智能无人机技术设计实践
--ROS基础

徐远帆

联系方式: xuyf20@mails.tsinghua.edu.cn

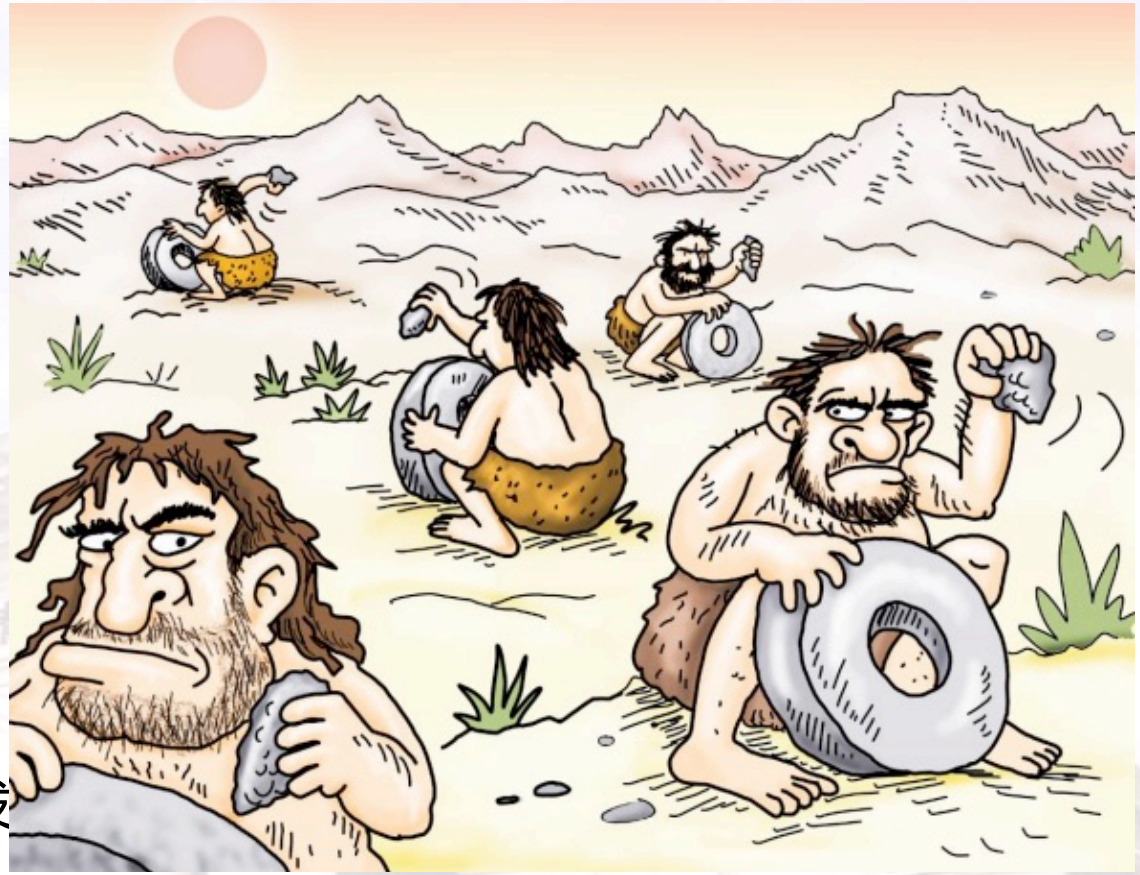
时间：2021年9月24日 Friday

ROS 基础

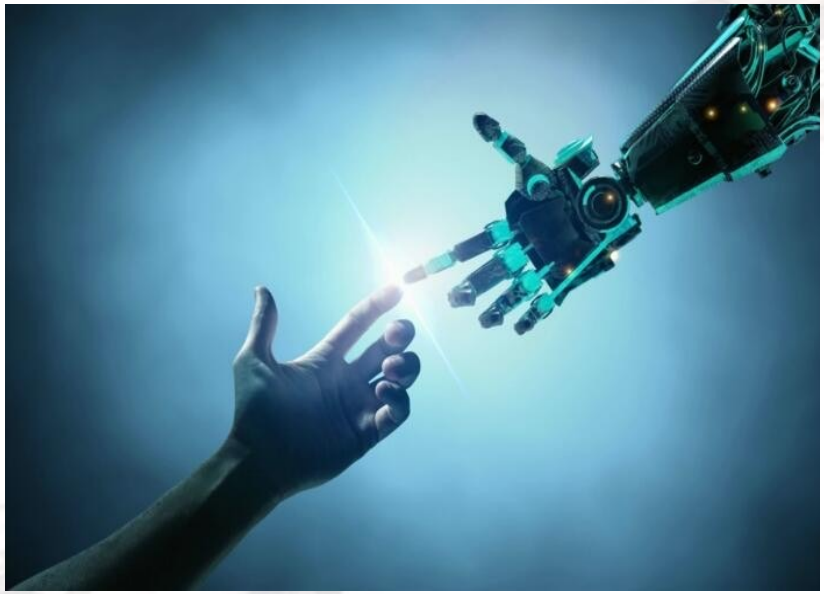
- 1. 为什么要用ROS
- 2. ROS 的核心思想
- 3. ROS 的基础组件
- 4. ROS 常用工具（备查询）

为什么要用ROS

- 不要重新造轮子：
  - 感知模块
  - 决策模块
  - 控制模块
  - 传感器模块
  - 电源管理
  - 可视化
  - 调试接口
  - …
- 这么多功能如何开发
  - 一套统一的框架



ROS 的起源



本世纪初，人工智能的研究热潮席卷全球，各种不同功能、不同结构的AI项目大量的出现。**人们需要一个有完整标准，统一接口和协议的AI搭建平台来便捷的开发不同的AI系统。**

斯坦福大学人工智能实验室创立了STAIR（Stanford Artificial Intelligence Robot）项目，并组创建了灵活的、动态的软件系统的原型，用于机器人技术。

在2007年，机器人公司Willow Garage和该项目组合作，他们十分具有前瞻性的，提供了大量资源进一步扩展了这些概念，经过具体的研究测试实现之后，大量的研究人员将他们的专业性研究贡献到ROS核心概念和其基础软件包，为ROS丰富的功能打下了基础。**ROS软件的开发自始至终采用开放的BSD协议，在机器人技术研究领域逐渐成为一个被广泛使用的平台。**

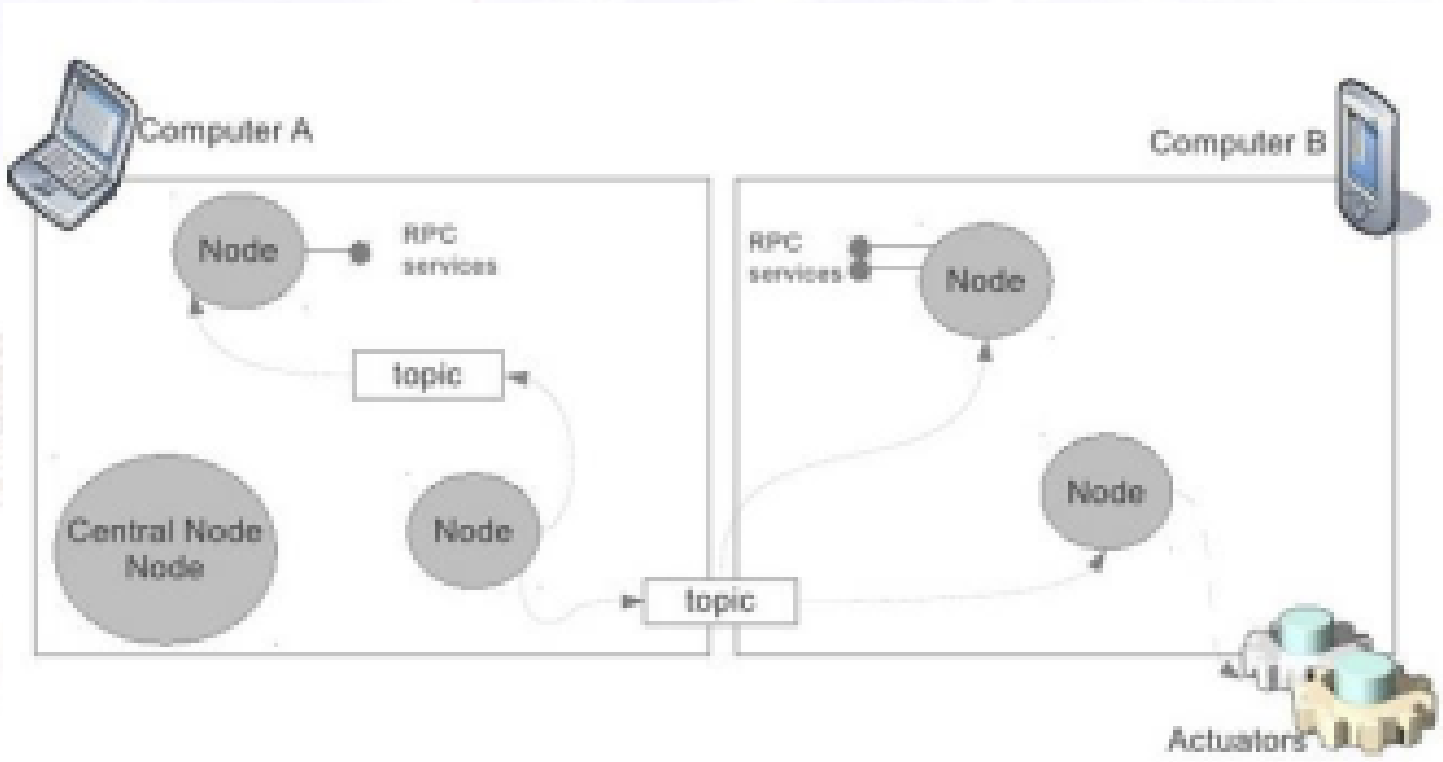
什么是ROS

ROS.org Robot Operating System

- 机器人的开发是一个庞杂的系统工程，涉及到机械、电子、控制、通信、软件等等诸多领域，个人独自开发面临着很多挑战。
- 随着机器人产业分工的细化，各个部件如底盘、电机、摄像头等分由不同的厂家进行生产，而各个部件需要一个统一的控制平台来完成集成。ROS操作系统就提供了这样一个平台来方便的进行机器人的操作。
- **ROS作为一个机器人编程框架或者说机器人的“操作系统”**，为各个零散的部件提供了通信的架构和标准，使机器人的感知、决策、控制算法可以更便捷、更精确的进行。
- ROS具有分布式点对点的特点，让每一个**进程**可以以独立的形式存在并运行，便于**模块化操作**下的功能实现和修改。

ROS 的基础组件

- Nodes
- Messages and Topics
- Services
- Parameters



ROS 的基础组件

➢Nodes：简单理解就是一个可执行程序

- 节点是各自独立的可执行文件，能够通过话题、服务或参数服务器与其他进程（节点）通信。
- ROS通过使用节点将代码和功能解耦，提高了系统容错能力和可维护性，使系统简化。同时，节点允许了ROS系统能够布置在任意多个机器上并同时运行。
- 节点在系统中必须有唯一的名称。
- 节点可以使用不同的库进行编写，如roscpp和rospy。
- roscpp基于C++
- rospy基于Python。

ROS 的基础组件

➢Topics：不同程序之间通过Topic进行通信

- 话题是节点间用来传输数据的总线。
- 1-to-N Publish/Subscribe 模式: 同一个话题也可以有很多个订阅者。
- 使用TCP/IP传输，称为TCPROS，ROS默认。
- 使用UDP传输，称为UDPROS，适合于远程操控任务。（低延迟高效率的传输方式，但可能产生数据丢失）。

ROS 的基础组件

➢Messages：话题的具体传输的信息

- 一个节点通过向特定话题发布消息 。
- 消息具有一定的类型和数据结构：包括 ROS 提供的标准类型和用户自定义类型 。
- 消息的类型标准命名方式进行约定：功能包名称 msg 文件名称
- 常用数据类型：
  - String
  - int32
  - 更多的消息类型可以上ROS官网查询（比如查询几何变换相关的消息） http://wiki.ros.org/geometry_msgs

ROS 的基础组件

- Services：话题/消息发出去不见得有回应，Service调用需要有应答
  - 1 to 1 Service/Client 模型：当你需要直接与节点通信并获得应答时，将无法通过话题实现，这时需要使用服务。
  - 服务需要由用户开发，节点并不提供标准服务。
  - 本课程只需要调用Service，不需要掌握Service维护方法。

ROS 的基础组件

- Parameters：对机器人的参数（传感器、算法）进行设置
  - 参数设置在参数服务器中
  - 用户在需要用到参数时可从参数服务器中获取，也可以手动更改参数服务器中的参数

. ROS 常用工具（备查询）

- 查询打印不同基础组件的信息
  - rostopic(Topics)
  - rosservice(Services)
  - rosnode(Nodes)
  - rosparam(Parameters)
  - rosmsg(Messages)
  - rossrv(Services)
- 可视化调试
  - rqt_graph （节点和消息）
  - rqt_tf_tree （查看tf树）
  - rivz （可视化消息）

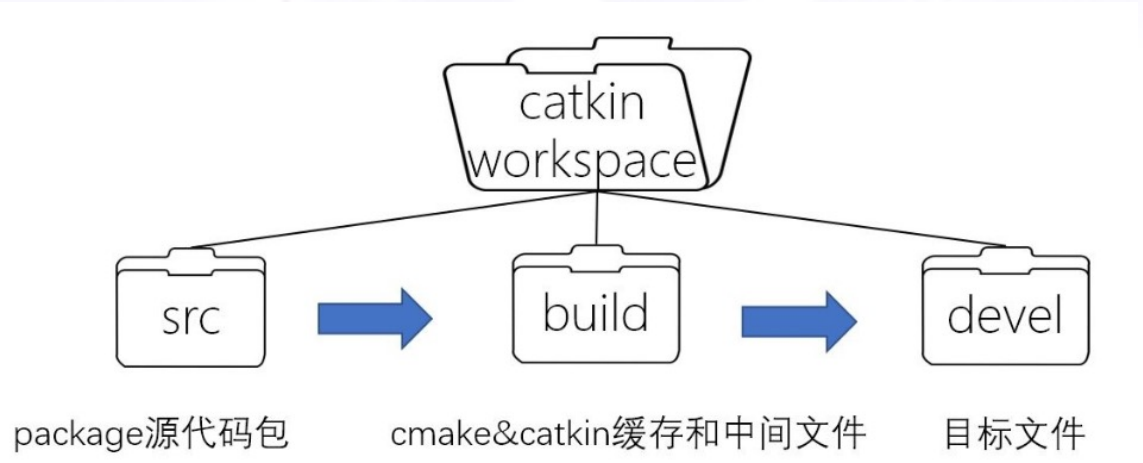
2 ROS文件系统

2.1 catkin编译及管理

- catkin编译系统
  - ROS系统支持的编程语言主要是C/C++和Python两种。
  - 源代码包需要经过编译才能被ROS所理解。
  - ROS选用了CMake这一编译工具，并对其进行了扩展，形成了ROS使用的catkin编译系统。
  - 一个catkin系统的软件包（package）必须要包含两个文件：
    - package.xml：包含了package的描述，例如包名, 功能描述, 版本号, 包作者等
    - CMakeLists.txt：构建package 所需的CMake文件
  - catkin封装后CMake编译工具操作简单，一个package编译过后可重复使用，非常方便。

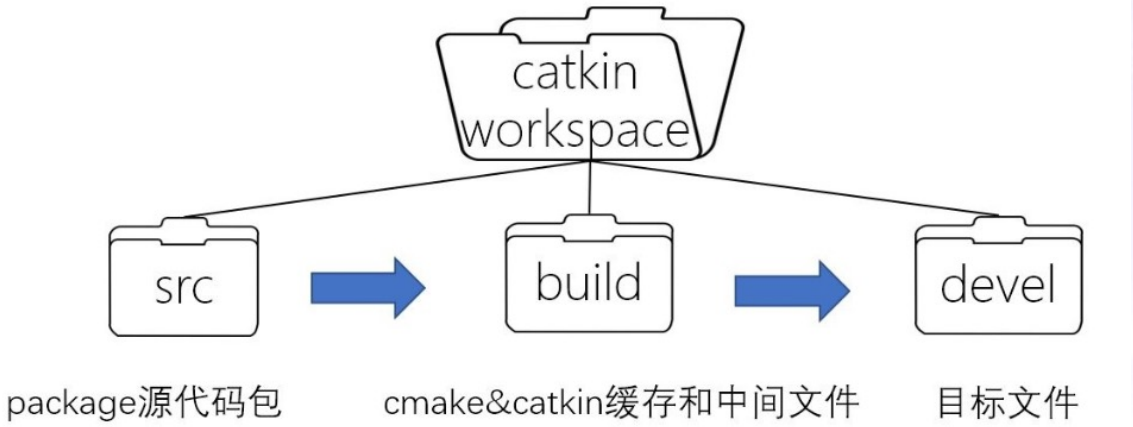
2.1 catkin编译及管理

- catkin工作空间
  - catkin工作空间是创建、修改、编译catkin软件包的目录。它相当于一个仓库，装载着ROS的各种项目工程，便于系统组织管理调用。在Linux下catkin工作空间是一个文件夹，所有的ROS工程都以package的形式放在这个文件夹里。
  - catkin工作空间的结构如下：

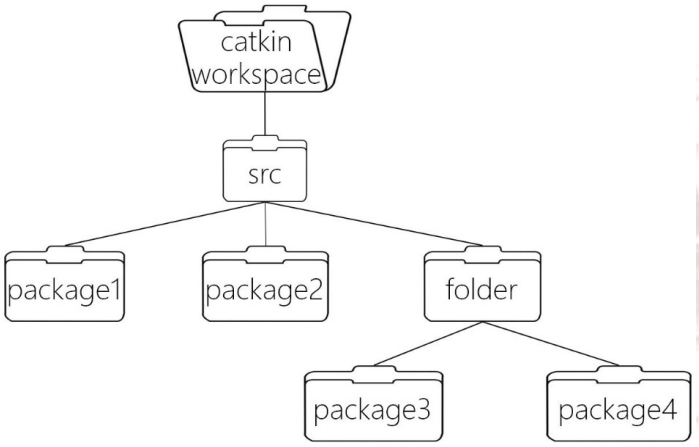


- ✓ /src：储存package软件包，是源代码的仓库。
- ✓ /build：CMake的缓存信息和中间文件。
- ✓ /devel：编译生成的环境变量和目标文件（头文件、动态链接库、静态链接库、可执行文件等）。

2.1 catkin编译及管理



- /build和/devel两个路径由catkin编译自动生成并管理，通常不需要涉及。
- 写好的软件包以package文件夹为单位储存在/src里，每次编译catkin会自动递归查找并编译所有在/src里的package，因此也可以把几个package放在同一个文件夹下，如：



2.2 package软件包

- package软件包

  package软件包是catkin编译的基本单元，任何ROS程序都需要组织成package才可以进行编译。ROS的源代码就储存在package里，一个package可以视作为一个完整的工程组，就像C++里的一个Project。

  package中的文件、路径如下：

  - CMakeLists.txt：定义package的编译规则，必需成分;
  - package.xml：package的描述文件，必需成分;
  - src/：存放.cpp和.py源代码的路径;
  - include/：存放C++源码对应的头文件;
  - scripts/：存放可执行脚本的路径，例如.sh和.py;
  - msg/：存放自定义格式的消息.msg;
  - srv/：存放自定义格式的服务.srv;
  - launch/：存放launch文件xxx.launch。

2.2 package软件包

- package相关的操作命令

1. rospack指令

rospack是对package管理的工具，用法如下表：

rospack指令	作用
rospack help	显示rospack用法
rospack list	列出本机所有package
rospack depends [package]	显示package的依赖包
rospack find [package]	定位某个package
rospack profile	刷新所有package的位置

2. roscd指令

roscd [package]：直接cd到该package的路径下

3. rosls指令

rosls [package]：直接列出该package中的内容

2.2 package软件包

- package相关的操作命令

4. rosdep指令

rosdep是package管理依赖项的工具，用法如下表：

rosdep指令	作用
rosdep check [package]	检查package的依赖是否满足
rosdep install [package]	安装package的依赖
rosdep db	生成和显示依赖数据库
rosdep init	初始化/rosdep中的源
rosdep keys	检查package的依赖是否满足
rosdep update	更新本地的rosdep数据库

注：常使用rosdep install --from-paths src --ignore-src --rosdistro=kinectic -y 来安装工作空间中src/路径下所有package的依赖项。依赖项由每个package的package.xml指定。

2.3 CMakeLists.txt与package.xml文件

- CMakeLists.txt文件 http://wiki.ros.org/catkin/CMakeLists.txt

  CMakeLists.txt原本是CMake编译系统的规则文件，catkin编译系统是在CMake编译系统上扩展得到的，故直接保留了这个规则文件，只是针对ROS工程添加了一些定义。

切换行号显示

```
# Get the information about this package's buildtime dependencies
find_package(catkin REQUIRED
  COMPONENTS message_generation std_msgs sensor_msgs)

# Declare the message files to be built
add_message_files(FILES
  MyMessage1.msg
  MyMessage2.msg
)

# Declare the service files to be built
add_service_files(FILES
  MyService.srv
)

# Actually generate the language-specific message and service files
generate_messages(DEPENDENCIES std_msgs sensor_msgs)

# Declare that this catkin package's runtime dependencies
catkin_package(
 CATKIN_DEPENDS message_runtime std_msgs sensor_msgs
)

# define executable using MyMessage1 etc.
add_executable(message_program src/main.cpp)
add_dependencies(message_program ${${PROJECT_NAME}_EXPORTED_TARGETS} ${catkin_EXPORTED_T
ARGETS})

# define executable not using any messages/services provided by this package
add_executable(does_not_use_local_messages_program src/main.cpp)
add_dependencies(does_not_use_local_messages_program ${catkin_EXPORTED_TARGETS})
```

2.3 CMakeLists.txt与package.xml文件

- package.xml文件 http://wiki.ros.org/catkin/package.xml

  package.xml也是一个catkin的package必备文件，它是这个软件包的描述文件，包含了package的名称、版本号、内容描述、维护人员、软件许可、编译构建工具、编译依赖、运行依赖等信息。

```
<package>
  <name>foo_core</name>
  <version>1.2.4</version>
  <description>
    This package provides foo capability.
  </description>
  <maintainer email="ivana@willowgarage.com">Ivana Bildbotz</maintainer>
  <license>BSD</license>

  <url>http://ros.org/wiki/foo_core</url>
  <author>Ivana Bildbotz</author>

  <buildtool_depend>catkin</buildtool_depend>

  <build_depend>message_generation</build_depend>
  <build_depend>roscpp</build_depend>
  <build_depend>std_msgs</build_depend>

  <run_depend>message_runtime</run_depend>
  <run_depend>roscpp</run_depend>
  <run_depend>rospy</run_depend>
  <run_depend>std_msgs</run_depend>

  <test_depend>python-mock</test_depend>
</package>
```

2.4 其他文件

- launch文件

  launch文件一般以.launch或.xml结尾，它对ROS需要运行程序进行了打包，通过一句命令来启动。一般launch文件中会指定要启动哪些package下的哪些可执行程序，指定以什么参数启动，以及一些管理控制的命令。 launch文件通常放在软件包的launch/路径中。

- yaml文件

  yaml文件一般存储了ROS需要加载的参数信息，一些属性的配置。通常在launch文件或程序中读取.yaml文件，把参数加载到参数服务器上。通常我们会把yaml文件存放在param/路径下。

谢谢！

答疑地点：双清大厦2号楼502