

文章编号:1004-9037(2012)06-0742-05

检测线重组帧在交通流统计中的应用

郝计军 王光雷 钟晓珍

(山东大学信息科学与工程学院, 济南, 250100)

摘要:为提高视频检测交通流统计的精确度,传统方法在每一帧图像中进行复杂处理,或者利用多帧图像间物体运动的相关性,降低误差和完成统计。本文利用检测线重组帧,对精确度和复杂度进行了折中,将一组视频序列的处理转换为一幅图像的处理,系统具有低开销特点,能够在现有网络摄像头设备上以软件插件的形式提供扩展服务,是一种逐步向智能交通系统(Intelligent transportation system, ITS)过渡的可选方案。算法在TMS320DM6446处理器上进行了开发和验证,每10 s调用DSP算法运行一次,平均36 ms完成,正确率保持在90%以上。

关键词:检测线重组帧;交通流统计;DaVinci技术

中图分类号: TN391.41

文献标识码: A

Application of Virtual Line Graph in Real Time Vehicle Counting

Hao Jijun, Wang Guanglei, Zhong Xiaozhen

(School of Information Science and Engineering, Shandong University, Jinan, 250100, China)

Abstract: Conventional vehicle counting methods in video processing mostly take the advantages of the correlation of moving object in a set of video images and computation in every image to improve the accuracy. However, the complexity of the methods is increased. Based on virtual line graph, only one image is required to be processed, so the implementation has low overhead and a slight drop of accuracy as the cost of simplification. The method is tested on the DM6446 platform and the algorithm runs on the DSP side, which is called once by the ARM side every 10 s and only 36 ms to accomplish processing. The accuracy is always above 90%, which is much acceptable in normal application.

Key words: virtual line graph; vehicle counting; DaVinci technology

引 言

提供交通流统计信息是智能交通系统(Intelligent transportation system, ITS)^[1]的基本要求,也是行车交通路况提示的基本惠民服务。针对已有安装大量交通视频监控设备的实际情况,如果完全重新设计系统,代价大。而本文低开销方法,得以在现有设备上升级扩展,是一种逐渐向ITS过渡的可选方案。

传统的基于视频的车流统计方法是在运动车辆目标的检测和分割基础上,进一步识别和统计来完成的。通常有3种方法进行运动检测:光流法^[2]、帧间差法^[3]、背景差法^[4-5]。光流场分析法就是利用

图像灰度在时间上的变化与表观运动和物体真实运动之间的关系,进行运动物体的检测和跟踪,但是,光流法的计算复杂,计算量非常大,而且对噪声比较敏感,很难实时检测。相邻帧差法是用许多图像中的连续两帧进行差分,然后二值化该灰度差分图像来提取运动信息。但是,常常只检测出物体的一部分,运动目标容易出现断裂和破碎,给后续的识别带来很大困难,效果往往不理想。背景差法利用背景图像(不存在任何运动物体)与当前帧图像的差进行目标检测,这一方法实现简单,主要涉及背景图像的估计及背景更新。常用的两种车辆计数方法有基于区域标记的方法和基于虚拟检测线的方法。统计每个视频帧中连通区域(运动车辆目标的表示)的个数,从而得到车辆计数的结果是最直

观的办法,但是需要通过连通域的位置,识别出新出现的车辆。虚拟检测线法^[6]受到传统地理式传感器法的启发,在检测过程中,对每一帧中检测线上的数据进行读取并分析,然后判断前景目标是否通过检测线,进而统计通过的目标个数。可以设置一条或多条检测线,通过检测线状态(是否有车辆压线)的逻辑组合,可以提高车辆计数的精度并得到车辆速度等信息。

基于背景估计的交通流统计方法因简单直观而得到广泛应用,为进一步提高车流统计算法的精确度也有采用车辆检测和跟踪计数相结合的方法^[7]。

车流统计新方法中基于模型的检测是一种比较较多地被采用的算法^[8-10],该方法先建立目标车辆的三维模型,再将模型投影在二维的平面上,并在图像中进行匹配,找到目标的三维信息。也可以直接利用立体视觉分析方法,利用两个或多个视频采集器对交通场景进行采集,同一时间得到多幅图像,并在这些图像上选取特征,然后为像素点进行匹配,最后建立其三维图像。立体视觉的优点是在一定条件下它能够准确和详细地获得检测区域中目标的三维表示,能够处理车辆阴影和车辆遮挡的情况,同时对光照变化并不敏感。但是立体视觉分析所需信息量大,硬件性能要求高,处理实时性有一定影响。

本文方法首先基于检测线像素的提取以及重组帧^[11]的重构,将一组原始视频序列转换为一幅新的图像。然后对新的图像帧采用背景差法检测运动目标,采用连通域方法统计得到车辆数。该方法算法简单,对系统要求低,满足实时处理要求,可以在现有网络摄像头设备中扩展升级。

1 检测线重组帧分析方法

检测线的思想和方法被广泛提起和应用,一般只是在进行复杂图像处理,统计计数时作为信号量触发检测的辅助手段。

检测线重组帧的方法通过在交通监控视频中画一条垂直于车道的虚拟检测线,将每一帧视频图像中检测线上的像素提取加入到一幅新组成的图像中的一行。这样新的检测线重组帧中记录了检测线上空间的和时间的信息。当运动车辆通过虚拟的检测线时,便被捕捉和记录在新的重组帧中。

图1(a)为视频序列中的一幅图像,设置虚拟检测线位于图像的水平中部整行;图1(b)为经过一段视频序列提取生成的检测线重组帧。

检测线重组帧将一组视频图像序列的处理变成了一幅图像的处理。为检测线重组帧方法的处理过程,对图1(b)检测线重组帧的处理首先运用背景差分和二值化得到图1(c),然后运用形态学运算去除边缘噪声得到图1(d),最后利用连通域分析方法得到车辆数目及车型大小等统计信息。本文算法的具体流程图如图2所示。

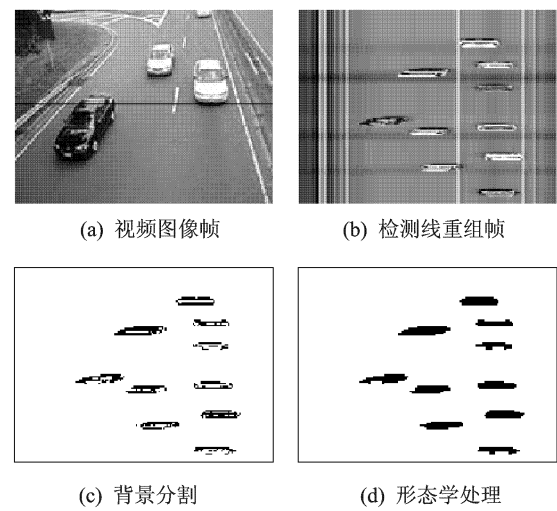


图1 检测线重组帧方法处理过程

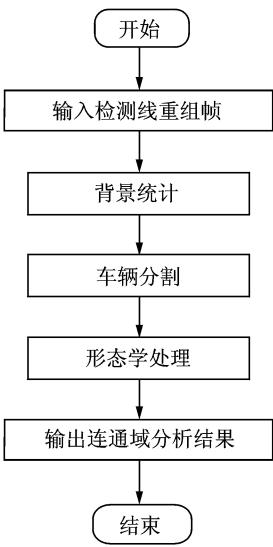


图2 本文方法流程图

通常的背景分割中目标像素根据式(1)判别

$$M_k(p)=\begin{cases}1, & |I_k(p)-B_k(p)|\geq\beta T_k(p) \\ 0, & |I_k(p)-B_k(p)|<\beta T_k(p)\end{cases}\quad (1)$$

式中: $I_k(p)$ 为当前帧图像中 p 点像素值; $B_k(p)$ 为背景图像中 p 点像素值; $M_k(p)$ 为运动目标的二值图像中 p 点的像素值,如果 p 点属于运动目标则像素值为1,否则为0; $\beta T_k(p)$ 为第 k 次更新时像素点 p 的阈值。

自适应方法中对于非运动目标像素点的背景和判断阈值根据式(2,3)更新

$$B_{k+1}(p) = (1 - \alpha)B_k(p) + \alpha I_k(p) \quad (2)$$
$$T_{k+1}(p) = (1 - \alpha)T_k(p) + \alpha (I_k(p) - B_k(p))^2 \quad (3)$$

本文方法中,根据检测线重组帧的特点,估计的背景只有重组帧一行像素的大小。检测线重组帧中记录和处理的都是过去很短一段时间的信息,且重组帧之间相对独立,因此背景的估计和更新问题只需要在当前重组帧中采用中值法计算完成背景行的统计。

2 系统设计方案及实现

2.1 现有网络摄像头模型

图 3 是在普通网络摄像头基本模型中增加车流统计插件的功能框图。

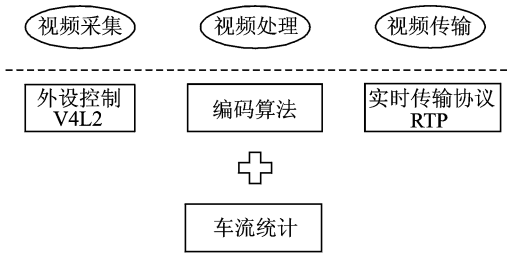


图 3 网络摄像头模型

现有网络摄像头设备主要由视频采集、视频编码、视频传输及控制部分组成。其中视频编解码部分是网络摄像头最重要的组成部分,同时也是最复杂的部分,占用了系统大部分的计算资源。而出于成本的考虑,嵌入式设备的总体资源不会太充足,满足要求并留有一定扩展余量最为合适。

本文的车流统计算法正是面对这一应用环境提出的,具有算法简单、低开销的特点,在不增加系统成本的前提下,提供车流统计的扩展功能。

2.2 在 TI DaVinci 平台上的实现

TI DaVinci 技术是一项综合性的技术,包括处理器、软件、开发工具以及第三方合作伙伴的技术。TI DaVinci 采用开放的架构,视频编解码等算法可选资源丰富,并具有统一的接口,更新和扩展灵活,容易开发,因此在网络监控设备中得到广泛应用。本算法在 DaVinci 平台上开发和验证,具体使用 TMS320DM6446 处理器。

图 4,为软件算法在 DaVinci 平台处理器上的分布,左侧表示 ARM 通用控制器,右侧表示 DSP

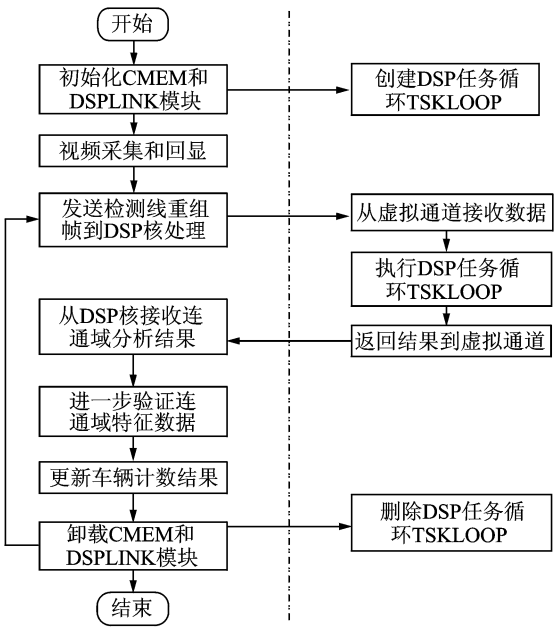


图 4 DM6446 上的软件架构

专用处理器。视频采集和检测线重组帧的提取在 ARM 端完成,检测线重组帧传递到 DSP 端并运行图像处理算法完成车流统计,处理的结果返回 ARM 实时显示或远程传送。车流统计的实现与视频压缩传输的实现流程一致,保证了车流统计算法与视频压缩算法在同一嵌入式平台上的兼容性和并行性。

3 实验结果及性能分析

为了验证在现有网络摄像头设备中以软件插件的形式提供车流统计扩展功能的可行性,对本文方法车流统计结果的准确度以及计算复杂度进行分析,并与基于模型的车流统计算法的优缺点进行对比。

如表 1 所示,当检测车辆差别不大时,正确率非常高,试图统计多车种情况时,错误率明显升高。对于测试序号 3 的详细错误分析如表 2 所示,对应的检测线重组帧处理结果如图 5 所示。分析原因,主要是车种的多样性、形状不一、大小不一,导致在连通域分析时,不能确定是背景噪声还是小的车辆,是连在一起的小车还是被分开的大车。

算法测试时,检测线重组帧的大小设置为 160×240 ,即虚拟检测线的长度为 160 像素,经过 240 幅普通视频图像中检测线上的像素提取组成一幅新的检测线重组帧。按 PAL 制式 25 帧/s 计算,约需要 10 s 才能填充一幅检测线重组帧,如表 3 所示,调用 DSP 端算法处理一幅检测线重组帧的

表 1 本文方法车流统计测试结果				
测试序号	实际车辆数	统计结果数	正确率/%	说明
1	10	10	100	单车种,单车道
2	14	14	100	单车种,双车道
3	81	75	92.6(87.7)	多车种,双车道

表 2 本文方法统计结果错误分析							
重组帧	实际车辆数	1→2	2→1	0→1	1→0	错误数	错误率/%
1	31	1	1	1	1	4	12.9
2	25	0	1	0	1	2	8
3	25	0	1	0	3	4	16

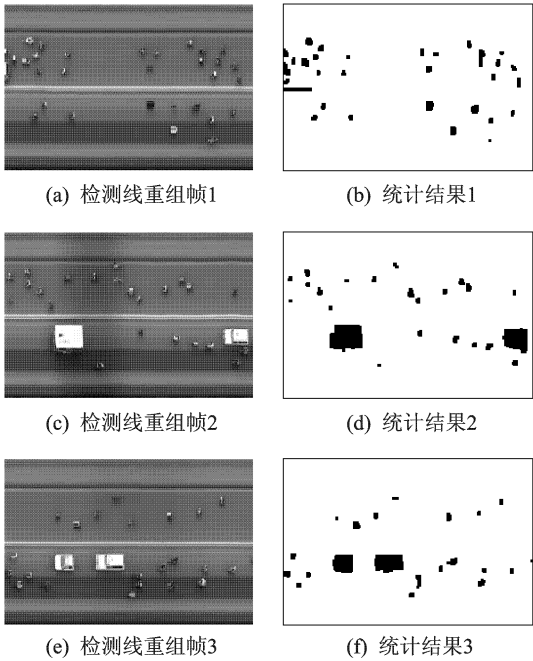


图 5 多车种情形下提取的检测线重组帧和对应的统计结果

表 3 本文方法所需计算时间							ms
测试序号	1	2	3	4	5	平均时间	
算法初始化	72	71	72	73	72	72	
调用算法	35	38	37	36	36	36	
执行一次							
算法移除	30	30	30	29	30	30	

时间只需 36 ms。

表 4 是本文车流统计算法与网络摄像头中视频编码算法对系统资源占用的比较。由此可见,本文算法的运算密集度非常低,合理利用网络摄像头视频编码算法的空闲资源足以完成本文算法车流统计的任务。

表 4 本文方法和视频编码算法运行负载比较		
测试序号	说明	CPU 负载/%
1	不运行视频编码,运行车流统计	<1
2	运行视频编码,不运行车流统计	<90
3	运行视频编码,运行车流统计	<94

参考基于简单车辆遮挡模型的车流统计算法^[9],对遮挡车辆的识别率保持在 85%以上,整个车流量统计算法准确率保持在 95%以上。更为复杂的基于多车辆遮挡模型的精确统计算法^[10],车辆计数的测试精确度甚至达到了 100%,但是对视频图像的处理需要 1 180 ms 才能完成。

基于复杂车辆模型的车流统计算法在精确度方面要比本文算法精确,但是算法的计算复杂度也要复杂得多,很难在这样一个视频压缩算法为主体占去大部分系统资源的资源受限系统上实时实现。

4 结束语

本算法所用基本图像处理技术与传统方法相似,但处理流程不同。传统车流统计方法先是在每一帧视频图像中运用图像处理方法处理,然后根据图像帧中设置虚拟检测线的逻辑状态完成车辆的计数工作。而本文方法基本不对原始视频图像帧进行任何处理,直接提取每一帧原始视频图像中虚拟检测线上的像素组成一幅新的检测线重组帧,然后对其运用图像处理方法得到车辆数,因此算法计算量要比传统方法小得多,满足实时性及系统资源受限等要求。同时,因为没有对车辆遮挡等问题的解决,统计精确度有一定限制。本文算法是从大量安装现有网络摄像头的实际情况出发,考虑提出的向智能交通系统逐步过渡的一种可选方案。而专门为智能交通系统设计开发全新的软、硬件设备时,应选择基于模型的车流统计新方法。

参考文献:

[1] 王圣男,郁梅,蒋刚毅. 智能交通系统中基于视频图像处理的车辆检测与跟踪方法综述[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(9): 9-14.

Wang Shengnan, Yu Mei, Jiang GangYi. Review of vehicle detection and tracking techniques based on video processing in intelligent transportation systems [J]. Application Research of Computers, 2005, 22 (9): 9-14.

[2] Wei Z Q, Ji X P, Wang P. Real time moving object detection for video monitoring systems[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2006, 17

(4): 731-736.

[3] 崔星, 闫清东. 基于帧间差分方法的道路车辆检测系统[J]. 微计算机信息, 2007, 23(10): 117-119.
Cui Xing, Yan Qingdong. A highway vehicles detection system based on frames difference[J]. Control & Automation, 2007, 23(10): 117-119.

[4] Jodoin P M, Mignotte M, Konrad J. Statistical background subtraction using spatial cues[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2007, 17(12): 1758-1763.

[5] Ridder C, Munkelt O, Kirchner H. W4: Adaptive background estimation and foreground detection using Kalman-filtering [C]//International Conference on Recent Advances in Mechatronics. Turkey: Elsevier, 1995: 193-199.

[6] 王卫锋, 王锬, 郝志峰. 基于视频的车流量统计算法[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(17): 4080-4087.
Wang Weifeng, Wang Kun, Hao Zhifeng. Video-based statistical algorithm for traffic flow[J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(17): 4080-4087.

[7] 何毅, 杨新. 基于隐马尔科夫度量场模型的车辆检测和跟踪[J]. 上海交通大学学报, 2008, 42(2): 270-273.
He Yi, Yang Xin. Detection and tracking of vehicles based on hidden Markov measure field model[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2008, 42(2): 270-273.

[8] 迟健男, 张朝晖, 周楠楠, 等. 基于特征的车辆目标复合探测方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(12): 2553-2558.
Chi Jiannan, Zhang Chaohui, Zhou Nannan, et al. Vehicle detection algorithm based on characteristic knowledge[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29(12):2553-2558.

[9] 齐美彬, 鲜柯, 蒋建国, 等. 一种基于车辆遮挡模型的车流量统计算法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(6): 1335-1341.
Qi Meibin, Xian Ke, Jiang Jianguo, et al. Traffic flow statistic algorithm of based on block model of vehicle[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(6): 1335-1341.

[10] Pang C C C, Lam W W L, Yung N H C. A method for vehicle count in the presence of multiple-vehicle occlusions in traffic images[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2007, 8(3): 441-459.

[11] Tseng B L, Lin C Y, Smith J R. Real-time video surveillance for traffic monitoring using virtual line analysis [C]//IEEE International Conference on Multimedia and Expo. [S. l.]: IEEE, 2002: 541-544.

作者简介:郝计军(1988-),男,硕士研究生,研究方向:嵌入式系统设计、视频信号处理,E-mail: haojijun@gmail.com; 王光雷(1987-),男,硕士研究生,研究方向:嵌入式系统、信息处理;钟晓珍(1988-),男,硕士研究生,研究方向:嵌入式系统。