地形、树木、空气等自然影响和天线倾角偏差引起的衰减。这样, 实际传输的距离 R' 可通过代入式(2)计算, 如式(4)所示:

$$36+15+15-(92.4+20L_g2.485+20L_gR')-20-16=-70 \quad (4)$$

求解式(4)可得 $R=10.3\text{km}$ 。因此, 经过合理布局和配置, 无线网可以为视频智能监控系统提供一个半径 10km 区域, 带宽 11Mbps 的无线通信平台。如果通过中心站接入有线骨干网, 将可以提供更大范围的通信资源^[4]。

2 基于无线网络的视频智能监控系统

基于无线网络的视频智能监控系统可完成长距离、大范围、多站点的远程无线视频监控、自动报警和录像记录, 指挥中心还能通过语音双向通信对客户终端实现实时交互、协作和指挥, 完成远程智能监控。

2.1 系统的总体结构

系统的整体结构如图 1 所示。系统由一个中心站 Root

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60372042)

作者简介: 明亮(1979-), 男, 博士生, 主研方向: 网络视频编码, 网络技术, 计算机网络安全; 谢桂海, 教授、博导; 齐子元、王新锋、彭德云, 博士生

收稿日期: 2006-03-17 **E-mail:** mingliang78@yahoo.com.cn

和 N 个客户端站点 Client 组成。Root 负责整个网络的通信控制，每个 Client 都必须通过 Root 才能与其它无线站点通信，同时，Client 除了完成客户端的功能外，还可以作为转发器，为距离 Root 较远的 Client 提供中继服务。此外，Root 还可以直接与有线网相连，作为整个无线网络的接入站点，系统允许用户透明地操作，而无需考虑网络环境。为了增强组网的灵活性，本系统的 Root 和 Client 都采用相同的硬件配置，如图 2 所示。通过设定不同的功能参数，配置相应的编解码控制软件，就能实现不同角色间的转换。例如：通过将无线网桥 Cisco350 的角色设置为 Root Bridge，就可以作为中心站使用，其它站点相应地都必须设置为 Non-Root Bridge，则可定义为客户端。

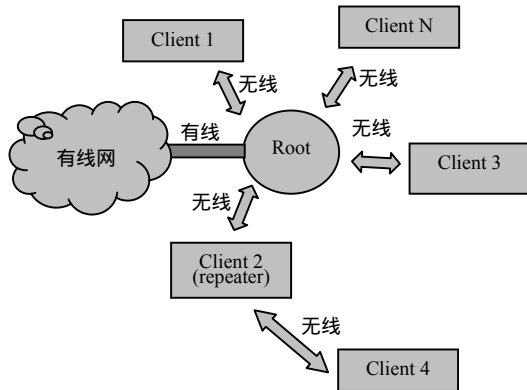


图 1 基于无线网络的视频智能监控系统拓扑结构

在图 2 的结构中，各个站点都由摄像头、MIC、编码器、交换机、无线网桥、功放、天线以及监视器和报警器等设备组成。其中以交换机为核心，本地站点的各个设备构成了一个星型网络，并可通过交换机进行灵活扩展。

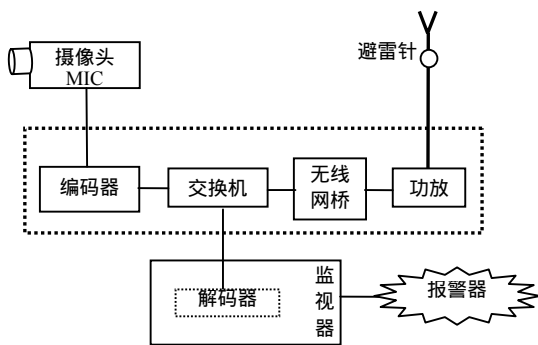


图 2 站点结构组成

本系统的工作原理是：摄像头和 MIC 采集到的图像和语音，经过编码器编码压缩成为媒体流（视频流和语音流），通过交换机，一路传给监视器，由监视器中的解码器进行软件解码后，显示出来，同时进行视频识别，判断是否触发报警器；另一路传给无线网桥，经功率放大器、避雷器、天线后，转换成无线电波，将媒体流信息发送出去。为了便于管理，系统为监视器设计了一个包含自适应解码和智能报警功能的服务控制软件，C/S 结构，所有客户端程序必须经服务器端程序授权才能对网络中的媒体流进行解码，从而确保了网络中媒体流的安全。由于本系统的无线网络采用的是 C/S 组网结构，因此，通常将服务控制软件的服务器端程序安装在 Root 上，而把客户端程序安装在 Client 上。

2.2 流媒体编码

由于无线网络中缺乏 QoS 控制，带宽受环境影响波动大，

各个站点连接速率和处理速度与显示能力各不相同，因此必须采用具有自适应性的、高效的流媒体编解码技术。本系统采用的编解码方案是基于 SPIHT (Set Partition in Hierarchical Trees) 和分块运动补偿相结合的视频编解码算法。该算法可实现对每一帧图像的输出比特数进行精细控制，具有良好的自适应性和高效的编解码能力，可为无线网络提供有效的 QoS 保障，尤其对于运动范围较小的视频序列，具有很高的压缩比和较好的复原质量，因此非常适合于视频监控的应用^[5]。

为了适应网络资源波动对可扩展编解码的需要，该算法中采用了融合图像层码率控制或宏块层码率控制的自适应码率控制机制——SRC 算法。

SRC 算法中编码器的率失真函数可描述为

$$R = X1 * S * Q^{-1} + X2 * S * Q^{-2} \quad (5)$$

其中 R 为编码的比特数，编码器就依据 R 来控制各编码环节，调节最终编码器在单位时间内的输出码率；S 为编码复杂度，即平均绝对差 (mean absolute difference, MAD)；Q 为量化参数；X1、X2 为模型参数，初始化为 1，以后每编一帧后，都根据过去每帧所使用的量化参数和编码复杂度来计算更新^[6]。在编码器端，通过自适应码率控制，较为合理地为一帧分配可用的编码比特数，并依据这个比特数，输出相应的帧编码比特流。这样，编码器能充分利用现有带宽资源。图 3 给出了使用该算法对帧率为 30 帧/s 的 MPEG 标准测试序列 Akiyo_cif 进行处理，在不同带宽下自适应码率控制计算的每帧可用比特数，编码器可以根据每帧可用比特数进行适当精度的编码控制，并输出相应大小的比特流。

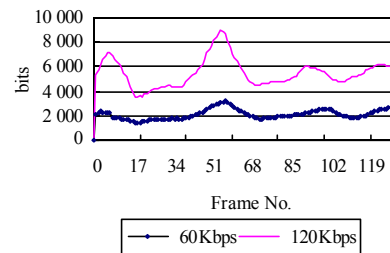


图 3 在不同带宽下 SRC 计算的每帧可用比特数

为了满足波动带宽资源和不同接收端性能的需要，算法中采用了自适应解码机制。其思想是根据网络实际情况，预先设定一个最低传输码率，使得编码器和解码器的运动补偿都依据最低带宽进行，这样，编码器端在最低带宽和当前带宽这两种带宽下进行码率控制，相应地，解码器端也需要在最低带宽和当前可用带宽下进行解码，得到两种不同精细程度的比特流：在最低带宽下进行解码的比特流较粗糙，用于重建参考帧，供下一帧解码使用，确保了编解码器运动补偿的一致性；在当前可用带宽下进行解码的比特流较精细，经解码后直接输出显示，当前可用带宽越大，则解码图像越清晰，实现了带宽自适应解码。

2.3 智能监控

视频识别技术是实现智能监控的关键技术。其核心思想是依据图像的亮度、色度、灰度等基本信息，对视频帧中感兴趣的图像内容进行自动识别和提取^[7]。本系统采用的目标识别方法是：首先，将图像帧划分为以像素块为元素的方格，像素块是指由多个像素组成的方块结构，一般边长为 4、8 或 16 个像素，像素块的大小决定了视频识别的精度。其次，通过鼠标点击、框选等操作选中被识别目标所在区域的像素块，确定目标的坐标和范围，最后，实时监测目标像素块灰

度值,实现对目标的实时提取和分析,当目标像素块灰度均值和前一帧初始值的差值超过给定阈值时,即启动录像和报警。如图4(a)、图4(b)所示,设定手机为监控目标,像素块阈值为10,用51个绿色像素块覆盖手机所在区域,图4(c)中当手接近监控目标时,变化的像素块个数超过10个,触发了报警。

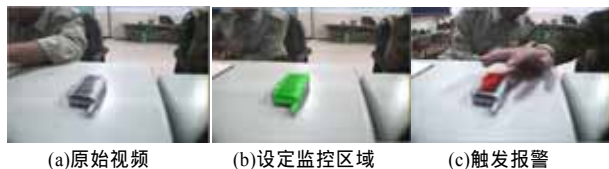


图4 智能监控原理

本系统实现智能监控的方法是:采用8×8的像素块覆盖重点监控区域,并设置报警阈值。由于8×8的像素块相对于352×288的视频帧来说,已经具有足够的精度,因此,可以满足绝大部分监控目标的需要,如果精度不够,还可以通过远程调整摄像头的焦距和云台,将目标放大,并置于图像中合适位置后再设定监控区域。然后,系统对监控区域的像素灰度值进行实时监测,当变化的像素块个数超过设定的阈值时,就表示监控区域出现异常,即触发报警和录像。阈值的设定通常根据实际经验设定,当重要部位要求安全等级较高时,可以选择仅有几个像素块变化时就报警,以减少漏警,否则,适当增大阈值以减少虚警。

3 实验结果及讨论

表1 系统音视频传输性能测试表

通路	1路(Kbps)		2路(Kbps)		3路(Kbps)		4路(Kbps)	
	下载	上载	下载	上载	下载	上载	下载	上载
最大传速	574.4	8.8	1 520	10	2 310	13	4 090	18
平均速率	418.4	2.4	1 280	4	1 960	5.4	2 471	11
图像质量	352×288, 25 帧/s, 清晰							
语音质量	清晰, 连续							
备注	Root 站点与 Client 站点平均相距 10km, 天线高为 6m, 无线网最大带宽 5 850Kbps, 平均带宽 5 210Kbps							

安装基于无线网络的视频智能监控系统,共配置4个站点,1个站点作为Root,同时接入有线网,3个站点作为Client。测试环境:Root 站点与 Client 站点平均相距 10km,天线高都为 6m,通信空间内有大片水面和少许低矮建筑物,每个站点除了监视器不完全相同外,其它硬件设备相同。表1 是系统音视频传输性能测试表。

由表1可知,无线网络为系统提供了较为充足的带宽资源,无线网络的平均带宽为5 210Kbps,完全能够满足4路音视频信号同时传输的需求。在测试中使用了4路,每路的帧幅为352×288,其总数据量相当于16路172×144的数据量,由于系统的瓶颈主要在无线网络带宽上,因此,本系统完全可以支持16路的应用,能够较好地实现智能监控的功能,如图4所示。此外,系统有良好的网络扩展性,通过从Root站点的交换机上引出一个端口与本地有线网相连,经过一个路由器,在本地有线网的另一个子网上安装客户端程序,可以正常接收到所有的4路音视频信息。实际上,由于本系统实现了无线网与有线网的无缝对接,网络资源对于系统的应用是透明的,因此,通过任何一个站点(Root 或 Client),系统都可以扩展到有线网。

4 结论

本文提出了一种基于无线网的视频智能监控系统,可实现10km范围内,16路视频(176×144)、语音清晰连续双向传输、目标监控和远程报警,帧率为25帧/s,可实现随时与有线网无缝对接,进一步扩展监控范围。由于本系统具有不需要布线、结构灵活、安全性高、与有线网兼容性好等特点,因此非常适用于对存放危险品的库房、存放贵重物品的场所、关键通道的门卫和位置分散、移动性强的值班岗位的监视。

参考文献

- 1 Foresti G L. A Real-time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environments[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1998, 8(6): 697-704.
- 2 Rao R, Kesidis G. Purposeful Mobility for Relaying and Surveillance in Mobile Ad Hoc Sensor Networks, Mobile Computing[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2004, 3(3): 225-232.
- 3 明亮, 谢桂海. 楼层 WLAN 的设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(3): 23-25.
- 4 谢桂海. 基于小波压缩的远程无线网视频监控[J]. 计算机工程, 2002, 28(12): 44-48.
- 5 明亮, 谢桂海. 一种 SPIHT 编码和运动补偿相结合的可扩展视频压缩算法[J]. 中国图像图形学报, 2004, 9(8): 908-915.
- 6 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3908, MPEG-4 Video Verification Model Version 18.0[Z]. The Pisa Meeting of 2001.
- 7 Liang Ming, Guihai Xie, Yinlong Wang. An Image Enhancement Arithmetic Research Based on Fuzzy Set and Histogram[C]// Proceedings of the 9th International Conference on Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining and Grandular Computing. 2003: 386-390.

(上接第265页)

- 5 Van J G, Bosch J. Design, Implementation and Evolution of Object Oriented Frameworks: Concepts & Guidelines[J]. Software-practice & Experience, 2001, 33(3): 277-300.
- 6 何先华. 软件构件技术及其应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2002-03.
- 7 Casais E. An Experiment in Framework Development[J]. Theory and

Practice of Object Systems, 1995, 1(4):269-280.

- 8 Yang Qingping, Butler C. An Object-oriented Model of Measurement Systems[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1998, 47(1): 104-107.
- 9 Bosch J. Design of an Object-oriented Framework for Measurement Systems[M]//Fayad M E, Schmidt D C, Johnson R E. Domain-specific Application Frameworks. John Wiley, 1999: 177-205.