

车辆防撞技术的发展现状与展望

魏 丹¹, 贾子彦²

(江苏理工学院 1. 机械工程学院; 2. 电气信息工程学院, 江苏 常州 213001)

摘要:随着国民经济水平的不断提升,智慧生活的理念不断深入人心,汽车领域也日益朝着智能化的方向发展。应用于车辆的智能防撞技术可以大大提升车辆的主动安全性能,从而提升道路交通安全。综述了不同技术原理的车辆防撞技术以及车辆防撞安全模型的建立机制,分析了各自的特点以及存在的问题,对车辆智能防撞技术未来的研究进行了探讨与展望。

关键词:车辆;智能;防撞;道路安全

中图分类号:U461.91 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)10-0144-05

近年来,我国的家庭汽车保有量逐年攀高,客观上增添了道路交通安全隐患。每年,我国发生的交通事故高达十多万,数万人因此死亡或受伤,造成可观的经济损失。放眼全球,每年约有 124 万人因道路交通事故而死亡,另有 2 000 万至 5 000 万人遭受非致命性伤害,许多人因伤致残^[1]。在众多交通事故中,碰撞是其主要的表现形式。道路交通安全关系到人们的生命财产安全,为了进一步加强道路交通安全,除了要规范驾驶人的驾驶行为、严格执法以外,如何提升车辆本身的安全性能也是至关重要。

车辆的安全性能主要包括两大类,一类是被动式安全性能,另一类则是主动式安全性能^[2]。被动式的安全性能是指安全带、保险杠、安全气囊等安全配置在碰撞发生时能够减缓碰撞所带来的冲击伤害的性能。而主动式的安全性能则是指由智能化的技术构成的车辆稳定系统、车辆预警系统、车辆防撞系统等智能配置在道路行驶过程中实时监测、及时预警,在危险发生前及时采取相关措施,降低碰撞危险发生的概率,从而提升行车驾驶安全的性能。

车辆智能防撞系统主要由以下几部分组成:信息采集模块,数据信息处理模块和执行模块^[3]。其中信息采集模块所涉及的车辆防撞技术尤为重要,采集到的信息的及时性、准确性关系到整个系统的有效性。目前,国内外利用激光、超声波、毫米波、机器视觉等技术原理对车辆防撞系统进行了一系列的研究。

本文着重介绍几种能够提供主动式安全的车辆防撞技术,将不同技术原理的车辆防撞技术进行对比,分析各自的特点和存在的问题,为进一步的研究和应用奠定基础。

1 车辆防撞技术原理

1.1 基于超声波技术的车辆防撞原理

超声波是一种频率高于 20 kHz 的机械波,可以以一种弹性的纵波方式在固体、液体、气体等介质中传输^[4]。超声波测距就是利用的超声波具有很强的反射能力的特点而实现的。基于超声波测距的车辆防撞技术采用超声波脉冲回波法进行测距。在车辆上安装超声波传感器,超声波传感器经控制器驱动后产生并发射一定频率的短促的超声波信号,与此同时开启时钟计数器,当超声波接收传感器接收到由障碍物反射回来的回波信号后,停止计数^[5]。由计数值得渡越时间,进而获得超声波传感器和障碍物之间的距离,即为车辆间或本车与行人障碍物的距离。式(1)为距离计算公式。图 1 为超声波测距示意图。

$$D = \frac{CT}{2} \quad (1)$$

其中, C 为超声波声速; T 为渡越时间。

车辆可以通过安装超声波传感器,利用上述超声波测距原理,实时的进行探测,及时发现可能发生的碰撞危险。当探测到危险时,智能防撞系统及时采取警示等措施,从而避免碰撞危险的发生。

收稿日期:2017-05-29

作者简介:魏丹(1990—),女,江苏南京人,江苏理工学院,硕士生,研究方向:车辆的智能控制与检测;贾子彦(1981—),男,山西太原人,江苏理工学院,副教授,博士,研究方向:差分调制系统及其非相关检测、MIMO-OFDM、宽带单载波通信、可见光通信等。

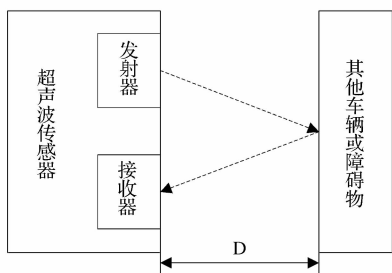


图1 超声波测距原理图

利用超声波测距技术实现本车与其他车辆或障碍物保持在安全距离内具有能够适应低亮度、有灰尘的环境、探测速度快、构造简单、成本低廉等优点且对色彩、光照度不敏感。其不可避免的缺点是多个超声波传感器会互相干扰、探测距离短、近距离测距有盲区、方向性差以及仅能检测单一的距离信息^[6]。由于超声波在大气中的衰减速度很快，所以其探测距离受限。

1.2 基于红外线技术的车辆防撞原理

红外线是一种具有反射传输特性的光波。在车辆上安装红外测距传感器以获得本车其他车辆或障碍物的距离信息。红外测距传感器由发射装置和接收装置组成。一般的，发射装置由红外发光二极管构成，接收装置由光电二极管阵列检测器，即 CCD 检测器构成。红外测距所依据的是三角测量原理^[7]。如图2所示，由发射装置发送出来的红外光束，经其他车辆或障碍物反射到 CCD 检测器上，根据光束所成角度以及偏移量，可以通过计算获得红外传感器与其他车辆或障碍物的距离，即车辆间距或车辆与障碍物间距。式(2)为距离计算公式。图2为红外测距原理图。

$$D = \frac{f(L + X)}{L + f \cot g(90^\circ - \alpha)} \quad (2)$$

式中， f 为透镜的焦距， L 为便宜量， X 为中心距， α 为发射角， c 为红外线的空气传播速度。

利用红外测距技术实现本车与其他车辆或障碍物保持在安全距离内具有多个红外传感器不会互相干扰、测量精度高、测距速度快和适用于较长距离等优点。而其缺点主要是测量精度会受到强光直射环境的显著影响。

1.3 基于激光技术的车辆防撞原理

运用于车辆防撞的激光测距方法是脉冲测距法^[8]，其工作原理与超声波测距类似。安装于车辆上的激光发射装置将激光脉冲发射出来，当激光照射到

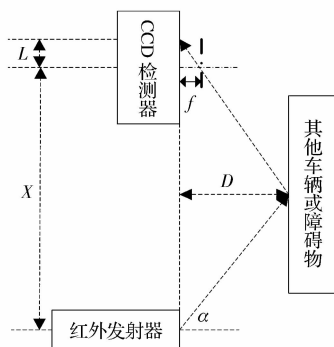


图2 红外测距原理图

其他车辆或障碍物时被反射回来，接收装置捕捉到回波脉冲后，通过计算发射脉冲和反射脉冲的时间差，从而进一步计算出激光雷达装置和障碍物间的距离。式(3)为距离计算公式。

$$D = K \times N \quad (3)$$

式中 $K = \frac{c}{2f}$ 为脉冲当量，表示单位脉冲对应的被测距离， c 为激光的传播速度， f 为脉冲频率； N 为脉冲计数值。

激光具有直线性好、能量密度高、传输距离远的特点，同时具有精度高、速度快、工作稳定的优点。但不同于室内导航车的是汽车使用的环境复杂多变，激光受恶劣天气的影响较大。由于激光的可见性，应用在道路交通并不十分适宜。激光的发射能量还要在人眼的承受范围之内^[9]。

1.4 基于毫米波技术的车辆防撞原理

毫米波是一种波长为 $1 \sim 10$ mm，工作在 $30 \sim 300$ GHz 频域的电磁波。毫米波雷达也可通过用脉冲测距的方式获得距离信息，但为了提高其在车辆防撞中的实用性，采用调频连续波(FMCW)的方式探测目标信息^[10]。毫米波雷达的发射端发送连续的调频信号，遇到其他车辆或障碍物时会产生回波，雷达接收到回波信号经雷达的混频器与发射信号进行混频处理，将处理的结果通过公式计算可以获得相对距离和相对速度信息。能够同时探测到目标的相对距离和速度是毫米波 FMCW 雷达的一大优势。式(4)，(5)为最终的距离与速度计算公式。图3为毫米波 FMCW 雷达的探测原理图。

$$D = \frac{CT}{2\Delta f}(f_{up} + f_{dn}) \quad (4)$$

$$V = \frac{\lambda}{4}(f_{dn} - f_{up}) \quad (5)$$

式中， C 为电磁波在空气中传播速度， T 为三角波周

期, Δf 为调频带宽, f_{up} 、 f_{dn} 分别为由探测目标相对运动引起的多普勒频移 f_d 计算得来的上、下沿中频。具体的计算过程不再详述。

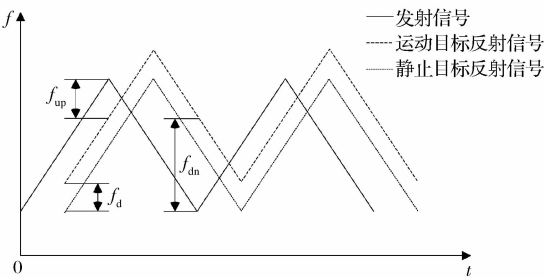


图 3 毫米波 FMCW 雷达探测原理图

利用毫米波雷达进行车辆的测距防撞的优势在于毫米波雷达质量小、体积小,空间分辨率高,测距范围大,精度高,能够穿透雾、烟尘而不受恶劣天气环境的影响。但多个毫米波雷达或毫米波雷达和车辆上的其他通信设备之间会出现电磁波干扰的问题且毫米波雷达车辆防撞系统的成本较高。

1.5 基于机器视觉技术的车辆防撞原理

机器视觉是指通过摄像机等光学设备模拟人眼功能,自动接收真实物体的图像,再经视觉系统处理、分析图像,模拟人眼的测量与判断功能以获取所需要的目标形态、分布等信息的综合智能技术^[11]。将机器视觉技术应用于车辆防撞,主要是将摄像机作为前方路况的监测传感器,视觉系统对摄像机实时记录的图像信息进行目标检测、特征提取与识别,匹配、测算等处理以获得视野内车辆或障碍物的形态、距离等信息。防撞控制系统根据所获得的其他车辆或障碍物的信息进行判别并做出相应的防撞措施决策。基于机器视觉的车辆防撞工作流程如图 4 所示。

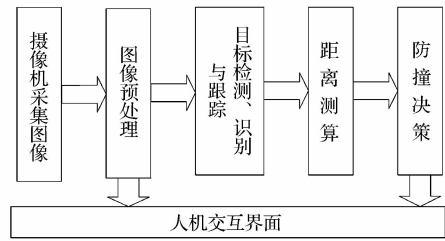


图 4 基于机器视觉的车辆防撞工作流程框图

1.5.1 机器视觉技术中的目标检测

从采集图像中分割出车辆是基于机器视觉的车辆防撞技术的研究重点,目前对车辆检测的方法主要有特征提取法、模型法和运动分析法^[12]。特征提取法主要是利用车辆前后观测图像的对称性、特定的宽

高比、边缘特征、角点特征以及车辆在图像中特定的形态特征实现车辆的检测。模型法是通过计算机视觉技术建立车辆的二维或三维模型,在将待检测的图像与模型匹配,从而实现检测。运动分析法是通过车辆运动造成的光流场与摄像机运动造成的背景光流的不一致确定被检测车辆的位置。

模型检测虽然取得了一定的研究成果,但需要做大量的模型设计工作且匹配计算量非常大,实时性差。运动分析法中的光流计算量也很大,光流场的形成需要特定的条件,能够引起光流变化的也不一定是物体的移动,因而该方法的适应性还不够。相较之下,特征提取法在实际操作和适应性上更好,但单一的特征不能很好的获得检测目标,将多种特征融合,提高检测的准确性是今后的研究方向。

1.5.2 机器视觉技术中的距离测算

在完成了图像中的目标检测后,如何进行目标距离测算是完成获取完整目标信息的重要内容。基于机器视觉技术的测距方法有针孔模型测距法,单帧静态图像测距法和序列图像测距法^[13]。但由于简单的针孔模型测距法虽然原理简单,但需要得知目标对象的实际尺寸才好计算,这里显然并不适用目标车辆或障碍物多变的实际情况。而序列图像测距法需通过两帧图像中目标的相对位置关系来进行计算,该方法复杂,很难满足实时性的要求。此外,如果两帧图像相隔时间较短,目标的相对位置变化不显著,该方法也不再适用。相较而言,单帧静态图像测距法更适宜。如图 5,6 分别是几何成像原理图和单帧图像测距原理图。空间物体表面某点的三维几何坐标与二维图像中对应坐标的相互关系可以通过摄像机的相关参数经计算得到。这一过程称为摄像机标定,标定的参数包括焦距、主点、摄像机高度,世界坐标与摄像机坐标的转换等。

根据上述原理,被测目标 P 与摄像机的水平距离为:

$$D = \frac{hf}{(y - y_0)} \tag{6}$$

式中 h 为摄像机与地面的高度, f 为摄像机焦距, y 为目标在图像上的投影纵坐标, y_0 为光轴与相平面的交点,即像平面原点的纵坐标。

基于机器视觉的车辆防撞技术利用了机器视觉具有体积小、功耗小、可视范围大,获取的信息量大的优点,双目视觉和立体视觉技术还可以提供更为全方位的信息。但其缺点是软硬件要求高,计算量大,实时性较差,受恶劣天气环境的影响较大。

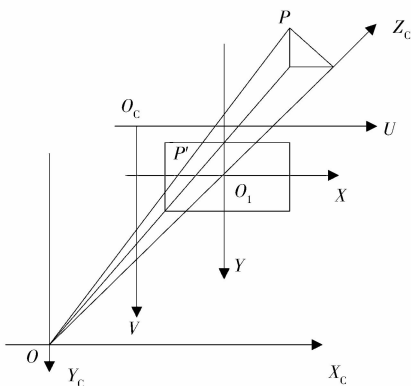


图5 几何成像原理图

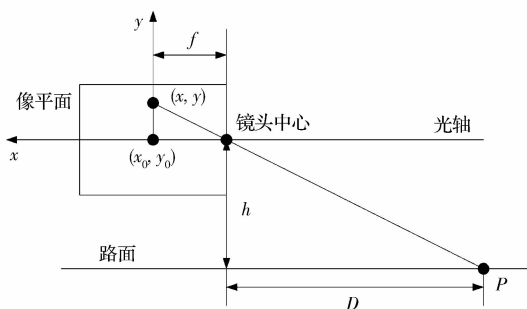


图6 单帧图像测距原理图

2 车辆防撞模型的建立

本文上述几种主要车辆防撞技术介绍了如何用传感探测设备探测到本车与其他车辆或障碍物之间的距离。其他车辆的行驶速度可以由毫米波雷达这样的探测器探测得到,也可以通过车辆上的速度传感设备获取,再经无线通信设备实现车辆间的交互。利用所获得的距离、速度等信息,建立一个车辆防撞模型来确定安全距离范围以保证本车与其他车辆或障碍物始终保持在安全距离范围内从而防止车辆发生碰撞危险。

车辆发生碰撞的情况主要包含两大类,一是纵向碰撞,二是侧向碰撞。对于纵向防撞,当紧急情况发生时,防止车辆发生碰撞的直接有效措施就是对车辆进行制动使车距保持在安全范围内。确定车辆行驶过程中的安全车距,需建立车辆防撞模型来求得。首先要对车辆的制动过程进行分析,确定车辆的制动距离。以正常跟车行驶的两车为例,前车突然减速,后车的行驶速度大于前车可能发生追尾碰撞。后车的制动距离包括驾驶员反应时间、制动器响应时间、减速度增长时间和持续制动时间内车辆所行驶的距离的总和^[14]。如图所示7,根据不同阶段的不同速度和

时间,经计算可以获得后车的制动距离 S_b 。前车的制动距离 S_a 可以通过其最大减速度及制动过程中的速度变化的相关计算获得。经制动措施危险解除后,两车的最小跟车距离 S_0 要在 3~5 m。通过上述过程建立的安全距离模型可以获知临界危险跟车距离 S 。针对前车减速、减停等不同的运动状态,安全距离模型也有所不同^[15]。车辆防撞系统的执行模块以临界安全跟车距离 S 为执行阈值,当探测到的跟车距离小于 S 时,执行模块采取相应的声光报警或自动制动等防撞措施。

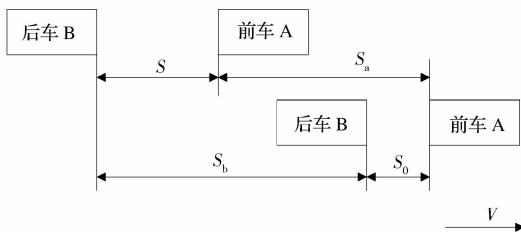


图7 车辆防撞安全车距示意图

侧向碰撞包括两车之间侧向碰撞、侧向碰撞以及车辆与护栏等障碍物的碰撞,多发生于车辆偏离行驶车道时^[16]。侧向安全距离的建立通常是根据相关公路技术标准和观测数据共同得到。侧向的安全防撞距离也和车速有着必要的关系。通常车速越大,侧向所需要的安全距离也就越大。同样的,车辆防撞系统在感知到侧向可能发生危险时,及时采取防撞措施,避免碰撞的发生。

上述防撞技术主要介绍了基于安全距离测算的车辆防撞模型,由模型测算所得到的判别指标为行驶过程中的最小安全车距或最小碰撞发生时间。防撞判别指标的合理性和准确性关系到车辆防撞系统的有效性。安全距离小了不足以起到及时防撞的效果,安全距离过大则会降低道路通行量,影响交通效率。因而建立一个合适的车辆防撞模型是至关重要的。上述车辆防撞安全距离模型仅对车辆的制动工程进行了分析。为了进一步修正提高模型质量,还要考虑到相对车速、加速度的变化,考虑到驾驶员的行为特性以及受天气影响的地面附着系数改变带来的车轮滑移距离等因素的影响。

3 总结与研究展望

车辆防撞技术已经研究发展了数十载,相较于国外,国内起步较晚,但在实际应用上也已有了一定的研究成果。针对上述内容,作以下简要概括:

上述的几种车辆防撞技术中,基于超声波、红外、激光和毫米波雷达测距防撞技术的基本原理是相似

的,均是通过其具有的回波特性来完成测距或测速。由于超声波在传递过程中衰减大,它的探测距离大约只能在十米内,通常应用在倒车防撞系统中。红外会受到强光的显著影响,激光的发射、接收镜面的清洁度以及探测目标的振动和表面粗糙度都会对测量结果有明显干扰。相较之下,毫米波雷达的探测效果更好,对环境的适应性更强。可在毫米波雷达的应用中要考虑电磁干扰的问题。基于机器视觉的测距防撞技术要事先对相机进行标定,整个处理过程依赖于良好的图像处理技术,处理过程相对复杂,影响实时性。

可见,单一的传感器的效果并不理想。近年来,也有一些致力于将多传感器信息融合的研究,一方面是将传感探测技术融合,互相弥补单一传感器的不足;另一方面是将内外信息融合以构建更安全可靠防撞模型,其中内信息是指由车辆内部视觉获得的驾驶员行为,外信息则是指传感探测获得的距离、速度等信息。这其中,将毫米波雷达与机器视觉技术相结合的车辆防撞系统的研究将毫米波雷达探测的精准性与视觉探测信息量大的优势结合在一起,弥补了彼此的不足,有着良好的研究发展前景。此外,近年来机器视觉技术的发展势头强劲,机器学习的能力也在不断增强,将机器视觉与 GPS、GIS 或可见光无线通信相融合的车辆通信防撞技术的研究也为未来的研究提供了更多的可能。

参考文献

[1] 李勤. 全球道路交通事故真实情况[J]. 汽车与安全,2016

(1):75-79.

[2] 麦毅廷,陈振庸,陈怡仲. 智慧型行车防撞安全系统[J]. 修平学报,2011(3):135-152.

[3] 杨风桐. 汽车防撞自动化研究[J]. 硅谷,2011(6):114.

[4] 梁斌,庾有康. 普通物理学[M]. 北京:机械工业出版社,2006:183-185.

[5] 汤传国. 基于超声波测距的倒车雷达系统研究[D]. 西安:长安大学,2015.

[6] 李戈,孟祥杰,王晓华. 国内超声波测距研究应用现状[J]. 测绘科学,2011,36(4):60-62.

[7] 韦中超,廖宏发,张准,等. 基于超声波测距和 PSD 红外测距的智能语音导盲器[J]. 现代电子技术,2013(10):115-118.

[8] 张召亮,张帆,马智远,张承学. 激光测距在汽车智能防撞系统中的应用[J]. 中国水运:学术版,2007(7):53-54.

[9] 杨崇新. 汽车全方位自助防碰撞系统的研制[D]. 青岛:青岛科技大学,2015.

[10] 郑兴林. 毫米波汽车防撞雷达信号处理关键技术研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2007.

[11] 郭静,罗华,张涛. 机器视觉与应用[J]. 电子科技,2014(7):185-188.

[12] 檀柏红,任立肖,张丽. 基于视频图像处理技术的汽车防撞系统的研究现状[J]. 北华航天工业学院学报,2008(5):7-10.

[13] 王亚丽. 基于毫米波雷达与机器视觉融合的前方车辆检测研究[D]. 长春:吉林大学,2013.

[14] 闫新星. 汽车三维安全防撞预警系统的设计与开发[D]. 太原:太原理工大学,2011.

[15] 孙婷婷,刘兆惠,吕明新. 基于 V2V 通信技术的车辆防撞预警系统研究[J]. 山东交通科技,2016(2):16-18.

[16] 车勇. 汽车侧向防撞预警系统的开发研究[D]. 西安:长安大学,2007.

The Development Status and Prospect of Vehicle Anti-collision Technology

WEI Dan¹, JIA Zi-yan²

(1. School of Mechanical Engineering;
2. School of Electrical Information Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu 213001, China)

Abstract: With the improvement of the national economy level, the concept of intelligent life sinks deeper and deeper into people's hearts. The field of vehicle also develops to the direction of intellectualization. The intelligent vehicle anti-collision technology applied to vehicle could greatly improve vehicle's active safety performance, consequently improve road traffic safety. This paper summarizes the vehicle anti-collision technology with different mechanism and the vehicle anti-collision security model, analyses their characteristics and existing problems, and discusses and prospects the future research of the vehicle intelligent collision avoidance technology.

Key words: vehicle; intelligent; anti-collision; road safety