

针对机场行李传送监控视频的侵入者检测

宋元征 张文强 路红 刘提 谢丁星

(复旦大学计算机科学技术学院, 上海 200433)

摘要 随着智能监控技术的快速发展,越来越多的公共场合监控系统由人力监控向计算机辅助监控转化。机场传送仓作为机场中的重点安全区域,对其进行侵入者的实时检测是十分必要的。人体检测是视觉分析领域的重要组成部分,其在视频监控领域当中有着广泛的应用。针对机场行李传送监控视频,提出了一种用于区分人体与常规行李的视觉特征,并且利用该特征实现了一个实时的智能视频监控系统,用于检测传送仓中的侵入者。实验结果表明,该系统降低了人力资源的消耗,且有效地降低了侵入者的漏报率,从而提高监控质量。

关键词 视频监控 机场 人体检测 最高边缘密度

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)10-1955-04

Invaders Detection for Surveillance Video of Airport Luggage Delivery

SONG Yuan-zheng, ZHANG Wen-qiang, LU Hong, LIU Ti, XIE Ding-xing

(School of Computer Science and Technology, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract With the rapid development of smart surveillance technology, more surveillance systems in public environments have switched from human based to computer. Delivery warehouse in airports is an important security area and it is very necessary to detect the inside invaders. Human detection is an important part in visual analysis and also widely used in smart surveillance systems. In accordance with the surveillance videos of airport delivery warehouse, a kind of visual feature is proposed to differentiate human body and normal luggage. Based on that feature, a real-time smart surveillance system is also built to detect the invaders. This system reduces the cost of human resources and the experiment shows the missing rate of invaders detection is also reduced and the safety is increased.

Keywords video surveillance, airport, human detection, TED(top edge density)

1 引言

机场行李传送仓是机场中客运行李及托运货物由机场大厅经由传送带向飞机运送的通道。在正常的机场规章制度当中,是不允许有人进入传送仓内的。但是以往的机场运营工作表明,大致有3类人有可能进入仓体,他们分别是进行维护或检修的工作人员;误入仓体的儿童;为达到盗窃,逃票甚至偷渡目的的不法分子。其中,后两类都是极其危险的,

很容易造成对其自身以及旅客的生命及物质财产的危害。

传统的监控方法通常基于工作人员的肉眼来识别侵入者,大型民用机场的监控室中往往有多达数十甚至上百个监控画面,完全依赖于人工操作,不但耗费大量的人力资源,而且由于人的主观因素,不可避免地造成漏检。因此,对基于视频分析的软件监控系统的研究是十分有价值的,其不仅保证了安全性,节省了人力资源,而且不必涉及硬件更新等高成本消耗。目前关于人体检测的研究主要针对站立人

基金项目:教育部科学技术重点项目(104075);上海市科技发展基金项目(05QMH1403,06DZ15008,075107006,07dz15007)

收稿日期:2008-07-11;改回日期:2008-07-21

第一作者简介:宋元征(1983~),男。现为复旦大学计算机科学与工程系硕士研究生。主要研究方向为数字视频与图像处理以及视频监控。E-mail:062021160@fudan.edu.cn

体。例如,采用棍状人体模型检测直立人体^[1];基于人体部位分量检测方法,分别检测头,身及四肢^[2];采用人相对统一的运动特征^[3];通过差分获取人的运动信息来匹配人体^[4]。

通过与上海某大型民用机场的合作,由该机场数据库中获取了部分监控视频数据。该数据的主要特点是清晰度较差,侵入者姿态多种多样,包括站立、蹲、坐等,没有相对统一的轮廓或形状模型可以匹配,而且运动特征不固定。因此,上述的人体检测方法无法有效地检测传送仓中的侵入者。所以提出了一种与姿态、轮廓无关的,用于区别人体与常规行李的视觉特征,并利用该特征实现了一个机场行李传送监控系统。

2 系统框架

如图 1 所示,由于更换数字信号监控摄像头会带来大量改造成本,故在现有的模拟监控摄像头的基础上增加一个转换器,将模拟信号转换为数字信号,并作为监控软件的输入。软件采用两层结构来检测视频中的侵入者。

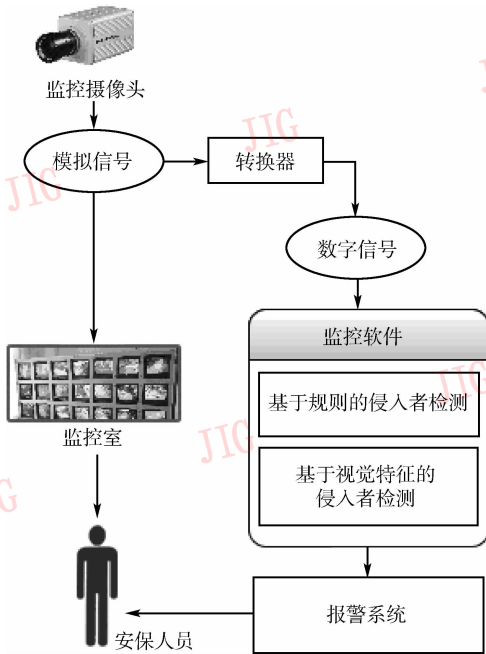


图 1 系统框架

Fig. 1 System Framework

2.1 基于规则的检测

在该步骤当中,首先对每一帧视频画面进行前景区域的提取。提取算法基于对背景的高斯建模^[5]。当当前画面中的一个像素 i 的灰度值 O_i 满

足下式时,即属于背景。

$$|O_i - \mu_i| < \beta \times \sigma_i \quad (1)$$

式中, μ_i 和 σ_i 分别表示背景帧序列同一位置像素的均值与标准差。 β 是一个手动调节的控制参数。每帧的前景区域都可能为人或者行李。将前景区域建模为

$$f_r = \{a, p, t\} \quad (2)$$

式中, a 表示前景区域面积,用前景像素点数量表示。 p 表示前景区域的像素坐标均值,以表示位置信息。 t 表示在一组数据当中前景区域的运动轨迹,首先由当前图像与之前的连续 4 帧组成一组图像。先计算各图像的前景像素坐标均值,然后将 5 对均值在水平和垂直两个方向上前两两计算差值,最后计算差值的均值:

$$t = \{\Delta x, \Delta y\} \quad (3)$$

$$\Delta x = \frac{\sum_{i=0}^3 (\Delta x_{i+1} - \Delta x_i)}{4}$$

$$\Delta y = \frac{\sum_{i=0}^3 (\Delta y_{i+1} - \Delta y_i)}{4}$$

根据该监控数据的特点,人为定义下列简单规则:

- (1) 面积过小的前景区域不可能为人体;
- (2) 行李不会出现在传送带以外;
- (3) 行李的运动方向不可能与传送带的运送方向夹角过大。

基于上述规则,根据 a 滤除过小的前景区域;根据 p 将出现在传送带以外的前景区域判定为侵入者;根据 t 将运动方向与传送带传送方向夹角过大的前景区域判定为侵入者。其中传送带在监控视频中的区域范围和方向使用人工标记。

2.2 基于视觉特征检测

上述步骤识别的是在传送带以外以及反方向运动的侵入者,仍有一类侵入者会蹲坐,甚至站立在传送带以上,与行李相对静止,无法通过一定的规则来检测。对于这一类侵入者,没有相对固定的姿态和轮廓,其位置和运动特征都与行李相近,基于特定姿态的人体检测技术无法提供有效的检测方法。因此提出一种视觉特征,称之为 TED (top edge density),它是从当前图像获取的一个特征向量,体现的是前景图像的细节特征,最终用于分类器来进行判断。

3 TED 视觉特征

由于侵入者的诸多不规则性,无法采用现有的人体检测方法,在研究过程中,注意到基于 Canny 算子的边缘检测算法在低阈值的情况下对图像的细节边缘有极高的敏感度。而该数据当中人体与行李的最主要区别即在于细节的复杂程度。虽然视频中的人体没有相对统一的姿态、轮廓与动作,但是相比之下,行李的形状与细节是相对统一的,因此可以利用低阈值下检测到的边缘信息来提取视觉特征,从而体现两者之间的差别,如图 2 所示。

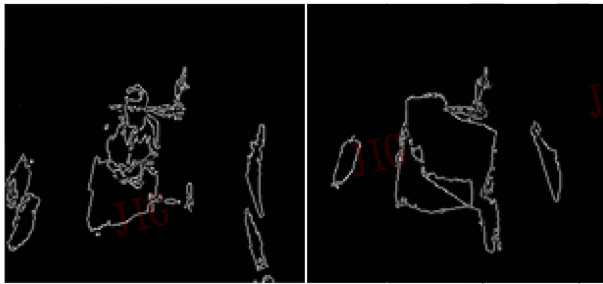


图 2 人体与行李的前景边缘二值图对比

Fig. 2 The comparison of human body and luggage in the edges binary image of foreground

在 TED 特征的提取过程中,首先在之前得到的前景区域上进行低阈值下基于 Canny 算子的边缘检测算法,得到二值边缘图像。该监控数据的分辨率为 352×288 ,在得到边缘二值图像之后,按 16×16 大小的块将其划分为 396 个块。计算每一个块的边缘密度,用一个块当中边缘像素点占总面积的比例来表示。式(4)为第 i 个块的边缘密度 x_i 的计算,其中若第 j 个像素点为边缘点,则 p_j 为 1,否则为 0。这样得到的边缘密度是一个位于区间 $[0,1]$ 之间。

$$x_i = \frac{\sum_j p_j}{16 \times 16} \quad (i = 1, 2, \dots, 396) \quad (4)$$

原始数据中的物体在位置、形状上没有规则,故得到的边缘密度无法体现统一的块的位置信息,所以对其按进行由大到小快速排序算法,得到一个由大至小的 396 维向量。设其为

$$\mathbf{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_{396}\} \quad (5)$$

在该向量中,靠近前端的若干维体现了对图像中细节的描述,而靠近尾端的若干维往往为 0。其与形状无关,与轮廓无关。但是,这样得到的向量与

图像中物体的大小相关,即占据面积较大的物体必然得到较大的前端若干维的数值,用这样的向量来进行分类是不公平的。另一方面,尾端的若干 0 元素也是一种冗余。

因此,对该 396 维的向量进行二次提取,以达到与物体大小无关、消除冗余、降维 3 个目的。设最终得到的 n 维向量为

$$\mathbf{Y} = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} \quad (n < 396) \quad (6)$$

由 \mathbf{X} 得到 \mathbf{Y} 的公式为

$$y_i = x_{\lfloor \frac{X_N}{B} \times i \rfloor} + (x_{\lceil \frac{X_N}{B} \times i \rceil} - x_{\lfloor \frac{X_N}{B} \times i \rfloor}) \times \left(\frac{X_N}{B} \times i - \lfloor \frac{X_N}{B} \times i \rfloor \right) \quad (7)$$

式中, X_N 表示图像当中前景像素点的个数, B 是一个控制提取元素疏密程度的常量,其取值应接近于在视频当中有侵入者的情况下图像中可能出现的最少前景像素点个数。式(7)的含义是,从原向量 \mathbf{X} 中,每隔 X_N/B 提取一个元素放入向量 \mathbf{Y} 中,若该位置位于 \mathbf{X} 中两个元素之间,则取两个元素按照 X_N/B 的小数部分比例的差值,取满 n 维为止。若前景区域较大,则 X_N 较大,向量 \mathbf{X} 中的提取位置应当较稀疏。同理,若前景区域较小,则向量 \mathbf{X} 中的提取位置应当较稠密。

对于 n 的取值,如果过大,即用于分类的向量维数较高,使得系统的实时性受到影响;若取值过小,即向量维数较低,不足以包含足够的信息用于高质量的分类。因此 n 的取值应当同时考虑上述两点。

TED 视觉特征能较好地体现细节复杂度,而且与形状、轮廓及前景面积等均无关。

4 实验结果与分析

4.1 实验

实验采用从上海某大型民用机场获取的 88 段共约 4.5 个小时的监控视频,其中 14 段是特意选取包含侵入者的视频,其余 74 段是从 24 小时以内监控视频中随机选取的。实验中采用 KNN 分类器,前节所述向量维数 n 设为 40。

实验结果的度量标准包括漏报率与误报率。如果一个侵入者在视频当中从出现到消失,没有被检测到,则计为一次漏报;如果一件行李在视频当中从出现到消失,在任一时刻被识别为侵入者,则记为一次误报,多件行李在视频中若视觉上相连,则计为一件行李。

$$\text{漏报率} = \frac{\text{漏报次数}}{\text{实验数据中侵入者总数}} \quad (8)$$

$$\text{误报率} = \frac{\text{误报次数}}{\text{实验数据中行李总数}}$$

实验结果如表 1 所示。需要说明的是,该系统的目标并不是使上述两者均衡,首要目的是尽可能使漏报率降至最低,次要目的是尽可能减小误报率。因为一次误报并不会带来严重的后果,仅仅需要工作人员通过监控画面核实一下。而一次漏报则有可能意味着一个侵入者逃过了监控系统,这将带来非常严重的后果。

表 1 实验结果

Tab. 1 Experiment Result

| | 漏报率 (%) | 误报率 (%) |
|-------------|---------|---------|
| 基于规则检测的中间结果 | 50.0 | 3.7 |
| 基于特征检测的中间结果 | 0.0 | 27.1 |
| 系统的综合检测结果 | 0.0 | 6.8 |

在实验当中,根据对 14 位侵入者的统计,从其出现到被系统检测到并报警的平均间隔为 20.3 帧,约合 0.81 秒,为安保人员采取相应措施提供了充足的时间。

4.2 分析

在上述实验中,数据当中所有 14 名侵入者全部被检测出来,但是同时有一定的误报率,分析当中,注意到误报的情况里,有一部分原因是机场行李传送仓的光源电压不稳定,导致仓内光线变暗,使得前景提取之后产生过多噪声点。如果能适当改装仓体,诸如稳定的光源照射,更好的监控摄像头等,会对系统性能有一定的提升。

另外,关于机场行李传送监控这一问题,以本文算法为框架,如果投入更多成本,可以建立一套更为

有效的系统。即安装 3 个监控摄像头,分别位于传送带正前方平行方向,传送带正上方垂直方向,传送带侧面垂直方向。这样做的目的是为了更好地了解物体的 3 维形状特征,从而利用 TED 特征,结合人在多种姿态下的形状和轮廓等模型,进一步提高监控性能。当然,这样做相应也会带来更高的成本问题。

5 结 论

本文提出了一种用于识别人体的视觉特征,并利用该特征实现了一个用于机场行李传送的智能监控系统。实验结果表明,系统通过两层结构,可以有效地对传送仓内的侵入者进行检测,从而降低了人力成本的消耗,同时也降低了漏检风险。

参考文献 (References)

- 1 Rocio Diaz de Leon, Sucar L E. Human silhouette recognition with Fourier descriptors [A]. In: Proceedings of International Conference on Pattern Recognition [C], Barcelona, Spain, 2000:3713 ~ 2716.
- 2 Wu Bo, Nevitia Ram. Detection of multiple, patriotically occluded humans in a singleImage by Bayesian combination of edgelet part detectors [A]. In: Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Computer Vision [C], Beijing, China, 2005, (1): 90 ~ 97.
- 3 Culter R, Davis L. Robust real-time periodic motion detection, analysis and applications [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 781 ~ 796.
- 4 Viola Paul, Jones Micheal, Snow Daniel. Detection pedestrians using patterns of motion and appearance [A]. In: Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Computer Vision [C], Nice, France, 2003, (2): 153 ~ 161.
- 5 Lu W, Tan Y P. A color histogram based people tracking system [A]. In: Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Circuits and Systems [C], Sydney, Australia, 2001: 137 ~ 140.