



# 多机器人感知和行动: 世界建模和任务分配

# 多机器人系统 (MRSs)



# 多机器人应用

- 觅食
- 观察
- 推箱子/箱子操作
- 勘探
- 机器人杯



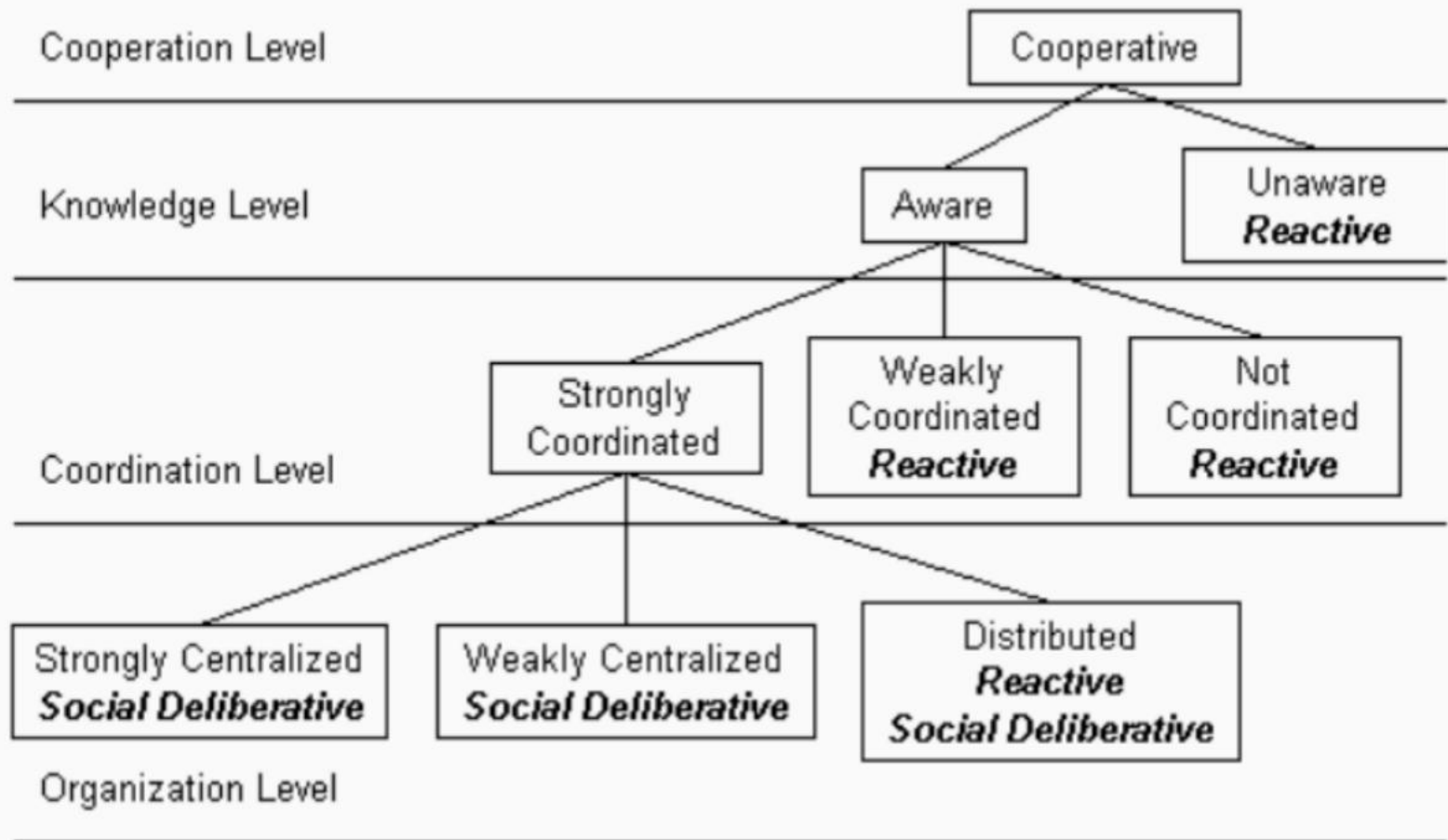
# 多机器人系统 (MRSs)

**MRS不能简单地被视为单个机器人案例的概括。**

**也不能简单地将MRS视为多智能体系统的实例。**

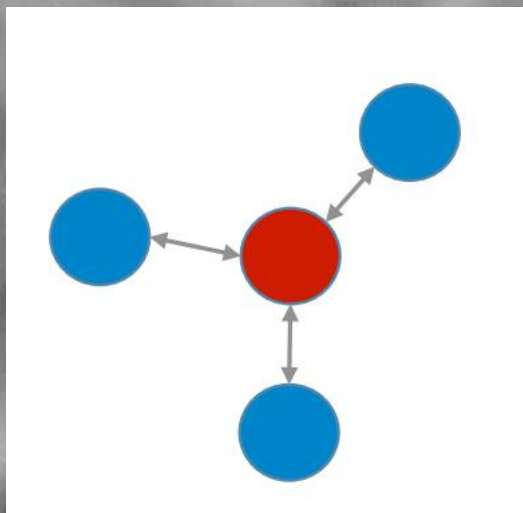
**合作意味着自主（至少在某种程度上）。**

# 多机器人系统：我们的旧分类法

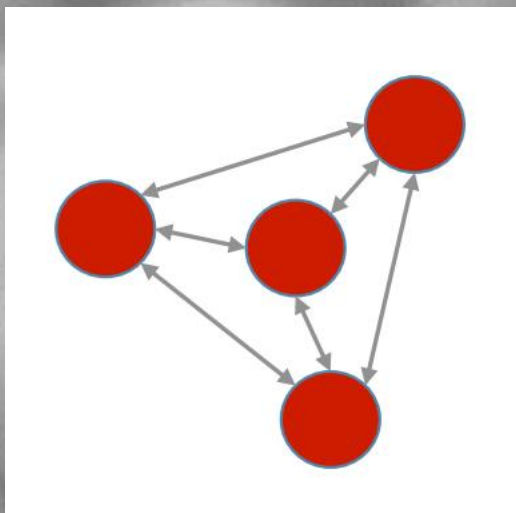


# 多机器人系统：结构

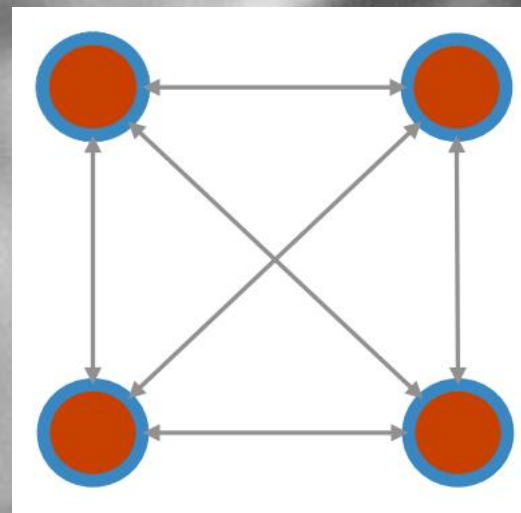
## 集中式



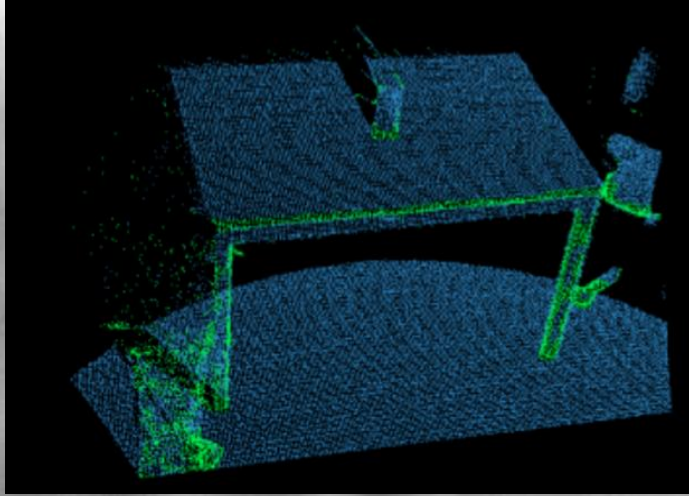
## 分散式



## 分布式

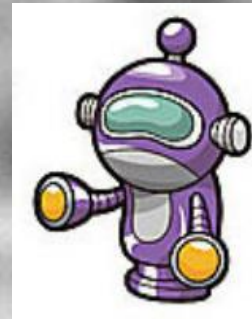


# 世界表征：合作感知



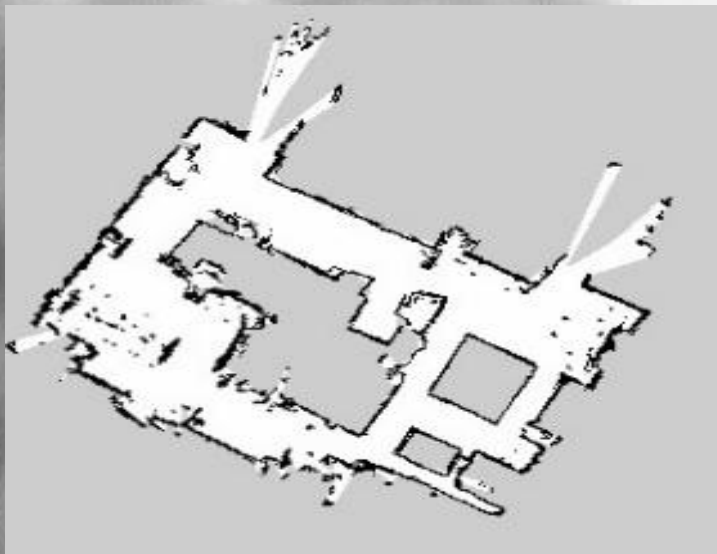
我察觉到厨房  
里有一张  
桌子

我也是



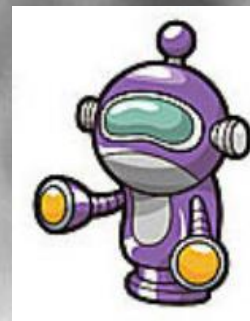


# 机器人协调：合作行动



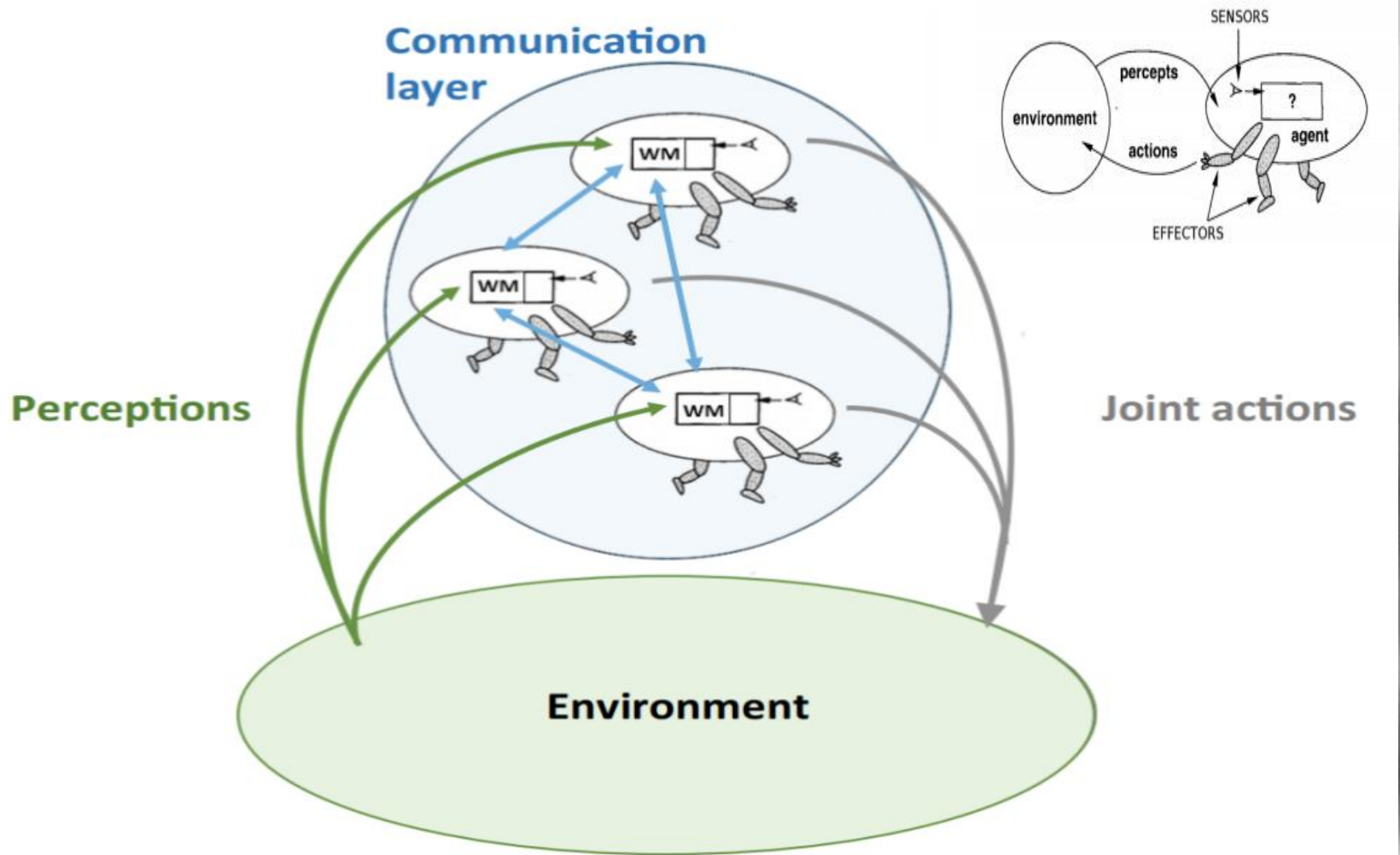
我们需要探索这一点地图。你擅长什么？

42?!

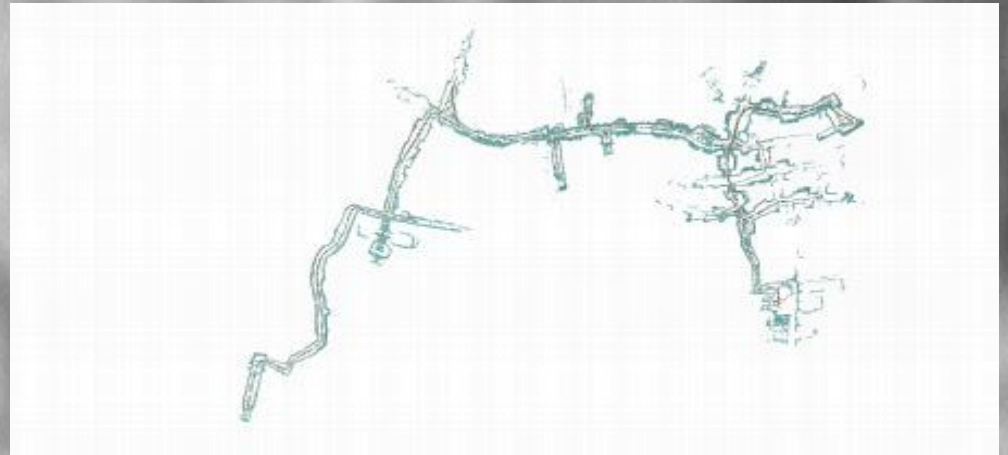
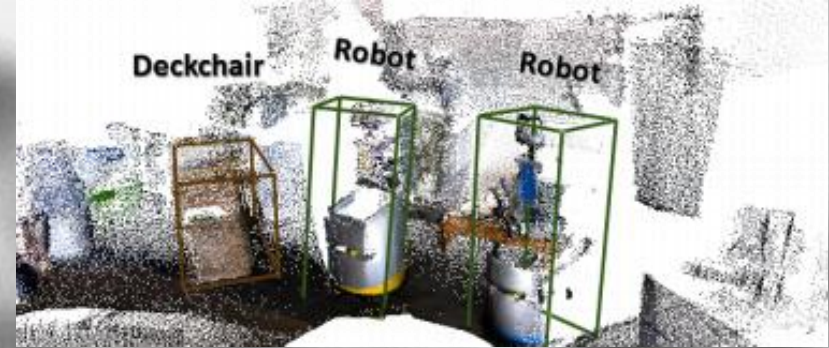
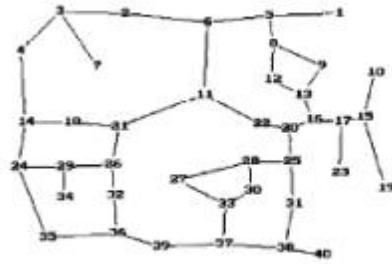




# 多机器人系统



# 世界建模：环境表示

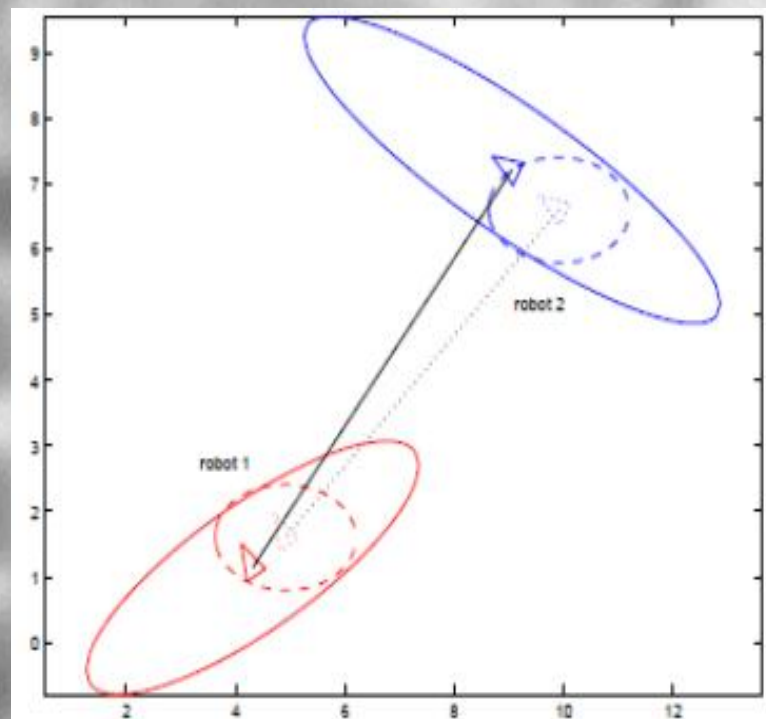


# 合作感知：分布式多机器人本地化

用于多机器人定位的分布式 EKF（扩展卡尔曼滤波）方法。

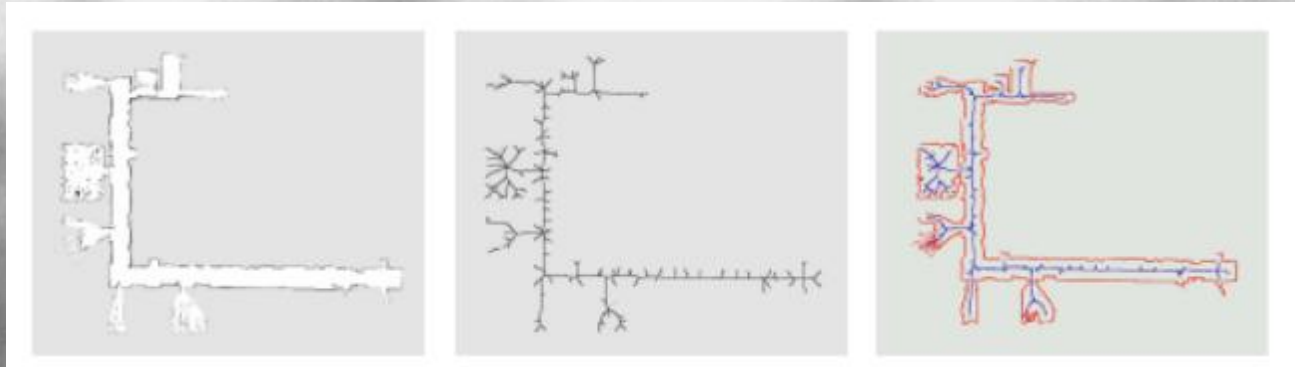
每个机器人都携带团队的联合状态向量，每当它收到队友的测量值时，它都会更新自己的状态。

分散式卡尔曼滤波器需要信息交换。



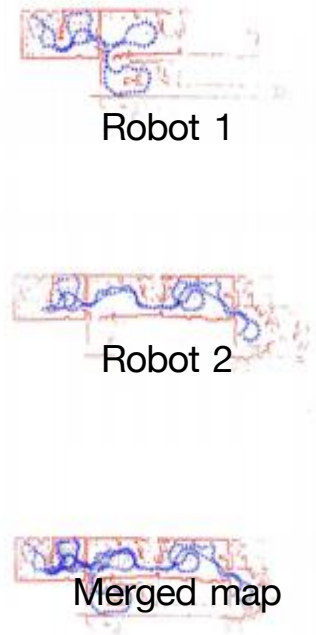


# 合作映射:合并部分一致映射 (拓扑)



**Bonanni 等人通过拓扑表示合并部分一致的映射。**

**在多机器人环境中，它可以用来融合部分世界知识。**



# 合作 SLAM: 融合映射 (公制)

- **EIFs: EIFS是扩展的帧间空间**
- **EKF<sub>s</sub>**
- **颗粒过滤器: 颗粒式微滤属于微滤, 是微滤发展衍生的一种高效工艺技术材料, 又称 微孔过滤, 属于 精密过滤。颗粒式微滤能够过滤掉溶液中的微米级或纳米级的微粒和细菌**

**SLAM多智能体协同视觉即时定位与地图构建**

# 合作 SLAM: 融合映射 (公制)

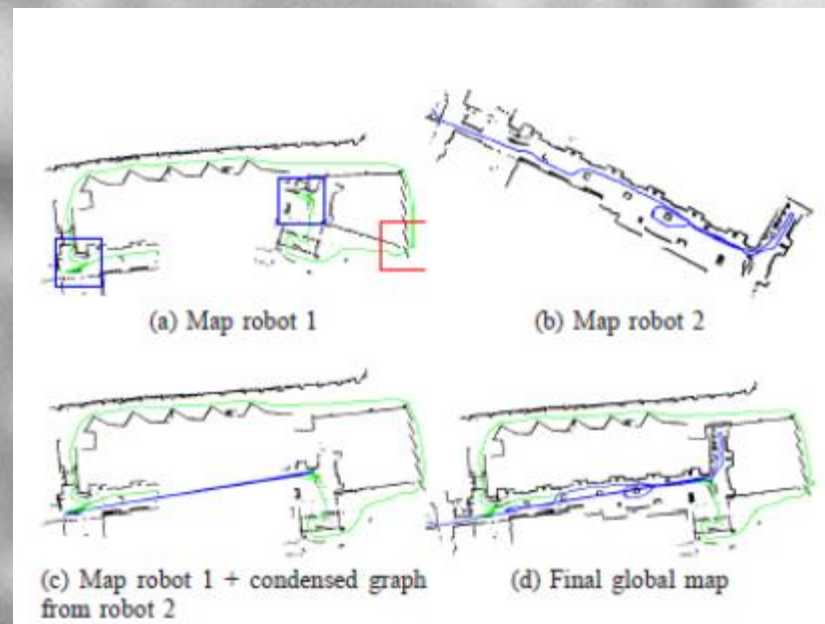
- SLAM最早由Smith、Self和Cheeseman于1988年提出。
- 由于其重要的理论与应用价值，被很多学者认为是实现真正全自主移动机器人的关键。
- 当你来到一个陌生的环境时，为了迅速熟悉环境并完成自己的任务（比如找饭馆，找旅馆），
  - a.观察周围地标如建筑、大树、花坛等，并记住特征（特征提取）
  - b.根据双目获得的信息，把特征地标在三维地图中重建（三维重建）
  - c.不断获取新的特征地标，并且校正已有的地图模型（bundle adjustment or EKF）
  - d.根据前一段时间获得的特征地标，确定自位置（trajectory）
  - e.当无意中走了很长一段路的时候，和脑海中的以往地标进行匹配，看一看是否走回了原路（loop-closure detection）。实际这一步可有可无。



# 多机器人SLAM: 使用简明测量

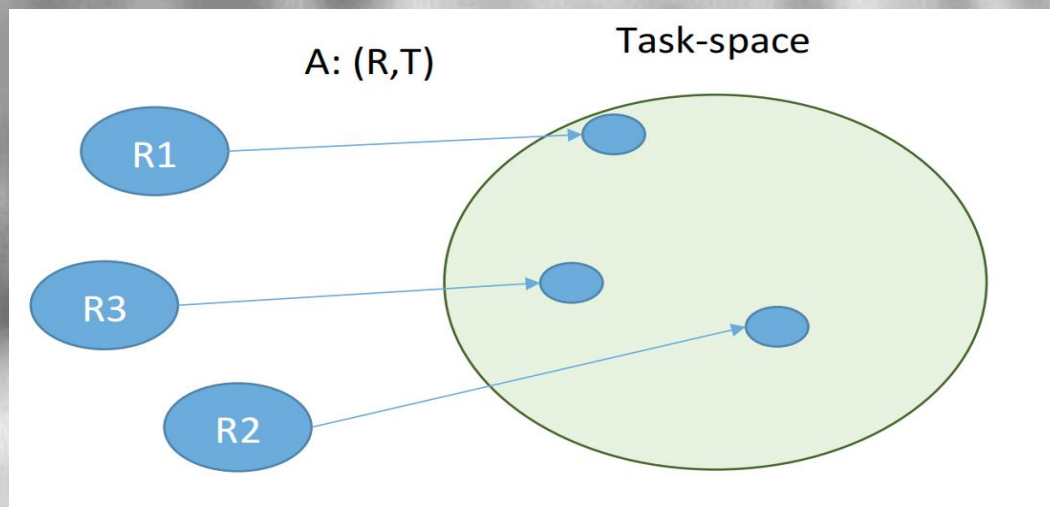
使用基于分布式图形的SLAM方法映射环境。

机器人使用来自给定范围内队友的有意义的压缩信息来增强其本地地图，从而满足真实场景中的通信限制。



# 合作行动

- 联合协调行为（例如同步）
- 任务分配  
注重社会协商合作
- 没有预定义协议的合作

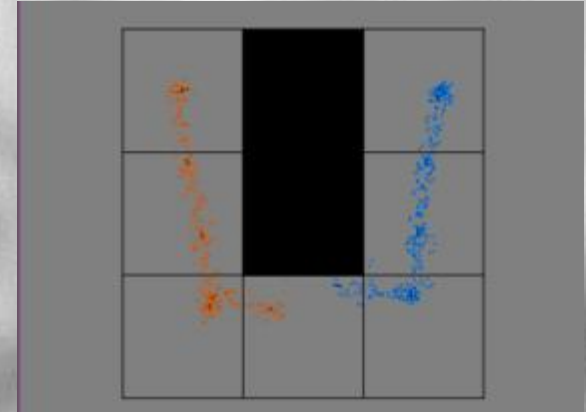


# 联合协调行为作为 dec-pomdp 中的任务学习

可以采用分散的  
POMDP来学习实施合  
作行为的政策。

进化策略用于为网格世  
界中的两个机器人生成  
策略并学习联合行动。

共同目标和“全球”世界  
代表。





# 联合协调行为作为 dec-pomdp 中的任务学习

## 不完全可观测马尔可夫决策过程

### POMDP

POMDP是MDP的泛化。在POMDP模型中，系统的动力学仍然是由MDP描述的，但是系统并不能直接观测到当前的状态，就是系统不确定现在处于哪个状态。所以，系统需要通过a set of observations ,observation probabilities and underlying MDP得到一个probability distribution over the set of possible states。

An exact solution to a POMDP yields the optimal action for each possible belief over the world states.

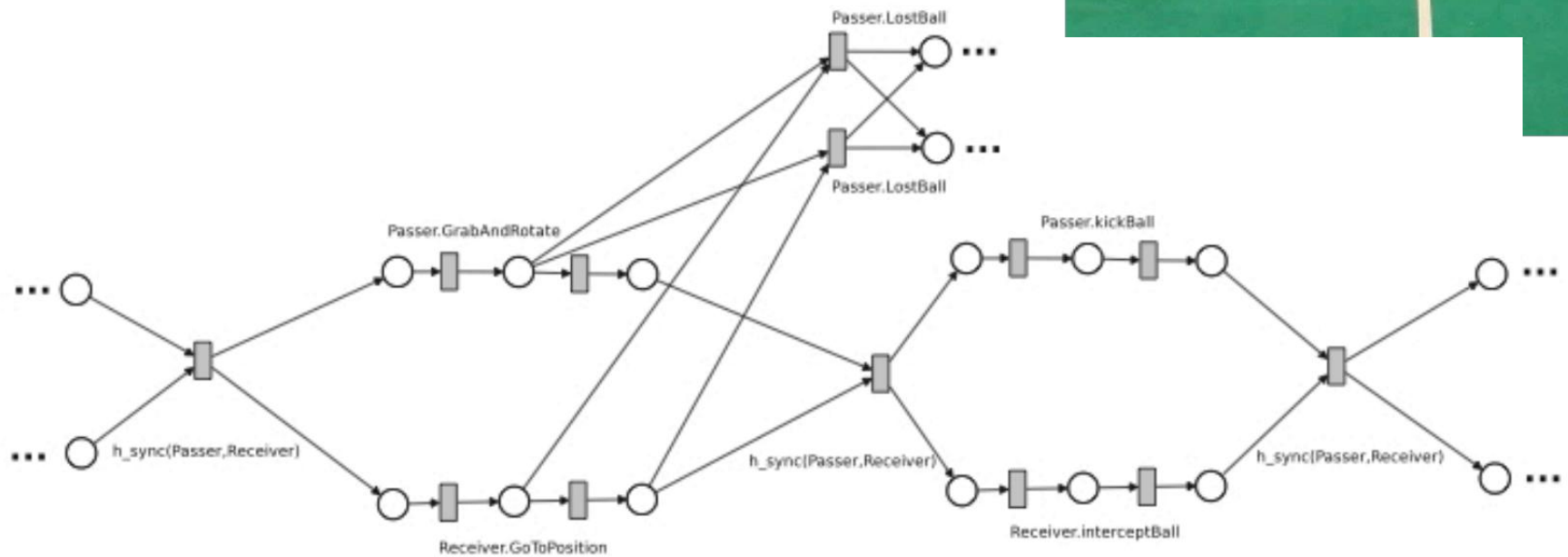
- 定义

通常，可以用一个七元数 $(S, A, T, R, \Omega, O, \gamma)$  来描述：

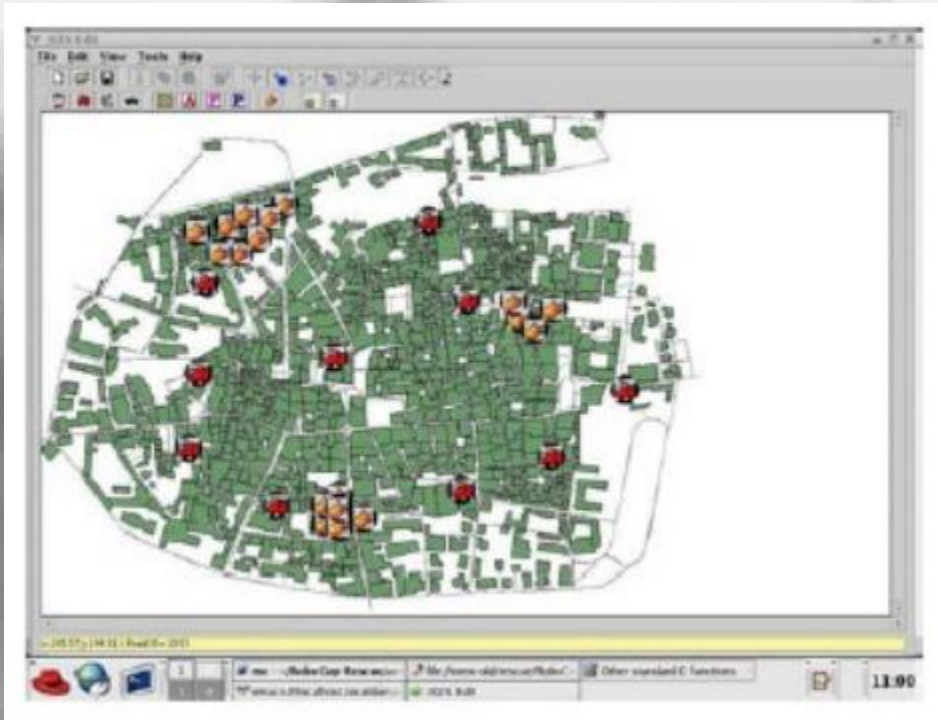
- $S$  is a set of finite states;
- $A$  is a set of finite actions;
- $T$  是状态转移方程， $T(s_{t+1} | s_t, a)$  表示在时间 $t$ 状态 $s_t$  采取动作 $a$ 可以在时间 $t + 1$ 转换到状态 $s_{t+1}$  的概率;
- $R : S \times A \rightarrow \mathbb{R}$ 是收益函数， $R(s, a)$ 表示在状态 $s$ 执行动作 $a$ 带来的收益;
- $\Omega$ 是一组观察结果集，就是机器人的传感器获得的环境数据;
- $O$  is a set of conditional observation probabilities;
- $\gamma \in [0, 1]$ 是折扣因子。

# 联合协调行为中的联合意图

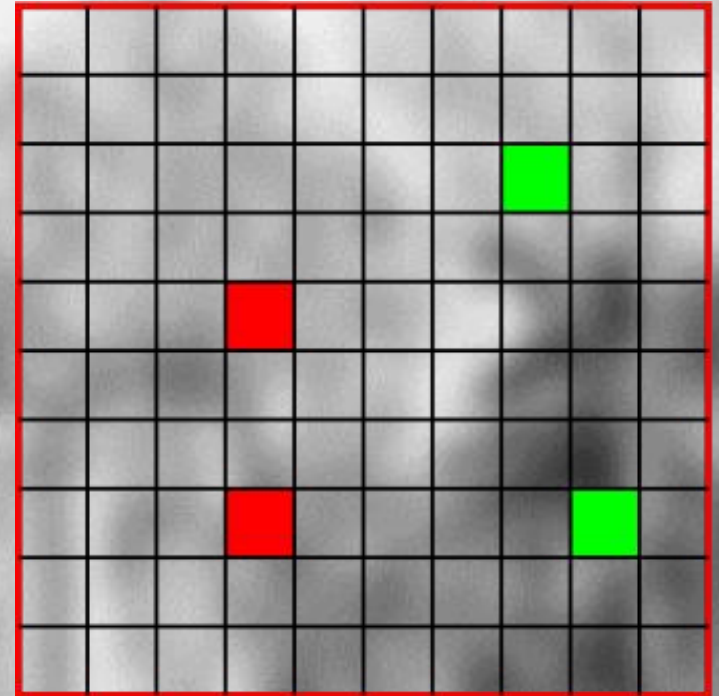
- 操作同步
- 共同意图理论



# 任务分配为分布式约束优化



Scerri, Paul, A. Farinelli et al. "Allocating tasks in extreme teams. " *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*. ACM, 2005.



S. Okamoto, N. Brooks, S. Owens, K. Sycara, and P. Scerri, "Allocating spatially distributed tasks in large, dynamic robot teams," *Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 2011.



# 作为反应式分布式协议分配任务

**Alliance 是一种多机器人架构，旨在实现异构团队合作。**

**机器人决定根据不耐烦采取行动，并随着感官数据的交换而更新。**

**没有关于世界状态的分布式意识，也没有关于其他机器人执行的任务的意识。**



# 任务分配为基于拍卖的分配

**raderBot 是一个基于市场的多机器人架构。**

**它允许机器人团队以分布式方式竞标任务。**

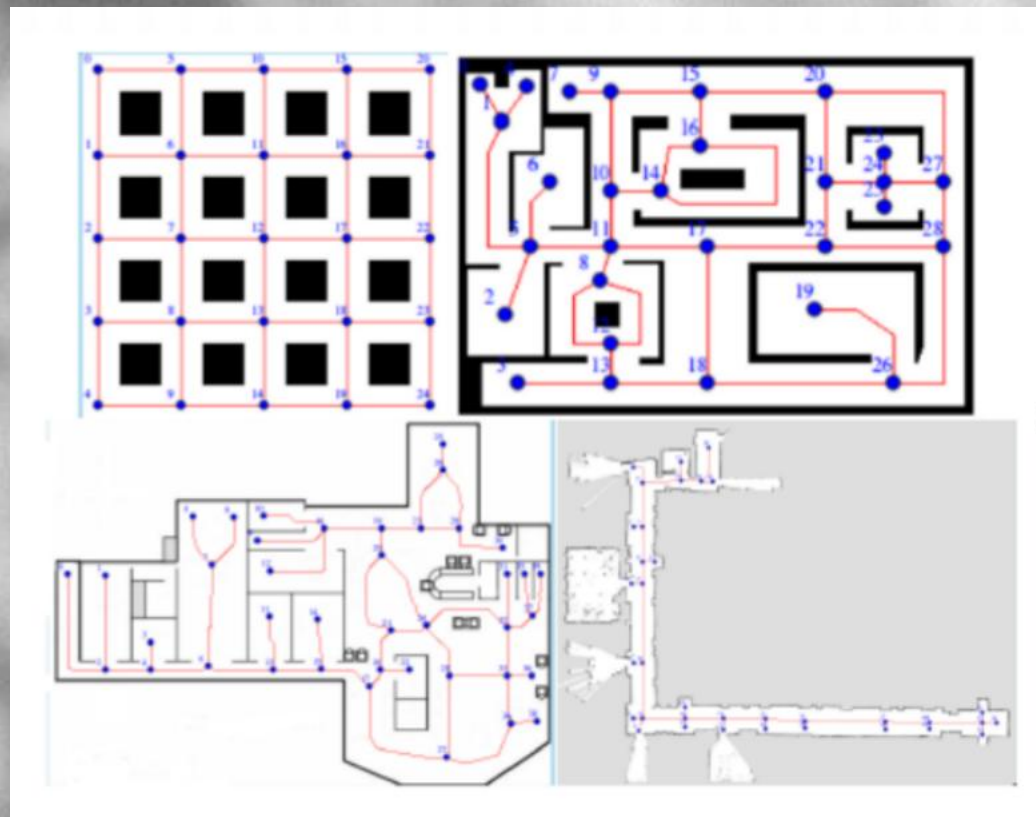
**机器人在子组中自我组织，并通过拍卖分配资源/任务。**



# 任务分配为多机器人巡逻的分布式在线协调

动态技术与离线方法的比较表明，必须考虑机器人执行产生的不确定性。

之后，将顺序单件拍卖与几种在线和离线方法进行比较。

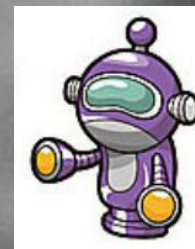
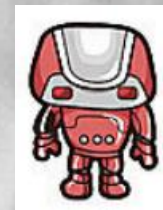




**Luo等人提出了一种基于拍卖的任务分配算法。**

**他们的算法将给定的收益与机器人在执行任务时收到的任务组相关联。**

**作者通过模拟合作包裹运输场景来评估他们的解决方案。**

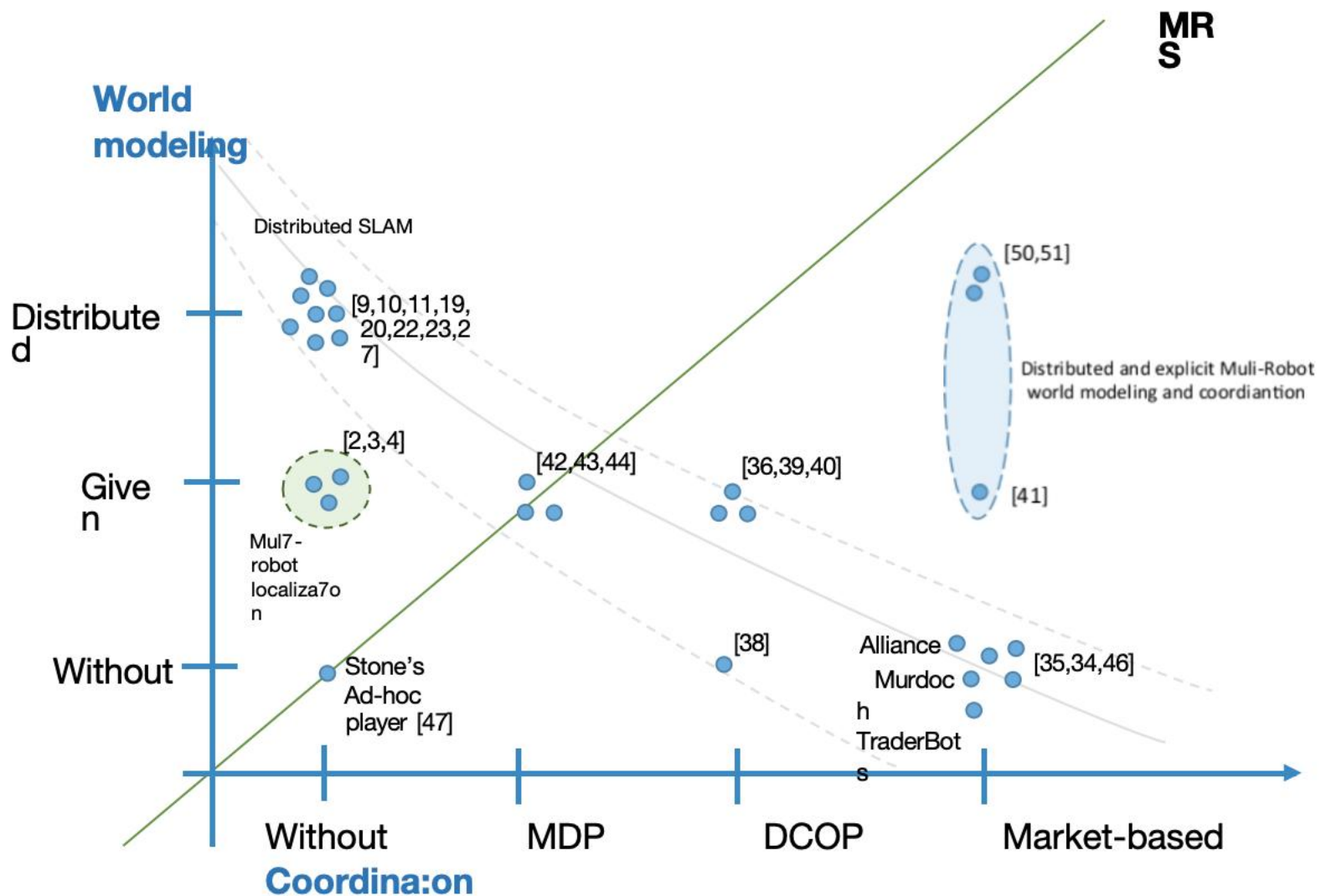


# 临时自治代理团队

临时挑战：构建一个能够与其他未知代理合作的单一代理，这些代理不一定由同一团队编程。



# 机器人协调：合作行动



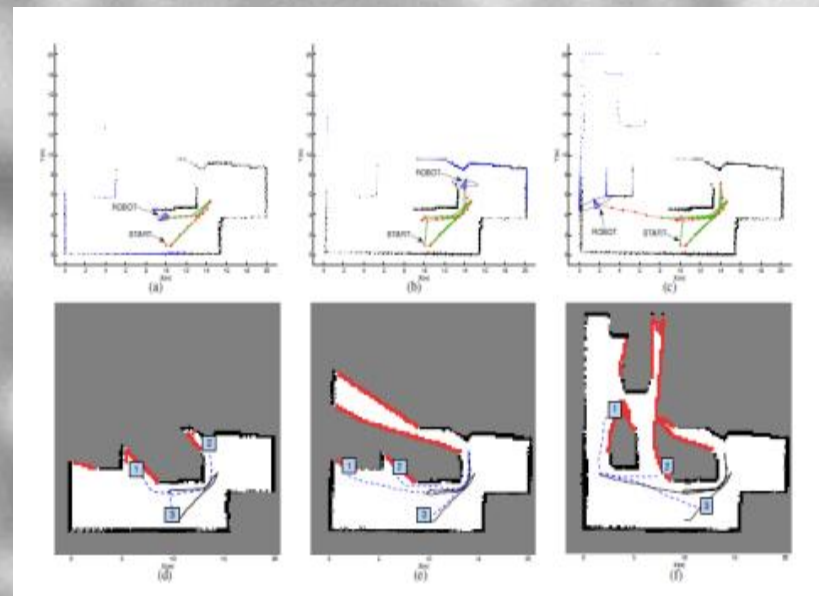


# 主动姿势 SLAM

Valencia等人将探索和地图构建过程相结合，也称为 Active SLAM。

勘探策略的目标是将总体地图误差降至最低。当机器人对其定位具有高度不确定性时，它会回溯到已知的映射区域。

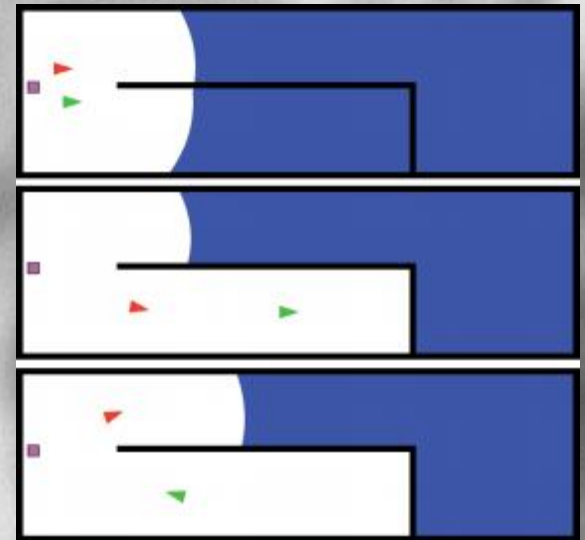
在多机器人案例中，一组机器人可以协同工作，以减少队友的不确定性并提高性能。



# 通信受限环境中的自主多机器人探索

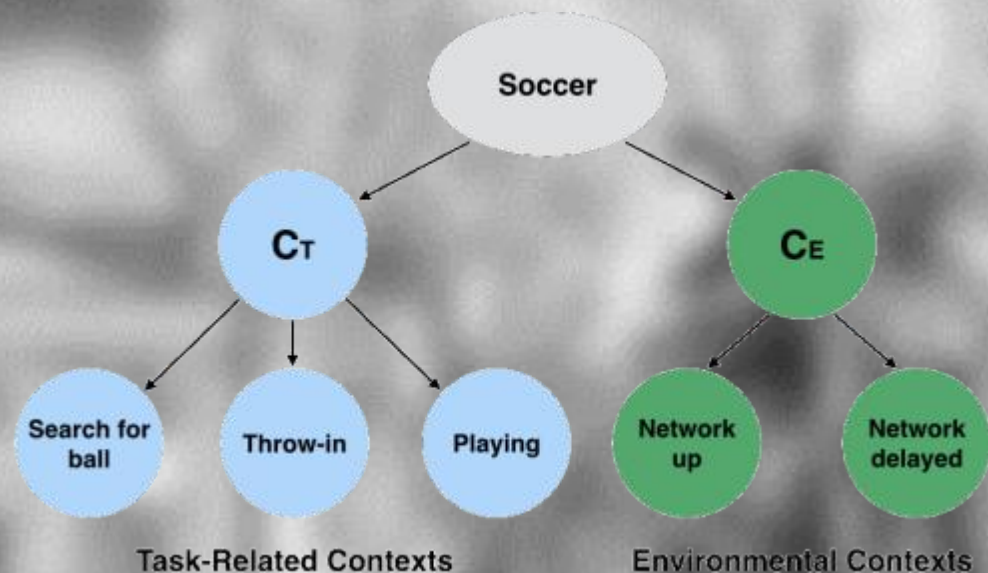
De Hoog 等人采用角色层次结构进行多机器人探索。

他们执行基于前沿的探索，动态地将任务重新分配给活跃的机器人。



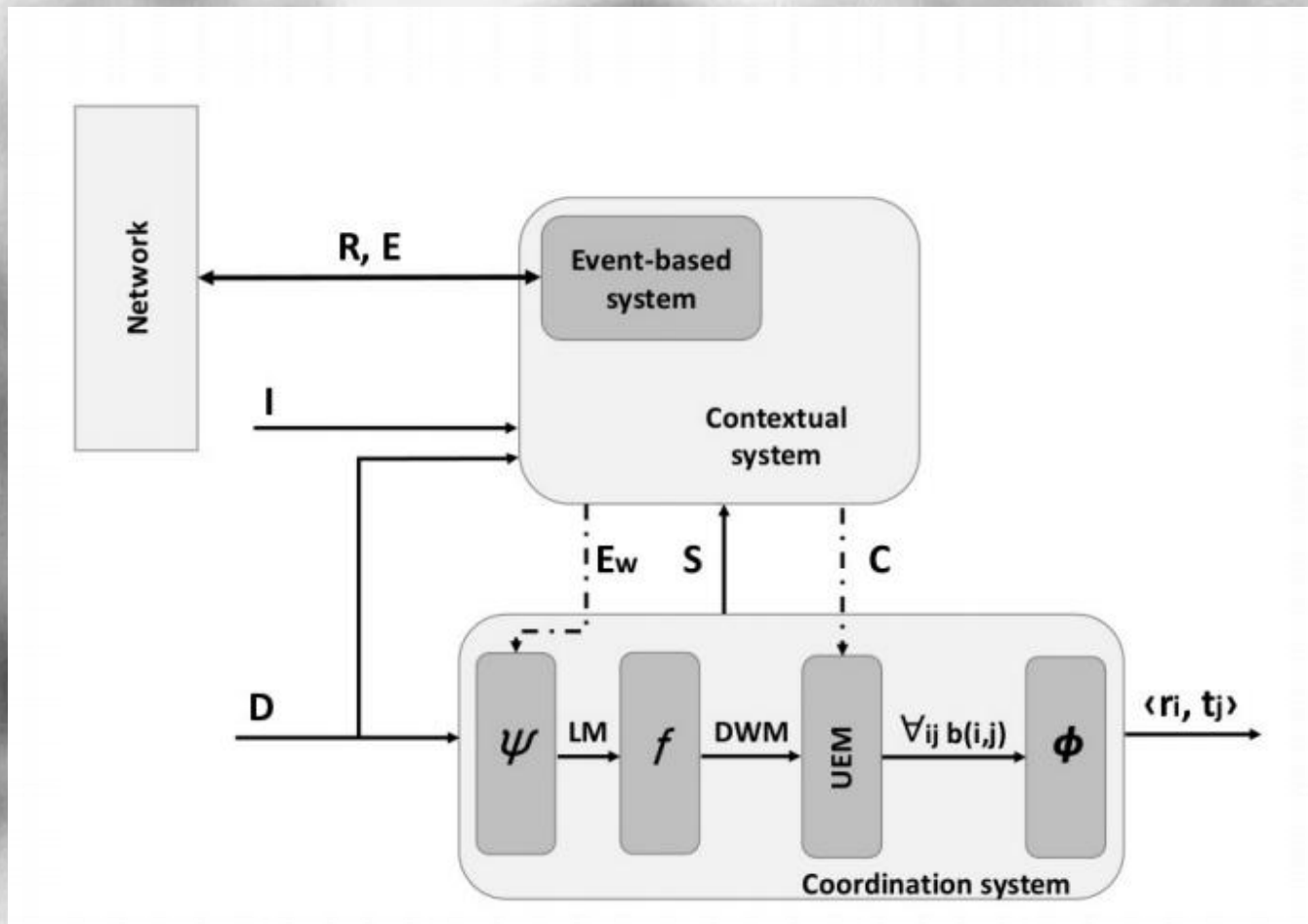
# 多机器人足球队基于情境的协调

Riccio et al. 利用上下文知识，以分布式更新机器人的世界模型，并在足球场景中进行相应的协调。

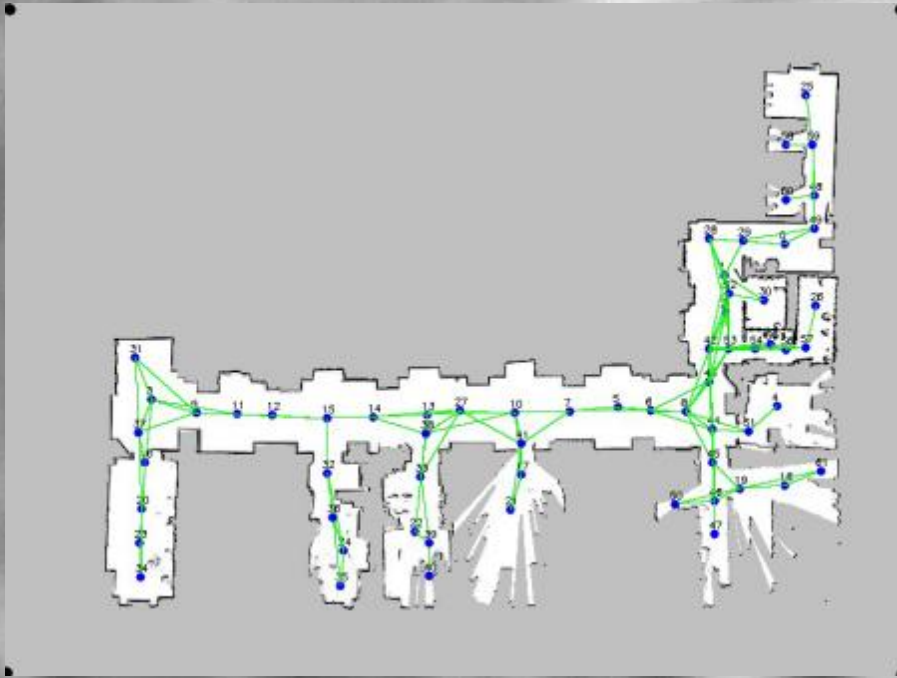




# 情境感知协调在足球场景中



# 情境感知合作在多机器人目标定位中



# 总结和结论

**协作感知和协作行动是多机器人系统的两个方面，它们在很大程度上是独立解决的。**

**一个具有挑战性的研究流旨在研究MRS，包括感知-行动回路的两个组成部分。**

**需要更好的性能评估方法！！**



# MURDOCH: 发布/订阅任务分配用于异构代理

**Gerkey 和 Mataric 实现了一个发布/订阅系统，该系统能够在异构机器人团队之间分配任务。**

**机器人评估他们的指标竞标给定任务并赢得任务的函数。**

