

视频处理技术在智能交通系统的应用

姜旭, 朱灿焰

(苏州大学 电子信息学院, 江苏 苏州 215021)

【摘要】视频检测作为智能交通中一种主要的检测手段在交通流检测、车辆违章跟踪等领域得到了广泛的研究和发展。文中提出了一种城市道路交通灯智能控制模型,该模型利用视频图像处理技术,获取十字路口各方向的车流量参数、违章车辆信息等,在此基础上实现了交通灯的智能控制以及对违章车辆的视频跟踪,最后给出了实际交通视频图像处理的实验结果。

【关键词】智能交通系统; 视频车流量检测; 车辆跟踪

【中图分类号】TP277

【文献标识码】A

【文章编号】1002-0802(2010)01-0099-03

Application of Video Processing Technique in Intelligent Transportation System

JIANG Xu, ZHU Can-yan

(School of Electronics and Information Engineering, Soochow University, Suzhou Jiangsu 215021, China)

【Abstract】As a primary method for intelligent transportation system (ITS), video detection is extensively studied and developed, and is also widely applied in the field of traffic flows detection and illegal traffic tracking. In this paper, a city traffic-light intelligent control model is proposed. Based on this model, the parameters of video traffic flows and the illegal traffic information in every direction of the crossroad are acquired first by using video image processing technique, then the intelligent control of the traffic lights and the illegal vehicle tracking. Finally, the experimental results of the real traffic video processing are provided in this paper.

【Key words】ITS; video traffic flows detection; vehicle tracking

0 引言

智能交通系统 ITS (Intelligent Transportation System)^[1]是一种实时、高效、全方位的综合交通运输管理系统。车流量检测作为其重要组成部分,为道路智能化信息管理调度与道路规划建设提供依据,同时融合道路参数提取以及对异常行车状况报警、跟踪。目前得益于人工智能计算机视觉技术和硬件技术的飞速发展,图像和视频技术已经广泛应用于新一代智能交通系统中。交通信号灯是交管部门管理城市交通的重要标志信号。目前绝大部分交通信号灯的控制时间都是预先设定好的,红绿灯的时间基本上都固定不变或简单按时段划分的,所以不能根据实际路况灵活地动态调

节。而车辆闯红灯不仅是造成道路交通拥挤、堵塞的主要原因,也是产生交通事故的主要隐患。

针对以上问题,本文提出了一种城市道路交通智能控制视频处理系统模型。该模型采用视频图像处理技术,获取十字路口各方向的车流量参数,以及违章车辆信息,并利用这些参数和信息实现了交通灯的智能控制以及对闯红灯违章车辆的跟踪。论文给出了部分实际视频处理实验结果。

1 交通灯智能控制模型

1.1 路口模型示意图以及相关参数说明

下页图1为城市道路十字路口实验视频的模型示意图。在该实验中,假设十字路口每个方向只有正反两个车道。根据道路交通智能控制系统的基本要求,其主要控制参数为该路口各个方向的车流量参数和对应各个方向的违章车辆信息。我们根据该交通路口视频实际情况,给出图1中各车道的平均车流量定义。

收稿日期: 2009-01-16。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(批准号: 60872003); 霍英东基金资助项目(批准号: 114002)。

作者简介: 姜旭(1980-), 硕士研究生, 主要研究方向为智能交通系统的视频监控和智能控制、数字图像处理; 朱灿焰(1962-), 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向为实时信号处理和通信系统。

定义各车道平均车流量 C_i [2]: 为单位时间内该路段某车道通过的车辆个数, 单位为(辆/秒)。

数学模型: 在 t_{kj} 到 $t_{kj} + \Delta t$ 时间段, 车道 i 内有 N 辆汽车通过, 则 $C_i = \frac{N}{\Delta t}$, 这里 K 表示测试次数, 测量一定次数 K 后, 则

$$C_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K C_{ki} \quad (1)$$

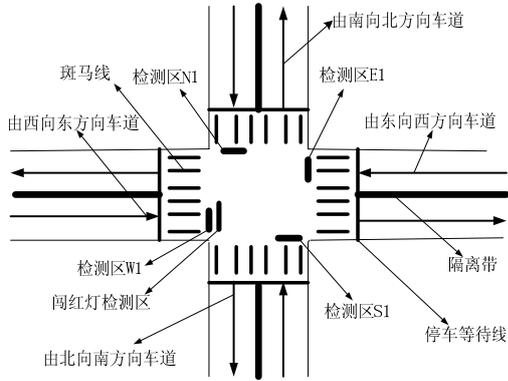


图1 路口模型示意

1.2 车流量参数的获取

(1) 获取检测目标

首先对图像进行逐帧读取(本文中每帧图像大小为 352×288 个像素), 并将处理系统进行初始化, 设定参与处理的图像大小, 开辟所需的内存空间。接下来对每帧图像进行预处理, 预处理过程包括以下内容:

Step1 将读取的彩色图像转化为灰度图像, 并进行高斯平滑滤波;

Step2 用Step1中的图像减去背景图像, 得到前景图像, 并进行二值化处理, 本实验中的二值化阈值设定为35;

Step3 由于十字路口的实际场景中有一些干扰因素, 如树叶的摇动, 行人等的存在, 都是对机动车辆检测的不利因素, 所以采用用形态学滤波的方法, 去除这些噪声, 即对前景的二值化图像膨胀一次, 再腐蚀一次, 本实验中用于闭运算的结构元为 (5×5) 的矩形单元。

考虑到今后硬件的代码移植, 采用了设立虚拟检测区的方法[3], 大大降低了运算量。虚拟检测区即在图像中选择了个检测带, 只在这个范围内进行数据处理。其宽度应宽于车辆但又略小于车道宽度, 长度应该等于车长的 0.2 至 0.25, 这样的大小便可以满足检测要求。由于背景图像受光照因素的影响应该是变化的, 所以用一种加权系数法更新背景图像[4]。

$$B_{pt} = KB_{pt-1} + (1-K)C_{pt-1}, \quad (2)$$

其中, B_{pt} 为要估计的背景; B_{pt-1} 为初始背景; C_{pt-1} 为当前图像, $0 < K < 1$ 。在试验中 $K = 0.97$, 以实现背景在不同时间段光照不同的情况下的更新, 提高检测的准确性。

(2) 车辆计数方法

从摄像头获取实时视频后, 在每个检测区域内将当前帧的灰度图像与背景进行差分, 并将其二值化和形态学闭运

算, 从计算是否有亮点, 判断是否有车出现开始, 设置有车通过标志为 0, 并累计亮点个数。当亮点(像素值为 255 的点)的个数达到一定值时, 并在第一次达到该值时, 设定开始有车通过标志从 0 跳变到 1, 亦即认为有车经过, 并计数, 当该次计数过程结束后, 有车通过标志再从 1 跳变回到 0。若干帧图像后便可以在一定时长内得到车辆的数目, 并由式

(1) 得到车流量的值。具体的流程如图 2 所示。

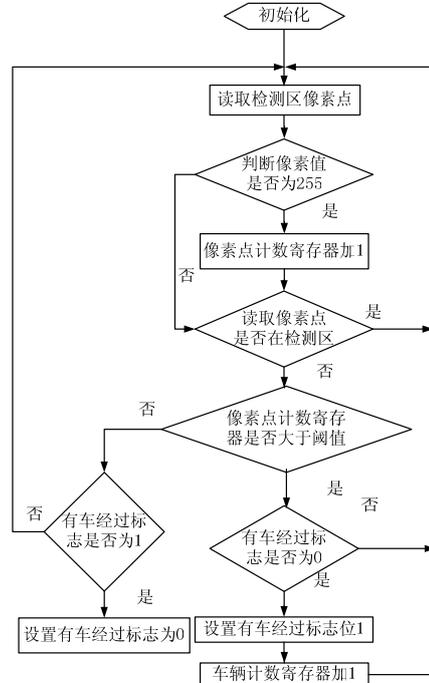


图2 虚拟检测区车辆计数流程

1.3 红绿灯动态调整模型的分析 and 建立

根据实际情况, 红绿灯时间应该根据东西和南北方向上车流量的总和 ($C = C_H + C_V$) 以及两个方向车流量的比例

$$(k = \frac{C_H}{C_V}) \text{ 以及这两个参数来动态调节。}$$

① 该模型中的一些参数说明: 东西方向车流量 (C_H) 的定义为: 在一个红绿灯周期 T 内, 东西方向绿灯通行时间 (T_H) 内的车流量 (N_H) 与东西方向绿灯通行时间 (T_H) 的比值, 单位为: 辆/秒。南北方向车流量 (C_V) 的定义为: 在一个红绿灯周期 T 内, 南北方向绿灯通行时间 (T_V) 内(也即东西方向红灯时间)的车辆数目 (N_V) 与东西方向绿灯通行时间的比值, 单位为: 辆/秒;

② 根据两个方向车流量的总和 ($C = C_H + C_V$) 建立红绿灯时间动态调整表格(下页表 1), 车流量的总和在不同的范围内, 红绿灯周期 T 的值也不同, C 越大, T 也相应地增大, 便可以在一定范围内对红绿灯周期进行动态调整, 并将此作为绿灯周期的外层调整标准。具体的调整范围见表 1;

③ 根据实际情况可知, 在较短的时间内, 在某一个方向上的车流量的变化不会太大, 决定采取以下方案:

Step1 在一段时间内(本实验中为读取 2075 帧图像的时间), 计算检测区内的车流量;

Step2 根据东西和南北方向上的车流量的比例 $k = \frac{C_H}{C_V}$ 来调整 T_H 和 T_V ，使其满足两个条件： $T = T_H + T_V$ 和 $T_H = \frac{C_H}{C_V + C_H} \times T$ 。但在实际情况中，并不要精确到每次都 k 的实时值来确定 T_H ，因此建立红绿灯时间动态调整表 2，根据该表的区间划分标准，取 k 的上限值来计算 T_H 。表 2 中的 T 是由表 1 中的两个方向上车流量总和来决定的，并将表 2 作为红绿灯周期的内层调整标准。

表 1 外层调整标准表

两个方向车流量总和C (辆/秒)	红绿灯周期 $T = T_H + T_V$ (s)
$C = 0$	20
$0 < C \leq 0.1$	40
$0.1 < C \leq 0.2$	50
$0.2 < C \leq 0.3$	60
$0.3 < C \leq 0.4$	70
$0.4 < C \leq 0.5$	80
其他	90

表 2 内层调整标准表

两个方向车流量之比 $k = \frac{C_H}{C_V}$	南北方向绿灯通行时间 (s) T_V
$0 \leq k \leq \frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}T$
$\frac{1}{5} < k \leq \frac{2}{5}$	$\frac{2}{7}T$
$\frac{2}{5} < k \leq \frac{3}{5}$	$\frac{3}{8}T$
$\frac{3}{5} < k \leq \frac{4}{5}$	$\frac{4}{9}T$
$\frac{4}{5} < k \leq 1$	$\frac{1}{2}T$
其他	$T - 10$

2 闯红灯行为检测以及跟踪

本文以东西方向红灯，南北方向车辆正常通行情况为例，对闯红灯的车辆进行检测和跟踪。

闯红灯检测区的具体位置在：东西向斑马线和南北向机动车行驶区之间，并很接近东西向斑马线的条状区域，请参照图 1。这样可以大大降低将南北向正常行驶车辆误判为东西向闯红灯车辆的概率。

跟踪仿真所涉及的主要步骤是：

Step1 检测出前景图像中运动目标的轮廓，并得出其外接矩形并计算其面积，当其面积大于一个预定值，实验中该值为 100（像素点），则认为该运动目标为车辆（包括不遵守交通规则的各种机动车）；

Step2 判断车辆轮廓外接矩形的中心是否在东西方向的闯红灯检测区范围内，如果在该范围内，则认为有车辆闯红灯，并开始对其进行跟踪，并将被跟踪车辆的区域放大用于监控系统的预警。

3 实验结果分析

3.1 交通灯的智能控制实验结果分析

图 3 (a) ~ 图 3 (d) 共展现了 4 个窗口，由上至下分

别为：真实场景截图、灰度背景图像窗口，前景图像窗口以及实现动态调节后的红绿灯模拟显示窗口。



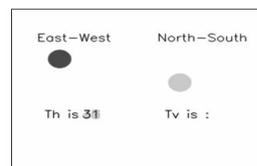
(a) 真实场景截图



(b) 灰度背景图



(c) 前景图



(d) 红绿灯模拟显示图

图 3 交通灯智能控制效果图

由图 3 (a) 可以看到十字路口真实场景的视频截图。由图 3 (b) 可以看出，得到了比较好的单纯背景图像。由图 3 (c) 可以看出利用文中图像处理方法，得到了比较完整的车辆前景图。

并且可以利用文中车流量计算的方法，得出的不同方向的车流量之间的逻辑关系，实现对十字路口的红绿灯周期进行动态调整。由图 3 (d) 便可以看出红绿灯倒数计时的仿真结果，图中显示东西方向绿灯亮的倒数计时。

白天的检测效果很好，但由于夜晚车灯反射的原因，导致将路面白线也误判为前景，所以夜晚检测效果不佳^[5]。

3.2 闯红灯违章行为检测以及违章车辆跟踪实验结果分析

实际跟踪视频的截图如图 4 所示。

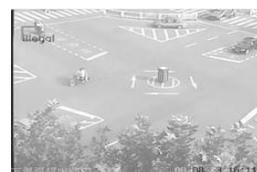


图 4 捕捉闯红灯目标

由图 4 中所呈现的实验结果表明，能实时检测到并跟踪闯红灯目标，并将该区域用矩形框出。为了获得更好的跟踪效果，还可以考虑在跟踪方法中将颜色信息作为另一个跟踪特征，融合车辆轮廓和颜色两方面特征对闯红灯目标进行跟踪^[6]。

(下转第 104 页)

一些标志位，分别为：

- ① 标志 m ：等于上一次发送的数据包的序列号；
- ② 标志 n ：等于将要发送的数据包的序列号；
- ③ 标志 p ：等于接收到上一包有效数据的序列号；
- ④ 标志 d ：当上一包发送的是 NAK 时的标志位；
- ⑤ 标志 e ：当上一包发送的是 ENQ 时的标志位。

通信双方每接收到有效数据包后，都将根据数据包的类型改变内部的标志位。比如，接收到了一包有效数据，将改变 p ，令其等于该数据包的控制位；如果接收到了 NAK 或者 ENQ，则将改变 n 。

3 系统设计

整体的系统结构框图如图 3 所示。

参数检测记录部分：此部分功能是把流量计信号通过电缆连接到工控机；压力表数据通过无线方式将压力数据传送到工控机；工控机将锚杆标签编号、注浆量、单次注浆最终压力数据记录，存储，并生成相关数据的文档。

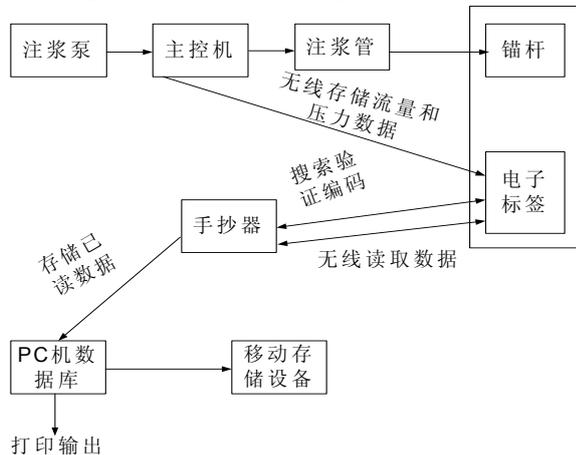


图 3 系统结构

数据传输部分：根据标签的分布区域，选择标签标号，通过主控机无线呼叫，唤醒该电子标签，让该电子标签将其

数据发送到手持式读出器上。由于数据包里数据没有做纠错编码，为降低误包率，数据包采用较小的封包方式设定为 44 个字节，并加上 16 位的 CRC 校验，接收端依据校验数据进行判断数据包是否存在误码。然后依据上述协议进行执行。电子标签部分采用无线传感网络的功耗管理，采取工作—睡眠—侦听—睡眠的工作方式来延长电子标签的电池使用寿命。主控机在发出指令时，以广播的方式发出初始化数据包，电子标签作为无线传感网络中的节点，在接受到数据包后将自己的电子标签标号与主控机指定标号进行比较，仅对自己的信息进行存储和转发，对非自己的信息采取直接丢弃的方式。在工程应用中采取每间隔 5 毫秒醒来一次进行侦听的方法，如果侦听到要求自己发送数据就进行响应，开始数据的发送，否则丢弃这个数据包继续睡眠以降低功耗。

4 结语

无线监控技术是近年来工程应用中一个新兴的研究热点，本文结合实际工程应用中的锚杆检测提出了一套基于无线传感网络的监控技术，通过理论分析和实践检验，该系统具有低功耗、低成本、高可靠性等优越性能，能够在恶劣的环境条件下准确地检测出锚杆注浆质量问题。从而能够在工程中及其他监控方面得到广泛的应用。

参考文献

- [1] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 周文安, 付秀花. 无线通信原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [3] 刘伟, 李松林, 祁志娟. 无线衰落信道中 H. 264 视频流的可靠传输[J]. 通信技术, 2008, 41(12): 62-64.
- [4] 何林娜. 无线通信技术在列车控制系统中的应用[J]. 通信技术, 2008, 41(10): 207-209.

(上接第 101 页)

4 结语

本文以十字路口的交通视频为研究对象，运用视频图像处理技术，提取各方向车道的车流量信息，并利用该信息构造了红绿灯的动态调整模型，可实现以较短时间为检测周期的交通灯智能调节。同时用设定闯红灯标志的方法，实现了对闯红灯车辆的实时检测和跟踪。

未来在硬件的支持下，一个区域内的相邻路口可实现车流量等交通参数的传输，可以为本交通灯的智能控制模型提供更大的改进空间。

参考文献

- [1] 杨恒伏, 孙光. 基于嵌入式 linux 的 JPEG2000 图像编码方案[J]. 通

信技术, 2009, 42(01): 230-231.

- [2] 殷小兰. 交通流参数视频检测技术的研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2006.
- [3] 王夏黎. 视频交通流检测及车辆识别系统的设计与实现[D]. 西安: 西北工大, 2001.
- [4] Gao D S, Zhou J, Xin L J. A Novel Algorithm of Adaptive Background Estimation[C]. Shanghai: [s.n.], 2001: 395-398.
- [5] 蔡豫, 姚丹亚. 实时交通视频监测中自适应车辆提取算法[J]. 计算机工程, 2008, 34(01): 251-252.
- [6] 魏瑞斌. 基于多特征的运动目标跟踪[D]. 西安: 西北大学, 2007.