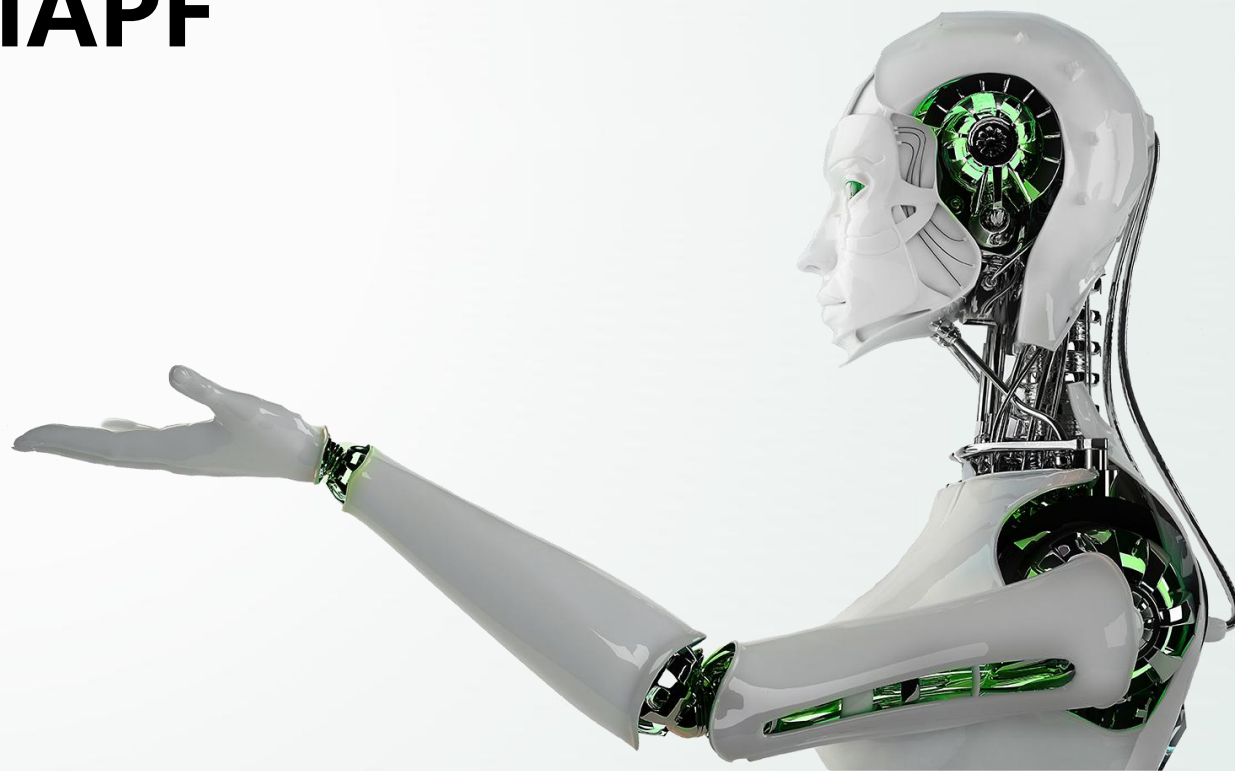


第九章

足球机器人MAPF

1. 作业讲解
2. 足球机器人系统分析
3. 足球机器人MAPF



1. 作业讲解

第六章 prioritized planning

每个agent给予不同权重，确立优先级。

第七章 Conflict-based search

双层优化，高层冲突树CT，底层搜索算法A*

第八章 仓储MAPF

两个策略：转向惩罚，增强A*

作业说明（第二次说明）

- 1.课程所讲解的所有算法都从原理、设计思路、优缺点及依据特点如何进行改进进行了底层解析；
- 2.本课程不是编程课；
- 3.下期课程将会专注于某一个具体场景，本期课程的特点是广而系统，下期将转向专而精。

2. 足球机器人系统分析

Mackworth, 1992, 首次提出

日本, 1993, Robot-J League

RoboCup



分为五个组

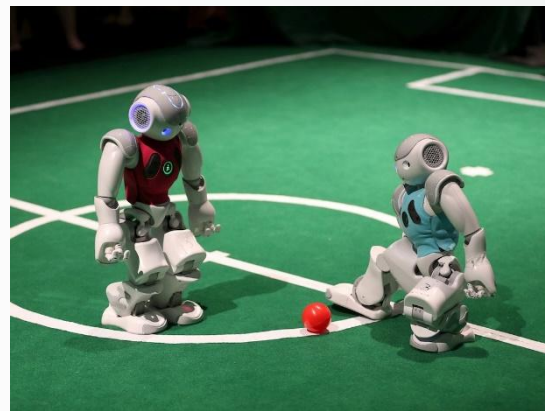
小型组

中型组

类人组

标准平台组

仿真组

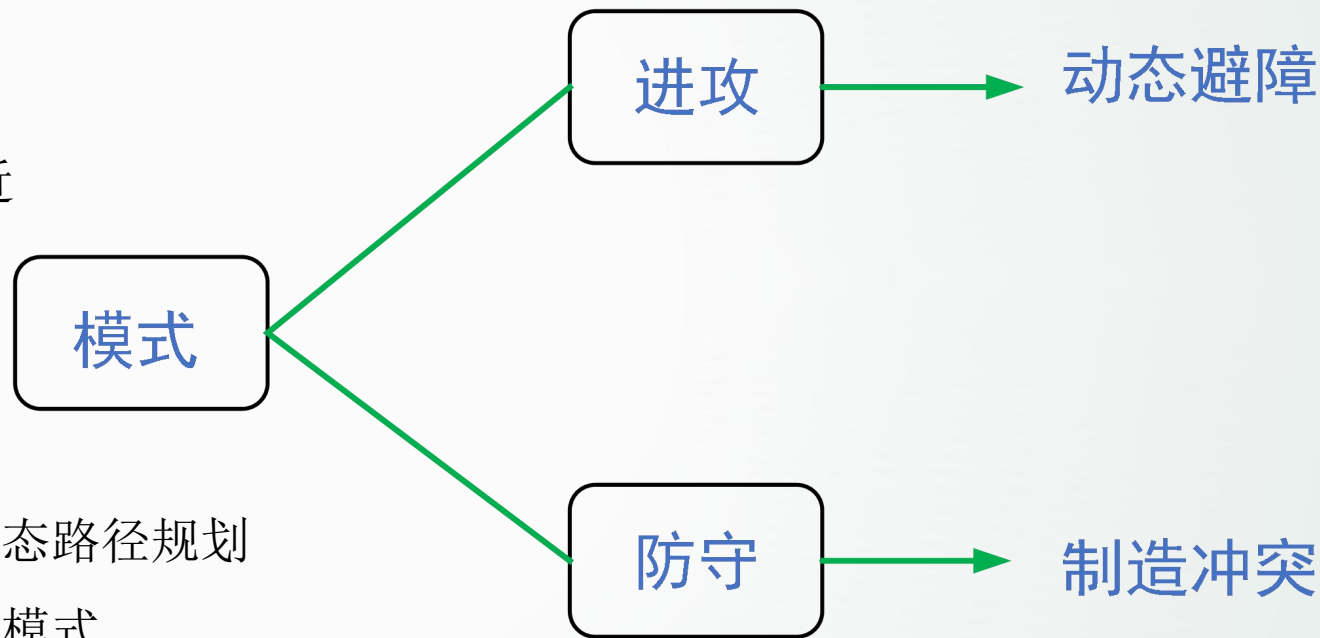


ROBOT SOCCER

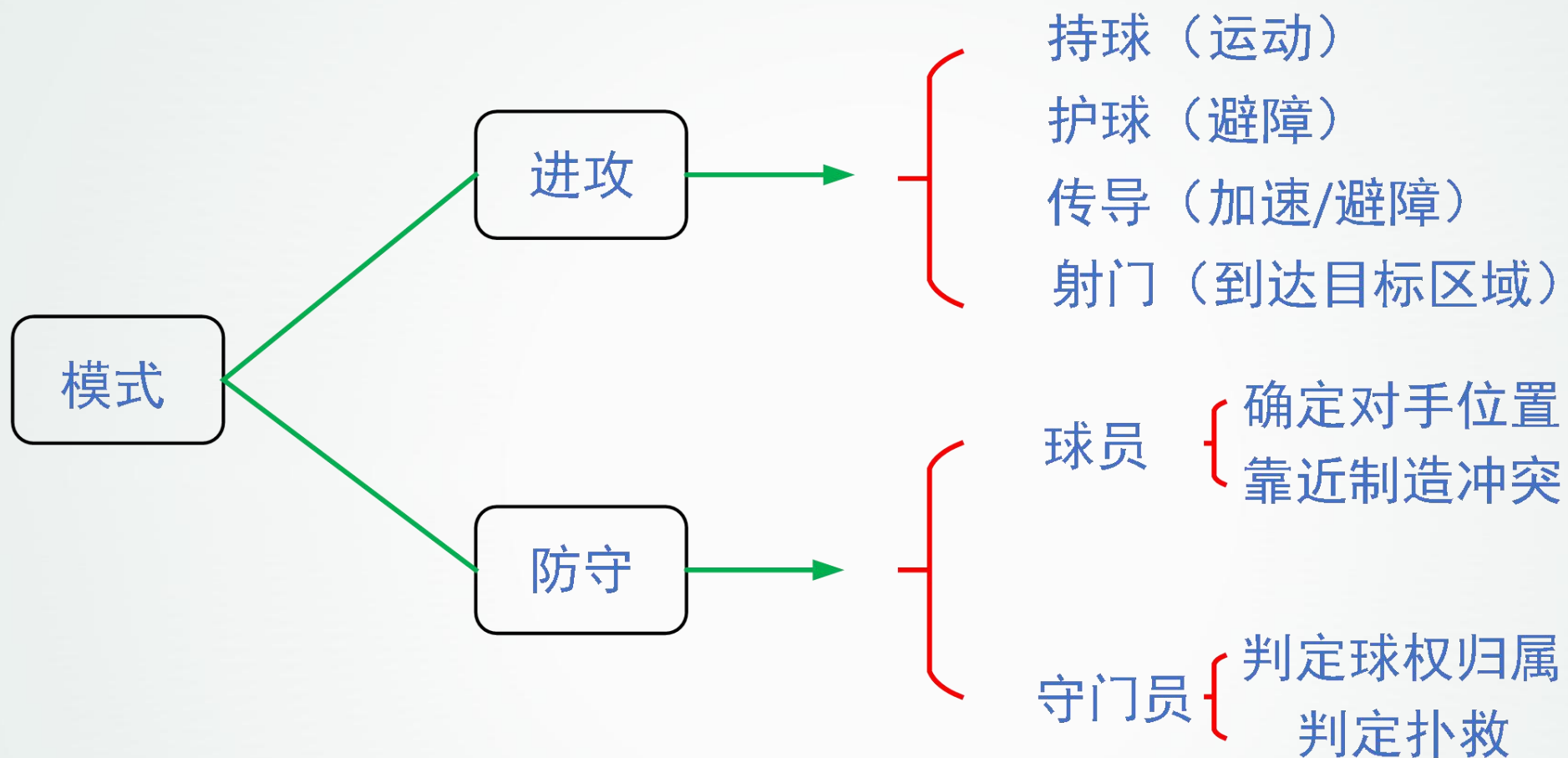
2. 足球机器人系统分析

从视频可以总结得到几个要点：

1. 场地特征：与真实的足球场地特征相近
2. 动作：移动和停止
3. 行为分类：进攻，防守
4. 目标：max进球，min丢球
5. 涉及多学科知识，与MAPF相关的是动态路径规划
6. 与一般MAPF问题不同的地方在于防守模式



2. 足球机器人系统分析



2. 足球机器人系统分析

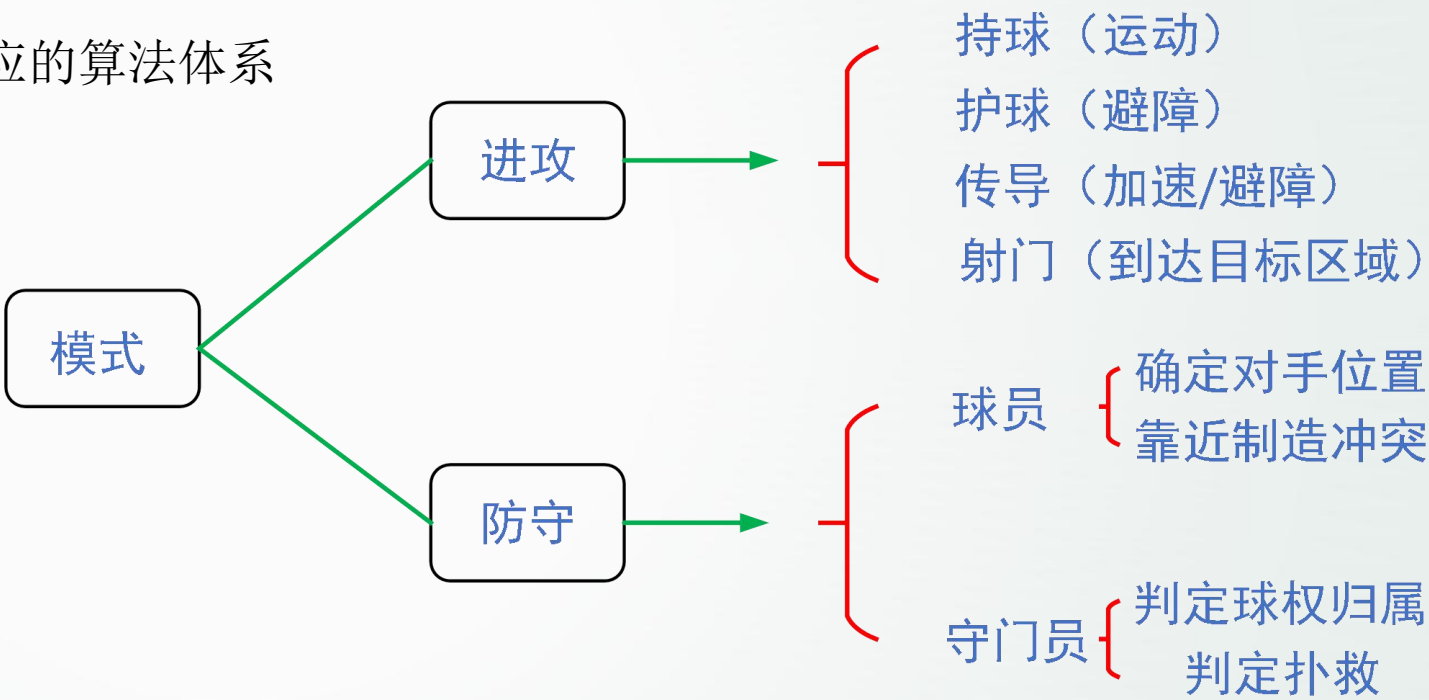
由以上分析可以得出初步结论：

1. 进攻和防守两种模式的算法是相反的
2. 通过判断进攻和防守状态自动切换相应的算法体系

切入点？如何去判定？

通过球权的归属判断实现分类：

- 1) 属于我方（球在我方某一机器人控制下/在我方传导过程）
- 2) 属于对方（球位置与对方位置重合）
- 3) 双方均无球权



3. 足球机器人MAPF

由以上分析可知，解决问题的逻辑为：

建模：环境模型，小球运动模型，机器人路径模型

判定：进攻或防守状态

路径规划：1) 进攻状态下，小球为起点，对方球门为目标点，进行路径规划，

同时需要考虑动态障碍；

2) 防守状态下，小球为目标点，本队机器人为起点，制造冲突，封堵行进路线及传球路线。

3. 足球机器人MAPF

建模

环境模型

已知：球场边界，双方球门
未知：小球，动态障碍物



小球运动模型

无外力作用：静止或匀速运动
有外力作用：匀减速直线运动
机器人盘带：跟随机器人速度

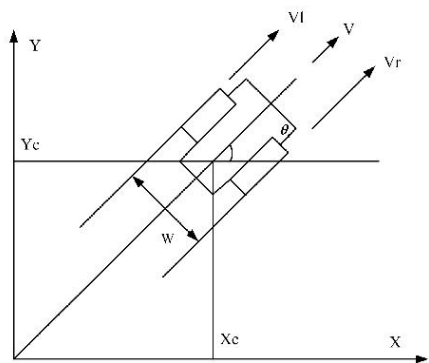
$$\begin{cases} V_t = V_{t-1} + \alpha \Delta t \\ X_t = X_{t-1} + V_{t-1} \Delta t \cos \theta_{t-1} \\ Y_t = Y_{t-1} + V_{t-1} \Delta t \sin \theta_{t-1} \end{cases}$$

V_t 表示 t 时刻速度
 X_t 表示 t 时刻横坐标
 Y_t 表示 t 时刻纵坐标
 θ 表示角度

3. 足球机器人MAPF

建模 机器人运动模型

动力学模型



$$\vec{\dot{x}} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} = J(\theta) Q$$

$$Q = \begin{bmatrix} \frac{V_R + V_L}{2} & \frac{V_R - V_L}{L} \end{bmatrix}$$

运动模型

$$\begin{cases} R = L(V_M + V_m) / 2(V_M - V_m) \\ \omega = \left| \frac{V_M}{(R + L/2)} \right| \\ V = \omega R \\ \beta = \omega T \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_T = R \sin \beta \cos(\alpha_0 + \beta/2) + X_0 \\ Y_T = R \sin \beta \sin(\alpha_0 + \beta/2) + Y_0 \\ \alpha_T = \alpha_0 + \beta \end{cases}$$

3. 足球机器人MAPF

进攻状态

进攻状态下，小球为起点，对方球门为目标点，
进行路径规划，同时需要考虑动态障碍。

路径规划方面：多种改进策略的RRT算法

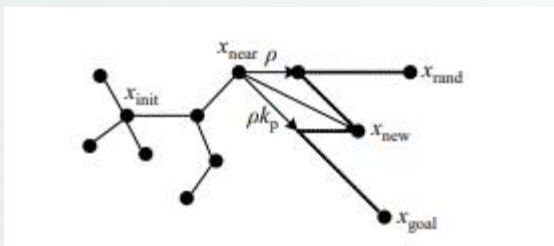
避障方面：设计避障策略

3. 足球机器人MAPF

进攻状态—路径规划

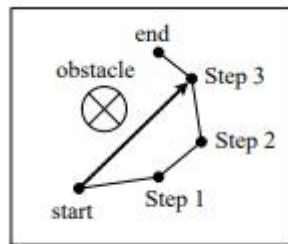
RRT算法基本原理已在前面章节讲解过，因此这里只讲解本章用到的改进策略

改进策略一：增加引力分量



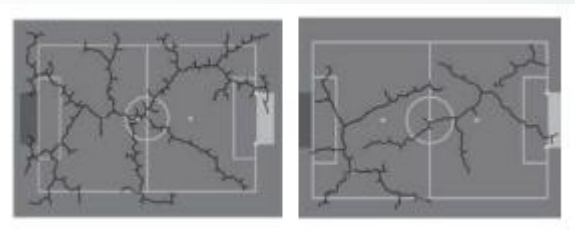
作用：缓解RRT算法由于其采样特性导致的随机性，引力分量的加入起到引导作用

改进策略二： 路径平滑处理



作用：减少冗余节点和无用节点

改进策略三：双向RRT算法



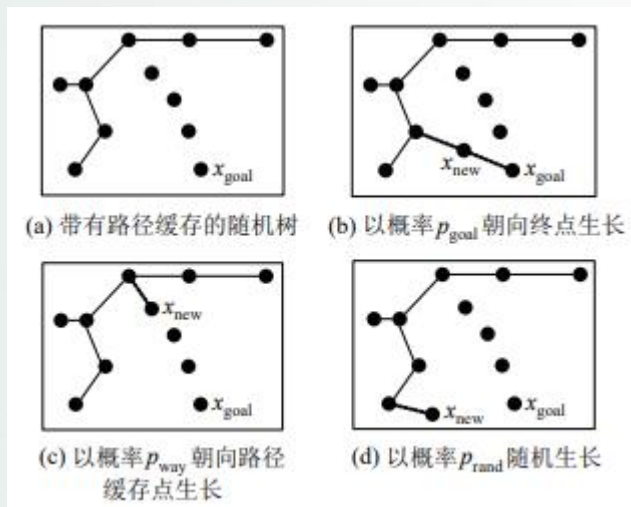
作用：扩大搜索空间，缓解RRT算法的非全局性，提高精度

3. 足球机器人MAPF

进攻状态—动态避障

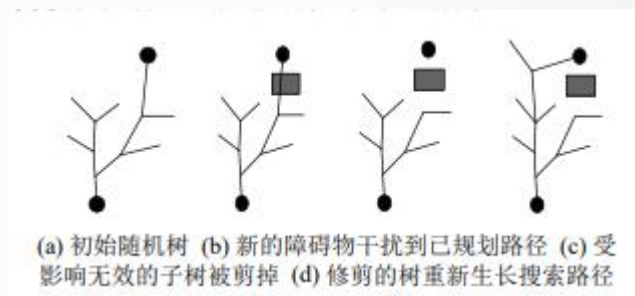
以RRT算法为主体，针对动态障碍物进行路径重规划操作

建立路径点缓存



为了使在线规划更加高效，引入路径缓存的方法。所谓路径缓存是指建立一个缓存区域，区域里面存储了之前成功规划的路径上的点，当重新建立随机树搜索路径时，以一定的概率选择路径缓存区

动态随机扩展树



如图 5(a) 所示，按照改进 RRT 算法构造出随机树到达终点。当搜索空间中障碍物的位置发生变化并且影响当前随机树时，标记出所有不可用的枝和节点。对随机树进行修剪，去除不可用的部分，如图 5(c) 所示，此时所有的节点和边保证是可用的，

3. 足球机器人MAPF

防守状态—制造冲突

当球权不在己方时，只有两种状态：

1) 球权不属于任何一方

2) 球权属于对方

1) 球权不属于任何一方

距离小球最近的己方机器人运动至小球处控制球权，转入进攻状态

1) 球权属于对方

a) 距离小球最近的两台己方机器人运动至对方持球机器人附近，制造动态障碍，封堵传球线路；

b) 己方其他机器人运动至己方球门附近；

c) 守门机器人

3. 足球机器人MAPF

仿真实验及实战测试

Matlab仿真

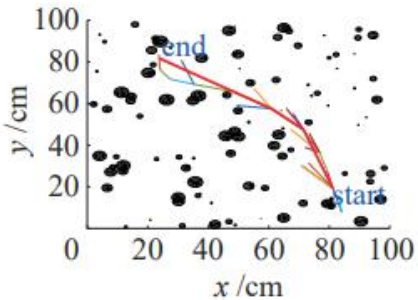
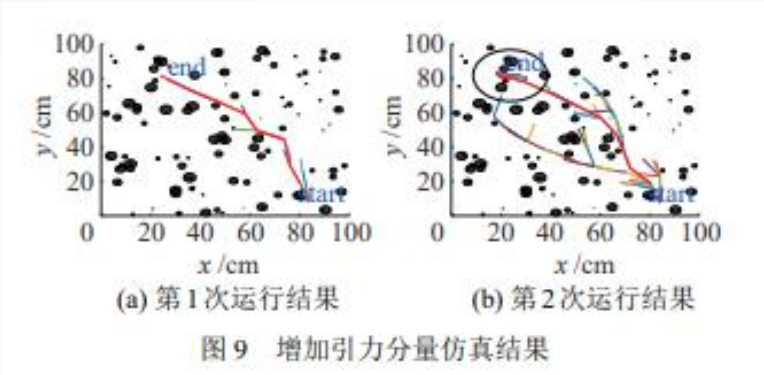
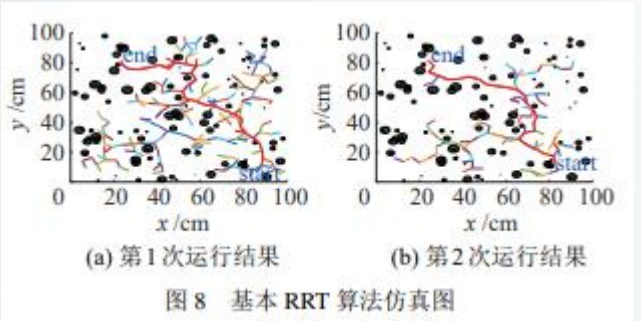
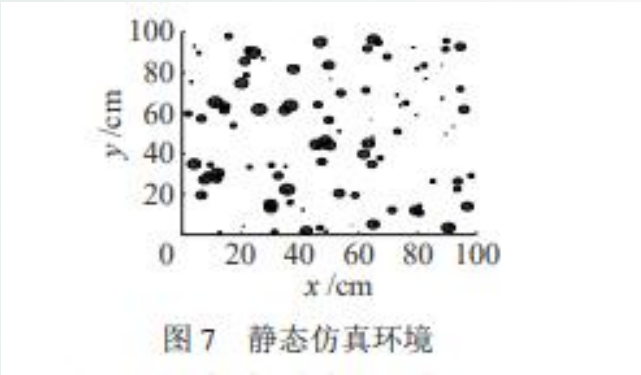
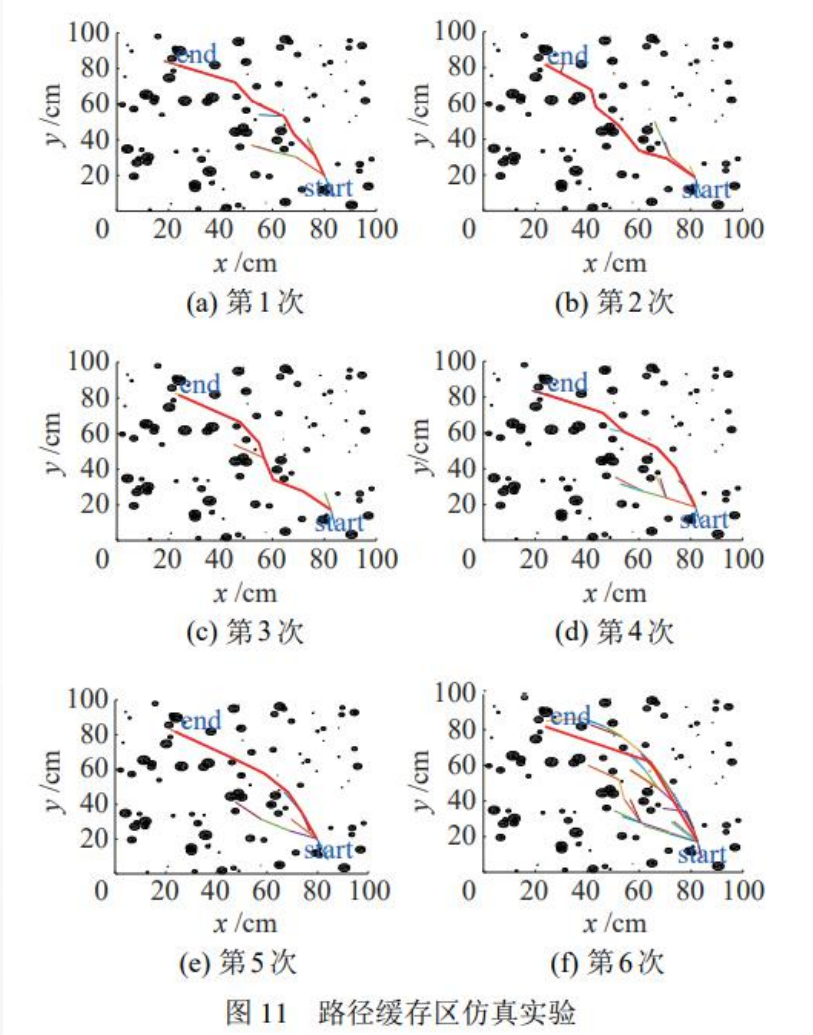


表 3 不同方法生成路径的长度与计算时间对比
Tab.3 Path length and computation time of different methods

方法	路径长度 /cm	计算时间 /s
基本 RRT 方法	114.035	0.343
增加引力分量	97.681	0.3941
路径平滑	91.032	1.02



3. 足球机器人MAPF

仿真实验及实战测试

SimRobot环境仿真

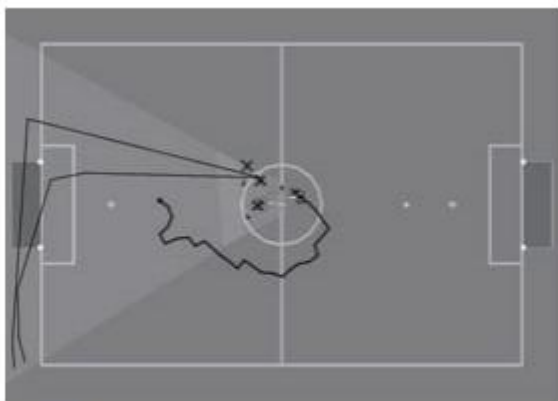


图 12 基本 RRT 算法在 SimRobot 仿真结果

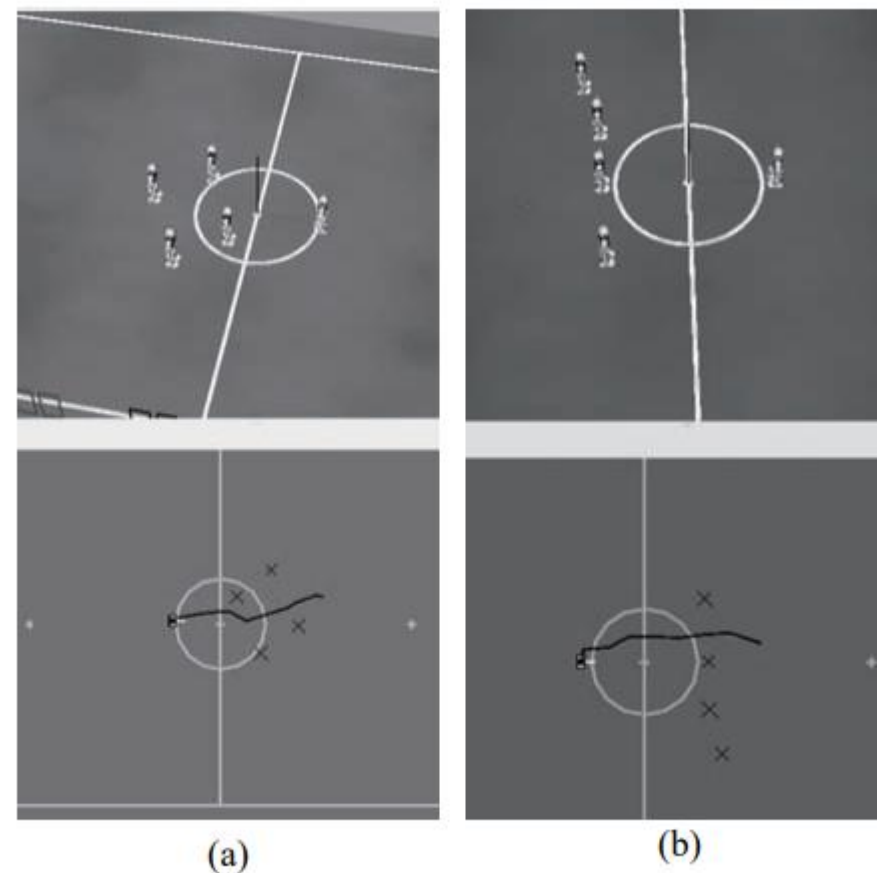


图 13 动态扩展随机树在 SimRobot 中的仿真结果

3. 足球机器人MAPF

仿真实验及实战测试

实体机器人测试—NAO机器人

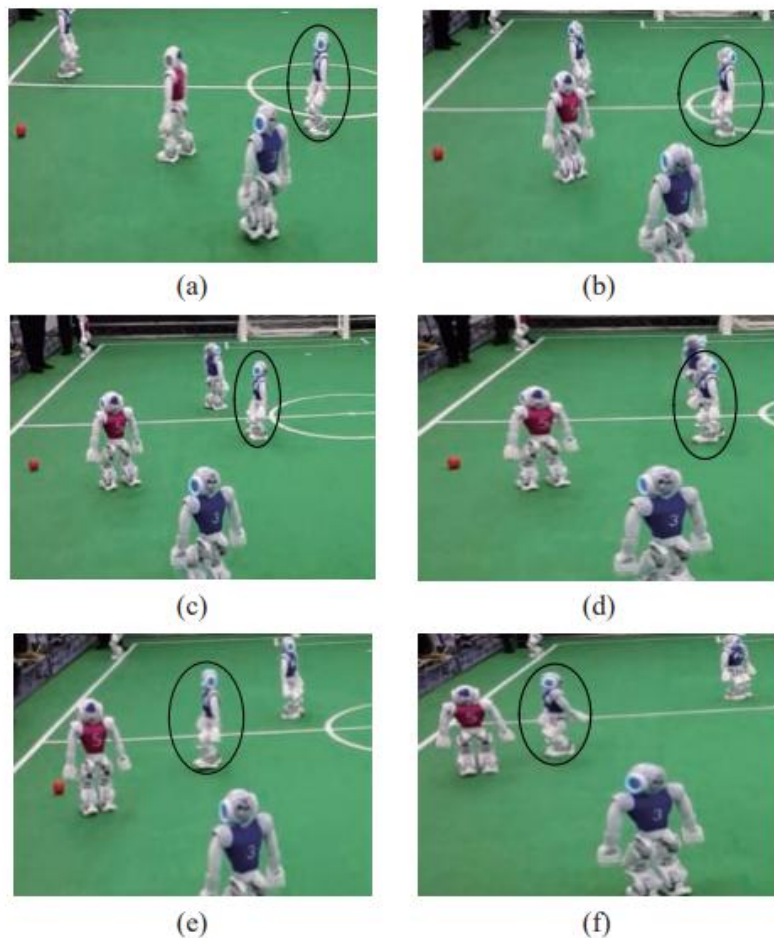


图 14 实际比赛规划路径

图 14 中被椭圆圈起来的蓝色机器人从图 14(a) 的位置朝向球的位置走，即路径规划的起点为当前机器人的位置，终点为球的位置，与当前机器人距离最近的障碍机器人是前方的红色机器人，为了避开它，规划了一条路径。双向随机树从机器人当前位置以及球的位置同时开始生长，当 2 根随机树的叶节点很接近的时候，2 根随机树被结合起来，随即生成路径。当前位置蓝色机器人规划出的路径按照其行走方向来看是一条弧线，能够绕过对方的红色机器人到达球的位置，参与球的拼抢，获得控制球的能力。

本章作业

按照本章讲解的算法策略设计算法实现机器人进球过程

作业要求见本章作业附件