

# 定位与导航实验报告

Wugang Meng

哈尔滨工业大学(威海)

版本: 0.1

日期: 2021 年 5 月 13 日

## 摘 要

本文为《\*\* 智能感知系统》项目中的定位与建图实验、自主导航实验给出了实验测试大纲。介绍了测试环境，测试软件硬件；具体化了实验步骤和实验指标，并体现了实验结果。

**关键词:** 定位与建图，自主导航，试验大纲

## 1 测试概要

### 1.1 测试目标

进行本实验的目的是验证毫米波传感器能否与机器人操作系统（ROS）环境中流行的地图和导航库一起使用，这是许多机器人技术人员所熟悉的。本实验将 Octomap 服务器和 move\_base 库与 TI 的 mmWave ROS 驱动程序软件包以及 DJI RoboMaster 底盘库一起使用，以与 TI mmWave 传感器接口。本实验支持使用 IWR1443ISK ES1.0 EVM 或 IWR1443ISK ES2.0 EVM。借助 TI 驱动程序和 ROS 社区的软件，工程师可以快速、轻松地评估机器人导航和避开物体。本实验室采用四个传感器一起使用。通过使用四个传感器，该机器人可以具有 360° 视野，因此该机器人能够检测周围的物体，以便更好地进行地图绘制和导航。

### 1.2 测试环境

#### 1.2.1 场地环境

本实验采用 DJI RMUC 的核心比赛场地，也被称为“战场”。如图所示1战场是一个长为 28 米、宽为 15 米的区域，内部为木质结构，表面贴地胶（厚度 3mm），主要包含基地区、高地区、资源岛区、补给区和飞行区等。战场外围有上边沿距离战场地面高度为 2.4 米的黑色钢制围挡。全文描述的所有场地道具的尺寸误差均在 5% 以内。场地说明图纸尺寸参数单位为 mm。

#### 1.2.2 硬件设备

移动作战平台基于模块化设计，分为动力模块，感知模块，控制模块和计算模块。所有模块支持快拆结构，各模块可单独编程与调试使用。

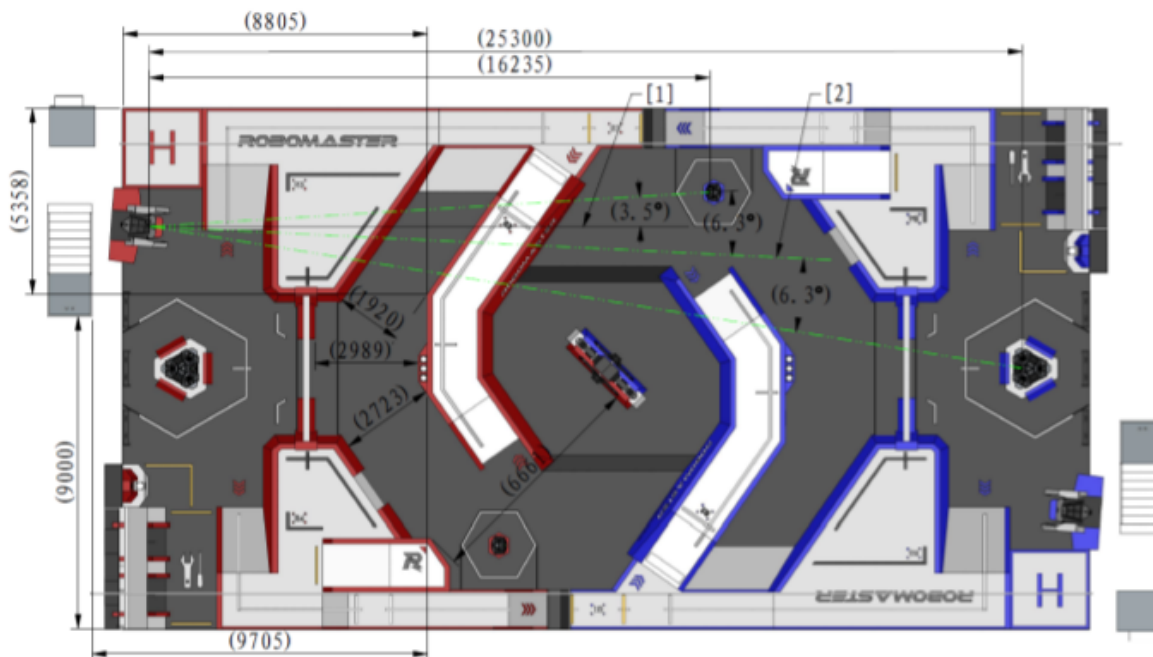


图 1: 测试场地渲染图

#### 1). 动力模块

动力模块是承载和安装机器人动力系统及其附属部件的机构。如图2所示使用麦克纳姆轮，支持全向运动。动力系统由 RoboMaster M3508 P19 无刷直流减速电机 (图3a) 和 RoboMaster C620 电子调速器组成 (图3b)。C620 无刷电机调速器采用 32 位定制电机驱动芯片，配合磁场定向控制 (FOC) 技术，实现对电机转矩的精确控制。M3508 直流无刷减速电机是专为中小型移动平台和机器人等量身打造的高性能伺服电机，可搭配 C620 电调实现正弦驱动，相比传统方波驱动具有更高的效率、机动性和稳定性。本产品减速箱减速比约为 19:1。

#### 2). 感知模块

感知模块应组装一个远距高分辨级联模组 mmWave-CAS EVM 如图5和四个 mmWave EVM 如图6所示。根据 EVM 的版本，安装可能会略有不同。在所示示例中，用于安装 mmWave EVM 的支架是 3D 打印的。对于本演示而言，至关重要的是，必须每隔 90 度将 mmWave EVM 安装在机器人周围，与机器人中心等距。在所示示例中，将 12V 至 5V 转换器安装在顶板中心下方，而 USB 分配器则放置在顶板下方。四个 EVM 使用 USB 分配器连接到计算模块。

#### 3). 控制模块

控制模块使用 RoboMaster 开发板 A 型 (STM32F427) 作为主控板，开发板主控芯片为 STM32F427IIH6，拥有丰富的扩展接口和通信接口包括 12V/5v/3.3v 电源接口，CAN 接口，UART 接口、可变 PWM 接口、SWD 接口，板载 IMU 传感器，可配合 RoboMaster 出品的 M3508、M2006 直流无刷减速电机、UWB 模块以及计算模块等产品使用，亦可配合 DJI 飞控 SDK 使用，配件丰富。

#### 4). 计算模块

计算模块使用的是英特尔酷睿 i7-8550U 处理器，功率范围 5-60W，具备优秀的处理能力

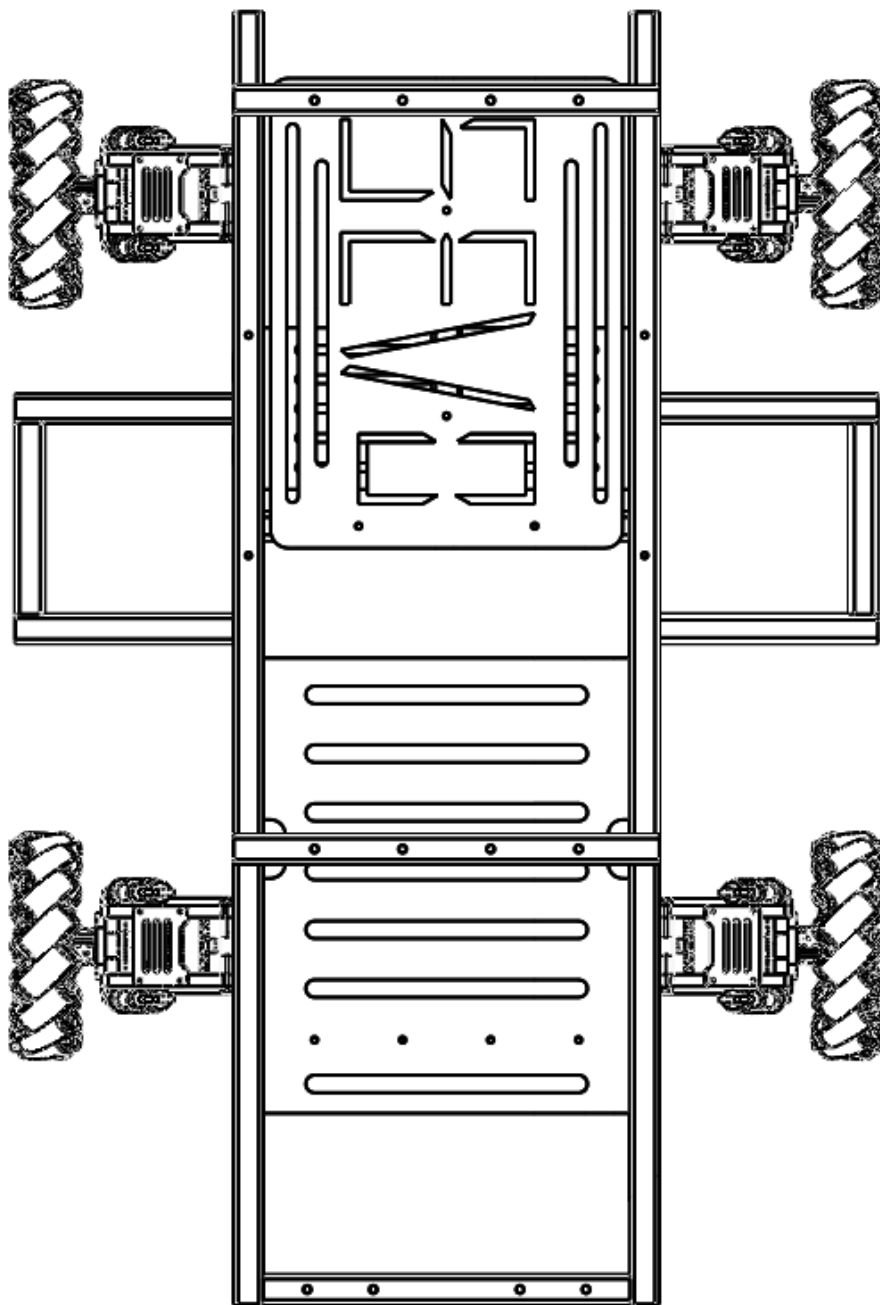
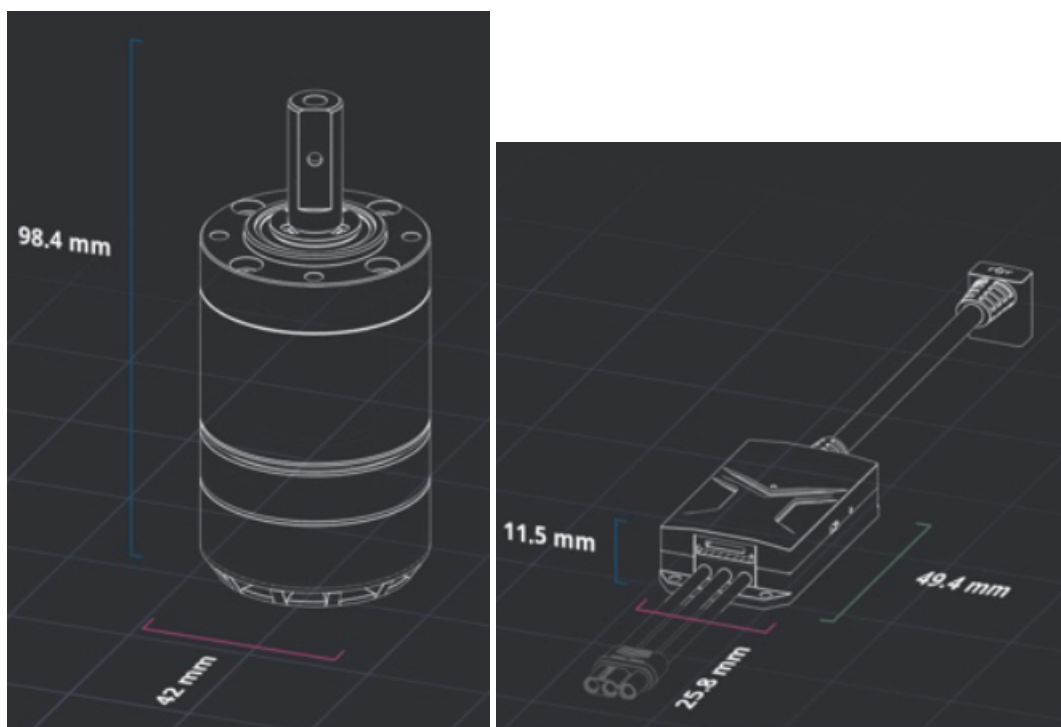


图 2: 动力模块设计图



(a) 直流无刷减速电机

(b) 电子调速器

图 3: 电机与电子调速器设计图

和响应速度的同时仅有 200g 左右的超轻重量。

表 1: 计算模块规格参数

参数名称	参考数值
重量	205g
尺寸	91 × 61 × 35 mm
处理器	i7-8550U
内存	8GB 64bit, DDR4 2400MHz
SATA-SSD	256GB
网络	千兆以太 RJ-45 接口
USB	USB3.0(Type A)×2, USB3.0(Micro-B)×1
I/O	UART ×1
功率	5-60w
电源	15.2-27.0V 电源接口 ×2
工作温度	-25 至 45°C

### 1.2.3 软件平台

软件平台以机器人传感器-> 感知-> 决策-> 规划-> 控制-> 执行器的环路进行架构，不同模块具体以 ROS Package 的形式维护，模块和其数据流如下图所示。

#### 1). 传感器、控制器与执行器



图 4: 计算模块

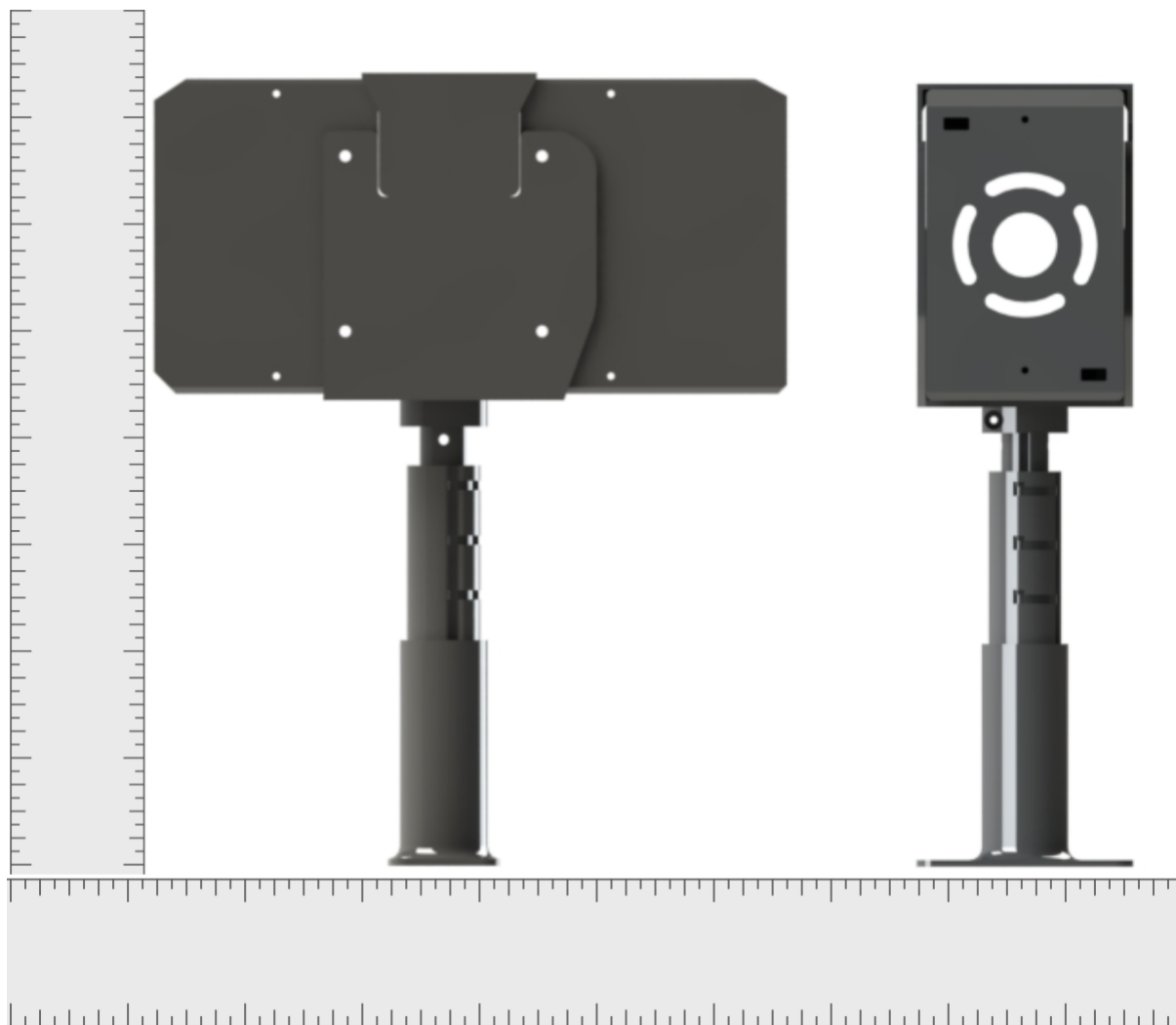


图 5: mmWave-CAS EVM

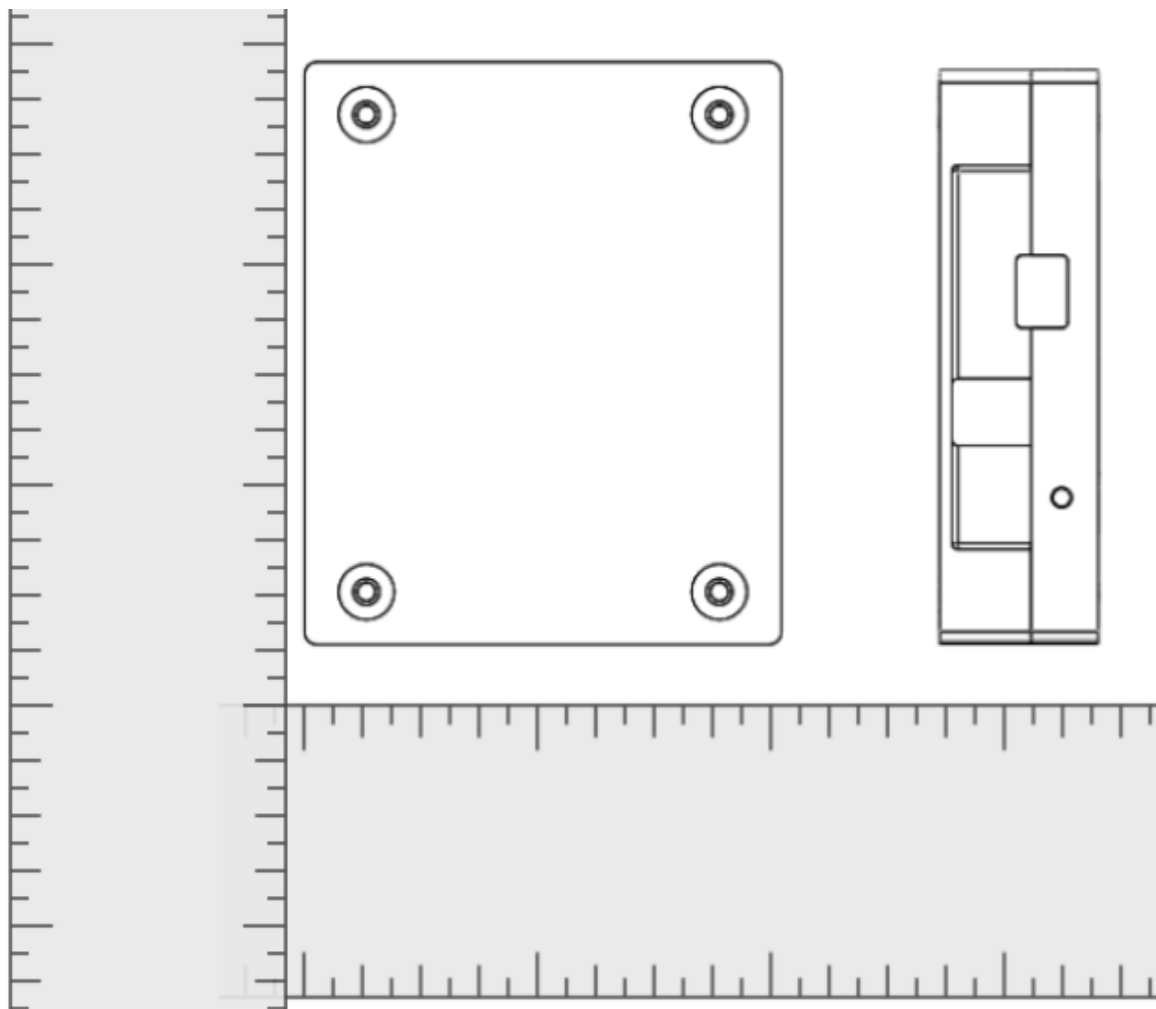


图 6: mmWave EVM

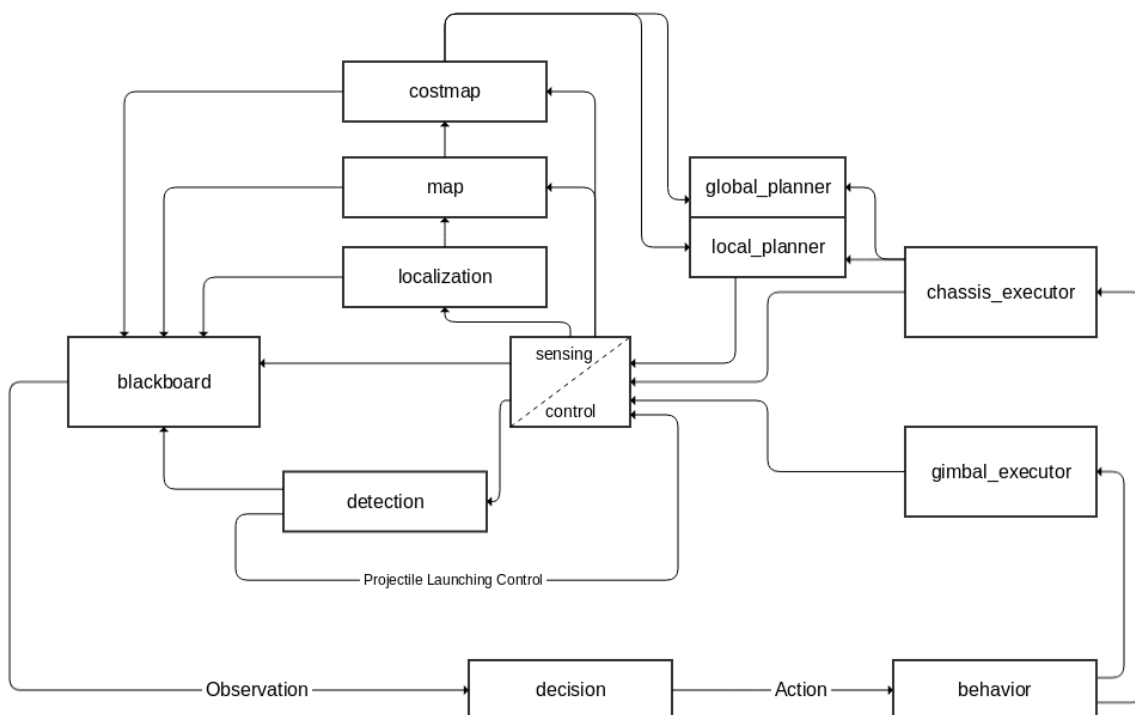


图 7: 架构与模块介绍

中心模块集成传感器模块（雷达、相机、IMU 等）、嵌入式控制平台（执行实时任务，如闭环控制和数据采集与预处理）与执行器（电机等），负责 sensing 和 control 两大任务，具体 ROS Package 为包含嵌入式 SDK 的 `roboots_base`，相机的 `roboots_camera` 以及相关传感器驱动包。

## 2). 感知部分

感知部分包括机器人定位、地图的维护和抽象、目标识别与追踪等。**localization** 模块负责机器人定位，是导航系统中强依赖的节点，其主要通过获得一系列的传感器信息，通过特定算法的处理，最终得到机器人坐标系到地图坐标系的变换关系，也就是机器人在地图中的位姿。**map** 模块负责机器人地图维护，目前采用 ROS 开源 Package **map\_server**。**costmap** 模块负责代价地图维护，集成了静态地图层，障碍物层和膨胀层，主要用于运动规划部分，不单纯针对规划使用。**detection** 模块负责目标识别和追踪，主要利用 **mmWave-CAS EVM** 对拍摄到的点云信息进行物体的聚类与跟踪。

### 3). 任务调度与决策部分

任务调度与决策部分包括调度感知输入模块和调度规划执行输出模块的接口，以及决策的核心框架。`decision` 模块为机器人决策框架，以行为树(BehaviorTree)为决策框架。`blackboard` 模块调度各种模块的感知任务获取信息，`behavior` 模块集成了离散动作空间的各种动作或行为。`executor` 模块是 `behavior` 模块的依赖，其包含底盘和云台内不同模块内不同抽象程度的机器人任务委托接口（例如调度底盘运动规划执行）。

#### 4). 运动规划部分

运动规划部分是运动规划功能模块，由决策部分中 `chassis_executor` 模块来调度完成导航。`global_planner` 模块负责机器人的全局路径规划，全局路径规划（简称全局规划）是导航系



统中运动规划的第一个步骤，在给定目标位置后，根据感知的全局代价地图搜索得到一条无碰撞的最短路径（即一系列离散的坐标点），然后作为输入传递给局部轨迹规划模块控制机器人的具体运动。全局路径规划 A Star 算法，是一种静态路网中求解最短路最有效的方法。公式表示为：

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

其中  $f(n)$  是节点  $n$  从初始点到目标点的估价函数， $g(n)$  是在状态空间中从初始节点到  $n$  节点的实际代价， $h(n)$  是从  $n$  到目标节点最佳路径的估计代价。在实际的全局路径规划中，静态网路由全局代价地图提供。local\_planner 模块负责机器人的局部轨迹规划模块，局部路径规划模块根据机器人的里程计信息，雷达的感知信息，结合全局路径规划给出的最优路径，计算出机器人当前能够避免与障碍物碰撞的最优速度。局部路径规划的相关算法参考 Time Elastic Band，算法建立了轨迹执行时间的目标方程，在满足与障碍物保持安全距离，运动时遵守动力学约束的前提下，优化机器人实际运行轨迹，最终求出机器人可执行的速度。

### 1.3 测试方案

本模板使用 `newtxtext` 和 `newtxmath` 分别设置全文的英文文本字体和数学字体。数学字体的效果如下：

$$(a + 3b)^n = \sum_{k=0}^n C_n^k a^{n-k} (3b)^k \quad (1)$$

### 1.4 条件与限制

此模板并没有修改任何默认的 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 命令或者环境<sup>1</sup>。另外，我自定义了 4 个命令：

1. `\email`：创建邮箱地址的链接，比如 `ddswhu@outlook.com`；
2. `\figref`：用法和 `\ref` 类似，但是会在插图的标题前添加 <图 n>；
3. `\tabref`：用法和 `\ref` 类似，但是会在表格的标题前添加 <表 n>；
4. `\keywords`：为摘要环境添加关键词。

### 1.5 参考文献

此模板使用 B<sup>B</sup>T<sub>E</sub>X 来生成参考文献，中文模式下默认使用的文献样式（bib style）是 GB/T 7714-2015<sup>2</sup>。参考文献示例：[1] 使用了中国一个大型的 P2P 平台（人人贷）的数据来检验男性投资者和女性投资者在投资表现上是否有显著差异。

你可以在谷歌学术，Mendeley，Endnote 中获得文献条目（bib item），然后把它们添加到 `wpref.bib` 中。在文中引用的时候，引用它们的键值（bib key）即可。注意需要在编译的过程中添加 B<sup>B</sup>T<sub>E</sub>X 编译。

<sup>1</sup>目的是保证代码的可复用性，请用户关注内容，不要太在意格式，这才是本工作论文模板的意义。

<sup>2</sup>通过调用 `gbt7714` 宏包

本模板还添加了 `cite=numbers`、`cite=super` 和 `cite=authoryear` 三个参考文献选项，用于设置参考文献格式的设置，默认为 `numbers`。理工科类一般使用数字形式 `numbers` 或者上标形式 `super`，而文科类多使用作者-年份 `authoryear` 比较多。如果需要改为 `cite=numbers` 或者 `authoryear`，可以使用

```
\documentclass[cite=super]{elegantpaper} % super style ref style
\documentclass[super]{elegantpaper}

\documentclass[cite=authoryear]{elegantpaper} % author-year ref style
\documentclass[authoryear]{elegantpaper}
```

## 2 协作人员招募

招募 `ElegantLaTeX` 的协作人员，没有工资。工作内容：翻译 `ElegantLaTeX` 系列模板相关的文稿（中翻英），维护模板的 wiki（主要涉及 Markdown），如果有公众号文稿写作经历的话，也可以帮忙写微信稿。本公告长期有效。

目前 `ElegantLaTeX` 共有 4 名协作人员，分别是

- 官方文档翻译: [YPY](#);
- Github 维基维护: [Ingo Zinngo](#)、[追寻原风景](#);
- QQ 群管理员: [Sikouhju](#).

在此感谢他们无私的奉献！

## 3 致谢

截止到 2019 年 10 月 17 日，`ElegantPaper v0.08` 版本发布，`ElegantPaper` 模板在 Github 上的收藏数（star）达到了 164。在此特别感谢 `ChinaTeX` 以及 `LaTeX 工作室` 对于本系列模板的大力宣传与推广。

如果你喜欢我们的模板，你可以在 Github 上收藏（Star）我们的模板。

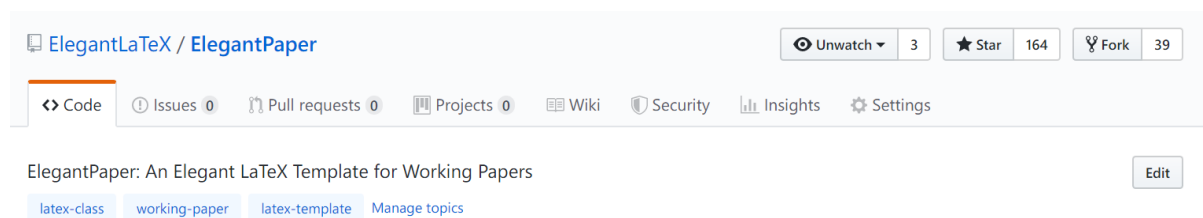


图 8: 一键三连求赞

## 4 捐赠

如果您非常喜爱我们的模板，你还可以选择捐赠以表达您对我们模板和我的支持！



微信



支付宝

赞赏费用的使用解释权归 **Elegant $\text{\LaTeX}$**  所有，并且不接受监督，请自愿理性打赏。10 元以上的赞赏，我们将列入捐赠榜，谢谢各位金主！

表 2: Elegant $\text{\LaTeX}$  系列模板捐赠榜

捐赠者	金额	时间	渠道
Lerh	10 元	2019/05/15	微信
越过地平线	10 元	2019/05/15	微信
大熊	20 元	2019/05/27	微信
* 空	10 元	2019/05/30	微信
latexstudio.net	666 元	2019/06/05	支付宝
Cassis	11 元	2019/06/30	微信
* 君	10 元	2019/07/23	微信
* 萌	19 元	2019/08/28	微信
曲豆豆	10 元	2019/08/28	微信
李博	100 元	2019/10/06	微信
Njustsl	10 元	2019/10/11	微信

## 5 常见问题 FAQ

### 1). 如何删除版本信息？

导言区不写 `\version{x.xx}` 即可。

### 2). 如何删除日期？

需要注意的是，与版本 `\version` 不同的是，导言区不写或注释 `\date` 的话，仍然会打印出当日日期，原因是 `\date` 有默认参数。如果不需要日期的话，日期可以留空即可，也即 `\date{}`。

### 3). 如何获得中文日期？

为了获得中文日期，必须在中文模式下<sup>3</sup>，使用 `\date{\zhdate{2019/10/11}}`，如果需要当天的汉化日期，可以使用 `\date{\zhtoday}`，这两个命令都来源于 `zhnumber` 宏包。

### 4). 如何添加多个作者？

在 `\author` 里面使用 `\and`，作者单位可以用 `\` 换行。

<sup>3</sup>英文模式下，由于未加载中文宏包，无法输入中文。

```
\author{author 1\\ org. 1 \and author 2 \\ org. 2 }
```

5). 如何添加中英文摘要？

请参考 [Github::ElegantPaper/issues/5](https://github.com/ElegantPaper/issues/5)

## 6 示例

为了让大家更加清楚最终的论文效果，如下给出两篇使用 ElegantPaper 模板排版的工作论文示例，也欢迎大家“投稿”！

1. 银行存管、投资者决策与 P2P 网络借贷规范发展；
2. 互联网金融风险与投资者风险意识——来自网贷平台交易数据的证据。

这是一个最小示例文档（Minimal Example）：

```
\documentclass[lang=cn,a4paper,11pt]{elegantpaper}

% title information
\title{Working Paper Example}
\author{Author Name}
\institute{Elegant\LaTeX{} Group}

\version{1.00}
\date{\today}

\begin{document}

\maketitle

\begin{abstract}
Your abstract goes here.
\keywords{keyword1, keyword2}
\end{abstract}

\section{Introduction}
The content of introduction section.

\section{Conclusion}
The content of conclusion section.

\bibliography{wpref}

\end{document}
```

## 参考文献

- [1] LI Q, CHEN L, ZENG Y. The Mechanism and Effectiveness of Credit Scoring of P2P Lending Platform: Evidence from Renrendai.com[J]. China Finance Review International, 2018, 8(3): 256-274.
- [2] CARLSTROM C T, FUERST T S. Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations: A Computable General Equilibrium Analysis[J]. The American Economic Review, 1997: 893-910.
- [3] QUADRINI V. Financial Frictions in Macroeconomic Fluctuations[J]. FRB Richmond Economic Quarterly, 2011, 97(3): 209-254.
- [4] 方军雄. 所有制、制度环境与信贷资金配置 [J]. 经济研究, 2007(12): 82-92.
- [5] 刘凤良, 章潇萌, 于泽. 高投资、结构失衡与价格指数二元分化 [J]. 金融研究, 2017(02): 54-69.
- [6] 吕捷, 王高望. CPI 与 PPI “背离” 的结构性解释 [J]. 经济研究, 2015, 50(04): 136-149.