





科研版•操作手册



作者	版本	编订日期
国际科教局	1.0	2017/2/11

内容提要

Sawyer 机器人是总部位于波斯顿的美国 Rethink Robotics 公司推出的一款新型协作型机器人。Sawyer 配备了基于 ROS(Robot Operating System)的软件开发套件 (SDK),是一个安全、经济且强大的平台。

目前全球大多数实验室和学校都配有 Sawyer,该机器人广泛应用于机械手臂运动规划、 柔顺协调控制、机器视觉、人机交互等领域的科研和教学活动。

此操作手册共分三个部分,分别是 Sawyer 设置,工作站设置,运行示例。

Sawyer 设置部分包括:硬件配置、工作空间选择、夹持器安装等。

工作站设置包括: Ubuntu 及 ROS 安装、依赖软件包安装、SDK 安装等。

运行示例包括:使能机器人、运行示例程序。

通过使用该手册,初学者能够快速熟悉 Sawyer 的基本控制和工作流程,对其软硬件有一定初步认识。



目录

内容提要2
1 Sawyer 设置4
1.1 所需硬件4
1.2 选择合适的工作空间4
1.3 Sawyer 安装6
1.3.1 底座安装6
1.3.2 机械臂安装7
1.3.3 控制箱安装9
1.3.4 接线9
1.4 安装夹持器10
1.4.1 安装电动夹持器(可选)10
1.4.2 安装气动夹持器(可选)12
1.5 打开电源13
2 工作站设置14
2.1 安装 Ubuntu14
2.2 安装 ROS18
2.3 安装 SDK
3 运行 Hello Robot 示例

1 Sawyer 设置

1.1 所需硬件

- 24mm 套筒扳手(用于底座安装)
- 平头螺丝刀用于底座安装)
- 6mm 内六角扳手
- 电动平行夹持器或气动夹持器
- Sawyer 底座
- 内六角扳手一套
- USB 键盘
- 路由器及网线

1.2 选择合适的工作空间

Sawyer 机器人在工作时应保留足够的空间以免机械臂碰到障碍物停止运动,Sawyer 工作空间分布参考图 1.1-图 1.3。



图 1.1 Sawyer 工作空间





图 1.2 Sawyer 工作空间俯视图



图 1.3 Sawyer 工作空间侧视图

1.3 Sawyer 安装

将 Sawyer 机械臂、底座、夹持器等从木箱或纸箱中拆出来。

1.3.1 底座安装

- 1、使用平头螺丝刀,撬开木箱金属片,拆开机械臂箱子;
- 2、使用相同的方法,拆开底座木箱;
- 3、推出底座,底座重77公斤(169磅);
- 4、锁定底座轮子;
- 5、打开底座箱中三个纸箱中最大的一个,取下2个螺杆;
- 6、从箱中钢筒放在底座上,同时对齐缺口;
- 7、将手把放在立柱顶部,平面远离立柱和基座上的凹口;
- 8、将螺杆插入两个大孔中,同时确保垫圈保持在原位;
- 9、使用 24mm 套筒拧紧螺杆,如图 1.4-1.5 所示。





图 1.4 拧紧螺杆



1.3.2 机械臂安装

将机械臂安装在底座上,如图 1.6-1.7 所示,注意定位销的位置。





图 1.6 将机械臂安装在底座上



图 1.7 注意定位销



1.3.3 控制箱安装



将控制箱安装在底座上,如图 1.6 所示。

图 1.7 将控制箱安装在底座上

1.3.4 接线

将电源线、急停开关等连好, Sawyer 支持通用电源接口,工作电压, 90 - 264V AC (47 - 63Hz),最大功耗 480W。





图 1.8 接线

1.4 安装夹持器

为了使用 Rethink Robotics 的电动或气动夹持器,首先需要在机械臂末端安装适配法兰 (ADAPTER TOOL PLATE),如图 1.9 所示。



STANDARD TOOL PLATE

ADAPTER TOOL PLATE

图 1.9 安装转接法兰

1.4.1 安装电动夹持器(可选)

参考图 1.10-1.12 所示步骤。



图 1.10 安装电动夹持器基座



图 1.11 选择不同开度的手指



图 1.12 选择指端

1.4.2 安装气动夹持器(可选)

参考图 1.13-图 1.14 所示步骤。





图 1.13 安装气动夹持器基座







1.14 打开控制箱连接气管

1.5 打开电源

至此, Sawyer 机器人硬件配置已经完成, 打开控制箱电源开关, 约 3 分钟后会显示图 1.15 的欢迎界面。





2 工作站设置

2.1 安装 Ubuntu

此手册以 Ubuntu 14.04 为例。

- A)下载 Ubuntu 镜像: <u>http://releases.ubuntu.com/trusty/ubuntu-14.04.3-desktop-amd64.iso</u>
- B)创建 USB 启动盘,可使用 Unetboot 或 Rufus:
 Unetboot 下载链接: <u>http://unetbootin.github.io/</u>
 Rufus 下载链接: <u>https://rufus.akeo.ie/</u>
 下面以 Rufus 为例介绍如何制作 USB 启动盘。
 - 1、打开 Rufus,选择 USB 设备;

	Davica		6+-
			A* .
	UBUNIU (F:) [4GB]		~
	Partition scheme and target system	n type	
	MBR partition scheme for BIOS or	UEFI	~
	File system		
	FAT32		~
9	Cluster size		
ntu-16	4096 bytes (Default)		~
	New volume label		
	UBUNTU		
	Format Options 🔽		
	Check device for bad blocks	1 Pass	~
	Quick format		
	Create a bootable disk using	FreeDOS	~ <u>3</u>
	Create extended label and ico	n files	
	PEAR	NV	
	,	//	
	About Log	Start	Close
	No image selected		**

2、选择下载的 Ubuntu 镜像;



	ar Open							/
	← → * ↑ 🗖	This P	C > Desktop		5 V	Search Desktor	р	Q
	Organise 👻 Nev	<i>w</i> folder						0
	Desktop	* ^	Name	^	[Date modified	Туре	
<u>_</u>	Downloads	*	Jubuntu-16	.04-desktop-amd64	3	1/03/2016 09:06	Disc Image	e File
ntu-16	 Documents Pictures 00 - Angelas D 01 balance she 07 resume 	* * Doc eet						
	 08 timesheets Dropbox This PC 							
	 08 timesheets Dropbox This PC DRUNTLY (5) 	v ≺	er ubuntu 16 (M. derkton amdéd		ISO Image (* i	50)	

3、点击"Yes"下载 Syslinux 软件;

	Device UBUNTU (F:) [4G	§ ≱ ▼ B] ✓			
	Partition scheme	and target system type			
	MBR partition s	cheme for BIOS or UEFI 🗸 🗸			
	File system				
	FAT32	~			
untu-16	Cluster size 4096 bytes (Defa New volume lab Ubuntu 16.04 L Format Option Check devic Quick forma Create a boo Create exter	Download required × Integers This image uses Syslinux 6.03/20151222 but this application only includes the installation files for Syslinux 6.03/2014-10-06. Integers As new versions of Syslinux are not compatible with one another, and it wouldn't be possible for Rufus to include them all, two additional files must be downloaded from the Internet ('Idlinux.sys' and 'Idlinux.bss'): Integers Select 'Yes' to connect to the Internet and download these files Integers Select 'No' to cancel the operation Note: The files will be downloaded in the current application directory and will be reused automatically if present.			
	About Using image: ubu	Yes No Log Start Close ntu-16.04-desktop-amd64.iso #			

4、点击"OK"以 ISO 方式写入;

诺森可人机协作智造未来

	Kutus 2.8.886 — 🗌 X
	Device 😥
	UBUNTU (F:) [4GB]
	Partition scheme and target system type
	MBR partition scheme for BIOS or UEFI \checkmark
	File system
	EAT22
ISOH	ybrid image detected
	 written eitner in ISO Image (file copy) mode or DD Image (disk image) mode. Rufus recommends using ISO Image mode, so that you always have full access to the drive after writing it. However, if you encounter issues during boot, you can try writing this image again in DD Image mode. Please select the mode that you want to use to write this image: Write in ISO Image mode (Recommended) Write in DD Image mode
	OK Cancel
	Downloading: 100.0%
	About Log Start Close
	Uting image ubuntu 16.04 desites and 64 ice #
	Using image: upuntu- 10.04-desktop-amdo4.iso #

5、确认 USB 设备;

诺森可人机协作 智造未来

	🖋 Rufus 2.8.886	- 0	\times		
	Device		€⇒≁		
	UBUNTU (F:) [4GB]		~		
	Partition scheme and target syste	em type			
	MBR partition scheme for BIOS	or UEFI	~		
	File system				
	FAT32		~		
9	Cluster size				
untu-16	4096 bytes (Default)		~		
	New volume label				
	romat options				
	 ☐ Check device for I ☑ Quick format ☑ Create a bootable ☑ Create extended I 	WARNING: ALL DATA DESTROYED. To continue with this o	ON DEVICE	UBUNTU (F:) [4G ick OK. To quit cl OK	B]' WILL BE ick CANCEL. Cancel
	Check device for I Quick format Create a bootable Create extended I	WARNING: ALL DATA DESTROYED. To continue with this of	ON DEVICE	UBUNTU (F:) [4G iick OK. To quit cl OK	B]' WILL BE ick CANCEL. Cancel
	Create a bootable Create extended I Downloadi	WARNING: ALL DATA DESTROYED. To continue with this of ing: 100.0%	ON DEVICE operation, cl	UBUNTU (F:) [4G iick OK. To quit cl	B]' WILL BE ick CANCEL. Cancel
	Check device for I Quick format Create a bootable Create extended I Downloadi About Log	WARNING: ALL DATA DESTROYED. To continue with this of ing: 100.0% Start Cl top-amd64.iso #	ON DEVICE operation, cl	UBUNTU (F:) [4G iick OK. To quit cl OK	B]' WILL BE ick CANCEL. Cancel

6、写入完成后,重启电脑,选择从U盘启动。

瑞森可人机协作智造未来

	Device	र्रुइ∙			
	Ubuntu 16.04 LTS amd64 (F:) [4GB]	~			
	Partition scheme and target system type				
	MBR partition scheme for BIOS or UEFI	~			
	File system				
	FAT32	~			
	Cluster size				
ountu-16	4096 bytes (Default)	~			
	New volume label				
	Ubuntu 16.04 LTS amd64				
	Format Options 🔽				
	Check device for bad blocks 1 Pass	~			
	Create a bootable disk using ISO Image	~ <u>3</u>			
	Create extended label and icon files				

2.2 安装 ROS

此手册以 ROS Indigo 为例。

1、配置 Ubuntu 软件仓库

配置你的 Ubuntu 软件仓库(repositories) 以允许 "restricted"、"universe" 和 "multiverse"这三种安装模式。

2、添加 sources.list

配置你的电脑使其能够安装来自 packages.ros.org 的软件。 ROS Indigo 仅 支持 Saucy (13.10) 和 Trusty (14.04)。

sudo sh -c 'echo "deb http://packages.ros.org/ros/ubuntu \$(lsb_release -sc) main" > /
etc/apt/sources.list.d/ros-latest.list'

3、添加 keys



sudo apt-key adv --keyserver hkp://pool.sks-keyservers.net --recv-key 0xB01FA116

4、安装

首先,确保你的 Debian 软件包索引是最新的:

sudo apt-get update

ROS 中有很多各种函数库和工具,我们为你提供了四种默认安装方式,你也可以单独 安装某个指定软件包。

桌面完整版安装: (推荐)包含 ROS、rqt、rviz、通用机器人函数库、2D/3D 仿真器、 导航以及 2D/3D 感知功能。

sudo apt-get install ros-indigo-desktop-full

桌面版安装:包含 ROS、rqt、rviz 以及通用机器人函数库。

sudo apt-get install ros-indigo-desktop

基础版安装:包含 ROS 核心软件包、构建工具以及通信相关的程序库,无 GUI 工具。

sudo apt-get install ros-indigo-ros-base

单个软件包安装:你也可以安装某个指定的 ROS 软件包(使用软件包名称替换掉下面的 PACKAGE):

sudo apt-get install ros-indigo-PACKAGE

例如:

sudo apt-get install ros-indigo-slam-gmapping

要查找可用软件包,请运行:

apt-cache search ros-indigo

5、初始化 rosdep

在开始使用 ROS 之前你还需要初始化 rosdep。rosdep 可以方便在你需要编译某些 源码的时候为其安装一些系统依赖,同时也是某些 ROS 核心功能组件所必需用到的工具。

sudo rosdep init

rosdep update

6、环境设置

如果每次打开一个新的终端时 ROS 环境变量都能够自动配置好(即添加到 bash 会话中),那将会方便得多:



echo "source /opt/ros/indigo/setup.bash" >> ~/.bashrc

source ~/.bashrc

如果你安装有多个 ROS 版本, [~]/. bashrc 必须只能 source 你当前使用版本所对应 的 setup. bash。

如果你只想改变当前终端下的环境变量,你可以执行命令:

source /opt/ros/indigo/setup.bash

7、安装 rosinstall

rosinstall 是 ROS 中一个独立分开的常用命令行工具,它可以方便让你通过一条命令就可以给某个 ROS 软件包下载很多源码树。

要在 ubuntu 上安装这个工具,请运行:

sudo apt-get install python-rosinstall

2.3 安装 SDK

安装完 Ubuntu 14.04 和 ROS Indigo 之后,我们将在工作站上安装 Intera SDK。

1、创建 ROS 工作空间

\$ mkdir -p ~/ros_ws/src

2、编译安装

- \$ source /opt/ros/indigo/setup.bash
- \$ cd ~/ros_ws
- \$ catkin_make

3、安装 SDK 依赖

\$ sudo apt-get update

\$ sudo apt-get install git-core python-argparse python-wstool python-vcstools python-r osdep ros-indigo-control-msgs ros-indigo-joystick-drivers



4、安装 Sawyer 科研版 SDK

- \$ cd ~/ros_ws/src
- \$ wstool init .
- \$ git clone https://github.com/RethinkRobotics/sawyer_robot.git
- \$ wstool merge sawyer_robot/sawyer_robot.rosinstall
- \$ wstool update
- \$ source /opt/ros/indigo/setup.bash
- \$ cd ~/ros_ws
- \$ catkin_make
- \$ catkin_make install

5、网络设置

如下图所示,将 Sawyer 和工作站连接到路由器,注意**请使用控制箱外部的网口**。



瑞森可人机协作智造未来



6、修改 intera.sh,配置 Sawyer 通讯

- \$ cp ~/ros_ws/src/intera_sdk/intera.sh ~/ros_ws
- \$ cd ~/ros_ws
- \$ gedit intera.sh
- # 星号内为要修改的内容, robot_hostname 是控制箱的序列号!
- ** robot_hostname="robot_hostname.local"**
- **your_ip="192.168.XXX.XXX"**
- **ros_version="indigo"**

7、保存 intera.sh,初始化 SDK 运行环境

每次打开新的窗口,执行命令时,应该首先按下面步骤初始化 SDK 运行环境。

- \$ cd ~/ros_ws
- \$. intera.sh.

8、验证 SDK 安装

- \$ env | grep ROS
- # ROS_MASTER_URI 应是机器人的主机名
- # ROS_IP 应是工作站 IP
- # ROS_HOSTNAME 与 ROS_IP 选一即可,指定工作站主机名

运行 rostopic list 命令,如果一切正常您将看到下面输出。



/robot/navigators_states /robot/ref_joint_names /robot/set_joint_states /robot/set_homing_mode /robot/set_motor_voltage_low /robot/set_sim_mode /robot/set_super_enable /robot/set_super_reset /robot/set_super_reset /robot/set_super_stop /robot/state /robot/urdf /rosout /rosout_agg /tf /tf_action/cancel /tf_action/feedback /tf_action/feedback /tf_action/result /tf_action/result /tf_action/status /tf_static /update/progress /update/status /usb/ready

3 运行 Hello Robot 示例

1、设置 ROS 及 Intera SDK 运行环境

- \$ cd ~/ros_ws
- \$ source /opt/ros/indigo/setup.bash
- \$ catkin_make
- # Source intera.sh script
- \$. intera.sh

2、验证网络连接,查看 sawyer topics

```
# 确定 ROS 主节点 URI
$ env | grep ROS_MASTER_URI
# Ping ROS 主节点
$ ping <our ROS Master>
#如
$ ping 011303P0017.local
# sawyer topic 列表
```

瑞森可人机协作 智造未来

3、通过 SSH 从工作站登录 sawyer 机器人

```
$ $ ssh ruser@<our ROS Master>
# 密码: rethink
# 如:
$ ssh ruser@011303P0017.local
#现在已经登录到机器人,请从机器人 ping 工作站
ruser@p99 ~ $ ping <ROS_IP/ROS_HOSTNAME>
# 如
ruser@p99 ~ $ ping 192.168.101.99
# 或使用 ROS_HOSTNAME
ruser@p99 ~ $ ping yoda
$ . intera.sh.
```

4、使能机器人

- \$ cd ~/ros_ws
- \$. intera.sh.
- \$ rosrun intera_interface enable_robot.py -e

此时机器人已经处于工作状态,按住手腕处的薄膜按钮,机器人将进入零重力模式,您 可以自由拖动机械臂。

5、运行示例程序

\$ rosrun intera_examples head_wobbler.py

执行上述命令后, Sawyer 头部将左右摇动。

更多资料请参考: <u>http://sdk.rethinkrobotics.com/intera/Main_Page</u>