

基于自适应元强化学习的海上动态频谱接入与业务调度方法

毛忠阳^{1,2,3}, 耿家欢^{1,2,3}, 陆发平^{1,2,3}, 田文飏^{1,2,3}, 康家方^{1,2,3}, 潘耀宗^{1,2,3}

¹海军航空大学, 中国烟台市, 264001

²毫米波与太赫兹遥感技术全国重点实验室, 中国烟台市, 264001

³山东省海空信息感知与处理技术重点实验室, 中国烟台市, 264001

摘要: 随着海洋经济活动的激增, 海上通信需求呈爆发式增长, 有限的频谱资源、高度动态的频谱环境以及多样化业务需求问题日益凸显。传统深度强化学习方法在特定训练场景下表现良好, 但难以泛化到未知网络环境。针对此问题, 本文研究了一种基于自适应元强化学习的海上动态频谱接入与业务调度技术。首先, 构建涵盖马尔可夫跳频与扩频跳频模式的信道占用模型, 并结合紧急与普通数据包的双队列机制, 将多智能体协同决策问题建模为去中心化部分可观测马尔可夫决策过程。其次, 针对传统深度强化学习算法泛化能力弱的缺陷, 提出一种基于元学习范式的频谱接入与业务调度算法, 该算法通过在多任务分布上的元训练实现策略的快速迁移。此外, 为解决固定内循环学习率导致的适应效率瓶颈, 设计了自适应元强化学习算法, 通过任务编码模块动态调整学习率, 平衡了不同复杂度任务下的收敛速度。仿真结果表明, 所提算法在未知环境中平均奖励、紧急包成功率及收敛速度等指标上均优于基线算法, 有效验证了该方法在海上复杂环境下的优越性。本研究为海上无线通信系统快速适配未知场景进行智能频谱接入与业务调度提供了有效的解决方案。

关键词: 动态频谱接入; 自适应元强化学习; 服务调度; 海上通信
<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2026.0047>