

目标检测及抓取型机器人

需求规格说明书

SRS 202

版本号 1.4

分工说明

| | | |
|----------|-----|---------------------|
| 小组名称 | 护肝队 | |
| 学号 | 姓名 | 本文档中主要承担的工作内容 |
| 17373505 | 曹博文 | 4.2、4.3、4.4 |
| 17231002 | 曹玥 | 2 |
| 17373552 | 莫策 | 3 |
| 17373210 | 王博文 | 1、4.1、6、7；进行整体排版及组织 |
| 17373128 | 全庆隆 | 5；进行审核 |

版本变更历史

| 版本 | 提交日期 | 主要编制人 | 审核人 | 版本说明 |
|-----|------|-------|-----|-------------------------------------|
| 1.1 | 3.27 | 王博文 | 全庆隆 | 完成需求规格说明书第一版 |
| 1.2 | 4.2 | 王博文 | 全庆隆 | 修改文档概述；修改业务需求流程图；修改类图；增加类的说明；修改界面需求 |
| 1.3 | 4.5 | 王博文 | 全庆隆 | 修改类图及说明；修改语音交互图；图的排版及编号 |
| 1.4 | 6.8 | 王博文 | 全庆隆 | 针对现有模拟器环境对于机器人的运作流程需求进行了更新 |
| | | | | |
| | | | | |

目录

| | |
|-----------------------|----|
| 1. 范围..... | 1 |
| 1.1 项目概述 | 1 |
| 1.2 文档概述 | 1 |
| 1.3 术语和缩略词 | 2 |
| 1.4 引用文档 | 2 |
| 2. 业务需求..... | 2 |
| 3. 数据需求..... | 6 |
| 3.1 类层次图解 | 6 |
| 3.2 类详情说明 | 8 |
| 3.2.1 导航及运动控制..... | 8 |
| 3.2.2 物体识别及抓取..... | 8 |
| 4. 功能需求..... | 9 |
| 4.1 机器人建立环境地图 | 9 |
| 4.2 机器人的自主导航 | 10 |
| 4.3 机器人的目标检测及抓取 | 11 |
| 4.4 机器人的语音交互 | 12 |
| 5. 非功能需求..... | 13 |
| 5.1 性能需求 | 13 |
| 5.2 易用性需求 | 13 |
| 5.3 可靠性需求 | 13 |
| 5.4 可扩展性需求 | 13 |
| 5.5 可维护性需求 | 14 |
| 6. 用户界面需求..... | 14 |
| 7. 运行与开发环境..... | 16 |
| 7.1 运行环境 | 16 |
| 7.2 开发环境 | 17 |

1. 范围

1.1 项目概述

本项目意在开发一个目标检测及抓取型机器人。

本项目开发平台基于启智 ROS 机器人。启智 ROS 机器人是一款为 ROS 机器人算法开发量身打造的机器人硬件平台，拥有硬件里程计、激光测距雷达、立体视觉相机和语音输入输出阵列等一系列，完美适配 ROS 的 TF、Navigation、Actionlib 和 Pluginlib 子系统，是深入学习 ROS 和高级机器人算法验证开发的理想平台。

本项目目标实现一系列功能性需求，其中包括：实现机器人的主动控制；静态或动态障碍物避障；机器人利用传感器实时建立环境地图；机器人根据地图和自身的位置信息实现动态路径规划及导航控制；检测、识别并定位环境中的特定目标，动态接近目标物；抓取目标物；语音交互；多目标检测。

本项目目标完成的非功能性需求包括：在 5 秒内对于正确的用户需求做出响应；对于错误的用户需求进行提示并正确处理；若出现错误可在有限时间内恢复；拥有简单的指令格式，易于使用和学习。

此目标检测及抓取型机器人可作为服务机器人应用于服务行业，如餐饮业，酒店服务等方面，有着很广泛的应用前景。

1.2 文档概述

本文档是北京航空航天大学计算机学院 2020 年春季学期软件工程（嵌入式方向）课程中护肝队的软件需求规格说明书文档。本文档适用于基于 Ubuntu16.04 系统的 ROS 机器人操作系统开发，适用的硬件平台是启智 ROS 机器人，编写的软件的用途是在该硬件平台上实现一个具有目标检测和抓取功能的机器人，其功能主要包含机器人的主动控制，实时建立环境地图，静态/动态障碍物避障，路径规划和导航控制，单种/多种目标物的检测、识别和抓取,以及语音交互。说明书包括如下内容：业务需求、数据需求、功能需求、非功能需

求及用户界面需求。与本文档相关配套的，还有如下文档：**SDP** 软件开发计划文档、**SDD** 软件设计说明文档、**STD** 软件测试说明文档。本文档初次撰写于 2020 年 3 月 26 日。

本项目的开发计划用于总体上指导 ROS 机器人软件项目顺利进行并得到通过最终评审的项目产品。本项目开发计划面向项目组的全体成员，项目周期为 3 个月。

1.3 术语和缩略词

| 缩略词 | 全称 |
|----------|-------------------------------------------------|
| ROS | Robot Operating System/机器人操作系统 |
| URDF | Unified Robot Description Format/统一机器人描述格式 |
| IMU | Inertial Measurement Unit/惯性测量单元 |
| SLAM | simultaneous localization and mapping/即时定位与地图构建 |
| TOF 立体相机 | Time of Flight/飞行时间技术 |

1.4 引用文档

文档格式要求按照我国 GB8567-2006 计算机软件文档编制规范进行。引用文档包括以下文件：

软件需求规格说明书 GB8567-2006 (SRS)

《启智 ROS 版_开发手册》

2. 业务需求

本项目简易机器人是室内智能服务型机器人，在机器人管理员完成对机器人的配置，且手动控制机器人完成对房间的建图后，用户可以选择通过远程连接电脑上的界面，或语音控制进入不同工作模式。

本项目开发的机器人有以下四种工作模式——

基本移动模式：用户可以控制机器人的前进、后退、左移、右移；

建立环境地图：用户可以重新建立地图，覆盖管理员所建好的地图；

导航模式：用户可以让机器人去往指定的位置；

抓取模式：用户可以让机器人对面前物体进行检测，并抓取指定物品（在 gazebo 仿真环境中手动控制机械臂的移动）；

机器人自动运行过程中遇见障碍物会重新进行路径规划，自主避让障碍物继续运行。

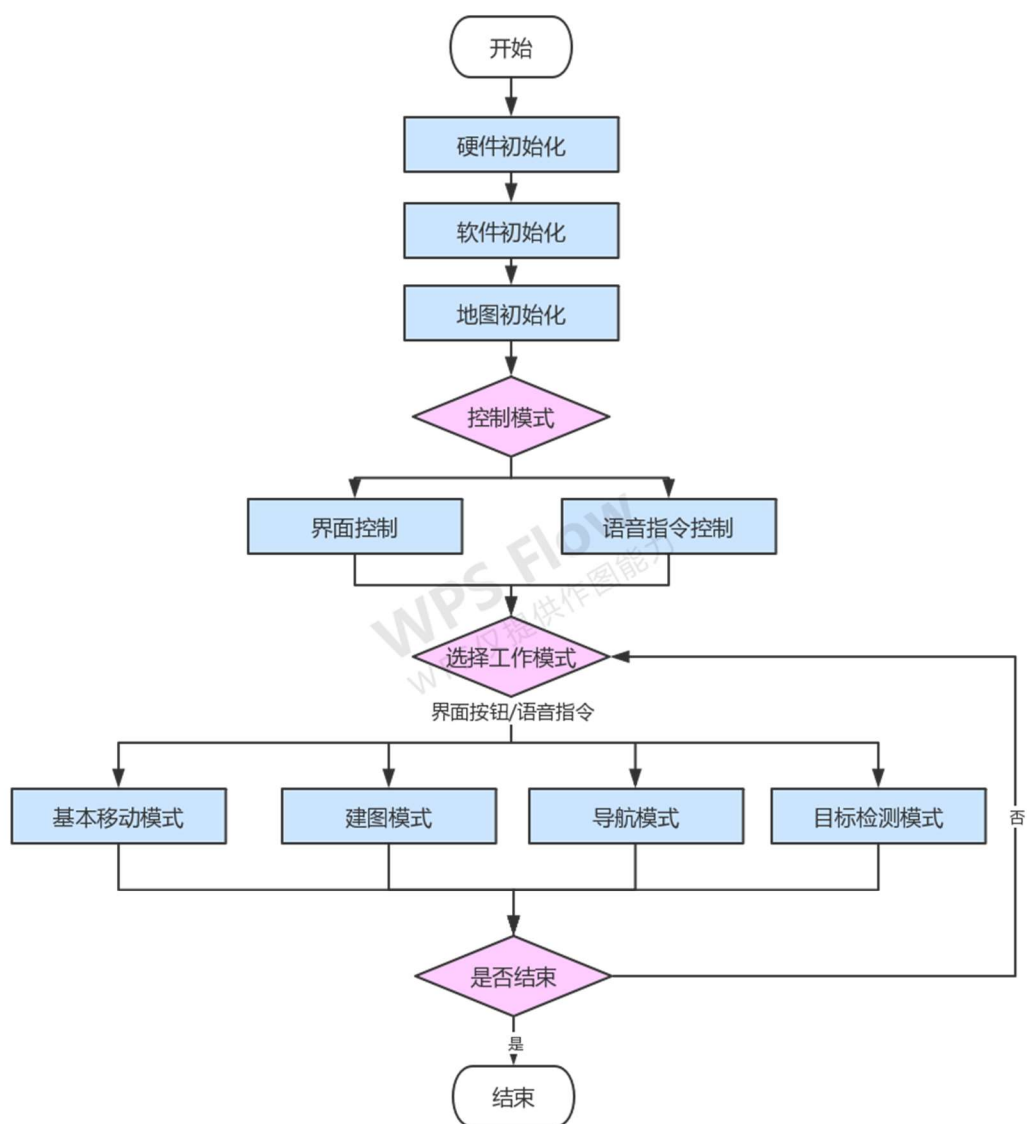


图 1 业务需求流程总图

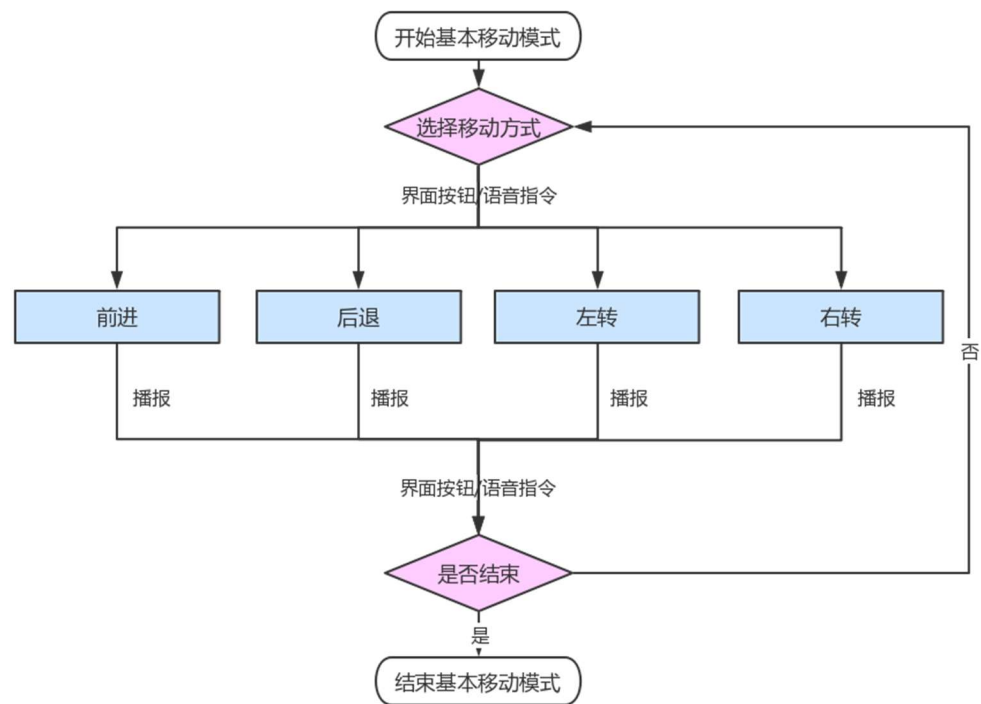


图 2 基本移动模式流程图

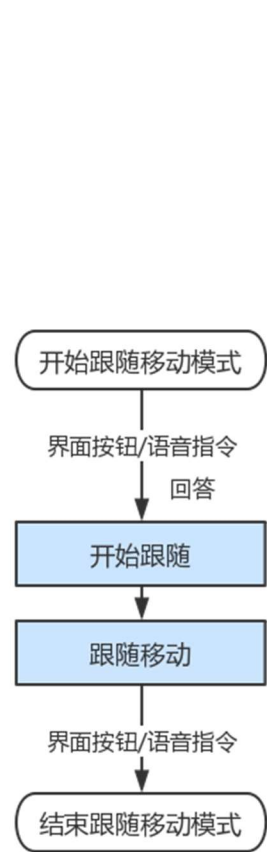


图 3 跟随移动模式流程图

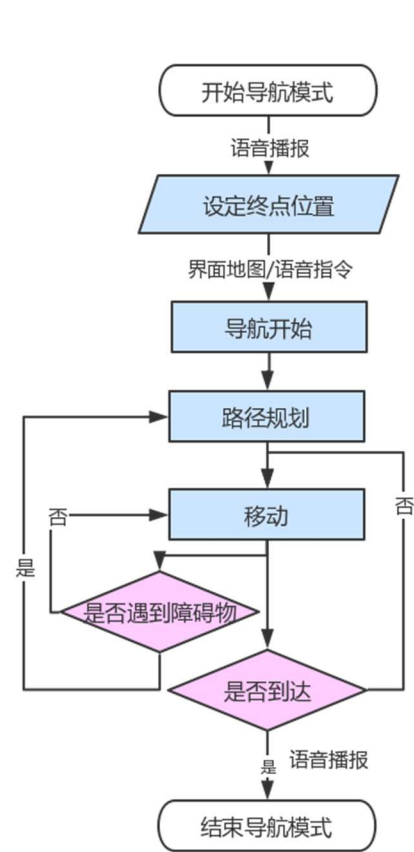


图 4 导航模式流程图

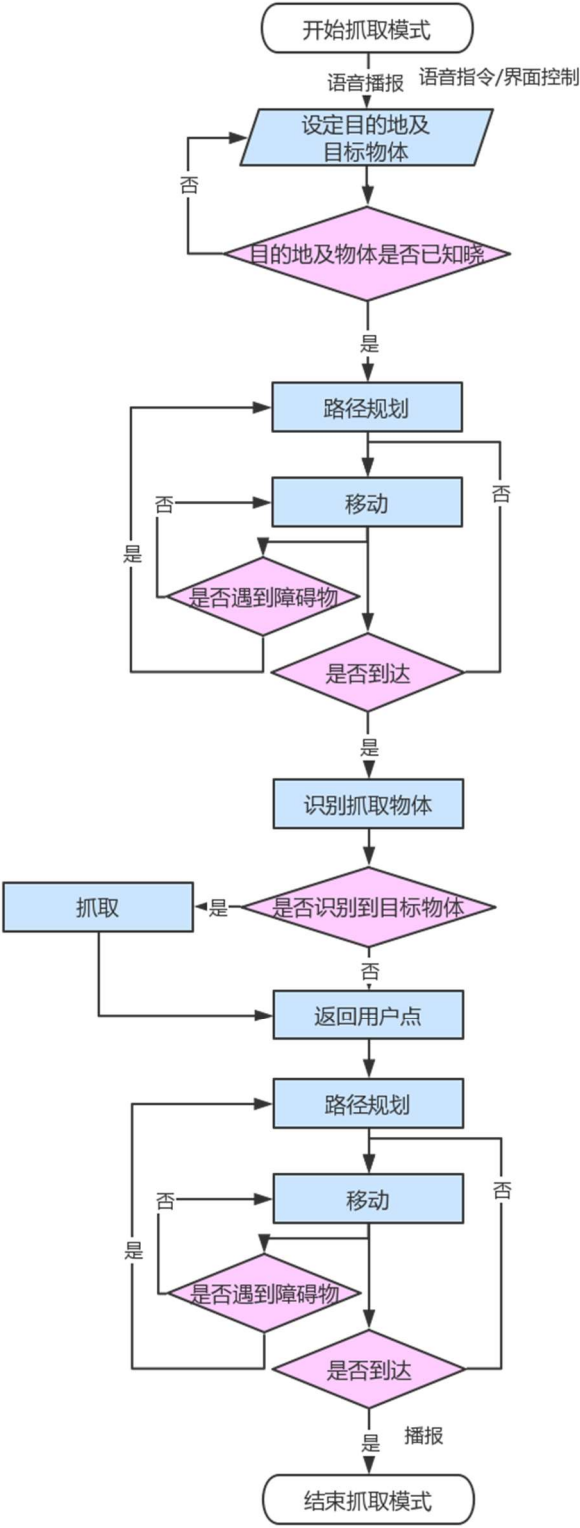


图 5 抓取模式流程图

3. 数据需求

3.1 类层次图解

➤ 实体关系图:

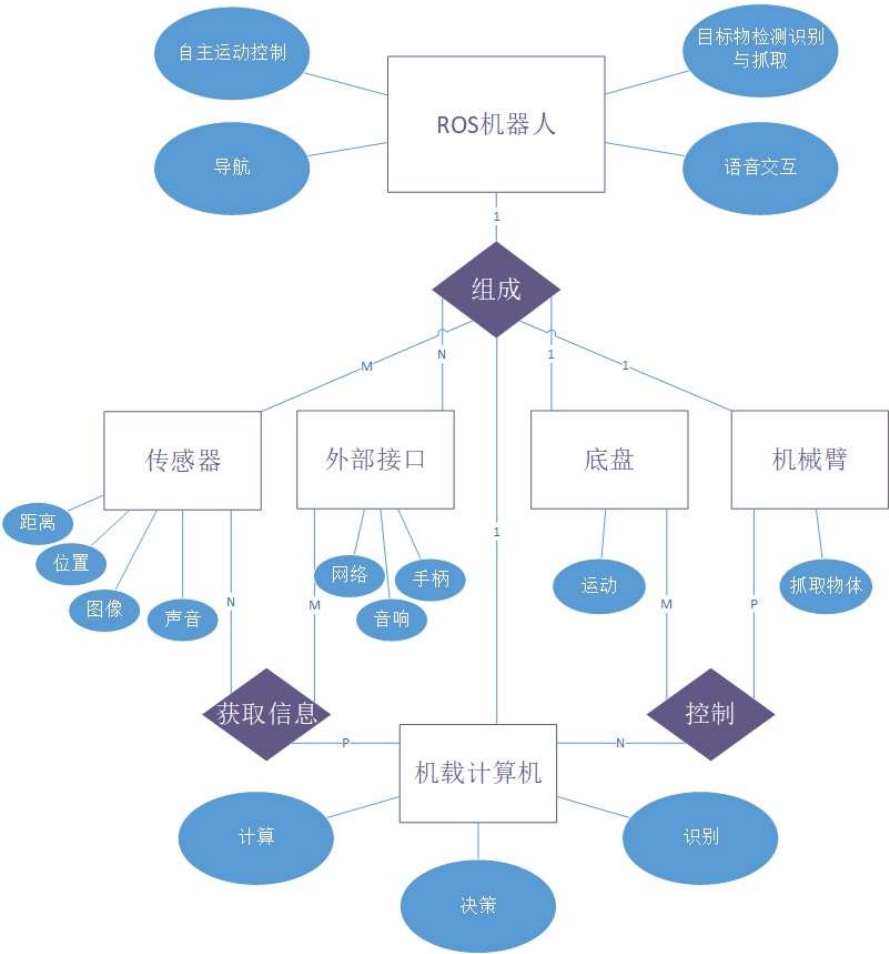


图 6 实体关系图

➤ 数据流 DFD 图:

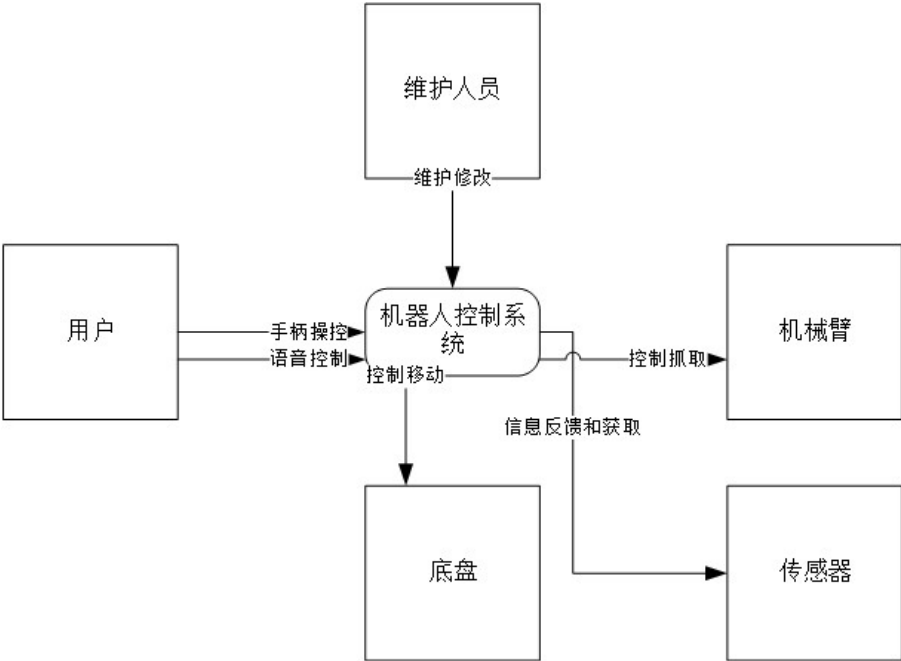


图 7 数据流图

➤ 类图:

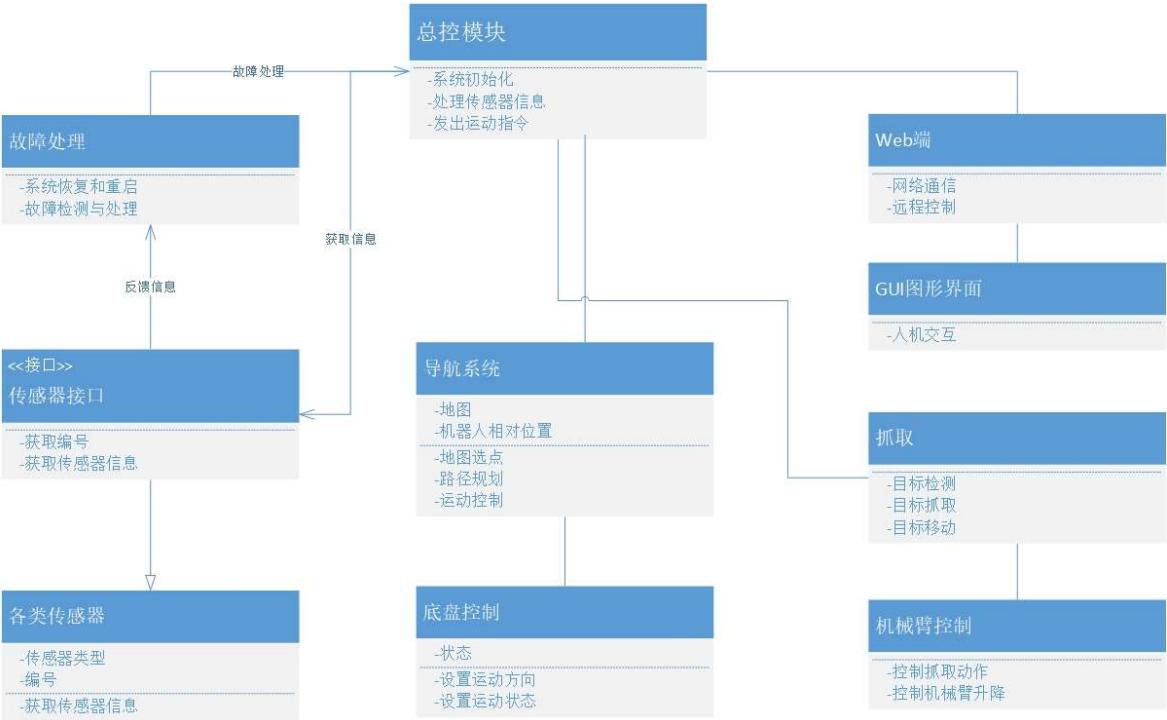


图 8 类图

3.2 类详情说明

根据本小组的机器人的需求目标,我们根据机器人的各种功能划分出了需求相关的类图。其中,传感器类与获取各种传感器信息紧密相关;导航系统包含了地图和机器人位置等重要信息,直接参与机器人的运动控制;抓取是一个控制类,包含了机器人机械臂控制的相关功能。此外,还有 Web 端负责人机交互和远程控制机器人。

3.2.1 导航及运动控制

本类实现的主要功能是实现机器人的导航以及机器人的移动。需要存储的数据有机器人的位置、房间的信息和目标位置以及在运动中的各种数据。

实现的主要功能是指导运动系统机器人将要向什么方向进行行进。其中主要涉及的有两个情况下的控制:一是在机器人启动时形成一个目标路线,二是在遇到障碍物时重新规划路线,主动避障。

需要存储的数据是每时每刻机器人在房间中的位置,提供的服务是生成机器人下一步需要行进到的位置。

➤ 位置定位

需要存储的信息是机器人在房间中的坐标位置和目标的位置。

➤ 规划路线

本类需要通过位置定位提供的目标来实现对机器人行进路线的规划。机器人利用机器人位置信息以及目标位置信息来进行路径规划。

➤ 障碍物

需对障碍物进行识别并主动躲避。

3.2.2 物体识别及抓取

本类实现的任务是目标物品的识别和抓取工作。

➤ 物体识别

这个类需要实现的服务是对物体的识别。存储的信息是需要识别的物体的三视图。识别的过程中将要通过摄像头得到的照片与物体类中包含的信息进行图像

模式识别来进行对物体的判断。

➤ 物体抓取

这个类需要实现的服务是通过物体识别类提供的三维坐标来实现对目标物品的抓取。粗浅的设计是首先让机械臂达到指定的位置，再让机械臂做抓取的动作。

4. 功能需求

4.1 机器人建立环境地图

主要参与者：机器人管理员、机器人

目标：使机器人完成对房间的建图

前置条件：完成机器人的硬件及软件的启动

启动：机器人开始运动

场景：

- 1. 机器人正常运动
- 2. 机器人启动雷达开始建图
- 3. 机器人管理员控制机器人在房间中移动（在仿真环境中用键盘控制）
- 4. 机器人在移动过程中完成对房间的建图
- 5. 机器人保存地图

优先级：高

何时可用：第一个增量

使用频率：低

次要参与者：机器人所携带的各类传感器

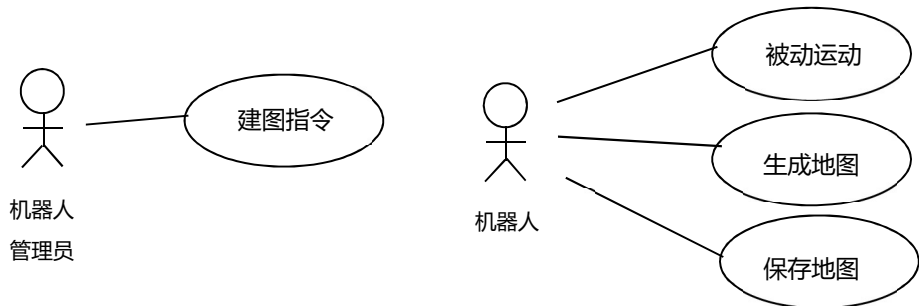


图 9 建立环境地图用例图

4.2 机器人的自主导航

主要参与者: 用户、机器人

目标: 在用户选定目的地后, 机器人基于环境地图进行路径规划, 而后基于主动控制开始运动, 并在运动过程中动态避障、调整路径

前置条件: 已进入导航模式

启动: 用户选定目的地并确认启动机器人

场景:

1. 用户点击“选择目的地”
2. 系统弹出 RIVZ 界面显示地图
3. 用户在地图上标定目的地并点击确认
4. 用户点击“开始导航”, 而后机器人开始运动
5. 机器人到达目的地后停止运动, 并发出语音提示

优先级: 中

何时何用: 第二个增量

使用频率: 中

次要参与者: 机器人携带的各类传感器以及控制、连接组件

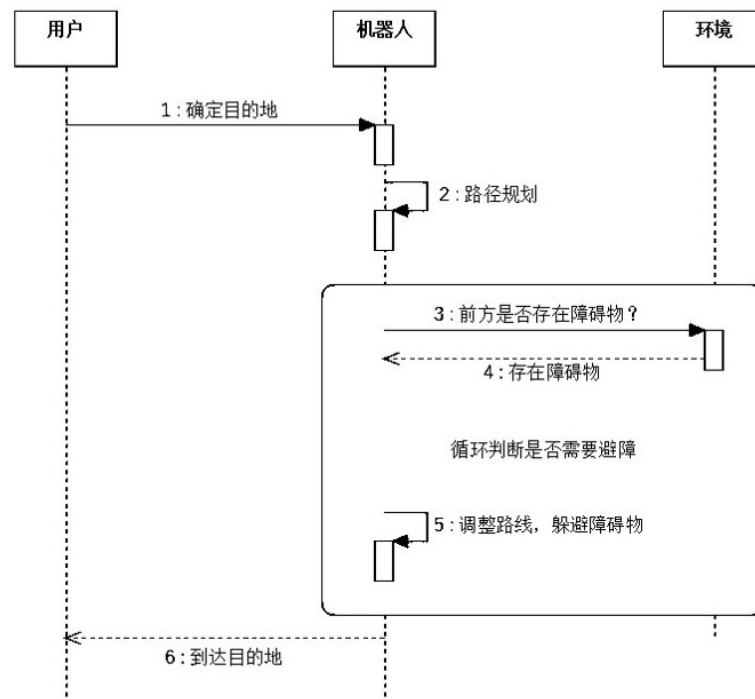


图 10 自主导航泳道图

4.3 机器人的目标检测及抓取

主要参与者: 机器人

目标: 机器人可以准确识别视野中的单个/多个物体，并抓取目标物体

前置条件: 已进入抓取模式

启动: 用户确认启动机器人

场景:

1. 机器人识别出视野中物体
2. 机器人获取物体的位置、形状信息
3. 机器人对抓取行为进行规划
4. 机器人控制机械臂抓取物体（在 gazebo 中目前只能进行手动控制）
5. 机器人抓取完毕，并发出语音提示

优先级: 中

何时何用: 第三个增量

使用频率: 中

次要参与者: 机器人携带的各类传感器、机械臂、控制和连接组件

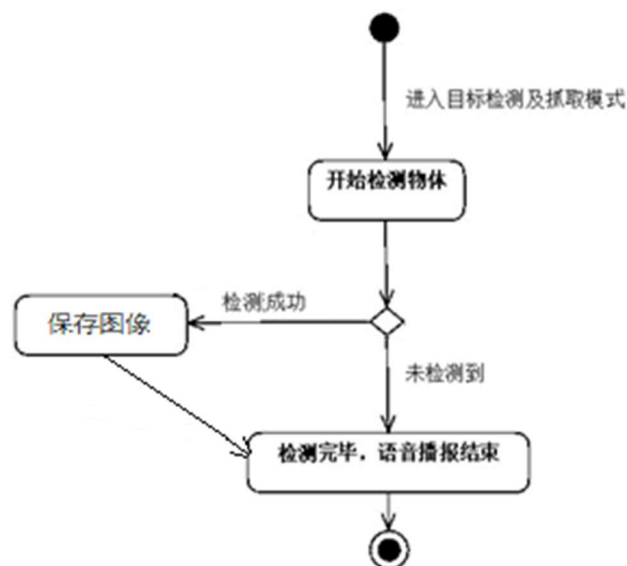


图 11 目标检测及抓取活动图

4.4 机器人的语音交互

主要参与者: 用户、机器人

目标: 机器人能够识别用户的语音指令并执行相应的任务

前置条件: 用户说出语音指令

启动: 用户确认启动机器人

场景:

1. 机器人识别用户说出的语音指令
2. 机器人解析该指令并做出行为规划
3. 机器人执行相应的任务
4. 机器人完成任务，发出语音提示

优先级: 低

何时可用: 第四个增量

使用频率: 中

次要参与者: 语音识别模块、机器人携带的各类传感器、控制和连接组件

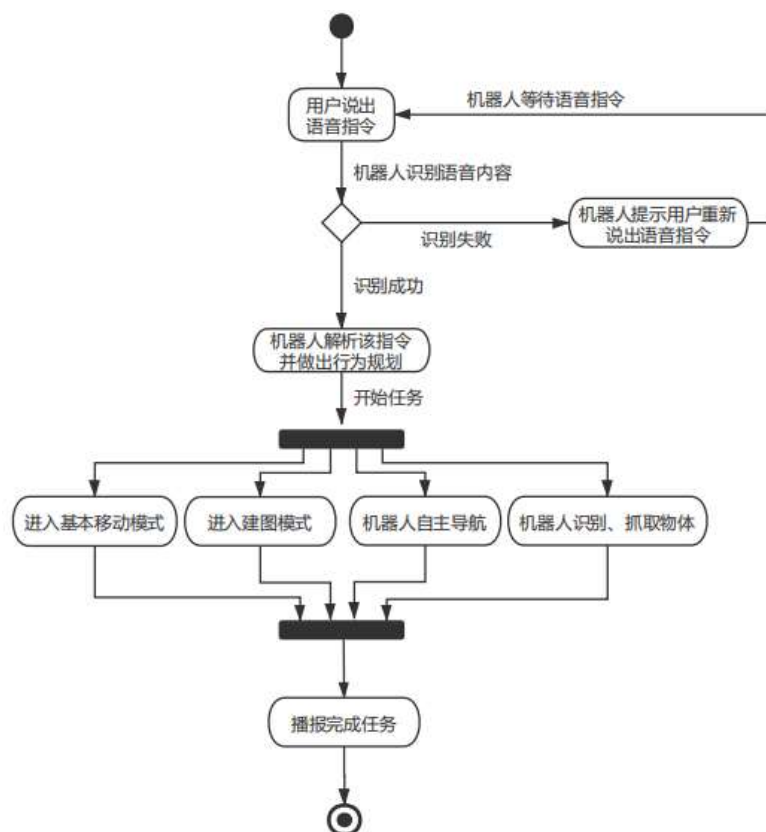


图 12 语音交互活动图

5. 非功能需求

5.1 性能需求

1. 在机器人探测范围内的路径上出现障碍物时，系统应能够在 2s 内实时响应，进行避障；语音交互时，系统应能够在 1s 内实时响应，完成答复或开始执行指令。
2. SLAM 建图应包括回环检测，回环检测在召回率为 50%时的准确率应不低于 80%。
3. 完成路径规划后，机器人运行的平均移动速度应不低于 0.1m/s。
4. 对于系统支持抓取的物品，目标识别准确率应不低于 95%，抓取成功率应不低于 95%。
5. 对于系统支持的语音指令，语音识别准确率应不低于 90%。
6. 系统功耗应低于 17W。

5.2 易用性需求

系统应在用户首次操作时给出操作指南，使用户经过简单的学习掌握机器人的操作方式。

5.3 可靠性需求

首先，系统在正常使用情况下出现故障的频次应小于 2 次/月；此外，系统应具备一定的处理错误操作的容错能力。在发生故障后，系统应能够进行一定的处理和一些基本的操作，报告错误并保存当前数据及运行状态。若非严重故障，系统应在重新启动后恢复正常状态。

5.4 可扩展性需求

系统应预留一定接口用于未来可能的新增需求，而且新增、修改、删除系统功能需求时不应大幅修改原有代码，其成本应低于重新设计系统的成本。

5.5 可维护性需求

系统应具备可维护性,支持维护检修,并且能够通过更换配件和修复系统bug的方式解决系统故障。

6. 用户界面需求

用户界面基本需求为简洁易懂,美观适用。用户界面应与软件功能相对应,并能给用户呈现反馈。经过简单介绍后用户应能够通过用户界面操作机器人。此外界面布局、色彩设计风格应保持一致。

本系统的图形界面包括主界面、基本移动模式界面、跟随移动模式界面、导航模式界面及抓取模式界面,如下图:

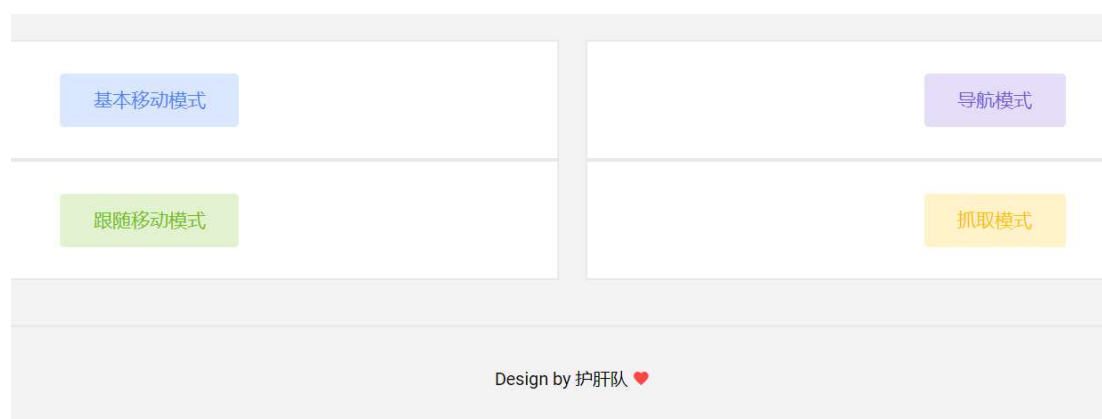


图 13 主界面



图 14 基本移动模式界面



图 15 跟随移动模式界面



图 16 导航模式界面

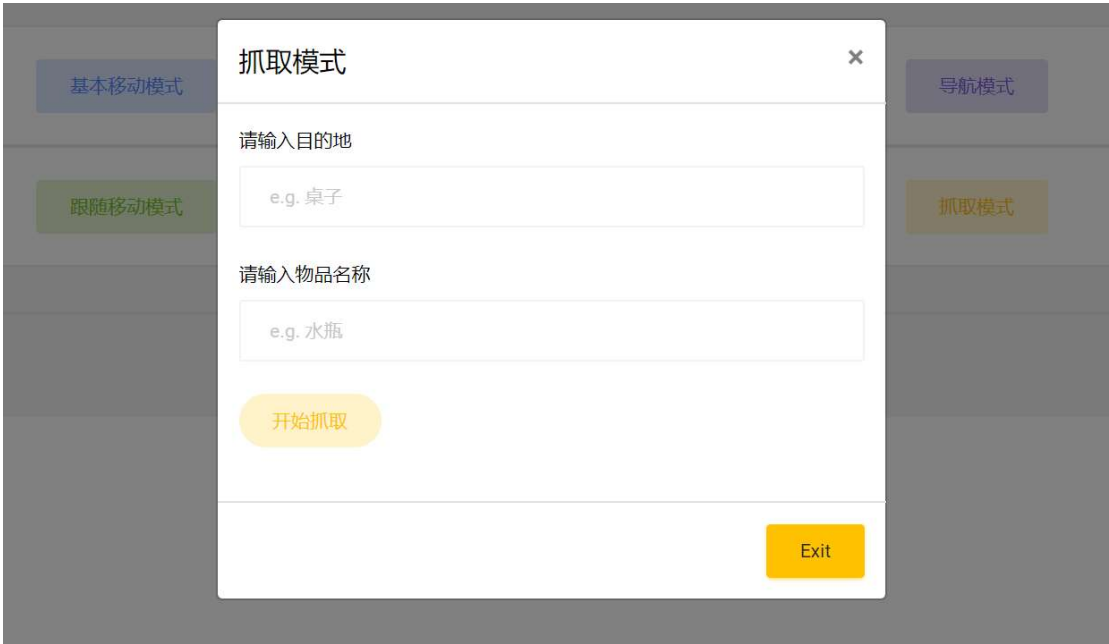


图 17 抓取模式界面

7. 运行与开发环境

7.1 运行环境

硬件环境：启智 ROS 机器人（详情如下）。

| 名称 | 数量 | 参数 |
|--------|----|-----------------------------------|
| 主控制器 | 1 | Intel I3 处理器、4G 内存、128GSSD、触摸屏、键盘 |
| 激光雷达 | 1 | 360° 无死角、最大距离 8 米 |
| 视觉传感器 | 1 | Kinect 2 |
| 伺服电机模块 | 3 | 20W 伺服电机、内置驱动 |
| 轮子 | 3 | 3 个全向轮 |
| 电池 | 1 | 24V3.5AH 锂离子动力电池 |

软件环境：

ROS: kinetic 版本 ROS 系统，基于 Ubuntu 16.04。

软件包：启智机器人的源码包 wpb_home_bringup、wpb_home_behaviors、wpb_home_tutorials 、 wpbh_local_planner, 和 xfyun_waterplus 、 waterplus_map_tools 等启智机器人扩展软件包。软件功能包括：URDF 模型描述、电机码盘里程计、IMU 姿态传感、三维立体视觉、SLAM 环境建图、自主定位导航、动态目标跟随、物品检测、人脸检测、传感器融合、语音识别。

7.2 开发环境

硬件环境:

处理器: intel(R) Core(TM) i5-7400 CPU @ 3.00GHz 3.00GHz

内存(RAM): 8.00GB

系统类型: 64 位操作系统, 基于 x64 的处理器

软件环境:

操作系统: Ubuntu 16.04

IDE: RoboWare Studio