

# 基于流媒体的道口智能报警系统<sup>①</sup>

潘世铭<sup>1,2</sup>, 蒲宝明<sup>2</sup>, 张瑞娟<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院研究生院, 北京 10049)

<sup>2</sup>(中国科学院沈阳计算技术研究所, 沈阳 110171)

**摘要:** 为降低我国铁路道口交通事故的发生几率, 提出了一种基于流媒体技术结合运动检测的道口智能报警系统。本系统采用 C/S 模式, 它的前端(服务端)主要负责视频采集、图像处理、H.264 编码以及视频与报警信息的传输, 后端(客户端)采用嵌入式 WinCE 设备, 负责实时接收视频和报警信息。描述了系统的总体设计方案和各功能模块的设计与实现, 并对 H.264 编解码、实时传输协议(RTP)以及运动检测等关键技术与算法进行了详细的说明。经测试验证, 服务端能够精确检测出障碍物, 客户端能够实时、流畅播放前端采集的视频, 系统的应用能极大地降低道口交通事故的发生几率。

**关键词:** 智能报警; H.264; WinCE; RTP; 运动检测; DirectShow

## Intelligent Alarming System Based on Streaming Media in Railway Crossing

PAN Shi-Ming<sup>1,2</sup>, PU Bao-Ming<sup>2</sup>, ZHANG Rui-Juan<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

<sup>2</sup>(Shenyang Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110171, China)

**Abstract:** In order to reduce the probability of traffic accidents in China's railway crossing, an intelligent alarming system based on combination of streaming media with motion detecting is presented. In the system, we use the Client/Server mode. The server is responsible for video capture, image processing, H.264 encoding and transmission of video and alarm information. The client which based on embedded wince device is responsible for receiving real-time video and alarm information. The design and implementation of all parts are expounded in this paper. The key technologies and algorithms are explained in detail. Experiments show the system can accurately detect obstacles, play the video smooth and greatly reduce the risk of crossing traffic accidents.

**Keywords:** intelligent alarming; H.264; WinCE; RTP; motion detect; DirectShow

## 1 引言

近年来, 铁路道口交通事故时有发生, 其主要原因有火车提速、缺乏有效的道口监控系统及一些人员缺乏交通安全意识。如果运行中的火车在离道口适当的距离处能够收到前方道口有障碍物的报警信息, 从而采取相关措施, 则能大大降低道口交通事故发生的几率。本课题研究正是根据以上情况, 设计一个铁路道口安全智能报警系统, 使其能够对道口障碍物进行实时检测, 并向离道口一定距离的火车发送视频和报警信息以提示火车上的相关工作人员采取安全防范措

施; 目前国外像德国、日本等一些国家已有相关道口安全防护设备采用雷达、红外等技术对道口进行监控, 大大降低了道口事故率, 但也存在通讯距离、检测精度低等问题, 国内目前还没有这类系统。现今监控领域大多结合运动检测、模式识别技术以对现场进行智能化监控并逐步向嵌入式技术方向发展。本文研究了 H.264 编解码标准、RTP 打包技术、DirectShow 技术、OpenCV 图像处理以及运动检测相关算法。在工控机上设计与实现系统服务端的各个功能模块, 在嵌入式 WinCE 设备上设计与实现系统客户端的各个功能模块。

① 收稿时间:2010-08-10;收到修改稿时间:2010-09-07

## 2 系统总体设计

道口智能报警系统主要由 PC 平台上的服务端和嵌入式 WinCE 平台上的客户端组成。系统总体结构如图 1 所示。系统主要由以下三个部分组成:

(1) 系统前端(服务端)。由模拟摄像头、视频采集卡以及工控机组成,负责视频采集、障碍物

智能检测、H.264 视频编码以及 RTP 打包发送视频码流。

(2) 通信设备。在局域网内由无线 WiFi 负责传输视频码流与报警信息,根据传输距离的不同要求安装相应个数的无线路由器(AP)以负责中继转发视频码流与报警信息。

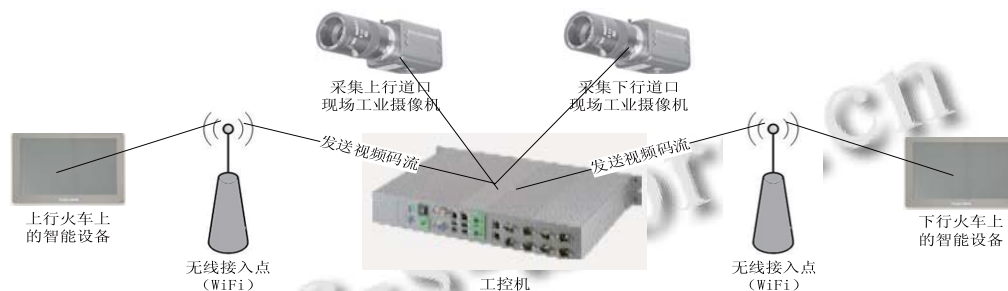


图 1 系统总体结构

(3) 系统后端(客户端)。客户端主要负责视频码流的接收、报警信息的提取、H.264 视频码流解码以及实时视频的显示。主要采用嵌入式设备,可以是便携式笔记本、手持机等,在本文中应用了 UT-S3C6410 开发板,采用 WinCE 系统平台。

整个系统的视频码流由基于 TCP/IP 的 RTP 协议负责发送和接收,可分别支持单播、组播以及广播三种传输方式,系统使用的灵活性得到了很大的提高。服务端至少需要使用两个摄像头,分别负责铁路上行和下行道口现场实时视频的采集,系统中通过多线程机制实现多路视频的采集和处理。

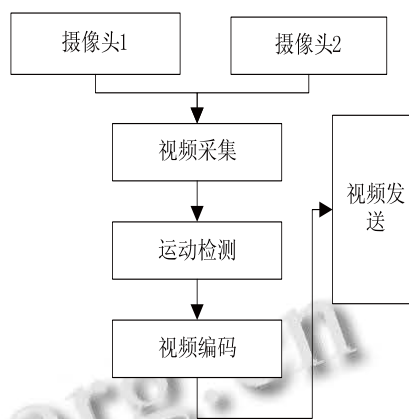


图 2 服务端工作流程

## 3 系统服务端的设计与实现

前端(服务端)主要工作模块有:视频采集、视频序列处理(运动检测)、H.264 视频编码以及 H.264 视频码流 RTP 打包发送。

### 3.1 服务端功能及工作流程

服务端工作流程如图 2 所示。

在本文中系统服务端主要采集两路视频(上行、下行)进行视频处理,运动检测模块对采集到的视频序列利用特定的图像识别算法智能检测道口中出现的障碍物,以实现无人自主监控。

### 3.2 服务端软件设计与实现

服务端软件主要分为视频采集模块、障碍物检测模块、H.264 视频编码模块和 H.264 视频码流 RTP 打包发送模块。

#### 3.2.1 视频采集模块

视频采集模块硬件上由模拟摄像头和 WDM 视频采集卡组成,并由 DirectShow 负责实时视频的采集,DirectShow 支持多种接口的视频采集卡例如 PCI、AGP 等,它对视频设备的采集是通过特定的包装 Filter (Video Capture Filter)实现的<sup>[1]</sup>。首先我们需要枚举系统设备来找到代表各个采集卡的 Video Capture Filter,依

次使用 `ICreateDevEnum`、`IEnumMoniker` 和 `IMoniker` 三个接口；然后设置视频设备的参数（图像分辨率、帧率、色度等）。视频采集流程如图3所示。

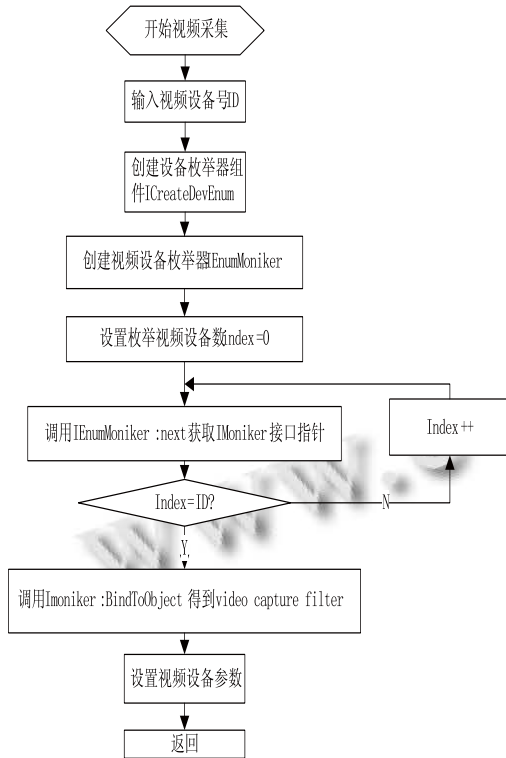


图3 DirectShow 视频采集流程图

### 3.2.2 障碍物检测模块

障碍物检测模块主要负责道口现场运动目标的检测，传统的方法是背景图像差分法，根据当前图像和预先得到的背景图像的差值区分背景和运动物体，其难度在于如何准确获得背景，尤其是动态背景，固定的背景模型可用于固定场景中，但无法准确地表示呈多态性的背景，因而不能使用于变化的背景<sup>[2]</sup>。目前针对动态背景建模国内外提出了许多模型，本文为简化服务端运算复杂度，采用固定间隔背景更新，即如果当前图像与预先设置好的背景图像的差值小于一定的阈值并且与上一背景图像相差  $n$  帧(该  $n$  值自己设定)则更新背景图像为当前图像。经验证该算法检测精度高。

图像处理上采用了强大的 `OpenCV` 库函数，图像处理中的许多算法 `OpenCV` 都已帮我们实现，我们所要做的就是简单的调用它，这可以让我们把主要精力集中在系统其它功能模块的实现上。

### 3.2.3 H.264 视频编码模块

H.264 是一种高性能的视频编解码技术，由国际电联(ITU-T)和国际标准化组织(ISO)联合制定的新数字视频编码标准<sup>[3]</sup>。H.264 的最大特点是具有很高的数据压缩比率。在无线网络带宽有限的情况下，采用 H.264 编码能够改善网络丢包问题。

本文采用开源的 x264 编码器进行视频编码；服务端是在 `DirectShow` 框架下实现的，视频编码部分单独封装成一个 `Filter`，由于客户端采用 `S3C6410` 自带的硬件解码，其只支持 H.264 Baseline Profile<sup>[4]</sup>，所以需要在编码 `Filter` 内部设置编码参数为 H.264 Baseline Profile，在编码 `Filter` 内部调用 `x264_encoder_open` 函数打开 x264 编码器，调用 `x264_encoder_headers` 函数得到图像的 SPS(序列参数集)与 PPS(图像参数集)<sup>[4]</sup>，调用 `x264_encoder_encode` 函数对上级采集视频 `Filter` 传送过来的原始视频进行编码，每帧图像经过编码后将得到一个 NAL 单元。一个 NAL 单元由一字节的头和荷载字节串组成。具体格式如图4所示。

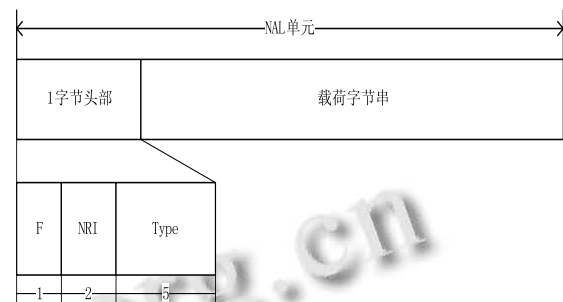


图4 NAL 单元格式

如图4所示,1字节头部也叫NAL单元类型字节,其各部分语义描述如下:

(1) **F**: 1bit, 一般都设置为 0, 设置为 1 指示语法违例, 在本文中 **F** 对于 H.264 编码不起任何影响, 本文利用 **F** 位来携带报警信息。

(2) **NRI**: 2bit, 00 值指示 NAL 单元的不用帧间图像预测的重构参考图像, 大于 0 的值指示 NAL 单元的解码要求维护参考图像的完整性。

(3) **Type**: 5bit, 指定由 RFC3984 定义的各种 NAL 单元荷载类型。

### 3.2.4 H.264 视频码流 RTP 打包发送模块

H.264 视频码流的发送采用 RTP 协议进行打包发送<sup>[5]</sup>, 具体步骤按照 RFC3984 对 H.264 视频码流进行

打包。RTP 是一种在 TCP/IP 协议之上的应用，具有固定的 12 字节头部<sup>[6]</sup>。RTP 的实现使用 JRTPLIB 开源库。为避免单独发送报警信息以节省网络带宽，在本文中把报警信息携带在 NAL 单元类型字节的 F 位，因 F 位对 H.264 解码没有任何影响，如检测到障碍物则设置该位为 1，否则设置该位为 0。

X264 编码器出来的 NAL 单元只有 I 帧(Type=5) 和 P 帧(Type=1)，客户端解码器部分采用的是 UTS3C6410 开发板自带的硬件解码，解码部分遇到 I 帧时要求参考 SPS 与 PPS，否则不能解码。所以要求服务端遇到 I 帧时需重发 SPS 和 PPS。一般 SPS 与 PPS 需组装成 STAP-A 聚合包进行发送，在客户端需要拆分 STAP-A 聚合包，为简化客户端实现，SPS 与 PPS 与 I 帧组成一个 NAL 类型为 7 (SPS, NAL 类型为 8 是 PPS) 的伪 NAL 单元进行发送，该自定义伪 NAL 单元格式如图 6 所示。H.264 视频码流发送流程如图 5 所示。

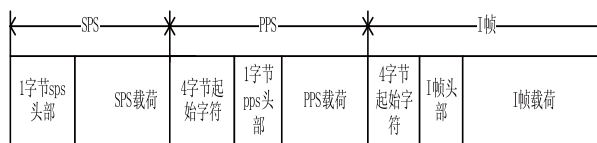


图 6 自定义伪 NAL 单元格式

流程图说明:其中 extradata 代表 SPS 与 PPS, SPS 与 PPS 前分别携带有四个字节的起始字符 0x00000001,extrasize 则表示 SPS 与 PPS 连同各自的起始字符所占的字节数。每次发送的内容为 out 缓冲区去掉开始 4 个字节的起始字符, FU-A 分片方式按照 RFC3984 进行分片打包<sup>[5]</sup>。

#### 4 系统客户端的设计与实现

客户端在 UT-S3C6410 开发板上实现,系统平台使用 WinCE 智能操作系统,在 DirectShow 框架下实现客户端程序。

##### 4.1 客户端工作流程

客户端工作流程如图 7 所示。

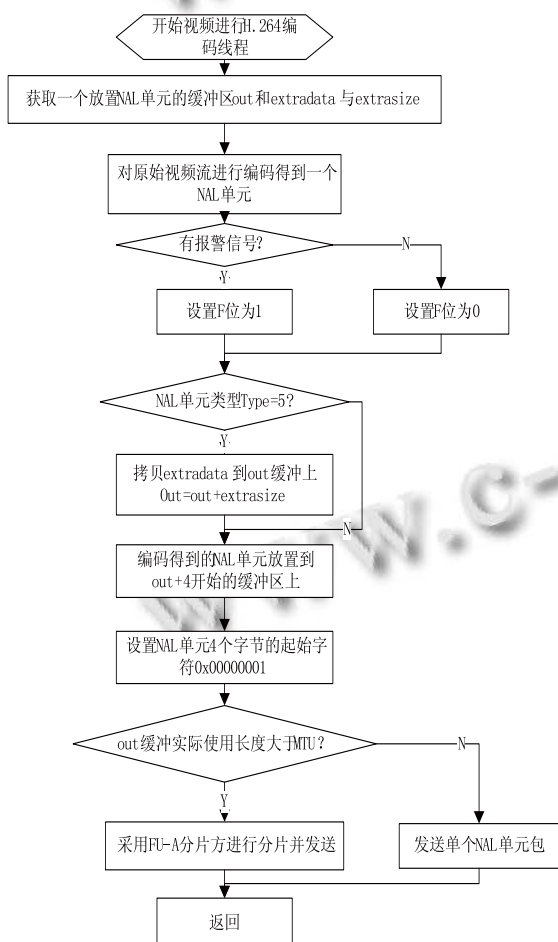


图 5 H.264 视频码流 RTP 打包发送流程图

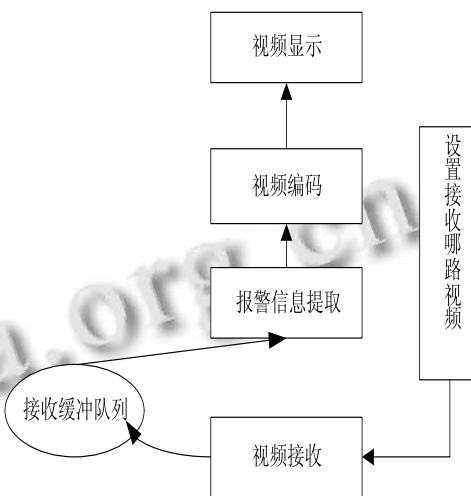


图 7 客户端工作流程图

在客户端开启了两个 UDP 端口分别用于接收上行与下行道口现场实时视频,开启了一个线程用于视频接收,通过人机交互的方式手动选择接收上行与下行道口现场视频。

##### 4.2 客户端软件设计与实现

客户端软件部分主要包含视频接收模块、缓冲队列设计模块和视频编码模块。客户端是在 DirectShow 框架下实现的, DirectShow 过滤器图如图 8 所示。



图8 客户端在WinCE平台下的DirectShow过滤器图

SourceFilter 过滤器主要包含了 RTP 视频接收模块、RTP 视频组包模块，并重载基类 CSourceStream 类的 FillBuffer 函数，在 FillBuffer 函数中从接收缓冲队列中取数据并发送到下一级视频解码器。MYMFCH264DecoderFilter 为视频解码过滤器，调用 UT-S3C6410 自带的硬件解码驱动完成 H.264 视频码流的解码。

#### 4.2.1 视频接收模块

视频接收模块的实现采用了开源的 JRTPLIB 库，为了能够流畅地播放实时视频，需要开启一个线程专门负责视频码流的接收，具体由 RTPSession 类负责在所设置端口上接收码流并拷贝到接收缓冲队列中，因多个线程使用接收缓冲队列，为避免访问冲突，使用互斥机制访问接收缓冲队列。码流接收流程如图9所示。

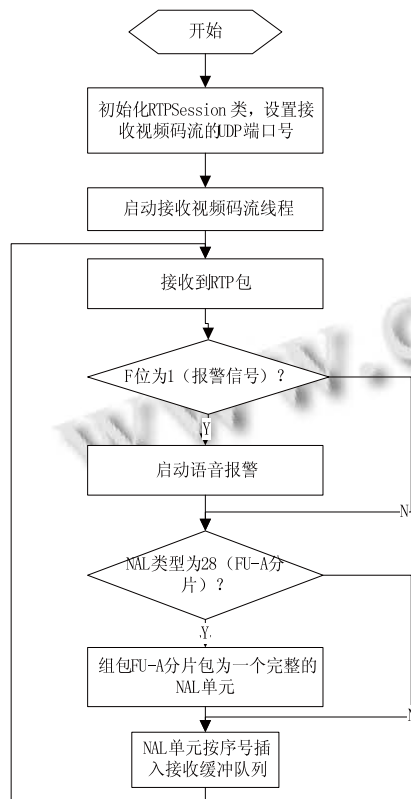


图9 客户端视频接收流程图

#### 4.2.2 缓冲队列模块

由于视频解码需要占用一定的时延，为解决客户端来不及接收视频的问题，系统单独开启了一个接收视频码流的线程，解码线程通过与接收视频码流线程共享接收缓冲队列的方式获取视频码流，这样能够解决网络丢包问题，保证了实时视频能够流畅播放。接收缓冲队列采用循环队列的方式进行设计，并封装在 CBuffer 类中，用户要使用该共享队列只需简单的传替参数对象指针即可。

#### 4.2.3 视频解码模块

由于嵌入式设备上 CPU 处理能力有限，如果采用软件解码，视频播放就会不流畅，而且还需要相当大的缓冲队列支持，因此本系统采用 S3C6410 的视频硬件解码。硬件解码的实现采用三星公司提供的 MFCLib 库，该库封装了各种媒体类型(H.264、MPEG4、VC1 等)的硬件解码 API。进行 H.264 视频硬件解码过程如下所示：

- (1) 调用 SsbSipH264DecodeInit 库函数获得 H.264 解码器实例；
- (2) 调用 SsbSipH264DecodeGetInBuf 库函数获取输入 H.264 码流视频的缓冲区 pStrmH264Buf；
- (3) 拷贝待解码的 H.264 视频码流到 pStrmH264Buf 缓冲区中；
- (4) 调用 SsbSipH264DecodeExe 库函数进行 H.264 视频码流解码；
- (5) 调用 SsbSipH264DecodeGetOutBuf 库函数得到经过解码的 YUV 视频数据。

由于客户端是在 DirectShow 框架下实现的，所以解码部分需要封装成一个解码器 Filter，以 COM 组件的思想封装上述解码过程。图10为客户端采用硬件解码在 UT-S3C64 开发板上运行结果。

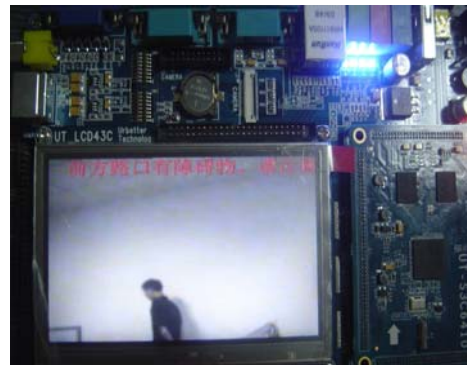


图10 客户端运行结果

(下转第5页)

## 7 结束语

本文介绍网络控制中心监控系统是联合了电子技术和网路技术的基础之上发展起来的, 具有较大发展前景。如以本系统为蓝本, 在多个机房内安装本系统, 有利于降低管理成本, 减轻工作人员的工作量, 提高管理质量, 减少和避免不必要的损失和失误。但是本系统安装的功能模块数量、系统稳定性、系统集成化程度等还有待改进的地方。如作进一步研究, 系统功能更强大, 应用范围将更广泛。

### 参考文献

- 1 元增民. AT89S51 单片机与 ADC0809 模数转换器的三种典型连接. 长沙大学学报, 2005, 19(5): 69-72.
- 2 刘焕平, 韩树新. ADC0809 与 AT89C51 的一种接口方法. 石家庄师范专科学校学报, 2002, 4(2): 52-53.
- 3 张凤均, 等. Labwindows/CVI 开发入门和进阶. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- 4 朱小襄. ModBus 通信协议. 电子工程师, 2005, 31(7): 42-44.
- 5 谭浩强. C 程序设计. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- 6 赵利红, 刘海. 基于 DSP 和数据库的电网监控系统开发. 工业控制计算机, 2009, 22(2): 64-66.
- 7 朱小襄. ModBus 通信协议. 电子工程师, 2005, 31(7): 42-44.
- 8 向涛, 鲁五一, 熊红云. 基于 Labwindows/CV 的 Modbus 通信在温度控制系统的实现. 工业控制计算机, 2005, 18(10): 41-42.
- 9 罗智佳, 杜启亮, 陈骞, 等. 短信息报警与处理数据采集监控系统的应用. 微计算机信息, 2006, 22(9-2): 281-283.
- 10 杨兆华, 王坤林. 基于 DSP 的 VRAL 蓄电池在线监测系统的设计. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2007, 25(1): 32-35.
- 11 王坤林, 游亚戈, 吴必军. 海岛独立能源发电站可视化监控系统的实现. 可再生能源, 2009, 27(6): 87-89.
- 12 张亚群, 姜曼松, 游亚戈. 基于 LabwindowsCVI 及 Trio205X 的造波机控制系统. 机床与液压, 2009, 37(7): 121-122.
- 13 张亚群, 游亚戈, 吴必军, 王坤林. 基于 ADC0809 的 16 通道数据采集系统. 计算机工程, 2010, 36(14): 222-226.

(上接第 39 页)

## 5 结论与展望

为降低我国道口交通事故发生的几率, 本文提出了一种基于流媒体的移动智能报警系统的方案, 采用道口现场与火车进行实时通信的方式设计与实现了一套道口智能报警系统; 在此方案的基础上详细论述了系统的总体结构、服务端设计、客户端设计及各类关键技术。经测试验证, 该系统检测精度高, 客户端视频播放流畅, 延时得到了较好的控制, 整个系统运行稳定。

接下来的工作将在嵌入式平台上实现系统服务端, 以节约系统投入成本, 提高系统的使用效率; 还将进一步研究广播发送视频在现有无线网络条件下, 如何减少网络丢包问题, 提高系统的可扩展性。

### 参考文献

- 1 陆其明. DirectShow 开发指南. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- 2 张弛. 一种基于 DirectShow 的实时运动监测系统的实现. 核电子学与探测技术, 2006, 26(5): 679-682.
- 3 肖吉军, 陈利学. H.264 在网络视频监控系统中的应用研究. 软件导刊, 2009, 8(6): 182-183.
- 4 ISO/IEC 14496-10 Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification. 2002.
- 5 Wenger S, Hannuksela MM, Stockhammer T, Westerlund M, Singer D. RTP Payload Format for H.264 Video, RFC 3984, 2005.
- 6 Schulzrinne H, Casner S, Frederick R, Jacobson V. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, STD 64, RFC 3550, 2003.