

雷达与视频融合的交通信息感知技术研究

孟维伟, 郭丽苹, 张兴宇

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘 要: 交通信息感知作为交通信息基础设施最为关键的功能之一, 可为交通态势预判、信号控制等交通应用场景提供重要的数据与决策支撑, 是践行“交通强国”战略的基石。目前, 常用交通信息感知手段主要包括地磁线圈、雷达、视频、红外等, 但这些单一的交通信息感知设备普遍存在信息感知不全面、精度不高的问题。研究基于雷达与视频融合的交通信息感知技术, 将毫米波雷达和视觉传感器两者的检测数据有机融合, 从而实现大范围、精准而全面的交通信息感知, 以期实现交通的智能化、信息化发展奠定基础。

关键词: 交通信息感知; 空间融合; 时间融合; 信息融合; 系统架构

中图分类号: U121

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)10-0242-03

0 引言

近年来, 我国道路交通发展迅速, 交通拥堵现象日益严重。为解决该问题, 积极进行交通引导、合理规划交叉口信号配时成为了当下交管部门主要采取的措施。而大范围、精准而全面的交通信息感知, 为交通态势预判、信号控制等提供数据与决策的支撑, 成为了智能交通管控的迫切需求。

目前, 常用的交通信息感知手段主要包括地磁线圈、微波、视频、红外等。但这些单一的交通信息感知设备普遍存在信息感知不全面、精度不高的问题, 而多源传感器获得的信息由于有冗余性、互补性等特点, 可获得比单个传感器更为有效和准确的信息, 具有较高的鲁棒性和置信度。因此, 多源异构信息的融合成为了当下交通信息感知技术发展的主流趋势。

雷达和视频作为两类功能强大的信息感知途径, 有着各自鲜明的优势, 融合两者的检测数据将很大程度上提高交通信息感知的水平, 从而实现大范围、精准而全面的交通信息感知, 这符合当前智能交通发展的迫切需求, 对于进一步发展交通信息智能化具有重要的社会价值与经济价值。

1 研究现状

1.1 基于毫米波雷达的交通信息感知

毫米波雷达由于具备感知信息全、范围广和全

天候的优势, 因此被广泛应用于交通信息感知、交通信号控制和交通事件监测等领域。

毫米波雷达系统由发射特定波形的发射机和接收回波信号的接收机组成。在工作时会通过天线向前方发射毫米波, 物体表面照射到毫米波后会发生散射并反射信号, 毫米波雷达系统通过多组接收天线接收回波信号, 并对信号进行放大、下变频和信号处理, 以此获得目标的速度、方位、距离和散射截面积等信息。典型毫米波雷达模型如图 1 所示。

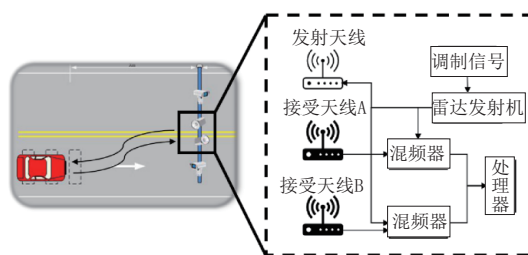


图 1 毫米波雷达工作原理示意图

1.2 基于视觉传感器的交通信息感知

近年来, 随着深度学习技术在应用层面迎来重大突破, 在其浪潮的影响下, 计算机视觉技术也得到了蓬勃发展。由于视觉传感器具备识别物体尺度、颜色、纹理等外观信息的能力, 因此被广泛应用于交通标志检测、车道线检测、车辆和行人检测等多个交通场景。

目前在交通信息感知领域应用的计算机视觉算法多数是以深度学习神经网络为基础的目标检测方法, 它是通过从训练样本图像中提取车辆特征, 来实现交通信息的感知。由于在训练中容易出现过拟合, 且算法模型复杂, 因此对模型训练有着较高的要求, 但随着图形处理器硬件技术的快速发展, 一定程度上

收稿日期: 2022-01-05

作者简介: 孟维伟(1982—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事道路交通方面的设计与科研工作。

也弥补了传统神经网络的不足,使此类方法取得了较好的应用效果。图 2 展示了基于计算机视觉的车辆目标检测场景。



图 2 基于计算机视觉的车辆目标检测场景

1.3 基于毫米波雷达和视觉传感器融合的交通信息感知

由于传感器工作原理的不同,单个传感器通常只能获得被检测目标的部分特征,难以在复杂交通环境下满足对交通信息获取的复合要求。为了更准确地描述所检测交通目标的特征,可以通过对多传感器信息进行融合来获得更全面的目标信息。考虑到城市交通的实际工作环境和检测要求,交通信息感知可充分结合毫米波雷达和视觉传感器的技术特点,采用两种传感器信息相融合的方法来开展目标检测。多项研究表明,该方法在实时性和准确性方面具有明显的优势。图 3 展示了基于毫米波雷达和视觉传感器结合的车辆目标检测场景。

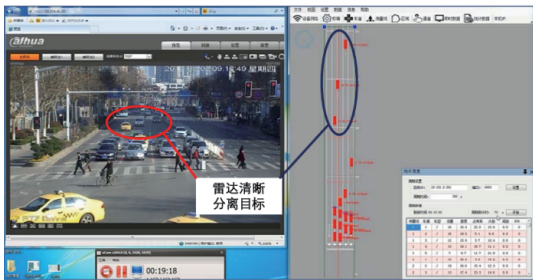


图 3 基于毫米波雷达和视觉传感器结合的车辆目标检测场景

2 技术路线

在交通信息感知中,将毫米波雷达和视觉传感器的检测结果进行融合可以有效提高最终的检测效果。本文的技术路线主要介绍毫米波雷达和视觉传感器信息融合的方法,通过对采集数据进行空间、时间和目标信息的融合,实现对各传感器多层次、多空间的信息互补和优化组合处理^[1]。

2.1 传感器空间融合

毫米波雷达与视觉传感器不仅在原理、数据形式等多方面存在差异,两者所属的坐标系也不相同,因此需要将它们采集的数据转换到同一个坐标系中。在实际融合中,常是以世界坐标系为中介,首先

将雷达坐标系转换成世界坐标系,然后通过旋转和平移将世界坐标系转换成像空间坐标系,最后基于小孔成像的逆向思想将像空间坐标系内的三维目标转换到像素坐标系中,以实现两种传感器的空间同步。雷达视频的空间标定流程如图 4 所示。

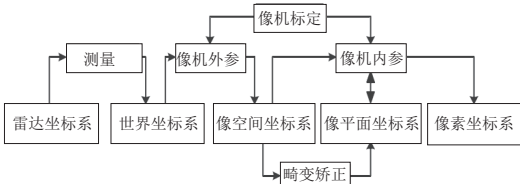


图 4 雷达视频的空间标定流程图

2.2 传感器时间融合

在进行多源传感器数据融合时,还需要保证每个传感器输出的数据是在同一时刻获得的,即需要保障采集数据的同步性。由于毫米波雷达与视觉传感器的采样频率不同,两种传感器会按照各自固有的时间基准进行数据采集,因而导致两者采集的数据间存在时间上的不同步,故需要对其进行统一处理。

为了方便后续进行数据的时间同步,本文使用的视觉传感器的图像采集频率设置为 30 Hz,毫米波雷达的采集频率设置为 20 Hz。由于视觉传感器采集图像的采样频率较高,将以毫米波雷达的采集频率设置为基准,对视觉传感器采集的图像进行抽帧,将对应时刻的视觉传感器数据与雷达传感器数据进行融合处理。多传感器时间同步采集时刻如图 5 所示。

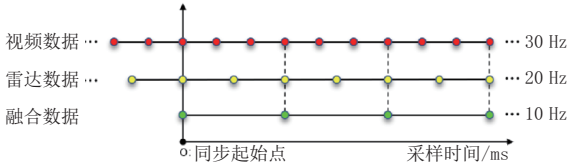


图 5 多传感器时间同步采集时刻

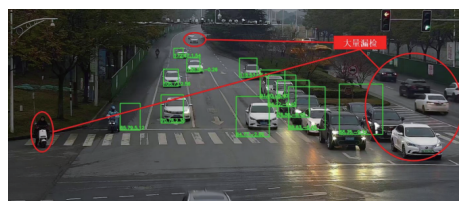
2.3 交通目标信息融合

通过将不同传感器坐标系的测量值转换到同一个坐标系中,可将毫米波雷达检测到的交通目标在图像坐标系上进行投影转换,并在视觉传感器检测的相应区域进行投影。

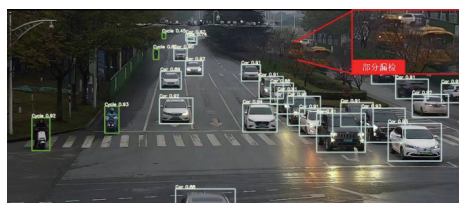
考虑到所检测的交通目标在世界坐标系中的空间尺寸,我们以毫米波雷达检测到的交通目标位置为中心,将圈定目标的矩形框基于距离和空间透视变换原理投影到视觉图像上。之后采用视觉目标检测算法对初筛后的圈定目标进行检测,检测得到有效的交通目标及其对应的矩形框。取所有矩形框的最外围轮廓边线,并进一步放大 10%后将形成新的最大矩形^[1],这样即得到了雷达视频融合后的交通信息

息感知结果。

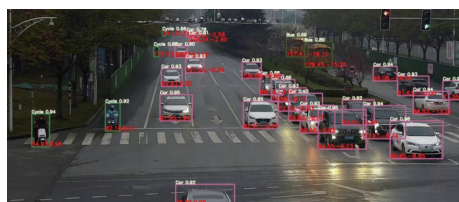
如图6所示,(a)为毫米波雷达感知的结果,(b)为视觉传感器感知的结果,从中可以看出,两者单独检测均存在一定程度的漏检情况;(c)为雷达视频相融合后的感知结果,效果明显更优。



(a)毫米波雷达感知结果



(b)视觉传感器感知结果



(c)雷达视频融合感知结果

图6 三种感知结果对比图

3 系统组成与应用

3.1 系统架构

融合毫米波雷达与视频传感器的雷视融合检测系统主要由信息感知单元、数据传输单元和中心控制单元组成。系统前端的信息感知单元由雷视融合检测器和交通信息分析仪组成,采集道路相关交通数据信息,通过交换机与后台事件报警平台相连接。传输网络单元通过网络设备及传输网络实现前端信息感知单元与中心控制单元的连接,实时上传前端采集的数据到事件报警平台。中心控制单元包含事件报警平台及数据存储处理单元等,实现对数据的处理分析,并向前端发布命令。整体的系统架构如图7所示。

3.2 系统功能

系统通过采集前端信息感知单元的雷达与视频数据,将实时数据传送给检测主机;检测主机对数据进行预处理和特征提取,将两者的数据进行融合,结合目标检测算法进行事件检测,再通过服务器数据库来保存交通流数据和异常事件结果;用户可在客

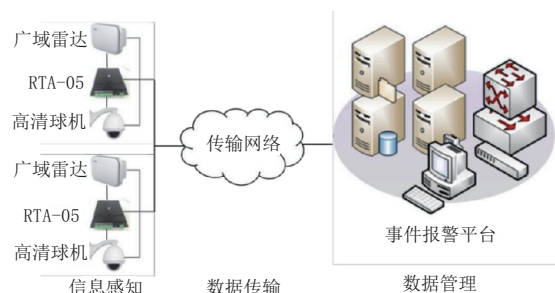


图7 雷视融合检测系统架构图

户端界面需要对需要查询的交通流数据、交通事件信息进行查询和导出^[2]。

系统可根据在道路上的部署情况,进行个性化的功能配置,对于部署的前端采集单元,可对检测阈值、检测事件类型、检测区域等参数进行设置,以便更准确高效地完成对事件的采集。系统能根据交通目标的状态,自动检测各类异常事件,包括:车辆停驶、车辆违章行驶、交通事故等。在检测到异常交通事件后,系统可向后台监控人员发布预警信息。为便于监控人员查看,系统可自动将事件所在位置附近的摄像机图像投射到监视墙上显示。

为便于管理人员调查交通事件,系统可设置保存时段,自动对事件前后的视频数据进行储存。管理人员可通过数据管理平台对交通事件进行自定义查询,了解经常发生的事故类型和时间规律。数据管理平台可利用数据库管理功能,灵活地定义各类型统计报表和交通日志,并按照日常管理需要,导出相关的报表和报告。

4 结 语

本文研究了融合毫米波雷达与视觉传感器的新一代交通信息感知技术,得出以下结论:

(1)通过系统的信息交互和处理,实现对多源异构传感数据的动态融合感知、对交通状态的智能管控。

(2)通过在道路路段及交叉口部署雷达与视频传感器,将交通目标检测信息传输给运算服务器进行融合分析,实现交通状态及风险事件的实时检测,为交通管理人员进行综合判断与处置提供依据,在保障交通安全运行方面发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 宋伟杰. 基于毫米波雷达与机器视觉融合的车辆检测技术研究[D]. 合肥工业大学, 2020.
- [2] 孙永安. 基于毫米波雷达与机器视觉融合的隧道车辆目标检测技术研究[J]. 山西交通科技, 2021(4):66-69.