



ROS机器人程序设计

(原书第2版)

Learning ROS for Robotics Programming Second Edition

恩里克·费尔南德斯 (Enrique Fernández)
路易斯·桑切斯·克雷斯波 (Luis Sánchez Crespo) 著
阿尼尔·马哈塔尼 (Anil Mahtani)
亚伦·马丁内斯 (Aaron Martinez)

刘锦涛 张瑞雷 等译



机械工业出版社
China Machine Press

ROS机器人程序设计

(原书第2版)

Learning ROS for Robotics Programming (Second Edition)



[西班牙]

恩里克·费尔南德斯 (Enrique Fernández)
路易斯·桑切斯·克雷斯波 (Luis Sánchez Crespo)
阿尼尔·马哈塔尼 (Anil Mahtani)
亚伦·马丁内斯 (Aaron Martinez)

著

刘锦涛 张瑞雷 等译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

ROS 机器人程序设计 (原书第 2 版) / (西) 恩里克·费尔南德斯 (Enrique Fernández) 等著; 刘锦涛等译. —北京: 机械工业出版社, 2016.9

(机器人设计与制作系列)

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

ISBN 978-7-111-55105-8

I. R… II. ①恩… ②刘… III. 机器人—程序设计 IV. TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 248166 号

本书版权登记号: 图字: 01-2016-1894

Enrique Fernández, Luis Sánchez Crespo, Anil Mahtani, Aaron Martinez: Learning ROS for Robotics Programming, Second Edition (ISBN: 978-1-78398-758-0).

Copyright © 2015 Packt Publishing. First published in the English language under the title “Learning ROS for Robotics Programming, Second Edition”.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2016 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。

ROS 机器人程序设计 (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: 刘诗灏

责任校对: 董纪丽

印刷: 中国电影出版社印刷厂

版次: 2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 20

书号: ISBN 978-7-111-55105-8

定价: 69.00 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 88379649 68995259

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

Foreword | 推荐序一

21 世纪是什么样的世纪？是物联网的世纪？是 VR 的世纪？也许吧，但我更相信 21 世纪是机器人的世纪。

目前，我国已经步入经济转型的拐点区间，人口红利越来越难以支撑中国经济的发展和进步。在很多行业都已经开始了机器换人、生产工艺升级换代的步伐。工信部、发改委、财政部日前联合印发了《机器人产业发展规划（2016—2020 年）》。这份规划指出：“到 2020 年，我国工业机器人年产量达到 10 万台，其中六轴及以上机器人达到 5 万台以上；服务机器人年销售收入超过 300 亿元，在助老、助残、医疗康复等领域实现小批量生产及应用；要培育 3 家以上的龙头产业，打造 5 个以上机器人配套产业集群；工业机器人平均无故障时间要达到 8 万小时；智能机器人实现创新应用。”从这个规划中可以看出，机器人未来的政策空间和市场发展空间都是非常巨大的。一方面，发展工业机器人在满足我国制造业的转型升级、提质增效，实现“中国制造 2025”等方面具有极为重大的意义，是全面推进实施制造强国战略的重要一步。另一方面，从服务机器人来说，也要满足未来市场需求的增长。首先，这包括了基本生活需求，比如说养老、助老、助残等。其次是国家安全需求，比如救灾、抢险、海底勘探、航天、国防。最后还有家庭服务和娱乐机器人，比如娱乐、儿童教育、智能家居应用等。同时，科技部目前也在进行“十三五”科技创新规划战略研究，根据已经披露的内容，其中对机器人（尤其是服务机器人）非常重视，并会在近期遴选并启动一批相应的重大科技项目。

也许看完上面这些，你会觉得这更像是新闻描述，机器人产业真的这么火爆吗？当然。即使刨除工业机器人，只谈其他的智能机器人或服务机器人，这也是一个相当庞大的产业。例如，目前世界上最大的服务机器人公司应该还是美国的直觉外科公司。他们生产的达芬奇机器人系统在全世界已经应用了 3000 余套，其完成的手术超过千万例。由机器人完成的各类微创手术让无数患者获得新生。这家公司的市值超过 300 亿美元。中国目前估值最高的机器人公司是大疆创新，其年营收额已经超过 10 亿美元，估值超过百亿美元。要知道，10 年前这家公司刚刚在深圳创立时，还比较弱小。因此，相信机器人产业在未来的前景一定非常

广阔。

但是我们也注意到在军用国防、救灾救援、养老、家庭服务、儿童教育等领域，至今没有一个世界级的机器人公司存在。有很多爱好者都希望自己能够制造一个智能轮椅、一个智能儿童教育机器人或是一个家庭服务机器人，也许这样的机器人会像乔布斯和沃兹尼亚克在车库里做出的苹果电脑一样改变世界。但我们看到的很多人，自己只是机械工程师、电气工程师或者自动控制工程师，开发一个控制机器人的软件系统是遥不可及的事情；又或者自己虽然是软件工程师，但是并不知道如何控制和驱动底层设备。这要怎么办呢？没关系，ROS 机器人操作系统可以帮忙。

ROS 最初是作为科研辅助工具由斯坦福大学开发的。类似的机器人操作系统在世界各国还有很多。有些操作系统面向实时机器人控制，有些操作系统面向机器人仿真，有些操作系统面向用户交互。这些操作系统大部分都相对封闭，各成体系，没有在学术界和产业界造成影响。而由于 ROS 极大的开放性和包容性，它能够兼容其他机器人开发工具、仿真工具和操作系统，使之融为一体。这使得 ROS 不断发展壮大，并成为应用和影响力最广泛的机器人软件平台。

随着 ROS 2.0 的开发，ROS 能够兼容除 Linux 之外更多的操作系统，如 Windows、Android；能够支持从工业计算机到 Arduino 开发板等各类型的硬件；能够采集 RGB-D 摄像头、普通摄像头和各种类型的传感器数据；能够驱动类人形机器人、四轴飞行器等各类型的机器人。而且新版本的 ROS 在采用 SOA 架构的基础上，集成了 MVC 框架，更加有利于机器人人机交互界面的开发与机器人控制。

学习 ROS，本身就是掌握一把通往未来的钥匙。自从本人 2012 年翻译本书第 1 版之后，关于 ROS 的书籍也渐渐多了起来。但和其他书籍相比，本书经过了时间的检验，第 2 版从内容到示例对学习 ROS 都更有帮助。希望大家都能够成为机器人软件设计方面的专家。希望在中国的机器人设计领域能够出现新的领军人物，将中国的机器人带入世界一流行列。

刘品杰，本书第 1 版译者

Foreword | 推荐序二

记得第一次接触 ROS 的时候我还在学校做研究，当时跟一些海外学者交流时得知有这个专为机器人设计的操作系统。我很是兴奋，一心想把 ROS 用在我们最新研发的机器人上，于是就马上动手玩起来。由于当时 ROS 尚在起步阶段，说明文档不太全面，同时社区支持又很少，不知道经过多少折腾才好不容易把它运行起来。体验后发现它的设计框架确实很适合作为机器人敏捷开发工具——算法及控制等代码很容易被复用，避免了很多重复劳动。但奈何当时的功能包不多，而且系统对运算资源要求高，最终没有用在当时的机器人项目上。

由于其开源性以及对商用友好的版权协议，ROS 很快得到越来越多的关注及支持。现在 ROS 已有飞快的发展，越来越多机器人相关的软件工具亦加入 ROS 的行列。国外一些商用的机器人也开始支持 ROS 系统，甚至基于 ROS 进行开发。相信这个趋势会一直持续下去并会蔓延到世界各地。而我亦深深体会到国内对 ROS 的关注在近年有显著的上升。

从前在国内学习 ROS 可谓孤军作战，身边没几个人听说过 ROS，而且只能从国外网站学习 ROS 的相关知识，完全没有中文的资料可以查看。幸好国内有不少有心人积极推动 ROS 的发展，不遗余力地对国外 ROS 相关的文章进行翻译，并且发表一些原创的教学文章，丰富 ROS 的中文资源，这使学习 ROS 变得更方便。

我与本书译者通过共同举办 ROS 国内推广课程而结缘。他对推动 ROS 在国内的发展起到了举足轻重的作用，并运营着国内著名的 ROS 交流社区。本书亦是他贡献 ROS 中文社群的作品之一。而本书的作者同样是 ROS 界的权威，有丰富的 ROS 实战经验，使用 ROS 进行过多种机器人的开发。书中从 ROS 的架构概念到常用的调试工具、功能包及传感器的信息处理都有所涉及，是 ROS 入门必看书之一。希望本书能让你快速进入 ROS 的世界，探索 ROS 的精彩。

林天麟，博士，NXROBO 创始人 & CEO

译者序 | The Translators' Words

机器人对于现代人类而言并不陌生和神秘，它在百年前的科幻小说中首次出现，而现在已经逐步进入人类生活的方方面面，机器时代即将到来！

智能机器人的程序究竟是如何设计出来的呢？

智能机器人需要具备强健的“肢”、明亮的“眼”、灵巧的“嘴”以及聪慧的“脑”，这一切的实现实际上涉及诸多技术领域，需要艰辛的设计、开发与调试过程，必然会遇到棘手的问题和挑战。而一个小型的开发团队难以完成机器人各个方面的开发工作，因而需要一套合作开发的框架与模式，以期能够快速集成已有的功能，省却重复劳动的时间。早在 2008 年，我们在与澳大利亚的布劳恩教授交流时，就得知他们开发了一套商业化的“RoBIOS”机器人操作系统，这套系统将一些常用的机器人底层功能进行了封装，可极大简化高级功能的开发。据他们介绍，这是最早的“机器人操作系统”，但由于产品不开源且价格昂贵，我们最终未能一试为快。后来在网络中不断地寻觅，最终发现了 ROS，由于其开源、开放的特性，一下子就引起了我们极大的兴趣。

我们于 2010 年建立了易科机器人 QQ 群进行讨论，从而结识了国内最早期的一些机器人研究者和 ROS 探索者。由于早期相关资料非常匮乏，我们于 2012 年创建了博客 (blog.exbot.net) 以进行技术分享与交流。易科机器人开发组成员在此期间贡献了大量的教程和开发笔记，在此向他们的无私奉献表示感谢与敬意！近年来，随着机器人的迅猛发展，ROS 得到了更为广泛的使用，国内也出现了一些优秀的项目，包括“星火计划”ROS 公开课 (blog.exbot.net/spark)、“HandsFree”ROS 机器人开发平台 (wiki.exbot.net) 等。

出版界近年来也是硕果累累，本书第 1 版便是国内第一本 ROS 译著，由于实用性强，已经多次重印。第 2 版针对近年来 ROS 的最新发展，对书中部分内容进行了修订，并增加了第 6 章和第 10 章。本书涵盖了使用 ROS 进行机器人编程的最新知识与方法，通过 ROS 编程实践能够帮助你理解机器人系统设计与应用的现实问题。在机器人开发实践中，我们认为除了成功的喜悦外，还看到机器人学目前所处的发展阶段：核心技术尚未成熟、诸多功能尚不完备、bug 多……但我们相信，有了 ROS 的开源精神和完备的合作开发框架，很多问题会

迎刃而解。唯一迫切需要的就是期待你加入机器人的开发和研究中来，一起推动开源机器人技术的发展与普及！

本书第2版与第1版的重叠部分主要沿用了刘品杰在第1版中的翻译，个别词汇根据习惯进行了修改。具体来说，第1至5章和第10章由张瑞雷翻译，第6章由张波翻译，第7至9章由刘锦涛翻译，吴中红和李静老师对全书进行了审阅，最后由刘锦涛对全书进行了修改润色和统稿整理。感谢杨维保、马文科等人对本书提出的修改建议！

我们将会 [在 books.exbot.net](http://books.exbot.net) 发布本书的其他相关资源。

前言 | Preface

本书第2版概括性地介绍了ROS系统的各种工具。ROS是一个先进的机器人操作系统框架，现今已有数百个研究团体和公司将其应用在机器人行业中。对于机器人技术的非专业人士来说，它也相对容易上手。在本书中，你将了解如何安装ROS，如何开始使用ROS的基本工具，以及最终如何应用先进的计算机视觉和导航工具。

在阅读本书的过程中无需使用任何特殊的设备。书中每一章都附带了一系列的源代码示例和教程，你可以在自己的计算机上运行。这是你唯一需要做的事情。

当然，我们还会告诉你如何使用硬件，这样你可以将你的算法应用到现实环境中。我们在选择设备时特意选择一些业余用户负担得起的设备，同时涵盖了在机器人研究中最典型的传感器或执行器。

最后，由于ROS系统的存在使得整个机器人具备在虚拟环境中工作的能力。你将学习如何创建自己的机器人并结合功能强大的导航功能包集。此外如果使用Gazebo仿真环境，你将能够在虚拟环境中运行一切。第2版在最后增加了一章，讲如何使用“Move it!”包控制机械臂执行抓取任务。读完本书后，你会发现已经可以使用ROS机器人进行工作了，并理解其背后的原理。

主要内容

第1章介绍安装ROS系统最简单的方法，以及如何在不同平台上安装ROS，本书使用的版本是ROS Hydro。这一章还会说明如何从Debian软件包安装或从源代码进行编译安装，以及在虚拟机和ARM CPU中安装。

第2章涉及ROS框架及相关的概念和工具。该章介绍节点、主题和服务，以及如何使用它们，还将通过一系列示例说明如何调试一个节点或利用可视化方法直观地查看通过主题发布的消息。

第3章进一步展示ROS强大的调试工具，以及通过对节点主题图形化将节点间的通

信数据可视化。ROS 提供了一个日志记录 API 来轻松地诊断节点的问题。事实上，在使用过程中，我们会看到一些功能强大的图形化工具（如 `rqt_console` 和 `rqt_graph`），以及可视化接口（如 `rqt_plot` 和 `rviz`）。最后介绍如何使用 `roscpp` 和 `rqt_bag` 记录并回放消息。

第 4 章介绍 ROS 系统与真实世界如何连接。这一章介绍在 ROS 下使用的一些常见传感器和执行器，如激光雷达、伺服电动机、摄像头、RGB-D 传感器、GPS 等。此外，还会解释如何使用嵌入式系统与微控制器（例如非常流行的 Arduino 开发板）。

第 5 章介绍 ROS 对摄像头和计算机视觉任务的支持。首先使用 FireWire 和 USB 摄像头驱动程序将摄像头连接到计算机并采集图像。然后，你就可以使用 ROS 的标定工具标定你的摄像头。我们会详细介绍和说明什么是图像管道，学习如何使用集成了 OpenCV 的多个机器视觉 API。最后，安装并使用一个视觉里程计软件。

第 6 章将展示如何在 ROS 节点中使用点云库。该章从基本功能入手，如读或写 PCL 数据片段以及发布或订阅这些消息所必需的转换。然后，将在不同节点间创建一个管道来处理 3D 数据，以及使用 PCL 进行缩减采样、过滤和搜索特征点。

第 7 章介绍在 ROS 系统中实现机器人的第一步是创建一个机器人模型，包括在 Gazebo 仿真环境中如何从头开始对一个机器人进行建模和仿真，并使其在仿真环境中运行。你也可以仿真摄像头和激光测距传感器，为后续学习如何使用 ROS 的导航功能包集和其他工具奠定基础。

第 8 章是两章关于 ROS 导航功能包集中的第 1 章。该章介绍如何对你的机器人进行使用导航功能包集所需的初始化配置。然后用几个例子对导航功能包集进行说明。

第 9 章延续第 8 章的内容，介绍如何使用导航功能包集使机器人有效地自主导航。该章介绍使用 ROS 的 Gazebo 仿真环境和 `rviz` 创建一个虚拟环境，在其中构建地图、定位机器人并用障碍回避做路径规划。

第 10 章讨论 ROS 中移动机器人机械臂的一个工具包。该章包含安装这个包所需要的文档，以及使用 MoveIt! 操作机械臂进行抓取、放置，简单的运动规划等任务的演示示例。

预备知识

我们写作本书的目的是让每位读者都可以完成本书的学习并运行示例代码。基本上，你只需要在计算机上安装一个 Linux 发行版。虽然每个 Linux 发行版应该都能使用，但还是建议你使用 Ubuntu 12.04 LTS。这样你可以根据第 1 章的内容安装 ROS Hydro。

对于 ROS 的这一版本，你将需要 Ubuntu 14.04 之前的版本，因为之后的版本已经不再

支持 Hydro 了。

对于硬件要求，一般来说，任何台式计算机或笔记本电脑都满足。但是，最好使用独立显卡来运行 Gazebo 仿真环境。此外，如果有足够的外围接口将会更好，因为这样你可以连接几个传感器和执行器，包括摄像头和 Arduino 开发板。

你还需要 Git (git-core Debian 软件包)，以便从本书提供的源代码中复制库。同样，你需要具备 Bash 命令行、GNU/Linux 工具的基本知识和一些 C/C++ 编程技巧。

目标读者

本书的目标读者包括所有机器人开发人员，可以是初学者也可以是专业人员。它涵盖了整个机器人系统的各个方面，展示了 ROS 系统如何帮助完成使机器人真正自主化的任务。对于听说过却从未使用过 ROS 的机器人专业学生或科研人员来说，本书将是非常有益的。ROS 初学者能从本书中学习 ROS 软件框架的很多先进理念和工具。不仅如此，经常使用 ROS 的用户也可能从某些章节中学习到一些新东西。当然，只有前 3 章是纯粹为初学者准备的，所以那些已经使用过 ROS 的人可以跳过这部分直接阅读后面的章节。

源代码和彩色图片下载

可以从你在 <http://www.packtpub.com> 中的账户下载所有已购买的 Packt Publishing 出版的书籍的示例代码文件。如果你在其他地方购买了这本书，可以访问 <http://www.packtpub.com/support> 并注册，文件会通过电子邮件直接发送给你。还可以从 https://github.com/AaronMR/ROS_Book_Hydro 下载源代码文件。

我们同时提供了本书所有彩色的屏幕截图、对话框的 PDF 文件，这些彩色图片能够更好地帮助你理解输出的变化。可以从 http://www.packtpub.com/sites/default/files/downloads/7580OS_ColorImages.pdf 下载这个文件。

About the Authors | 作者简介

Enrique Fernández 在拉斯帕尔马斯大学获得计算机工程博士学位，目前是 Clearpath Robotics 公司高级机器人工程师。2009 年他完成了关于 SLAM 的硕士学位论文。2013 年他的博士论文解决了自主水下滑翔器 (AUG) 的路径规划问题。那段时间，他还研究了计算机视觉、人工智能以及其他机器人学课题，例如赫罗纳大学的 CIRS/ViCOROB 研究实验室 AUV 的惯性导航系统和视觉 SLAM。他在 2012 年参加了欧洲学生自主水下航行器设计挑战赛 (Student Autonomous Underwater Challenge-Europe, SAUC-E) 并获奖，在 2013 年作为合作者参与了 SAUC-E。

获得博士学位后，Enrique 作为高级机器人工程师在 2013 年 6 月加入 PAL Robotics 公司的自主导航部门。在那里，他开发了用于 REEM、REEM-C 和移动机器人以及相关项目的软件，如使用 ROS 框架的 Stockbot。他的研究方向包括运动规划 (路径规划和移动机器人控制)、机器人定位和 SLAM。在 2015 年，他作为高级自主系统开发人员加盟 Clearpath Robotics 公司的自主系统部门从事 SLAM 相关工作。

在学术方面，Enrique 发表了多篇会议论文，其中两篇于 2011 年发表在《International Conference of Robotics and Automation》(ICRA) 上。他是 Packt Publishing 出版的第 1 版《ROS 机器人程序设计》和其他一些书部分章节的作者。他的硕士学位论文是关于室内机器人的 FastSLAM 算法，此机器人装备了 SICK 激光扫描仪以及 Pioneer 差动平台的轮式里程计。他的博士学位论文是关于 AUG 的路径规划算法和工具。他还拥有电子和嵌入式系统 (如 PC104 和 Arduino) 的开发经验。他的研究背景包括 SLAM、计算机视觉、路径规划、优化、机器人学和人工智能。

我要感谢这本书的合著者，感谢他们为完成这本书所付出的努力以及提供了无数示例的代码。我还要感谢博士学位论文期间大学智能系统和计算工程研究所 (University Institute of Intelligent Systems and Computational Engineering, SIANI) 和 水下机器人研究中心 (Center of Underwater Robotics Research, CIRS/ViCOROB) 的研究小组成员。我也要感谢在 PAL 机器

人公司的同事，在那里我学到很多关于 ROS、机器人运动以及仿人双足机器人的知识，不仅有软件，还有电子和硬件设计。最后，我要感谢我的家人和朋友的帮助与支持。

Luis Sánchez Crespo 在拉斯帕尔马斯大学获得了电子与电信工程的双硕士学位。他曾在技术开发和创新研究所 (IDETIC)、加那利群岛海洋平台 (PLOCAN) 和应用微电子研究所 (IUMA) 与不同的研究小组合作，进行超分辨率算法成像研究。

他的专业兴趣包括应用于机器人系统的计算机视觉、信号处理和电子设计。因此，他加入了 AVORA 团队，这批年轻的工程师和学生从零开始从事自主水下航行器 (AUV) 的开发工作。在这个项目中，Luis 开始开发声学 and 计算机视觉系统，用于提取不同传感器的信息，例如水听器、声呐和摄像头。

依托海洋技术的强大背景，Luis 与人合作创办了一家新的初创公司 **Subsea Mechatronics**，致力于为水下环境开发遥控操作和自主航行器。

下面是海洋技术工程师和企业家 (LPA Fabrika: Gran Canaria Maker Space 的联合创始人和制造商) **Dario Sosa Cabrera** 对 Luis 的评价：

“他很热情，是一个多学科的工程师。他对工作负责。他可以自我管理，并承担一个团队领导者的责任，如在 SAUC-E 竞赛中领导了 AVORA 团队。他在电子和电信领域的背景让其具备从信号处理和软件到电子设计和制造的广泛专业知识。”

Luis 作为技术审校者参与了 Packt Publishing 出版的第 1 版《ROS 机器人程序设计》的相关工作。

首先，我要感谢 Aaron、Anil 以及 Enrique 邀请我参与编写这本书。和他们一起工作非常快乐。同时，我也要感谢水下机电团队关于重型水下机器人的丰富经验，这些年我们一起成长。我必须提到 LPA Fabrika: Gran Canaria Maker Space，他们备课和讲授教育机器人及技术项目极富热情，与他们共享工作环境也非常令人激动。

最后，我要感谢我的家人和女朋友对我参与的每个项目的大力支持和鼓励。

Anil Mahtani 是一名从事水下机器人工作 5 年的计算机科学家。他第一次在该领域工作是在完成硕士论文期间为低成本 ROV 开发软件架构。在此期间，他也成为 AVORA 的团队领导者和主要开发人员，这个团队的高校学生设计和开发了一个自主水下航行器并参加了 2012 年的 SAUC-E。同年，他完成了论文并获得了拉斯帕尔马斯大学的计算机科学硕士学位。此后不久，他成为 SeeByte 公司的软件工程师，这家公司是水下系统智能软件解决方案的全球领导者。

在 SeeByte 公司工作期间，Anil 参与了军方、石油和天然气公司的一些半自主和自主水下系统的核心开发。在这些项目中，他积极参与自主系统开发、分布式软件体系结构设计和底层软件开发，同时也为前视声呐图像提供计算机视觉解决方案。他还获得了项目经理职位，管理一个开发和维护内核 C++ 库的工程师团队。

他的专业兴趣主要包括软件工程、算法、分布式系统、网络和操作系统。Anil 在机器人方向主要负责提供高效和健壮的软件解决方案，不仅解决当前存在的问题，还预见未来的问题或可能的改进。鉴于他的经验，他在计算机视觉、机器学习和控制问题上也有独特的见解。Anil 对 DIY 和电子学有兴趣，并且开发了一些 Arduino 库回馈社区。

首先，我要感谢我的家人和朋友的支持，他们总是在我最需要的时候帮助我。我也要感谢我的同事和朋友 David Rubio Vidal、Emilio Migueláñez Martín 和 John Brydon 给我最大的支持，他们以专业的方式教我很多知识。我还要感谢我在 SeeByte 和 AVORA 团队的同事，这些年从他们那里学习并经历很多。最后，我要特别感谢 Jorge Cabrera Gámez，他的指导和建议成就了我自己从未想象到的职业生涯。

Aaron Martinez 是数字化制造领域的电脑工程师、企业家和专家。他于 2010 年在拉斯帕尔马斯大学的 Instituto Universitario de Cienciasy Tecnologias Cibernticas (IUCTC) 完成硕士学位论文。他在远程监控领域使用沉浸式设备和机器人平台准备硕士学位论文。得到学位后，他参加了在奥地利林茨开普勒大学研究所的机器人学实习计划。在实习期间，他作为团队的一员使用 ROS 和导航包集进行移动平台开发。之后，他参与了有关机器人的项目，其中一个是在拉斯帕尔马斯大学的 AVORA 项目。在这个项目中，他参与自主水下航行器制作，并参与意大利的 SAUC-E。2012 年，他负责维护这个项目；2013 年，他帮助从 ROS 向机器人平台移植导航包集和其他算法。

最近，Aaron 与人共同创立了一家名为 SubSeaMechatronics SL 的公司。这家公司从事与水下机器人和遥控系统相关的项目，还设计和制造水下传感器。公司的主要目标是开发用于研发原型和重型机械手的定制解决方案。

Aaron 有许多领域的经验，比如编程、机器人、机电一体化、数字化制造以及 Arduino、BeagleBone、服务器和激光雷达等设备。如今，他在 SubSeaMechatronics SL 公司从事水下和空中环境的机器人平台设计。

我要感谢我的女朋友，她在我写这本书时给我支持以及给我继续成长的动力。我还要感

谢 Donato Monopoli (加那利群岛技术研究所 (ITC) 生物医学工程部门的主管), 以及 ITC 所有的工作人员, 感谢他们使我懂得数字制造、机械以及组织工程, 我在此度过了生命中最美好的时光。

感谢我大学的同事, 特别是 Alexis Quesada, 他给了我在准备硕士论文时创建我第一个机器人的机会。和他们一起工作, 使我学习到很多关于机器人的知识。

最后, 我要感谢家人和朋友的帮助与支持。

About the Reviewers | 审校者简介

Piotr Gródek 是一位对计算机视觉和图像处理感兴趣的 C++ 程序员。他曾经是嵌入式程序员，现在工作于银行。他是开源游戏和无人驾驶汽车的开发者。空闲时间他喜欢跑步、打壁球和阅读。

Akihiko HONDA 是空间机器人工程师。他于 2012 年在东京工业大学完成了硕士论文。目前他正在东京工业大学进行博士课程学习。

他的研究兴趣包括与空间机器人的远程操作和自动化相互对应的灵活或可变形的材料。他的一个目标是通过开发更好的自动控制系统提高飞船在太空的性能和稳定性。在早期的研究中，他参与了包含大型太阳能电池阵列和用于捕捉国际空间站的空间机械臂的地球观测卫星的工作。目前，他计划将其研究成果应用于空间太阳能电力系统、行星探测车等。他作为最佳参赛者获奖，并在日本天文学会举办的 JSF 卫星设计竞赛中因提出使用其研究的一个新型探索宇宙飞船而获奖。

他在大学的研究过程中，还参与了由日本太空发展署指挥的一些项目。在 JEM (REX-J) 项目的机器人实验中，他参与了在轨道上的实验设备支持操作并在研究中获得灵感。他还参加了一个为宇航员开发可穿戴机械臂的项目并开发了手动控制系统。目前他正工作于两个探索机器人项目。其中一个开发名为“KENAGE”的可变形的探测车，用于克服月球和火星特殊的崎岖地形。这个探测车正在使用 GAZEBO 仿真器进行可行性实验测试。在另一个项目中，他为 JumpingScouter 开发了一个环境识别系统。

2013 年，他参与了萨利大学的 SMART 探测器项目，开发环境保护和识别系统。同时，他也参与了探测车在真实环境中检测实际功能的现场实验。

我要感谢 JAXA 的 Hiroki KATO 给我打开了 ROS 的大门并对我的研究给予宝贵建议。我还要感谢 Mitsushige ODA 教授、Hiroki NAKANISHI 教授以及东京工业大学空间机器人实验室的同事。他们分享了空间机器人的美好前景，提供了建议，并支持我在研究中使用 ROS

实现它们。我也要感谢萨利大学 STAR 实验室的教授和同事给我提供在真实环境中使用 ROS 的重要建议。我特别感谢来自大加那利岛的朋友给我介绍这令人振奋的工作。

最后，我要感谢我的家人 Yoshihiko、Nobuko 和 Ayaka 对我的生活和梦想的支持，同时感谢女朋友对我的理解。

Matthieu Keller 是一位热爱技术和计算机科学的法国工程师。他接受的教育涉及计算和机器人学，这使他成为一名爱好者。他审校了本书的第 1 版。

Aridane J. Sarrionandia de León 研究计算机科学，并对机器人学和自主航行器有非常大的兴趣。他的学位课题是关于使用声呐的水下地图构建，为此他在自主水下航行器中使用 ROS 工作。他有自主系统和 ROS 的经验。他熟悉 OpenCV 和 PCL，目前正在开发自主水面航行器的控制系统。

我要感谢 Luis 和 Aaron 给我这个机会审校这本书。同时，我要感谢拉斯帕尔马斯大学的 AVORA 团队，特别是 Aaron、Luis 和 Enrique，他们给我介绍了 ROS 的神奇之处，并帮助我探索自主航行器世界。感谢我的导师 Jorge Cabrera Gámez，他让我有机会成为 AVORA 团队的一员。

最后，我要感谢我的家人和朋友在我生活中出现问题时支持我，特别要感谢 Eva 纠正我不清晰的语句。