

# 边缘缓存和计算 TO VRAR & 感知网络

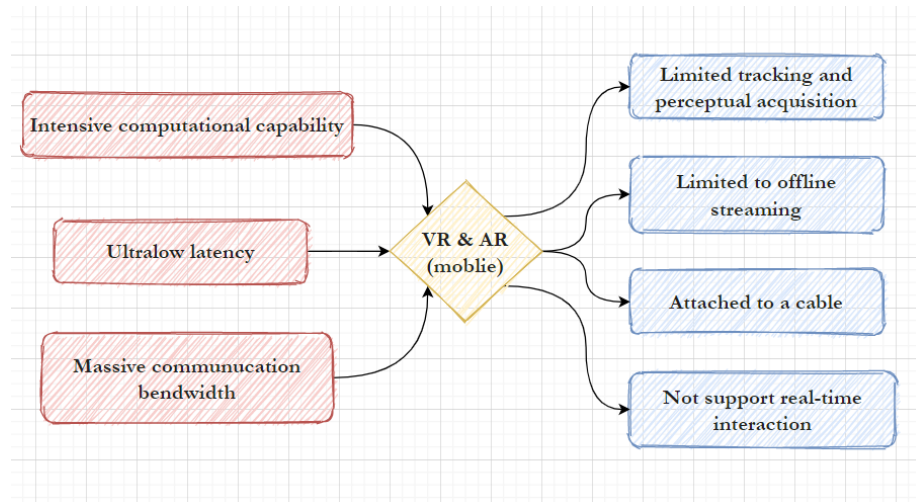
---

## 一：论文背景和目的

### （1）背景：

AR/VR和触觉互联网应用都需要巨大的计算能力、高通信带宽和超低延迟，这些都是目前无线移动网络无法提供的。

局限性导致VR& AR的不足，触觉互联网（传导触觉信号，从而产生触觉）的发展也是如此：



### （2）目的：

关注边缘缓存和计算，并讨论他们如何实现移动**AR/VR**和触觉互联网。

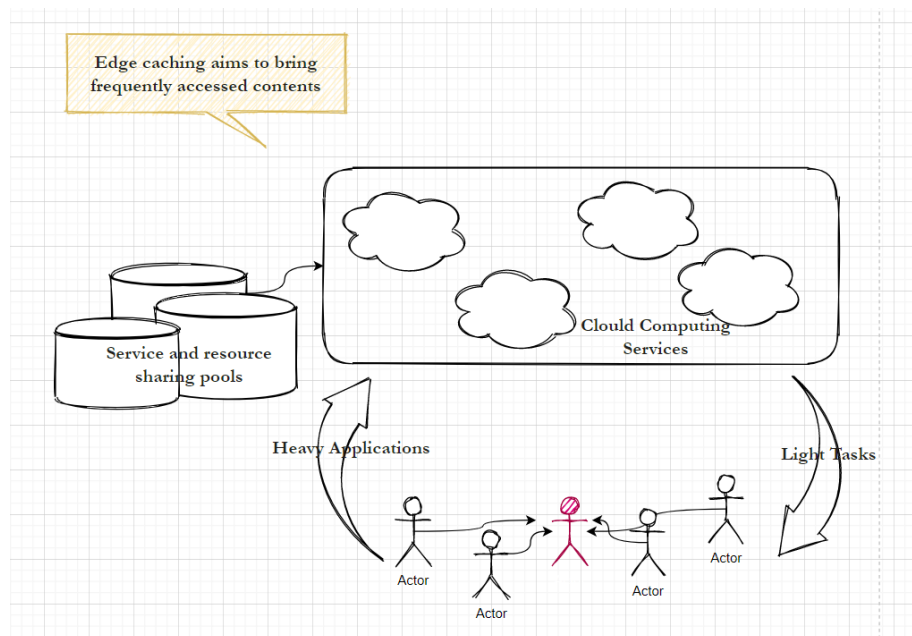
## 二：基本边缘缓存的解释

边缘缓存的目标是带来频繁访问的内容 / 必须的内容(background pic)，云计算支持访问共享的服务和资源池。

无线移动网络中的云计算思想导致了移动云计算和云无线接入网络。

边缘计算促使计算资源的部署更接近最终用户。（边缘设备可以是基站、接入点、车辆或用户设备。）边缘计算更近所以会减小延迟。

设备间的D2D通信。



But：很多边缘计算的研究，但是实现于VR & AR的实在有限。

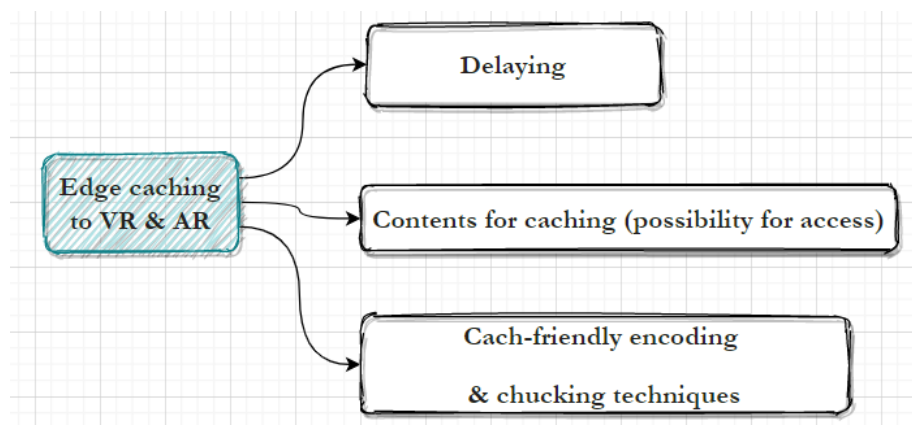
### 三：针对VRAR和触觉网络的边缘缓存技术

边缘缓存是将内容缓存在距离更近的移动端【小范围内的基站或者用户设备上】，而不是互联网。

边缘缓存已在小基站和用户终端实现，并已被证明可以降低回程的总体能耗和流量。边缘计算的这种优势可以推动这些应用。

#### （1）针对VR & AR 应用

挑战：缓存什么和在哪里缓存至关重要。



第一个问题：内容的受欢迎程度(缓存必须的背景场景更有效果)。

第二个问题：需要友好的编码技术和分块技术。

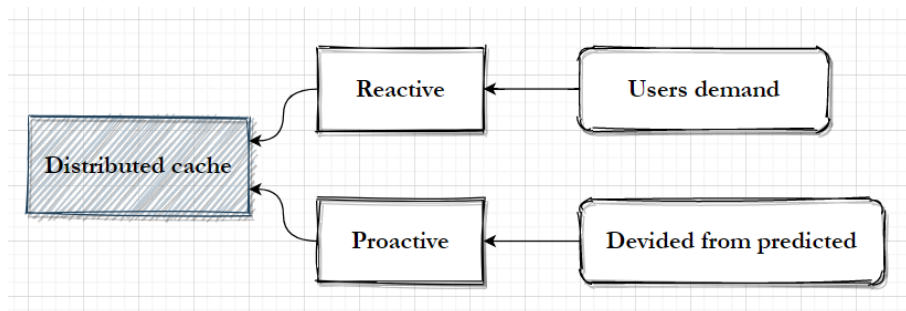
第三个问题：延迟

两个主要因素：

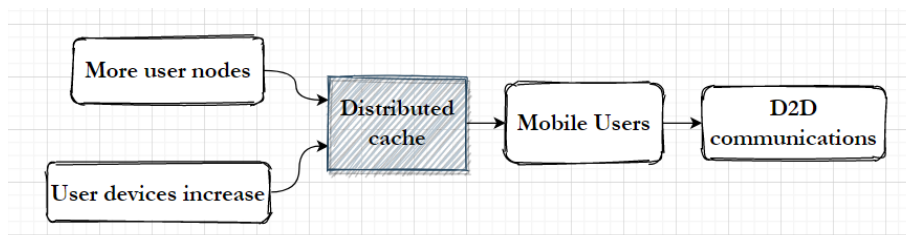
1. 在AR/VR应用中，选择缓存的位置，即是在无线接入网还是在核心网，比其他移动应用更加关键。
2. 由于通信的指向性，在使用毫米波(mmWave)的5G无线网络中处理缓存变得更具挑战性。当访问缓存时，方向性会导致检索和连接延迟。

因此：可能需要增加缓存内容的冗余以减少延迟。

机遇：来自分布式缓存(Distributed cache)



同时，D2D视频的分发和影响视频大小也是一个重要方面。



介绍一些研究成果：

1. Park等人介绍了一个基于分布式虚拟环境的可伸缩数据管理的主动缓存算法的例子。

其中的虚拟环境：部分地生成虚拟环境并动态地获取用户需要的对象。他们建议优先处理对象的传输和预取策略。

2. 在Chakareski的研究中，作者旨在解决无线网络中缓存大文件(如360°视频)的挑战。

他们建议基于用户的观点部分缓存并流式播放360°视频，而不是缓存并流式播放整个视频给用户。这是基于一个假设，即用户在某个时间点只浏览整个视频的一小部分。

3. Chen等人研究了VR网络的边缘缓存问题，以减少回程流量，满足VR用户的延迟要求。

在他们提出的方案中，使用无人机收集用户要求的VR内容，并将其传输到小基站进行缓存。该方案的目标是通过选择缓存内容的格式，最大限度地提高VR用户的可靠性。实现了一种深度学习算法来寻找最佳的缓存策略。

## (2) 针对感知网络

在无线网络上实现触觉通信是相当具有挑战性的，因为触觉所需的延迟是1毫秒。最先进的触觉互联网关注的是实时交互，思考如何利用缓存。

现有想法：

One：重放触觉内容 -- by El Saddik。

这可能对训练依赖触觉反馈的应用程序很有用。当记录的触觉内容被提供给移动用户时，边缘缓存将扮演重要角色。

Two：预测缓存 -- by Bastug

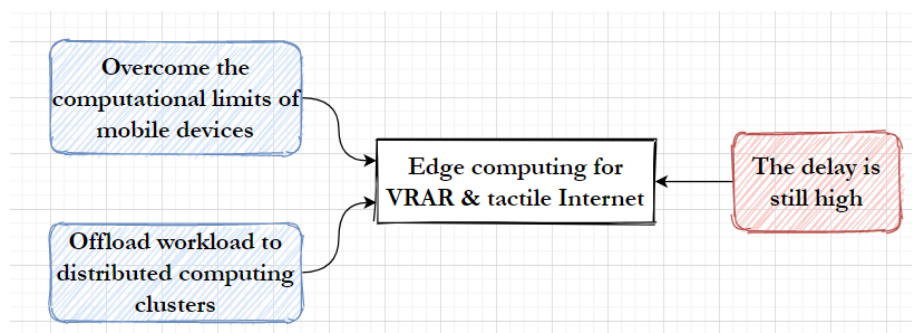
它可以智能地有效地服务于预测的用户需求。在未来的触觉互联网中，一个类似的人工智能引擎可以用来确定需要存储的触觉体验中最可行的内容。

#### 四：针对VRAR和触觉网络的边缘计算技术

现有突破：

- 克服了移动设备的计算极限
- 将工作负载转移到分布式计算集群来减少网络资源的压力

缺点：较高的延迟



##### （1）针对VR & AR 应用

Chakareski的研究中：

李雅普诺夫随机优化模型（a Lyapunov stochastic optimization model） - 同信道干扰、可靠性和延迟约束，最小化计算和传输功耗。

- MEC computation mode - MEC服务器计算内容并发送任务
- Local computation mode - MEC服务器发送在移动VR设备上不可用的内容，并在用户设备上对接收的内容进行计算。

在此基础上，提出了一种最优任务调度策略，在满足时延约束的前提下，最大限度地减少通信资源的使用。

**Elbamby**提出主动缓存和计算方案：

以满足VR游戏的高可靠性和低延迟要求。在该方案中，利用用户的移动信息和游戏的动作信息来预计算下一帧视频并对其进行缓存以减少延迟，同时利用多连通性来保证可靠性。

**Zhang**将边缘计算在VR游戏中的应用扩展**Online**

在这个场景中，主要的挑战是低延迟、高带宽和大量在线玩家的精确扩展。作者采用了一种混合边缘云方案，利用边缘计算来管理视图变化的更新和呈现。

（2）针对感知网络

**Simsek**:

触觉边缘需要配备智能的插值，以及内容预测/主动缓存，以增加触觉服务的范围。

**Atya**：一种基于多层云的蜂窝系统的方法

在这里，边缘计算设施是通过与小单元连接的微云单元提供的。将微型云连接到核心网络的概念已被证明可以减少网络拥塞和往返延迟。

**Maier**：在光纤无线架构中使用边缘计算

将延迟降低到触觉互联网的期望水平。

（3）这是以上各项研究的结果比较：

指标：延迟，吞吐量，缓存能力，响应时间，计算能力，消耗

Table 1. Comparison of edge caching and computing studies for AR/VR and tactile internet.

	Evaluated Parameters						Applications
	Network Delay	Through-put	Caching capacity	Response time	Computing capability	Energy consumption	
Chakareski <sup>11</sup>		✓	✓			✓	AR/VR networks
Chen <i>et al.</i> <sup>12</sup>	✓	✓	✓				VR video streaming
Yang <i>et al.</i> <sup>16</sup>	✓	✓	✓				VR video streaming
Elbamby <i>et al.</i> <sup>17</sup>	✓	✓			✓		VR gaming
Zhang <i>et al.</i> <sup>18</sup>	✓				✓		VR Multiplayer Gaming
Ateya <i>et al.</i> <sup>19</sup>	✓			✓			Tactile Internet
Maier <i>et al.</i> <sup>20</sup>				✓			Tactile Internet

五：机遇

总览

方向	现状	举例	需要
娱乐方面（游戏）	web-based + 头戴设备		移动设备上 + 在线游戏
教育方面（移动设备）		飞行员培训领域 互动教育方式	精确同步 超低延迟
艺术与文化		博物馆VR展览	高度本地化 计算密集型应用
医疗保健		远程手术	要求最高的程序
智能交通自主车辆		在虚拟环境中训练自动驾驶汽车	

六：挑战

总览

问题	难点	具体
缓存管理	没有针对AR/VR和触觉网络	缓存大小，内容，在哪里
	缓存和计算能力也带来的成本	如何结合5G的密集部署
QoE模式	网络QoS和用户共同考虑	
正确分流	设备不会拥有无限的计算资源 用户将在访问这些资源上展开竞争	公平的接入机制
内容模型	如何利用一致性	使用相关内容模型计算量会大大减少
用户群体各异	用户现有资源不同	基于用户的本地资源能力
灵活地资源管理	每个节点的缓存和计算在内的整个拓扑	
用户隐私和安全问题	信息与其他用户共享	实用程序与用户隐私之间的权衡