**集中式和分布式的优点**

在现有的针对无人机群的抗干扰通信方案中，大部分方案采用的是集中式的

学习框架，即存在一个控制中心基于学习算法优化控制策略，不断向无人机群中

的其他无人机发送控制信号。虽然集中式的学习算法可以通过控制中心明

确地选择一个信逍条件最好的中继节点转发源节点消息，避免多个中继选择转发

浪费通信资源。但在拓扑结构不断变化的无人机网络中，作为控制中心的无人机

需要电量充足、并与网络中所有节点保持良好的通信状态，成本较高。并且，当

无人机群规模扩大时，控制中心需要处理的状态动作空间也相应增大，严重影响

算法鲁棒性。此外，控制中心需要汇总机群中其他无人机的位置及电量等敏感信

息，但是，这些信息在传输过程中易被恶意攻击者窃听。在分布式的学习框架中，

每架无人机都能够独立学习而不受机群规模大小影响，且无需与别的无人机共享

自己的位置、电量等状态相关的信息，提高了机群中每架无人机的安全性能[28)。

**为什么要强化学习（适应智能式干扰机，减少对信道模型和其他模型的依赖）**

1.在抗干扰场景中。同时，由于配备了软件无线电等可编程通信设备的智能干扰机可

感知无人机的方位与通信状态等信息，并采用机器学习算法动态优化干扰信号强

度等干扰策略，而传统的中继抗干扰方法却难以及时调整中继策略，因此难以抵

御智能干扰机。

2.在无人机群与智能干扰机的动态博弈过程中，诸如信道模型、网络拓扑和十

扰模型等参数难以预知，导致基于固定优化策略的抗干扰中继方案在实践中性能

欠佳。而强化学习技术可以突破现有技术对信道模型、攻击模型等信息的依赖

实现对无人机中继抗干扰策略的动态优化。算法使得每架中继无人机可以根据自己的历史状态信息，通过与环境及千扰机的不断交互和试错，独立优化自己的中继策略，以提高无人机群的中继抗千扰性能。为了在无人机有限的续航时间条件下进一步提升所提学习算法的

收敛速度，论文引入了基于迁移学习技术的热启动算法，利用从相似的无人机中

继抗十抗场景下的经验数据初始化学习参数，提升算法训练初期的抗十扰性能

加快学习算法收敛，降低优化过程中的能耗。

传统抗干扰技术大多针对准静态的网络模型，或是依赖于已知的无人机坐标、

通信信道状态模型以及攻击模型等信息。以致其通常在对抗单频固定功率干扰等

固定模式的干扰攻击时能有较好的性能，却难以在抵御智能干扰攻击时动态优化

无人机网络的功率分配、频率分配及轨迹控制等抗干扰策略。

**抗干扰手段分类：**

干扰类型检测->有效的检测出干扰之后，采取相应的抗于扰策略是抗干扰技术中最为重要的一部分,抗干扰策略主要是通过对十扰进行规避来得到可革的通信。基于特定的十扰采取特定的干扰策略,如频率干扰采取跳频抗干扰方法，空间干扰采取路由规避抗干扰方法。通信系统中通常分为网务层，MAC层，物理层三个分别实现不同功能的模块，（还有无人机独有的路径移动抗干扰）每个模块都可以来用相应的抗干扰方法。MAC层抗于扰方法是当前无线通信系统最为主要的抗干扰方法，可以有效地根据干扰信息来避免干扰，极大程度地减少干扰带来的损失。

跳频抗干扰原理和为什么要结合强化学习

跳频抗干扰方法作为MAC层较为主要的抗干扰方法，通过选择信道集能够很好地避

免干扰，提高通信的可靠性。传统跳频抗于扰方法会根据设定好的信道集，间隔性地进

行频道变化，但用设定好的跳频集会难以抵御动态的于扰攻击，甚至可能被于扰识破。因此，自适应性跳频方式成为许多研究署研究的方向。Han等I4提出了一种基于Q-Learning算法的跳频抗于扰方法，通过Q-Leaming算法学习于扰情况，来智能地选择信道帮助无人机自组网避免于扰。

跳频技术的分类

主动式，反应式和自适应，应对智能多信道干扰机时，传统的跳频方式不支持