

人工智能挑战赛 技术方案

湖北工业大学力创 RM 战队

2019.12

目录

- 1. 硬件部分 1
 - 1.1 传感器选型和用途..... 1
 - 1.1.1 激光雷达选型 1
 - 1.1.2 视觉摄像头选型 1
 - 1.1.3 高精度陀螺仪 2
 - 1.2 计算设备选型..... 2
 - 1.3 通信硬件链路分析..... 3
- 2. 软件部分 3
 - 2.1 机器人定位方案..... 3
 - 2.2 运动规划方案 4
 - 2.3 自动射击方案 4
 - 2.3.1 简介 4
 - 2.3.2 算法简介..... 5
 - 2.4 哨岗全局观测方案..... 5
 - 2.4.1 简介 5
 - 2.4.2 算法简介..... 5
 - 2.5 智能决策方案 6
 - 2.5.1 单兵逻辑..... 6
 - 2.5.2 多兵作战..... 9
 - 2.6 可视化交互与调试系统解决方案..... 9

1. 硬件部分

1.1 传感器选型和用途

1.1.1 激光雷达选型

我们团队初步选择思岚 A3 激光雷达, 该激光雷达在室内环境下, 在白色物体下最大测量距离为 25m, 测量盲区为 0.2m, 采样频率为 16kHz, 角度分辨率为 0.225°, 扫描频率最大可达 15HZ。而比赛场地尺寸为 8.1m x 5.1m,符合该款激光雷达的测量距离。

1.1.2 视觉摄像头选型

(哨岗) 初步选择大恒 MER-239-168U3C 工业相机配合 V1226-MPZ 镜头。相机内置 1/1.2 英寸感光全局快门 CMOS, 最大分辨率支持 1920(H) X 1200(V), 在 230W 像素下帧率可达 168FPS 全局快门保证了图像不会产生果冻效应, 在满足图像实时性的情况下高分辨率有助于 YoloV3 算法确定目标位置。镜头焦距为 12mm, 光圈为 F2.6-F16.0, 可以在复杂光线环境下识别目标。

根据场地大小算得单个相机若要覆盖全局, 其视角至少为 84.5°, 所选取的镜头在 1/1.2 英寸 CMOS 下对角线视场角估算为 55.3°, 即使用 2 个哨岗仍会产生一个三角形死区, 后期应选用广角镜头以覆盖全局。

(AI 机器人) 初步选择 SKT-CL130C-127AA1-V1 工业相机。相机内置 1/2.7 英寸 CMOS 图像传感器, 最大分辨率支持 1280*1024, 在 130W 像素下帧率可达 120fps。所选镜头焦距为 8mm,在此焦距下 3m 左右的装甲板拍的较为清楚。

1.1.3 高精度陀螺仪

我们团队使用三轴惯性 SC-AHRS-100D2 高精度陀螺仪，该款陀螺仪的参数如下图所示。

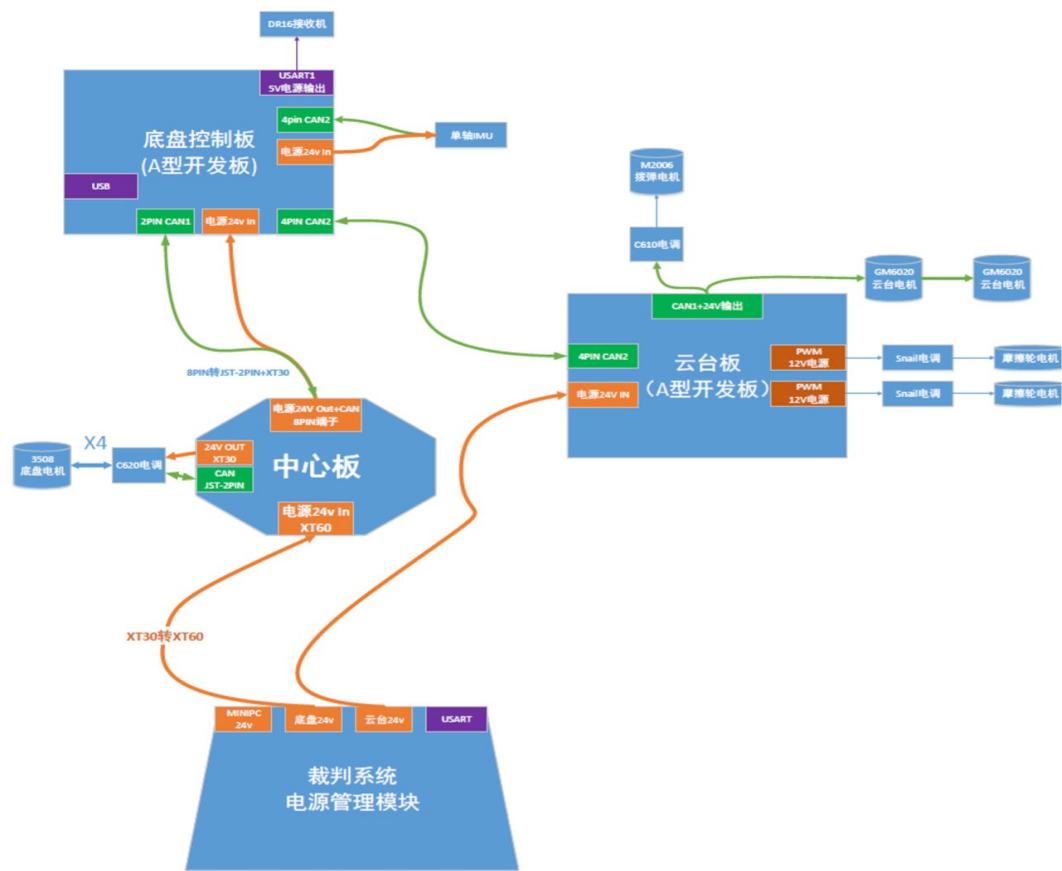
参数		指标	单位	备注
姿态角	测量范围：俯仰角/横滚角	$\pm 90^\circ/\pm 180^\circ$	°	
	静态精度	0.2	°	$\leq 60^\circ$
	动态精度	0.5	°	
	分辨率	0.1	°	
航向角	测量范围	$\pm 180^\circ$	°	
	动态	2 (RMS)	°	无 GPS
	分辨率	0.1	°	
陀螺仪	测量范围：俯仰/横滚/偏航	$\pm 1000^\circ$	° /s	
	零偏稳定性	50	° /h	
	非线性度	0.2	%FS	
加速度计	三轴测量范围	$\pm 2g$	g	
	零偏稳定性	5	mg	
	非线性度	0.5	%FS	
磁力计	三轴测量范围	$\pm 12G$	Gauss	
	分辨率	0.003	Gauss	
	非线性度	0.1	%FS	
气压计	高度分辨率	1	cm	
	测量范围	10~1200	mbar	

该款陀螺仪最高输出帧率可达 100HZ，航向角较为稳定，动态响应不错，在进行 EKF 里程计数据融合时，可以纠正底盘打滑所产生的里程计航向角误差。

1.2 计算设备选型

我们团队选择使用 Manifold 2-G(128G)进行算法实现，该计算设备重量约 230g,尺寸 91x61x35 mm,处理器为 NVIDIA Jetson TX2,内存为 8GB 128bit, DDR4 1333MHz。eMMC 为 32GB, SATA-SSD 128GB, I/O 接口包含 CAN 接口 2, UART 接口 2, I2C 接口 1, SPI 接口, UART 接口 1, 功率为 3-25W, 电源输入为 13.2-27V, 工作温度为-25 至 45℃。由于我们的 AI 机器人需要解定位，导航和自动打击功能，需要实时获取和处理激光雷达数据和大量的图像数据，同时 AI 机器人上需要装载许多传感器，空间有限，所以需要选取一款计算能力强，体型小巧的计算平台。所以妙算 2 符合我们的选取方案。

1.3 通信硬件链路分析



我们团队使用的 AI 机器人的嵌入式硬件电路系统如下图所示

AI 机器人的底盘和云台布置了两块开发板,由于 can 通讯与其他总线相比,can 总线通信最高速率可达 1Mbps, 并且数据传输可靠性高, 同时电路结构简单, 只需要两根线。他们之间通过 can 进行通讯, 板载电脑与底盘开发板通过 usb 进行通信, 激光雷达, 单目相机和高精度 IMU 通过 USB 串口与板载电脑进行通讯。AI 机器人与哨岗系统之间通过 WiFi 进行通讯, 由于 TCP/IP 协议具有稳定强, 可靠性高的特点, 哨岗系统可以将位姿坐标准确的传输给 AI 机器人, 所以通讯协议为 TCP/IP 协议。

2. 软件部分

2.1 机器人定位方案

我们团队的定位算法主要是 AMCL 最大似然度拟合的方法。该算法对机器人底盘电机的码盘数据, 高精度陀螺仪测量到的 yaw 轴数据通过 EKF 融合得到

的里程计数据的准确度要求较高。一旦机器人被障碍物阻塞，底盘打滑空转时，易出现 AMCL 校准偏慢，导致雷达数据匹配失败的情况，此时机器人的定位会出现严重的偏差，完全不能用来定位和导航。因此需要引入全局定位来消除定位误差，目前我们团队的方案是采用基于一对正交编码器和陀螺仪的全场定位方案来解决这个问题，该方案较为稳定，但对地面平坦度要求较高，无法适应凸起凹陷较多的场地。不过我们这次 ICRA 的比赛场地十分平坦，适合该方案。

2.2 运动规划方案

比赛过程中所使用的导航算法可分为全局路径规划和局部路径规划。

全局路径规划所采用的是 A-star 算法，它是静态路网中求解最短路径最有效的方法。公式表示为 $f(n)=g(n)+h(n)$ ，其中 $f(n)$ 是节点 n 从初始点到目标点的估价函数， $g(n)$ 是在状态空间中从初始节点到 n 节点的实际代价，函数 g 一般是固定的，就是初始节点 到当前节点的距离，一般会选取欧式距离或者曼哈顿距离 $h(n)$ 是从 n 到目标节点最佳路径的估计代价。heuristic 函数，启发式函数这里的 $h(n)$ 也就是启发式函数，一般来讲，这个 $h(n)$ 取两节点间直线距离作为估价值，也就是 $h(n)=\sqrt{(x1-x0)^2+(y1-y0)^2}$ 在 ROS 的 costmap 中在路径规划中是按照像素格子去计算的，也就是曼哈顿距离。

而局部路径规划所采用的是 teb 算法，teb 算法在运行时，优化由全局路径规划器生成的初始轨迹，以便最小化轨迹执行时间（时间最优目标），与障碍物分离，并遵守诸如满足最大速度和加速度的动力学约束。

2.3 自动射击方案

2.3.1 简介

自动射击是人工智能挑战赛中最为核心的模块之一。决定了是否能在成功获取弹药箱之后具备反击能力。其以装甲板具备固定的视觉识别特征-灯条作为目标，使用传统计算机视觉方法，构建了一套较为成熟可靠装甲板识别系统。且不同于其他模块，跟踪设计模块将部分需要高实时高传输带宽的任务下放到了嵌入式端，提高系统的鲁棒性。

2.3.2 算法简介

装甲板视觉模型上是一固定单元，具有两定长度平行 LED 照明灯条，能在纯红色与纯蓝色之前切换，亮度极高，且有较为严格的安装要求。所以大概流程为先找出图像中符合要求的色块，再根据灯条形状与安装要求滤除不符合规则的色块并两两匹配成装甲板模块。

由于色彩纯度极高，所以常用相机往往会遇到曝光过度，装甲板颜色在成像结果中变成纯白色的情况。所以我们使用了参数高度可调的大恒光学工业 USB3 相机。通过合理的降低曝光与增益，保持灯条整体不过曝，便于后期识别与处理。

在此次人工智能挑战赛中，我们采用较为传统的 RGB 分离，通过合理的调整参数，RGB 分离法在我们的测试中呈现出了更低的召回率与更精准的定位，同时 RGB 法参数整定在保持全图不过曝下较为简单。当得到过滤后的装甲板模块后，通过已知装甲板模型计算装甲板的相对位姿，通过串口传递给下位机用于目标追踪与预测。下位机通过一个一阶卡尔曼预测，反馈目标 Yaw 与 Pitch 给云台。由于输入，输出，反馈系统存在较大的延迟，如果直接引入 PID 控制目标，可能会造成震荡，但是传统的超前滞后滤波器对于强非线性延迟作用有限，所以射击模块准备引入一个一阶卡尔曼滤波器，用于补偿延迟造成的震荡问题，同时预测目标在未来短时间内的移动趋势，提高设计的精度。

2.4 哨岗全局观测方案

2.4.1 简介

哨岗主要用于标定敌方机器人位置，为机器人进攻决策的实施起到重要作用。

哨岗摄像头通过 USB3.0 连接到笔记本电脑，对图像进行初步处理后，输入 MobileNetV3-YoloV3 网络对机器人进行识别与标定，最后将坐标解算至世界坐标系通过 WIFI 发送到己方机器人进行决策。

2.4.2 算法简介

在目标检测与定位任务上，使用 CNN 网络已经成为主流。目前此类网络可分为 Two-Stage 的 RCNN 类与 One-Stage 的 SSD 与 YOLO 系列。2018 年出现的 YOLOv3 网络凭借着出色的准确率与适中的运算量达到了 SOFA 的境界。

我们在此次比赛中也使用 YOLOv3 作为目标检测算法。但 YOLOv3 的 Backbone 网络 Darknet53 层次较深，对运算平台的性能要求较高，我们正在尝试利用目前轻量级 CNN 网络中最新推出的 MobileNetV3 网络进行替换。在网络完成的基础上，我们也规划了 FP16/INT8 量化与 TensorRT 优化模型等方案以尽量提升网络运行速度。

在 YoloV3 网络得到边界框后，对目标坐标进行透视变换，将其统一到己方机器人建立的全局坐标系中，同时根据障碍物上的视觉辅助标签解算出到敌方位置。将两个哨岗输出的敌方位置进行卡尔曼滤波后得到更加准确的位置。

对于障碍物标签的识别采用传统方案进行 RGB 分离，通过背景差分方法识别标签，再进行透视变换确定障碍物位置并利用腐蚀膨胀获取标签的整体外框，再利用几何方法确定标签中心位置，确定敌方机器人和友方机器人相对于障碍物标签的坐标辅助全局感知，使得岗哨全局定位的位置更加精准

2.5 智能决策方案

2.5.1 单兵逻辑

战略的选择由一个 Selector 节点完成。各个子节点的具体行为如下，优先级按从高到低排列：

- (1)残血状态：
判断条件：血量 <500 。
行为：一边扭腰一边前往回血区。
- (2)无弹且发现敌方靠近状态：
判断条件：弹量为零，且发现敌方或被敌方攻击。无法反击
行为：高速原地自旋，转速为 3。
- (3)有子弹但未激活攻击加成区：
判断条件：弹量不为零，但无法发射子弹
行为：前往攻击加成区。
- (4)有 50 的弹丸但未激活攻击加成区且发现敌方靠近
判断条件：弹量大于零小于 50，无法发射子弹且发现敌方或被敌方攻击。
行为：保守打法

- (5)弹量少于 100 发的状态：
判断条件：弹量小于 50
行为：去取弹加成区取弹。
- (6)弹量大于等于 100 发的状态：
判断条件：弹量大于 100
行为：采取激进打法

实现效果：

- (1)在弹量不足 100 发的时候，步兵车会前往弹丸补给区取弹，取弹过程中一旦发现敌方靠近或被攻击，会根据现有弹量选择反击或自保。
- (2)在弹量大于 100 发的情况下，步兵车会采取激进打法。
- (3)在打击过程中弹量逐渐下降，在弹量小于 50 时，一律切换为保守打法。
- (4)在有子弹但无法攻击的时候，会前往攻击加成区获取攻击权限。
- (5)补给子弹后，步兵会重新返回战场进行打击
- (6)如果战斗过程中步兵受到严重伤害，进入残血状态，步兵车会放弃战斗，一边扭腰一边前往回血区。

激进打法

激进打法的选择由一个 Selector 节点完成。各个子节点的具体行为如下，优先级从高到低排列：

- (1)受到高频伤害状态：
判断条件：每秒伤害>600 或无弹。
行为：逃跑。
- (2)发现敌人状态：
判断条件：识别到敌人或通过哨岗获取到最近的敌方位置。
行为：进行追击
- (3)受到打击状态：
判断条件：某一装甲反馈被打击信息。
行为：转向被打击方向。
- (4)识别到敌方装甲颜色状态：
判断条件：识别到敌方装甲颜色。

行为：进行视觉追踪和击打。

实现效果：

- (1)发现敌人时会一边追击一边自瞄发弹。
- (2)被打击后会迅速转向被打击的方向进行还击。
- (3)在战斗过程中如果受到高频伤害则会迅速撤离交火区。
- (4)在未发现敌方战车时会深入敌方区域搜索敌方战车。
- (5)如果搜索失败则进行常规定点巡逻，等待敌方战车出现。

保守打法

保守打法的选择由一个 Selector 节点完成。各个子节点的具体行为如下，优先级从高到低排列：

- (1)受到高频伤害状态：
判断条件：每秒伤害>600 或无弹。
行为：逃跑。
- (2)发现敌人状态：
判断条件：识别到敌人或通过哨岗获取到最近的敌方位置。
行为：解算敌方位姿，进行远程吊射
- (3)受到打击状态：
判断条件：某一装甲反馈被打击信息。
行为：转向被打击方向。
- (4)识别到敌方装甲颜色状态：
判断条件：识别到敌方装甲颜色。
行为：进行视觉追踪和击打。
- (5)巡逻行为：顶点巡逻
- (6)低速自旋行为：低速自旋，设置低速原因是保证车在自旋过程中依然能识别视线范围内的敌方车辆。

实现效果：

- (1)发现敌人时会远程自瞄吊射。
- (2)被打击后迅速转向被打击的方向进行还击。
- (3)在战斗过程中如果受到高频伤害则会迅速撤离交火区。
- (4)在未发现敌方战车时会进行常规定点巡逻。

- (5)如果路径规划失败，则无法前往巡逻点，则进行原地低速自旋。

2.5.2 多兵作战

多兵任务分配

- (1)主车 Masterbot:
如果比赛未开始，则原地不动
比赛开始的时候，主车前往攻击加成区激活攻击行为
获得攻击能力后，进行定点巡逻
- (2)从车 Wingbot
如果比赛未开始，则原地不动。
如果比赛开始，则前往补弹加成区进行补弹。然后再前往攻击加成区获取攻击能力。

多兵巡逻埋伏配合

- 两车分别埋伏于中心点两侧，位于敌方战车离开我方阵营前往对方阵营的必经之路。敌方战车一旦出现便可实现两侧同时打击。

2.6 可视化交互与调试系统解决方案

我们团队准备使用 ros 中的 rviz 可视化界面作为我们的调试界面，该界面可以实时显示地图，机器人的定位，导航状态以及单目摄像头的图像。同时还可以通过主从机设置，将机器人端的数据通过 wifi 链路在从机上进行显示，方便我们的调试。