|  |  |
| --- | --- |
| **专利申请技术交底书** | |
| 申请项目名称 | 一种融合机器视觉与计算机视觉的智能移动机器人动态目标视觉识别跟踪与火控系统 |
| 拟申请专利种类 | □实用新型 ■发明专利 □外观设计 |
| 设计人（发明人） | 李瑞、赵一帆、李子俊 |
| 联系人及联系方式 | 赵一帆（15833092405） |
| 申请专利项目所述技术领域 | （应指出本实用新型技术方案所属或直接应用的技术领域。）  本发明属于机器视觉与计算机视觉领域，更具体地说，涉及一种结合机器视觉与计算机视觉技术，用于实现智能机器人对动态目标进行识别、跟踪与火控的系统。 |
| 背景技术 | （是指对发明技术理解有用的现有技术，是对最接近的现有技术的说明，它是作出新技术方案的基础。要客观地指出现有技术中存在的问题和缺点。）  随着 RoboMaster 机甲大师赛竞技水平的不断提升，比赛对抗场景向高速化、复杂化、动态化快速演进，参赛机器人的目标识别实时性、跟踪稳定性、射击精准性已成为决定赛事胜负的关键要素。赛场上，机器人需在复杂光照、动态遮挡及多目标干扰环境下，快速识别敌方装甲板、能量机关等目标并完成精准射击，传统单一视觉算法的目标识别跟踪与射击系统已难以满足竞技需求，实时性与准确性之间的矛盾日益凸显。融合机器视觉与计算机视觉技术实现高精度目标处理，成为提升机器人赛场竞争力的前沿研究方向。  为解决 RoboMaster 机器人在复杂赛场环境下的目标识别跟踪与射击难题，现有的技术主要有下述 2 种：（1）采用单一基于颜色特征的机器视觉算法，通过设定固定的 HSV 颜色阈值分割灯条区域，再结合几何约束筛选装甲板目标；（2）部署轻量化深度学习模型，如 MobileNet-YOLO，在嵌入式平台上进行目标检测与跟踪。技术（1）对赛场光照变化极为敏感，当环境光线增强或出现反光干扰时，颜色阈值失效导致目标识别成功率下降超 40%；技术（2）虽在静态场景下识别精度较高，但模型计算资源占用大，在机器人高速运动过程中，因图像模糊、视角快速变化，常出现目标漏检，且无法有效预测目标运动轨迹以优化射击角度 。 |
| 发明内容 | （说明要解决现有技术中存在的技术问题以及所采用的技术方案及其优点。技术方案应当清楚、完整地说明具体形状、构造特征，说明技术方案是如何解决技术问题的，如机械产品应描述必要零部件及其整体结构关系；涉及电路的产品，应描述电路的连接关系；机电结合的产品还应写明电路与机械部分的结合关系；涉及分布参数的申请时，应写明元器件的相互位置关系；涉及集成电路时，应清楚公开集成电路的型号、功能等。如果构造特征包括机械构造及电路的连接关系的既要写明主要机械零部件及其整体结构的关系,又要写明电路的连接关系。技术方案不能仅描述原理、动作及各零部件的名称、功能或用途。）  针对现有技术在 RoboMaster 比赛中目标识别跟踪与射击的局限性，本发明旨在提供一种融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统，能自动采集目标灯条特征、运动轨迹及战场环境信息，自主完成目标分类、轨迹预测与射击策略优化，大幅提升机器人在复杂赛况下的作战精准度与响应速度。  为实现上述目的，本发明采用如下的技术方案：  一方面，一种融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统（图 1），包括：  图像采集模块，通过配备海康MV-CS016-10UC工业相机（图3），为目标识别与跟踪提供原始数据。  目标识别模块，用于处理图像，基于Intel 13代NUC运算平台（图4），融合OpenCV视觉处理库和YOLOv5深度学习模型，用于提取目标特征点并做目标分类（图5）。  目标跟踪模块，用于实现对目标运动模型的建立以及跟踪预测，基于Intel 13代NUC运算平台，依托PnP解算位姿（xyz坐标）、重投影法迭代解算目标姿态角（yaw），通过CV（匀速运动）模型建立EKF（扩展卡尔曼滤波）实现对运动目标的跟踪，最后通过目标状态（速度与角速度）和预测时间预测目标运动。  目标预测与射击控制模块，用于实现机器人精准射击功能，包含机器人运动预测、弹道补偿、击打策略选择、上下位机通信和云台与摩擦轮控制算法。  另一方面，一种融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统的工作流程（图 2），包括：  1. 系统启动后，工业相机以130帧/秒频率采集战场图像，通过ROS2节点通信将图像传至图像处理节点。  2. 图像处理节点首先调用YoloModel类中的函数进行初步特征点提取与目标分类，然后根据特征点提取ROI，再利用Machine类对ROI进行灰度化、二值化预处理，随后利用MiddleLightFinder类精准提取特征点。  3. 目标跟踪节点利用步骤二中得到的特征点进行PnP解算，得到目标相对于相机坐标系的位置，后使用重投影迭代算法求解装甲板的朝向角，再结合Robomaster比赛规则初步建立目标位姿模型，然后把目标状态与预测状态放入EKF中进行拟合，得到目标完整的运动模型（图6）。  4. 目标预测射击控制节点会根据目标状态计算预测时间（子弹飞行时间+串口通讯延迟+发弹延迟+程序延迟）并建立目标预测运动模型，基于弹丸重力模型计算枪口的补偿角度，计算目标相对于枪口的姿态角（yaw pitch），然后根据目标状态（转速、距离）等选择合适的击打策略。  5.串口通信节点把云台期望角以及开火命令通过串口（CH340）发送给下位机（STM32F407），下位机通过CAN总线向电机驱动器发送控制指令控制其输出电压，实现快速瞄准和射击。  在上述的技术方案中，本发明所提供的系统通过深度融合传统机器视觉算法与深度学习模型，结合精准的运动预测和智能决策机制，实现了四大核心优势：1. 采用融合识别算法，在提高识别鲁棒性的前提下保证了特征点的精度，同时相较于纯深度学习算法耗时更短；2. 重投影迭代朝向角算法所得到的目标朝向角（yaw）相较于传统仅依靠PnP解算出的朝向角精度提升巨大；3. 基于扩展卡尔曼滤波的跟踪和预测算法，建立起了精度较高的目标运动模型，同时为击打策略的选择奠定了坚实基础；4. 可以根据目标状态选取不同的击打策略，可实现对平移目标、平移低速小陀螺目标、平移高速小陀螺目标的打击。 |
| 附图及附图说明 | （图纸请另附，附图中各零部件的数字标记应当与文字说明中所述标记一致。有多幅附图时，各幅图中的同一零部件应使用相同的标记。附图中不能有中文注释，图形线条为黑色，图上不得着色。附图说明：应写明各附图的图名和图号，对各幅附图作简略说明，必要时可将附图中标号所示零部件名称列出）    图1 融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统架构    图2 融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统工作流程    图3 海康MV-CS016-10UC工业相机    图4 Intel 13代NUC运算平台    图5 提取目标特征点并做目标分类    图6 目标完整的运动模型 |
| 具体实施方式 | 具体实施方式应当结合照附图对技术内容进一步详细说明，附图中的标号应写在相应的零部件名称之后，使所属技术领域的技术人员能够理解和实现，将各零部件之间的连接关系及其所起的作用详细说明，必要时说明其动作过程或者操作步骤。可以有多个实施例。  RoboMaster 比赛作为集机械设计、电子信息、自动控制等多学科于一体的机器人竞技赛事，机器人的目标识别与精准射击能力是决定比赛胜负的核心要素。传统单一视觉技术在应对赛场中快速多变的光照环境、复杂背景干扰以及高速移动目标时，存在识别延迟高、跟踪精度低等问题。本发明提出的融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统，通过两种视觉技术的深度融合与协同优化，有效提升了机器人在比赛中的自瞄性能，其具体实施方式如下：   1. 上场比赛前，给Intel 13代NUC运算平台供电，开机自启动目标识别跟踪与射击程序，此时图像采集节点、目标识别节点、目标跟踪与预测节点、射击控制节点和串口通信节点均启动。 2. 图像采集节点开始工作，海康MV-CS016-10UC工业相机以130帧/秒频率采集战场图像，获取分辨率为 1440×1080 的彩色图像，并采集到的原始图像首先传输至目标识别节点。 3. 目标识别节点开始工作，首先调用YoloModel类中的find\_armors函数，进行forward神经网络模型推理，初步得到候选装甲板的特征点和类型。 4. 根据特征点位置进行capture\_light\_roi（灯条ROI提取），对ROI进行Machine（灰度化、二值化）处理，再根据灯条高度比、宽高比等条件筛选灯条轮廓并提取灯条角点，最后连线四个角点拟合成装甲板，四个角点即为装甲板的特征点。最后把装甲板特征点、类别等信息发布到目标跟踪与预测节点。 5. 目标跟踪与预测节点开始工作，首先调用solve\_armor\_pnp函数，利用目标识别节点得到的特征点进行PnP解算，求解目标装甲板相对于相机坐标系的位置（xyz坐标）。之后再调用solve\_armor\_face函数进行重投影法迭代求解装甲板朝向角（yaw）。 6. 如果当前帧是识别到目标的第一帧，则对目标状态进行初始化：若有效装甲板数目为1，此时无法准确判断目标的半径和当前装甲板是否是高装甲板，因此我们默认车辆装甲板半径为25，装甲板为高装甲板。通过识别到的装甲板的位置坐标加上半径向量可以初步得到车辆中心。初始化均为0，然后把目标的放入扩展卡尔曼器进行拟合；若有效装甲板数目为2，我们就可以作过两装甲板中心点的垂线得到交点，交点便是车辆中心点，再计算车辆中心点到两装甲板的欧氏距离，即可得到敌方车辆的长短轴半径，而高度差直接通过z轴坐标相减即可得到。之后再把目标的放入扩展卡尔曼器进行拟合。 7. 如果当前帧不是识别到目标的第一帧，则对目标状态进行更新：若有效装甲板数目为0（缓冲帧装甲板被遮挡），则根据上一帧的目标状态进行自预测；若有效装甲板数目为1，首先通过目标角度变化大小判断装甲板是否发生切换（目标角度变化过大则说明装甲板发生切换），此时要切换高低装甲板观测，否则会导致状态拟合错误。若装甲板发生切换，此时在使用卡尔曼滤波更新状态时只更新位置而不更新速度。若装甲板未发生切换，则卡尔曼滤波更新所有状态；若有效装甲板数目为2，则选取高装甲板进行卡尔曼滤波状态更新。这样我们就得到了敌方车辆的所有运动状态量，建立起了完整的观测模型。 8. 把车辆的状态信息发布到射击控制节点，首先我们通过多次迭代，先预测目标在延迟时间后的未来状态，再根据预测状态拟合目标装甲板的四个角点并转换到射击坐标系中，然后根据敌方转速选取相应的击打模式，击打模式共有四种：平移击打（适用平移目标）、跟随击打（适用低速目标）、中心击打（适用中速目标）和精准击打（适用高速目标）。根据不同的射击模式选择不同的瞄准点后，考虑弹丸重力模型进行弹道补偿，最后计算云台期望的控制角（yaw pitch），根据枪口位置和预测装甲板位置判断是否能进行开火。 9. 把云台期望角和开火指令通过串口发送给下位机STM32，下位机通过CAN总线向电机驱动器发送控制指令控制其输出电压，实现对目标的快速瞄准和射击。   经过测试与真实赛场验证，与传统单一视觉自瞄系统相比，本系统在目标识别准确率、跟踪稳定性和射击命中率等方面均有显著提升。  综上所述，本发明提供的融合机器视觉与计算机视觉的目标识别跟踪与射击系统，通过多模块协同工作、多算法深度融合以及动态自适应调整机制，有效解决了 RoboMaster 比赛中机器人自瞄面临的关键技术难题，显著提升了机器人的竞技性能，具有重要的实际应用价值与推广意义。 |