

适用于遮挡问题的多车辆跟踪算法^①

李 璟, 刘怀愚, 洪留荣

(淮北师范大学 计算机科学与技术学院, 淮北 235000)

摘 要: 针对多车辆跟踪中的遮挡问题, 提出一种新的基于特征相关匹配的车辆跟踪算法。对前一帧和当前帧中获得的运动区域分别给予“车辆区域”和“临时区域”两种不同身份, 采用“三点外推法”估计车辆区域在当前帧中位置, 并通过计算到当前帧临时区域的距离以确定匹配区域, 实现车辆跟踪。同时根据给各区域设置的状态因子判断车辆状态, 结合基于追踪窗口的分割方法, 较好地解决了车辆遮挡问题。实验结果表明, 该算法简单有效, 能较好解决跟踪中遮挡造成的车辆丢失问题, 进行准确的目标跟踪。

关键字: 车辆跟踪; 遮挡; 特征匹配; 图像分割

Multiple Vehicles Tracking Algorithm Applied to Occlusion Issue

LI Jing, LIU Huai-Yu, HONG Liu-Rong

(School of Computer Science and Technology, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China)

Abstract: In the light of the occlusion in the tracking of multiple vehicles, the article puts forward a new multi-object tracking algorithm based on feature correlation matching. The moving area that was extracted in current frame and in previous frame is respectively given different identity “vehicle region” and “temporary region”. The position of vehicles region in current frame can be forecast by using three points extrapolation, the distance between which and temporary region can be calculated and used to match current motion regions and track vehicles. In the meantime, the paper estimates states of vehicles depending on the state factors, and combines them with tracking windows based on segmentation method to solve vehicle tracking problem under occlusion efficiently. Experimental results indicate that the proposed algorithm can trace and forecast the vehicles which hid, and can accurately track object effectively.

Keywords: vehicles tracking; occlusion; feature matching; image segmentation

1 引言

运动车辆的检测跟踪是目前交通视频监控系统的核心功能, 要满足系统的运行需求和获得较为准确的各种交通参数, 实时性和鲁棒性的算法是关键所在。在现实情况下, 复杂场景中的车辆之间经常发生的遮挡问题是影响基于视频序列的车辆检测和跟踪算法准确率的重大问题。遮挡问题的发生会直接导致在利用背景差法对连续图像序列中的目标区域进行特征提取时出现偏差, 会使在发生合并或遮挡前后所提取出来的目标区域个数不一致, 使前后帧间各目标区域的

对应关系无法产生, 从而最终导致目标跟踪错误。目前, 车辆跟踪方面的研究大都致力于解决各种遮挡问题。基于目标特征匹配的跟踪算法^[1-4]所提取的目标特征可以是目标区域的灰度值、二值分割图像、边缘或角点等。这类算法一般都不单独使用, 常常采用各种运动预测方法来缩小匹配区域以加快匹配速度, 提高跟踪效率。在这类算法中是以特征的预测值和测量值的差别来判断是否发生遮挡, 并以此决定进行怎样的更新。文献[5]中提出按照一定规则进行区域匹配和跟踪, 并据此解决车辆的遮挡问题, 但没有给出对多个

① 基金项目:安徽省教育厅自然科学基金(KJ2008B123,KJ2009B011)

收稿时间:2010-08-21;收到修改稿时间:2010-10-02

车辆区域发生遮挡时解决方法。文献[6]提出了一种基于运动预测框的目标跟踪算法,并将它与基于车辆平行四边形轮廓的遮挡分割方法相结合,但是遮挡区域的判断对环境比较敏感,遮挡分割的误差较大。Dockstader^[7]和 Hu Weiming^[8]等利用多摄像机协作进行数据融合来解决遮挡问题,但是该方法的跟踪效果受各摄像机的视角影响比较大且成本较高。文献[9]提出的基于 NMI 的运动搜索跟踪算法可以较好的解决各种遮挡问题,但是算法的计算量大比较耗时。

总的来说,视频序列中的多目标车辆跟踪实质就是在相邻帧间进行目标匹配,而连续时间内各运动区域的前后匹配关系能否正确建立,其关键在于对由遮挡而产生的各种问题能否正确处理。本文针对复杂场景下多车辆的行驶特点,对由于遮挡产生的问题进行了较为全面的剖析,利用基于特征匹配的算法实现多车辆的跟踪检测。本文中通过采用三点外推法对车辆位置进行预测,通过设置目标区域的匹配因子、新增度和丢失度来标识所处状态(匹配成功、出现粘连、新增或丢失),并根据其所处状态进行合理有效地处理。

2 车辆跟踪

2.1 算法的提出

车辆的跟踪过程实际就是在相邻帧间不断寻找各运动区域的对应匹配关系,本文中前后两帧中检测到的运动目标区域分别给予两种“身份”:前一帧中已经确定为正常车辆的区域叫做车辆区域,而当前帧中还未确定“身份”的连通区域叫做临时区域。因此,算法中的跟踪过程就是将车辆区域在各个临时区域间进行匹配的过程。

算法中两种身份的运动区域都由相关特征描述,其中两种区域的基本特征都包括有区域的质心、面积、其跟踪窗口的宽高和左上角顶点等。运动车辆从进入检测区域到离开检测区域其状态不断发生变化,因此,为确认目标在一个跟踪周期内中的不同状态,为车辆区域和跟踪区域分别设置了状态特征:车辆区域的状态特征包括新增度(new)和丢失度(missing),临时区域的状态特征有匹配因子(matched)。

在此基础上本文的跟踪算法过程大致可以分成以下三个阶段:

第一,根据前三帧中的车辆区域特征预测估计出

车辆区域在当前帧中的质心位置,并计算出该点到当前帧中各临时区域的距离;

第二,根据最短距离和区域面积对前一帧中车辆区域与当前帧中临时区域进行一一比对,设置和更新各目标区域的状态特征;

第三,由状态特征确定各目标区域的状态,根据所处不同的状态对各个运动区域作出相应处理,从而解决如下问题:

(1) 匹配的问题,当匹配关系成立时车辆区域信息的保存和更新问题;

(2) 粘连的问题,是指由于遮挡发生粘连的车辆的判断和分割问题;

(3) 新增的问题,是指由于遮挡等原因造成车辆区域分离而被误检为新增目标车辆的问题,或者对当前新检测出的目标区域进行新增车辆判断和跟踪的问题;

(4) 丢失的问题,是指由于遮挡而造成目标车辆无法准确跟踪而产生的短暂丢失或永久丢失问题,以及车辆自然退出检测区域而产生的正常丢失问题。

2.2 运动预测的方法

在相邻帧间进行目标匹配时,必须寻找合适的方法来预测获得较为准确运动位置,以保证在目标受到光线突变或完全遮挡等特殊情况下能保持稳健、实时有效的跟踪。本文中使用的是基于三点外推法的运动预测方法,该方法计算量小,能够较为准确的对目标的位置(质心、跟踪窗口)作出预测,较好的满足算法的要求。

由于视频序列中,连续两帧的时间间隔很短,可以假设车辆在连续帧中的速度和方向变化很小,因此可利用前三帧车辆的位置预测当前帧车辆的位置。令当前帧为第 i 帧,前三帧某车辆质心分别为 $P_{i-3}(x_{i-3}, y_{i-3})$, $P_{i-2}(x_{i-2}, y_{i-2})$, $P_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1})$, 该车辆质心在不同帧的 x 方向取值变化趋势如图 1 所示。

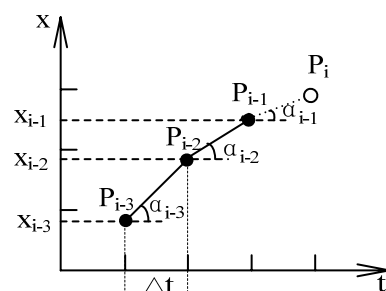


图 1 质心在不同帧的 x 方向取值变化趋势

已知直线 P_{i-3} P_{i-2} 的斜率和直线 P_{i-2} P_{i-1} 的斜率分别为:

$$K_{i-3} = \tan(\alpha_{i-3}) = \frac{x_{i-2} - x_{i-3}}{\Delta t}$$

$$K_{i-2} = \tan(\alpha_{i-2}) = \frac{x_{i-1} - x_{i-2}}{\Delta t}$$

则斜率变化率为 K_{i-2} / K_{i-3} , 由此, 可预测直线 P_{i-2} P_{i-1} 的斜率为 $K_{i-1} = K_{i-2} \frac{K_{i-2}}{K_{i-3}}$

又有 $K_{i-1} = \tan(\alpha_{i-1}) = \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t}$ 可得:

$$K_{i-2} \frac{K_{i-2}}{K_{i-3}} = \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t}$$

则第 i 帧该车辆 x 坐标的预测方程为:

$$x_i = \frac{(x_{i-1} - x_{i-2})^2}{x_{i-2} - x_{i-3}} + x_{i-1} \quad (1)$$

同理, 可得第 i 帧该车辆 y 坐标的预测方程为:

$$y_i = \frac{(y_{i-1} - y_{i-2})^2}{y_{i-2} - y_{i-3}} + y_{i-1} \quad (2)$$

同理, 可以预测出车辆区域的跟踪窗口在当前帧中的位置。

2.3 点到连通区域的距离

本文的匹配跟踪算法利用车辆区域的质心到当前帧临时区域的距离作为判断该车辆区域与临时区域对应关系是否成立的主要依据, 而要较为准确的计算点到区域的距离需要关注点与连通区域的位置关系, 如图 2 所示。图中连通区域 area 外接矩形左上角顶点坐标 T(x_t, y_t), 长为 a, 宽为 b, 根据点 P(x_p, y_p) 和连通区域 area 的位置关系, 分三种情况求解点 P 到该连通区域的距离:

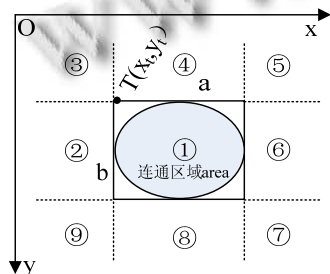


图 2 点与区域的位置关系

1) 当点 P 包含在连通区域的外接矩形内部, 则点

P 到连通区域的距离为 0;

2) 当点 P 在③⑤⑦⑨区域时, 将点 P 到连通区域外接矩形最近顶点的距离定义为点 P 到连通区域的距离;

3) 当点 P 在②④⑥⑧区域时, 将点 P 到连通区域外接矩形最近边的距离定义为点 P 到连通区域的距离;

对应公式如下:

$$DIST(P, area) = \begin{cases} 0 & x_p \in [x_t, x_t + a] \wedge y_p \in [y_t, y_t + b] \\ |x_p - x_t| & x_p < x_t \wedge y_p \in [y_t, y_t + b] \\ |x_p - x_t| + |y_p - y_t| & x_p < x_t \wedge y_p < y_t \\ |y_p - y_t| & x_p \in [x_t, x_t + a] \wedge y_p < y_t \\ |x_p - x_t - a| + |y_p - y_t| & x_p > x_t \wedge y_p < y_t \\ |x_p - x_t - a| & x_p > x_t + a \wedge y_p \in [y_t, y_t + b] \\ |x_p - x_t - a| + |y_p - y_t - b| & x_p > x_t + a \wedge y_p > y_t + b \\ |y_p - y_t - b| & x_p \in [x_t, x_t + a] \wedge y_p > y_t + b \\ |x_p - x_t| + |y_p - y_t - b| & x_p < x_t \wedge y_p > y_t + b \end{cases} \quad (3)$$

2.4 各区域状态的判定

前一帧中所有车辆区域在当前帧中所有临时区域中寻找对应关系的过程一旦结束, 根据匹配结果各个区域的状态特征随即获得了设置和更新, 根据这些状态特征值即可判定前一帧到当前帧车辆状态的变化。

各车辆区域的状态特征包括新增度(new)和丢失度(missing), 根据其值可以对车辆区域所处状态进行如下判定:

当 new > T_{new} 时, 将该车辆区域确定为新增车辆; 否则, 该车辆区域为“疑似新增车辆”, 其中 T_{new} 是设定阈值;

当 missing <= T_{missing} 时, 将其视为暂时丢失车辆, 其中 T_{missing} 是设定阈值;

当 missing > T_{missing} 且 new > T_{new} 时, 该车辆为真正丢失车辆; 当 missing > T_{missing} 且 new <= T_{new} 时, 将该车辆是由于遮挡造成车辆分离而检测出的车辆“碎片”。

临时区域的状态特征有匹配因子(matched), 根据其取值有如下几种情况:

当 matched=1 时, 视该区域为匹配区域, 表示已与前一帧中某车辆区域一一对应;

当 matched > 1 时, 视该区域为粘连区域, 表示它与前一帧中多个车辆区域对应, 需要对其进行分割;

当 matched=0 时, 视该区域为新增区域, 表示前

一帧中根本没有车辆与之对应。

2.5 多车辆的分割

由于车辆遮挡重叠,在当前帧中会检测出包含两个或两个以上车辆的临时区域,这些区域与前一帧的多个车辆区域存在有对应关系。为避免跟踪的目标车辆出现丢失和错误,本文采用一种基于跟踪窗口的分割算法将粘连区域的车辆进行分割处理后再进行后续跟踪,如图3所示。

根据临时区域的状态特征得知,如果临时区域的匹配因子大于1,则对所有与之对应的车辆区域V,分别做如下操作:

- 1) 预测V在当前帧中的外接矩形框K;
- 2) 提取临时车辆区域中矩形框K内的部分,并将其与前一帧的外接矩形区域进行逻辑与运算;
- 3) 对运算结果区域先进行形态学闭运算再进行开运算,消除运算结果区域中空洞、毛刺和孤立点等。
- 4) 然后取运算结果区域中的连通区域T;
- 5) T即为分割出的车辆区域,用T更新车辆区域V。

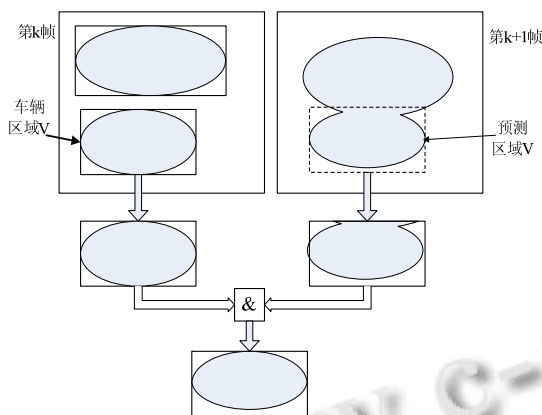


图3 车辆分割的示意图

2.6 跟踪算法的步骤

进行多目标车辆跟踪的步骤如下:

1) 采用基于灰度区间的方法^[10]来生成和更新背景,利用背景差分法提取检测区域,并进行二值化、形态学滤波、边缘检测及基本特征提取(质心位置、面积大小等)操作,获得并保存当前帧中临时区域 TA_i 的各种信息, $i=1\cdots N$,其中N为检测到的临时区域的个数。

2) 对每一个车辆区域 VA_j 进行如下操作, $j=1\cdots$

M,其中M为检测到的车辆区域的个数。

① 根据前三帧车辆区域的质心位置利用三点外推法预测出车辆区域 VA_j 在当前帧中的质心P,计算出P到当前帧中各个临时区域的距离 $DISP(P,TA_i)$;

② 遍历各临时区域找满足如下条件的临时区域: $DISP(P,TA_i) < \delta_1$ and $area(VA_j) - area(TA_j) < \delta_2$,其中 $area(VA_j)$ 和 $area(TA_j)$ 为相应连通区域的面积, δ_1 和 δ_2 为阈值。

若找到车辆区域 VA_j 与临时区域 TA_i 对应,则临时区域 TA_i 的匹配因子 $match_i$ 增1,车辆区域的丢失度 $missing_j$ 清零。

若未能找对应区域,则使该车辆区域 VA_j 的丢失度 $missing_j$ 增1。

3) 根据车辆区域和临时区域的状态进行如下处理:

对于暂时丢失车辆,将利用预测算法所得到的预测信息更新该车辆信息。

对于永久丢失车辆,自然结束跟踪;

对于车辆碎片,主动放弃跟踪,清空其历史信息。

对于匹配区域,利用该临时区域信息更新与之匹配的车辆信息。

对于粘连区域,利用分割算法进行粘连车辆处理。

对于新增区域,将其身份转换为车辆区域,并将新增度 new 置为1。此时,它为“疑似新增车辆”。

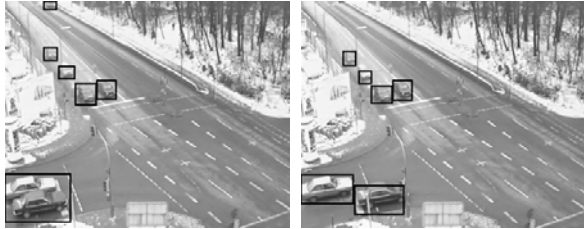
4) 重复1)~3),进行下一轮跟踪。

3 实验结果

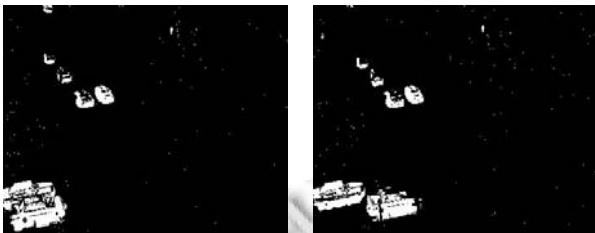
本文在情况较为复杂的十字路口进行了车辆跟踪实验,下面对跟踪中的各种情况进行说明。

图4中给出了对图像序列第221帧到第230帧处理的结果。在第221帧中,左下角的白色车辆和黑色车辆在刚刚进入检测区时就互相遮挡发生粘连而造成误检测,本算法中状态因子的应用可以对这种误检进行纠正。在第221帧中将误检的区域就先认定为“车辆区域”,在后续帧中继续对其进行跟踪。而在第230帧中,白色车辆和黑色车辆开始分离,被误检为车辆的区域在当前帧中已找不到与其匹配的临时区域,其丢失度 $missing$ 被记为1,在后续帧中由于它的消失而使丢失度不断增加直到超过了预定的丢失阈值 $T_{missing}$,即被判定为丢失且为永久丢失。对于刚刚分离

的两辆车会作为新增车辆继续跟踪，后续帧中其新增度 new 会不断增 1，直到超过新增阈值 Tnew，即可认为是稳定车辆。



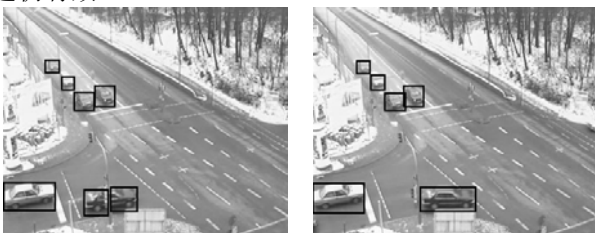
(a)第 221 帧 (b)第 230 帧



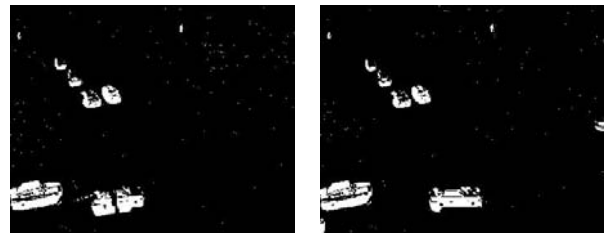
(c)第 221 帧的差分图 (d) 第 230 帧的差分图

图 4 由遮挡到分离的跟踪

图 5 中给出了对图像序列第 233 帧到第 236 帧处理的结果。在第 233 帧中，黑色车辆由于被灯柱遮挡而被检测成两个分离的区域，前一帧中黑色车辆对应的车辆区域在当前帧没有匹配上对应的临时区域，此时将该车辆区域按照丢失车辆处理，而对于两个车辆“碎片”暂时将它们作为新增的车辆区域进行跟踪。到第 236 帧时车辆完全离开灯柱，该帧中的临时区域与丢失车辆的预测位置距离最近，且丢失车辆的丢失度 missing 仍小于预定阈值 Tmissing，此时意味着该车辆只是暂时丢失，在短时间消失后又重新出现，后续的跟踪将继续进行。对于被误检的两个区域此时将它们按照永久丢失车辆处理。由此看出，该算法对于由于遮挡造成的单车辆“碎片”问题和车辆的暂时丢失问题仍有效。



(a)第 233 帧 (b)第 236 帧



(c)第 233 帧的差分图 (d) 第 236 帧的差分图

图 5 由遮挡造成的单车辆分离的跟踪

图 6 中给出了对图像序列第 548 帧到第 553 帧处理的结果。在第 48 帧和第 549 帧相邻两帧中，右下角的两辆车发生了由于遮挡而产生的粘连。此时第 548 帧中的两个车辆区域都与第 549 帧中的同一临时区域对应，需对此区域进行分割。在第 553 帧中，发生粘连的两辆车正常分离，仍然被稳定跟踪。此外，在第 553 帧中右下角的白色车辆即将驶离检测区域，在后续跟踪中该车辆按永久丢失处理，自然结束跟踪。



(a)第 548 帧 (b)第 549 帧 (c)第 553 帧



(d)第 548 帧差分图 (e)第 549 帧差分图 (f)第 553 帧差分图

图 6 由分离到遮挡再分离的跟踪

4 结语

遮挡问题是跟踪过程中普遍存在的问题，它是导致错检和漏检的主要原因。针对这一问题，本文提出在相邻帧间不同身份的区域进行特征匹配的跟踪算法。通过三点外推法进行实时的运动估计，利用设置区域状态因子对遮挡问题进行准确判定，采用基于跟踪窗口的车辆分割算法对粘连车辆的进行准确处理，这些算法的合理应用有效地解决了跟踪过程中的各类问题。实验结果显示本算法简单有效，不但能够满足实时跟踪的需要，而且提高了单摄像机跟踪对遮挡问题的处理能力。

(下转第 139 页)

谐振电路的主要作用是滤除高次谐波和放大信号谐振,第二级谐振电路的作用是谐振放大和信号耦合。计算谐振频率的公式为: $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ 从图7中可以明显看出,一级谐振是由TX引脚输出后所接的1 μ H电感和两个68pF电容组成,他们的谐振频率是13.56MHz。第二级谐振由天线线圈的电感与两个100pF的电容组成,谐振频率仍为13.56MHz。调试结果如图7所示:

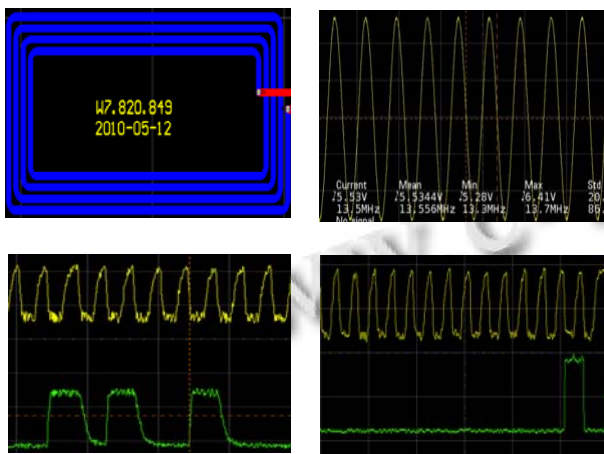


图7 调试结果图

天线的面积为4.5mm \times 5.2mm,其中线宽为30mil,线距为15mil;天线输出频率为13.56MHz,度为25.2V的载波信号;按照ISO14443通讯标准发送0x52,接收到0x08,从而验证寻卡成功,读卡距离为5~5.5cm。

(上接第100页)

参考文献

- 1 Marecenaro L, Ferrari M, Marchesotti L. Multiple Object Tracking under Heavy Occlusions by Using Kalman Filter Based on Shape Matching. IEEE International Conference on Image Processing, Rochester, New York, USA, 2002:341-344.
- 2 Natan P. Robust Tracking of position and velocity with kalman snakes. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Matching Intelligence, 1999,22(5):564-569.
- 3 Galvin B, Mccane B, Novins K. Visual Snakes for Occlusion Analysis. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, Colorado, USA, 1999: 294-299.
- 4 Nguyen HT, Marcel W. Occlusion Robust Adaptive Template Tracking. Proc. of 8th IEEE International Conference on Computer Vision, Vancouver, Canada, 2001: 678-683.

8 结语

本文基于MFRC523设计的射频CPU卡费控系统应用在智能电表中符合射频电磁场辐射抗扰度GB/T 17626.3-2006标准,其射频辐射范围和强度对用户无人身安全隐患;同时通过各项试验验证,该射频CPU卡费控系统运用到智能电能表中符合国网射频卡表招标要求,具有很强的实用性。

创新点:(1)该费控系统能够以模块的形式运用到单相表、三相表、水表、气表等表上,用途广泛。(2)采用射频CPU卡,有助于购电卡一卡通化;(3)MFRC523读卡芯片既支持A卡也支持B卡,增加了电表读卡的灵活性,同时也有助于实现信息实名化;(4)整个表盒密封,与外界隔离,延长了电表的寿命。

参考文献

- 1 易霞,滕召胜,张向程,周良璋.Mifarel 射频卡在预付费电表中的应用.自动化仪,2007,(28):11-12.
- 2 MFRC523 product data sheet. 2010. NXP founded by Philips.
- 3 李军,戴瑜兴,谢晓杰.基于FM1702SL的射频卡能表的设计.嵌入式系统应用,2009:4.
- 4 邵贝贝,等译.嵌入式实时操作系统uC/OS-II.第2版.北京:北京航空航天大学出版社,2003.1-544.
- 5 唐承佩,倪江群.基于MF-RC500的通用射频卡读写模块的设计.仪表技术与传感器,2005,(7):36-39.

- 5 郁梅,王圣男,蒋刚毅.复杂交通场景中的车辆检测和跟踪新方法.光电工程,2005,32(2):67-70.
- 6 陈功,杨奎元,周荷琴,等.鲁棒的实时多车辆检测与跟踪系统设计.信号处理,2009,25(4):607-612.
- 7 Dockstader. Multiple Camera Tracking of Interacting and Occluded Human Motion. Proc. IEEE, 2001,89(10):1441-1455.
- 8 Hu WM, Hu M, Zhou X. Principal axis-based correspondence between multi-cameras for people tracking. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006,28(4): 663-671.
- 9 杨艳芳,齐美彬,王倩,蒋建国.基于运动检测与运动搜索的多目标跟踪.计算机工程,2008,34(19):222-224.
- 10 李璟,刘怀愚,洪留荣.改进的道路背景提取和更新算法.计算机应用,2010,30(5):1266-1267.