

基于 DaVinci 技术的嵌入式智能监控系统

管菊花¹, 郭波²

(1. 南昌大学 南昌大学科学技术学院, 南昌 330029; 2. 华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广州 510641)

摘要: 对嵌入式智能监控系统进行研究, 提出了一种基于达芬奇技术的嵌入式智能监控系统设计方案; 该系统对运动目标检测方法进行分析, 采用基于图像序列的背景减法检测入侵目标, 用中值法对背景进行动态更新维护, 并在构建的基于 DaVinci 技术的硬件平台上实现了入侵报警算法; 实验表明, 采用中值法进行动态背景维护, 能较好适应外部环境的变化, 在检测到警戒区域运动入侵目标的同时, 获得入侵目标的方向信息, 并在 0.5 s 内发出预警信号, 满足系统实时性的要求。

关键词: 达芬奇技术; 智能监控; 背景减法

Embedded Intelligent Monitoring System Based on DaVinci

Guan Juhua¹, Guo Bo²

(1. School of Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330029, China;

2. School of Mechanical & Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: This paper discuss embedded intelligent monitoring system based on DaVinci. This scheme analyse the technique about moving detect invasion target using background subtraction of image sequence, apply median method to maintain background in order to have great adaptability and realize warning algorithm based on DaVinci hardware platform. The experimental results indicate that using median method can adapt to the environmental change, detect invasion target and acquire direction of motion, meanwhile, send out warning signal within 0.5 seconds, therefore, fulfill system requirement of real-time.

Keywords: davinci; intelligent monitoring; background subtraction

0 引言

随着社会生产和人们生活对安全性要求的不断提高, 安防监控已广泛应用于金融、交通、学校等多个领域, 在维护社会安全、保障人们生命和财产安全方面起到了举足轻重的作用。同时, 传统闭路电视监控模式存在两大弊端: 第一, 安防人员需要监视过多画面, 易造成视觉疲劳, 进而导致监控效果降低。根据 IHS 公司的研究表明, 在传统闭路电视监控模式下, 安防人员在紧盯监控画面 22 min 后, 将对视频画面里 95% 以上的活动信息处于视而不见的状态。众多摄像机需通过大量显示器来显示监控场景画面, 而受到监控中心空间的限制, 安装的显示器数量有限, 无法同时监视多个监控画面, 只能通过切换画面来监视场景。由此可见, 传统监控系统仅依靠存储的监控录像起到事后取证的作用, 而不具备对入侵事件的预测功能。第二, 当某个事件发生后, 在海量视频中搜寻该事件发生过程的视频费时、费力。传统闭路电视监控模式下, 无论是否有事件发生, 都对监控画面进行录像, 极大地浪费了存储空间。

嵌入式智能监控系统因其体积小、成本低、安装方便、软硬件保密性高等诸多优势而受到越来越多的关注。嵌入式视频监控主要由嵌入式处理器、嵌入式操作系统及相关软硬件等组成。而 DSP 技术的迅速发展, 尤其是视频处理专用 DSP

嵌入式处理器的出现, 大大推动了监控系统的更新换代^[1-2]。TMS320DM6446 (以下简称 DM6446) 是 TI (Texas Instruments) 公司推出的一款基于 Davinci 技术的音视频数字媒体处理器。本文充分利用 Davinci SoC (System on Chip) 的 ARM 核和 DSP 核的强大处理能力。在 DM6446 数字媒体处理器的平台上开发相关的算法, 使视频监控设备具备内置的智能视频分析功能。系统不仅能够采集视频, 而且还能对视频进行分析, 监视是否存在非安全性事件, 如人员非法闯入、物品盗窃等, 并能产生实时报警信号, 有效避免了上述传统监控系统的弊端。

1 DaVinci 技术

2005 年底, Texas Instruments 公司推出了达芬奇技术, 用于数码摄像机、视频安全设备、医疗成像设备、便携式视频播放器等多媒体应用领域。Davinci 技术作为针对数字视频应用推出的一系列软硬件技术的集合, 极大地完善了处理器的控制功能, 增强了处理器的数据处理能力, 同时缩短了数字视频产品的开发周期。达芬奇技术的基础是集成了 DSP 与 ARM 双内核的 SoC。ARM 内核可嵌入操作系统 (Linux 或 Windows CE), 主要起控制和管理调度作用。DSP 内核对 SoC 来说相当于一个“黑匣子”, 只处理相关算法, 如音视频的编解码、智能视频分析等。DSP 与 ARM 为异构内核, 通过引擎和服务器的机制来完成通讯和交互。使开发人员不再需要了解其视频应用中算法的具体细节, 只需使用 Codec Engine 提供的应用程序编程接口 (API) 就可对算法进行调用。在嵌入式视频监控系统中, 需要开发平台能够开发出支持完善的图形化用户界面、网络传输等控制功能。单 DSP 芯片的简易操作系统 (DSP/BIOS) 难以完成这些复杂的控制任务, 而 Davinci

收稿日期: 2014-04-05; 修回日期: 2014-05-06。

基金项目: 江西省科技厅科技支撑计划 (ZDG01700); 南昌大学自然科学基金 (ZL-2010-04)。

作者简介: 管菊花 (1982-), 女, 讲师, 硕士, 主要从事嵌入式系统方向的研究。

技术的双核结构中引入了 ARM926EJ-S 处理器、嵌入式操作系统、CodecEngine 等相关软硬件, 在很大程度上解决了这一难题。如图 1 所示, DaVinci 技术集成了处理器、开发工具、软件系统及专业技术支持四要素, 可高效的开发嵌入式视频监控系

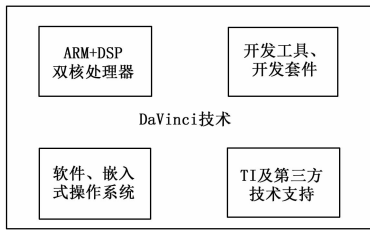


图 1 DaVinci 技术

2 系统工作原理

本系统利用 DM6446 的强大控制功能和运算能力, ARM 端负责视频采集、视频显示、网络通信、外围器件控制等工作, 而 DSP 端运行 H. 264 编码算法和智能视频分析算法。DM6446 的 ARM 内核嵌入基于 Linux 操作系统的应用程序, 外围设备均由 ARM 负责控制 (如报警信号、视频录像的存储触发信号等)。系统的工作过程如下: 首先 V4L2 视频驱动从摄像头采集原始视频数据。将视频数据经过 DDR2 的输入缓存区传送到 ARM 端的应用程序。然后, 应用程序将视频数据通过 CodecEngine 框架交由 DSP 端的算法执行。如果 DSP 端的智能分析算法预测到单向或双向穿越警戒面事件后, 将结果通过 CodecEngine 框架交回 ARM 端, ARM 将视频存储到硬盘并发出报警信号, 同时记录相关的警情数据。数据在 DSP 端处理完后, 经 DDR2 的输出缓存器传递到 ARM 端。最后, 通过位于 DDR2 中的 linux 系统文件 /tmp, 把数据经由 ARM 端的 Web 服务器和 Linux 网络驱动传输到 Internet 网络, 并通过 Internet 网络发送压缩的视频数据。系统工作过程如图 2 所示。

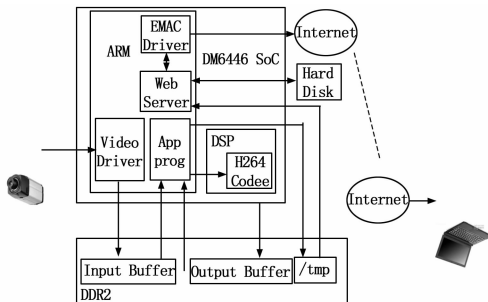


图 2 系统工作过程示意图

另外, 本系统通过外壳顶压微型触动开关、视频信号线电流定时采样检测、添加加密芯片和备用电源等硬件设计手段使系统具有防拆、防破坏功能。当系统外壳受到人为拆动或破坏、视频采集传输线短路或断路时, 均可发出报警信号。为防止误报现象, 系统的智能分析算法还具有一定的抗干扰能力, 例如防止因天气环境变化对图像的影响等。

3 智能检测算法

目前, 运动目标检测方法主要有帧间差分法、光流法以及背景相减法等^[3]。帧间差分法计算量小, 能快速检测

出图像序列中的运动目标。但同时存在不易检测低速运动目标、检测出的运动目标易产生空洞及部分目标边缘缺失等不足。光流法抗干扰性差, 仅在图像采集间隔非常小、低分辨率小尺寸图像上得到了不错的运动检测效果^[4], 实时性要求比较高的系统一般不采用该算法。背景相减法结构简单, 适用于较为复杂的背景环境, 能完整地分割出运动目标。与帧间差分法不同的是, 背景相减法可以检测运动视频中停止运动的物体, 运动目标的停止对运动目标检测影响不大。

背景相减法需要背景更新机制更新背景模板以适应环境变化。常用的背景相减法有统计中值法和混合高斯模型^[5]。由于统计中值法计算量小, 对背景更新速度相对较快, 在 DSP 上易于实现, 故本文采用了背景相减法中的统计中值法检测视频中的运动目标。

3.1 累积背景相减法

背景相减法通过当前图像与背景图像的求差来获得运动目标信息, 即对连续两幅间隔时间为 t 图像进行差分, 把差分图像看成一个二值图像函数 $D(x, y)$, 当两幅图差值大于某个很小正数 η 时, 此区域表示为 1, 即代表此区域有运动的图像, 如式 (1) 所示。

$$D(x, y) \begin{cases} = 0 & |d_1(x, y) - d_2(x, y)| \leq \eta \\ = 1 & |d_1(x, y) - d_2(x, y)| > \eta \end{cases} \quad (1)$$

式中, $d_1(x, y)$ 和 $d_2(x, y)$ 分别表示背景图像和当前图像。程序流程图如图 3 所示。

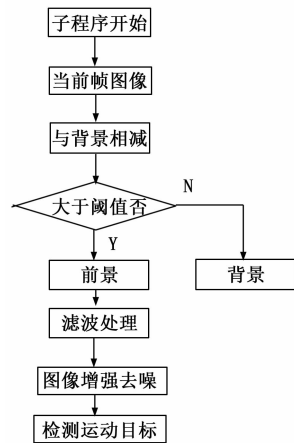


图 3 背景相减流程图

因背景相减法只能检测到人或物体的相对运动, 而未包含运动目标的方向信息。智能监控系统需具有区域入侵预测功能, 故算法必须获得运动目标的运动方向参数。为解决这一问题, 在算法中正确反映其运动状态, 采用累积相减法进行改进, 如式 (2) 所示。

$$D_{sum}(x, y) = \sum_{i=1}^n \alpha_i |d_1(x, y) - d_i(x, y)| \quad (2)$$

式中, $D_{sum}(x, y)$ 为 n 帧图像的累计差分结果, α_i 为权重系数, $d_i(x, y)$ 表示第 i 帧图像, $d_1(x, y)$ 表示背景图像。

3.2 动态背景维护

但选取固定背景图像进行运算并不现实, 因为外部环境中的光线变化或风吹草动都会对检测结果产生影响, 进而引起错误报警, 提高了虚警率。本文采用中值法对背景进行动态的更

新维护。具体如下：取连续 i 帧图像序列，将这 i 帧图像序列中每个像素点对应位置的灰度值按从小到大排列，然后求取中间值作为背景图像中对应像素点的灰度值。流程图如图 4 所示。

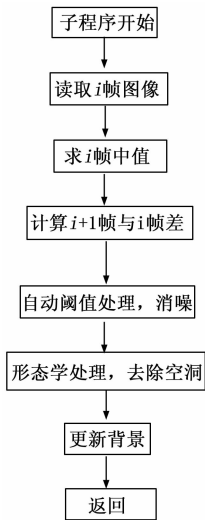


图 4 中值法动态背景更新流程图

4 智能算法的硬件实现

TI 公司为了满足程序员对速度的要求，专门提供了一套针对 TMS320C64x+ 优化的图像/视频处理函数库 IMGLIB，包括许多 C 可以调用的、汇编优化的通用图像/视频处理程序。这些函数不仅调用方便缩短了开发周期，而且其执行速度要高于用标准 C 写的代码。在对图像处理时间要求苛刻的实时系统中可以使用这些已经优化过的函数。用户借助这些子程序就可以轻松地使用 ANSI C 语言编写出高效的算法程序^[6]。

本文提出的算法是在嵌入式 DaVinci 平台上实现，算法主要包括两部分：图像差分和中值法。由于 DM6446 中的 DSP 内核为 TMS320C64x+，所以可以调用 IMGLIB 库中专门处理图像差分和计算中值的函数。

IMG_sad_16x16 计算参考图像与目标图像的绝对差总和，并返回计算结果。

```

unsigned IMG_sad_16x16 (const unsigned char * restrict
srcImg, const unsigned char * restrict refImg, int pitch)
  
```

其中，srcImg 指向当前图像，refImg 指向背景图像，pitch 代表背景图像的宽度。

累积相减背景算法在不考虑权重系数 α_i 的情况下，可以用函数 IMG_sad_16x16 实现。

由于动态背景维护中将 i 帧图像序列中每个像素点对应位置的灰度值按从小到大排列并选取中值的计算量较大，故利用 IMGLIB 库中的 void IMG_median_3x3_16 (const short * restrict i_data, int n, short * restrict o_data) 函数的排序算法选取中值，大大提高了背景更新维护的实时性。

算法编写完毕后，还需做如下工作：

1) C64x+ 是定点的 DSP 核，因此需将检测算法代码作定点化。

2) 为了使 DSP 端的算法可被 Codec Engine 调用，算法必

须符合 xDM 标准。

3) 对视频采集算法和智能检测算法编译封装成一个库 *.lib。

4) 需要配置两个脚本文件。*.cfg 包含了 Codec Engine 的使用配置情况，*.tcf 描述了 Codec Engine 的内存分配情况。

5) 配置好这两个文件，执行 make 命令，生成 DSP 端可执行程序 *.x64P。

5 实验结果与分析

图 5 (a) 为原始图像，其中间区域为警戒区域，当有人越过此区域，能及时监测到并报警。图 5 (b) 中行人未越界，但有向警戒区域移动的趋势，框选跟踪入侵目标，并发出预警信号，此时系统开始视频录像。图 5 (c) 中行人越过警戒线，已正面入侵，框选跟踪目标。图 5 (d) 入侵目标始终框选，跟踪效果良好。图 5 (e) 为右侧快速入侵，成功检测出入侵目标，跟踪效果良好。图 5 (f) 为右侧慢速入侵，成功检测出入侵目标，跟踪效果较好。当出现多人入侵时，也可以取得比较好的效果，系统将比较接近的人框集在一起，从而形成一个报警信号，而不计算入侵的人员个数，即定义为人群类别的入侵。

实验表明，在基于 DaVinci 技术的平台上实现 D1 (720 * 576) 分辨率的实时监控图像传输，在有入侵情况并在 0.5 s 内自动检测出非法入侵目标，并发出声光报警信号。采用中值法进行动态背景维护，能够适应外部环境的变化，较好地跟踪入侵目标，满足系统实时性要求。

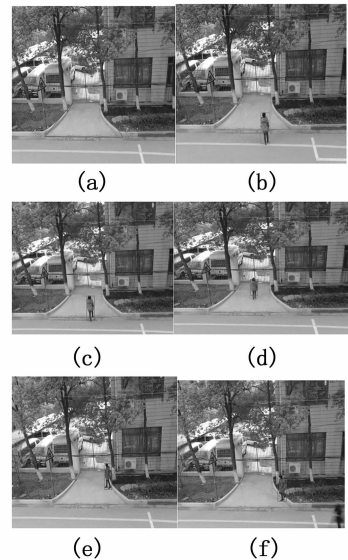


图 5 监控图像

6 结论

本文设计了以 TMS320DM6446 双核微处理器为核心的嵌入式智能监控系统。该系统能实时处理视频监控中大量的视频数据，采用累积背景相减法检测出入侵目标的同时，也获得了入侵目标的方向信息，从而实现入侵行为的预警。针对固定背景下入侵目标虚警率过高，采用了中值法对背景进行实时更新维护，并直接利用 TI 提供的 IMGLIB 库中的函数，达到了智

能监控的系统的实时性要求。系统对用户划定区域的入侵行为自动报警, 安防人员只需针对产生报警的监控进行处理和确认即可, 因此大大提高了安防人员监控效率。但本文设计的智能监控系统仍有以下不足:

- 1) 警戒区域出现缓慢移动的微小目标时, 系统无法检测。
- 2) 用中值法对背景进行更新降低了系统的虚警率, 使其具有一定的环境自适应能力, 但同时导致算法的复杂性增加, 实时性变差。系统平均需延迟 500 ms 才能发出预警信号。故算法的实时性有待进一步提高。

参考文献:

[1] 郭波, 樊丁, 彭凯. 基于 DaVinci 技术的嵌入式视频监控系统设计 [J]. 测控技术, 2009, 28 (10): 82-84.

(上接第 2753 页)



图3 CCD 拍摄的薄膜图片



图4 背景图片

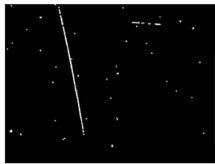


图5 二值化后的效果

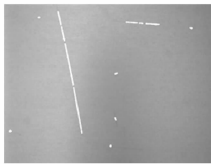


图6 特征提取后的效果

表 1 对比统计表

方法	测试数	合格数	耗时/s	精度/mm
人工	20	18	15	0.10
本系统	20	19	4.7	0.05

在车间生产线中, 在切膜机没有配备视觉系统前 (配备前) 与配备视觉系统后 (配备后), 分别剪切出 100 块薄膜, 其宽度大小为 100 mm, 长度为 200 mm, 统计出合格产品数。

表 2 对比统计表

机器	测试数	合格数	耗时/s
配备前	100	87	80
配备后	100	98	82

数据表明, 配备视觉系统后, 能够避免裁剪出的薄膜出现缺陷, 而导致产品原料的损失。在不影响剪切速度的情况下, 有效地保证了合格率。

4 结论

针对当前切膜机无法直接对光学薄膜进行缺陷检测, 本文提出在机器上配置视觉系统, 利用机器视觉检测技术和图像处理技术, 实现了切膜机的自动缺陷检测。

[2] 郭波, 管菊花, 李杰. 基于 ARM 的汽车安全气囊控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (9): 2091-2094.

[3] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing: Analysis, and Machine Vision [M]. Thomson, 2003.

[4] Viola p., Jones M. and Snow D. Detecting Pedestrians Using Patterns of Motion and Appearance [A]. Proceedings of 9th IEEE International Conference on Computer Vision [C]. Paris, France: IEEE, 2003, 734-741.

[5] 解晓萌. 复杂背景下运动目标检测和识别关键技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[6] 赵勇, 袁誉乐, 丁锐. DAVINCI 技术原理与应用 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2008.

在不影响原有切膜速度的情况下, 有效的提高了产品原料的利用率, 满足了客户的需求, 具有实用价值和一定的通用性。

另外, 本文针对光学薄膜的特性, 提出一种新的缺陷检测背景差法, 利用均值滤波来获取图像背景, 实现结果表明, 该方法能有效的解决光学薄膜的缺陷检测。

参考文献:

[1] 何小利, 宋钰. 基于机器视觉技术的物体表面缺陷 [J]. 洛阳师范学院学报, 2011, 30 (2): 64-67.

[2] 吴彰良, 刘洁, 孙长库. 基于计算机视觉的油封尺寸检测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (5): 1196-1198.

[3] WangL, ShenYM. Design of Machine Vision Applications in Detection of Defects in High-Speed Bar Copper [A]. 2010 International Conference on E-Product, E-Service and E-Entertainment (ICEEE) [C]. 2010, 7-9.

[4] Liu Shaojun, Wang Ku. Detection of Damaged Cottonseeds Using Machine Vision [A]. Information Technology and Applications [C]. 2009, 503-506.

[5] Yue X F, Ren Y W, Lei S, et al. Improving the piston assembly by machine vision recognition technology [A]. Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering [C]. 2010: 203-206.

[6] Jiancheng Jia. A Machine Vision Application for Industrial Assembly Inspection [A]. International Conference on Machine Vision [C]. 2009: 172-176.

[7] 卜晨. 基于机器视觉的外螺纹检测方法 & 实验研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

[8] Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann. 机器视觉算法与应用 [M]. 杨少荣, 吴迪靖, 段德山译. 北京: 清华大学出版社, 2009.

[9] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. 图像处理分析与机器视觉 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.

[10] Lang X P, Zhu F, Hao Ying M, et al. Integral Image Based Fast Algorithm for Two-Dimensional Otsu Thresholding [A]. Image and Signal Processing [C]. 2008: 677-681.

[11] Chen Y, Chen D R, Yang X, et al. Otsu's thresholding method based on gray level-gradient two-dimensional histogram [A]. Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR) [C]. 2010: 282-285.