

学校编码: 10384
学号: 200228027

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学
硕 士 学 位 论 文

夜间运动车辆检测与跟踪算法研究

Research on the Algorithms for Detection and Tracking
of Moving Vehicles under Night Illumination

谭 荣 伟

指导教师姓名: 雷蕴奇 副教授

专业名称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2005年5月日

论文答辩时间: 2005年 月 日

学位授予日期: 2005年 月 日

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2005年5月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

基于视频的车辆自动检测和跟踪是计算机视觉中一个重要的研究领域，同时也是基于视频的智能交通监控系统中的一个重要组成部分，其广泛的应用前景和惊人的商业价值已经引起了国内外学术界和企业界的极大关注。

本文针对目前视频交通监控系统存在的不能有效全天候工作的状况，对夜间光照状况下的车辆检测与跟踪做了一定程度的研究。我们提出的道路车辆检测和跟踪算法，可以比较准确地实现运动车辆的分割，消除路面反光和阴影的影响，对多车辆进行有效地实时跟踪，较好地解决了检测失败时的跟踪问题。总起来看，基本上可以满足交通监控系统的实时性、准确性的要求，鲁棒性还有待提高。本文的主要工作包括以下几点：

（1）夜间路面反光的消除

夜间的车辆检测最大的干扰来自车前灯在前方路面的反光。我们采取了一种称为“浮雕”的方法对原始图像序列做预处理，较好地去除了路面反光对检测效果的影响。

（2）运动车辆定位及车体区域估计

夜间状况下车辆检测最显著的特征是车前灯。我们通过检测车灯对来定位车辆的位置，然后根据摄像机模型的成像原理以及先验知识即车辆的基本参数（长、宽、高）来估计车体区域，无需考虑阴影问题。在该过程中，记录了每个车灯对的中心位置，以用于后续的跟踪。

（3）运动车辆的实时跟踪

检测过程中得到每个车灯对连线的中点，我们对车辆的这个子特征进行跟踪，较好地实现了车辆的实时跟踪。通过对前后帧间子特征的匹配，来确定下一帧的特征点位置，并由估计值来确定特征点丢失时其所在的位置，较好地解决了存在遮挡的问题。

关键词：视频交通监控；车辆检测；车辆跟踪

Abstract

Vehicle detection and tracking based on video sequences is an important research field in computer vision, and also a crucial part of visual traffic surveillance system. In the past decade, visual traffic surveillance has been a popular issue in computer vision with increasing concern for its large-scale application and potential business benefits.

Visual traffic surveillance system cannot work well round-the-clock at present. In the thesis, we present several novel algorithms for vehicle location and tracking under night illumination. Experimental results show that these algorithms are effective. We can locate and track the vehicles exactly and simultaneously with desirable precision and real-time performance of traffic surveillance system. Our work contributes to the following aspects:

(1) Elimination of the influence of headlights' beams

The main disturbance of vehicle detection at night comes from the headlights' beams. An effective approach is proposed in this thesis. The original video sequences are embossed firstly. Thus the influence of headlights' beams is eliminated.

(2) Vehicle location and region estimation

The most obvious characteristic of vehicle detection at night is the headlight. And it is the advantage for our experiment. We can locate a vehicle by a pair of headlights. And then the body's region of vehicle is estimated according to imaging transform and transcendental information (various of vehicles' parameter). In this process, the influence of shadow is neglected. The centers of every pair of headlights are used to track vehicles in the tracking process afterwards.

(3) Vehicle real-time tracking

The midpoint of every pair of headlights is regarded as every vehicle's sub-character. One vehicle can be tracked by tracking its sub-character. We match every sub-character of present frame in previous frame. Thus the location of vehicles in present frame can be fixed. If there are some sub-characters lost, we can estimate its location by vehicles' continuous moving character. The algorithm can solve occlusion problem partly.

Keywords: Visual Traffic Surveillance; Vehicle Detection; Vehicle Tracking

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题的背景及意义	1
1.1.1 智能交通系统简介.....	1
1.1.2 交通检测技术发展现状.....	2
1.2 本文的主要工作及章节编排	3
1.2.1 论文的主要工作.....	3
1.2.2 论文的章节编排.....	5
第二章 视频监控系统	7
2.1 视频检测技术概述	7
2.2 国内外视频检测技术发展状况	9
2.3 视频检测技术当前遇到的问题	10
2.4 图像采集装置	11
2.4.1 采集装置的性能指标.....	11
2.4.2 灰度图采集和 CCD 摄像器件.....	12
2.5 成像变换与摄像机模型	12
2.6 本文视频交通监控系统规划	12
2.6.1 系统实验环境及假设.....	13
2.6.2 系统预期目标.....	14
2.6.3 摄像机标定.....	14
2.6.4 实验条件及开发环境.....	16
第三章 运动车辆的检测与分割	17
3.1 引言	17
3.2 运动目标检测概述	17

3.2.1 背景减除.....	18
3.2.2 时间差分.....	19
3.2.3 光流法.....	20
3.3 夜间运动车辆的检测与分割.....	21
3.3.1 夜间车辆检测研究成果.....	21
3.3.2 夜间车辆检测特点.....	22
3.3.3 常用运动检测方法的处理结果.....	22
3.3.4 夜间车辆检测的流程.....	23
3.3.4.1 视频序列图像预处理.....	23
3.3.4.2 运动区域检测.....	24
3.3.4.3 车体区域估计.....	25
3.3.4.4 车体粗定位.....	28
3.3.4.5 车体精定位.....	28
3.4 实验结果与分析.....	29
3.4.1 实验参数设置.....	29
3.4.2 运动车辆检测与分割实验结果.....	31
3.4.3 结果分析.....	31
第四章 运动车辆的跟踪.....	35
4.1 引言.....	35
4.2 运动目标跟踪概述.....	36
4.2.1 基于特征的跟踪.....	36
4.2.2 基于 3-D 的跟踪.....	37
4.2.3 基于变形模型的跟踪.....	38
4.2.4 基于区域的跟踪.....	39
4.3 路径连贯性理论.....	39

4.3.1 路径连贯性函数.....	40
4.3.2 路径偏差函数.....	41
4.4 基于子特征的运动车辆跟踪.....	42
4.4.1 运动相关算法.....	42
4.4.2 问题分析.....	44
4.4.3 运动车辆跟踪.....	44
4.4.3.1 位置估算.....	45
4.4.3.2 轨迹跟踪起始.....	45
4.4.3.3 跟踪链的形成.....	46
4.4.3.4 轨迹跟踪终结.....	47
4.5 实验结果与分析.....	47
4.5.1 实验参数设置.....	47
4.5.2 运动车辆跟踪实验结果.....	48
4.5.3 结果分析.....	48
第五章 结论与展望.....	50
5.1 结论.....	50
5.2 展望.....	51
附录一：图像采集装置.....	52
附录二：成像变换与摄像机模型.....	55
参考文献.....	65
研究生在读期间发表的论文.....	69
致谢.....	70

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background and Significance of This Subject.....	1
1.1.1 Brief Introduction of ITS.....	1
1.1.2 Development of Traffic Surveillance Technology.....	2
1.2 Main work and framework for this thesis.....	3
1.2.1 Main Work.....	3
1.2.2 Framework for This Thesis.....	5
Chapter 2 Visual Surveillance System.....	7
2.1 Summarize of Visual Detection Technology.....	7
2.2 Development of Domestic and Overseas Researches.....	9
2.3 Present Puzzles.....	10
2.4 Equipment for Image Capture.....	11
2.4.1 Benchmarks of Performance.....	11
2.4.2 Gray Image Collection and CCD Device.....	12
2.5 Imaging Transform and Video Camera Models.....	12
2.6 Layout of Visual Traffic Surveillance System.....	12
2.6.1 Experimental Environment and Assumptions.....	13
2.6.2 Expected Goals of the System.....	14
2.6.3 Video Camera Calibration.....	14
2.6.4 Experimental Conditions and Tested Platform.....	16
Chapter 3 Detection and Segmentation of Moving Vehicles...17	
3.1 Introduction.....	17
3.2 Summarize of Moving Object Detection.....	17

3.2.1 Background Subtraction.....	18
3.2.2 Temporal Difference.....	19
3.2.3 Optical Flow.....	20
3.3 Detection and Segmentation of Moving Vehicles at Night.....	21
3.3.1 Existing Productions.....	21
3.3.2 Characteristics of Vehicle Detection at Night.....	22
3.3.3 Results of Traditional Approaches.....	22
3.3.4 Flow of Vehicle Detection at Night.....	23
3.3.4.1 Preprocessing of Video Sequences.....	23
3.3.4.2 Detection of Moving Regions.....	24
3.3.4.3 Estimation of Body's Regions.....	25
3.3.4.4 Body Coarse Positioning.....	28
3.3.4.5 Body Fine Positioning.....	28
3.4 Experimental Results and Analysis.....	29
3.4.1 Setting of Experiment Parameters.....	29
3.4.2 Experimental Results of Detection and Segmentation.....	31
3.4.3 Analysis of Results.....	31
Chapter 4 Tracking of Moving Vehicles.....	35
4.1 Introduction.....	35
4.2 Summarize of Moving Object Tracking.....	36
4.2.1 Tracking Based on Characteristic.....	36
4.2.2 Tracking Based on 3-D.....	37
4.2.3 Tracking Based on Transmutation Model.....	38
4.2.4 Tracking Based on Region.....	39
4.3 Theory of Path Coherence.....	39

4.3.1 Path Coherence Function.....	40
4.3.2 Deviation Function.....	41
4.4 Moving Vehicles' Tracking Based on Sub-character.....	42
4.4.1 Algorithm of Motion Correlation.....	42
4.4.2 Analysis of This Subject.....	44
4.4.3 Tracking of Moving Vehicles.....	44
4.4.3.1 Position Estimate.....	45
4.4.3.2 Tracking Originate.....	45
4.4.3.3 Tracking Chain's Buildup.....	46
4.4.3.4 The End of Tracking.....	47
4.5 Experimental Results and Analysis.....	47
4.5.1 Setting of Experiment Parameters.....	47
4.5.2 Experimental Results of Moving Vehicles Tracking.....	48
4.5.3 Analysis of Results.....	48
Chapter 5 Conclusion and Future Work.....	50
5.1 Conclusion.....	50
5.2 Future Work.....	51
Appendix 1: Equipment for Image Capture.....	52
Appendix 2: Imaging Transform and Video Camera Models..	55
References.....	65
Published Papers.....	69
Thanks.....	70

第一章 绪论

1.1 课题的背景及意义

交通检测系统，是智能交通系统（Intelligent Transport Systems，ITS）的一个基本子系统，是智能交通系统信息的基本来源，视频交通检测技术是交通信息检测技术的一种，它是通过对实时交通图像分析得到所需的交通信息。为了更好的了解视频交通检测的意义，我们对该技术的使用背景要有一定了解。

1.1.1 智能交通系统简介

随着社会经济的高速发展，现有的交通道路网络与管理设施已经不能满足日益增长的交通量的需要，交通拥挤和堵塞现象日趋严重，交通污染与事故越来越引起社会的普遍关注。目前，交通拥挤和交通事故已成为全球交通运输业所面临的共同问题。

我国是一个经济持续发展的发展中国家，改革开放以来，城市化与汽车化发展十分迅猛，交通流量迅速增加，交通阻塞、环境污染等问题相应恶化，基础设施的利用与管理中的弊端逐渐显露出来：改革开放以来，道路交通设施及管理设施虽然有较大改观，但跟不上机动车增长速度。总体水平与发达国家有较大差距，特别是大多数城市路网结构不合理，道路功能不完善，道路系统不健全；我国交通管理设施缺乏，管理水平不高。即使各地都建立了交通控制中心，大多只是实现了监视功能，而远没有发挥控制功能的效应。

基于我国目前的交通状况，以往仅仅依靠修建更多的道路、扩大交通路网规模已经不能解决日益增长的交通需求，而是应该利用高新技术来改

造现有的道路运输系统及其管理体系，从而大幅度地提高了路网的通行能力和服务质量。所以，从我国的实际情况出发，发展智能交通系统对缓解我国的交通危机具有巨大的现实意义。

智能交通系统（ITS）是目前世界各国交通运输领域竞相研究和开发的热点。ITS是指将先进的信息技术、电子通讯技术、自动控制技术、计算机技术以及网络技术 etc 有效地综合地运用于整个交通运输管理体系，而建立起的一种在大范围内，全方位发挥作用的，实时、准确、高效的交通运输综合管理和控制系统。它使交通基础设施能发挥出最大的效能，提高服务质量，使社会能够高效地使用交通设施和能源，从而获得巨大的社会效益。其重要性正被越来越多的人所认可。

ITS是21世纪地面交通运输科技、运营和管理的主要发展方向，是交通运输的一场革命。自20世纪80年代末以来，西欧、北美和日本竞相发展智能运输系统，制定并实施了开发计划。发展中国家也开始ITS的全面开发与研究。近几年来，ITS在中国有了长足的发展，但是与发达国家相比还有较大差距，我国的交通运输正面临经济发展与资源制约的双重压力，因此一定要立足本国实际，走中国ITS发展之路，以推动我国信息化进程及培育自己的ITS产业。根据我国目前的交通状况，应该以中心城市和高速公路相关应用项目为龙头，在城市智能化交通管理、公共交通系统、交通信息服务、跨省市高速公路联网收费、高速公路智能化管理以及智能交通系统的产业化和基础性工作等方面开展科技攻关和应用示范。

1.1.2 交通检测技术发展现状

交通检测技术是发展ITS的重要组成部分。及时、准确地获取各种交通参数是实现交通控制智能化的前提条件。通过对于路面车辆的实时检测和追踪，可以得到许多有价值的交通流参数，例如：车流量、车型、车速、

车流密度等等;而对于岔口的车辆检测和追踪,可以得到诸如排队长度、占有率等参数;同时还可以检测事故或者故障等突发状况。检测到的数据通过通信系统传送到本地控制器或是直接上传至监控中心计算机,作为监控中心分析、判断、发出信息和提出控制方案的重要依据。所以,交通检测系统性能优劣直接影响到道路交通系统的整体运行和管理水平。

随着传感器技术、微电子技术和信息处理技术等的发展,交通检测技术也得到了较大发展。目前,交通流参数检测的方法有很多,按其基本工作原理可分为电磁感应式、电接触式、光电式、超声波式、红外线式等多种类型,其中应用比较多的检测器主要有环形线圈检测器、超声波检测器、红外检测器、微波雷达检测器、磁力计检测器、视频检测器等。

环形线圈检测器是最古老的一种交通检测器,其应用历史最为悠久,已有几十年的历史,应用范围也最为广泛,尤其在欧美等国家;超声波检测器应用历史也比较悠久,主要在日本应用比较广泛。但由于环形线圈检测器和超声波检测器有许多不可克服的缺点,视频检测器逐步开始替代上述两种传感器。表1-1列出了各种检测器的优缺点。

随着计算机技术、图像处理、人工智能、模式识别等技术的不断发展,视频检测器在交通流检测中获得越来越广泛的应用,也成为未来最有前途的交通检测器。该技术的应用范围很广,除可用于交通信息采集外,还可用于路口、停车场的车辆自动收费,用于车牌照自动辨识,违章车辆抓拍等等。我们将在第二章做详细介绍。

1.2 本文的主要工作及章节编排

1.2.1 论文的主要工作

本文针对当前视频检测技术中存在的无法全天候正常工作的问题,对

表 1-1 各检测器的优缺点列表

检测器类型	优点	缺点
环形线圈检测器	极佳的记数精度；技术成熟，易于理解。	可靠性和使用寿命强烈依赖安装过程；安装维护时，中断交通；降低道路的使用寿命；易受到重型车辆，道路维修及设施更换的影响。
超声波检测器	体积小；易于安装。	温度波动，气流波动，易造成性能恶化；只能测量单车道。
被动红外检测器	在雾天比可见光传感器有更好的视野。	在大雨或大雪气候条件下，性能变差。
主动红外检测器	在雾天比可见光传感器有更好的视野。	受大气中的粉尘或悬浮颗粒影响。
多普勒微波雷达检测器	在恶劣气候条件下保持好的性能；直接测量速度。	不能测量停止或移动非常缓慢的车辆；在前视模式中，需要窄带天线，以保证投射面在车道内。
微波雷达检测器	在恶劣气候条件下保持好的性能；能检测停止车辆；可设在路边对多车道进行检测。	在前视模式中，需要窄带天线，以保证投射面在车道内；分辨率低，目前应用于交通检测的微波雷达分辨率约2米左右。
磁力计检测器	能检测小的车辆，甚至自行车；能用于环形线圈不能安装的地方。	很难分清两相距很近的车辆。
可见光视频检测器	提供可视图像，具有事故管理的潜在能力；单一摄像机和处理器可检测多车道；可获得最为丰富的交通数据信息；可移动，安装调试不影响交通。	大的机动车辆挡住小的车辆；阴影、湿的人行道反射及白昼黑夜转换都易造成检测失误。
红外视频检测器	可用同一算法对黑夜和白昼的视频图像进行处理，避免了需要白昼、黑夜两套算法；可获得丰富的交通数据信息。	为了提高灵敏度，需要对红外探测器平面进行冷却；增加了能耗，降低了可靠性。

夜晚光照条件下的车辆检测与跟踪算法进行了研究。其目的是应用于城市交通监控，能排除干扰，能适应各种交通、天气状况，对运动车辆进行有效地检测与跟踪。论文主要工作内容及其成果如下：

(1) 夜间路面反光的消除

夜间的车辆检测最大的干扰来自车前灯在前方路面的反光。我们采取了一种称为“浮雕”的方法对原始图像序列做预处理，较好地去除了路面反光对检测效果的影响。

(2) 运动车辆定位及车体区域估计

夜间状况下车辆检测最显著的特征是车前灯。我们通过检测车灯对来定位车辆的位置，然后根据摄像机模型的成像原理以及先验知识即车辆的基本参数（长、宽、高）来估计车体区域，无需考虑阴影问题，较好地处理了多车辆并存在遮挡的情况。在该过程中，记录了每个车灯对的中心位置，以用于后续的跟踪。

(3) 运动车辆的实时跟踪

检测过程中得到每个车灯对连线的中点，我们对车辆的这个子特征进行跟踪，较好地实现了车辆的实时跟踪。通过对前后帧间子特征的匹配，来确定下一帧的特征点位置，并由估计值来确定特征点丢失时其所在的位置，较好地解决了存在遮挡的问题。

1.2.2 论文的章节编排

第一章绪论部分首先简单介绍了智能交通系统（ITS），分析了其对现代城市建设的重要意义，介绍了交通检测技术的发展现状，对几种主要的检测器的优缺点做了分析。最后对本文的主要工作和取得成果进行简要介绍。

第二章详细分析了视频交通监控系统，首先介绍了视频交通监控系统

的诸多优点,并说明了系统的几个主要模块。简要的综述了国内外视频检测技术的研究现状,分析了视频交通监控中车辆运动分析存在的难点问题。然后对视频监控系统中的图像采集装置做了介绍,分析了从客观世界到摄像机的成像变换,这些知识是我们后面的检测中要用到的。最后对本文的监控系统做了分析,介绍了实验环境及我们对环境的假设,对摄像机进行了标定,提出了预期目标,给出了我们的实验条件及开发环境。

第三章车辆检测与分割,从阐述运动目标检测与分割的内涵入手,介绍了常用的运动检测方法:背景减除、时间差分 and 光流估算。然后对夜间车辆检测和分割做了重点叙述。简要介绍了前人的研究成果,分析了夜间车辆检测的特点及常用处理方法的不足之处,接着阐述了本文提出的夜间车辆检测的详细流程,最后给出了实验结果与分析。

第四章车辆跟踪,首先给出跟踪的一般性定义和设计跟踪系统需要考虑的几个基本问题;其后介绍了目前采用的跟踪方法:基于特征的跟踪方法、基于区域的跟踪方法、基于 3-D 的跟踪方法和基于变形模型的跟踪方法。然后详细介绍了本文采取的基于子特征的跟踪方法,将车灯对连线中点作为一个子特征对车辆进行跟踪,给出了跟踪的具体流程,最后是车辆跟踪的实验结果与分析。

第五章总结和展望,对本文工作进行了回顾,并针对本文系统存在的不足给出了下一阶段工作的展望。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库