无人机群协同系统领域分析报告

1. **系统介绍**

**无人机**(Unmanned Aerial Vehicle，UAV)是一种具备自主飞行和独立执行任务能力的新型飞机系统，不仅能够执行军事侦察、监视、搜索、目标指向等非攻击性任务，而且还能够执行对地攻击和目标轰炸等作战任务。但在某些具体领域，如战争，单架无人机无法保证任务的高效执行，因此产生“**无人机群**”的概念，无人机群指由多架无人机组成无人机编队，配合完成同一个任务。

无人机群协同系统由一群具有自主能力的无人机组成，无人机内部通过强化学习算法自主实现飞行、避障等功能，无人机蜂群之间通过通信、距离感知和状态感知进行交互协同。

1. **系统组成分析**

本系统属于无人机作业领域，组成包括多架无人机（10架左右）、无人机移动平台和地面控制站。

所述无人机的电路结构包括主控模块、定位模块、感应模块、通讯模块和电力供应模块；无人机移动平台上设置有与各无人机无线通讯的服务器；所述服务器统计计算各无人机的货物信息和电量信息；地面控制站与无人机通讯模块连接，将无人机移动平台位置传送给无人机，达到了无人机作业过程中充电和补充物料过程较为方便的效果。

1. **工作原理**

单个无人机进行大规模作业时，需要进行电量、药物和弹药等补充时需要飞回基站补充，飞行距离较远，造成补充过程耗时较多，且此种作业方式存在作业不灵活的缺点。故在采用无人机群协同系统后，在统一、有效、系统化的设计后，无人机的效能达到1+1>2的效果。

无人机群应用的核心问题在于**无人机协同任务规划**。多无人机协同任务规划指多架无人机根据任务特点、自身性能以及实时环境，协同完成一类或多类任务时的任务分配，该任务分配需要满足无人机本身的性能约束，如传感器类型、负载情况、飞行半径、转弯半径、飞行动力学约束等。同时要考虑环境的各种情况，如威胁区域、禁飞区域、无人机故障等。

本系统预计设计完成以下任务：

1. 快递配送（物流）
2. 森林防火监控，夜间巡视等
3. 大面积航拍图片、视频（结合数字图像处理）
4. 大规模泼洒农药

通常多无人机任务规划主要分成以下几个部分：

* **上层的任务分配**(Task Assignment or Task Allocation)：任务分配考虑各种约束条件，以总体任务有效达成为目标，将具体目标和行动任务分配给各机，而各机根据分配的任务再进行具体的作战路径规划。
* **下层的路径规划**(Path Planning)：路径规划的功能是在满足如最大线性速度、最大转角速度、操作的安全性、时间和环境变量等自身或外部限制的前提下在一系列位置之间设计或生成路径。
* 此外根据实际应用场景还需要考虑**系统资源分配、载荷规划、应急处置**等。

1. **研究方法**

**1、任务规划方法**

任务规划的方法可以分为**自顶向下式任务规划**和**自底向上式任务规划**两种。

自顶向下任务规划是基于人类知识所建立起来的逻辑与规则,沿袭了分层递阶的思想,从顶层规划到分层逐步实施,降低了问题的复杂性。该思路符合人类社会管理的一般规律,易于理解。

自底向上任务规划的一般过程可以表述为:无人机个体收集并处理外界信息进而更新个体知识以适应环境,再同集群内其他个体交互,完成经验交互和社会学习,实现共同进化,并执行复杂有序的集体行为。

**2、控制架构**

适合于无人机集群的控制架构又包括集中式、分布式、集散式等多类 。

1. 集中式:该体系的确立源自“单无人机-多无人机-无人机集群”的发展思路,是当前最直接、最成熟的集群架构模式,无人机集群接受单个或多个中心控制。该体系架构对无人机数据链带宽、速率、功率以及可靠性提出了很高要求。
2. 分布式:该体系类似于自然界生物集群,无人机之间地位平等,通过彼此信息交互,协同完成任务。该体系是一种朝“完全自主”方向发展的任务构型,分布式体系下各无人机单元之间的通信信息量较大.
3. 集散式:该体系结合了集中式和分布式的优点,利用分布式自治与集中式协作相结合的方式,来解决全局控制问题。

**3、任务分配模型**

多无人机任务分配模型分为传统的单一任务模型和多任务模型。

1. 单一任务模型，如

* 多旅行商问题（multiple traveling salesman problem,MTSP）
* 车辆路劲问题(Vehicle Routing,VRP)

1. 多任务模型，如

* 网络流模型（Network Flow Optimization, NFO）
* 混合整数线性规划模型(Mixed-Integer Linear Programming, MILP)
* 协同多任务分配模型(Cooperative Multiple Task Assignment Problem, CMTAP);

**4、求解方法**

求解方法分为静态任务分配求解方法和动态任务分配求解方法。

1. 静态任务分配求解方法有**传统算法（动态规划、分支与限定、广度优先搜索）**和**启发式算法（遗传算法、PSO算法、蚁群算法）**；
2. 动态任务分配求解方法有两种，一直是执行之前不知道目标具体位置，利用无人机网络在执行任务过程中不断获取目标位置并执行任务分配的过程；另一种是提前知道目标位置，执行任务中，目标位置发生移动或无人机故障或有紧急目标任务出现，需要进行任务实时重分配。对算法实时性要求很高，目前针对这一问题采用的主要方法为**拍卖算法、合同网算法**及其相应的改进算法。