

精通ROS机器人编程

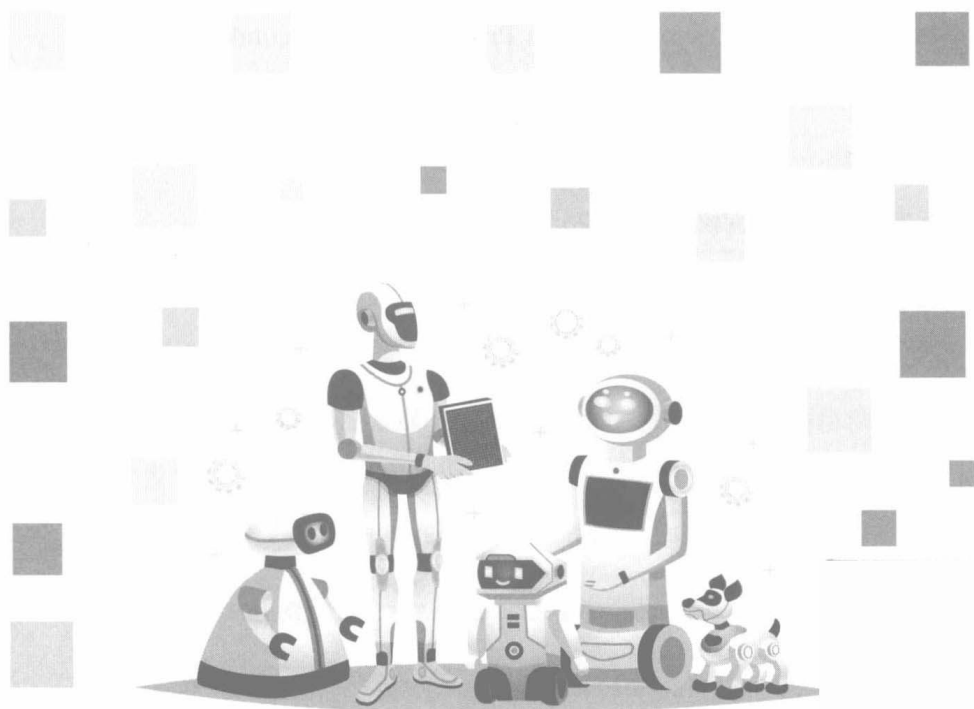
(原书第2版)

Mastering ROS for Robotics Programming
Second Edition

[印] 郎坦·约瑟夫 (Lentin Joseph) 著
[意] 乔纳森·卡卡切 (Jonathan Cacace) 著
张新宇 张志杰 等译



机械工业出版社
China Machine Press



精通ROS机器人编程

(原书第2版)

Mastering ROS for Robotics Programming
Second Edition

[印] 郎坦·约瑟夫 (Lentin Joseph) 著
[意] 乔纳森·卡卡切 (Jonathan Cacace) 著
张新宇 张志杰 等译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

精通 ROS 机器人编程 (原书第 2 版) / (印) 郎坦·约瑟夫 (Lentin Joseph) 等著; 张新宇等译. —北京: 机械工业出版社, 2019.2

(机器人设计与制作系列)

书名原文: Mastering ROS for Robotics Programming, Second Edition

ISBN 978-7-111-62199-7

I. 精… II. ①郎… ②张… III. 机器人 - 程序设计 IV. TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 043414 号

本书版权登记号: 图字 01-2018-5554

Lentin Joseph, Jonathan Cacace: Mastering ROS for Robotics Programming, Second Edition (ISBN: 978-1-78847-895-3).

Copyright © 2018 Packt Publishing. First published in the English language under the title “Mastering ROS for Robotics Programming, Second Edition”.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2019 by China Machine Press.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

精通 ROS 机器人编程 (原书第 2 版)

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 赵 静

责任校对: 殷 虹

印 刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版 次: 2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 186mm × 240mm 1/16

印 张: 25

书 号: ISBN 978-7-111-62199-7

定 价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

背景

未来 20 年，中国的科技将逐步从模仿、跟随、追赶，过渡到引领世界，成为创新引擎。构建科技核心竞争力的唯一之路是人才的培养。

正是意识到了机器人相关人才的重要性和紧迫性，我们从 2015 年开始举办全国“机器人操作系统（ROS）及其应用暑期学校”。2015 年有近 200 人参与，现场非常火爆，很多人坐在地板上听，甚至有人站在门口听。2016 年的 ROS 暑期学校，网上有 500 人报名，现场有 100 多人报名。加上 2017 年 300 人左右的规模，2018 年 400 多人的规模，四年时间有千余人参加过我们的 ROS 暑期学校。除此之外，易科机器人实验室、ROS 小课堂、泡泡机器人、ROS 星火计划、古月居的在线课程至少影响了 4000 ~ 5000 人。这样的趋势如果能够保持下去，再过 5 年，就会形成 3 万 ~ 5 万人的学习团体。现在机器人产业的窗口逐渐打开，随着产业的发展、需求的推动、资本的介入，将形成强大的牵引力。现在有不少机器人公司，其中一些公司一开始只有 2 ~ 3 人，逐渐发展成 5 ~ 6 人，然后 20 ~ 30 人，如果他们能够坚持下去，也有可能发展成 100 ~ 200 人的规模。如果 300 ~ 500 人中有一位杰出代表愿意带领大家，3 万 ~ 5 万人中就有 100 位这样的代表。在国家层面的推动下，通过建立一批机器人学院和人工智能学院，15 年后，将形成 10 万左右的机器人、人工智能工程师队伍，另外还有 50 万左右相关学科领域的工程师辅助。如果了解信息产业的发展过程，就会比较清楚，现在基本上每个大学都有计算机学院、信息学院或软件学院，这样的过程也会发生在机器人、人工智能方向上。

从地理位置的角度来讲，以上海为中心的长江三角洲和以深圳、香港、广东、珠海、东莞、中山等城市构建的大湾区将是未来机器人、人工智能领域的科技创新中心。江浙沪一带有很多经济发展很好的城市，而且聚集了很多有名的大学。最主要的是这些大学的毕业生很多都会留下来，聚集在这里；行业内的企业也会聚集在这里。

ROS 正是影响整个机器人产业的灵魂，很多人还没有做好准备，还没有意识到是怎么回事，就不得不与 ROS 牵连在一起，卷入一场巨大的洪流中。

学习 ROS 的 10 大理由

过去几年里，ROS 在工业上的应用取得非常好的发展势头。这一方面得益于工业机器人领域长期的积累，另一方面得益于 ROS 内在的优势。若干年后，ROS 毫无疑问将成为机器人工程师的必备技能，机器人领域的从业人员没有人能回避 ROS。下面列出学习 ROS 的 10 大理由。

1) ROS 是开源免费的

ROS 于 2007 年诞生于斯坦福大学人工智能实验室，2008 年至 2013 年期间由柳树车库研发，并逐渐形成开源生态系统。ROS 使用 BSD 许可证，可以免费用于研究和商业项目，任何人或者任何组织都可以对 ROS 的源码进行修改，并且可以选择开源，也可以选择不开源。

2) 大量算法在 ROS 中已经实现

ROS 的最大魅力在于其集成了许多先进的机器人算法，同时为非常多的工具提供了接口。ROS 中基于物理的仿真环境 Gazebo 可以模拟机器人运动学、动力学分析以及环境中的很多物理特性。又如，ROS 可以与计算机视觉算法 OpenCV 进行通信。另外，点云库 PCL 实现了大量点云相关的通用算法和高效数据结构，包括点云获取、滤波、分割、配准、检索、特征提取、识别、追踪、曲面重建、可视化等。运动规划库 MoveIt! 可以提供有效的规划算法，用于多种机器人的运动规划。MoveIt! 模块也已经被整合到了 ROS 框架中。

3) 学习使用 ROS 的人越来越多

ROS 提供松散耦合的基础通信中间件、业界先进的算法库、统一标准的软件接口、完善的教程、庞大的社区等，使 ROS 的学习对入门者越来越友好。而对于 ROS 开发者而言，ROS 提供的业内领先的资源可以让他们轻松地搭建起自己的机器人系统，极大地缩减了开发周期。对研究人员而言，ROS 提供的仿真环境可以用来方便地验证新算法，而与 ROS 相配套的硬件系统则可以轻松地在现实情况中验证算法是否有效，从而不必纠结于软硬件平台的搭建。基于这些特点，ROS 自诞生之日起就开始迅速发展。在世界各地开展了形式多样的 ROS 学习活动，包括我们前面提过的连续四年举办的全国“机器人操作系统 (ROS) 及其应用暑期学校”。

4) ROS 已成为机器人系统基础软件的标准

随着机器人应用浪潮的掀起，越来越多的人力和物力投入到了这片看似美妙的汪洋大海中。与之伴随的是，机器人应用软件的蓬勃发展。与传统工业机器人厂商不同，ROS 自诞生之初就尝试建立机器人系统基础软件的标准，而不是在各自的自留地内封闭式发展。这背后的深层原因是，解决机器人软件问题是一个极其庞大而复杂的工程，应该把精力放在解决新的问题上，而不是重复地造基础软件的轮子。经过多年的发展，ROS 也实现了其创造之初被寄予的期望，已然成为广泛使用的机器人系统基础软件的标准，在学术界得到了广泛使用，

在工业界也开始崭露头角。

5) ROS 有较好的易用性, 而且越来越好

ROS 从一开始连基本的维基页面都不完善, 到现在拥有大量的教程和完善的多语言维基, 一步一步地提高易用性。

但是 ROS 的开发者们没有止步于此, 在经历了 ROS 版本的巨大成功之后, OSRF 团队开始进行 ROS 2 的研究。OSRF 重新编写了核心系统, 主要目标是改善在不同组件之间交换信息的分布式计算机系统。ROS 2 将会更好地支持小型嵌入式设备, 支持多机器人协同工作并增加系统实时性。

6) 模块化设计, 节点独立性, 使协作开发非常方便

ROS 使用分布式处理框架。采用若干类型的通信, 包括基于服务的同步 RPC (远程过程调用) 通信、基于话题的异步数据流通信, 还有参数服务器上的数据存储。这些特点使可执行文件能单独设计, 并且在运行时松散耦合。程序可以封装到软件包和软件包集中, 以便共享和分发。ROS 还支持代码库的协同, 这使得协作亦能被分发。

7) 大量硬件设备、传感器、驱动器和机器人平台支持 ROS

目前 ROS 支持上百种机器人平台, 包括著名的 PR2 机器人、UR5 机械臂等。在这些机器人平台上, 使用 ROS 可以方便地进行机器人开发。

同时, ROS 可以很好地支持各种类型的传感器, 包括各种摄像头 (如 Kinect 深度摄像头、单目摄像头、双目摄像头等) 和雷达 (如激光雷达、超声波雷达等)。由于 ROS 是基于 Linux 的, 所以在大部分 Linux 的平台上也可以运行 ROS, 如 ROS 可以在 ARM 核心板 BeagleBoard 上运行。所以 ROS 提供对嵌入式平台的固有支持。

8) 你的竞争对手已经开始使用 ROS

ROS 的蓬勃发展, 让它成为新兴的资本宠儿。截至 2015 年, 全球约有 1.5 亿美元的风险投资注入与 ROS 相关的项目。可以看到, 目前机器人创业公司大多数会将原型方案架设在 ROS 上, 并且新兴的机器人厂商也以支持 ROS 作为一个主要的卖点。

与此同时, 一些传统的厂商也开始加入 ROS 的阵营。ROS Industrial 是一个致力于把 ROS 推向工业界的 ROS 分支, 目前已经得到 3M、ABB、BMW、Ford、Boeing、Siemens 等传统强势企业的支持。

在学术界, ROS 的使用更为广泛。在 DARPA 机器人挑战赛中 18 支参赛队伍使用 ROS, 包括 NASA 的 Robonaut。

9) ROS 能让你快速启动机器人项目的开发

开发一个机器人项目是一个综合性问题, 异常复杂。从软件层面来看, 它包含了最底层的硬件抽象 (各种设备驱动等)、设备控制、通信、上层算法、应用系统等。任何一个公司都

不可能独立完整地解决一切问题。经过多年的努力，ROS 提供了一整套软硬件解决方案，开发者们可以专注于解决特定的问题，而无须花费精力构建整个平台。只需要一台可以运行 Ubuntu 的电脑，就可以进行机器人开发的测试仿真。ROS 支持上百种机器人平台，让实际的机器人测试也变得十分方便。

10) ROS 的未来很光明

人类社会正在快速向前发展，机器人领域也一直在不断革新。作为一个开源的基础机器人软件系统，ROS 毫无疑问会成为这场变革的助推剂。我们看到，越来越多的初创公司开始转向 ROS，并利用 ROS 提供的完善的软件系统快速地搭建起机器人平台。越来越多的传统大公司也注意到了这一变化，他们的产品也开始支持 ROS。

所有这一切，都预示着 ROS 有光明的前途。

接受翻译任务

也正是在这样的背景下，我们清楚地知道我们这些与 ROS 有牵连的人，正在参与一项影响人类未来 20 年的科技变革。2018 年 6 月，我正筹备在深圳举办全国“机器人操作系统 (ROS) 及其应用暑期学校”，机械工业出版社华章公司的刘锋老师联系到我，希望我牵头翻译本书。我们了解到各家出版社已经陆续翻译出版了一些关于 ROS 的图书，我们对比了这些书，认为本书对高级用户学习 ROS 非常有帮助。于是我欣然接受了刘锋老师委托的翻译任务，并联系 ROS 小课堂的创始人张志杰先生一起参与翻译。我们期待这样的图书能够引领 ROS 的初学者进阶到中高级学者的行列。同时，我们对以往的一些翻译做了认真的梳理和推敲，规范了一些 ROS 术语的中文译名，并期待这样的名称既能表达原作者的意图，也能符合中国读者的阅读和理解习惯。

在整个翻译过程中，我翻译了第 1 章，张志杰翻译了第 2 章及第 9~13 章，刘彬翻译了第 3 章和第 4 章，邹玉龙翻译了第 5 章、第 6 章及第 14 章，郭宗芝翻译了第 7 章、第 8 章及第 15 章。我与张志杰，及一些朋友负责审阅了所有章节。最后，由我对全书进行了修改润色，统稿整理。从这次翻译的经历，我们都体会到科学技术图书的翻译是一项巨大的挑战。当译稿终于要交付的时候，所有人都松了一口气。所有参与翻译的译者都付出了大量的时间和精力，所有这些努力都无法用金钱来衡量。面对一项伟大的科技变革，任何付出都是值得的。

我还要特别感谢家人对我翻译本书的支持。

张新宇

2018 年 11 月

Preface | 前言

机器人操作系统 (Robot Operating System, ROS) 本质是机器人系统的中间件, 可帮助开发人员编写机器人应用程序, 现已被机器人公司、研究机构和大学广泛采用。本书主要介绍 ROS 框架的高级概念, 特别适合已经熟悉 ROS 基本概念的读者。但是, 第 1 章还是简要介绍了 ROS 的基本概念, 以帮助初学者快速入门。读者将了解新机器人的软件包生成、机器人建模、设计等, 以及利用 ROS 框架对机器人进行仿真、与 ROS 连接。这里使用的是高级的仿真软件和 ROS 工具, 这些工具可以辅助机器人导航、控制和传感器可视化。最后, 读者将学习如何使用 ROS 底层控制器、小节点 (nodelet) 和插件等重要概念。读者可以使用普通计算机来运行本书中的大部分示例, 而无须任何特殊硬件。但是, 在本书的某些章节中将讨论如何使用特殊硬件将 ROS 与外部传感器、驱动器和 I/O 开发板一起使用。

本书是按照如下顺序来组织的。在介绍了 ROS 的基本概念之后, 开始讨论如何对机器人进行建模和仿真。Gazebo 和 V-REP 仿真器将用于控制机器人建模并与之交互, 还将用于连接机器人与 MoveIt! 和 ROS 导航软件包。然后讨论 ROS 插件、控制器和小节点。最后, 本书还会讨论如何将 Matlab 和 Simulink 软件与 ROS 连接。

本书的读者对象

本书为有激情的机器人开发人员或想充分利用 ROS 功能的研究人员而写。本书也适合已经熟悉典型机器人应用的用户, 或者想要进阶学习 ROS, 学习如何建模、构建、控制自己机器人的用户。如果你想轻松理解本书的所有内容, 强烈建议你先掌握 GNU/Linux 和 C++ 编程的基础知识。

本书主要内容

第 1 章介绍 ROS 的核心基本概念。

第 2 章解释如何使用 ROS 软件包。

第 3 章讨论两类机器人的设计: 一类是七自由度 (7-DOF) 机械臂, 另一类是差速驱动机器人。

第 4 章讨论 7-DOF 机械臂、差速轮式机器人和 ROS 控制器的仿真，这些控制器有助于控制 Gazebo 中的机器人关节。

第 5 章介绍如何使用 V-REP 仿真器和 vrep_plugin 将 ROS 连接到仿真场景中。然后讨论 7-DOF 机械臂和差速移动机器人的控制。

第 6 章介绍如何使用 ROS MoveIt! 和导航软件包集的现有功能，如机器人机械臂运动控制和机器人自主导航。

第 7 章展示 ROS 中的一些高级概念，例如 ROS pluginlib、小节点和 Gazebo 插件。本章还将讨论每个概念的功能和应用，并通过一个示例介绍其工作原理。

第 8 章展示如何为类似于 PR2 的机器人编写基本的 ROS 控制器。在创建控制器后，我们将使用 Gazebo 中的 PR2 来运行控制器。与此同时，我们还将看到如何为 RViz 创建插件。

第 9 章讨论一些硬件组件（如传感器和执行器）与 ROS 的接口。我们将看到如何使用 I/O 开发板（如 Arduino、树莓派和 Odroid-XU4）与 ROS 的传感器通信。

第 10 章讨论如何使用 ROS 连接各种视觉传感器，并利用开源计算机视觉库（OpenCV）和点云库（PCL）与 AR Markers 一起对其进行编程。

第 11 章介绍如何构建具有差速驱动器配置的自主移动机器人，并将其与 ROS 连接。

第 12 章讨论 MoveIt! 的功能，例如碰撞规避，使用 3D 传感器进行感知、抓握、拾取和放置。在此之后，我们将学习如何将机器人控制器硬件与 MoveIt! 连接。

第 13 章讨论如何将 Matlab 和 Simulink 软件与 ROS 连接。

第 14 章帮助大家了解和安装 ROS 中的 ROS-Industrial 软件包。我们将学习如何为工业机器人开发 MoveIt! IKFast 插件。

第 15 章讨论如何在 Eclipse IDE 中设置 ROS 开发环境，并介绍 ROS 中的最佳实战经验与调试技巧。

如何学习本书

为了运行本书中的示例，你需要一台运行 Linux 系统的计算机。这里推荐安装的 Linux 发行版是 Ubuntu 16.04，Debian 8 也可以。建议计算机配置至少有 4GB 的内存和一款性能优异的处理器（Intel i 系列）来执行 Gazebo 仿真和图像处理算法。

读者甚至可以在 Windows 系统上托管的虚拟机或 VMware 软件上安装 Linux 系统，在这样的虚拟系统中也可以工作。但这种选择的缺点是需要更多的计算资源来运行示例，并且当 ROS 与真实的硬件连接时，可能会遇到各种问题。

本书中使用的 ROS 版本是 Kinetic Kame。需要的其他软件有 V-REP 仿真器、Git、Matlab

和 Simulink。

最后，某些章节要求读者将 ROS 与商用硬件连接，例如 I/O 开发板（Arduino、Odroid 和树莓派）、视觉传感器（Kinect/Asus Xtion Pro）和驱动器。你必须购买这些硬件才能运行本书中的一些示例，但这并不是学习 ROS 必须要购买的。

下载示例代码

你可以从 www.packtpub.com 通过个人账号下载本书的示例代码，也可以访问华章图书官网 <http://www.hzbook.com>，通过注册并登录个人账号下载。

本书的代码也在 GitHub 上托管，网址为 <https://github.com/PacktPublishing/Mastering-ROS-for-Robotics-Programming-Second-Edition>。如果代码有更新的话，会将更新提交到 GitHub 代码仓库中。

除此之外，我们还在 <https://github.com/PacktPublishing/> 中提供了其他书籍和视频，这里还有一些其他代码，有兴趣就去看看吧！

下载彩图

我们还提供了一个 PDF 文件，其中包含本书中使用的所有截图和样图。可以在此处下载：http://www.packtpub.com/sites/default/files/downloads/MasteringROSforRoboticsProgrammingSecondEdition_ColorImages.pdf。

排版约定

在本书中使用了許多排版约定。

代码格式如下：

```
<launch>
  <group ns="/">
    <param name="rosversion" command="rosversion roslaunch" />
    <param name="rostdistro" command="rosversion -d" />
    <node pkg="roscout" type="roscout" name="roscout" respawn="true"/>
  </group>
</launch>
```

命令行输入或输出格式如下：

```
$ rostopic list
$ cd
```

粗体：表示你看到的是新术语、重要单词或句子。例如，菜单或对话框中的单词会出现在文本中。下面就是一个示例：在主工具栏上，选择“**File | Open Workspace**”，然后选择代表 ROS 工作区的目录。



警告或重要说明标志。



提示和技巧标志。

About the Authors | 作者简介

朗坦·约瑟夫 (Lentin Joseph) 是一名来自印度的作家、创业者。他是印度 Qbotics 实验室的创始人兼 CEO，在机器人领域已经有 7 年的从业经验，主要研究方向包括机器人操作系统 (ROS)、OpenCV 和 PCL 等。

朗坦已经出版了 3 本书《Learning Robotics using Python》《Mastering ROS for Robotics Programming》和《ROS Robotics Projects》。

目前，他在印度攻读硕士学位，并在美国卡内基-梅隆大学 (CMU) 机器人学院从事研究工作。

乔纳森·卡卡切 (Jonathan Cacace) 于 1987 年 12 月 13 日出生于意大利。在意大利那不勒斯腓特烈二世大学获计算机科学硕士学位及信息与自动化工程博士学位。目前，乔纳森是那不勒斯腓特烈二世大学 PRISMA 实验室的博士后，主要研究工业机器人和服务机器人，曾经开发了几款基于 ROS 且集成了机器人感知控制的机器人应用。

“非常感谢我的朋友、父母和所有陪我一路走来的人，是你们让我的生活变得丰富多彩。”

译者简介 | About the Translators

张新宇，副教授，现为华东师范大学“智能机器人运动与视觉实验室”负责人。毕业于浙江大学，获本科、硕士、博士学位。博士毕业后，在韩国梨花女子大学图形学与虚拟现实研究中心从事博士后研究，后受聘为讲师和研究教授。曾受聘美国北卡罗来纳州立大学教堂山分校计算机系研究科学家，从事机器人、虚拟现实方面的研究。

2013年回国后立即着手筹建华东师范大学“智能机器人运动与视觉实验室”，将研究内容定位于机器人运动规划、计算机视觉、虚拟现实、基于物理的计算机模拟等方向。2015年年底创建华东师范大学“创客空间”，推动创客教育与创新活动。2016年年底负责筹建华东师范大学“虚拟现实与智能计算实验室”。2017年，领导成立面向华东师范大学的学生社团“机器人俱乐部”和“虚拟现实俱乐部”，推动相关技术的科普工作。2015～2018年连续四年举办全国“机器人操作系统（ROS）及其应用暑期学校”，四年间共有近两百所高校，上千名本科生、硕士、博士生，以及机器人企业的开发人员参加暑期学校的学习，授课视频在线点击超过10万次。2017年创立中国机器人操作系统（ROS）教育基金会，与国内外同行共同推进机器人操作系统在中国的宣传普及与产业应用。

张志杰，2016年3月创立ROS小课堂，致力于ROS教育的非盈利组织。ROS小课堂一直以开源、免费的形式提供优质的ROS学习资源，在优酷视频平台（<http://i.youku.com/rostutorials>）上提供ROS学习视频，目前已有70多部ROS学习视频，累计播放量9万余次。ROS小课堂同时还注册了微信公众号，并拥有ROS小课堂的独立网站 www.corvin.cn。ROS小课堂已经连续两年（2017年和2018年）被邀请参加全国“机器人操作系统（ROS）及其应用暑期学校”，在更大的舞台上与大家分享更多更好的ROS学习经验。张志杰还受邀参加北京钢铁侠科技有限公司组织的ROS分享活动，与田之博特合作开发和销售ROS2GO便携系统。ROS小课堂将不断努力，持续为国内的ROS普及与教育贡献一份微薄之力。

Contents | 目 录

译者序

前言

作者简介

译者简介

第 1 章 ROS 简介 1

- 1.1 为什么要学习 ROS 1
- 1.2 在机器人开发中，人们为什么更愿意选择 ROS 2
- 1.3 为什么有些人不愿意选择 ROS 3
- 1.4 理解 ROS 的文件系统 4
 - 1.4.1 ROS 软件包 5
 - 1.4.2 ROS 超软件包 7
 - 1.4.3 ROS 消息 7
 - 1.4.4 ROS 服务 9
- 1.5 理解 ROS 的计算图 9
 - 1.5.1 ROS 节点 11
 - 1.5.2 ROS 消息 12
 - 1.5.3 ROS 话题 13
 - 1.5.4 ROS 服务 13
 - 1.5.5 ROS 消息记录包 14
 - 1.5.6 ROS 节点管理器 14
 - 1.5.7 应用 ROS 参数 16
- 1.6 ROS 的社区 17

- 1.7 学习 ROS 需要做哪些准备 17
- 1.8 习题 20
- 1.9 本章小结 20

第 2 章 ROS 编程入门 21

- 2.1 创建一个 ROS 软件包 21
 - 2.1.1 学习 ROS 话题 23
 - 2.1.2 创建 ROS 节点 23
 - 2.1.3 编译生成节点 26
- 2.2 添加自定义的 msg 和 srv 文件 28
- 2.3 使用 ROS 服务 30
 - 2.3.1 使用 ROS 动作库 34
 - 2.3.2 编译 ROS 动作服务器和客户端 37
- 2.4 创建启动文件 39
- 2.5 话题、服务和动作库的应用 41
- 2.6 维护 ROS 软件包 41
- 2.7 发布 ROS 软件包 42
 - 2.7.1 准备发布 ROS 软件包 43
 - 2.7.2 发布软件包 43
 - 2.7.3 为 ROS 软件包创建维基页面 45
- 2.8 习题 47
- 2.9 本章小结 47

第 3 章 在 ROS 中为 3D 机器人建模	48	第 4 章 使用 ROS 和 Gazebo 进行机器人仿真	71
3.1 机器人建模的 ROS 软件包	49	4.1 使用 Gazebo 和 ROS 仿真机械臂	71
3.2 利用 URDF 理解机器人建模	50	4.2 为 Gazebo 创建机械臂仿真模型	72
3.3 为机器人描述创建 ROS 软件包	52	4.2.1 为 Gazebo 机器人模型添加颜色和纹理	73
3.4 创建我们的第一个 URDF 模型	52	4.2.2 添加 transmission 标签来驱动模型	74
3.5 详解 URDF 文件	54	4.2.3 添加 gazebo_ros_control 插件	74
3.6 在 RViz 中可视化机器人 3D 模型	55	4.2.4 在 Gazebo 中添加 3D 视觉传感器	75
3.7 向 URDF 模型添加物理属性和碰撞属性	57	4.3 仿真装有 Xtion Pro 的机械臂	76
3.8 利用 xacro 理解机器人建模	58	4.4 在 Gazebo 中使用 ROS 控制器	78
3.8.1 使用属性	58	4.4.1 认识 ros_control 软件包	78
3.8.2 使用数学表达式	59	4.4.2 不同类型的 ROS 控制器和硬件接口	79
3.8.3 使用宏	59	4.4.3 ROS 控制器如何与 Gazebo 交互	79
3.9 将 xacro 转换为 URDF	59	4.4.4 将关节状态控制器和关节位置控制器连接到手臂	80
3.10 为 7-DOF 机械臂创建机器人描述	60	4.4.5 在 Gazebo 中启动 ROS 控制器	81
3.10.1 机械臂规格	61	4.4.6 控制机器人的关节运动	83
3.10.2 关节类型	61	4.5 在 Gazebo 中仿真差速轮式机器人	83
3.11 解析 7-DOF 机械臂的 xacro 模型	61	4.5.1 将激光雷达添加到机器人中	85
3.11.1 使用常量	61	4.5.2 在 Gazebo 中控制机器人移动	86
3.11.2 使用宏	62	4.5.3 在启动文件中添加关节状态发布者	87
3.11.3 包含其他 xacro 文件	62		
3.11.4 在连杆中使用网格模型	63		
3.11.5 使用机器人夹爪	63		
3.11.6 在 RViz 中查看 7-DOF 机械臂	63		
3.12 为差速驱动移动机器人创建机器人模型	66		
3.13 习题	70		
3.14 本章小结	70		

4.6	添加 ROS 遥控节点	88	6.2.4	第 4 步: 添加规划组	121
4.7	习题	89	6.2.5	第 5 步: 添加机器人 姿态	122
4.8	本章小结	89	6.2.6	第 6 步: 设置机器人的 末端执行器	122
第 5 章 用 ROS 和 V-REP 进行机器人仿真			6.2.7	第 7 步: 添加被动 关节	123
5.1	安装带有 ROS 的 V-REP	91	6.2.8	第 8 步: 作者信息	123
5.2	理解 vrep_plugin	95	6.2.9	第 9 步: 生成配置文件	123
5.2.1	使用 ROS 服务与 V-REP 交互	96	6.3	使用 MoveIt! 配置软件包在 RViz 中进行机器人运动规划	124
5.2.2	使用 ROS 话题与 V-REP 交互	98	6.3.1	使用 RViz 运动规划 插件	125
5.3	使用 V-REP 和 ROS 仿真 机械臂	101	6.3.2	MoveIt! 配置软件包 与 Gazebo 的接口	128
5.4	在 V-REP 下仿真差速轮式 机器人	107	6.4	理解 ROS 导航软件包集	133
5.4.1	在 V-REP 中添加激 光传感器	109	6.4.1	ROS 导航硬件的要求	133
5.4.2	在 V-REP 中添加 3D 视觉传感器	110	6.4.2	使用导航软件包	134
5.5	习题	112	6.5	安装 ROS 导航软件包集	136
5.6	本章小结	112	6.6	使用 SLAM 构建地图	136
第 6 章 ROS MoveIt! 与导航 软件包集			6.6.1	为 gmapping 创建启动 文件	137
6.1	安装 MoveIt!	113	6.6.2	在差速驱动机器人上 运行 SLAM	138
6.2	使用配置助手工具生成 MoveIt! 配置软件包	118	6.6.3	使用 amcl 和静态地图 实现自主导航	141
6.2.1	第 1 步: 启动配置 助手工具	118	6.6.4	创建 amcl 启动文件	141
6.2.2	第 2 步: 生成自碰撞 矩阵	120	6.7	习题	144
6.2.3	第 3 步: 增加虚拟 关节	120	6.8	本章小结	144
第 7 章 使用 pluginlib、小节点 和 Gazebo 插件			7.1	理解 pluginlib	145
7.1	理解 pluginlib	145	7.2	理解 ROS 小节点	151

7.3	理解 Gazebo 插件	156	8.3	理解 ROS 可视化工具 (RViz)	
7.4	习题	160		及其插件	171
7.5	本章小结	160	8.3.1	Displays 面板	172
第 8 章 ROS 控制器和可视化			8.3.2	RViz 工具栏	172
	插件编程	161	8.3.3	Views 面板	172
8.1	理解 ros_control 软件包集	162	8.3.4	Time 面板	172
	8.1.1 controller_interface		8.3.5	可停靠面板	172
	软件包	162	8.4	编写用于遥控操作的	
	8.1.2 控制器管理器	164		RViz 插件	172
8.2	使用 ROS 编写一个基本的		8.5	习题	178
	关节控制器	164	8.6	本章小结	178
	8.2.1 第 1 步: 创建控制器		第 9 章 将 ROS 与 I/O 开发		
	软件包	165	板、传感器、执行		
	8.2.2 第 2 步: 创建控制器		机构连接		
	头文件	165	9.1	理解 Arduino-ROS 接口	179
	8.2.3 第 3 步: 创建控制器		9.2	Arduino-ROS 接口是什么	180
	源文件	166		9.2.1 理解 ROS 中的 roserial	
	8.2.4 第 4 步: 控制器源文件			软件包	181
	解析	166		9.2.2 理解 Arduino 中的 ROS	
	8.2.5 第 5 步: 创建插件描述			节点 API	185
	文件	167		9.2.3 ROS-Arduino 发布者和	
	8.2.6 第 6 步: 更新 package.xml			订阅者实例	187
	文件	168		9.2.4 Arduino-ROS 接口实例——	
	8.2.7 第 7 步: 更新 CMake-			LED 灯闪烁 / 按按钮	190
	Lists.txt 文件	168		9.2.5 Arduino-ROS 接口实例——	
	8.2.8 第 8 步: 编译控制器	168		ADXL 335 加速度计	192
	8.2.9 第 9 步: 编写控制器			9.2.6 Arduino-ROS 接口实例——	
	配置文件	168		超声波测距传感器	194
	8.2.10 第 10 步: 编写控制器			9.2.7 Arduino-ROS 接口实例——	
	的启动文件	169		里程计发布者	197
	8.2.11 第 11 步: 在 Gazebo 中		9.3	非 Arduino 开发板与 ROS 接口	199
	运行控制器和 7-DOF			9.3.1 在 Odroid-XU4 和树莓派 2	
	机械臂	169		上配置 ROS	199