

doi: 10.7690/bgzdh.2018.03.019

基于 ROS 的 UR 机器人遥操作系统设计

刘乃军^{1,2}, 鲁涛¹, 席宝^{1,2}, 蔡莹皓¹, 王硕¹(1. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室, 北京, 100190;
2. 中国科学院大学, 北京 100190)

摘要: 针对机器人的应用及研发中存在的智能化水平不高的情况, 设计一种基于开源机器人操作系统 ROS 的遥操作系统。采用机器视觉技术将颜色球在摄像机下的运动位姿转化为 UR 机器人的运动位姿, 实现对机器人的遥操作目标, 基于开源机器人操作系统 ROS, 设计了机器人遥操作系统, 并进行实验验证。实验结果表明: 该遥操作系统可以胜任对机器人的遥操作任务, 并可简单地移植到其他机器人平台上。

关键词: 遥操作; UR 机器人; ROS**中图分类号:** TP242 **文献标志码:** A

Design of Tele-operation System for UR Robot Based on ROS

Liu Naijun^{1,2}, Lu Tao¹, Xi Bao^{1,2}, Cai Yinghao¹, Wang Shuo¹(1. *The State Key Laboratory of Management & Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;* 2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*)

Abstract: Aiming at the bad intelligence level of robot in its application and research, design the tele-operation system based on ROS. Use machine vision technology to transform the color ball's movement posture under the camera to the UR robot's movement and then achieved the goal of tele-operation. Design robot tele-operation system based on ROS, and verify it by test. The test results show that the tele-operation system can be well qualified for robot tele-operation task, and easily be transplanted to other robots.

Keywords: tele-operation; UR robot; ROS

0 引言

随着机器人技术的发展, 各式机器人已广泛应用于现代工厂、国防以及外太空探索等领域^[1-2]。如今人工智能技术已取得了长足进步^[3-4], 将其应用于机器人领域, 可在一定程度上提高机器人的智能化水平。但在机器人的应用及研发中不可避免地存在以下 2 方面的问题。一方面, 机器人的智能化水平还不高, 使机器人具有“像人一样的智能”自主工作于诸如海底探测、矿物开采、有毒物质处理等环境复杂的场所, 还有较长的路要走。另一方面, 机器人系统包含底层硬件驱动、环境感知及运动规划等诸多模块, 并且随着机器人功能的日益完善, 机器人的软件系统也变得日趋复杂, 这就使机器人的软件编写工作变得较为繁重; 因此, 在机器人智能化程度还不高的现实情况下, 使人与机器人结合, 实现人对机器人的遥操作, 可以极大地拓宽机器人的应用领域。同时, 在机器人软件开发过程中借助于开源软件, 则可大幅降低软件编写的工作量。

为此, 笔者针对 UR 机器人设计了基于开源机器人操作系统 ROS 的遥操作系统, 实现了对 UR 机

器人遥操作目标, 拓宽了 UR 机器人的应用领域。人通过在远端对颜色球的操作可控制工业现场 UR 机器人的空间运动, 实现人对机器人的遥操作目标。通过采用开源机器人操作系统 ROS (robot operating system, ROS), 可以高效便捷地设计机器人的软件系统, 缩短机器人的开发时间, 降低机器人的研发成本。

1 ROS 简介

开源机器人操作系统是建立在 Linux 系统之上的一个模块化软件平台, 采用分布式处理的方式, 提供了硬件抽象、设备控制、消息管理等标准的操作系统服务^[5-8]。ROS 类似于软件管理工具, 提供一种点对点的通信机制, 便于研究者灵活部署各个功能包。其分布式处理能力, 分散了由图像处理、逆解、插补等功能带来的实时计算压力。基于点对点的通信机制, ROS 提出了“节点”“消息”“主题”“服务”4 个基本概念^[9-10]。

节点 (node) 是 ROS 中主要的计算执行进程。它可以是驱动器、传感器等硬件的驱动程序, 也可以

收稿日期: 2017-12-09; 修回日期: 2018-01-22

基金项目: 北京市科技计划 (Z171100000817009)

作者简介: 刘乃军 (1989—), 男, 山东人, 博士研究生, 从事飞行器设计, 导航、制导与控制研究。

是为了实现图像识别、路径规划等算法而专门进行数值运算的计算机进程，还可以是直观的人机交互界面。通过对诸多节点的有机结合，可以搭建成功能多样的机器人软件系统。

消息 (message) 是节点之间进行点对点通信的数据内容。ROS 中的消息类型可以是诸如整型、浮点型等基本数据类型，也可以根据用户需求自行定义及组合。

主题 (topic) 是指特定消息的名称，用于描述消息内容。节点可以发布 (publish) 针对某个主题的数据消息，也可以订阅 (subscribe) 某个主题的数据消息，而发布者和订阅者之间互不知对方的存在。

在 ROS 中，节点、消息与主题之间的通信机制如图 1 所示。ROS 中的节点 1 将其运行所产生的数据结果以消息的形式发布到主题 1，节点 2 与节点 3 均可通过订阅该主题得到节点 1 所发布的消息内容，这样就实现了基于消息“发布/订阅”形式的节点与节点之间通信的目标。

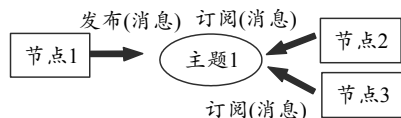


图 1 ROS 中基于消息的节点通信机制

基于消息的“发布/订阅”通信形式是一对多的模式，即一个节点发布的消息可同时被多个节点订阅。基于消息的通信方式虽然灵活，但对于分布式系统中“请求/回应”式的“伺服模式”却并不适合。为此 ROS 还提供了一种重要的通信机制-服务 (service)。而基于服务的“请求/回应”模式是一一对一的通信模式 (如图 2 所示)。该通信模式一般成对出现，节点 1 请求服务，节点 2 回应服务。



图 2 ROS 中基于服务的节点通信机制

2 总体方案设计

笔者基于 ROS 所设计的 UR 机器人遥操作系统总体方案如图 3 所示。

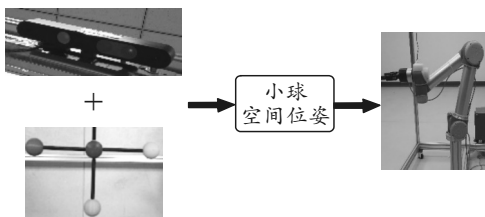


图 3 机器人遥操作系统总体方案原理

首先，利用华硕相机 xtion PRO 采集得到各颜

色球的彩色图像与深度图像，并基于图像信息推算得到红球在空间的位置与姿态。其次，将该红球相对于其初始位置的位姿变化量传递给 UR 机器人，使其作为 UR 机器人相对于其初始位置的变化量，驱动 UR 机器人实时跟随空间红球而运动，从而实现对机器人的遥操作。由此可见：基于该方案所设计的遥操作系统仅用到了一台相机和 4 个颜色球，成本较为低廉，极具推广价值。

3 控制系统设计

笔者设计的机器人遥操作控制系统原理图如图 4 所示。为了保证各功能节点之间的相对独立性，文中基于 ROS 框架共设计了 Camera_Node、Position_Node、Filter_Node 与 Control_Node 4 个节点，以及 Image_Topic、Position_Topic 与 Target_Topic 3 个主题。节点与节点之间的通信均采用了基于消息形式的通信机制。

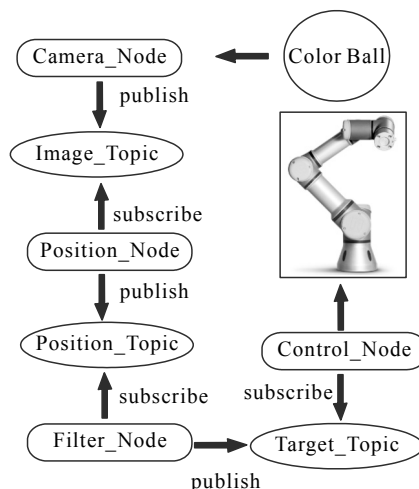


图 4 基于 ROS 的 UR 臂遥操作控制原理

Camera_Node 是基于 Openni 的相机驱动程序节点。该节点可发布笔者设计方案中所需的彩色图像信息 /camera/rgb/image_raw/ 和深度图像信息 /camera/depth/image 到主题 Image_Topic。

Position_Node 订阅主题 Image_Topic，得到基于 ROS 图像数据的彩色图像与深度图像信息，并借助于 cv::bridge 函数将 ROS 图像数据类型转化为 cv::mat 数据形式，再借助于 OpenCV 开源库及位姿解算算法可得到红球在空间的位姿信息，并将该位姿信息发送到主题 Position_Topic。

因基于图像信息所得红球的空间位姿数据不可避免会受到噪声的干扰，为此本方案中单独设计了滤波节点 Filter_Node。在 Filter_Node 节点中，通过采用滑动均值滤波的方法将从主题

Position_Topic 中订阅得到的红球位姿数据进行滤波, 并将滤波后的无噪声数据发布到主题 Target_Topic。

Control_Node 为机器人控制节点。该节点通过订阅主题 Target_Topic 得到红球在空间的位姿信息, 并将红球相对于其初始位置的位姿差作为机器人相对于其初始位姿的位姿差。借助于 ROS 中的 moveit! 函数库, 可以完成机器人的轨迹规划, 从而驱动机器人运动。

为了更加高效、安全地开发本机器人软件系统, 笔者采用了 ROS 中的 Rviz 仿真模拟器(如图 5)对所设计的系统进行了仿真模拟。在该软件控制系统应用于真实机器人之前, 所有对算法的验证以及对程序的调试工作均在 Rviz 仿真模拟器中进行, 直到对所设计的系统确定无误后, 才将该软件控制系统应用于真实机器人。

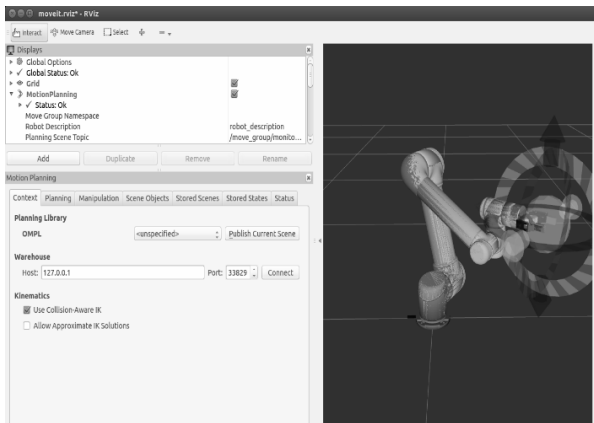


图 5 Rviz 仿真模拟器

经过实验验证可知, 笔者基于 ROS 设计的遥控系统能够很好地胜任对 UR 机器人的遥控操作任务。

4 结束语

笔者基于开源机器人操作系统 ROS 设计了针对 UR 机器人的遥操作系统。试验验证结果证明, 该遥控系统能够胜任对机器人的遥控操作任务。笔者设计的遥操作系统也可以简单地移植到其他机器人平台上, 实现对不同机器人的遥操作目标。

参考文献:

- [1] 谭民, 王硕, 徐德. 先进机器人控制[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 5-7.
- [2] 王田苗, 陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J]. 机械工程学报, 2014, 50(9): 1-13.
- [3] SILVER D, HUANG A, MADDISON C J, et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search[J]. Nature, 2016, 529(7587): 484-489.
- [4] MNIH V, KAVUKCUOGLE K, SILVER D, et al. Human-level control through deep reinforcement learning[J]. Nature, 2015, 518(7540): 529-533.
- [5] 黄开宏, 杨兴锐, 曾志文, 等. 基于 ROS 户外移动机器人软件系统构建[J]. 机器人技术与应用, 2013, 26(4): 37-41.
- [6] 高美原, 秦现生, 白晶, 等. 基于 ROS 和 LinuxCNC 的工业机器人控制系统开发[J]. 机械制造, 2015, 53(10): 21-24.
- [7] 钟翔, 佃松宜, 王德玉. 基于智能手机远程监控的倒闸服务机器人系统[J]. 兵工自动化, 2017, 36(5): 66-72.
- [8] MARTINEZ A, FERNANDEZ E. Learning ROS for robotics programming[M]. Packt Publishing Ltd, 2013: 26-38.
- [9] JOSEPH L. Mastering ROS for robotics programming [M]. Packt Publishing Ltd, 2015: 5-21.
- [10] GOEBEL R P. ROS by example[M]. Lulu. com, 2015: 29-34.