**标题：**

Rendered Tile Reuse Scheme Based on FoV Prediction for MEC-Assisted Wireless VR Service

MEC辅助无线VR服务中基于FoV预测的渲染图块重用方案

**期刊：**IEEE Transactions On Network Science And Engineering

**年份：**2023

**作者：**Chunyu Liu, Kailin Wang, Heli Zhang, Xi Li, Hong Ji

**关键词：**

FoV prediction, mobile edge computing, proximal policy optimization, rendered tile reuse, virtual reality.

FoV 预测、移动边缘计算、近端策略优化、渲染图块重用、虚拟现实。

**背景：**

论文背景: 随着虚拟现实技术的兴起，无线VR服务需求增加，但现有移动网络系统的计算能力和传输速率面临挑战。过去方案: 以往的研究忽略了FoV重复渲染的问题，以及前景交互渲染与背景环境缓存之间的相关性。论文的Motivation: 本研究旨在解决MEC辅助无线VR服务中计算资源浪费、FoV重复渲染和前景交互渲染与背景环境缓存相关性等问题。

**方法：**

本文关注交互式实时无线虚拟现实（VR）服务的崛起，介绍了虚拟现实设备渲染能力有限的挑战。多接入边缘计算（MEC）通过将渲染任务卸载到边缘节点来解决这个挑战。本文提出了一种基于视野预测和优化的渲染瓦片重用方案，解决了重叠视野中瓦片重复渲染的问题。目标是在考虑运动到光子（MTP）延迟约束的情况下，最大化用户的体验质量（QoE）。所提出的算法在提高QoE和减少MTP延迟方面优于其他算法。

**结果：**

本文使用仿真实验评估了所提出的基于视野预测的渲染瓦片重用方案在MEC辅助的无线VR服务中的有效性。实验结果表明，所提出的算法在总体用户的QoE、缓存命中率和渲染延迟方面优于其他两种方法。还分析了缓存能力和MEC服务器的计算能力与总体用户的QoE和平均用户延迟之间的关系。结果显示，随着缓存容量和MEC服务器的计算能力的增加，总体用户的QoE提高，平均用户延迟减少。本文还介绍了视野预测准确性和缓存命中率，表明所提出的视点预测方案与基于瓦片流行度的方案相比具有更高的缓存命中率，特别是当瓦片数量大于60时。

**图表：**

**精读：**

INTRODUCTION

我们可以观察到不同用户的视图可能相似，即不同 VR 用户的 FoV 可能重叠，这意味着不同用户可能同时请求相同的渲染图块。

VR瓦片渲染可以分为背景环境渲染和前景交互渲染。前台交互是不可预测的，提前存储前台交互的渲染结果是没有意义的。相比之下，图块的背景环境在每个时隙内是恒定的，但由于背景环境细节丰富且纹理复杂，背景渲染需要更多的计算资源才能完成

工作内容

我们为支持MEC的无线VR应用提出了一种以Tile为中心的计算重用方案，该方案利用不同FoV之间的相关性来进一步提高计算资源利用率，减少用户的MTP延迟，并提高总用户的QoE值。具体地，根据用户的视场需求，选择合适的基站来渲染重叠视场内的图块，并将渲染后的图块以最小的延迟从渲染基站传输到相应用户的接入基站。

我们分析了同一图块的实时前景渲染和后台环境缓存之间的依赖关系。然后，我们建议将同一图块的实时前景渲染策略和后台环境缓存策略结合起来，以优化 MEC 服务器上的内容缓存布局。在缓存限制的情况下，上述方法有效减少了图块背景环境的渲染次数，进一步降低了系统的渲染延迟。

为了优化整个 VR 用户的 QoE 的长期价值，我们提出了一种将 PPO 算法和 RNN 模型与 GRU 相结合的学习算法。该算法将原始问题解耦为两个子任务。首先是预测用户下一个时隙的FoV；二是优化MEC网络中VR内容渲染延迟和传送延迟之和。仿真结果表明，该算法能够提高总用户的QoE值并降低平均用户的延迟。

RELATED WORK

为了进一步降低MTP延迟，现有的VR研究大多是在FoV层面而不是全景帧，包括FoV预测、FoV缓存优化、FoV渲染优化等。

使用循环神经网络（RNN）来实时预测每个VR用户的FoV，并将合适的渲染任务卸载到边缘节点。考虑到区域需求和视场需求之间的相关性，提出了集中式和分布式解耦的DRL策略，以在VR交互延迟约束下长期最大化用户的QoE价值。

基于DRL的方法来学习FoV渲染和传输功率控制的联合优化策略。

此外，一些作品提出了 VR 的自适应流媒体和转码，以提高 VR 网络性能。上述技术可以将图块编码为多种分辨率，并根据系统环境为用户选择合适的一种。

论文[7]考虑了 VR 内容块的共享性质，并提出了一种可以支持转码的高效 VR 视频缓存和交付框架。论文[22]利用组合多臂老虎机理论研究了基于分片的缓存策略。

该系统旨在通过在链路自适应、基于转码的块质量自适应和视口渲染卸载之间进行适当的权衡来提高无线带宽利用率和移动设备的能源效率。

论文[31]通过有效利用多质量分块360 VR视频的特性（不同质量的分块可以通过转码和转换来转换），优化了多质量分块VR视频从一台服务器到多个用户的传输过程，并最大限度地降低了能耗。某些图块位于不同用户的重叠视图中）、转码资源和通信资源。

SYSTEM MODEL

**创新：**

**展望：**

**思考：**

渲染跟网络很容易搭边