面向大规模智能监控系统的算力共享网络解决方案

作者 吉莉 熊重驰



# 摘要

# 课题研究背景及意义

# 国内外发展研究现状

基于边缘计算的智能城市实时监控视频分析目前引起了从业者和研究人员的广泛关注，大量的视频数据被提交到互联网。根据原始视频内容，如何删除冗余视频帧、正确分割视频序列并减少不必要的计算资源消耗是一项具有挑战性的工作。X. Zhang等人提出了一种检测和定位具有运动场形状的视频异常的方法，S. Ding等人利用改进的 Harris-Laplace 时空兴趣点从大视频中识别有趣的片段，然后从中选择关键帧。时空兴趣点可以准确地附着在检测到的目标周围，兴趣区域构建算法可以快速准确地定位包含目标的候选区域。由于图像分类和目标识别的巨大成功，特别是视频监控、目标计数和目标检测，深度学习受到了广泛关注。相比之下，Y. Fang等人提出了空间和时间特征图的计算，然后检测视频显著性。由于资源限制（能源消耗、计算和内存），在智能终端设备上部署这些具有低延迟要求的大型、强大的视频任务仍然是一个挑战。因此，考虑将这些计算任务转移到更强大的边缘服务器或云。然而，云计算模型不适用于需要短期执行的边缘服务，因为将任务卸载到云中心增加了网络往返传输延迟，应用服务请求不会很快得到响应，但是充分利用云中强大的计算和内存资源将减少总响应时间。由于边缘节点和边缘服务器离用户近，可以快速响应用户请求，成为首选的帮手。在边缘服务器上运行计算密集型任务时，需要对多个终端设备资源进行有效管理。目标是平衡精度、能耗、延迟和负载平衡的性能参数。 VideoStorm引入了这些权衡，以在满足准确性和延迟目标的前提下为每个请求选择正确的配置。例如，在 Chameleon中，配置在流视频输入期间在线更新。然而，基于任务划分的不同模型分割点会导致不同的计算延迟。因此，有必要选择合理的切割策略，以最大限度地发挥端边甚至云协同的优势。在将任务卸载到边缘服务器时，我们可以在边缘进行数据预处理，减少冗余、带宽、延迟和对云中心的依赖，同时提高视频分析的效率。为了减少带宽消耗，有学者提出了端边云协同架构和模型压缩，以消除不同环境下的数据传输。例如M. Song等人提出只有从边缘设备推断出的数据传输到云端进行再训练，以减少数据传输，建议在不影响精度的情况下去除冗余数据以减少数据传输。Glimpse 将所有 DL 计算任务迁移到最近的边缘服务器，同时使用更新检测来删除应该卸载的相机帧。如果检测没有变化，将在本地进行帧跟踪。这种过滤增强了系统的处理能力并使移动设备上的实时目标检测成为可能。Vigil提出了一种分布式架构，它巧妙地利用边缘和云之间的处理任务来减少视频监控中的带宽消耗。类似地，VideoEdge提出了边缘和云的分层架构来处理摄像机流，以便在多个目标和约束之间实现更好的权衡，公平地分配资源。我们在智能视频监测系统中提出了一种支持边缘计算的算力共享网络，该网络能够帮助边缘节点之间进行相互协调，实现计算任务卸载、计算任务调度以及能效优化等方面，保证边缘节点正常工作。

# 课题需求分析

在大规模智能视频监控系统的背景下，虽然现存网络利用边缘计算技术，缓解了云中心计算延迟高、带宽不足、安全性低的问题，实现了“就地、就近”提供服务的功能，但是对于智能边缘计算设备所存在的不稳定情况（如：产生死机或掉线等），依然会对整体网络造成巨大影响，一旦出现以上情况，可能会造成该终端节点所连接摄像机中视频数据的丢失，那么对于该监控区域来说，必定存在一定风险，因为智能边缘计算设备无法进行实时的检测和报警工作。

除此以外，考虑到一些智能边缘计算设备因为条件不足，采用太阳能板进行供电。但是如果出现连续阴雨天气导致无法为太阳能板持续提供能量，那么边缘计算节点面临着计算能力下降的问题。在供电不足的情况下，无法对所收集到的视频数据提供正常的处理，往往会出现对异常情况的漏报。针对以上智能边缘计算设备的不稳定性和计算能力不足问题，我们提出以下需求分析：

1. 打破计算性能瓶颈：当边缘计算节点的能量耗尽，掉线容易导致网络抖动，且视频检测任务无法完成。因此，为边缘计算节点提供冗余性考虑，即当前节点供电能力不够的情况下，将视频数据传输给距离当前节点最近的供电能力稳定的强节点（如：存在一些连接电源而不使用太阳能的边缘计算节点）进行计算，帮助能力不足的弱节点处理相关任务，利用算力共享的思想，有效地对任务进行调度 ，解决瓶颈问题。
2. 实现模块化的功能处理：在当前的视频监控系统中，智能边缘计算的“黑盒子”通过一块芯片实现存储、计算和通信等功能，这对于设备的耗能来说，是非常巨大的。因此，为帮助实现后期持续发展，可以采用基于功能的芯片模块化，对于存储、计算和通信三个方面，分别采用不同芯片提供相关功能操作，这样可以避免不同方面所造成的干扰，让每一模块的芯片性能（尤其是计算性能）达到最优。
3. 增强智能边缘计算节点的可靠性：从物理安全方面来说，因为边缘计算节点往往部署在室外环境，缺少一定的保护措施，无法防止一些非法人员在物理设备上进行一些恶意破坏，因此需要对边缘计算节点提供物理上的保护，保证其可靠性。从数据安全方面来说，在将弱性能智能边缘设备的视频数据发送给最近的高性能智能边缘设备时，应当考虑由边缘计算的开放特性所带来的安全与保护问题，避免数据暴露等隐私风险。

# 解决方案