

文章编号: 1002-0268 (2007) 07-0107-05

# 智能车辆安全辅助驾驶技术研究近况

王荣本, 郭烈, 金立生, 顾柏园, 余天洪

(吉林大学 交通学院, 吉林 长春 130025)

**摘要:** 论述了安全辅助驾驶技术的研究现状、研究的必要性以及研究进展。安全辅助驾驶技术包括车道偏离预警与保持、前方车辆探测及安全车距保持、行人检测、驾驶员行为监测、车辆运动控制与通讯等。分析了各种传感器的优缺点及其在实际应用过程中存在的问题, 基于单一传感器不能很好地解决安全辅助驾驶技术可靠性和环境适应能力的要求, 应结合激光雷达技术解决图像模糊问题, 利用红外传感器增强机器视觉识别的可靠性, 未来的安全辅助驾驶技术应该采取多种传感器融合的技术, 结合毫米波雷达和激光雷达系统具有深度测量精确的特点, 将极大的推动汽车安全辅助驾驶系统的应用和推广。

**关键词:** 智能交通系统; 安全辅助驾驶; 车道偏离预警; 行人检测; 车间通讯

**中图分类号:** U491

**文献标识码:** A

## Review on the Research of Intelligent Vehicle Safety Driving Assistant Technology

WANG Rong ben, GUO Lie, JIN Li sheng, GU Bai yuan, YU Tian hong

(School of Transportation, Jilin University, Jilin Changchun 130025, China)

**Abstract:** The present research status, necessity and progress on safety driving assistant technology are discussed. The safety driving assistant technology includes lane departure warning, preceding vehicle detection and safe distance maintaining between vehicles, pedestrian detection, driver behavior monitoring, vehicle motion control and inter vehicle communications. The advantages and disadvantages of different type of sensors and the problems that existed in the practical application are represented. The single sensor solution cannot meet the requirement of reliability and adaptability to different circumstance, so the laser and radar technology are combined to solve the blurred image problem, the infrared sensor is used to enhance the reliability of machine vision recognition. The future safety driving assistant technology should adopt multiple sensors fusion technology, associated with the characteristic that millimeter wave radar and laser radar system are precise in depth measurement, to promote the application and improvement of the safety driving assistant system.

**Key words:** Intelligent Transport Systems; safety driving assistant; lane departure warning; pedestrian detection; inter vehicle communication

## 0 引言

智能车辆是利用传感器技术、信号处理技术、通讯技术、计算机技术等, 辨识车辆所处的环境和状态, 根据各传感器所得到的信息做出分析和判断, 或者给司机发出劝告和报警信息, 提请司机注意规避危险; 并能在紧急情况下, 帮助司机操作车辆 (即辅助驾驶), 防止事故的发生。早期智能车辆研究主要集中在如何采用各种传感器技术实现车辆全自动化无人

驾驶, 随着研究的深入, 重点着眼于提高汽车的安全性、舒适性以及提供优良的人车交互界面, 并努力向市场推广智能车辆相关技术的应用。

1998年美国运输部认为日益严重的交通事故是最迫切需要解决的问题, 开始组织实施智能车辆先导IVI (Intelligent Vehicle Initiative) 计划<sup>[1]</sup>。该计划的基本宗旨和目标是预防交通事故及其引起的人员伤亡, 提高安全性, 并以人为因素为基础, 防止驾驶员精神分散, 促进防撞系统的推广应用。

收稿日期: 2005 11 13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50175046)

作者简介: 王荣本 (1946 - ), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为智能车辆、汽车安全辅助驾驶、物流自动化 (wrb@jlu.edu.cn)

转载

智能车辆技术研究重点的转移主要是日渐增长的交通事故以及对减少驾驶员操作强度的需求。根据美国运输部 IVI 计划, 仅在美国, 每年至少发生 680 万起交通事故, 造成 42 万人死亡。在一些发达国家, 情况就更严重。如我国在 2004 年共发生道路交通事故 517 889 起, 造成 107 077 人死亡, 直接财产损失 23.9 亿元, 与 2003 年相比, 死亡人数上升 26%。

## 1 安全辅助驾驶技术的研究现状

安全辅助驾驶技术主要目的是提高汽车行驶的安全性, 通过安装在车辆及道路上的各种传感器掌握本车、道路以及周围车辆的状况等信息, 为驾驶员提供劝告或预警信号, 并在一定的条件下能对车辆实施控制。从近几年的国际智能车辆和智能交通会议看, 安全辅助驾驶技术的研究主要包括以下几个部分: 车辆偏离预警与保持、车辆周围障碍物检测、驾驶员状态检测、车辆运动控制与通讯等。下面分别介绍一下这些技术的主要内容及研究现状。

### 1.1 车道偏离预警与保持

车道偏离预警与保持是利用机器视觉传感器、激光传感器或埋设于路面下的磁钉, 使车辆始终在车道线内运行, 防止车辆因为驶离当前行驶车道而导致交通事故的发生, 提高了行车安全性。在高速公路上, 由于驾驶员操作失误或者注意力分散而引起的车辆偏离车道行驶是造成重大伤亡事故的一个重要因素。

检测车辆外部环境, 通过分析摄像机传送的图像信息, 并通过大规模图像分析并行处理体系 PAPRICA 来解释图像, 并将分析结果告知驾驶员, 实现辅助驾驶功能。更精确地讲, 通过 LED 指示灯提供警告, 当车辆接近车道边缘或处于危险境地时, LED 指示灯及时提醒驾驶员规避危险<sup>[2]</sup>。

美国的 Iteris 公司研究的 AutoVue™ 型车道偏离预警系统是由摄像机、计算机系统及软件所组成的灵巧型集成单元<sup>[3]</sup>, 如图 1 所示。该系统通过机器视觉适时地检测道路标线, 并与车辆的速度信息进行融合, 当车辆偏离车道线时系统发出警报引起驾驶员的注意。法国 Valeo 利用基于 Valeo s 雨天的传感器专门技术, 同美国的 Iteris 进行合作, 开发了一种新型车道偏离预警系统。

德国 DaimlerChrysler 公司为其生产的轿车和卡车均安装了车道偏离预警系统, 该系统利用安装在汽车后视镜上的微型摄像机来对汽车所在车道与邻近的车道之间的距离进行预测, 一旦汽车有可能偏入邻近车道而且司机没有打转向灯, 那么该装置就会自动发出

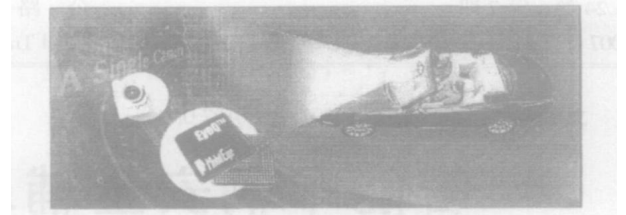


图1 Iteris 公司的 AutoVue 车道偏离预警系统

Fig 1 AutoVue Lane departure warning system of Iteris  
警报提醒司机注意。

### 1.2 车辆周围障碍物检测

车辆周围障碍物包括车辆、行人以及道路周围设施等, 通过机器视觉、红外线以及激光等传感器能感知车辆周围这些障碍物的存在, 并实时跟踪, 在危险时刻还可以警告驾驶员采取避障措施<sup>[4]</sup>。

#### 1.2.1 本车前后方车辆的检测

在汽车从一个车道转换到另一个车道时, 往往因各种原因发生交通事故。为此, 日本的各汽车公司开始研制汽车换道避碰系统。例如, 马自达公司将利用超声波传感器检测从本车后面对角线方向是否有正在接近的汽车。如果驾驶员打转向信号准备换道行驶, 但有车从此方向接近时, 系统将发出警告。日产公司将在未来汽车的左右车后视镜下方装置摄像机, 以搜索后车辆, 在左右后挡泥板下部装备雷达传感器, 以检测临近车道上正在接近的汽车, 一旦驾驶员发出转向信号, 但系统认为可能发生碰撞时, 系统就自动发出警告。

为避免车辆因安全车距不足导致追尾碰撞等恶性交通事故的发生, 前方车辆的检测跟踪也是一种提高安全性的重要研究方向。利用各种传感器信息对前方车辆和车距的实时有效检测, 当发现安全车距不足时, 及时向驾驶员发出声音警示, 促使其采取必要措施保持安全车距, 避免发生追尾碰撞等事故。目前, 在许多文献中提出了多种关于前方车辆检测和跟踪的方法, 所采用的传感器主要有机器视觉、红外线和激光雷达等传感器。

基于机器视觉的前方车辆探测通常利用一些车辆的特征如形状、颜色、对称性, 以及车高与车宽的比例等先验知识, 将属于车辆的感兴趣区域从背景中分割出来, 经过识别确认后跟踪。如意大利的 MOB LAB 研究的菲亚特 18Maxi 车型智能汽车, 通过车前 1 台 CCD 摄像机采集的图像, 预测车辆之间的安全距离并用 4 个 LED 指示灯提醒驾驶员当前车辆所处的位置情况: 暗灯意味着前方无车; 绿灯意味着车辆在安全距离行驶; 黄灯意味着警告; 红灯意味着

危险<sup>[2]</sup>, 如图 2 所示。

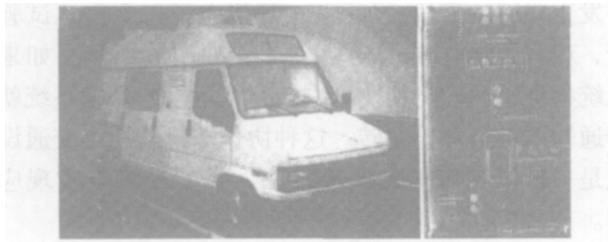


图 2 MOB LAB 智能车及电子控制面板

Fig 2 MOB LAB Intelligent vehicle and its control panel

立体视觉由于能够获得图像的深度信息, 在车辆前方障碍物探测的研究领域得到了应用<sup>[5]</sup>。如富士重工利用 2 台 CCD 摄像机组成的三维信息系统来识别道路标线和前方障碍物, 当本车与前方障碍物的距离降低到一定值时, 系统会自动调节车速, 并在紧急情况下自动制动, 以避免发生碰撞事故。

近年来, 为了提高单一传感器检测的准确率和可靠性, 传感器信息融合技术在车辆安全保障研究领域受到越来越多的重视, 应用日益广泛。美国军方研究的 DEMO 智能车辆也采用了雷达与机器视觉融合技术用于障碍物探测<sup>[6]</sup>。丰田公司也使用毫米波雷达和机器视觉共同探测前方障碍物, 毫米波雷达用来探测障碍物距离和相对速度, 机器视觉用来检测车道和车道上前行车辆, 并控制雷达扫描的方向。

1 2 2 行人的检测

通过统计资料分析, 在整个交通事故中, 关于车辆碰撞行人的事故数量仅次车辆间相撞的事故数量。例如在欧洲, 每年大约有 20 000 个行人在交通事故中受伤, 其中大约 9 000 死亡。行人检测技术是安全辅助驾驶领域中备受关注的前沿方向, 特别是在城市交通环境中, 行人检测能警告驾驶员可能与车辆邻近的障碍物尤其是行人发生碰撞。同时, 行人检测也是实现低速自动驾驶关键的一步<sup>[7]</sup>。

德国的 DaimlerChrysler 公司研制的 Chanfer 系统, 通过不同姿势的人体外部轮廓的模板匹配及图像获得的距离信息, 并利用纹理的特征, 采用神经网络方法来确定图像中行人的位置<sup>[8]</sup>, 如图 3 所示。美国的卡内基 梅隆大学研究的行人检测系统将多个摄像机安装在公交汽车周围, 可实现 360 度范围的检测, 该系统采用立体成像技术, 结合神经网络的方法确定行人在图像中的位置及尺寸。

意大利帕尔玛大学的 ARCO 实验室采用立体视觉技术确定感兴趣区域, 通过模板匹配的方法, 利用行人在垂直方向对称性的特征检测行人。目前, ARCO

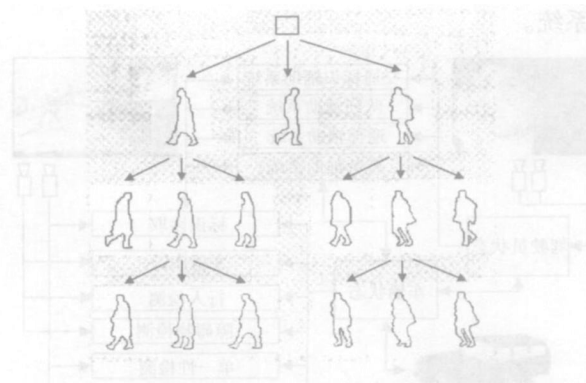


图 3 DaimlerChrysler 的行人模板

Fig 3 A hierarchy for pedestrian template of DaimlerChrysler

实验室又提出了利用红外立体成像对行人进行检测, 由于传统的 CCD 摄像机采集的图像易受光照的影响, 使对图像中目标的识别变得非常困难, 且在夜晚、雨天或有雾的天气情况下根本无法使用。而红外成像基于行人的体温高于周围的环境温度这一特点, 同时依据人体的特殊形状及对称性的特征, 可排除其他物体如车辆干扰<sup>[9]</sup>, 图 4 为部分识别结果。

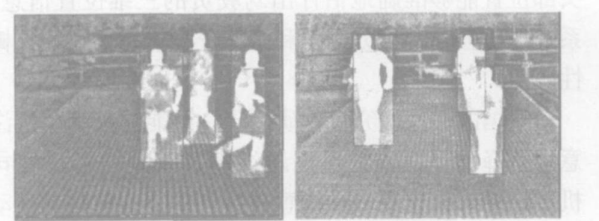


图 4 帕尔玛大学的红外立体视觉行人检测结果

Fig 4 Pedestrian detection results based on Infrared stereo vision

1 3 驾驶员状态监测

近期的研究主要在于监控和分析驾驶员状态、设计先进车辆和良好的用户信息交互界面, 以便学习、控制甚至是模拟驾驶员行为。高级的驾驶员辅助系统应该能确保驾驶员反应恰当而且安全。据美国高速公路交通安全管理局估计, 在美国, 每年瞌睡驾驶员导致 10 万起交通事故, 致使 1 500 人员死亡和 71 000 人受伤。

在该研究领域的不同方法中, 监视驾驶员头部位置已经成为研究重点。这能帮助探测和推理驾驶员的疲劳等级 (特别是结合驾驶员眼睛凝视方向), 并应用灵活的安全气囊。澳大利亚 L Fletcher 等提出了一种推断驾驶员疲劳程度的方法, 研究道路场景的单调性与驾驶员疲劳强度的关系<sup>[10]</sup>, 如图 5 所示。该项研究依据心理学特征, 定义单调性为一个驾驶员疲劳的外部因素, 利用驾驶员头部姿态、眼睛凝视跟踪以及道路单一性分析组成一个性能良好的驾驶员疲劳检

测系统。

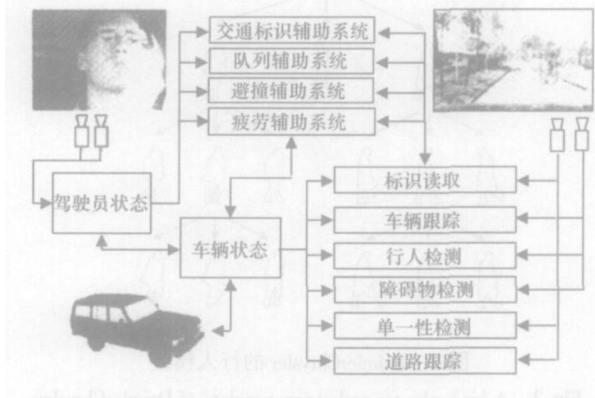


图 5 澳大利亚驾驶员辅助系统结构

Fig 5 Driver Assistance System architecture of Australia

头部位置确定算法必须对光照条件的鲁棒性强，并且不受驾驶员姿态的影响。红外摄像机能够减少暗光照条件时的干扰。例如 Stephen Krotosky 等介绍一种算法，通过限制驾驶员的头部尺寸大小和偏移量来验证图像视野中头部模型<sup>[11]</sup>。试验结果表明检测到的头部位置能够准确地估计出驾驶员的三维位置信息，系统对于强光、部分遮挡和手等干扰物有很强的鲁棒性。

法国的一些研究机构研制出一种能够监测司机注意力下降的系统，并可以通过声音或光信号提醒司机。该系统首先用多种传感器提供关于方向盘的活动情况、脚踏板上的压力情况、车速，并在汽车司机座前方安装一个红外线探测仪，用来检测驾驶员眼皮的眨动。如果驾驶员感到疲劳打瞌睡，眼皮的眨动就会变慢，这时候红外线监测器便会发出尖锐的警告声，将司机从瞌睡中惊醒。法国雷诺已经将这项研究成果应用到了汽车上。

1 4 车辆运动控制与通讯

无线网络和移动通讯技术的发展是车辆与道路设施通讯以提高安全和效率的主要手段，多车协作通讯驾驶概念也是新近提出的解决交通拥挤的有效手段<sup>[12]</sup>。

驾驶员通常不能看到车辆两侧或者后面的视野，尤其是在倒车时。例如，在停车过程中，驾驶员很难确定车辆距离路边多远。而且，很多车辆没有后视和侧视传感器，因为这些传感器太昂贵并且有一定技术难度。为了解决这个问题，Yasuhiro Suzuki 等在停车场建立一个多摄像机系统<sup>[13]</sup>，系统能够容易地判断车辆的位置然后及时将该信息通知给驾驶员。

交叉路口碰撞事故也是公路交通事故的一个重要部分，因此路边交通设施辅助驾驶员也是最近的研究

热点。一种可能的解决方法就是给驾驶员及时提供即将发生碰撞的事故。如 Chan 等建立了一个雷达试验区，观测车辆左转运动轨迹<sup>[14]</sup>，如图 6 所示。如果系统根据雷达信息检测到左转存在危险的话，系统就会通知驾驶员停止左转。这种协作车辆与道路交通设施是一种灵活有效的解决方法，有望在将来实现应用。

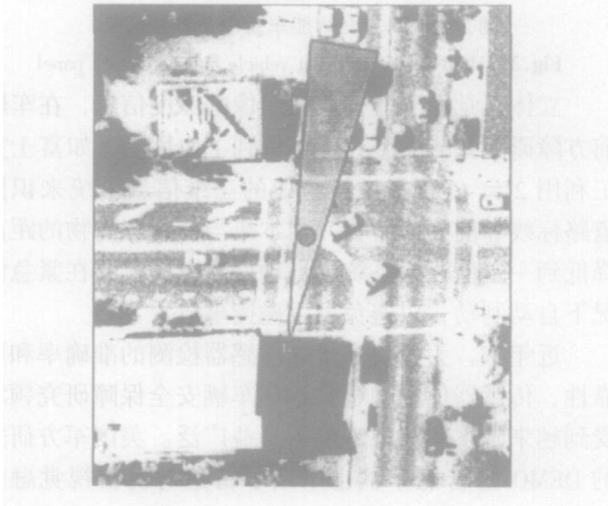


图 6 交叉路口左转弯监视区域

Fig 6 Left radar observation field at an intersection

单车运动控制研究主要集中在保证驾驶安全，日渐拥挤的交通使得多车运动控制成为一个重要研究方向。最新的研究将多车通讯协作控制技术扩展到道路交叉路口控制，这是一个比换道和并道更为复杂的问题。Ying Liu 等提出了一个基于距离警告信息发生器的 3 级交叉路口预警系统<sup>[15]</sup>。每辆将要到交叉路口的车辆将其运动信息和驾驶计划发送到安装在交叉路口中心的转发器。转发器然后将这些信息传送给其它车辆和路口预警系统。同时，系统依据接收到的信息产生相应的警告信息并通过转发器及时告知其他车辆。

2 发展趋势

智能车辆安全辅助驾驶技术的发展朝着更加可靠、稳定的方向发展，为未来车辆自动驾驶以及车路全自动运行提供技术支撑，具有长远的意义。为了加速安全辅助驾驶技术的应用，需要不断提高其稳定性和鲁棒性，提高其环境的适应能力。

目前，智能车辆安全辅助驾驶技术在硬件和软件上都有很大的发展空间。在硬件方面，随着电子技术的不断完善，微处理器计算性能的提高，可以提高传感器的性能，解决系统对实时性的需求。在软件方面

需要改进和完善传感器信号处理算法,采用有效的数据融合技术来提高系统的鲁棒性能。这两个方面的发展是相互促进的。

基于单一传感器不能很好地解决安全辅助驾驶技术可靠性和环境适应能力的要求,未来应结合激光雷达技术解决图像模糊问题,利用红外传感器可以增强机器视觉识别的可靠性。但目前传感器融合方法的研究还不深入,传感器融合的优势还没有充分发挥,在一些复杂环境条件下难以胜任车辆周围障碍物检测与实时跟踪的任务。因而按照一定融合策略构造传感器阵列以弥补单个传感器的缺陷或提出新的传感器融合方法,将是重要的研究方向。

对于车辆控制控制与通讯,加速车间通讯、车路通讯和人车信息共享是智能车辆技术研究的趋势,因此,我们要解决的一个重要的问题就是通讯协议的确定,以便使得不同厂家生产的通讯产品能够相互通讯,没有哪一家公司或机构能够提供1台完整的智能车辆,所以不同传感器和执行器之间的协作是一个新的挑战。

### 3 结论

智能车辆的研究和发展必将促进人类社会的进步和发展。当今的车辆发展并不完善,安全性、智能化、人机交互等方面远远不能满足人类的需要和社会发展的需求,技术上的缺陷导致交通堵塞、环境污染、交通安全性差,智能车辆可以大大的缓解这些问题。

安全辅助驾驶系统通过事先预防,有效的保护驾驶员和道路环境中行人的安全,大大减少汽车碰撞,减少经济损失避免事故的发生,它有望以最彻底的方式减少交通事故中的人员伤亡,因此,是本世纪汽车安全性的重点研究区域。目前,传统基于雷达的安全辅助驾驶系统价格偏高,且这种系统大多具有较窄的视场和较差的侧向分辨率,难于在实际中推广。因此,充分利用视觉系统分辨率较高,价格低廉的特点,并结合毫米波雷达和激光雷达系统具有深度测量精确的特点,将极大地推动汽车安全辅助驾驶系统的应用和推广。因此,研究以机器视觉信息为主,并融合激光雷达和毫米波雷达信息的汽车安全辅助驾驶技

术具有重要的理论和应用价值。

### 参考文献:

- [1] NOOKALA M, ESTOCHEN B. Minnesota, USA Intelligent Vehicle Initiative [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium. 2002: 22 - 27.
- [2] BROGGI A. 智能车辆-智能交通系统的关键技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2002: 33 - 36.
- [3] Demo 2002 Showcases French Accomplishments in Smart Car Technology [R]. IVSource. net, Jul. y-September, 2002.
- [4] 顾柏园, 王荣本, 余天洪, 等. 基于视觉的前方车辆探测技术研究方法综述 [J]. 公路交通科技, 2005, 22 (10): 114 - 119.
- [5] SUN Z, BEBIS G, MILLER R. On-road vehicle detection using optical sensors: A review [C] The Proceedings of IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems 2004: 585 - 590
- [6] BELLUTTA P, MANDUCHI R, MATTHIES L, *et al* Terrain Perception for DEMO III [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000: 326 - 331
- [7] 郭烈, 王荣本, 顾柏园, 等. 世界智能车辆行人检测技术综述 [J]. 公路交通科技, 2005, 22 (11): 133 - 137
- [8] GAVRILA D M, GEIBEL J. Shape Based Pedestrian Detection and Tracking [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2002: 8 - 14
- [9] BERTOZZI M, BROGGI A, LASAGNI A. Infrared Stereo Vision-Based Pedestrian Detection [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005: 24 - 29
- [10] FLETCHER L, PETERSSON L, ZELINSKY A. Road Scene Monotony Detection in a Fatigue Management Driver Assistance System [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005: 484 - 489.
- [11] KROTOSKY S J, CHENG S Y, TRIVEDI M M. Real Time Stereo-based Head Detection Using Size, Shape and Disparity Constraints [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005: 550 - 556
- [12] LI Li, SONGJing yan, WANG Fei yue, *et al* IVS 05: New Developments and Research Trends for Intelligent Vehicles [J] IEEE ITS Society newsletter, 2005, 7 (3): 20 - 26
- [13] SUZUKI Y, FUJII T, TANIMOTO M. Parking Assistance Using Multi-camera Infrastructure [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005: 106 - 110
- [14] CHAN C, BOUCLER B. Evaluation of Cooperative Roadside and Vehicle Based Data Collection for Assessing Intersection Conflicts [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005: 165 - 170.
- [15] LIU Y, OZGUNER U, EKICI E. Performance Evaluation of Intersection Warning System Using a Vehicle Traffic and Wireless Simulator [C] The Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005: 171 - 176