

基于 Win-ROS 的公共服务机器人人机交互系统设计^①

禹鑫燚^② 朱 峰 柏继华 欧林林^③

(浙江工业大学信息工程学院 杭州 310000)

摘 要 针对公共服务环境中服务机器人的低智能化水平,人机交互(HMI)不佳、用户操作不便捷、无法满足动态环境下复杂导览任务等问题,本文开发了一套新的服务机器人系统。该系统借鉴机器人操作系统(ROS)通讯机制,分布式网络模型,基于 Topic 的异步数据流通信思想,使用 .NET 开发框架,在 Windows 环境下开发完成。同时在该系统平台上使用动态 Web 资源技术实现的友好操作界面,基于语音云服务的人机交互模块,实现预定用户专属服务的人脸识别模块以及结合 LTL 与 A* 实现动态环境下复杂任务需求的机器人最优路径规划和导航模块。实验结果表明,该服务机器人系统较好地实现了人机交互功能、提高了用户的可操作性、具有较高的智能化水平,能够完成复杂导览任务,有效地提高了服务机器人的总体性能。

关键词 机器人操作系统(ROS), 服务机器人系统, 人机交互(HMI), 人脸识别, 路径规划

0 引 言

随着科技的不断进步和人们生活水平的提高,服务机器人的市场需求日益增加,而服务机器人技术作为缓解社会压力、推动民生科技的关键技术已成为科技发展的一大热点^[1,2]。

目前,在类似博物馆、医院、银行等公共服务场景中,要求服务机器人具有良好的人机交互功能,人性化的在线服务功能,自主路径规划^[3]和导航等功能。例如在博物馆环境中,要求服务机器人同时满足讲解和导览功能。需要服务机器人能在不确定环境中对游客提出的复杂任务实现最优的路径规划,并且能实时检测周围障碍物信息,完成平稳的避障功能。同时,为了保证服务机器人导览的有序性,需要对提出导览要求的游客进行身份认证,提高游客的用户体验。然而,满足以上服务机器人任务需求

所涉及的技术很多,包括语音控制、人脸识别^[4]、在线多媒体、自主导航、视觉跟随和即时定位与地图构建^[5]等机器人应用技术。如何把各功能模块高内聚、低耦合地整合到机器人系统并保证系统具备良好的兼容性和可扩展性是机器人研究领域的一大难点。目前主流的解决方案是使用 Willow Garage 公司发布的开源机器人操作系统(robot operating system, ROS)^[6]来提供系统化整合机器人控制的功能。该系统能满足部分场景对服务机器人提出的功能要求。文献[7]基于 ROS 设计了移动机器人系统,以 ROS 作为机器人操作系统,整合了机器人各功能模块,但没有针对服务机器人任务需求做进一步功能开发。文献[8]设计了基于语音交互功能的医疗服务机器人控制系统,满足了老年人、残疾人的一部分实际需求,但其语音交互功能单一,人机交互(human machine interaction, HMI)性能不高,在路径

① 国家重点研发计划“智能机器人”重点专项(2017YFB1303900),国家自然科学基金(61273116),浙江省自然科学基金(LY15F030015),浙江省公益项目(2016C31064)和宁波市重点项目(2014B10017)资助。

② 男,1979 年生,博士;研究方向:机器人控制与规划;E-mail: yuxinyinet@163.com

③ 通信作者,E-mail: linlinou@zjut.edu.cn

(收稿日期:2018-05-23)

规划和导航等服务机器人核心功能方面较欠缺。文献[9]设计了基于 ROS 的服务机器人云端协同计算框架,通过互联网和第三方云端应用,为机器人提供了更多的服务功能,但其功能模块的实时性不强,用户操作便捷度不高,着重于云端协同计算,在技术落地方面存在一定缺陷,未能很好满足公共服务环境下对机器人的任务要求。

本文在此背景下,设计了基于 Win-ROS 的公共服务机器人人机交互系统。该系统吸收了 Windows 操作系统友好的人机交互设计和 ROS 各功能模块间实现的松耦合网络连接技术,完成了 Windows 环境下各功能模块间的分布式控制,基于服务的同步远程过程调用和基于 Topic 的异步数据流通信方式。同时该机器人系统完成了后端功能模块和前端人机交互框架的有机整合,实现了机器人系统的一体化开发,研发人员只需专注于功能模块间的业务开发,而不需要花大精力去研究系统前后端的具体实现方法以及模块间消息通讯机制,为高端服务机器人商业化提供了一定的技术方案。该服务机器人系统主要根据公共服务场景的任务需求设计,在该系统平台上开发了满足此类场景需求的语音交互、人脸识别、路径规划、用户界面等模块。针对现有服务机器人路径规划无法满足复杂任务需求、寻优路径计算量较大、仅适用于静态环境等缺陷,设计的路径规划模块摒弃了传统路径规划中常用的贪心算法和单一的 A*[10]算法,提出了基于 LTL(linear temporal logic)[11]和 A*算法的机器人最优路径规划方法。

1 服务机器人系统架构设计

本文开发的服务机器人系统主要解决公共服务环境中机器人智能化水平不高、人机交互性能不佳、用户操作不便捷、无法满足动态环境下的复杂导览任务等问题,基于机器人系统的经典设计思想,把该服务机器人系统设计分成硬件系统设计和软件系统设计 2 大块,系统整体框图如图 1 所示。系统硬件部分主要围绕满足机器人操作系统计算能力,获取障碍物信息和地图构建,实现自定位和回环检测,机器人移动和人机交互等需求,设计了机器人机械结

构、传感器数据采集系统、机器人底盘控制电路、电机驱动装置、中央处理器系统、视觉信息采集器、麦克风与播音装置以及显示和输入装置共 8 大部分。

为了让软件系统完全兼容 Windows 操作系统并能充分使用其内置的功能接口,本文使用 .NET Framework[12]和 Win32 作为软件系统的开发框架,使用 C#编程语言完成 Win-ROS 的开发。考虑到公共服务场景中服务机器人需要进行人机交互功能,设计了关联 Windows-API 的多媒体模块和基于语音云技术的语音交互模块;基于服务机器人系统把语音识别功能[13]和智能对话功能以节点消息发布和接受的方式统一成语音交互模块。为提高服务机器人用户体验,需要验证用户身份来导入不同的导览路径,设计了多用户分辨的人脸识别模块完成用户身份匹配。为了满足服务机器人在人员流动性较大的公共服务环境中实现高效游客引导功能,设计了满足动态环境下的路径规划和导航模块。该模块使用激光雷达的信息构建环境地图和避开障碍物,使用摄像头深度信息完成机器人自定位的回环检测,把结合 A*算法和 LTL 算法设计的面向动态环境的多任务点最优路径规划方法嵌入到路径规划和导航模块中,实现较好的游客导览功能。最后为了各功能模块的用户可操作性,通过 Win-ROS 发布各模块的通信节点,并把节点以 API 接口函数的方式整合到前端用户可视化界面中实现较好的用户操作体验。



图 1 服务机器人系统整体框架

1.1 系统硬件架构设计

服务机器人最基本的任务是导航和交互。为

此,本文把服务机器人硬件分成主体和底座 2 大部分,如图 2 所示。图中,标号 1 为服务机器人人机交互界面;标号 2 为处理器主体,内置 Intel-i3 处理器;标号 3 为高清摄像头;标号 4 为 RPLIDAR A2 激光雷达;标号 5 为华硕体感摄像头 Xtion PRO;标号 6 为移动机器人底座。其中标号 1、2、3、5 是机器人的主体部分,实现整个系统的控制和调度功能。标号 4、6 是基于扫地机器人结构设计的移动机器人底座。

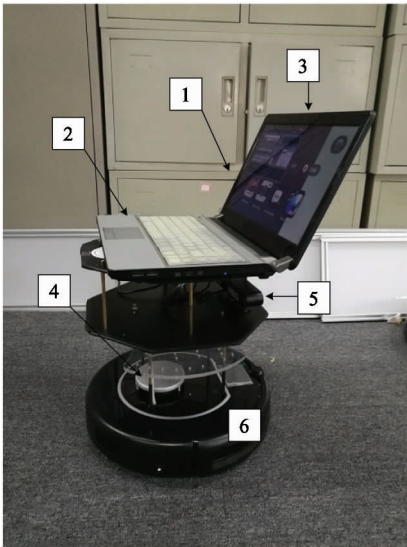


图 2 系统硬件架构

在设计机器人底座时,借鉴了目前成熟的移动机器人底座的外形结构,设计的服务机器人底座搭载了 STM32 微处理器,底座开发板如图 3 所示。图中主要包含 RPLIDAR A2 激光雷达接口、红外及碰撞传

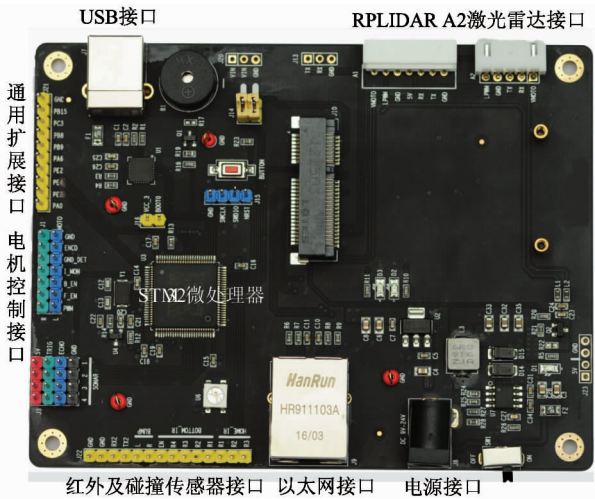


图 3 底座开发板

感器接口、以太网接口、电机控制接口、电源接口、USB 接口和通用扩展接口。

1.2 系统软件架构设计

本系统软件采用分布式通信的架构,将软件系统的各个模块划分为数据采集层、算法处理层、执行控制层 3 个部分,具体结构如图 4 所示。整个系统的基本控制流程分为以下 3 步。首先数据采集层通过网络摄像头、拾音器、激光雷达等物理传感器获取图像、语音和激光等输入信息;其次根据用户需求,将获取的传感器信息发送到算法处理层模块进行算法处理,处理模块将处理后的 IO 流传输给执行控制层;最后执行控制层驱动整个机器人完成目标并通过各类外设传感器实时反馈目标结果信息,实现一个完整的闭环控制结构。

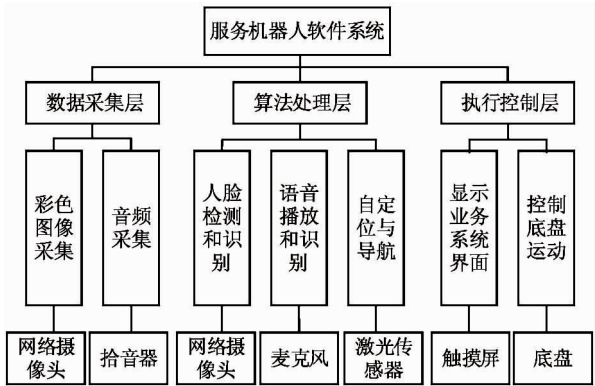


图 4 系统软件层次图

基于以上机器人闭环控制结构的设计思想并结合用户对服务机器人提出的通用性和特殊性的要求,设计了如图 5 所示的 Win-ROS 系统框架。

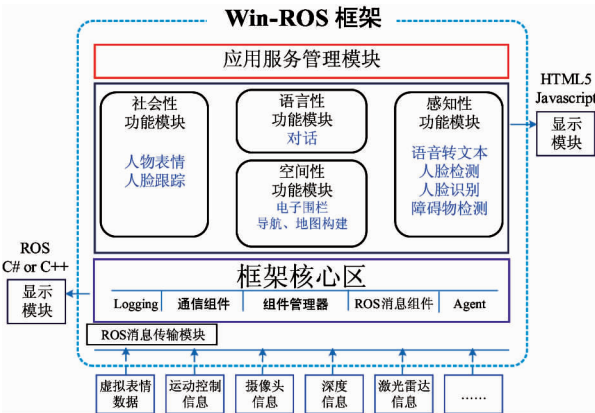


图 5 Win-ROS 软件系统框架

该系统框架主要包括 5 大部分,即框架核心区、多个功能组件模块、应用服务管理模块、ROS 消息传输模块、前端显示模块。

框架核心区是整个软件系统中最核心模块,向下与机器人硬件和各类传感器通信,向上与机器人功能应用模块和前端人机交互模块通信,具体可以细分为 5 小块:(1)组件管理器,完成各功能组件相关动态链接库的加载和初始化并管理组件的功能布局。(2)通信组件,用于框架核心模块内部组件之间的通信,组件提供两种通信模式,当组件执行的运算结果要单向传送到别的组件时使用消息通信方式。当使用其他组件提供的 API 功能时使用服务通信方式。(3)ROS 消息组件,在框架核心模块内部的组件中使用事件模块通信,而在组件和模块或应用之间使用 ROS 消息通信。(4)Agent^[14],用于执行 Win-ROS 软件系统启动,以及各模块执行时的监控以及运行提示。(5)Logging,主要使用 Log4net,用于在框架核心模块中对组件、消息或服务调用,建立实时 log,建立的 log 用于 Log4net 的 UDP Appender,并对特定地址发送 log,还能实时修改文件。

软件框架中的功能模块由以下 4 块组成:(1)感知性功能模块,主要提供相关识别功能,如语音文本转换、人脸检测、人脸识别、障碍物检测。(2)语言性功能模块,提供相关的语言功能,主要是人机对话。(3)空间性功能模块,提供空间感知功能,如电子围栏、路径导航、地图导航。(4)社会性功能组件,提供人机亲和(互动)的功能,如虚拟人物表达、人脸追踪。

ROS 消息传输模块,实现功能组件中的各模块与设备通信。两者使用类似物理通信接口,对设备收到的信号处理后,使用 ROS 通信实现所有功能组件相互调用各自的模块。

应用服务管理模块,用于在实际场景中管理服务机器人的应用软件,实现针对不同场景的应用软件增删,提高服务机器人使用性能。

前端显示模块,为用户提供良好的人机交互界面,开发基于 HTML5/JavaScript 用户交互界面^[15],关联机器人模块接口,实现服务机器人界面交互。

2 基于语音云的交互模块设计

本文根据服务机器人在公共服务场景中的人机友好互动,智能导览的功能需要,设计了基于语音云技术^[16]的语音交互模块。该模块通过拾音器实时获取用户的语音信号,通过 Win-ROS 中的消息传输机制并使用科大讯飞语音识别 API 接口^[17],实现 STT(SpeechToText)功能。然后根据服务场景设计特定的语音识别控制策略,对获取的文本命令进行分类处理,完成数据库的调用和机器人功能的触发,同时通过 Win-ROS 通讯功能调用图灵 API 接口^[18],并结合 TTS(TextToSpeech)技术,最终实现友好的人机交互功能。

2.1 语音交互实现框架

基于科大讯飞语音识别云服务,图灵机器人智能问答以及语音合成引擎的语音交互设计框架如图 6 所示。

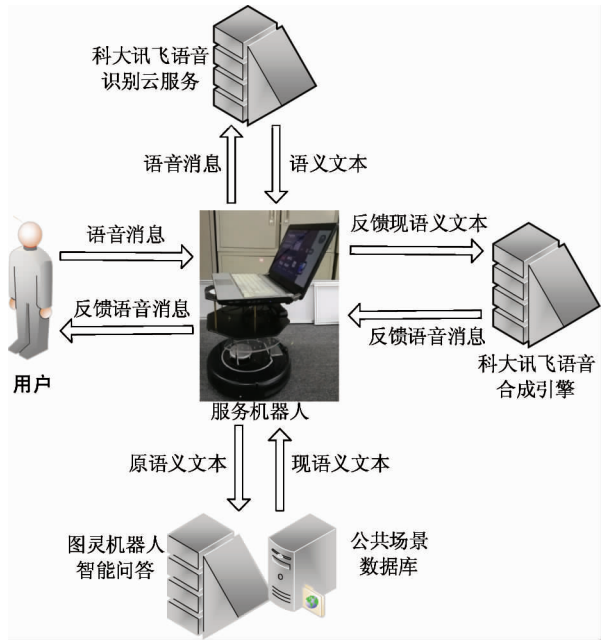


图 6 语音交互架构

科大讯飞语音识别云服务、图灵机器人智能问答与合成引擎为语音交互框架的核心部分,实现语音识别、语音交互和语音合成等功能。具体处理流程如下,首先等待游客发送语音命令给服务机器人,机器人通过麦克风外设获取语音信号,并基于 Win-

ROS 系统连接服务器,将语音信号发送给语音识别云服务端,经过语音识别处理返回语义文本;服务机器人通过 Win-ROS 发布语义节点,将语义文本传输给语义匹配程序,通过语义匹配选择公共场景用户数据库或图灵 API 接口来反馈结果语义文本;语音合成引擎通过 Win-ROS 订阅处理的语义文本完成语音播报,最终实现服务机器人与游客的智能语音交互。

2.2 面向公共服务环境的语音识别控制策略

在设计语音识别控制策略时,识别内容多样,并且人们习惯使用不同的表达方式传递同一个含义,本文采用正则表达式进行语法分析,利用正则表达式的匹配、替换和提取等功能,实现对特定机器人语音控制命令的提取和转化。

基于正则表达式的匹配策略,在该服务机器人系统中实现特定语言标签的应用程序控制和导航功能实现,使机器人在接收到“带我去梦回唐朝展厅/我要去梦回唐朝/前往梦回唐朝”时执行导航到“梦回唐朝”展厅的命令,接收到“我想看下博物馆地图/打开博物馆地图/有博物馆地图吗”时执行打开博物馆电子地图的指令。当接收基本聊天和公共服务场景介绍命令时,实现文本库切换。

3 人脸识别模块设计

根据公共服务场景对用户身份认证的需要,以及在公共场合中人脸识别噪声较大的情况,为节约系统成本,提高运行效率,本文设计了基于主成分分析方法 (principal compohent analysis, PCA) 的人脸识别方法^[19],通过 Win-ROS 系统平台连接用户的 mySQL 人脸库,完成用户人脸比对,最后根据匹配结果实现用户的身份认证和用户导航任务的加载。

人脸识别功能模块的实现流程可以分为用户图像采集、图像预处理、图像检测与定位、图像特征提取与识别、本地预约用户人脸库比对、人脸识别结果的输出与预约任务在线加载。其总体结构设计如图 7 所示,具体实现步骤如下。

(1)通过服务场景下数据中心的本地图片库或者摄像头的视频流来获取图像,并将该图像显示在

Win-ROS 系统界面上,使用矩形红框跟踪人脸的中心位置。

(2)使用 viola-jones 人脸检测算法^[20]完成人脸检测,然后对获取的人脸进行图形学相关的处理,如对图像进行直方图平衡化处理 (histogram equalization)^[21],然后对图像进行全图像滤波 (smoothing)^[22]。最后对图像做椭圆遮罩 (elliptical mask) 处理,在原有图像中屏蔽掉背景。

(3)将人脸在图片或者摄像流中标记出来,并进行人脸的跟踪和标记,抓取人脸图像,方便随后的特征提取与识别,减少图片处理的计算量和比对等待时间。

(4)基于 PCA 人脸识别算法对人脸图片提取的一系列面部特征值进行计算,并与场景人脸库中提取出的人脸图像块的人脸图像特征进行匹配,找到最相似的图像。

(5)计算比对的相似度结果,并通过 Win-ROS 系统把匹配的分数值发布给服务机器人的人机交互界面,根据匹配度分数选择性加载用户预约的导览任务数据库信息并把预约路径传输给导航模块。

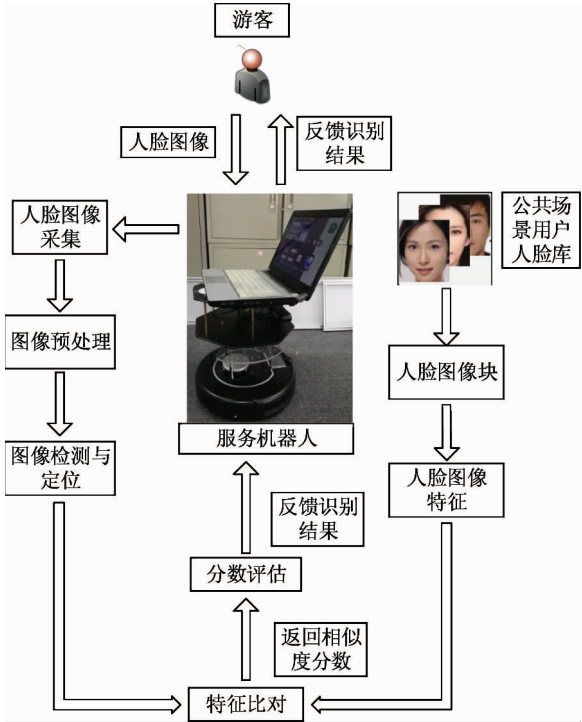


图 7 人脸识别总体结构设计图

4 路径规划模块设计

现有的移动机器人路径规划方法可以分为静态的路径规划方法和动态的路径规划方法。静态的路径规划方法包括粒子群优化算法^[23]和基于时序逻辑的路径规划算法^[24]等,这些都能够根据给定的机器人运行环境规划出静态环境中的最优路径。动态的路径规划方法,诸如 D* 算法^[25]和基于采样的路径规划算法^[26]等,能够应用于动态变化的环境。但是,大部分现有的动态路径规划方法仅能完成“从点 A 运动到点 B,途中避开障碍”这类简单的任务,无法满足实际应用中复杂的任务需求,尤其是在公共服务环境的机器人导航中需要机器人完成复杂的时序任务。

本文将 A* 算法和 LTL 的优点相结合,设计了一种能应用于公共服务等动态环境的多任务点最优路径规划方法。其流程如图 8 所示。首先,根据机器人工作环境与任务性质,利用线性时序逻辑语言描述任务公式,并结合构建的切换系统得到任务可行网络拓扑;然后,基于 A* 算法搜索全局最优路径;接着,机器人按照全局最优路径执行任务并实时监测环境变化,当机器人工作环境出现不确定因素(例如道路拥堵,出现大型障碍物等),导致路径节点连通信息发生变化时,更新局部环境信息获得新的切换系统,再次基于 A* 算法搜索局部最优路径对全局路径进行修正,进而得到适用于变化环境的机器人可执行最优路径。具体动态路径搜索算法如下。

输入:机器人已知工作环境,机器人工作任务。

输出:机器人最优路径。

- (1) 根据工作环境构建加权切换系统 T ;
- (2) 利用 LTL 语言描述机器人任务需求 φ 并构建 Büchi 自动机 $B = LTL2BA(\varphi)$;
- (3) 构建任务可行网络拓扑 $P = T \otimes B$;
- (4) $A_Search()$ 算法在任务可行网络拓扑 P 上搜索全局最优路径 r_p ;
- (5) 将 r_p 映射回加权切换系统得到 r_T ;
- (6) 机器人按照 r_T 完成任务并检测环境变化

信息;

(7) 如果检测到环境发生变化;

(8) 确定机器人当前节点 $r_T(i)$, 更新加权切换系统 T 得到 T' ;

(9) 搜索局部最优路径;

$r = A_Search(T', r_T(i), r_T(i+2))$;

(10) 返回符合变化环境的最优路径;

$r_T = r_T(0)r_T(1)\cdots r_T(i-1)rr_T(i+3)\cdots r_T(n)$;

(11) 结束判断;

(12) 重复步骤(6)、(7)、(8)、(9)、(10)和(11)直至机器人完成任务。

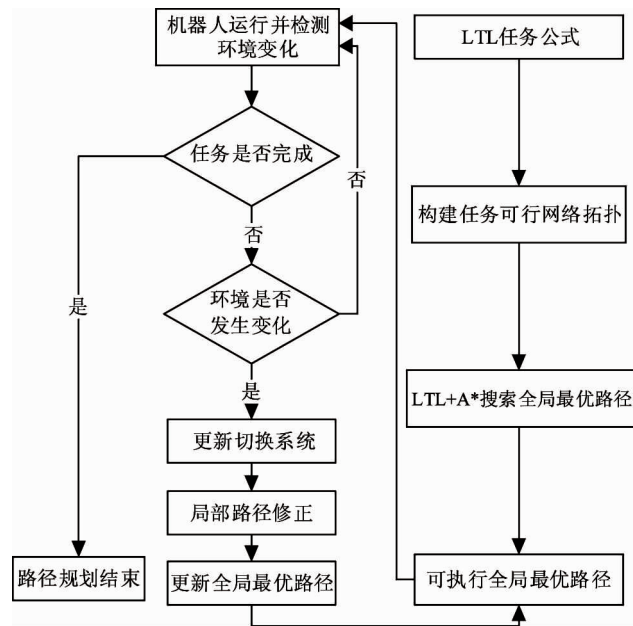


图 8 动态环境路径规划流程图

5 服务机器人系统实验

本文选取了博物馆作为公共服务场景进行实验,并根据博物馆的任务需求完成了服务机器人系统综合实验、变化环境下的复杂任务最优路径规划等实验。

5.1 服务机器人系统综合实验

本文设计的服务机器人系统以语音交互模块为顶层控制模块,人机交互界面为面向用户的显示终端。将其显示在服务机器人的显示器上,用于显示博物馆场馆的平面图信息,游客可基于此输出目的地语音命令。启动 Win-ROS 系统,各功能模块运行

在系统后台。具体效果如图 9 所示,其中标号①为语音模块,将在后台实时采集机器人周围的语音信号等待任务的触发。标号②为人脸识别模块,用于匹配预定服务机器人导览服务的游客。标号③为自定位与导航模块,完成服务机器人的导航功能,同时实时显示服务机器人的地图和运行情况,能完成路径规划、静态和动态避障等功能。标号④为 Kinect 摄像头模块,主要完成游客检测和 SLAM 中的回环检测,提高机器人的自定位性能。

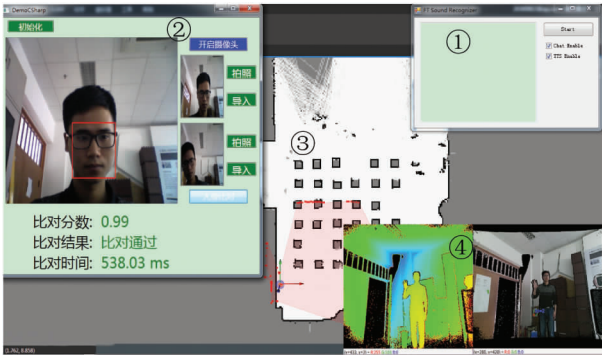


图 9 服务机器人系统后台运行图

本实验根据真实博物馆展厅搭建实验场景,假设该场馆中有 4 个参观点分别是 A、B、C、D,中间存在无序的障碍物。游客在接近机器人时,机器人首先识别游客身份,此时发现该游客不是预约游客,机器人等待游客发送指令。当游客根据机器人地图直接对着机器人发出“带我去 C 点参观吧”命令,机器人在回答完“这就带你去目的地 C”后,直接触发机器人导航到目标点 C,同时实时显示导航路径,在导航途中服务机器人能完成智能避障并顺利到达目标点 C,具体实验效果如图 10 所示。实验结果显示,该服务机器人系统能很好地实现人机交互,人脸识别,语音控制,目标导航和自主避障等功能。

为了分析该服务机器人系统的通讯性能,随机测试了使用 Win-ROS 完成模块间通讯的传输时间,具体数据如图 11 所示。在连续的 10 次测试中,Win-ROS 框架内部各模块间通讯耗时平均在 0.2 ms 左右,通讯状况良好,整体耗时比较稳定。



图 10 服务机器人语音导航与避障效果

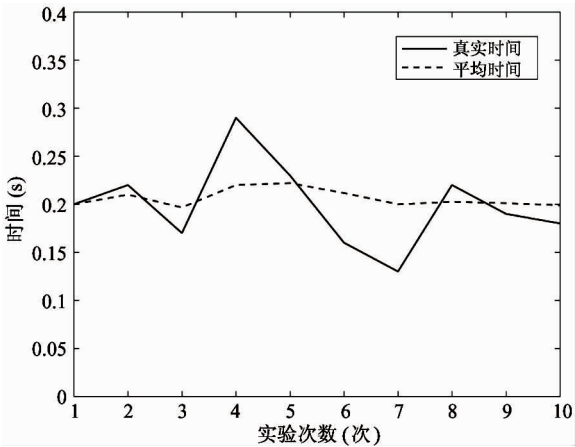


图 11 系统模块间通讯时间数据

测试的包含云服务的语音交互模块运行时间数据如图 12 所示。在平均长度为 8 字左右的语音录入的 10 次测试中,该模块完成语音识别,智能回答的平均耗时在 0.93 s 左右,基本接近语音识别云服务与智能问答云服务的官方耗时之和。说明模块高效地实现了基于云服务的语音交互功能。

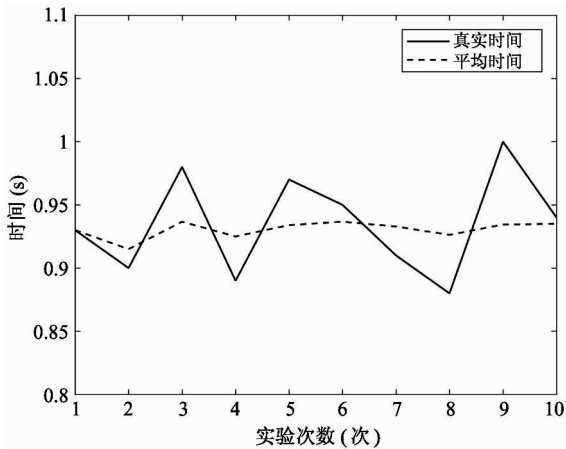


图 12 语音交互模块运行的时间数据

5.2 变化环境下复杂任务最优路径规划实验

本实验针对博物馆环境的任务需求,设计了满足该类任务需求的路径规划模块,对该模块中设计的动态环境下最优路径规划算法进行了仿真实验和模拟场景下的实物实验。

在图 13 机器人环境中,给定机器人任务:从起点出发,巡回访问 A、B 和 C 三点。对应到环境模型中如图 14 所示,机器人任务为:“机器人从节点 p_1 (展厅入口) 出发,巡回访问 p_{50} (仕女图)、 p_{51} (古



图 13 机器人运行环境

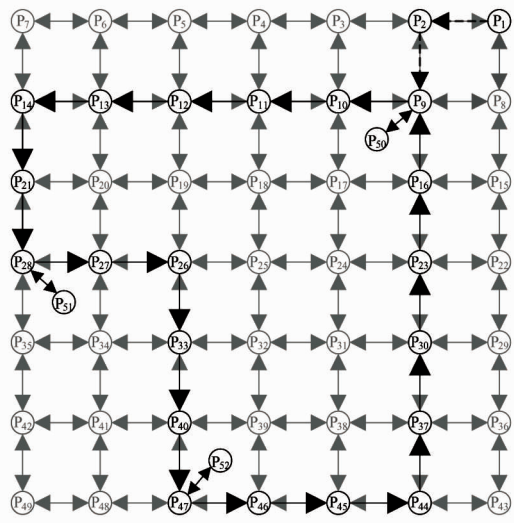


图 14 路径规划仿真实验

币)和 p_{52} (青花瓷) 这 3 个节点”。根据路径规划模块给出变化环境路径的寻优算法,首先确定全局最优路径,所获得的全局最优路径规划结果为图 14 中加粗实线部分。

假设机器人在沿着图 14 所示路径运行过程中,当机器人运动到节点 p_{13} 时,节点 p_{14} 和节点 p_{21} 由于人流较大,导致机器人无法继续通过,其他节点仍可通过,根据 4.0 节算法中的步骤(7)至(11)搜索节点 p_{13} 到节点 p_{28} 的局部最优路径。其中,局部寻优的路径为 $p_{13} \rightarrow p_{20} \rightarrow p_{27} \rightarrow p_{28}$,当机器人到达节点 p_{28} 后,将继续沿着全局最优路径运行,完成指定任务。基于实物模拟场景下局部寻优路径的实验结果如图 15 所示,图中两条粗黑线代表节点 p_{14} 和节点 p_{21} 因人流问题导致机器人无法通过,黑色箭头代表机器人路径,实现较优路径规划和导航。

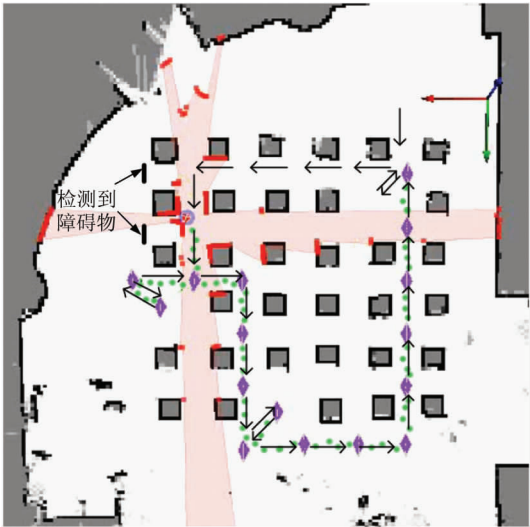


图 15 实物模拟场景下局部寻优路径

为了说明该算法(LTL-A*)的有效性,以图 13 所示环境模型为例,给定不同节点数量的巡回导览任务,与贪心算法进行单次巡回总路程对比,其中规定相邻节点(任务点)的路程为 1 m。从表 1 中数据可以看出,本文 LTL-A* 路径规划方法的效率随着任务复杂度的增加而显著提高。

通过以上 2 个实验可知,该服务机器人系统很好地实现了人机交互功能、语音导航和自主避障功能、变化环境下的复杂任务最优路径规划和导览功能。本文设计的系统运行稳定,可有效提高服务机

器人系统的服务功能和工作性能。为服务机器人系统的开发提供了一种新的解决方案。

表 1 两种方法对比实验数据

任务节点数(个)	导航总路径(m)	
	LTL-A *	贪心
4	30	32
5	32	36
6	34	39
7	36	44
8	38	48
9	40	55
10	42	62
11	44	64

6 结 论

本文针对公共服务环境对服务机器人提出的友好人机交互性能,方便的用户操作方式,较高的智能化水平,满足动态复杂导览任务等需求,根据目前主流 ROS 系统通信机制和功能特点,设计了面向 Windows 环境下的机器人后操作系统 Win-ROS,并基于此操作系统开发出满足公共服务环境需求的语音交互、人脸识别、路径规划和导航、Web 交互等模块。该系统弥补了当前基于 ROS 开发的服务机器人系统服务功能不完善、人交互性能不佳、机器人操作系统单一等问题,为服务机器人的开发提供了一种新的设计思路。

文中还根据目前服务机器人不能很好地适用于公共服务环境中下复杂任务需求的路径导航,设计了满足复杂任务的路径规划方法。最后对设计的服务机器人系统进行了实验。实验结果显示,本文设计的机器人系统运行效果良好,基于此系统开发的功能模块运行稳定,相较于目前国内的服务机器人系统,具有较好的用户操作性、人机交互性,设计的路径规划方法在该类场景中有一定的优势。为进一步提高服务机器人系统的综合性能,可以根据特定服务场景设计服务机器人硬件框架和功能模块,这将是本文下一步要深入研究的内容。

参考文献

[1] 谭民,王硕. 机器人技术研究进展 [J]. 自动化学报, 2013, 39(7): 963-972

[2] 王田苗,陶永,陈阳. 服务机器人技术研究现状与发展趋势 [J]. 中国科学: 信息科学, 2012, 42(9): 1049-1066

[3] 朱大奇,颜明重. 移动机器人路径规划技术综述[J]. 控制与决策, 2010, 25(7):961-967

[4] 邹国锋,傅桂霞,李海涛,等. 多姿态人脸识别综述 [J]. 模式识别与人工智能, 2015, 28(7):613-625

[5] Dissanayake M W M G, Newman P, Clark S, et al. A solution to the simultaneous localization and map building (SLAM) problem[J]. *IEEE Transactions on obotics and Automation*, 2001, 17(3):229-241

[6] Koubaa A. Robot Operating System (ROS) [J]. *Studies in Computational Intelligence*, 2016, 1(6):342-348

[7] 刘晓帆,赵彬. 基于 ROS 的移动机器人平台系统设计 [J]. 微型机与应用, 2017, 36(11):54-56

[8] 毛丽民,卢振利,谢新明,等. 基于语音交互功能的医疗服务机器人控制系统设计[J]. 高技术通讯, 2014, 24(7):745-751

[9] 张继鑫,武延军. 基于 ROS 的服务机器人云端协同计算框架[J]. 计算机系统应用, 2016, 25(9):85-91

[10] Chabini I, Lan S. Adaptations of the A* algorithm for the computation of fastest paths in deterministic discrete-time dynamic networks[J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2002, 3(1): 60-74

[11] Kloetzer M, Mahulea C. LTL planning in dynamic environments [J]. *IFAC Proceedings Volumes*, 2012, 45(29): 294-300

[12] Surhone L M, Timpledon M T, Marseken S F, et al. Manifest (. NET Framework) [M]. Betascript Publishing, 2010

[13] 靳祖光,陈超,唐坚. 一种室内导盲机器人的 RFID-语音交互系统设计[J]. 自动化仪表, 2014, 35(3): 73-76

[14] 毛新军,胡翠云,孙跃坤,等. 面向 Agent 程序设计的研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2015, 23(17): 2885-2904

[15] 平淑文,潘珏羽,张学金,等. 基于 HTML5 和 JavaScript 轻量型动画框架开发[J]. 计算机技术与发展, 2013(12):5-10

[16] 张体. 语音云及其在声控导航中的应用[J]. 中国科

技信息, 2012(12):118-118

[17] 黄贤立, 罗冬梅. 基于讯飞语音技术的智能家居控制 APP 设计[J]. 福建电脑, 2016, 32(8): 112-112

[18] 赵玲玲, 罗军. 基于 Android 的智能聊天机器人设计 [J]. 现代计算机, 2016(25):79-82

[19] 焦斌亮, 陈爽. 基于 PCA 算法的人脸识别[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(18):201-203

[20] 黄宏博, 穆志纯. 小训练样本的人脸识别研究[J]. 软件, 2014(3):167-169

[21] 马士友, 付致伟, 王晓东, 等. 基于直方图均衡和幂次变换的灰度图像增强算法[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(4):261-263

[22] 康牧, 王宝树. 一种基于图像增强的图像滤波方法 [J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2009, 34(7):822-

825

[23] Kennedy J. Particle Swarm Optimization [M]. USA: Springer, 2011. 760-766

[24] 禹鑫焱, 陈浩, 郭永奎, 等. 基于线性时序逻辑理论的仓储机器人路径规划[J]. 高技术通讯, 2016, 26(1): 16-23

[25] Stentz A. The focussed D* algorithm for real-time replanning[C]. In: Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Montreal, Canada, 1995. 1652-1659

[26] Qureshi A H, Ayaz Y. Intelligent bidirectional rapidly-exploring random trees for optimal motion planning in complex cluttered environments[J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2015, 68: 1-11

Human-computer interaction enabled robot system in the public service environment based on Win-ROS

Yu Xinyi, Zhu Feng, Bai Jihua, Ou Linlin

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310000)

Abstract

Due to the low intelligence level of robots in the public service environment, there are several problems for the service robot system, such as the undesirable human-computer interaction, the inconvenient operation, and the inability to meet complex navigation tasks in the dynamic environment. According to these problems, a service robot system is proposed in this article. The system is developed under Windows using .NET development framework, and a distributed network among different module of this system is established by referring to the topic based communication method of robot operating system (ROS). A dynamic web resources-interface interaction UI is implemented, which provides a better visualization. Different demands of users are specifically satisfied by using face recognition. The capability of vocal communication is realized through cloud service. And the robot is able to perform complex tasks under dynamic environment optimally by implementing LTL and A* algorithm. Numerical results show that the service robot system has the abilities of friendly human-computer interaction, good user operability and high level of intelligence, which can help the user to complete the complex navigation task effectively.

Key words: robot operating system (ROS), service robot system, human machine interaction (HMI), face recognition, route planning