

基于黑板模式的人体检测系统设计与实现

江焯林¹, 黎绍发¹, 高东发²

(1. 华南理工大学计算机科学与工程学院, 广州 510640; 2. 湖北大学数学与计算机学院, 武汉 430062)

摘 要: 为了实现广角镜视频图像中的人体检测, 设计并实现了基于黑板模式的室内人体检测系统。该系统算法通过排除非人体目标实现人体检测。实验结果表明基于黑板模式的人体检测方法有效, 即使在人体局部遮挡、头部旋转和皮肤颜色差异的情况下也同样适用。为使用广角镜摄像机进行室内人体检测提供了一种可行的方法。

关键词: 黑板; 软件体系结构; 广角镜; 人体检测

Design and Implementation of Blackboard-based System for Human Detection

JIANG Zhuo-lin¹, LI Shao-fa¹, GAO Dong-fa²

(1. School of Computer Science & Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640;

2. School of Math & Computer Science, Hubei University, Wuhan 430062)

【Abstract】 A blackboard-based system for human detection in an indoor environment is designed and implemented, in order to accomplish human detection in wide angle camera images. The algorithm of this system excludes other nonhuman objects to detect human. Experimental results show that the blackboard-based method for human detection is feasible. It is applicable even in the presence of partial occlusion of humans, rotation of the head and variation of skin colors. It gives a feasible method for human detection in wide angle camera in indoor environments.

【Key words】 blackboard; software architecture; wide angle lens; human detection

近年来, 智能监控系统在安全领域中起着非常重要的作用, 尽管人体检测的相关研究有很多, 然而如何从基于视频流的运动目标中检测出人体至今仍然是智能监控系统的一个主要问题^[1-3]。许多人体检测方法利用了人体皮肤颜色、形状等特征信息^[4-5], 但是由于人体容易受到其他物体或自身的遮挡, 人体头部旋转以及人体肤色差异的影响, 随着广角镜摄像机逐渐普及, 利用人体颜色、形状等特征的方法很可能将会失效。因此需要解决广角镜视频图像中的人体检测问题。基于以上分析, 本文使用黑板模式^[6]作为人体检测系统的体系结构, 通过排除其他非人体运动目标来实现广角镜视频图像中的人体检测。

1 系统体系结构

黑板模式首先是在HEARSAY-II语音识别系统中发展而来的^[6], 整个黑板体系结构由 3 部分组成: 黑板部件, 问题求解的知识源集合和控制部件。它模拟一组人类专家坐在真实的黑板前面并一起工作来解决问题。黑板模式具有以下优点: (1)将多个知识源组合在一起实现问题的求解, 易于系统实现。(2)知识源互相独立, 便于知识源更新和扩充。(3)通过添加知识源便可以实现系统的扩充。(4)有利于系统开发, 具有通用性。通过增加或删除一些特定的知识源便可实现问题求解。

基于以上几点, 本文系统采用黑板模式。系统体系结构如图 1 所示。黑板部件负责存储各个处理模块的运算结果以及控制数据。控制部件负责监视黑板的改动情况, 依据控制策略安排知识源行动。知识源集合是一组处理模块, 包括: 图像采集, 运动检测, 目标分割, 背景目标排除, 图像突变排除, 阴影排除, 动物排除和人体判定处理模块。

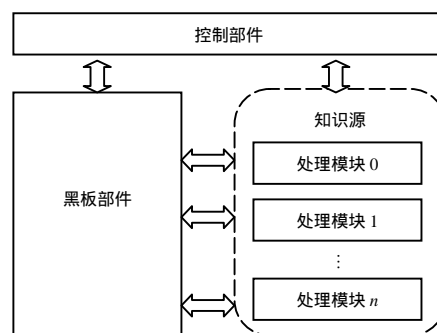


图 1 人体检测系统体系结构

图像采集是从 CCD 摄像机中获取图像用于差分运算, 运动检测用来确定图像中的运动区域, 目标分割将各个运动区域分割出来。室内常见的非人体目标包括背景目标、阴影、图像整体或局部突变以及动物。各个非人体目标处理模块可以相应地排除室内非人体目标。人体判定模块用来判断室内是否存在人体目标, 并返回相应的消息给系统用户。

2 系统分析及实现

在对软件系统体系结构研究和分析基础上, 对黑板数据结构、系统流程图和关键技术及其解决方案进行分析和设计, 一方面有利于系统实现, 另一方面促使人体检测系统更加合理, 带来实际效用。另外, 通过实验结果来证明基于黑板模

基金项目: 广东省工业重点攻关计划基金资助项目(2004B10101032)

作者简介: 江焯林(1981 -), 男, 博士研究生, 主研方向: 图像处理与模式识别, 计算机视觉; 黎绍发, 教授、博士生导师; 高东发, 副教授、博士

收稿日期: 2007-03-15 **E-mail:** zhjiang@scut.edu.cn

式的室内人体检测方法是可行的。

2.1 黑板数据结构

黑板数据结构的设计是否合理影响着系统的计算开销。在进行室内人体检测时,黑板负责存储的数据包括:运动目标数据,中间结果图像,原始图像和控制数据。黑板的数据结构设计为一维链表数组,如图2所示。数组的大小为存储公共数据类型的最大数目,每个数组元素存储一个链表表头,每个链表对应一种数据类型。按如下步骤建立链表:(1)对于运动目标数据,在建立链表时按照运动目标的面积由大到小插入链表节点;(2)对于中间结果图像,将经常访问的图像数据放在表头,新加入的图像数据放在表尾;(3)原始图像数据包含当前帧和背景帧,由于每次循环时当前帧被更新,当前帧放在表头;(4)控制数据包括知识源优先级、知识源访问标志以及系统开始/停止标志。

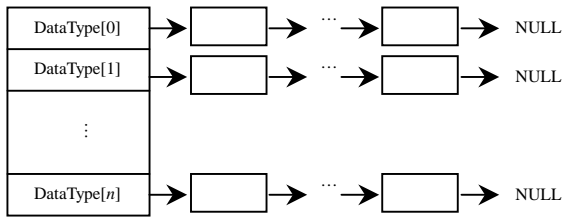


图2 黑板的数据结构

2.2 系统流程

系统流程如图3所示。

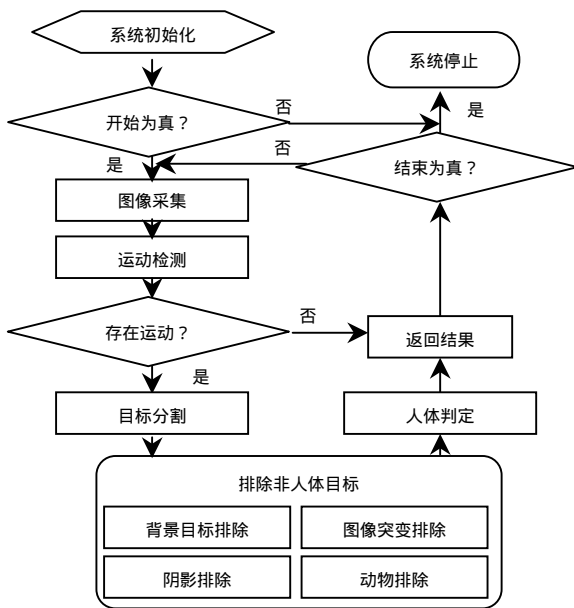


图3 系统流程

人体检测系统执行步骤如下:

(1)系统初始化,控制部件从黑板控制数据中读入开始/停止标志位,如果为真,控制部件获取优先级设置参数,调用相应的处理模块,继续执行第(2)步,否则保持系统停止状态。

(2)图像采集模块从 CCD 广角摄像机中采集当前帧和背景帧,放入到黑板原始图像数据中。

(3)运动检测模块从黑板原始数据中读入当前帧和背景帧,进行运动检测,如果存在运动区域,进行第(4)步,否则返回当前图像帧没有人体存在消息,并执行第(7)步。

(4)目标分割模块将图像中运动区域分割为运动目标,并

保存在黑板运动目标链表中。

(5)从黑板运动目标链表中读入运动目标数据,调用各个非人体目标排除处理模块去除室内常见的非人体运动目标,包括背景运动目标、阴影、图像突变以及动物。

(6)人体判定模块检查当前帧运动目标链表中是否存在运动目标,如果为真,返回当前帧有人体存在消息,否则返回当前帧没有人体存在消息。

(7)控制部件从黑板中读入控制数据,判断是否满足终止条件,若为真,系统退出循环并处于停止状态,否则恢复制控制标志,继续执行第(2)步。

2.3 关键技术及其解决方案

实现人体检测系统的关键技术包括设计出有效的控制策略以及高效的人体检测方法。

2.3.1 控制策略设计

控制策略的设计是系统设计中最困难的部分^[6]。控制部件依据控制策略决定允许哪个知识源对黑板进行改动,控制策略的目的是构建一个最可信和最完整的可接受解作为最后的结果。

这里利用启发式知识确定启动哪一个可应用处理模块。首先是对处理模块进行优先级排序,其中图像采集的优先级最高,排除非人体目标运算中排除各个非人体目标之间没有优先级。然后当各个知识源处理模块访问黑板上的数据后,需设置控制数据的访问标志,当标志位为真时,本次循环不再调用该处理模块。当所有的处理模块按照优先级以及产生式规则全部调用后,系统返回结果是当前帧是否有人体存在,完成一次循环。当控制数据停止标志设置为真,则整个系统停止。

2.3.2 人体检测方法设计

本文实现人体检测的关键是将室内其他非人体目标排除,以达到人体检测的目的。非人体目标包括背景目标和非背景目标。据笔者所知,通常的室内背景目标包括由风引起的运动目标(例如窗帘和室内植物),而非背景目标包括阴影、图像的整体和局部突变以及动物。

(1)背景目标的排除

由风引起的运动目标如窗帘和室内植物,在室内环境下是常见的。可以通过在预定义时间段内的场景学习来确定背景目标。通过场景学习可以得到各个背景目标的位置和尺寸信息。这里定义位置和尺寸向量 (x_k, y_k, w_k, h_k) ,其中, x_k 和 y_k 为背景目标外接矩形框左下角的位置; w_k 和 h_k 为背景目标的宽度和高度。若经过预处理阶段分割出的运动目标向量 (x, y, w, h) 和任意一个背景目标向量 (x_k, y_k, w_k, h_k) 在一定程度上匹配(见式(1)),将这个运动目标从当前帧运动目标链表中删除。

$$\begin{cases} x & x_k, x+w & x_k+w_k \\ y & y_k, y+h & y_k+h_k \end{cases} \quad (1)$$

(2)阴影的排除

如何排除由光照不均匀引起的运动阴影,是设计人体检测算法的一个难点。阴影和目标有两个共同的特性:运动和可检测性。阴影可以划分为两类:与运动目标相连和不相连。这里使用两个自适应的灰度值比率阈值来排除阴影。当前帧的像素灰度值与背景帧的像素灰度值比率在阴影区域中大体上是一致的^[7]。根据文献^[7]得出式(2)和式(3),这样得到比率 $RD(x, y)$ 和图像 $SA(x, y)$ 。

$$RD(x, y) = \frac{I(x, y)}{B(x, y)} \quad (2)$$

$$SA(x, y) = \begin{cases} 1, & T_{low} < RD(x, y) < T_{up} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

其中, $I(x, y)$ 和 $B(x, y)$ 分别为当前帧和背景帧。通过计算比率 $RD(x, y)$ 和图像 $SA(x, y)$, 可以获得图像中各个阴影区域, 从而实现排除阴影。

(3) 图像整体和局部突变的排除

光源的突然变化或者摄像机振动很可能会引起图像突变。图像突变可划分为整体突变和局部突变。这里利用一个预定义的面积阈值来解决图像中整体突变问题。如果分割得到的运动目标面积大于预定义的阈值, 那么该运动目标将会被排除。

至于局部突变, 噪声作为局部突变的一部分, 它很大程度上由去噪过滤掉。利用当前图像和背景图像的灰度比率在突变区域中大体上一致的特性, 可以将剩余的局部突变运动目标排除掉, 该方法与阴影排除方法类似。

(4) 动物的排除

去除动物影响是进行室内人体检测的一个主要难题。如果仅仅利用人体面部特征进行检测, 当动物靠近摄像机时可能会引起误识别, 所以必须将动物从分割得到的室内运动目标中排除。

本文利用深度数据来区分人体和动物。这里通过一个单目摄像机测定摄像机和运动目标的距离。首先假定一个参照物存在于实验场景中, 单目摄像机指向参照物的中心。在文献[8]中, 通过简单的透视投影几何限制, 依据图 4 推导出式(4)~式(7)。

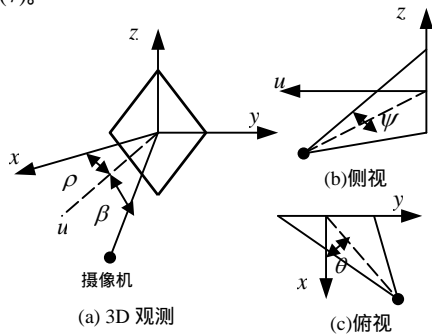


图 4 单目测距方法

$$Z_c = D \sin \beta \quad (4)$$

$$\frac{\cos \beta}{\operatorname{tg} \psi} = \frac{\cos \rho}{\operatorname{tg} \theta} \quad (5)$$

$$\cos \beta = \frac{(D^2 - w^2) \operatorname{tg} \psi}{2Dw} \quad (6)$$

$$\cos \rho = \frac{(D^2 - w^2) \operatorname{tg} \theta}{2Dw} \quad (7)$$

由于摄像机和参照物在实验场景中位置是固定的, 而且角度 ψ 和 θ 可以通过简单的透视投影测定, 因此容易得到运动目标的深度信息。已知运动目标与摄像机的距离, 将计算出的运动目标的面积与一个与深度成比例的自适应阈值 T_{an} 相比较, 如果面积小于阈值 T_{an} , 可以排除该运动目标。

2.4 实验结果

本文使用 Visual C++ 6.0 在 Windows 平台上实现人体检测系统。实验中通过使用约 90° 的广角镜头来增加视野角度。图 5 给出了当前图像帧中每个运动目标的外接矩形框, 将外

接矩形框区域和当前图像帧进行逻辑与运算, 可以分割出每个运动目标, 图 6 为一个分割得到的运动目标的二值差分图像。



图 5 确定运动目标的外接矩形框



图 6 一个运动目标的二值差分图像

图 7 给出了通过场景学习排除背景目标的实例。图 7(1)和图 7(2)示出了一个场景学习过程, 当前图像帧背景目标是两台计算机。人体检测的结果图像如图 7(3)~图 7(4)所示, 在图 7(5)和图 7(6)中成功地检测出两个人体, 表明人体检测过程不受这两台计算机的影响。

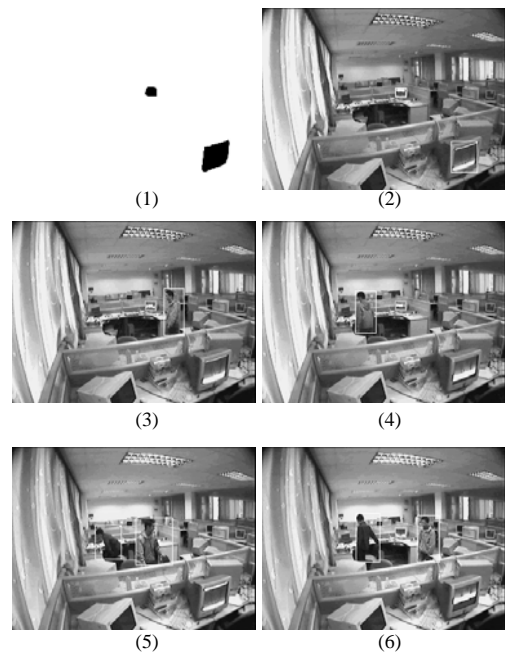


图 7 排除背景目标进行检测人体的实例

图 8 给出了排除阴影以检测人体的两个实例。图 8(1)中阴影是位于玻璃墙上, 图 8(3)中阴影是位于桌子挡板玻璃上, 图 8(2)和图 8(4)给出了人体检测结果的二值差分图像。

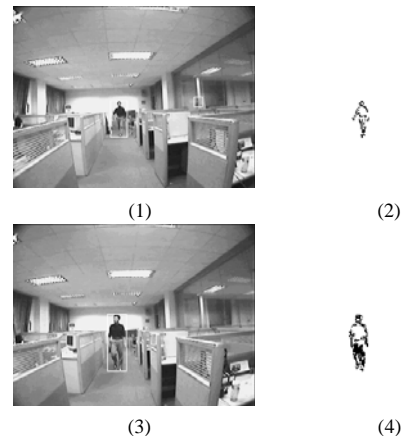


图 8 排除阴影进行人体检测的两个实例

(下转第 208 页)