

# 智能视频分析技术在综合安防系统中的应用<sup>①</sup>

陈冬冬<sup>1</sup>, 张曼琳<sup>2</sup>, 贾平<sup>3</sup>, 汪永强<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(安徽工业大学 计算机学院, 马鞍山 243002)

<sup>2</sup>(浙江工业大学 教育技术学院, 杭州 310014)

<sup>3</sup>(深圳市赛为智能股份有限公司 开发部, 深圳 518057)

**摘要:** 为了满足不断提升的地铁综合安防系统的运营管理要求, 结合了某市大型地铁项目, 对目前数字视频监控系统中采用的视频分析技术进行了分析, 指出了这种技术在当前应用中的不足, 提出了改进策略, 通过把相关设备深度集成到监控系统中来, 使视频分析系统更加智能化的同时提高了监控系统的精确度和整体可控度。详细介绍了智能视频分析系统的设计思想和技术选择、组成以及实现过程等, 并阐述其未来的发展前景。

**关键词:** 综合安防系统(ISDS); 视频分析技术; 深度集成; 智能化; 智能视频分析系统

## Application of Intelligent Analysis Technology for Video to Integrated Security Defence System

CHEN Dong-Dong<sup>1</sup>, ZHANG Man-Lin<sup>2</sup>, JIA Ping<sup>3</sup>, WANG Yong-Qiang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(School of Computer, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China)

<sup>2</sup>(School of Education Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

<sup>3</sup>(Develop Department, Shenzhen Sunwin Intelligent Co.Ltd, Shenzhen 518057, China)

**Abstract:** To meet the rising demands of operational management in the subway integrated monitoring system, this paper, based on the analysis of Digital Video Surveillance System used in the integrated security project of the Shenzhen metro No .1 extend project, analyzes the moment widely-used video analysis system, points out the shortage of the system, and proposes some better improvement strategies. By deeply integrating relative the integrated security project of the Shenzhen metro No .1 extend project equipment into control systems, it makes the video analysis system more intelligent. At the same time, it also improves the accuracy of the supervisory system and controllability to the whole system. This paper describes the design idea, technology selection, system components, system structure and system function of the intelligent video analysis system in detail. In the end, it also explains the developing potential of the intelligent video analysis system.

**Keywords:** integrated security defence system; analysis technology for Video; deep integration; intelligent; analysis system for Video

## 1 引言

随着我国国民经济的发展和全球化进程的加快以及最近的“平安城市”、3111工程与数字化城管等一系列措施的出台, 中国安防产业也迎来了最佳的发展时机, 目前已经具备了视频监控、门禁系统、入侵报警等十几个大类, 在人们对安全问题高度关注的

同时, 数字视频监控系统发展异常迅猛<sup>[1]</sup>, 因此, 在综合安防系统的建设中要具备前瞻性, 如何使值班人员从“死盯”监视器的繁重单调的工作中解脱出来? 如何完善综合监控的安全管理, 如何从整体性进行考虑, 以深度集成安防框架下的各个子系统, 使其充分发挥其最大效能, 来满足不断提升的综合监控系统的

① 基金项目:深圳地铁一号线续建工程综合安防系统项目(GMTC-SZMC020/2007)

收稿时间:2010-09-08;收到修改稿时间:2010-10-12

运营管理要求, 在这种背景下, 智能视频分析技术有

效地深度集成到监控系统中来<sup>[2]</sup>, 以弥补传统监控的

不足并将监控人员解放出来集中处理关键业务，以达到提高监控系统的精确度和智能化可控度越来越得到人们的高度重视。本文首先描述了现今普遍采用的视频分析技术并总结出其存在的不足，提出了可行性更高的智能视频分析系统，并详细给出了它所采用的关键技术以及实现过程等，给未来安防领域提供了一个很好的参考方案。

## 2 视频分析技术

目前普遍采用的视频分析技术体系结构是前端分析；即前端采用模拟摄像机采集取像，将视频流通过网络传回处理分析服务器端，利用模数转换设备将前端得到的模拟信号转换成数字信号并经编码算法压缩处理，其中经过复杂繁琐的图像分析处理，之后再存储在磁盘阵列里，供需要时查看。采用的关键技术有：视频移动探测技术（VMD-Video Motion Detection），压缩编码技术采用 MPEG-4、视频传输协议采用 UDP 协议、背景差法运动目标检测等技术。系统的结构简图如下：

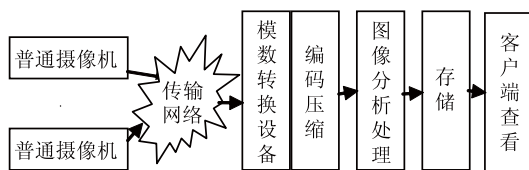


图 1 视频分析结构简图

该系统主要的不足有以下几点：

(1) 网络承受的传输压力过大。因为前端的摄像头采集到的图像视频未经过任何处理直接通过网络传回后面服务器端，在服务器端再经过一系列的处理。

(2) VMD 技术采用比较相邻帧图像像素的变化情况，此技术的应用比较有局限性，不适合多种环境，容易产生漏报和误报，对于一些静态场景过于敏感，如树叶的晃动等，可能触发误报警，因此不适合用于室外。

(3) 采用 MPEG-4 编码技术，压缩的效率还不是很理想。

(4) 在处理结束后反馈机制不明确不及时，属于被动的分析处理，需要用户自己去查看或者需要调用图像时才发现有过非正常的画面，未定义智能分析报警机制。

(5) 整个系统结构较复杂，从实施上来看也较繁琐。

## 3 智能视频分析系统设计思想和技术选择

针对以上一系列的问题，结合本项目现有的情况详细阐述了智能视频分析系统的设计思想和技术选择。

### 3.1 系统的设计思想

针对以上一系列的问题，结合本项目现有的情况，在智能视频分析上要求采用视频模式自适应识别技术对指定的监控画面能够进行视频分析<sup>[3]</sup>；数字视频分析功能采用嵌入式的专门硬件设备，当其他用户需要时还能分配给其他多媒体工作站。视频分析功能以前端分析硬件设备为前导，通过收取网络消息，以消息处理的方式嵌入到数字视频监控软件中，视频分析的结果以事件输出的方式送达监控软件并在客户端实时给出报警，同时，也可作为预案元素参与自由编程；要求突破以往的系统瓶颈和不足，以达到智能化程度更高的视频处理分析效果<sup>[4]</sup>。

### 3.2 技术选择

#### 3.2.1 高性能的视频编解码技术 H.264<sup>[5,6]</sup>

关于视频压缩的算法和标准有很多，其中 ISO 与 IEC 联合制定的 MPEG-X 系列和 ITU-T 的 H.26X 系列标准占视频压缩编码技术的主导地位。其中 MPEG-4 是目前应用最为广泛的视频压缩标准。但最新的由 ITU-T 视频编码专家组 (VCEG) 和 ISO/IEC 动态图像专家组 (MPEG) 联合提出 H.264 更能胜任视频的压缩处理，在同等图像质量的条件下，他比 MPEG-4 的压缩效率还要高 1.5-2 倍，它注重实用、注重对移动和 IP 网络的适应，在要求视频图像编码质量相同时，具有更好的网络适应性，从而能够在相对较小带宽的条件下，提供高画质的视频信息传输服务，这也正是本项目采用 H.264 技术所带来的最大优势。

H.264 采用“预测 + 变换编码 + 熵编码”的编码模式。其编码模块主要有：DCT 变换，熵编码，预测<sup>[7,8]</sup>。下面给出在视频压缩中最常用的变换方法 DCT 变换，如下所示：

$$F(u, v) = \frac{1}{2} k(u) k(v) \sum_{x=0}^3 \sum_{y=0}^3 f(x, y) \cos \frac{(2y+1)u\pi}{8} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{8}$$

其中,  $k(0) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ , 当  $u \neq 0$  时,  $k(u) = 1$  利用余弦函数的性质, 可得到

$$|F(u, v)| + \frac{Qstep}{3} < Qstep$$

在 INTRA 帧量化中,

$$|F(u, v)| + \frac{Qstep}{3} < Qstep \text{ 时, } F(u, v) \text{ 量}$$

化为 0, 即

$$\sum_{x=0}^3 \sum_{y=0}^3 |f(x, y)| < \frac{4}{3} Qstep \text{ 时, 所有变换系数量化为}$$

0。其中,  $Qstep$  为量化步长。

H.264 编码器的软件实现过程是:

① 初始化编码器, 内存缓冲区规划, 图像参数设置等。② 打开算法接口, 检测 CPU 并设置指针。③ 根据 SLICE 类型初始化一帧。④ 开始帧编码, 读参考帧。⑤ 在码流中写入供解码器解码用的参数。⑥ 进入宏块编码循环, 初始化宏块的上下文信息。⑦ I、P 帧模式判决。⑧ 针对不同模式, 编码宏块。⑨ 得到宏块编码后的非零系数计数和 cbp。⑩ 写 cavlc 码流。其核心部分是宏块编码循环。包括四个函数 H264\_encode\_intra\_y(t), H264\_encode\_intra\_uv(t) 和 H264\_encode\_inter\_y(t), H264\_encode\_inter\_uv(t)。前面两个函数完成 I 帧编码, 后面两个函数完成 P 帧编码。

### 3.2.2 嵌入式硬件集成前端分析单元

这是本文解决的一个主要问题, 就是在视频分析体系结构中把图 1 中所示的模数转换设备、编码压缩功能模块、图像分析处理单元统统深度集成到摄像机端的前端分析单元上, 这样一个最大的好处就是在前端完成这一系列的动作后, 剩下的信息量相对于未处理的要小得多了, 这样给整个网络也减轻了传输压力; 把有用的信息经过网络传输到服务器端存储起来, 并与报警模块联动, 主动实时给出报警。以下给出智能视频分析结构简图:

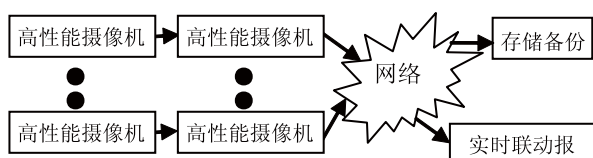


图 2 智能视频分析结构简图

智能视频分析是利用计算机视觉技术, 对画面进行分析、处理、应用的过程、主要包含如下关键过程:

- (1) 背景学习过程: 自动学习监视场景的背景情况
  - (2) 加载预处理过程: 加载用户的预定义规则
  - (3) 目标提取跟踪过程: 提取跟踪前景变化目标, 检测并分析目标的活动
  - (4) 视频分析判断过程: 根据规则追踪目标的活动判断是否违反预定义规则
  - (5) 触发报警过程: 确定目标活动违反规则, 根据预定义传输报警到指定的用户
- 3.2.3 因为视频传输对实时性要求很高, 所以采用效率较高的 RTP/RTCP 协议, 采用 HTTP/TCP 来传输对可靠性要求较高的控制协议。

## 4 智能视频分析语义规则的定义

视频分析算法可以识别并作用以下的非正常画面:

- (1) 对于特定时间内 (如非运营时间) 画面有人员闯入时报警。
- (2) 对于画面有人员闯入时报警的同时操作云台跟踪闯入者。
- (3) 检测到丢弃物并报警, 对站台、站厅疑似危险物给出报警提示。
- (4) 看管画面中不准移开的物品。
- (5) 指定区域内侵入报警。
- (6) 翻越付费区边界围栏报警。具体包含以下定义: 定义警戒区域 (防区)、设置算法精度、定义背景学习时间、定义好摄像机视场、定义典型物体及一些过滤器、无效状态系数 (SAD)、防抖滤波、静态运动滤波是否应用等。

## 5 智能视频分析系统的系统组成

智能视频分析系统包括四个部分: 前端分析单元, 服务器, 管理设置工具, 报警管理工具。

前端分析单元: 它是整个系统的核心部分, 负责所有图像采集、目标判别、规则演算的工作。每一路需要分析的视频需要配置一路前端分析单元, 视频信号直接接入前端分析单元进行分析处理, 这样做的优点是不言而喻的, 图像分析处理分布在前端可以保证视频质量减少误报漏报, 也可以利用报警信息对视频编码和录像存储进行动态优化调节从而减轻网络带宽和存储容量的压力。报警信息通过前端分析单元的网络接口发送给服务器, 而且还可以利用自身的可编程的 GPIO 与编解码器、NVR、DVR、门禁控制器、报警收集器等进行硬件联动, 比如: 通过前端分析单元在管理设置工具里事先制定好自适应的触发规则并和门禁联动过后, 当前端发生紧急情况时将自动锁上

某些事先指定的门,以达到安全防范的目的;甚至可以利用前端分析单元的 RS-485 接口来操控 PTZ 摄像机。

**服务器:**最重要的任务是管理所有的报警信息。服务器采用 PC 服务器,其上运行着一个 SQL 数据库,前端分析单元通过网络传送回来的报警信息全部存储在数据库中。每一条报警信息中包括产生报警的前端分析单元标识、报警时间、所违反规则的说明、报警触发前一瞬间和触发后一瞬间的两张现场快照。服务器还负责维护与前端分析单元的通信,部署用户制定的报警规则。

**管理设置工具:**是用户设置报警规则的工具,用户通过这个可视化的界面,可以直观地在摄像机所拍摄的场景上用鼠标点画来制定规则,当规则制定完成后,管理设置工具与前端分析单元的交互是经过服务器自适应模块来选择进行的,用户制定的规则先发送到服务器上,然后再转发到前端分析单元。管理设置工具不仅可以设定规则,还可以设定规则执行的时间表、报警时的联动反应等。

**报警管理工具:**是一个察看报警信息的工具,用户通过这个工具既可以察看服务器实时推送的报警信息,也可以检索数据库、浏览历史报警信息。

## 6 智能视频分析系统的实现过程

本项目智能视频分析系统在结构上的特色之处是:视频图像的分析是在基于 DSP 的嵌入式硬件前端分析单元上实现,所有的图像分析都分布式地深度集成在前端分析单元上完成,利用前端的视分器接入智能分析单元,此方式可以使得视频分析单元直接对原始或最接近原始的图象进行分析;整个过程中,系统先对采集的视频流进行编码压缩处理,形成数字化的视频流,然后再经过以下的一系列的视频分析处理,最终形成有用的关键视频流并实时给出报警;智能视频分析阶段系统首先进行背景学习,期间系统自动建立背景模型,背景的建模是背景减除法的技术关键,一般采用在系统设置时期设置系统自适应学习时间来建模,根据背景实际“热闹程度”选取一段学习时间;背景学习阶段完成后,系统进入目标提取与跟踪阶段;目标提取是基于背景建模完成后,系统将会把目标进行提取并跟踪。其中的关键技术采用背景减除法的技术,将能指示出画面随时间变化的图为前景图,背景

减除方法是利用当前图象和背景图象的差分(SAD)来检测出运动区域(前景图)的一种方法,前景图是视频分析的关键部分;为了得到良好的前景图,期间需要对初步提取的前景图进行去躁处理;然后是目标的识别,它是系统对之前提取并跟踪的目标进行识别和辨识。要想让系统具有目标识别和辨识能力,需要对系统进行模型培训,就是利用已知的目标特征(如人员、动物等),对系统进行训练,系统将会在大量已知的样本信息上,了解、学习不同目标的特征(大小、颜色、速度、行为方式等),这样当系统发现一个目标时,系统将自动与已经建立好的模型进行比对、并匹配特性,从而对目标进行识别和分类;接下来,是系统的关键过程:智能视频分析,这个过程,有了之前的背景、目标跟踪、识别分类等过程,视频分析是利用以上过程的结果,根据目标出现的时间、位置、速度、大小等因素,并结合之前设置好的行为规则,实现视频分析的过程,如人员入侵、不明丢弃物、翻越边界栏等;最后,触发报警过程:确定目标活动违反规则,根据预定义传输报警到指定的用户。经过这一系列的动作后,最大好处就是减轻传输网络的工作负荷,同时,也减轻了工作人员长时间“盯屏幕”所产生的极度疲劳,提高了工作效率。其中,分析单元通过 10/100M 自适应以太网接口接入安防网络,报警信息通过安防网络传输到服务器。每一台智能视频分析单元都具有 4 路干结点报警输出,可以通过硬件联动的方式控制视频编解码器、NVR、DVR、门禁控制器、报警收集器等作出相应的联动动作。分析单元也具备 2 路 TTL 电平报警输入,可以利用其它控制设备控制分析单元的工作。

可以通过软件自由地控制开通或者关闭,不会影响其他的视频监控功能。前端分析单元产生的报警信息通过网络传输到中心的服务器上,服务器上安装数据库和管理软件管理所有的前端分析单元和报警信息,报警信息将被转换为数字视频监控软件规定的事件格式后以消息传递的方式推送给监控端并实时给出报警信号。服务器设置在控制中心,负责管理每个智能视频分析单元。利用 SDK,规则和报警的管理都可以深度集成进数字视频监控软件,以便更方便的进行操作管理,服务器接收到前端分析单元传回的报警信息后立即转发给数字视频监控软件,报警信息作为预案输入事件启动一系列联动动作。



以下是智能视频分析系统的工作原理简图：

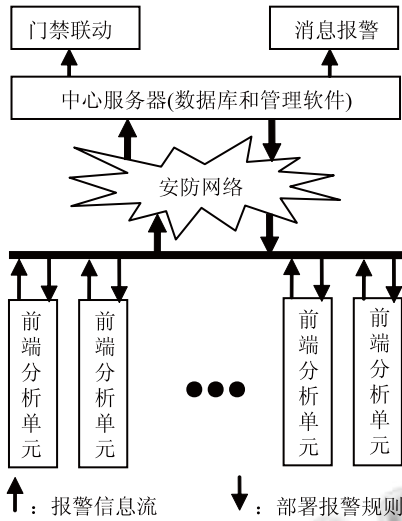


图 3 智能视频分析系统的工作原理简图

### 7 智能视频分析系统的系统功能及应用

智能分析系统是基于规则的，同样的规则应用在不同的场景就可能形成不同的功能。这也是本文提出的创新之处，根据应用不同的规则，实现了以下 6 种不同的功能：

1) 对于特定时间内（如非运营时间）画面有人员闯入时报警。



图 4 分析出有人闯入后报警效果图

对指定的检测区应用侦测人在全景画面出现的规则，同时结合时间计划，这样系统就会在特定的时间内发现有人进入监控场景并自动报警。下图是深圳地铁某站实际抓拍报警反馈效果图：

2) 对于画面有人员闯入时报警的同时操作云台跟踪闯入者。

智能视频分析单元具备 RS-485 接口，可以操作 PTZ 摄像机（本项目通过 GE-ATV 系统进行集中联

动控制)。当监控场景中有人闯入时就会报警，然后连续输出目标位置数据，通过 RS-485 指挥 PTZ 摄像机实时跟踪闯入人员。该项功能是在第一个功能的基础上更进一步，可以动态捕捉入侵者的连续画面并记录下来。

3) 检测到丢弃物并报警，对站台、站厅疑似危险物给出提示。

对指定的场景应用遗留规则，当系统发现有物体被留置在场景内超过预定的时间（比如事件设置为 60 秒）以后就会报警。这一项应用可以最大限度地减少恐怖炸弹袭击事件的发生。下图是深圳地铁某站实际测试在闸机旁遗弃包裹时抓拍报警反馈效果图：



图 5 分析出有遗弃物品后报警效果图

4) 看管画面中不准移开的物品。

对指定的场景应用拿走规则，当系统发现被看管的物体被拿走后就会报警。比如，应用于博物馆监控，重点监视一个文物，如果一旦被盗，立刻启动报警；其他场景应用类似。

5) 指定区域内侵入报警。

在指定的画面上设定一个任意形状的区域，并对这个区域应用人进入的规则，如果有人进入这个区域，系统就会立即报警。比如地铁里的重要机房，在没有经过允许的情况下是不能进入的，这时，我们可以对这一特定区域设定入侵监控规则，一旦有人闯入，立刻报警提醒。

6) 翻越付费区边界围栏报警。

具体应用是在画面中付费区边界围栏的顶部划定警戒线，一旦有人翻越围栏越过警戒线，系统就会立即报警并给予工作人员提示。

### 7 小结

智能视频分析系统还属于新兴领域，根据权威的

IDC 报告<sup>[9]</sup>称：智能视频分析系统在中国的市场普及率还未达到 5%，随着安防发展的不断加快，人们的安全防范意识不断增强，将会对智能视频分析提出更高的要求，正因为这些，智能视频分析产业将会有很好的发展前景；未来的发展重点在于建立智能视频分析监控产品的标准、加强产品的稳定性和准确性<sup>[10]</sup>；优化出更有针对性的压缩算法和有效的存储检索机制；尤其是对基于目标的自适应规则的描述表示以及增强智能分析的规则，实现多种规则的组合应用方面还需要进一步深入细致的研究。

本文在总结目前国内视频分析应用领域的现状后，结合现有的大型地铁项目，力求基于以上各种因素，提出了将嵌入式深度集成技术以及目前全新的 H.264 编解码技术应用在的视频分析系统中，很好地解决了目前普遍采用的视频分析系统架构存在的问题，在结构和技术上对目前的智能视频分析系统进行了优化，分析给出了较好的解决方案，对未来的智能视频分析系统的发展有一定的借鉴价值。

(上接第 54 页)

规则存储在数据库<sup>[4]</sup>中，根据需要关联和组合产生更具针对性的局部程序信息，大大提高程序理解的效率。

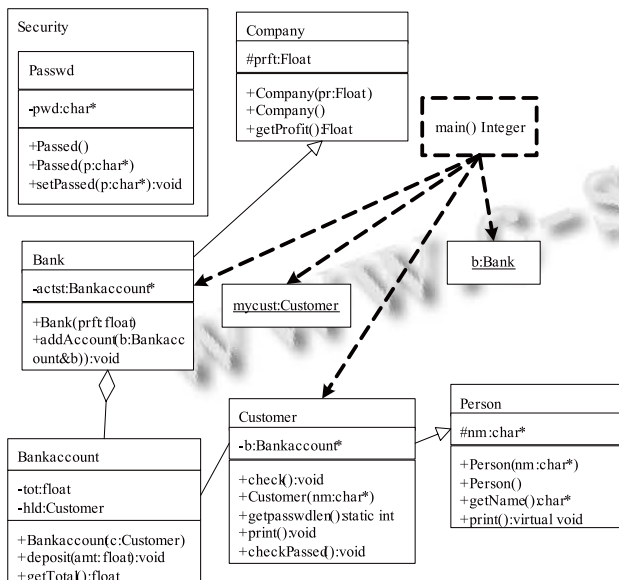


图 6 C++代码到 UML 类图的映射

参考文献

- 1 中国投资咨询网.2009-2012年中国安防行业投资分析及前景预测报告.中投顾问,2009.3:16-43.
- 2 GB50157—2003 地铁设计规范.北京:中国计划出版社,2003.
- 3 深圳市地铁有限公司.深圳地铁一号线续建工程综合安防系统技术要求,2007.4.224-380.
- 4 深圳市赛为智能股份有限公司.深圳地铁一号线续建工程综合安防系统技术需求分析,2007.224-458.
- 5 International Telecommunication Union, ITU-T H.264 standardized documentation, 2005.3.
- 6 毕厚杰.新一代视频压缩编码标准——H.264/AVC.北京:人民邮电出版社,2005.21-67.
- 7 魏芳,李学明.H.264 中整数余弦变换和周期量化的原理与分析.计算机应用研究,2004:26-28.
- 8 李洛,张剑.基于整数变换的 H.264 标准量化过程.计算机应用研究,2006,(5):31-33.
- 9 Gantz JF, Reinsel D, Chute C, et al. The expanding digital universe: A forecast of worldwide information growth through 2010. An Internet Data Center (IDC) White Paper, sponsored by EMC, 2010.
- 10 中投顾问.2010-2015 年中国安防行业投资分析及前景预测报告,2010.31-165.

参考文献

- 1 Canforaharman G, Penta DPM. New Frontiers of Reverse Engineering. International Conference on Software Engineering, 2007:326-341.
- 2 Sutton A, Maletc JI. Recovering UML class models from C++: A detailed explanation. Information and Software Technology, 2007,(49):212-229.
- 3 Kollman R, Gogolla M. Application of UML Associations and their Adornments in Design Recovery. Stuttgart, Germany: Proc. of Eight Working Conference on Reverse Engineering (WCRE'01), 2001: 81-92.
- 4 Grant SPE, Chennamaneni R, Reza PH. Towards Analyzing UML Class Diagram Models to Object-Relational Database Systems Transformations. Innsbruck, Austria: Proc. of the 24th IASTED International Conference on Database and Applications, 2006: 129-134.