# 会议纪要

**会议主题：**多层卫星网络协同移动边缘缓存：一种基于图卷积网络的多智能体方法研究

**会议时间：**2024年 6月17日19：00至20：30

**会议地点：**西安电子科技大学北校区会议中心303-1会议室

**线下人员：**承楠 尹志胜 贺靖超 王葳 沈京龙 王秀程 马龙飞 周新阳 权赟昊 张玉洁 黄蕾 胡陆莹 齐阁 侯毓真 邓川 李青壮 孙兴栋 方忠盛 贾宏刚 郑雯馨 贾昊燏 张智杰 解思舀 孙路路 郑佩林 傅连浩

**线上人员：**王兆薇 陈梦豪 韩松明 郭译凡 尉家豪 许嘉洁 王天宇 邱子仪 万佳林 于凡迪 刘苏 祝馨平 刘苏 杨双宇 尚佳瑶

**记 录 人：**胡陆莹

**会议内容：**杨杰介绍了多层卫星网络协同移动边缘缓存：一种基于图卷积网络的多智能体方法研究

* **承楠**：你这一套MARL网络实际是跑在每一个节点上还是每一个自治域里？
* **杨杰**：它训练时是集中式进行，执行分开，每个MEO卫星控制它所属的LEO自治域。是跑在MEO上的，上面的Agent相当于多个MEO卫星智能体。MEO是控制平面
* **承楠**：MEO相当于一个自治域，你的框架是跑在control plane上。LEO上不跑，只在MEO上跑，也就是说你这个MEO多智能数量是根据自治单元的数量？
* **杨杰**：对，然后每个自治域有多大是看有多少颗LEO卫星
* **承楠**：也就是每个自治单元必须要有一个MEO，没有就不行？那MEO得保证足够多才能全覆盖，控制下面的LEO。你这个假设要找到一个理由，比如哪个轨道设置就是这样，或者别人有谁这样做是可行的，不然无法保证每个LEO上面都有MEO。
* **杨杰**：这种缓存架构之前应该没有提过，但是这种网络模型架构应该有人提， GEO MEO LEO轨道高度不同就是可以实现这样。我之前的工作是LEO通过GEO统一管理。
* **承楠**：GEO没问题，它几颗就可以全覆盖了。
* **杨杰**：MEO也可以，它轨道足够高，应该十几颗就能覆盖了。
* **承楠**：不一定。如果没有这么多MEO的时候，我们这个架构，自治单元只有LEO是不是也能自治起来？
* **杨杰**：那可以，低轨卫星300到2000都有
* **承楠**：那这个时候你的算法在哪跑？这是一个值得探讨的问题，比如缓存为例，我的自治单元只有低轨卫星，我这个算法怎么设计能让它自治起来？谁跑？怎么交互信息？怎么做决策？怎么控制开销等等实现这样一个分布式算法。因为你没法回答我现在MEO到底能不能实现全球覆盖，比如MEO现在高度多少？
* **杨杰**：MEO卫星我不清楚，单从LEO卫星来看，马斯克的现在359公里到2000公里都有，比如350公里有一万多颗卫星，然后到1500公里有几十颗甚至几百颗卫星，那这样就可以根据LEO的高度不同分层然后进行控制。
* **承楠**：对，其实这是不同的故事，在不同情况下你这个架构该怎么运行？不同的背景形成不同的故事。另一个问题，图神经网络这个note features，这个图神经网络的节点是MEO？
* **杨杰**：图神经网络是LEO卫星网络层，一个node就是一个LEO卫星网络节点。
* **承楠**：那你这个图很大？比如四万颗？
* **杨杰**：但我这个没这么大，就100颗。
* **承楠**：那你这100颗里面有几个DAD自治单元？
* **杨杰**：我仿真的时候3 5 7 8 9都跑过。
* **承楠**：你这个MARL跑在MEO上，图神经网络节点是LEO，这俩怎么弄到一起？
* **杨杰**：它这个图是LEO卫星网络，但是算法跑在MEO层，它相当于通过GEO和MEO获得LEO的全局状态，拓扑结构。
* **承楠**：图神经网络有边有节点，你这个GCN它的节点低轨卫星？你这个具体怎么实现的？
* **王秀程**：你最后仿真的时候是把每一个GPU虚拟成一个MEO还是正常跑？
* **杨杰**：正常跑。
* **王秀程**：正常跑那你这个其实没有考虑MEO之间的交互问题。
* **杨杰**：相当于每个MEO都跑一个actor网络，你多个MEO设置多个actor网络就行。
* **王秀程**：每一个MEO跑一个actor网络，那这个actor网络不就是一个完整的图了吗？
* **贺靖超**：相当于是把这一个图分成很多个子图，子图之间是连通的。
* **王****秀程**：图网络里边有一个专门的一个领域叫做 graph partition training，就是图分布式训练和图分布式执行，它的那个图太大了，然后每一个 GPU 就跑了一个子图，然后子图之间的交互需要用 GPU 之间的连接。
* **承楠**：你这个图后面接一个强化学习，如果强化学习跑在MEO上，那你这个图有必要是个完整的图吗？
* **杨杰**：其实可以不完整的，但我这个设置是完整的
* **王秀程**：那MEO的子图之间怎么信息交互呢？子图是连通的话，他们之间怎么交互信息？比如两个节点，在图上看是连通的，但是他们属于MEO的两个自治单元，他们之间怎么交互？还是就不交互了吗？
* **贺靖超**：这个只有在训练的时候交互。
* **王秀程**：但是你执行的时候不是也要做 message passing，就直接那条边就砍掉了，就他的信息传过去就不要了，实际执行的时候子图就是独立的。
* **承楠**：那你这个就不是多智能体强化学习，是独立的没有交互信息。
* **杨杰**：在训练的时候肯定交互了，在actor网络参数更新的时候。
* **承楠**：DAD之间是什么关系？他们之间有没有共享资源或者互相协助还是怎么样？
* **杨杰**：训练的时候是互相协作的。
* **王秀程**：但你执行的时候怎么协作的？比如你DAD1看不到DAD2的信息，怎么协作呢？
* **承楠**：DAD之间怎么协作？根据什么机制？
* **杨杰**：它一整张LEO图，输入图神经网络里，然后输出。比如卫星节点是100，节点特征是120，那这样一个100×120的矩阵当作节点特征，然后输入GCN网络里，假如它的输出是100×32，这里就要把100颗节点分割，比如3个分布式自治域，分割成33 33 34，变成33×32，33×32，34×32输入强化学习里，三个actor网络分别接收这三个矩阵，然后输出一个action。
* **承楠**：我现在这个分布式自治域是平均分吗？意义是啥？减少决策空间？还是离得近就分一下吗？
* **杨杰**：是的，意义就是未来的万颗星集中式管理肯定不行，需要分布式管理，上层卫星管理下层卫星。
* **承楠**：你继续说你的做法强化学习那块。
* **杨杰**：就是把这三个矩阵输入三个actor网络，三个智能体输出决策动作，决策文件的哪一块放在哪颗卫星。
* **承楠**：文件分几个块？那这个是不是有点困难，相当于你几十个文件分几个块，你有一百颗卫星，二百个文件，能够做吗？
* **杨杰**：能做。
* **傅连浩**：动作空间怎么分的，怎么定义的？
* **杨杰**：动作空间就是x，哪一块放在哪颗卫星。
* **王秀程**：动作空间有多大？
* **杨杰**：100颗\*100块文件，我这里设置每颗卫星的最大容量八九个。
* **王秀程**： 那应该是100的九次方？
* **承楠**：强化学习动作空间太大，很难学到分布，这是强化学习的经典问题。
* **傅连浩**：这个具体实现的过程怎么定义的？这个动作空间怎么定义的？
* **承楠**：大家一定要把中间过程搞清楚，不能似是而非。
* **杨杰**：一般情况下是xyz相乘，我这里把yz合并在一起，是x乘以y+z。
* **承楠**：不是直接相乘，是几次方的关系。是不是因为有一个图神经网络能够让它更好训练？
* **王秀程**：没关系，这么大的空间没有哪个网络有这么强的表征能力。
* **承楠**：你这个对比有问题，这三个都很差。第一个MLP很难说明你比它好，第二个强化学习还是解决不了空间很大。
* **杨杰**：卫星网络大部分都是强化学习 DQN这些。之前的工作对比过遗传算法。
* **王秀程**：你这个对比过粒子群或者蜣螂算法吗？
* **承楠**：得去分析一下适合哪个遗传算法，哪个算法适合这个问题的属性。这不是同一个问题，两个工作都应该跟遗传算法对比。现在所有学习的方法都得跟优化或者启发式算法有个对比，这就是学习的问题，学习怎么都能学出一个结果，但是这个结果到底好不好。他性能差不多但是他快，也是有motivation的。
* **傅连浩**：集中式是把所有agent的动作空间拉平吗？
* **杨杰**：是的。
* **承楠** ：一个轮次 epoch怎么定义的？
* **杨杰**：时间上限是几十次，步数是每次加100，加到两千多。
* **承楠**：你这个有两个网络要学习，是连在一起的吗？
* **杨杰**：是的，连在一起学习，两个参数都要学。
* **承楠**：SR是什么？一个LEO的还是一个自制单元的？
* **杨杰**：是服务区域，一个LEO的。
* **承楠**：做缓存的有cost就行吗？这个就能说明所有问题吗？怎么定义的
* **杨杰**：需求概率乘以决策矩阵再乘以跳数。
* **承楠**：如果我没有从别的卫星拿到，就从当前卫星拿到，就没有跳数吗？
* **杨杰**：是的。
* **承楠**：有几个问题。一个就是现在这种方法，组织自治单元比较容易，上面控制下面。网络动态重构涉及到你这个自治单元怎么构造，MEO运动到哪，下面有谁就和谁组成自治单元，这是最直观的。但实际上是不是这样，如果重构，应该怎么体现自治单元是大一点还是小一点好？第二个问题，如果没有MEO你这个自治单元应该怎么办，肯定是一种混合的架构，你可以先考虑都是MEO，再考虑都没有MEO。你现在这种比较简单，虽然现在是分布式，但是现在都有MEO帮他控制，是不是都是这样？还有一个就是训练的问题，我是觉得要不就是图神经网络起了作用，要不就是时间，你这个花了多久训练？
* **杨杰**：几个小时。
* **傅连浩**：现在好像变成了分类问题，没有时序。
* **王秀程**：伽马因子设为0有没有试过？伽马就是reward的那个参数。
* **傅连浩**：下一步的状态是由你这个动作产生的状态吗？你这个action好像没有影响到下一步的状态。
* **承楠**：不影响就不是一个强化学习问题，像一个Bandit问题。强化学习这个状态要有个概率分布，行为导致不同的状态。他现在这个问题应该用什么方法？
* **王秀程**：Bandit，也不是分类，更像回归。
* **傅连浩**：现在动作是离散的，要决定哪个文件块缓存到哪个卫星。
* **承楠**：图神经网络有几层？
* **杨杰**：两层。
* **承楠**：两层也就是说它最多能聚合周围两跳的信息？
* **傅连浩**：是不是全连接图？
* **贺靖超**：不是，卫星网络四个边。
* **王秀程**：MEO自治单元里面最多有几跳数？
* **贺靖超** ：五六跳？两跳还要展开，经过MLP其实获取到了全局信息。
* **傅连浩**：X把是矩阵展开成向量还是矩阵直接处理？GCN每个节点都应该有个向量特征。
* **贺靖超**：最后展开拉长成了一维。每个节点共享参数就行了，知道邻居的就行。
* **承楠**：他不是只知道邻居的，他通过MLP展开之后是要知道所有的，分布式不能知道所有的，运行的时候怎么办？能不能说通？怎么想这个问题？
* **贺靖超**：一个MEO获取局部的LEO的，只需要一跳，这个交互没有影响复杂度。一个MEO维护一个子图，后来它不需要这个critic网络了，只需要执行，这个小图里可以交互一下，交互可以在域内可以在域间其实没有影响复杂度。
* **承楠**：你可以交互，你的这个MEO他可以维护下面的LEO，但是你这个MEO下面只有自己的，他们不交互，那他们怎么全网决策放置？是独立的？
* **贺靖超**：也可以不独立，可以一开始交互一次，每个邻域交互一次。域内集中式，域间分布。
* **承楠**：那这个交互其实就在在跑一个分布式算法，我会认为你所谓的交互是这个算法中的一部分，刚开始进行交互，但交互的信息怎么样用在你后续的算法里？
* **贺靖超**：特征随着交互的信息进行更新。
* **承楠**：是不是我交互之后，相当于周围的告诉我了，把自己的图扩大了？具体是怎么用，是要修改啥。你的这个图神经网络，每个节点现在是个低轨卫星，我认为你图上至少有一个是中轨卫星，训练好之后就决定了两个MEO交互信息之后怎么决策这个算法的过程。而不是简单的交互信息，交互之后怎么用，下一步应该是什么？怎么放置缓存？是一个输出到输入的完整过程，别人的信息给我怎么用。
* **贺靖超**：怎么用跟图神经网络有关系，GCN有三种方式，max，mean，add
* **承楠**：我这个MEO下的GCN是这个MEO下的LEO自治单元的，别的MEO下信息的拿过来干啥。你想用分布式算法实现一个类似集中式的东西，不是我自己管自己，自己就跟周围的一点点卫星决策，而是不同的单元之间的协同实现集中式的那种效果。分布式是实现类全局的优化，只是没有集中式性能这么好。只实现你俩或者我俩之间的优化，那就没意义了。
* **贺靖超**：那还是要从网络结构来设计。
* **承楠**：这里面的逻辑漏洞，要有一个明确一点的目标，问题虽然不能都解决，但是要精确，在这个问题下你的逻辑要完善，包括你的设置要有道理。你这个之间的交互协同该怎么办，MARL跑在哪？GCN跑在哪？要匹配起来才行。比如杨浩的工作，因为它干扰离他比较远影响就不大，所以GNN就能做。我想知道图神经网络适合解决这种集中式拆分成分布式的问题吗？可能离得远？
* **王秀程**：太远了，图神经网络五六条就到极限了。过平滑没解决，只要消息传递够多够远，大家就没区别了。

总结：

* **承楠**：接下来你们再想一想，你们做架构相关的，怎么让这个逻辑清晰，结果合理。