

华中科技大学

大学生创新训练项目申报书

项目名称：	基于图神经网络与强化学习的 5G 基站处理器能耗优化算法设计
所属一级学科：	计算机科学与技术
项目负责人：	宁毓伟
专业：	计算机科学与技术专业
院系：	计算机科学与技术学院
申请资助经费：	3000 元
指导老师：	钟国辉
导师所在单位：	电子信息与通信学院
实施起止时间：	2023.2.28-2024.2.28
填表时间：	2023.2.27

华中科技大学本科生院编制

一、项目成员							
申请人或团队	姓名	学号	年级	QQ	所在院(系)、专业	联系电话	项目分工
	宁 毓伟	U202115325	2021 级	1715764663	计算机科学与技术学院	15107759845	统筹推进项目
	周 睿科	U202113957	2021 级	1659998742	电子信息与通信学院	13543311836	建模和模型训练
	赵 乐宇	U202114195	2021 级	953937285	电子信息与通信学院	13571411632	建模和模型训练
	团队名称：机器学习合作伙伴						
指导	姓名：	钟国辉	电话	1999010189	工作单位：	电子信息与通信学院	

教师					
<h2>二、项目研究目的</h2>					
<p>近年来，全球运营商营收整体不断下滑，OPEX 支出却不断增加，其中基站电费在网络运营支出中占比超 30%。5G 基站由于更大的带宽、更多的通道数、器件集成度低等因素影响，功耗相当于 4G 基站的 3-4 倍。5G 基站节能已成为 5G 商用中不得不考虑的一个棘手问题。</p> <p>本项目希望利用图神经网络对多个基站处理器核心之间的关系进行建模，接着利用强化学习实现对处理器的 P/C states（CPU Performance states and CPU Power states）控制,从而达到减少处理器能耗的目的。</p>					
<h2>三、项目研究内容</h2>					
<div><div>1.</div><div>机器学习与深度学习算法</div></div> <div><div>2.</div><div>图神经网络模型与应用、强化学习算法及其应用</div></div> <div><div>3.</div><div>5G 基站节能技术</div></div> <div><div>4.</div><div>Inter P/C states control</div></div> <div><div>5.</div><div>处理器资源调度</div></div> <div><div>6.</div><div>强化学习算法与图神经网络的结合应用</div></div> <div><div>7.</div><div>5G 基站处理器核心之间的网络拓扑结构以及相应的图数据结构的建模</div></div>					
<h2>四、国、内外研究现状和发展动态</h2>					
<p>近年来，图神经网络（GNN）和强化学习（RL）算法的使用在电源节能控制方面显示出巨大潜力。</p> <p>图神经网络（GNN）是一种在图数据结构上运行的神经网络。图数据结构由表示实体及其关系的节点和边组成。在 GNN 中，图中的每个节点都与一个特征向量相关联，网络通过聚合图中相邻节点的信息来学习更新每个节点的特征。</p> <p>强化学习（RL）是一种机器学习，涉及训练智能体通过与环境交互来做出决策。智能体学习采取行动以最大化环境提供的奖励。在强化学习（RL）中，智能体首先观察环境状态，采取行动，并根据所采取的行动从环境中接收奖励信号。智能体的目标是学习一种策略，它是从状态到动作的映射，随着时间的推移最大化</p>					

预期的累积奖励。

图神经网络 (GNN) 与强化学习 (RL) 在机器学习与深度学习方面的应用有着不错的表现。特别是在处理网络拓扑信息方面有着十分重要的作用。例如在 Combining Deep Reinforcement Learning With Graph Neural Networks for Optimal VNF Placement 中提到的利用强化学习 (RL) 与图神经网络 (GNN) 在支持 SDN(软件定义网络)的网络上，寻找一个部署成本最低的 VNF(虚拟网络功能)布局策略，其中强化学习训练的智能体用于生成布局策略，而图神经网络作为智能体内部的网络模型处理网络拓扑信息。

由此可见，强化学习 (RL) 与图神经网络 (GNN) 在处理图结构并生成优化策略的任务上有着远大的前景。

五、研究路线及解决的主要问题

本项目的研究路线涉及应用图神经网络 (GNN) 和强化学习 (RL) 算法来控制处理器的功率和性能状态 (P/C states)。目的是通过根据工作负载和其他因素动态调整它们的功率和性能状态来提高这些处理器的能效和性能，同时达到节省 CPU 能耗的效果。为实现这一目标，我们需要了解 GNN 和 RL 在机器学习与深度学习方面的应用。

本项目中，我们需要研究基站、用户数量以及它们的分布情况，并根据用户请求的特点将用户划分为 eMBB、URLLC、mMTC 三种类型，接着建立相应的网络拓扑关系。

我们还需要给出基站的功耗描述，并利用相关指标评价基站的功耗水平。最后我们需要给出使用处理器节能方案和未使用处理器节能方案这两种情况下基站的功耗以及功耗减少的幅度。

总的来说，主要的问题在于利用图神经网络对多个基站处理器核心和用户之间的关系进行建模，以及利用强化学习算法实现对基站处理器核心的功率以及性能的调控。

六、项目创新及特色

使用图神经网络 (GNN) 以及强化学习算法代替传统的基站处理器功耗控制。

七、项目综述

<p>本项目涉及使用图神经网络（GNN）和强化学习（RL）算法来控制处理器的功率和性能状态（P/C states）。该项目的目标是根据工作负载和其他因素动态调整处理器的 P/C states，从而提高这些处理器的能效和性能，降低处理器的能耗。</p> <p>为此，我们将利用图神经网络对多个基站处理器核心之间的关系进行建模，以及利用强化学习算法实现对基站处理器的功率以及性能的调控。</p> <p>总的来说，本项目将通过使用机器学习算法来控制 P/C states 来解决处理器中的能效和性能优化问题。这将提高处理器的性能和能效，并可能会在使用这些处理器的各个领域带来显著好处。</p>		
<p>八、项目实施方案</p>		
<p>首先对 P/C states 的进行分析，并以选择各个状态的动作作为强化学习（RL）训练的智能体的动作空间。接着对多核基站处理器进行图结构的建模，将基站处理器各个核心的功率以及频率等信息抽象成图结构中边和节点的权重。将图神经网络（GNN）作为智能体的内部网络，并将抽象出来的图结构通过图神经网络（GNN）进行处理抽取出图结构的特征，再以此特征来让智能体做出选择 CPU P/C states 的动作。</p>		
<p>九、项目预期成果</p>		
<p>利用强化学习（RL）与图神经网络（GNN）训练一个智能体，并让该智能体控制 CPU 的 P/C states，实现提升基站处理器的能效并降低基站处理器的能耗的功能。</p>		
<p>十、经费预算</p>		
申请资助经费总额	人民币三千元	
开支类别与金额	开支类别	金额
	学校高性能服务器使用	3000
	总计	3000
说 明	申请的经费将全部用于本项目的开支	
<p>十一、审批情况</p>		

指导教师 意见	签名： 年 月 日
院系 意见	院（系）（章）签名： 年 月 日
学校 意见	本科生院（章）签名： 年 月 日