



机器视觉技术在 安全辅助驾驶中的应用

郭克友 著

JIQI SHIJUE JISHU
ZAI ANQUAN FUZHU
JIASHI ZHONG DE YINGYONG



國防工業出版社

National Defense Industry Press

机器视觉技术 在安全辅助驾驶中的应用

郭克友 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统介绍了机器视觉技术在安全辅助驾驶领域内的相关应用研究,是作者多年来从事安全辅助驾驶教学与科研工作的成果总结,同时融入了国内外同行近年来所取得的一些最新成果。

全书共分5章,包括安全辅助驾驶技术发展现状、驾驶员安全状态检测技术的研究进展、基于机器视觉的驾驶员面部定位算法、基于机器视觉的驾驶员眼睛定位算法、基于机器视觉的驾驶员疲劳状态分析算法、基于神经网络方法的疲劳状态分析算法、基于特征提取方法的疲劳状态分析算法、驾驶员面部朝向计算方法,最后为全书的总结与展望。

本书适用于从事智能交通领域工作的工程技术人员阅读,也可作为大专院校交通工程、计算机应用等专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机器视觉技术在安全辅助驾驶中的应用 / 郭克友著. —北京:国防工业出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-118-08369-9

I. ①机… II. ①郭… III. ①计算机视觉—应用—汽车驾驶 IV. ①U471.1—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 235554 号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 14¼ 字数 326 千字
2012 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

前 言

有关智能交通和安全辅助驾驶技术研究及其相关应用,近年来已有大量的文献论文发表。本人多年来一直从事该方面的教学与研究,为了促进智能交通和安全辅助驾驶技术的进步,反映该领域内的最新研究成果,并使广大研究人员和工程技术人员能了解、掌握和应用这一领域的最新技术,作者撰写了这本书,以抛砖引玉,供广大读者学习参考。

全书共分5章。第1章为绪论,介绍了安全辅助驾驶技术发展现状和驾驶员安全状态检测技术的研究进展;第2章介绍了基于机器视觉的驾驶员安全状态监测技术,包括驾驶员面部定位算法、驾驶员眼睛定位算法、驾驶员眼睛跟踪算法等研究内容;第3章介绍了驾驶员疲劳状态分析算法,包括基于神经网络方法的疲劳状态分析、基于特征提取方法的疲劳状态分析和基于模糊控制的疲劳状态分析等几种方法;第4章介绍了驾驶员注意力状态分析技术,包括驾驶员面部朝向计算方法、驾驶员注意力分散和驾驶员视线方向识别方法;第5章为全书的总结与展望。

本书各部分内容既相互联系又各自独立,读者可根据需要选择学习。

本书的撰写工作得到了“北京工商大学学术专著出版资助项目”资助。

由于作者水平有限,书中难免存在一些不足和错误之处,真诚欢迎广大读者批评指正。

著 者

目 录

第1章 绪论	1
1.1 安全辅助驾驶技术	1
1.1.1 安全辅助驾驶系统	2
1.1.2 安全辅助驾驶技术发展	3
1.1.3 安全辅助控制系统	10
1.1.4 安全辅助系统	11
1.1.5 安全辅助驾驶系统分类	14
1.2 驾驶员安全状态检测技术	15
1.2.1 直接检测法	18
1.2.2 间接检测法	20
1.2.3 驾驶员疲劳原因及预防措施	24
1.3 本章小结	27
第2章 基于机器视觉的驾驶员安全状态监测	29
2.1 驾驶员面部定位算法	29
2.1.1 面部检测概述	30
2.1.2 颜色空间的转换	34
2.1.3 系统选用颜色	46
2.1.4 基于高斯分布的皮肤颜色模型	51
2.1.5 面部定位算法	53
2.1.6 小结	58
2.2 驾驶员眼睛定位算法	58
2.2.1 眼睛定位方法概述	58
2.2.2 人眼定位图像预处理	61
2.2.3 驾驶员眼睛定位	79
2.2.4 小结	88
2.3 驾驶员眼睛跟踪算法	88
2.3.1 目标跟踪方法概述	92
2.3.2 感兴趣区域	102
2.3.3 Hausdorff 距离	103
2.3.4 眼睛目标跟踪	104
2.3.5 试验验证	104
2.3.6 提高算法处理速度的方法	105
2.3.7 小结	107
2.4 本章小结	107

第3章 驾驶员疲劳状态分析	109
3.1 基于神经网络方法的疲劳状态分析	110
3.1.1 概述	111
3.1.2 模式识别和模式	112
3.1.3 人工神经网络	116
3.1.4 选取反向传播(BP)网络的原因	121
3.1.5 BP神经网络的结构	122
3.1.6 BP神经网络的学习算法	122
3.1.7 隐层节点数的优化与选取	124
3.1.8 学习率 η 对学习速度的影响	126
3.1.9 两种识别算法举例	126
3.1.10 眨眼频率分析	133
3.1.11 小结	133
3.2 基于特征提取方法的疲劳状态分析	134
3.2.1 概述	134
3.2.2 特征与特征提取	134
3.2.3 几何畸变矫正	141
3.2.4 驾驶员眼睛纹理特征的提取	144
3.2.5 驾驶员眼睛几何特征的提取	156
3.2.6 小结	164
3.3 基于模糊控制的疲劳状态分析	164
3.3.1 模糊控制	164
3.3.2 变量选择与论域分割	165
3.3.3 模糊控制规则	165
3.3.4 模糊控制器对疲劳程度的评判	166
3.4 本章小结	167
第4章 驾驶员注意力状态分析	169
4.1 驾驶员面部朝向计算方法	171
4.1.1 驾驶员注意特征检测系统构建	171
4.1.2 面部特征定位	172
4.1.3 驾驶员面部朝向计算方法	181
4.1.4 小结	192
4.2 驾驶员注意力分散	192
4.2.1 体系概述	192
4.2.2 注意力分散检测	195
4.2.3 注意力分散种类及判定	196
4.3 驾驶员视线方向识别	197
4.3.1 Multi-PCA	197
4.3.2 基于 Multi-PCA 的眼睛视线方向识别	201
4.3.3 实验结果及分析	204

4.4 本章小结 205

第5章 总结与展望 206

5.1 总结 206

5.1.1 成果 207

5.1.2 创新点 209

5.1.3 不足及建议 210

5.2 展望 211

5.3 结束语 213

参考文献 215

第1章 绪 论

交通事故是当前世界各国所面临的严重社会问题之一,已被公认为当今世界危害人类生命安全的第一大公害,每年因交通事故至少使 50 万人死亡。欧美各国的交通事故统计分析表明,交通事故中 80% ~ 90% 是人的因素造成的,如驾驶员驾驶经验不足、疲劳驾驶、判断能力低、盲目自信所导致,而驾龄短的年轻驾驶员是主要的肇事人群。根据美国国家公路交通安全署的统计,在美国的公路上,每年由于司机在驾驶过程中跌入睡眠状态而导致大约 10 万起交通事故,约有 1500 起直接导致人员死亡,700 多万起导致人员伤害。在欧洲的情况也大致相同,如在德国境内的高速公路上 25% 导致人员伤亡的交通事故,都是由疲劳驾驶引起的。目前我国机动车保有量为 1.1 亿多辆,汽车 3000 多万辆,每年因交通事故死亡人数达 10.7 万人,伤 47 万人,由此造成的直接经济损失达 23 亿元,其中 48 % 的车祸系由驾驶员疲劳驾驶引起,直接经济损失达几百万元。

疲劳虽然是一个正常的生理现象,但是对驾驶员这一特殊的群体,就可能引起严重的后果,甚至危及生命,因此,开发出一套驾驶员疲劳监测和预警系统,能够在驾驶员行车过程中对其精神状态进行实时监控,当发现有疲劳现象时就发出报警,或者强制减速甚至停车休息,那么就能够有效地提高行车安全。统计显示,在交通事故发生时,如果驾驶员的反应能快 0.5s,那么有 60% 的交通事故就可以完全避免。可见,疲劳驾驶监测系统的研究,可以在一定程度上减少交通事故的发生,使驾驶员和公众出行更加安全,具有相当重要的社会意义和经济价值,也是当前汽车智能化、安全化发展的关键技术,具有十分重要的研究价值。随着高速公路的发展和车速的提高,目前各发达国家都把驾驶员安全状态监测技术列为本国先进汽车安全技术发展计划中的优先发展项目。随着我国国民经济的不断增长,轿车成为越来越多家庭代步的工具,随之,交通安全状况形势严峻,交通事故四项指标均居世界前列。因此,对于交通事故必须给予足够的重视,采取必要的措施。

随着计算机、电子、图像处理等技术飞速发展,借助先进传感技术、通信技术,将各种先进技术运用到汽车工程中的主动安全思想,即汽车安全辅助驾驶技术就应运而生。研究开发高性能的驾驶员安全状态实时监测预警技术不仅可以减少交通事故,提高运输效率,而且大大减轻驾驶员劳动强度。据有关资料研究表明,若在潜在交通事故发生前提前 1s 给驾驶员发出警报,则可避免 90% 的类似交通事故^[1]。因此,为了减少类似交通事故的发生,大力研究开发驾驶员疲劳预警等主动车辆安全技术,对驾驶员和车辆的状态进行实时可靠监测并对其非正常状态进行有效警示,对于减少公路交通事故及人员死伤,改善我国交通安全状况意义重大。

1.1 安全辅助驾驶技术

在现有的交通设施条件下,利用信息感知、动态辨识、控制等技术与方法提高汽车的

主动安全性,减少交通拥挤及保护环境是智能交通系统(Intelligent Transport System, ITS)的主要研究内容之一,而安全辅助驾驶(Safety Driving Assist, SDA)则是当前国际智能交通系统(ITS)研究的重要内容,所谓的汽车安全辅助驾驶技术就是通过研制的车载雷达及其电子控制单元(Electronic Control Unit, ECU)在运动中感知障碍物的距离和速度,并通过信息融合技术,实时进行危险或安全状态的动态辨识,将辨识结果实时传递给驾驶员,扩展驾驶员对车况及路况的感知能力,当结果辨识为危险状态而驾驶员没有采取相应措施时,系统转入自动控制模式,按预定模式控制油门或刹车,使汽车保持在安全的距离上行驶。它主要利用机器视觉和传感器技术实现对驾驶员周围环境状态实时通报,并在本车可能发生潜在危险时及时警示驾驶员采取有效应对措施,消除事故隐患。安全辅助驾驶系统可以解决交通安全的问题,对于困扰运输领域的交通堵塞及环境污染两个问题也有缓解作用。

1.1.1 安全辅助驾驶系统

车辆安全辅助驾驶系统主要包括车道偏离预警与保持、安全车距预警、驾驶员状态监测和行人检测等4个子系统。

一、车道偏离预警与保持

车道偏离预警具备两个基本功能:纵向和横向车道偏离预警。纵向车道偏离预警系统又称为弯道车速预警系统,主要用于预防由于车速太快或方向失控引起的车道偏离碰撞。这种系统利用车辆的动力学状态参数以及前期运行数据与当前和即将面临的车道几何特征结合计算出车辆的最大安全行驶速度,如果车辆的当前车速超过安全车速,系统将发出警告信息提醒驾驶员。横向车道偏离预警系统主要用于预防由于驾驶员注意力不集中以及驾驶员放弃转向操作而引起的车道偏离。这种系统利用车辆的动力学状态参数结合车辆前方的道路几何特征信息来确定车辆的当前位置和方向是否会导致发生车道偏离。假如这种偏离的可能性超过一定的阈值,当车辆偏离车道存在一定危险时,报警装置将实时提醒驾驶员采取正确的操作措施,达到防止事故发生或降低事故发生的程度。当前研发的车道偏离预警系统大部分采用机器视觉技术,实现车道偏离预警的关键在于实现不同光照条件下车道标识线的识别与跟踪。一旦驾驶员没打转向灯而车辆偏离进入别的车道,就开始报警。

二、安全车距预警

安全车距预警的目的是避免本车与同向行驶的前方车辆发生追尾碰撞事故。实现安全车距有效预警的一个重要前提是对前方车辆的探测。近几年,在国内、外智能交通系统以及汽车排放标准研究领域关于前方车辆探测与跟踪方法研究的算法中,主要是利用车辆的线性几何特征信息、车辆边缘对称性和车辆的运动特性等。目前的视觉检测车辆算法一般分为两个阶段:假设存在阶段和验证存在阶段。假设存在的作用是在尽可能短的时间在图像内找到可能存在车辆的区域并标记下来,该阶段利用车辆具有边缘的外观特点,得到3个可能存在车辆的区域。验证假设的阶段主要是进一步确定车辆确实存在的区域,进一步筛选得到准确信息,尔后用微波雷达等测距传感器获得深度信息,获取前方车辆距离,输送给计算机处理单元,当此距离存在碰撞危险时,驾驶员将得到提醒。

三、驾驶员状态监测

驾驶员状态监测是利用机器视觉技术,通过对驾驶员头部各器官视觉特征的识别,来实现对驾驶员疲劳与精神分散状态的有效监测。在车辆驾驶座位前方安装一台摄像机,用来检测驾驶员眼睛的眨动频率。当驾驶员疲劳时,其眼睛眨动就会变慢,眼睛闭上的时间相对较长,或者驾驶员眼睛闭合超过一定的时间,计算机控制单元就会向驾驶员发出相应的警告。

四、行人检测

行人检测技术是当今世界智能车辆研究中一个十分活跃的新领域,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,为避免交通事故的发生提供了有力的技术支撑,具有明显的社会和经济效益。检测的目的是减少行人与车辆碰撞造成的伤亡数量和事故等级。行人检测技术采用的传感器主要有机器视觉、红外成像传感器、微波雷达、激光等,这些传感器可对周边环境进行非接触探测,以获取车辆周边的行人等障碍物以及它们的距离、速度等信息。

当前,发达国家的政府和社会已经认识到发展研究智能车辆安全驾驶辅助系统的可行性和必要性,并取得了一定的研究成果,将其进行不同程度的应用。我国由于基础设施和经济实力的限制,在此方面的研究乃至整个智能车辆方面的研究起步较晚、投入较少、成果不多,与发达国家存在一定差距。因此,针对我国交通事故发生率高、汽车工业整体水平相对较低的现实状况,加快开展智能安全辅助驾驶系统等智能车辆方面的研究,意义重大。

1.1.2 安全辅助驾驶技术发展

客观上讲,智能交通运输系统的发展促进了安全辅助驾驶领域研究的飞速进步。智能交通运输系统的发展大致可分为三个阶段^[2]:第一阶段为20世纪60年代—70年代,主要有日本的综合汽车交通控制系统(CACS)、电子路线引导系统(ERGS)(如图1-1所示)以及德国的类似系统。第二阶段为1980年—1994年,期间主要有日本1984年开始的道路/车辆通信系统(RACS)项目、欧洲1986年提出的以车辆自主导航和安全辅助驾驶为研究内容的普罗米修斯项目^[3](PROMETHEUS)、欧洲交通安全和道路系统计划、美国的智能车路系统(IVHS)计划^[4]。正是在这个阶段,智能车辆技术取得了突破性进展,如德国的VaMP车辆系统(如图1-2所示)、美国的NavLab系统(如图1-3所示)、意大利的ARGO系统(如图1-4所示)等。第三阶段即1994年以后,这个阶段的特点是

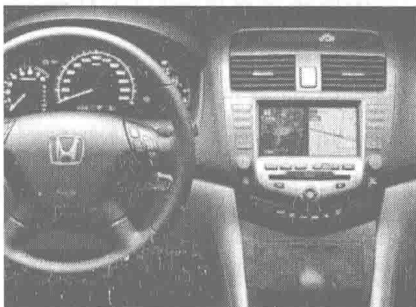


图 1-1 电子路线引导系统

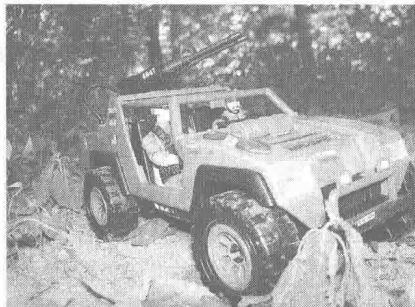


图 1-2 德国的 VaMP 车辆系统

将先进的信息技术、数据传输技术、控制技术以及计算机处理技术等综合有效地运用于整个运输管理体系,使人、车、路及环境密切配合,从而建立起一个在大范围、全方位发挥作用的实时、准确、高效的综合管理系统。



图 1-3 美国的 NavLab 系统



图 1-4 意大利的 ARGO 系统

安全辅助驾驶作为智能运输系统的重要组成部分,主要是通过驾驶员、车辆以及行车环境间的内在联系,建立车辆的安全辅助驾驶模型,以保证行驶过程中的交通安全问题。从车辆安全辅助驾驶系统当前的发展状况来看,基于视觉的环境感知、多传感器融合、自动驾驶等技术是其今后的发展趋势^[5]。

到目前为止,已研制成功的车辆安全辅助驾驶技术主要有:车载雷达防碰撞系统、声音导航系统、超声波防撞报警器、全球卫星定位系统、牵引力控制系统和交通阻塞指示仪等。

一、车载雷达防碰撞系统

前后雷达防撞系统是一套汽车行驶、倒车的安全辅助装置。它由多个(4个~8个)进口超声波探头,1个电脑控制主机和1个距离显示器,1个蜂鸣器组成,是超声测距技术和微电脑的完美结合。若汽车安装有前后雷达防撞系统,无论在白天、夜间还是风雪下雨天,前后雷达防撞系统会自动工作,能准确测知车前或车后3.0m以内是否有障碍物,并以三种不同的声音提示和显示器显示障碍物与车之间的距离,提醒驾驶员,提高驾驶安全性。

日本马自达公司和丰田公司研制出的激光雷达,美国 TRW 公司研制出的 24GHz 波段微波雷达(如图 1-5 所示),已经在载货车和公共汽车上投入使用。24GHz 雷达传感器是传感器的一种。它通过发射与接收频率为 24.125GHz 左右的微波来感应物体的存在、运动速度、静止距离、物体所处角度等,采用平面微带天线技术,具有体积小、集成化程度高、感应灵敏等特点。其原理是将 24GHz 选为发射频率,利用发送与接收信号的频率差,通过公式计算出物体运动的速度。经过参考信号与回波信号的混频,双通道传感器输出两个频率幅度相同,相位差为 90°的中频信号 IF1 和 IF2,根据 90°相位引导的信号类型,可识别物体的运动方向(远离或靠近)。车载雷达通过障碍物探测器,利用微波、超声波、光等作为测距媒介,将测得的信息转换为指令,控制汽车换挡、减速、制动等;有的是为驾驶员提供减速、制动、转向、停车等警示信息,使驾驶员从容地驾驶汽车,防止汽车与汽车或其他障碍物碰撞。日本本田汽车公司计划研究开发能够探测路障与测量行车间距的安全系统,希望减少行车事故的发生,传感器遍布车上每个角落,如图 1-6 所示。

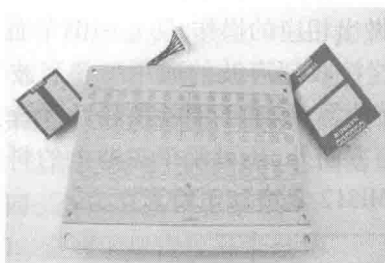


图 1-5 24GHz 雷达传感器

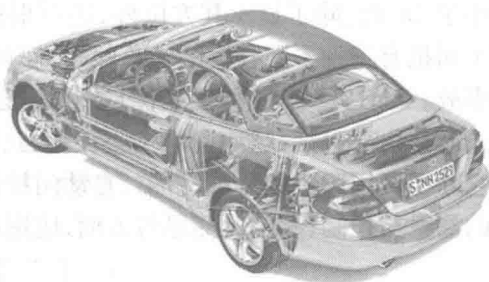


图 1-6 传感器遍布车上每个角落

二、声音导航系统

全程的语音提示功能可以使驾驶员不必时刻关注导航系统,为安全驾驶提供有力保障。日本丰田汽车公司推出了声音合成技术导航系统(如图 1-7 所示)。该系统采用 10 个中央处理器,其基本功能包括:应用传感器、全方位系统和图示匹配来显示车辆所处位置;根据地址和地名为驾驶员展示出要到达地方的参考图;计算和显示从现场到达目的地的最佳路线;用声音和交叉路线图指示出所选择路线的有关信息;通过人造卫星和汽车传感器传出的信号来确定车辆位置,计算行驶时间,显示出路线交叉口的地形图,以及重新推断出新的路线等。



图 1-7 声音导航系统

三、超声波防撞报警器

1. 超声波防撞报警系统原理

超声波防撞报警系统的原理是利用超声波的发射和接收,根据超声波传播的时间来计算出传播距离。实用的测距方法有两种,一种是在被测距离的两端,一端发射,另一端接收的直接波方式,适用于身高计;一种是发射波被物体反射回来后接收的反射波方式,适用于测距仪。

2. 超声波测距原理

超声波测距原理为超声波发生器 T 在某一时刻发出一个超声波信号,当这个超声波遇到被测物体后反射回来,就被超声波接收器 R 所接收到。这样只要计算出从发出超声波信号到接收到返回信号所用的时间,就可算出超声波发生器与反射物体的距离。在启动发射电路的同时启动单片机内部的定时器 T0,利用定时器的计数功能记录超声波发射的时间和收到反射波的时间。当收到超声波反射波时,接收电路输出端产生一个负跳变,在 INT0 或 INT1 端产生一个中断请求信号,单片机响应外部中断请求,执行外部中断服务子程序,读取时间差,计算距离。

3. 超声波防撞报警器应用

我国华南理工大学研制出一种单片机控制的超声波汽车倒车防撞报警器。该报警器利用超声波回声测距的原理,测量车后一定距离内的物体,并以 MCS-51 系列单片机作为中心控制单元,如图 1-8、图 1-9 所示。这种新型防撞报警器可及时显示车后障碍物的距离和方位,显示范围为 0.5m~9.9m,当距离大于 2m 时,显示车后障碍物的方位;当

距离小于2m时,除了显示其方位外,还可根据三段不同的距离分别给出三种报警信号,以警示司机有三种不同程度的紧急状态,使司机据此做出相应的操作,防止因倒车而发生交通事故。LM1812 是一种性能优良,且既能发送又能接收超声波的通用型超声波集成器件。芯片内部包括:脉冲调制 C 类振荡器、高增益接收器、脉冲调制检测器及噪音抑制器。它除了可用于遥控器、报警器、自动门控制及通信方面外,还可用于工业上的料位或液位的测量与控制、测距及测厚等方面,应用广泛。LM1812 具有如下特点:

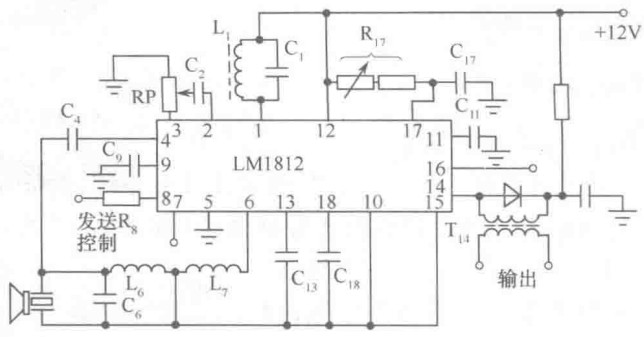


图 1-8 LM1812 超声波专用器件工作原理图

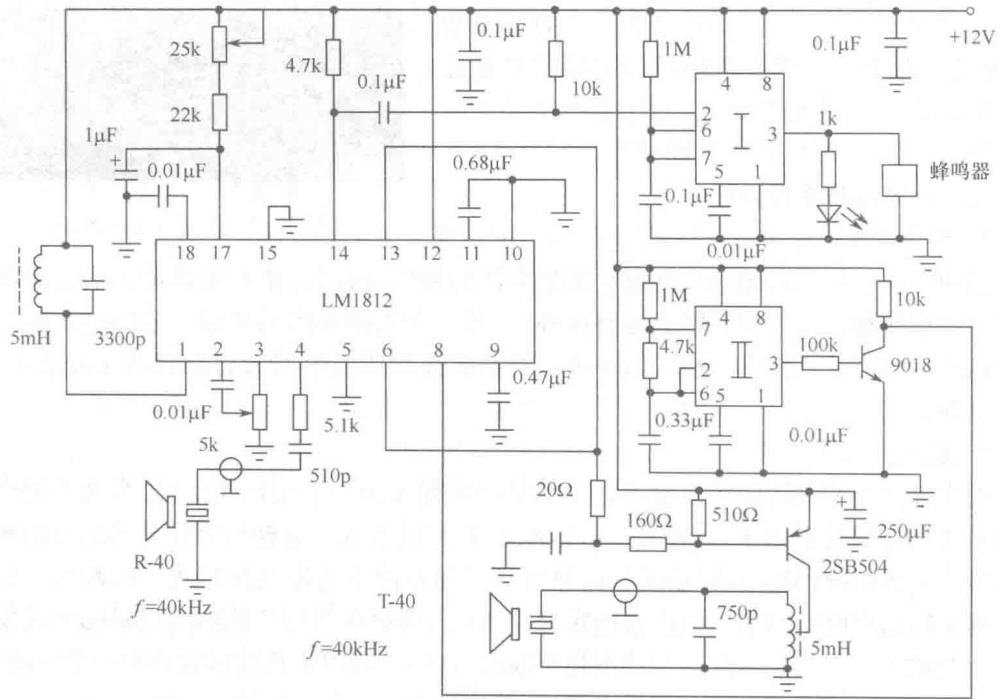


图 1-9 LM1812 构成汽车超声波倒车防撞报警器电路

- (1) 可以使用一个发送/接收换能器工作,也可使用两个换能器分别发送和接收超声波。
- (2) 器件具有互换性。
- (3) 在电路中使用时不用外接晶体管驱动。
- (4) 使用时不用外接散热器。
- (5) 器件内部具有保护电路。

- (6) 检测器输出可驱动 1A 的峰值电流。
- (7) 在水中测距超过 30m,在空气中测距超过 6m。
- (8) 发送功率可达 12W(峰值)。

采用 LM1812 并由时基电路 II 来控制 LM1812 的发送与接收(LM1812 即发送又接收)。控制距离可用 5k Ω 的电位器来调节,一般可控制 2m ~ 3m。

四、全球卫星定位系统

1. 全球卫星定位系统概念

利用卫星,在全球范围内实时进行定位、导航的系统,称为全球定位系统,简称 GPS。而其中文简称为“球位系”。GPS 是 20 世纪 70 年代由美国陆海空三军联合研制的新一代空间卫星导航定位系统。其主要目的是为陆、海、空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务,并用于情报收集、核爆监测和应急通信等一些军事目的,经过 20 余年的研究实验,系统于 1993 年建成正式运行。GPS 功能必须具备 GPS 终端、传输网络和监控平台三个要素,这三个要素缺一不可;通过这三个要素,可以提供车辆防盗、反劫、行驶路线监控及呼叫指挥等功能。GPS 空间部分由 24 颗卫星组成,这些卫星均匀分布在互成 60°的 6 个轨道面上。同其他定位系统(如子午卫星导航系统、双星定位系统等)相比,GPS 是迄今为止规模最大、性能最好的导航定位系统,其显著优越性是:定位精度高,校差中误差为 0.3mm;观测时间短;全球、全天候工作;高效率、多功能、操作简便、应用广泛等,全球定位系统正发挥着越来越重要的作用,其中车载 GPS 与电子地图融合导航技术带来的巨大价值越来越引起世界各国的密切关注,具有非常广泛的应用前景。

2. 全球卫星定位系统基本原理

GPS 导航系统的基本原理是测量出已知位置的卫星到用户接收机之间的距离,然后综合多颗卫星的数据就可知道接收机的具体位置。要达到这一目的,卫星的位置可以根据星载时钟所记录的时间在卫星星历中查出。而用户到卫星的距离则通过记录卫星信号传播到用户所经历的时间,再将其乘以光速得到(由于大气层电离层的干扰,这一距离并不是用户与卫星之间的真实距离,而是伪距(PR):当 GPS 卫星正常工作时,会不断地用 1 和 0 二进制码元组成的伪随机码(简称伪码)发射导航电文。GPS 系统使用的伪码一共有两种,分别是民用的 C/A 码和军用的 P(Y) 码。C/A 码频率 1.023MHz,重复周期 1ms,码间距 1 μ s,相当于 300m;P 码频率 10.23MHz,重复周期 266.4d,码间距 0.1 μ s,相当于 30m。而 Y 码是在 P 码的基础上形成的,保密性能更佳。导航电文包括卫星星历、工作状态、时钟改正、电离层时延修正、大气折射修正等信息。它是从卫星信号中解调制出来,以 50b/s 调制在载频上发射的。导航电文每个主帧中包含 5 个子帧每帧长 6s。前三帧各 10 个字码;每 30s 重复一次,每小时更新一次。导航电文中的内容主要有遥测码、转换码、第 1、2、3 数据块,其中最重要的则为星历数据。当用户接收到导航电文时,提取出卫星时间并将其与自己的时钟做对比便可得知卫星与用户的距离,再利用导航电文中的卫星星历数据推算出卫星发射电文时所处位置,用户在 WGS-84 大地坐标系中的位置速度等信息便可得知,如图 1-10 所示。

3. 全球卫星定位系统功能

1) 地图查询。

可以在操作终端上搜索你要去的目的地位置,可以记录你常要去的地方的位置信息,

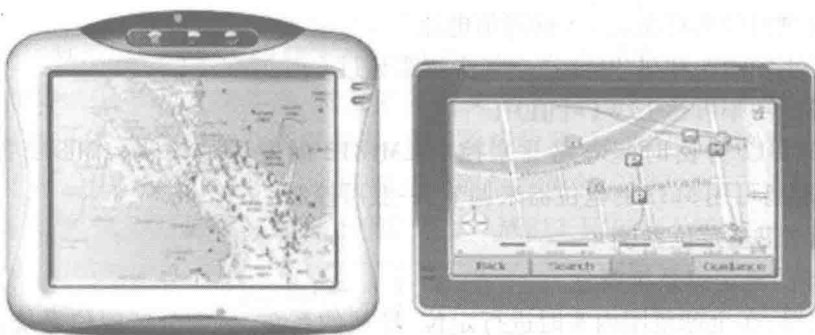


图 1-10 GPS 导航仪

并保留下来,也可以和别人共享这些位置信息。模糊地查询你附近或某个位置附近的如加油站、宾馆、取款机等信息。

2) 路线规划。

GPS 导航系统会根据你设定的起始点和目的地,自动规划一条线路;规划线路可以设定是否要经过某些途经点以及是否避开高速等功能。

3) 自动导航。

包括语音导航;画面导航;重新规划线路等功能。

五、牵引力控制系统

1. 牵引力控制系统简介

牵引力控制系统(Acceleration Slip Regulation, ASR)即牵引力控制系统或驱动防滑系统,其目的是防止车辆尤其是大马力汽车,在起步、再加速时驱动轮打滑现象,以维持车辆行驶方向的稳定性,如图 1-11 所示。

ASR 可以通过减少节气门开度来降低发动机功率或者由制动器控制车轮打滑来达到对汽车牵引力的控制。装有 ASR 的车上,从油门踏板到汽油机节气门(柴油机喷油泵操纵杆)之间的机械连接被电控油门装置所代替,当传感器将油门踏板的位置及轮速信号传送至控制单元时,控制单元就会产生控制电压信号,伺服电机依此信号重新调整节气门的位置(或者柴油机操纵杆的位置),然后将该位置信号反馈至控制单元,以便及时调整制动器。

汽车在光滑路面制动时,没有 ASR 的汽车加速时驱动轮容易打滑,如果是后驱动轮打滑,车辆容易甩尾,如果是前驱动轮打滑,车辆方向容易失控。有 ASR 时,汽车在加速时就不会有或能够减轻这种现象。在转弯时,如果发生驱动轮打滑会导致整个车辆向一侧偏移,当有 ASR 时就会使车辆沿着正确的路线转向。总之,ASR 可以最大限度利用发动机的驱动力矩,保证车辆启动、加速和转向过程中的稳定性。

2. 牵引力控制系统作用

牵引力控制系统,又称循迹控制系统。汽车在光滑路面制动时,车轮会打滑,甚至使方向失控。同样,汽车在起步或急加速时,驱动轮也有可能打滑,在冰雪等光滑路面上还会使方向失控而出危险。牵引力控制系统就是针对此问题而设计。

牵引力控制系统依靠电子传感器探测到从动轮速度低于驱动轮时(这是打滑的特征),就会发出一个信号,调节点火时间、减小气门开度、减小油门、降挡或制动车轮,从而

使车轮不再打滑。

牵引力控制系统不但可以提高汽车行驶稳定性,而且能够提高加速性,提高爬坡能力。以往豪华轿车上才安装牵引力控制系统,现在许多普通轿车上也有安装。

牵引力控制系统如果和 ABS 相互配合使用,将进一步增强汽车的安全性能。牵引力控制系统和 ABS 可共用车轴上的轮速传感器,并与行车电脑连接,不断监视各轮转速,当在低速发现打滑时,牵引力控制系统会立刻通知 ABS 动作来减低此车轮的打滑。若在高速发现打滑时,牵引力控制系统立即向行车电脑发出指令,指挥发动机减速或变速器降挡,使打滑车轮不再打滑,防止车辆失控甩尾。

牵引力控制系统利用计算机检测 4 个车轮的速度和转向盘转向角,当汽车加速时,如果检测到驱动轮和非驱动轮转速差过大,计算机立即判断驱动力过大,发出指令信号减少发动机的供油量,降低驱动力,从而减小驱动轮轮胎的滑转率。计算机通过转向盘转角传感器掌握司机的转向意图,然后利用左右车轮速度传感器检测左右车轮速度差;从而判断汽车转向程度是否和司机的转向意图一样。如果检测出汽车转向不足(或过度转向),计算机立即判断驱动轮的驱动力过大,发出指令降低驱动力,以便实现司机的转向意图,如图 1-11 所示。各个厂家的牵引力控制系统功能都一样,只不过叫法不同而已。例如:奔驰叫 ASR,丰田叫 TRC,宝马叫 DTC,凯迪拉克叫 TCS 等。

六、交通阻塞指示仪

英国通用逻辑控制设备公司推出的交通阻塞指示仪,长 15.24cm,高 12.7cm,可安装在汽车仪表盘上。司机只要按下按钮便可接收到由交通控制中心发出的信息,了解到道路阻塞情况,从而选择捷径。目前,该产品在英国伦敦已经投入使用。

本田“Acura Prototype RL”的导航仪配备了支持卫星通信的“AcuraLink”系统(如图 1-12 所示)。AcuraLink 除道路施工及交通事故信息外,还可显示每一路线的平均车速、到目的地所需要的时间以及避开交通阻塞的路线等。在交通高峰期上班的人每天平均有 50 多分钟耗费在交通拥堵上。利用 AcuraLink 可减少因交通阻塞耗费的时间。此外,还可显示维护信息及引擎诊断结果,具备通过免提电话与专卖店及道路救援联络等功能。

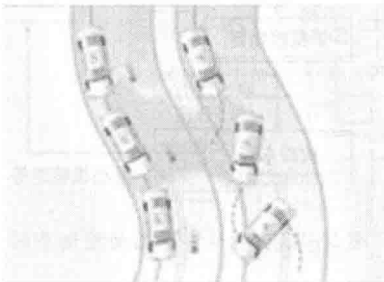


图 1-11 牵引力控制系统

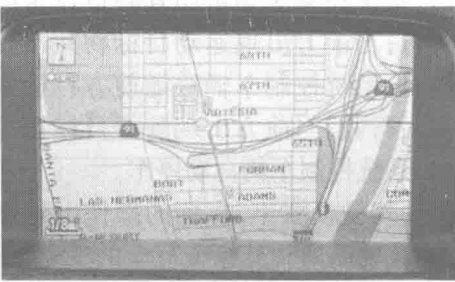


图 1-12 支持卫星通信的导航仪系统
“AcuraLink”的画面

另外,AcuraLink 将利用卫星广播运营商 XM Satellite Radio 提供的卫星信息服务“XM NavTraffic”。交通阻塞及施工信息将由 Navteq 提供。Navteq 将整理提供从道路设置的传感器和摄像头以及当地警察和交通部获得的信息。

1.1.3 安全辅助控制系统

一、安全距离模型

在获得车辆行车以及前方障碍物信息后,汽车主动防撞系统依据安全距离模型对车辆行车安全状态进行判断。国内外的研究人员目前主要提出了3种安全距离模型:一是基于典型制动过程的安全距离计算模型;二是基于车间距的安全距离模型^[6];三是驾驶员预瞄安全距离模型。上述3类模型仅能在某些工况下具有比较好的效果。针对现有安全距离模型的不足,分析40名驾驶员试验数据,可认为驾驶员主观安全距离由3部分组成:一是驾驶员进行识别和反应的距离;二是驾驶员按照他所期望的相对减速度消除自车与目标物间的相对速度需要的距离;三是消除自车与目标物间的相对速度后,自车与目标物间仍要保持着距离。得到驾驶员主观安全距离为: $D_s = v_r^2 / (2\Delta a) + D_0$,其中 Δa 为制动时驾驶员期望的相对减速度, v_r 为相对车速, D_0 表示消除相对车速后保持的相对车距。通过试验数据,对公式中的参数进行拟合,得到安全距离模型

$$D_s = v_r^2 / [2 \times (0.052v_c - 0.122)] + 0.851(v_c + v_l) + 1.611 \tag{1-1}$$

目前只获得良好路面条件下的驾驶员特性参数,其他路面条件下驾驶员特性参数有待进一步研究。

二、安全辅助控制系统

根据上述的安全距离模型可以判断当前车辆是否处于安全状态,当处于危险状态而驾驶员未做出相应反应时,需要对车辆进行主动控制使车辆主动避开危险;当车辆处于非危险状态时,需要根据驾驶员设定的安全车距和车速对车辆进行控制,使被控车辆以设定车速或者以设定的安全车距跟随前车行驶。考虑系统复杂性,试验采用分层控制的结构,包括功能定义、上位控制器和下位控制器三个层面,如图1-13所示。

功能定义层是驾驶员设置系统的工作模式,分为自动和辅助模式。在自动模式下,车辆在行车安全辅助系统控制下自动运行,当前方没有目标物或虽有目标物,但位于设定安全距离以外时,系统控制车辆按照驾驶员设定的速度自动运行;当前方出现运动目标物并在安全距离之内时,系统控制车辆跟随前方目标物保持安全车距行驶;当前方出现静止目标物等危险情况时,系统控制车辆自动停车。

在辅助驾驶模式下,车辆的操作由驾驶员来完成,系统辅助驾驶员保证行车的安全,驾驶员正常操作状态下,系统实时对车辆运行安全状态进行监控,在判断为车辆运行于危险状态,而驾驶员又没有相应操作的情况下,系统将自动控制车辆,保持安全行车。

上位控制层的功能是根据驾驶员设定的系统工作模式、安全状态识别模块得到的安全距离、驾驶员设定的安全车距、设定车速以及车辆道路信息根据相应控制算法计算期望的车辆加速度。试验采用LQ方法设计上层控制器,设计过程中重点考虑驾驶员的驾驶习惯,根据实际道路条件下驾驶员的操作习惯确定性能指标中的权系数。

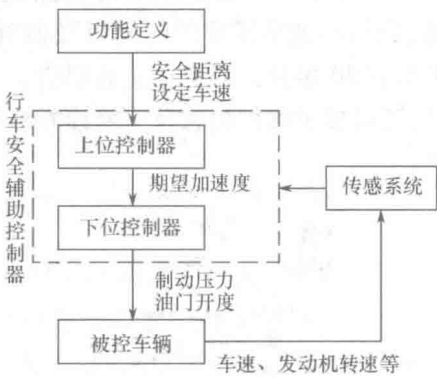


图 1-13 行车安全辅助控制系统