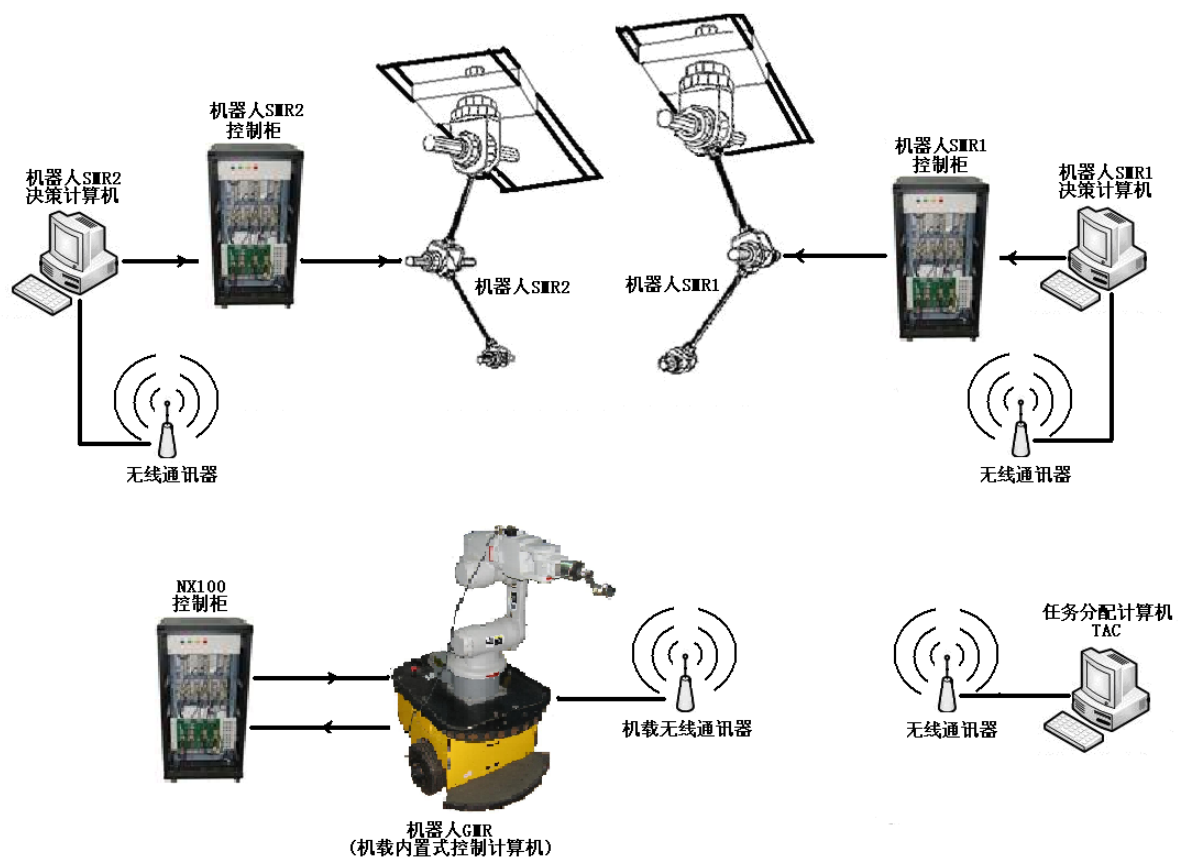




智能控制技术 实验报告

实验名称	递阶控制
实验地点	教 7-306
姓 名	PhilFan
学 号	19260817
实验日期	January 10, 2025
指导老师	刘山



Question.1. 如图所示的多机器人协作系统由三个机器人组成，分别为两个悬挂移动式多关节机器人（SMR1 和 SMR2）和一个地面移动式多关节机器人（GMR）。

SMR1 和 SMR2 的主体是两个七关节式机器人，悬挂在一个固定在顶部的方形托架上，它们的移动支架都能够沿着悬挂导轨在方形托架的允许范围内移动。GMR 的主体是六关节式机器人 HP3，安装在一个轮式移动基座 PowerBot 上，能够在地面上随意移动。

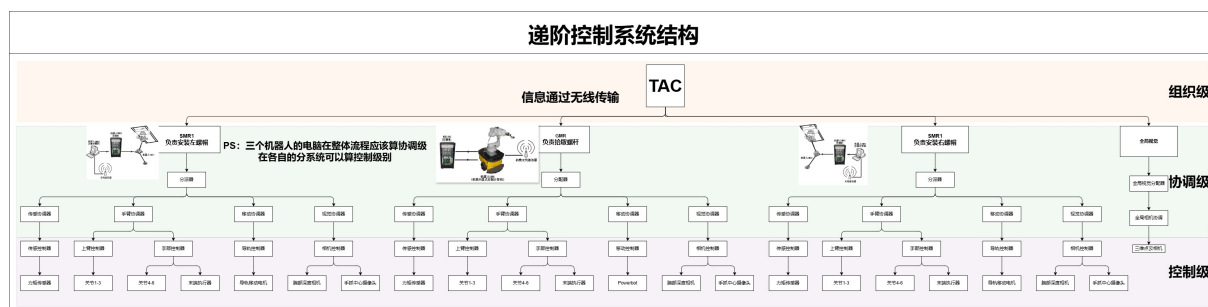
系统配置三级视觉系统，第一级为全局的外部三维点云相机，第二级为装在机械臂腕部的深度相机，第三级为装在机械臂手抓中心的摄像头。各机械臂均配备力矩传感器。

SMR1、SMR2 和 GMR 都有自己独立的控制计算机，系统中另有一台独立的计算机 TAC，各计算机之间通过无线通讯连接，实现数据交互。

系统的目标任务是：从无序堆放的工件中拾取目标螺杆，并将螺杆的两端装上合适的螺帽，然后放置在期望目标位置。

请根据以上各部分的具体任务和功能，采用递阶控制的思想将多机器人协作系统进行分解，并画出该递阶控制系统的分级系统结构图。

因为 pdf 中不太好插入太大的图片，我将高清版图片作为附件一并提交了。



1 设计原则

- **组织级**：精度较低，但具有较高的智能决策能力，基于复杂的人工智能技术进行任务规划与分配。决策过程涉及高层次的推理、规划和优化，任务复杂度较高。
- **协调级**：精度逐步提高，智能相对减少。此级通过神经模糊网络或 Petri 网等工具，实现任务协调和控制信号优化，确保任务按照组织级指令进行精细调整。
- **执行级**：精度最高，智能最低。执行级依靠精确的控制理论（如 PID 控制、神经网络控制等）来确保每个机器人执行任务的高精度操作。
- **知识流量**：通过不同层级之间的信息传递与反馈，不同层级的熵会影响系统的工作能力。在此过程中，执行级的低智能、高精度操作与组织级的高智能、低精度决策形成对比，帮助实现任务的有效分配和执行。
- **熵 (Entropy)**：系统中的每个层级有不同的熵值，组织级的熵较高（代表信息量大且决策复杂），执行级的熵较低（控制精度高但任务较简单）。通过精度递增和智能递减的方式，系统总体熵最小化，确保任务高效完成。

- **协调级**：精度逐步提高，智能相对减少。此级通过神经模糊网络或 Petri 网等工具，实现任务协调和控制信号优化，确保任务按照组织级指令进行精细调整。

- **执行级：**精度最高，智能最低。执行级依靠精确的控制理论（如 PID 控制、神经网络控制等）来确保每个机器人执行任务的高精度操作。

- **知识流量**：通过不同层级之间的信息传递与反馈，不同层级的熵会影响系统的工作能力。在此过程中，执行级的低智能、高精度操作与组织级的高智能、低精度决策形成对比，帮助实现任务的有效分配和执行。

- **熵 (Entropy):** 系统中的每个层级有不同的熵值，组织级的熵较高（代表信息量大且决策复杂），执行级的熵较低（控制精度高但任务较简单）。通过精度递增和智能递减的方式，系统总体熵最小化，确保任务高效完成。

这种递阶智能控制结构使得多机器人协作系统能够高效、精确地执行复杂任务，并在不同层级间实现智能与精度的平衡，最大化系统的工作能力。

2 组织级（顶层）

- **目标任务：**从无序堆放的工件中拾取目标螺杆，装配螺帽并放置到期望位置。
- **控制目标：**
 - **规划与决策：**基于高级人工智能与专家系统，制定任务的总体规划。
 - **任务分配：**从视觉系统：外部三维点云相机，根据每个机器人的能力和位置，将任务分配给 SMR1、SMR2 和 GMR。
- **技术应用：**

- **控制目标：**
 - **规划与决策：** 基于高级人工智能与专家系统，制定任务的总体规划。
 - **任务分配：** 从视觉系统：外部三维点云相机，根据每个机器人的能力和位置，将任务分配给 SMR1、SMR2 和 GMR。

- **规划与决策**: 基于高级人工智能与专家系统, 制定任务的总体规划。

- **任务分配**：从视觉系统：外部三维点云相机，根据每个机器人的能力和位置，将任务分配给 SMR1、SMR2 和 GMR。

- 技术应用:

- 专家系统与推理技术，用于任务分配和全局决策。
- 可能使用模糊逻辑或 Boltzmann 机等方法进行决策优化。

3 协调级（中层）

- 控制目标：
 - 任务协调：接收组织级的高层指令，协调各机器人执行的子任务。
 - 优化控制器设定：根据执行级反馈的信息，优化每个机器人的控制参数和执行策略。
 - 信息流与状态更新：确保机器人状态和执行结果能传回组织级进行决策优化。
- 技术应用：
 - Petri 网和神经模糊网络：用于协调任务和优化控制信号。
 - 与或图、状态空间技术帮助规划机器人的协作流程。

4 执行级（底层）

- 控制目标：
 - 精确控制：执行精确的机器人操作，包括关节运动控制、抓取和装配等。
 - 实时反馈：通过力矩传感器和视觉传感器获取实时数据，调整控制指令。
- 技术应用：
 - 神经网络或 PID 控制：作为机器人控制器，执行协调级提供的控制信号，精确控制每个机器人的运动和任务执行。
- 控制器与传感器：
 - 关节控制器：精确控制机械臂的各个关节运动。
 - 力矩传感器：实时监测机器人在抓取螺杆和装配螺帽时的力反馈，确保操作过程的稳定性。
 - 导轨移动电机：控制 SMR1 和 SMR2 的移动，确保其在轨道上沿规定路径精确移动。
 - PowerBot 控制器：负责地面机器人 GMR 的运动控制，通过轮式移动基座进行任务搬运。
 - 腕部深度相机：提供精确的视觉信息，帮助机器人定位螺杆及其位置。
 - 手抓中心摄像头：为机器人提供抓取目标的实时图像数据，确保装配精度。