

TenonStudio2019 年研发概述

许中兴

PLCT

中国科学院软件研究所

2019 年 12 月

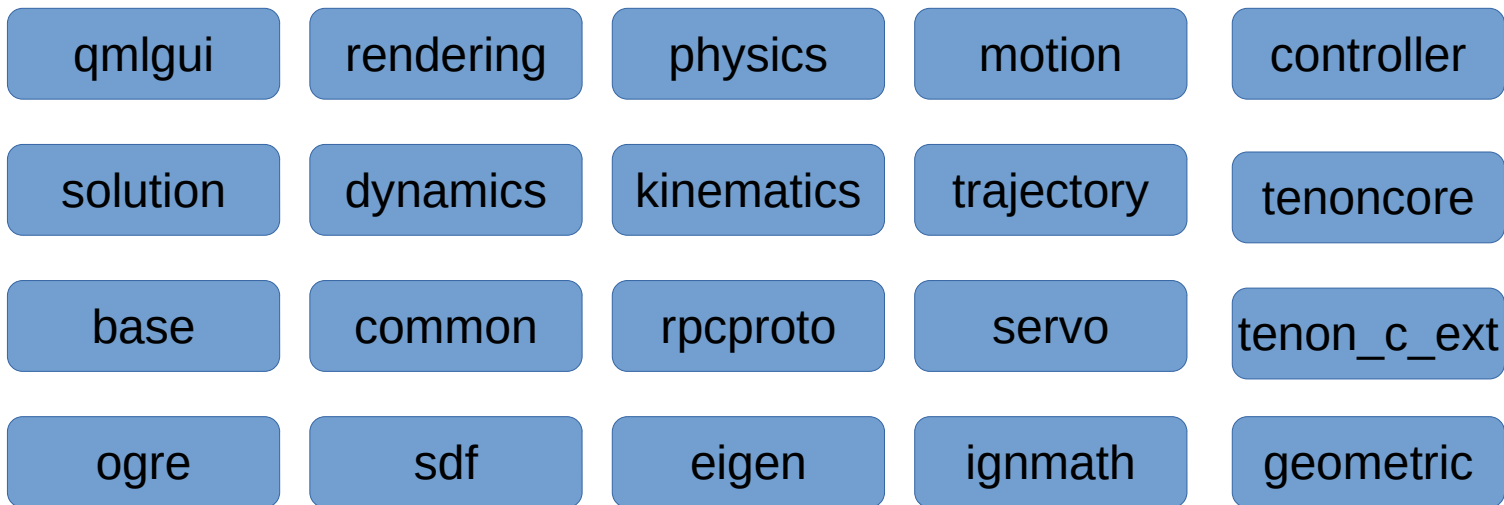
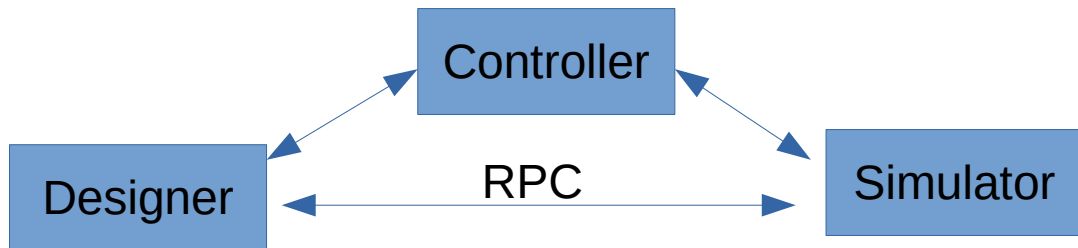
机械臂离线编程环境

- 工作站环境建模
- 机械臂离线编程
- 程序模拟执行
- 物理环境动力学模拟
- 配置机械臂控制器

概况

- Studio 从 2018 年 11 月开始开发，目前架构成型
- 控制器架构初步成型
- GUI 迁移至 QML+OpenGL
- 在研究的
 - CAD
 - Physics simulation

Studio 的架构



机器人编程系统的架构

Operation Level: language and API

Tenon Compiler

Execution Level: Tenon VM

Application Level:
Instruction Implementation

Control Level: Motion Controller

Motion control

与机构无关：轨迹生成

Arm control

与机构有关，与电机无
关：控制律

Local control

只与电机有关

Repo 的情况

- studio
 - controller
 - studio
- resource
 - models
 - glsl shaders
 - solution template
 - font
- core

文档的情况

- Internals 手册
- Robotics 笔记
- 用户手册

Build

- Cmake based
 - Ninja
 - make
- static .a library
- 自包含大部分的第三方源码
- 只依赖 X11, Qt, OpenGL, stdc++ lib, Grpc
- 原则上可以在 Windows 下编译

进程间通信 RPC vs Message Passing

- Gazebo 用的消息传递
 - 模拟 RPC 很麻烦，要用 2 个 topic ，还需要同步
- Grpc
 - 消息传递很方便
 - 可靠性好

进程内通信 Event vs Direct Call

- Gazebo用了很多事件循环
 - 耦合度低
 - 代码难懂
 - 异步执行多
- Tenon用直接调用
 - 全局变量
- 主要的事件循环
 - Qt GUI thread 也就是主线程，处理 GUI 操作以及 rpc 过来的对 scene graph 的操作 (updatePolish())
 - Qml render thread，渲染 updatePaintNode(), qt 保证 updatePolish() 和 updatePaintNode() 互斥
 - Grpc thread，处理 rpc 事件，但不操作 scene graph

Solution 的存储

- Station
 - Mechanism
 - Model
 - Data
 - Tool data
 - WObj data
 - Target
 - Path
- Controller
 - program
 - configuration
- SDF based
 - 扩展了 station, mechanism, controller, stationdata 等元素

QML

- OpenGL based rendering
- Html + javascript like UI programming
- Qml C++ 互操作

难点

- Qml 有独立的 render thread ，而 Ogre 假设 UI 和 render 是在同一个线程里
 - 对 scene graph 的操作放在 updatePolish() 里做
 - 渲染在 updatePaintNode() 里做
- Ogre 假设 context 没有被破坏过，而 Qml 会重置 context
 - 每个循环要重新初始化 context: framebuffer object 等

Qml 的思想

- 用 OpenGL 统一 2D 和 3D 渲染
- 在应用里渲染界面，不依赖于操作系统的接口
 - 和 Wayland 一致

控制器的状况

- 轨迹生成
 - 有很多选择，目前在转角处用的二次曲线
 - 一个函数，读入的是时间，输出的是（位姿，速度，加速度）
- 逆运动学
 - screw theory，没有用 D-H
- 控制
 - 跟电机有关，舵机只能输入位置和速度（PID）
 - computed torque, 需要能输入扭矩的电机
 - 后续再研究

CAD

- Open Cascade
- STEP – ISO 10303 标准体系
 - EXPRESS 语言
 - AP203 , AP214
 - 工业 4.0

Physics Simulation

- 碰撞检测
- 刚体动力学： Featherstone 算法
 - Simbody, Bullet
- 软体模拟
 - 管线
- 在 CAD 之后进行初步的研究

数值计算

- 从公式到代码
 - NAN 的调试
 - 在浮点计算中如何判定是 0
 - 特征值多小就是 0 ? $1e-15$, $1e-6$?
 - 牛顿迭代的阈值调试

模型

- 机器人本体
 - 目前有 ABB IRB 120
 - 在 SolidWorks 里用尺子量出来的尺寸
- 工具，工件的 CAD 模型

团队

- 增加了一个人 weifeng
- 有一个 bug 我调了 4 个小时快跪了，weifeng 给找出来了。

```
Author: Xu Zhongxing <xuzhongxing@gmail.com> 2019-10-01 20:43:57
Committer: Xu Zhongxing <xuzhongxing@gmail.com> 2019-10-01 20:43:57
Parent: 91ce03e95abea52cc3dcdb71789784f1c082a7d1 ([qml] Call OgreItem::update
Child: 9a38229c67b71ad314e7fff0321b622f2425ea79 (添加了OpenGL的支持说明及显卡驱i
Branches: master, remotes/origin/master
Follows:
Precedes:
```

```
[qml] Force Ogre to bind framebuffer before rendering
```

```
If the viewport is not changed, Ogre will not bind framebuffer.
But Qt requires us to reset opengl context. And this will clear
framebuffer binding. So we have to force viewport update.
```

工业软件开发需要什么样的人

- 需要一小部分人既懂计算机又懂行业知识
- 搭好架子之后可以由各个领域的专业人士开发
- 需要时间去掌握多方面的知识

- Qt 专家
- 图形学专家
- CAD 专家
- 编译器虚拟机专家
- 机器人控制专家
- 电机控制专家
- 物理模拟专家

我们应该做一个什么样的技术人员

- 专家型

- Compiler, OS
- 成为一个专家
- Know everything about one thing. Know nothing about everything else.
- “你是做什么方向的”

- 通才型

- 机器人是交叉学科
- 集齐七颗龙珠才能做出来
- 专家很贵，我们很穷，自己学

如何进行思考

- 获取系统性的知识框架
- 形成问题
- 了解前人的工作
- 重复：知识内化到大脑里才能用来思考

相关理论知识的学习

- 机器人学，图形学
- 数学：分析，Lie 代数，几何建模，旋量理论
- 物理：经典力学，分析力学，材料力学，电磁学
- 电子工程：信号处理
- 控制：经典控制，线性系统，非线性系统