

# 基于移动边缘计算的半迁移卸载模式研究

侯俊任,曲英伟

(大连交通大学 软件学院,辽宁 大连 116028)

**摘要:** 现今车辆计算任务量大、复杂度高、难以满足实时性需求.为解决该问题,在移动边缘计算(mobile edge computing, MEC)的背景下,提出一种半迁移卸载模式.半迁移卸载模式即在基站与车辆间加入小型微处理单元,车辆一次性将复杂的计算任务全部卸载至 MEC 服务器上,当车辆即将驶离通信范围临界点时 MEC 服务器回传已处理好的任务以提高实时性,未处理的任务随基站进行任务迁移.仿真实验结果表明,半迁移卸载模式有效降低了任务计算时延,提高了车辆与服务器之间的数据吞吐量.

**关键词:** 半迁移卸载模式;边缘计算;车联网;任务卸载;路边单元

**中图分类号:** TP18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8513(2024)06-0746-07

近几年来,随着网络技术发展,智能交通系统(intelligent transport system, ITS)<sup>[1-2]</sup>和车联网系统功能越来越丰富,计算任务越来越复杂,众多国内外学者针对高密度运动车辆的智能化进行深入研究,以提高车辆的计算能力和存储能力,完成丰富的智能任务,缩短任务延迟.目前车联网技术愈加成熟,车联网的通信方式有多种,即车辆与万物通信(vehicle to everything, V2X),可以实现车辆与各种交通设施以及人之间通信.例如:车辆与基础设施间通信(vehicle to installation, V2I)、车辆与车辆间通信(vehicle to vehicle, V2V)、车辆与人之间通信(vehicle to people, V2P)等<sup>[3]</sup>.

为解决车辆处理数据量庞大,车辆本地无法及时完成计算,若卸载至云端则因链路距离会导致传输时延过长,链路拥堵等问题.申晓曼<sup>[4]</sup>提出全迁移卸载模式将待计算任务一次性全部卸载到 MEC 服务器,若车辆驶离通信范围未完成计算,则待计算任务根据车辆行驶路径全部迁移至下一 MEC 服务器,直至完全计算完成后回传至车辆.本文针对 V2I 研究,提出半迁移卸载模式.半迁移卸载模式的核心思想为:车辆任务一次性全部卸载至 MEC 服务器,伴随车辆移动,部分已处理完成的任务回传车辆,部分未完成的任务在 RSU 间迁移,继续处理,部分完成即回传车辆,未处理完成部分继续迁移,直至完成

任务.与全迁移卸载模式相比较,半迁移卸载模式可以以最快的速度收到尽可能多的部分计算结果.

半迁移卸载模式的提出保留了全迁移卸载模式的优点,减少车辆本地计算资源负载过高,而产生计算延迟现象,且及时回传已完成的计算数据可保证车辆任务的持续执行,满足任务处理的实时性需求.

## 1 研究现状

面对我国家用轿车拥有量的不断增加,行驶中车辆的智能活动越来越丰富,随之产生的计算任务相应增加,车辆本地计算能力不足以完成大量的数据计算.若任务上传至云端则会造成网络拥挤,产生过高时延,不能够满足用户高质量需求(如增强现实等).当数据在网络边缘产生时,边缘计算就显得尤为重要<sup>[5]</sup>,尤其是移动网络中的 MEC<sup>[6]</sup>.由于网络容量限制和延迟波动会导致车辆服务质量(QoS)严重下降,高时延对高速移动的汽车以及未来的自动驾驶来说是一种致命弊端.因此业界提出移动边缘计算(MEC)<sup>[7-8]</sup>和车辆边缘计算(Vehicular Edge Computing, VEC)等策略.

(1)在 VEC 方向上,Raza 等<sup>[9]</sup>结合智能汽车的概念、服务、通信及应用,介绍了 VEC 的整体架构,将 VEC 系统分为远程云、边缘云和车辆云 3 层边缘卸载端.李志勇等<sup>[10]</sup>对 VEC 模式进行深入剖析,从

收稿日期:2022-10-27.

基金项目:国家自然科学基金(61771087).

作者简介:侯俊任(1998-),男,硕士.主要从事智能驾驶研究.

通信作者:曲英伟(1969-),女,本科,副教授.主要从事自动驾驶/图像处理研究.

时延、能耗、决策等方面对各种向周围车辆卸载任务的策略进行总结. 文献 [11] 建立了基于 VEC 的 V2X 异构车载网络模型, 采用马尔可夫决策原理决定状态、动作、奖励、转移概率, 运用强化学习迭代获取任务卸载策略.

(2) 在 MEC 方向上, 王锦等<sup>[12]</sup> 采用一种基于深度 Q 网络 (DQN) 的算法来解决车-边-云架构下任务卸载模式时延和能耗问题, 提出联合优化车辆计算能力与卸载策略使性能最优, 为了降低算法的复杂度, 利用数学推导得出最优车辆计算能力的解析, 在其数值固定的条件下, 基于 DQN 算法获得了最佳任务卸载策略. 文献 [13] 采用部分任务卸载至 MEC 服务器策略, 将车辆任务卸载至本地和多个 MEC 服务器上, 保证了所有用户的平均任务完成时延最小. 邱剑等<sup>[14]</sup> 提出一种网联车多跳传输的远端卸载方案, 该方案中车辆在进入 MEC 服务器范围前预测车辆位置, 并将数据卸载至即将进入的 MEC 服务器上, 因此不需要很多 MEC 服务器也可完成卸载任务, 降低成本, 但此方案中车辆随机性对其鲁棒性影响严重.

(3) 在其他方向上, 文献 [15] 引用博弈论的方法, 提出了基于边缘计算的多用户计算任务卸载方案, 有效的降低任务卸载时延. 文献 [16] 采用以蜂窝方式通信为主的车联网环境, 利用模拟退火算法确定最优卸载比例因子, 并用拉格朗日乘子法获取最优解进一步优化, 进而提高通信效率.

该文选取将任务卸载到路边单元 (RSU) 的 MEC 服务器进行计算, MEC 的提出既满足终端计算需求, 又降低了任务上传至核心网络而产生高时延的缺点. 针对 MEC 机制, 该文提出半迁移卸载模式来解决合理卸载任务, 将任务一次性全部传输至 MEC 服务器, 根据车辆的移动位置, 回传已计算完成的部分任务, 剩余部分任务在 MEC 服务器节点间进行迁移, 使每个 MEC 服务器尽可能多量的完成计算任务.

## 2 系统模型

任务上传至核心网络会造成网络负载和时延过高, 因此在基站与车辆终端间加入 MEC 服务器. 在路边按车辆密度适当距离部署  $M$  个 MEC 服务器, 安装在 RSU, 表示为  $G = \{G_1, G_2, G_3, \dots, G_m\}$ ; 设置  $N$  个服从泊松分布的带有卸载任务的车辆, 用  $V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$  表示, 每个车辆节点  $V_i$  都配有本地计算资源和无线通信资源. 车辆需要卸载任务时通过 PC5 接口将数据包通过 V2I 链路上传至 RSU 的 MEC 服务器上, 由 MEC 服务器判定是否需要上

传至核心网络, 若可以在当前服务器进行计算则开始处理计算任务. 当车辆临近当前 MEC 服务器通信范围时, MEC 服务器将处理完成的任务回传至车辆. 未完成的任务通过 RSU 之间进行任务迁移至下一个 MEC 服务器上, 由下一 MEC 服务器继续计算, 反复迭代直至完成计算任务. 系统模型见图 1 所示.

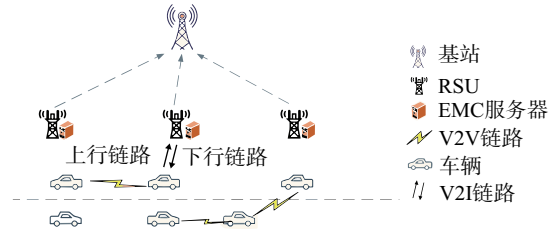


图 1 系统模型图

该场景中, 由于车速是可变的, RSU 通信范围较小, MEC 服务器计算资源有限, 计算出车辆在行驶到什么位置时开始进行已处理任务回传和未处理任务迁移是本节要解决的重点问题. 如图 2 所示, RSU 的通信覆盖范围  $R$  和 RSU 到路面的距离  $W$  为给定数据. 因此可以通过公式 (1) 计算出车辆在任一 RSU 范围内行驶的路程  $S$ .

$$S = 2\sqrt{R^2 - W^2}. \quad (1)$$

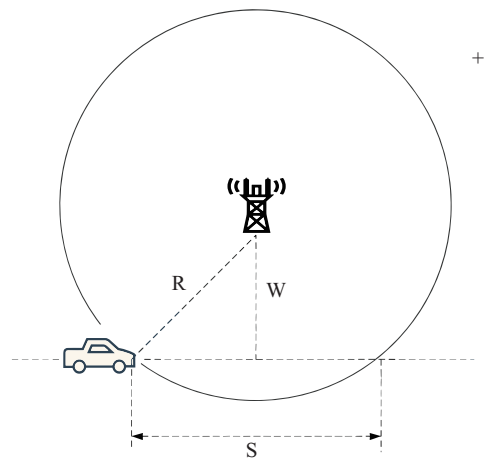


图 2 车辆在 RSU 内拓扑图

两终端在进行传输过程中, 传输速率的标准采用 4 通道无限光传输方案, 实现最高 100 Gb/s 的通信速率<sup>[17]</sup>. 首先在某一时刻车辆与 RSU 之间的距离已知为  $W$ , 在数据传输过程中由于物理距离的因素, 当  $W$  越大, 传输路径损耗也就越大. 因此路径损耗定义为  $W^{-\alpha}$ ,  $\alpha$  为路径损耗因子. 在信道内, 由于光纤的衰减损耗, 连接器插入损耗等原因会导致信道损耗, 这里将信道损耗定义为高斯信噪因子<sup>[18]</sup> 用  $N$  表示. 传输速率可以由公式 (2) 和 (3) 表示.

$$F_i = H \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{P \cdot W^{-\alpha} \cdot \beta}{N} \right). \quad (2)$$

$$P = \text{Min} \{ P_v, P_i \}. \quad (3)$$

其中  $F_i$  表示为 V2I 的链路传输率,  $H$  为信道的带宽,  $P_v$  和  $P_i$  为车辆的接收(传输)速率和 RSU 的传输(接收)速率.

车辆需要卸载  $K$  个数据包, 每个数据包的数据大小为  $L$ , 则总的任务数据量可表示为  $K \cdot L$ . 在经过一个 MEC 服务处理之后, 用  $K_1$  和  $L_1$  分别表示为已处理好的数据包个数和数据大小. 根据公式(2)所得出的传输速率  $F_i$ , 可以计算出回传时间  $T$ .

$$T = \frac{K \cdot L - K_1 \cdot L_1}{F_i}. \quad (4)$$

考虑不同设备在不同环境下受干扰强度不同, 因此研究过程中忽略受环境等因素的影响造成的网络通信波动等问题, 所有公式计算均在理想环境下进行. 车辆的速度具有很强的随机性,  $V_{cur}$  表示车辆在某一节点的瞬时速度, 在短距离范围内,  $V_{cur}$  也可以表示为该段距离的平均速度  $V_{ver}$ , 由此可由公式(5)~(7)计算出车辆行驶至何位置时 MEC 服务器回传数据.

$$V_{ver} = V_{cur}. \quad (5)$$

$$\frac{K \cdot L - K_1 \cdot L_1}{F_i} = \frac{2\sqrt{R^2 - W^2} - X}{V_{ver}}. \quad (6)$$

$$X = 2\sqrt{R^2 - W^2} - \frac{K \cdot L - K_1 \cdot L_1}{F_i} \cdot V_{ver}. \quad (7)$$

从公式(7)式中可以计算出当车辆进入某一 RSU 单元内, 车辆在此单元内行驶距离为  $X$  时, MEC 服务器开始回传数据任务. 在通信范围临界点自动回传数据, 将计算时间利用到最大化, 因此解决了分布式卸载模式动态划分任务包大小产生误差带来可靠性差和部分 MEC 服务器计算时间利用不充分的问题.

### 3 算法流程

#### 3.1 半迁移卸载模式主要工作

(1) 卸载数据: 将车辆产生的计算任务按复杂度划分, 高于设定阈值的计算任务一次性全部卸载至路边单元的服务器.

(2) 计算回传临界点: 根据车辆的移动计算回传临界点, 使已计算完成的数据及时回传至车辆, 供车辆继续执行任务, 减少任务时延, 保证任务的实时性.

(3) 基站间迁移任务: 车辆驶离临界点时刻, 未完成的计算任务迁移至下一个 MEC 服务器, 由下一 MEC 服务器继续计算, 反复迭代, 直至完成全部计算任务.

#### 3.2 半迁移卸载模式算法详细步骤

(1) 任务生成.

a) 计算共产生任务包个数  $K$ ;

b) 每个任务包数据大小  $L$ ;

c) 任务复杂度  $Q$ .

(2) 根据任务复杂的即待处理任务量判断是否可以在车辆本地处理, 若小于设定阈值则结束算法.

(3) 更新所在 RSU 通信范围  $R$ ; 根据公式(1)计算该单元覆盖道路路程.

(4) 根据公式(2), (3) 计算上传速率  $F_i$ .

(5) 将数据卸载到 MEC 服务器上, 由服务器按优先级开始处理任务.

(6) 由公式(7)计算出在该段路程  $X$  内任务是否可以全部处理完成:

a) 如果可以完全处理则及时回传数据;

b) 否则在临界点将数据分离.

(7) 车辆到达回传临界点时, 将已处理完成和未处理完成的任务分离, 未完成的任务通过 RSU 路边单元迁移至下一 MEC 服务器. 循环至算法 5.

(8) 已处理的回传至车辆以供使用.

(9) 结束循环.

半迁移卸载模式的算法流程图见图 3.

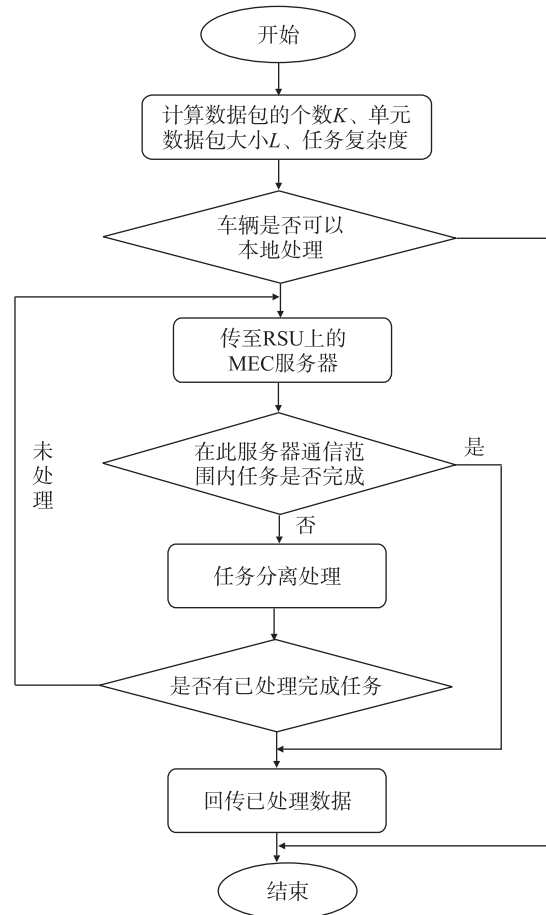


图3 半迁移卸载模式的算法流程图

## 4 仿真实验

搭建的实验环境为 SUMO 结合 OMNET++ 平台, 分析半迁移卸载模式的有效性. 设定场景为 2 km 长水平直线马路, 马路两侧每隔 300 m 放置 RSU 单元, RSU 单元数量为每侧 10 个, 将 MEC 服务器部署在每个 RSU 单元上. RSU 通信半径  $r$  为 500 m, RSU 到马路宽度中线的距离设置为 50 米, 车辆速度具有随机性, 本场景为城市路段速度设置为  $[10, 30]$  m/s. 参与计算的 MEC 单元的计算能力为  $6 \times 10^8$  cycles/s, 车辆的计算能力在  $[1 \times 10^6, 2 \times 10^8]$  cycles/s 随机给定. 车载设备的通信发射功率是  $P_t = 1.3 \text{ W}^{[19]}$ .

### 4.1 时延计算模型

车辆某时刻任务所需处理的数据量为  $S_n$ , 车辆本地计算时延见公式(8).

$$T_n = \frac{S_n \cdot C_n}{f_n} \quad (8)$$

其中  $C_n$  表示车辆每处理 1 bit 数据所需的 CPU 周期数,  $f_n$  则表示本地车辆资源计算速率.

数据量为  $S_{MEC_n}$  的任务卸载至 MEC 服务器上所需的计算时延见公式(9).

$$T_{MEC_n} = \frac{S_{MEC_n} \cdot C_{MEC_n}}{f_{MEC_n}} + \frac{S_{MEC_n}}{F_i} + \lambda_n \cdot T \quad (9)$$

其中  $C_{MEC_n}$  表示车辆每处理 1 bit 数据所需的 CPU 周期数,  $f_{MEC_n}$  则表示本地车辆资源计算速率.  $F_i$  由公式(8)所计算出的链路传输速率, 任务计算完成须经过  $\lambda_n$  个 MEC 服务器时, 回传数据总时延为  $\lambda_n \cdot T$ ,  $T$  由公式(9)计算得出.

## 4.2 实验仿真结果分析

### 4.2.1 车辆实时接收回传数据包状态分析

为了充分验证半迁移卸载模式的有效性, 本次实验将半迁移卸载模式、全迁移卸载模式以及车辆本地计算 3 种模式分别进行实验对比. 本次实验取场景中 5 个 RSU 单元, 计算任务包设为 3 145 728 KB, 将其分别在上述 3 种模式下进行计算. 并对 3 种模式的数据回传所需时长进行分析对比, 实验结果见图 4.

从仿真结果可以看出, 在半迁移卸载模式下, 约 160 s 时车辆得到第一批计算完成的数据可供车辆实时使用, 以最短的时长获取到了最新的可使用数据, 达到了车辆实时获取数据的目的. 在全迁移卸载模式下, 约 320 s 时车辆才能接收到计算完成的全部数据. 虽然本地计算模式可以做到及时即用, 但计算速度极慢, 本地计算数据量达到半迁移卸载模式第一次回传数据同等大小所用时长高达约 300 s, 因此半迁移卸载模式在回传数据实时性方面优于全迁移卸载模式和本地计算模式. 半迁移卸载模式下车辆完全接受全部计算完成的数据约用时 310 s, 相较于全迁移卸载模式速度提升 10 s 左右. 但从实验过程中发现, 在 MEC 服务器端全迁移卸载模式计算完成所有任务所用时长少于半迁移卸载模式约 5 s 左右. 经分析发现, 在全迁移卸载模式下, 虽然全部任务计算完成的速度略优于半迁移卸载模式, 但是最终计算完成的数据量较大, 数据在回传车辆时全迁移卸载模式用时较长, 使得在最终车辆完全接受数据所用时长方面, 半迁移卸载模式优于全迁移卸载模式和本地计算模式.

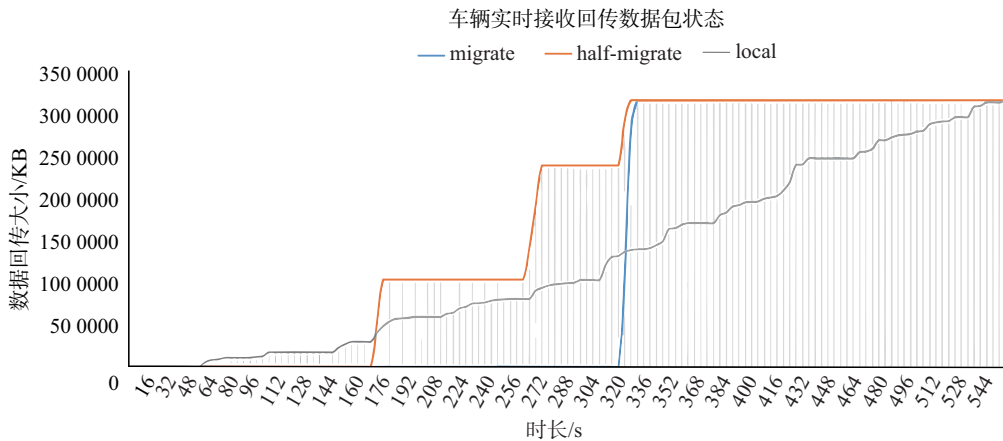


图 4 3 种模式下车辆实时接收回传数据包状态

### 4.2.2 数据回传所需次数及单次回传数据量大小分析

本次实验在理想环境且环境因素相同的情况

下, 将半迁移卸载模式与分布式卸载模式进行单次回传数据量大小对比, 实验数据见表 1.

表 1 半迁卸载移模式计算分布式卸载模式对比实验数据

回传次数	KB	
	assort - migrate 回传数据量 $S_{an}$	half - migrate 回传数据量 $S_{hn}$
第一次	828 316	1 087 228
第二次	787 185	990 990
第三次	987 275	1 067 510
第四次	572 952	

在回传数据量方面,每次回传间隔时间相同的情况下,半迁移卸载模式下平均在每个 MEC 服务器上计算量约高于分布式卸载模式下 262 144 Kb,半迁移卸载模式回传数据量平均约高于分布式卸载模式 21.7%。因此在数据量相同的情况下半迁移卸载模式与分布式卸载模式相比所需回传次数较少。两种卸载模式回传数据所需次数及每次回传数据量大小对比详情见图 5。

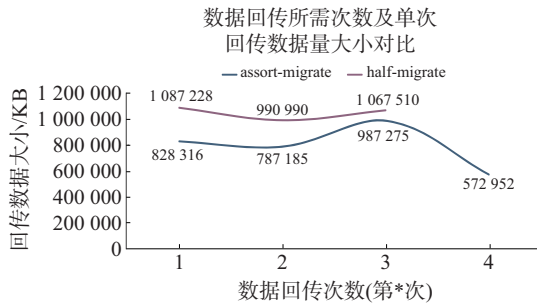


图 5 分布式卸载模式与半迁移卸载模式数据回传次数及单次回传数据量大小对比

经实验分析发现,出现该现象的原因是,分布式卸载模式在任务卸载之前就已经预测好每个 MEC 服务器可计算的数据量大小,并进行固定分配计算数据。但道路环境是多变的,可计算数据量的预测准确性和车辆的随机性均可对 MEC 服务器可计算数据量的大小产生影响。因此分布式卸载模式可能会出现数据计算不完整和 MEC 服务器空闲的情况发生,导致分布式卸载模式计算时延高、可靠性差等问题。而半迁移卸载模式则将 MEC 服务器资源利用率达到了最大化,使得单次回传数据量大小均高于分布式卸载模式,并且能以最小的回传数据次数完成一次任务卸载。

基于分布式卸载的模式中,虽然相较于本地计算模式减少了计算时长,并解决了全迁移卸载模式回传任务不及时等问题。但是由于场景动态变化,无法合理对任务进行动态分块,因此半迁移卸载模式相较于分布式卸载模式展现出了较大的优势。

### 4.2.3 半迁移卸载模式计算时长分析

本次实验在理想环境且环境因素相同的情况下,将半迁移卸载模式与车辆本地计算进行等量数据的计算时长对比,实验数据见表 2。

表 2 半迁移卸载模式计算与车辆本地对比实验数据

数据量大小 $s_n$ /KB	half - migrate 计算时长 $t_{MEC_n}$ /s	local 计算时长 $t_n$ /s
2 097 152	230.7	360.8
2 199 552	241.3	392.6
2 301 952	249.9	418.2
2 404 352	258.6	439.1
2 506 752	269.6	457.3
2 609 152	276.8	471.1
2 711 552	283.6	492.2
2 813 952	291.9	514.7
2 916 352	299.6	532.9
3 018 752	308.2	552.8
3 121 152	312.3	562.3

在计算时长方面,本次仿真实验数据包大小初始设置为 2 097 152 KB,步长从 102 400 MB 逐步递增,2 种算法的计算时长对比详情见图 6。其中横轴代表了待处理数据量的大小,纵轴表示在当前数据量时两种模式计算所需时长。当数据量为 2 097 152 KB 时,半迁移卸载模式与本地计算模式计算时长差值最小,半迁移卸载模式的计算时长较车辆本地计算模式减少约 130.1 s,且随着数据量的不断增大,半迁移卸载模式在计算时长方面的优势更明显。当实验数据达到 3 121 152 KB 时,半迁移卸载模式与本地计算模式的计算时长差值达到最大,半迁移卸载模式计算速度快于本地计算约 250 s。在计算时长方面,实验结果表明处理等量数据时,半迁移卸载模式的处理时间均少于车辆本地计算。

半迁移卸载模式与分布式卸载模式的单次回传数据量大小及回传次数的对比实验中,实验数据表明半迁移卸载模式每次的回传的数据量大于分布式卸载模式,且在处理同样大小数据包的情况下,半迁移卸载模式下车辆只需经过少量的 MEC 服务器就可以完成计算。在半迁移卸载模式和本地计算模式的计算时长对比实验中,根据表 2 中的实验数据可知,无论数据量的大小如何,半迁移卸载模式下的计算能力都远远优于本地计算模式,且根据图 6 的数据趋势来看,数据量越大,半迁移卸载模式的优势越明显。

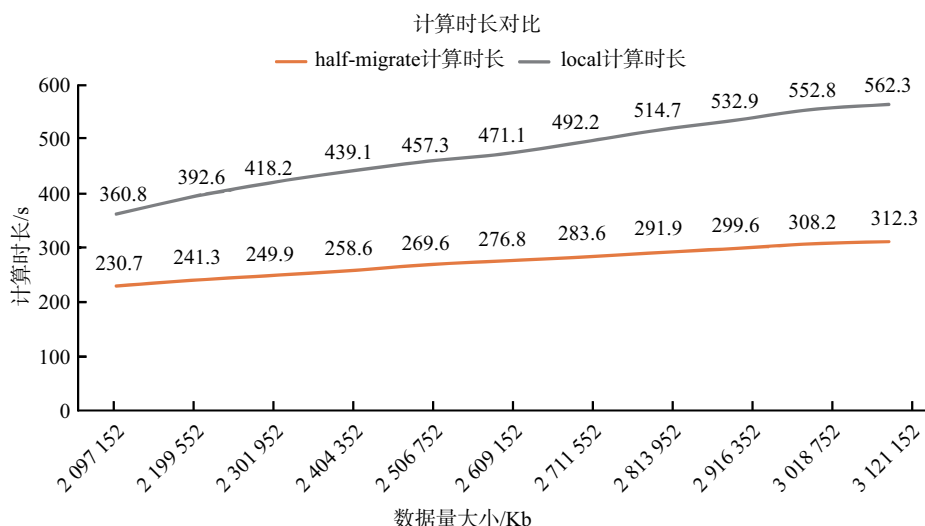


图6 不同数据量本地计算与半迁移卸载模式计算时长对比

## 5 结语

提出的半迁移卸载模式,在待计算任务量与复杂程度超过一定阈值的情况下,一次性将任务上传至 MEC 服务器,MEC 服务器计算处理任务后,再根据计算出的车辆在通信范围临界的地点与传输所需时间决定传输时刻,及时将任务分离处理并回传车辆.在确定回传时刻方面,将信道的损失因子与产生的高斯白噪声考虑在内,以控制最精确的传输时间来达到计算量最大化.通过仿真分析,将文中提出的半迁移卸载模式与车辆本地计算,全迁移卸载模式和分部布式卸载模式进行对比,该文提出的半迁移卸载模式有效解决了计算时延长,回传数据不及时等问题.

更为深入的如何将任务划分为独立型任务还是依赖型任务该文尚未研究,将数据提前划分好类型再根据 MEC 服务器与车辆自身状态智能设定任务的优先级,可有助于减少任务计算中断,这将在后续研究,使文中提出的半迁移卸载模式更具有应用价值有待研究.

### 参考文献:

[1] 金茂箐.我国智能交通系统技术发展现状及展望[J].交通信息与安全,2012,30(5):1-5.  
 [2] 张乐乐,王丽,肖小玲.我国智能交通系统的发展现状和趋势[J].电脑知识与技术,2021,17(3):247-249.  
 [3] 王寒松.车联网中基于 MEC 的计算任务卸载策略研究[D].北京:北京邮电大学,2019.  
 [4] 申晓曼.面向边缘计算的端到端通信中无源光网络的协议设计与资源管理研究[D].杭州:浙江大学,2020.  
 [5] KHAN W, AHMED E, I IAKAK S, et al. Edge computing: a survey[J]. Future Generation Computer Systems, 2019, 97:

219-235.

[6] ABBAS N, ZHANG YAN, TAHERKORDI A, et al. Mobile edge computing: a survey [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018, 5(1):450-465.  
 [7] HAN G J, LIU LI, CHAN S, et al. HySense: a hybrid mobile crowdSensing framework for sensing opportunities compensation under dynamic coverage constraint [J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(3):93-99.  
 [8] ABUELEL A M and OARIUL S. Taking VANET to the clouds [C]//Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, 2010:6-13  
 [9] RAZA S, WANG S G, AHMED M, et al. A survey on vehicular edge computing: Architecture, applications, technical issues, and future directions [J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2019(1):1-19.  
 [10] 李志勇,王琦,陈一凡,等.车辆边缘计算环境下任务卸载研究综述[J].计算机学报,2022,37(11):3003-3011.  
 [11] 胡峰,王文轩,顾红.V2X 异构车载网络下智能任务卸载策略研究[J].控制与决策,2021.  
 [12] 王锦,张新有.基于 DQN 的无人驾驶任务卸载策略[J].计算机应用研究,2022,39(9):2738-2744.  
 [13] 邱旭,卞浩卜,吴铭骁,等.基于 5G 毫米波通信的高速公路车联网任务卸载算法研究[J].计算机科学,2022,49(6):25-31.  
 [14] 邸剑,薛林,蔡震.基于车联网多跳传输的移动边缘计算卸载[J].计算机应用研究,2021,38(4):1145-1157.  
 [15] CHEN X, JIAO L, LI W, et al. Efficient multi-user computation offloading for mobile-edge cloud computing [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2015, 24(5):2795-2808.

- [16] 李智, 薛建彬. C-V2X 车联网中基于模拟退火算法的任务卸载与资源分配[J]. 计算机应用, 2021, 42(10): 3140-3147.
- [17] 杨乾远, 孙晖, 马拥华, 等. 5G 基站前传和中传的无线光通信方案设计[J]. 光通信技术, 2019, 43(9): 23-26.
- [18] 田伟, 周新力, 刘华章. 高斯白噪声信道下 8PSK 信号信噪比估计[J]. 无线电工程, 2011, 41(11): 16-18.
- [19] WU H, WANG Q, WOLTER K. Tradeoff between performance improvement and energy saving in mobile cloud offloading systems[C]// 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC). Budapest: IEEE, 2013: 728-732.

## Study on half-migration offload mode based on mobile edge computing

HOU Jun-ren, QU Ying-wei

(Software Technology Institute, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

**Abstract:** Nowadays vehicle computing tasks are large and complex, and it is difficult to meet the real-time requirements. To solve this problem, a half-migration offload mode is proposed under the background of mobile edge computing (MEC). The half-migration unloading mode is to add a small micro processing unit between the base station and the vehicle, the vehicle unloads all complex computing tasks to the MEC server at one time, when the vehicle is about to leave the critical point of the communication range, the MEC server returns the processed tasks to improve the real-time performance, and the unprocessed tasks migrate with the base station. The simulation results show that the half-migration unloading mode effectively reduces the task computation delay and improves the data throughput between the vehicle and the server.

**Key words:** half-migrate model; MEC; train set network; task unloading; roadside unit

(责任编辑 段 鹏)

(上接第 735 页)

## Wireless sensor network locating algorithm based on molecular force model

YANG Jiang-feng, WANG Wan-sheng, LIU Ming

(School of Electrical and Information Engineering, Yunnan Minzu University, Kunming 650500, China)

**Abstract:** The use of nodes to send and receive wireless signals to locate the objects in wireless sensor networks is called Wireless Sensor Network (WSN) location, which is an important research area of WSN. In the wireless sensor network positioning algorithm based on ranging, the key step is to estimate the distance between the beacon node and the unknown node by the strength of the received signal. In this paper, we propose a WSN localization algorithm based on the molecular force model. The proposed model is also based on the ranging technologies, and the concepts of the repulsive force and the attractive force are introduced. Moreover, the unknown node is assumed to be in the balance state, and the resultant force of these two forces is zero. Algorithm solving uses an iterative algorithm. Experiments show that the proposed algorithm has less time complexity and space complexity and has better positioning accuracy.

**Key words:** molecular force model; wireless sensor network; WSN locating algorithm

(责任编辑 梁志茂)