

基于多摄像头协同模式的智能停车场管理系统

熊 俊, 陈临强*

(杭州电子科技大学 图形图像研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对大场景停车场的实时监控与管理存在的问题,设计了智能停车场管理系统的硬件和软件模块,提出了基于摄像头和车辆对应关系下的多摄像头协同跟踪策略。车辆在单个摄像头视域内,记录下车辆的状态信息;车辆在多摄像头的重叠视域内,根据最小误差方法求出车辆的状态信息;车辆脱离任一摄像头视域,根据卡尔曼滤波预测的方法估计出车辆的状态信息。实验结果表明,该模式能够有效地完成对宽场地停车场的监控任务。

关键词:多摄像头;协同;监控;智能停车场

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)04-0076-04

Intelligent parking management system based on multi-camera coordination

XIONG Jun, CHEN Lin-qiang

(Institute of Graphics and Images Process, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at realizing realtime surveiling large scene of the car park, hardware and software parts of the intelligent parking management system were designed, a multi-camera coordination strategy based on the relationship between cars and cameras was presented. When cars were in single view, the information of cars were recorded; when cars were in overlapped view, minimum-error method was used to get the information; when cars were out of view of any camera, Kalman prediction algorithm was used to estimate the cars' information. Experimental results show that this model can complete the task of monitoring the car park effectively.

Key words: multi-camera; coordination; surveillance; intelligent car parking

0 引言

随着社会的发展和人们生活水平的提高,我国私有汽车保有量快速增长,因而对停车的需求大幅度增加,从而对停车场规模和停车场管理效率的要求也越来越高。在停车场布局完成后,如何方便车辆停放,提高车辆安全性,降低运营成本,完善停车场管理就显得尤为重要^[1]。

针对智能停车场管理系统,国内外学者已经做了大量的研究,但大部分都还停留在对停车场门禁方面的管理,往往忽视了停车场内的情况及车位的动态变化情况。文献[2-3]描述了一个基于射频识别技术的停车场管理系统,该系统利用 RFID 卡对车辆出入库

状态以及收费进行了统计;文献[4]描述了一个智能小区的停车场管理系统,该系统利用 IC 卡和地感线圈相结合的方式对车辆进行有效的出入管理。

本研究在多摄像头协同跟踪技术的基础上提出一种新型的停车场管理系统,系统充分考虑停车场现状,不仅对停车场出入口进行管理,还对停车场内区域进行监控。

1 系统概述

该系统通过安装在停车场不同区域的摄像头,从入口处开始到车辆进入停车场内直到车辆离开,整个过程对车辆进行连续无缝的跟踪。具体功能模块如下:

- (1) 车辆的出入控制。实现入口的车辆信息采集和控制,为符合停车条件的车辆分配车位。
- (2) 车位的自动引导。通过检测车位状态变化并由计算机管理中心将数据送至入口车位显示屏、车位引导显示屏显示,并引导车主快速找到系统分配的空车位。
- (3) 电子地图功能。在监控室通过综合信息显示屏,可以直观看到整个停车场的平面图,动态、实时地显示出每个车位的使用情况,停车场内剩余的空车位信息和各车位的停车时间。
- (4) 车牌识别。通过对车牌区域的检测,实现车牌定位与提取,字符切分与识别,最终达到对车牌字符的再现,并给出识别结果。
- (5) 计费、收费。固定用户、VIP 用户只需定期充值,临时用户在验卡计费后付款找零。
- (6) 报表功能。系统可以根据要求,进行录入、修改、查询、统计、自动生成和打印相关报表,方便管理人员的工作。

2 系统硬件设计方案

智能停车场管理系统的硬件配置主要有：

计算机管理中心:收集停车场的相关信息,并将信息相关处理数据传送给各个显示屏,并及时更新。

监控摄像头:停车场出入口、停车场内不同区域均装有摄像头,有效监控停车场各个区域并获取有效信息,其中入口处为高清摄像机,其他为普通摄像头。

显示屏:由高亮度 LED 模块、驱动电路、控制电路、支架等部分组成,可 24 小时全天候使用。显示屏包括监控室综合信息显示屏、入口车位信息显示屏、车位引导显示屏。

自动栅栏机:控制车辆出入,具有自动反弹防砸车保护功能。

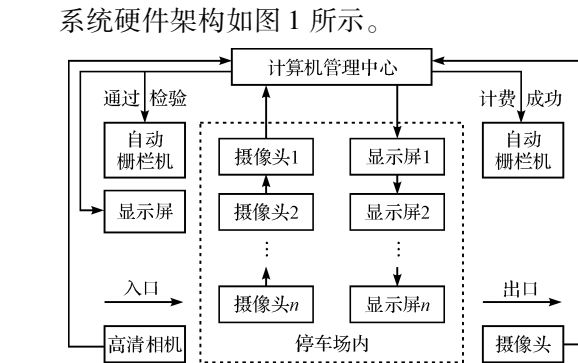


图 1 系统硬件架构图

3 系统工作流程

从车辆进入停车场到驶出停车场地的全部过程按照车辆停靠的时间顺序可以分解为 5 个步骤,如图 2 所示。

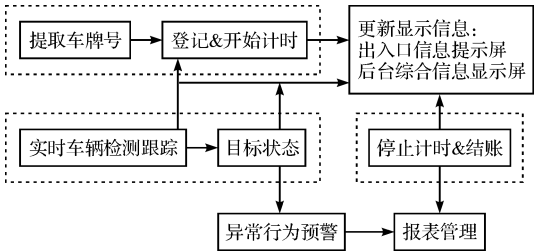


图 2 详细工作流程图

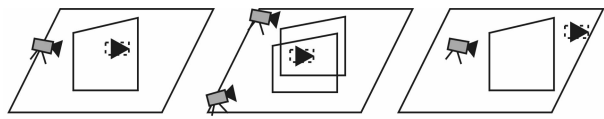
- (1) 入口处提取车牌号,通过分析视频,同时得到车型和颜色信息,附上停车起始时间信息后,作为一条记录加入到停车场内当前车辆清单中,并更新车位提示屏信息。
- (2) 车辆进入停车场,即成为监控目标,视频处理模块实时处理各路摄像头输入的视频,计算出当前监控区域所有的车辆位置等信息,反馈到实时信息显示模块。
- (3) 根据检测目标车辆的运动状态,判断运动车辆的行为,共分 4 种:驶入车位、离开车位、正常行驶和异常行为等。
- (4) 车辆进入出口监控区,则停止跟踪,并将车辆信息提供给结算模块。正确获得车辆信息后停止计时,根据车辆身份(会员和非会员)按不同折扣计算此次费用,并显示到消费信息提示屏。
- (5) 根据当日所有停车清单统计出周报表、月报表等,设计报表数据查询系统,可根据时间段、会员帐号、车牌号等字段查询停车记录或消费记录,且可以打印。

4 多摄像头协同跟踪

要实现在多个摄像头的环境下对停车场内目标车辆进行连续跟踪,除了要解决目标车辆进入当前摄像头与其他摄像头视域的重叠问题,还要解决目标车辆丢失遮挡问题^[5-8]。本研究将停车场的全局监控划分成若干子区域,每个子区域对应于一个摄像头。全局区域和子区域间通过预先计算出的透视矩阵建立映射关系。

笔者根据摄像头对不同子区域监控特点的不同,定义摄像头和监控车辆之间的 3 种不同对应关系,即

车辆在单个摄像头的视域内、车辆在多摄像头的重叠视域内、车辆脱离任一摄像头的视域,示意图如图 3 所示。



(a)单个摄像头的视域 (b)多个摄像头的重叠视域 (c)脱离任一摄像头的视域

图 3 车辆和摄像头之间的关系图

4.1 车辆在单个摄像头的视域内

车辆在单个摄像头的监控视域内,即相邻摄像头之间不存在重叠视域,此时只要记下车辆的位置状态信息,并反馈给计算机中心服务器。

用车辆跟踪窗口的左上顶点的位置作为车辆的位置状态,车辆跟踪窗口的大小、车辆的速度和加速度作为状态变量。摄像头的视域用 a 表示,车辆的跟踪窗口的左上坐标用 (x, y) 表示,跟踪窗口大小用窗口高度 h 和宽度 d 表示。车辆的速度和加速度用 v 和 a 表示,那么状态变量可以表示为: $(x, y, h, d, v, a)^T$ 。

4.2 车辆在多摄像头的重叠视域内

这类问题主要是单目标多影像的数据融合,即在两个相邻摄像头的重叠区域内时,根据目标的位置映射关系,在相应的摄像头视域内检测运动车辆,通过比较其物理位置的最小误差确定是否是同一目标。

假设在摄像头的视域内有 n 个目标物,其在视域内的位置分别为 $(x_c^1, y_c^1), \dots, (x_c^n, y_c^n)$, 可以计算出其在世界坐标中的位置为 $(x_w^1, y_w^1), \dots, (x_w^n, y_w^n)$ 。如果正在跟踪的目标车辆在世界坐标系的位置为 (x_w^0, y_w^0) , 则该视域中与前一视域中满足下式:

$$\operatorname{argmin}_{(x_w, y_w)} [(x_w - x_w^0)^2 + (y_w - y_w^0)^2] = 0 \quad (1)$$

则认定为同一目标。将检测到的目标的物理位置与前一摄像头的视域中目标的物理位置进行比较,位置最近的目标即为前一视域中正在跟踪的目标。

4.3 车辆脱离任一摄像头的视域

由于停车场区域过大或者由于柱子产生遮挡问题,监控摄像头难免存在盲区,即车辆目标脱离了任何一个摄像头的监控视域范围而出现目标丢失。本研究根据车辆自身的特点采用了基于卡尔曼滤波的跟踪方法对脱离摄像头视域的车辆进行了预测跟踪。

由于运动车辆在相邻两帧中移动的距离不太远和面积变化不太大,因而可以把车辆目标看做匀速直线运动,以跟踪窗口的位置的大小、车辆的速度和加速度作为特征值来跟踪车辆目标。

消息模型(状态转移方程)就是对连续信号的采样:

$$x_k = A_{k-1}x_{k-1} + B_{k-1}u_{k-1} \quad (2)$$

量测模型就是测量机构的输出和相应的状态变量的关系:

$$y_k = C_k x_k + w_k \quad (3)$$

式中 y_k, w_k — m 维向量; w_k —测量带来的噪声。

滤波模型,即进一步预测寻找 X 的线性估计式:

$$\hat{x}_k = \sum_{l=0}^k F_{kl} y_l + d_k \quad (4)$$

式中 d_k — n 维的常值向量。

通过上面 3 个模型可以求得一个线性无偏最小均方差估计的递推公式(这里假定 u_k, w_k 都是白噪声):

$$\begin{cases} \hat{x}_k = A_{k-1} \hat{x}_{k-1} + K_k (y_k - C_k A_{k-1} \hat{x}_{k-1}) \\ K_k = P_{k|k-1} C_k^T (C_k P_{k|k-1} C_k^T + W_k)^{-1} \\ P_{k|k-1} = A_{k-1} P_{k-1} A_{k-1}^T + B_{k-1} U_{k-1} B_{k-1}^T \\ P_k = (P_{k|k-1}^{-1} + C_k^T W_k^{-1} C_k)^{-1} \end{cases} \quad (5)$$

式中 W_k —噪声 w_k 的协方差矩阵。

$$W_k = \begin{bmatrix} W_0 & & & 0 \\ & W_1 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & W_k \end{bmatrix}$$

基于卡尔曼滤波的车辆跟踪算法的具体过程如下:

(1) 初始化。首先进行卡尔曼参数初始化,记录当前时刻,同时提取该目标车辆的跟踪窗口。

(2) 预测。在进入摄像头的视域后,对这些车辆进行跟踪,记录下 T 时刻图像中车辆的位置,预测当前的车辆运动位置状态和误差协方差。

(3) 匹配。将车辆位置与卡尔曼滤波器预测的车辆位置进行比较,确定各车辆与上一帧中各车辆的匹配关系。

(4) 修正。用匹配的结果更新为卡尔曼滤波 $T+1$ 时刻的观察变量,同时修正误差协方差矩阵。

回到第(2)步,重复预测、匹配、修正过程,从而完成了对目标车辆的连续跟踪,避免了由于遮挡问题或者目标车辆移出摄像头视域而出现目标丢失的情况。

5 实验结果及分析

笔者在室外停车场利用本研究中的方法进行了实地测试,监控摄像头的分辨率为 320×240 , 帧率为 25 帧/秒,停车场平面场景监控示意图如图 4 所示,其中摄像头 C_1, C_2 远离地平面和运动目标,具有较广的视

(下转第 85 页)

变了人工行车称重模式,提高了称重的稳定性。目前该系统正在江苏某钢厂实施之中,在实际工程应用上有一定的参考意义。

参考文献 (References):

[1] 苏锦. 钢包跟踪和起重机调度系统在炼钢厂的应用 [C]//中国钢铁节能环保与自动化会议暨第十一届全国自动化应用技术学会交流会,北京:[出版者不详],2006:383-396.

[2] HAMOEN S C, MOENS D J. Logistic Simulator for Steel Producing Factories [C]//WSC 2002. Diego, California; [s. n.],2002:1315-1318.

[3] WANG Xiu-ying, YU Sheng-ping, ZHENG Bing-lin, et al. Intelligent Scheduling System of Steelmaking and Continuous Casting based on ERP/MES/PCS [C]//WCICA 2006.

Dalian: [s. n.],2006:7381-7384.

[4] 王秀英,刘炜,郑秉霖,等. 钢包调度仿真软件包的设计与实现[J]. 系统仿真学报,2007,19(13):2913-2916.

[5] 周晓光. 射频识别(RFID)系统设计与仿真[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.

[6] 王琳,于忠良,王德绪,等. 生产物流跟踪数据自动采集在炼钢厂的应用[J]. 鞍钢技术,2009(2):48-50,56.

[7] 钦明申. 行车及铁水罐钢水罐计算机辅助调度管理系统在炼钢厂的应用[J]. 中国冶金,2005,15(5):36-39.

[8] 董方武,刘泽波,贾祥素. 基于 ZigBee 技术的染整后处理监控系统[J]. 轻工机械,2009(1):61-64.

[9] 姜美莲,林兆花,邓耀国. 条码技术在供应链管理中的应用[J]. 轻工机械,2008(2):116-118.

[编辑:李辉]

(上接第78页)
角,实验结果如图5所示。

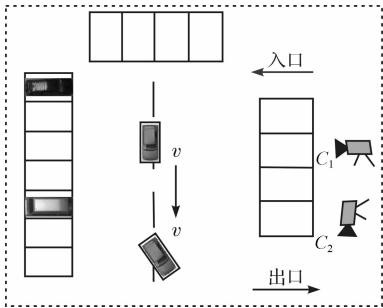


图4 停车场平面示意图



(a)摄像头C₁ (b)摄像头C₂

图5 多摄像头跟踪效果图

6 结束语

基于多摄像头协同模式的智能停车场管理系统将计算机视觉技术和现有的停车场管理结合起来,是对目前智能停车场管理系统应用的一种拓展,本系统的推出将大大提升停车场管理的服务质量和安全机制,同时也实现了车位自动引导的功能。

实践结果表明,该系统的使用节省了人力物力,给车主带来了方便,且成本较小,具有较高的可行性,因

此该方法具有广阔的推广应用前景。

参考文献 (References):

[1] 李云飞. 智能停车场射频IC卡读写器开发设计[J]. 计算机工程与设计,2009,29(18):4746-4749.

[2] 胡世杰. 智能小区停车场管理系统的设计[J]. 电气应用,2008,27(15):59-62.

[3] 曹建军. 小区停车场智能管理系统设计[J]. 计算机工程与应用,2009,45(5):214-217.

[4] 王竹萍. 基于RFID技术的智能停车场研究与开发[J]. 杭州师范学院学报:自然科学版,2007,6(1):61-65.

[5] JAVED O, RASHED Z, SHAFIQUE K, et al. Tracking across multiple cameras with disjoint views [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision. Nice, France: ACM Press,2003:165-171.

[6] COLLINS R, LIPTON A, FUJIYOSHI H, et al. Algorithms for cooperative multisensor surveillance[J]. **Proceedings of the IEEE**,2001,89(10):1456-1477.

[7] FIGUEROA P, LEITE N, BARROS R M L. Tracking soccer players using the graph representation [C]//Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, 2004:1051-4651.

[8] HENRIKSSON D, OLSSON T. Maximizing the use of computer resources in multi-camera feedback control [C]//Proceedings of the 10th IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS). Toronto: IEEE,2004:360-367.

[编辑:柴福莉]