

RM 冬令营技术报告

1、项目规划

1.1 项目规划

鉴于第四组选择了华容道作为挑战赛的竞赛项目，项目被分成了两个部分：第一，设计华容道的算法来计算完成华容道的最短步数，并输出最短路径的具体情况。第二，设计与之算法所相匹配的机械结构。算法通过使用 BFS（宽度优先搜索）来对游戏盘进行搜索，并将游戏盘的不同状态加入队列，达到最先进入队伍且完成游戏目标的状态成为步数最短的最优解。机械方面则观察了 3D 打印机的操作模式，通过操作滑轨中间螺丝的位移来实现对小木块的推动。

王豪和胡天瑞负责了算法的实现和输出结果的优化；

周轩逸和黄宇轩设计了机械结构

林昕泽和于睿华书写了驱动电机的代码；

张明琪尝试了 Tello 飞跃圆环的项目。

1.2 方案设计

机械部分设想了两套方案，一种是机械臂，一种是 xy 轴。考虑到设计困难度，可用材料和比赛时间本组最终选择研发 xy 轴机械结构。xy 轴的亮点在于它使用便捷，只需考虑 x 轴和 y 轴的位置；而且结构稳定，不易变形。技术特点是利用连轴和传动带使负责拨动华容道道具的模块达到移动物块的效果。

比赛方案为由机械组设计出 xy 轴结构，然后嵌入式组调试电机和操作，同时算法组优化算法；最后嵌入式组和算法组合作操作完成挑战。

在正式实现机械结构的绘画和制作之前，很多设计都被收入备选方案之中。例如：制作一个机械臂来推动小木块，然而由于其较差的灵活性和高昂的时间成本，很难满足又快又准的需求。于是类似 3D 打印机的设计成为了首选，然而，用什么来推动小木块又成了一个问题。吸盘，推板，细小的圆柱都可以满足推动木块的基本需求。吸盘可以通过改变吸盘和木块之间与外部气压差来带动木块移动，精度--对比其他方式一相对较高；推板则具有较大的动力；细小的圆柱则更为灵活。真正选择细小的圆柱的原因是选择细小的圆柱可以减少一个轴的使用，将这个机械问题简化成为一个二维问题。如果使用吸盘和木块的话，需要加入 Z 轴通过机械的上下移动来实现吸盘的拨取和木块越过障碍物的平移。

嵌入式：三种方案选择：

·stm32 + 遥控器（电平转换、不是很熟悉）

2·Arduino + 蓝牙模块 + 手机蓝牙遥控（蓝牙模块需购买）

3·Arduino + PC 端 Processing 键盘串口输出 (简单快捷)

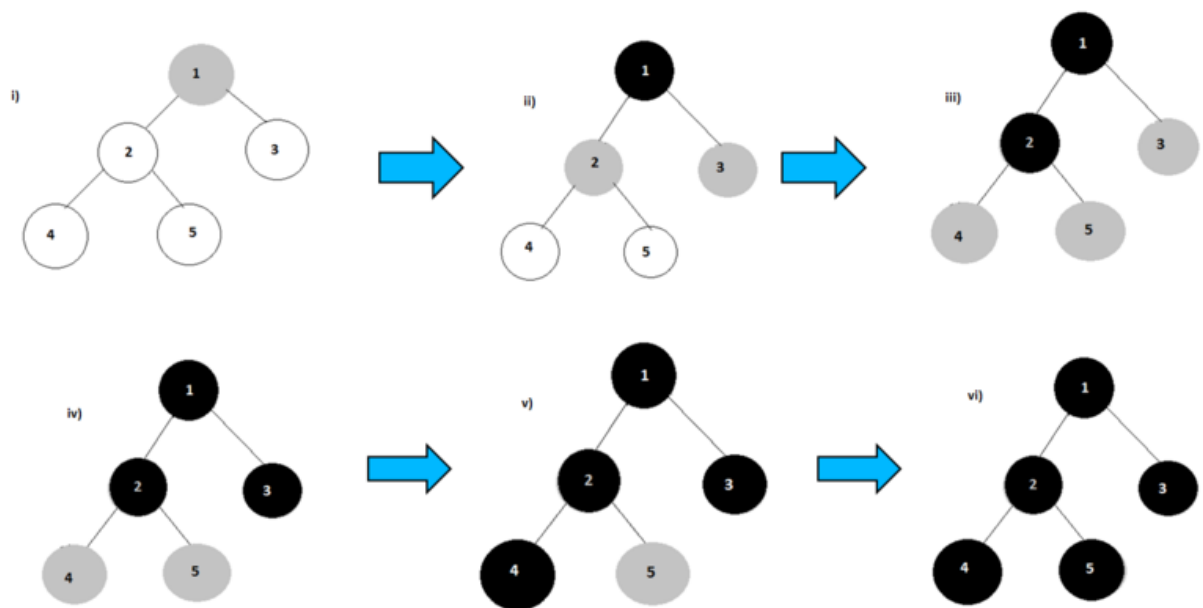
最后选择 Arduino + PC 端 Processing 键盘串口输出

算法，纵然它的核心思想是宽度优先搜索，但是它的输入输出其实都尤为重要。第四组选用了 String 作为主要的数据类型对于地图进行建模，因为 String 相比其他复杂的数据结构，占用的内存较小，会让整个程序的运行速度大大加快。将每个小木块标上号，并输出每步当前木块的排列和动向，让整个过程更加可视化。然而，理论和工程上存在着一些差距。理论上的建模中不赋予每次机械臂位移时间代价，只计算总共需要将小木块推动的次数；而在实际工程中，机械臂的位移则占据了相当一大部分的时间，所以，写两套算法就尤为必要了。在真正比赛中，没有那么完美的理论上的最优解却成为了首选。工程上的最优解更加适合一个全自动的机械，因为工程上的最优解的步数很多，大大加长了算法同学和操作手的沟通时间，即使它的步数可能更少，也并不能得到更好的应用。

1.3 理论计算

比赛的准备过程只有三分钟，算法的运算时间必须要控制的十分短。

BFS 通过对当前游戏的状态进行搜索，发现可以从这个状态可以达到的其他状态，然后将这些状态加入队列，通过队列先入先出的特点，保证最先出现目标状态的路径为最短路径。



BFS 可以满足搜索出最短路径的基本需求，但是如果数据结构的空间复杂度过高或者数据结构的读取性过差，会大大影响算法的表现。

示例代码：

```

static final String horizontals = "EHILAM";    //水平的车的编号

static final String vertical = "JCGDKBF";    //竖直的车的编号

static final String twos = "EDHCGKBAML";    //长度为 2 的车的编号

static final String threes = "JFI";    //长度为 3 的车的编号

static final int X= 6; //游戏界面的大小

static final int Y= 6;

static final int target_X = 5; //出口坐标

static final int target_Y = 2;

static final char Goal = 'H'; //目标车

static final char Empty = '.'; //空

```

```

static Queue<String> queue = new LinkedList<String>();

static HashMap<String,String> hashMap = new HashMap<String,String>();

static final String map = "JEE.D." +
                           "JCG.DF" +
                           "JCGHHF" +
                           "IIK.F" +
                           "..BKLL" +
                           "AABMM.";

static void arrangementOfStates(String state, int x, int y, int dx, int dy, String
type)

/*state 为该游戏可能出现的一个游戏状态, x 为一个格子的横坐标, y 为一个格子的纵
坐标,

dx 和 dy 可以取 1, 0, -1 来实现对小木块上下左右四个方位的移动,

type 为小木块的种类, 例如可以纵向移动还是横向移动*/

{

    x += dx;

    y += dy;

    char car = getTheChar(state, x, y);//得到当前车的种类

    if(!checkTheType(car, type)) //如果是左右移动车必须为水平的

        return; //如果是上下移动车必须为竖直的

    int length = length(car);

    StringBuilder next = new StringBuilder(state);

```

```
x -= dx;
```

```
y -= dy;
```

```
next.setCharAt(getTheIndex(x, y),car);//车的位移所引发的游戏状态的改变
```

```
next.setCharAt(getTheIndex(x+length*dx, y+length*dy), Empty);
```

```
put(next.toString(), state); //将当前状态可以达到的状态设为 key ,当前
```

状态作为值放入一个个队伍之中

```
state = next.toString();
```

```
}
```

2、研发历程

2.1 方案预演

机械方面，首先需要验证的是整体机械结构。首先，对抗赛的机器人可以直接用在本题目上，通过移动车体挪动方块。在实验中，机器人在操作华容道这种小型物体时出现了难以稳定操纵及容易偏离的问题，故此方案被废弃。其次，一个类似 3D 打印机通过步进电机驱动 xy 轴的机械臂被用作控制方块移动。在实验中，此结构可以精准稳定地到达指定位置，故此结构被采用。此外，机械臂用来抓取和移动方块的结构也进行了测试。夹子及吸盘结构都要求一个在 Z 轴方向的舵机进行操作，这加大了结构及电线的不稳定性及嵌入编译的难度，加上吸盘结构要求额外的气囊，故上述方案难以采用。最后，直接使用低于木块高度的螺丝对木块进行推动。此方法可以轻松推动木块并解决木块卡住的问题，同时不要求额外的舵机在 Z 轴操作，故此方案被采用。

嵌入式：嵌入式方面分别两个队员来用 RM 主控板和 arduino uno 尝试驱动步进电机，用 RM 尝试的希望能用遥控器控制步进电机，而另一个则采用电脑与 arduino 进行串口通信从而使用电脑键盘控制。而不断尝试的过程中发现 RM 主控板应采用 stm32 芯片，高电平为 3.3V 不足以让步进电机驱动器识别，因而无法令电机反转，采用激光口的 5V 输出则只能控制一个步进电机。但与此同时另一个队员已经将 arduino 成功驱动步进电机，所以我们最终决定使用 arduino 和电脑控制机器人。

算法方面，首先要探究的是将华容道 6x6 的棋盘及上面的方块转化为一个数学模型。根据要求，华容道可以转换为一个二维数组，每个数据视为一个格子；此外，也可以创建一个 class 储存方块进行运算。在写出初步代码并进行试验后，上述算法存在可读性低及运行时间复杂度高等问题。在对多个算法进行对比之后，将华容道转换为 String 的方法展现了其高效性及占用内存小等优点。此外，在结果输出的对比中，String 的结果相比于数组，class 等类型更加容易输出，代码简明，可读性高。不必像 class 及数组方法使用循环输出结果，简化了代码并有效地减少了错误率及修正的成本。故选择将华容道转换为一个 6x6 的 String，使用不同的拉丁字母代表不同的方块，使用符号 ‘ ’ 代表空位。在搜索方法上，测试并对比了广度优先算法及深度优先算法，发现广度优先可在短时间内得到正确的答案并快速取出走出此种解法的步骤，运算时间小于 1000 毫秒。故确定使用广度优先搜索。

2.2 方案的细化

本组在机械结构成型之后，电机调试还没有完成时用手分别以不同力度推动，发现了 x 轴传动带松的情况，首先我们假装了一个传动轮拉紧，检测到摩擦过大，于是改变电机上传动轮位置解决了问题。之后为了解决 y 轴的问题我们直接采用拆装方便的固定片固定传动带。为了保证华容道块不会随着拨棒移动而增加我们的操作时间和难度，我们再加了一个槽用来限制华容道底座。

使用 Processing 获取键盘信息再转化为串口数据通过 USB 数据线传输到 Arduino，Arduino 再判断步进电机转动方向，生成 PWM 到驱动板，通过驱动

板上的开关调节转速和扭矩，最后驱动步进电机利用履带带动滑轨移动。

2.3 联调

在机械进行搭建之前，提前与嵌入式进行讨论，商量可行性，避免对抗赛时因为沟通不当产生的各种问题，在进行搭建时也不断的进行沟通，及时进行测试与改进，增加做事的效率。

3、感想感悟

3.1 技术收获

嵌入式：

能用 Processing 快速地写出从键盘到串口的 PC 应用，省下了不少时间调整电机和滑轨的关系，增强了操作的稳定性。

学会了使用 Microstep Dirver 驱动步进电机

针对实际需求调整步进电机的转速和扭矩，减少电机发热和能量的损耗，增强系统耐用性。

灵活运用开源项目，节省时间、提高效率

希望能做一个全自动华容道推动机器，需要使用定位传感器产生反馈，让机器知道现在在哪、下一步该怎么走。需实现算法输出内容到电机驱动的转化过程

这次是第一次驱动步进电机，也是第一次使用步进电机驱动器，之前不知道驱动器不能识别 3.3V 的高电平，因为时间关系，最终放弃了使用 RM 主控板控制步进电机，但是如果时间允许，也许可以用

三极管讲激光口的 5V 高电平接到驱动器上，从而控制驱动器。我们还根据机械装置的摩擦调节了步进电机的扭矩，在保证步进电机不过热的情况下完成推块的要求。

机械：

主要运用到 3d 打印机 xy 轴的机械原理，我们觉得稳定是最关键的，然后本组在保持结构的稳定上下了很大功夫，因此我们认为我们组的稳定性和机械运转不会产生影响操作的问题。但是这个机械结构是迫于时间紧迫的无奈之举，有时间希望学习有更多自由度的机械臂。

3.2 感想

嵌入式：

要实现系统的稳定，功能再多，不稳定基本什么都干不了，还不如做一个稳定的能把基础的任务做好的系统

参加 robomaster 比赛确实能大大地提高自己的能力，发现自身的不足，明确未来的方向。所以非常希望上了大学能有机会参加大学生 robomaster 比赛。

感觉动手干活之前大家先一起开个会很有必要，这样可以消除自己心中的疑惑，也更明确对方的要求，使合作更默契。虽然合作过程中可能存在误解，但是问题还是要一起解决，相互甩锅是没用的。以后的话应该系统的学习一下电路，无论数字还是模拟，基本功扎实才可以，还要好好学学数学物理等基础学科，重视算法的学习。至于 RM

比赛，如果以后大学有队伍的话我肯定会争取参加的。

机械：一个团队没有有效的沟通是会出问题的，从确定任务和目标到之后的迭代过程都需要沟通，比如我们的云台调试由于前期缺乏沟通导致机械和嵌入式互相甩锅，但是这样并不能将问题解决。在第一阶段比赛后本组开了一次全体会议讨论第二阶段方案，在有效沟通后工作得很顺利，只是由于缺乏练习导致比赛现场发挥不佳。

通过这次冬令营的活动，让我意识到了理论和工程上的差距。比如在我建模解出了华容道的理论最优解的步数后，这个问题并没有完成。必须得有一个优秀的机械结构来和它配合，但是在实际工程问题中，机械臂走过的路程才是应该被最小的。于是我不得不重新写了算法来和我们机械结构来做配合。比赛更是如此，它复杂得多，组员的配合，机械可能出现的 bug，甚至一些突然出现的意外，都可能让我们原来的计划被彻底地打乱。工程是一门解决问题的学科，它本就不是仅仅基于理论，它需要大量的经验。而冬令营告诉了我，我缺乏了这些宝贵的经验，也为了指明了方向。

3.3 反馈

导师分组最好各方面技术的都有，不一定两个组一位导师，可以分配为 6 个组 3 位导师，使各方面技术的指导资源齐全。

希望参加大疆的冬/夏令营。

感觉这几天还是非常充实有收获的，不过累也是肯定的，希望下次冬夏令营时间还可以充足些。做的任务可以小一点但是多一点。培训其实可以针对不同方向的同学分开培训，这样收获会多一些，至于合作问题可以专门开展合作培训，告诉营员们在项目合作时应该注意些什么。

冬令营对我最大的感受就是时间紧，我觉得如果能够把任务层次稍微降一下或者为营员提供更多便利（比如场地斜坡设计友善一点或者多一点时间让队伍在场地调试）也许会有更好的成果。我觉得冬令营以项目、竞争为动力的任务非常有趣和具有挑战性，我希望能继续参加大疆的冬/夏令营。