

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 11 月 14 日 (14.11.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/230352 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 9/445 (2018.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/084530
- (22) 国际申请日: 2024 年 3 月 28 日 (28.03.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310495140.X 2023年5月5日 (05.05.2023) CN
- (71) 申请人: 苏州元脑智能科技有限公司 (SUZHOU METABRAIN INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。

- (72) 发明人: 杨乐 (YANG, Le); 中国江苏省苏州市吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。 阚宏伟 (KAN, Hongwei); 中国江苏省苏州市吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。
- (74) 代理人: 北京润泽恒知识产权代理有限公司 (BEIJING RUN ZEHENG INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区中关村南大街甲18号北京国际C座6层606, Beijing 100081 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,

(54) Title: TASK UNLOADING METHOD AND APPARATUS FOR MOBILE EDGE COMPUTING, DEVICE, AND MEDIUM

(54) 发明名称: 针对移动边缘计算的任务卸载方法、装置、设备及介质

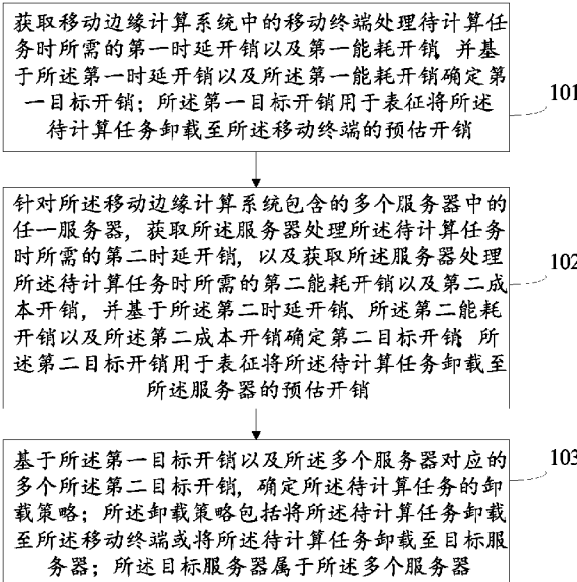


图 1

- 101 Acquire a first time delay overhead and a first energy consumption overhead required by a mobile terminal in a mobile edge computing system for processing a task to be computed, and determine a first target overhead on the basis of the first time delay overhead and the first energy consumption overhead, the first target overhead being used for representing an estimated overhead for unloading said task to the mobile terminal
- 102 For any server amongst a plurality of servers contained in the mobile edge computing system, acquire a second time delay overhead required by the server for processing said task, and acquire a second energy consumption overhead and a second cost overhead required by the server for processing said task; and determine second target overheads on the basis of the second time delay overhead, the second energy consumption overhead, and the second cost overhead, the second target overheads being used for representing estimated overheads for unloading said task to the server
- 103 Determine an unloading policy for said task on the basis of the first target overhead and the plurality of second target overheads corresponding to the plurality of servers, the unloading policy comprising unloading said task to the mobile terminal or unloading said task to a target server, and the target server belonging to the plurality of servers

(57) Abstract: The embodiments of the present application relate to the technical field of edge computing. Provided are a task unloading method and apparatus for mobile edge computing, a device, and a medium. The method comprises: acquiring a first time delay overhead and a first energy consumption overhead required by a mobile terminal in a mobile edge computing system for processing a task to be computed, and determining a first target overhead on the basis of the first time delay overhead and the first energy consumption overhead; for any server amongst a plurality of servers contained in the mobile edge computing system, acquiring a second time delay overhead, a second energy consumption overhead and a second cost overhead required by the server for processing said task, and determining second target overheads on the basis of the second time delay overhead, the second energy consumption overhead and



LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,
TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

the second cost overhead; and determining an unloading policy of said task on the basis of the first target overhead and the plurality of second target overheads. Therefore, the present application allows for more comprehensive coverage of the first target overhead and the second target overheads, and improves unloading decision-making methods, thereby improving the decision-making effect of unloading decision-making.

(57) 摘要: 本申请实施例提供了一种针对移动边缘计算的任务卸载方法、装置、设备及介质, 涉及边缘计算技术领域, 方法通过获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销, 并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销; 针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器, 获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销, 并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销; 基于第一目标开销以及多个第二目标开销, 确定待计算任务的卸载策略。这样, 使得第一目标开销以及第二目标开销的覆盖性更全面, 且卸载决策方法更完善, 提高了卸载决策的决策效果。

针对移动边缘计算的任务卸载方法、装置、设备及介质

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2023 年 05 月 05 日提交中国专利局，申请号为 202310495140.X，申请名称为“针对移动边缘计算的任务卸载方法、装置、设备及介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请属于边缘计算技术领域，特别是涉及一种针对移动边缘计算的任务卸载方法、装置、设备及介质。

背景技术

移动边缘计算是为应用开发者和服务提供商在网络的边缘侧提供云服务和 IT（Information Technology，信息技术）环境服务，目标是在靠近数据输入或用户的地方提供计算、存储和网络带宽。随着互联网技术的高速发展，用户对于移动终端设备的计算和数据需求也逐步增加，相应的，对存储能力以及处理器的处理能力有了更高的要求。

相关技术中，对于移动终端设备的待计算任务的前期卸载决策方法并不完善，卸载决策效果较差。

发明内容

本申请提供一种针对移动边缘计算的任务卸载方法、装置、设备及介质，以便解决移动终端设备的待计算任务的前期卸载决策方法不完善，且卸载决策效果较差的问题。

为了解决上述技术问题，本申请是这样实现的：

第一方面，本申请提供一种针对移动边缘计算的任务卸载方法，方法包括：

获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销；第一目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销；

针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销；

基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于多个服务器。

在本申请的一些实施例中，获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，包括：

获取移动终端执行待计算任务所需的本地处理器的运行周期数、本地处理器的处理器频率以及本地处理器的有效电容系数；

基于第一预设公式、运行周期数以及处理器频率，确定第一时延开销；

其中，第一预设公式为： $t_u^1 = \frac{c_u d_u}{f_u}$ ， $c_u d_u$ 表示运行周期数， f_u 表示处理器频率， t_u^1 表示第一时延开销；

基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销；
其中，第二预设公式为： $E_u^l = \rho c_u d_u (f_u)^2$ ， ρ 表示有效电容系数， E_u^l 表示第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销，包括：

预估服务器处理待计算任务时所需的处理时间，作为目标处理时间，并预估待计算任务上传至服务器的上传时间，作为目标上传时间；

基于第三预设公式、目标处理时间以及目标上传时间，确定第二时延开销；

其中，第三预设公式为： $t_{uv}^e = t_{uv}^{trans} + t_{uv}^{proc}$ ， t_{uv}^{proc} 表示目标处理时间， t_{uv}^{trans} 表示目标上传时间， t_{uv}^e 表示第二时延开销。

在本申请的一些实施例中，获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，包括：

基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销；

其中，第四预设公式为： $E_{uv}^e = E_{uv}^{trans} + E_{uv}^{free}$ ， E_{uv}^{trans} 表示目标上传能耗， E_{uv}^{free} 表示目标闲置能耗， E_{uv}^e 表示第二能耗开销；

目标上传能耗为将待计算任务上传至服务器的预估能耗，目标闲置能耗为移动终端等待服务器处理待计算任务时的预估空闲能耗；

基于第五预设公式、运行周期数以及单位运行周期数对应的使用费用，确定第二成本开销；

其中，第五预设公式为： $b_{uv} = \beta_v c_u d_u$ ， β_v 表示单位运行周期数对应的使用费用。

在本申请的一些实施例中，在基于第一预设公式、运行周期数以及处理器频率，确定第一时延开销之后，方法包括：

在第一时延开销大于预设时延阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

在本申请的一些实施例中，基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销，包括：

在第一时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中，基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销，包括：

在第二时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销。

在本申请的一些实施例中，方法还包括：

在第二时延开销大于预设时延阈值或第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，方法还包括：

预先设置时延权重系数以及能耗权重系数。

基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销，包括：

基于第六预设公式、时延权重系数与第一时延开销的乘积，以及能耗权重系数与第一能耗开销的乘积，确定第一目标开销；

其中，第六预设公式为： $S_u^l = \alpha_1 t_u^l + \alpha_2 E_u^l$ ， α_1 表示时延权重系数， t_u^l 表示第一时延开销， α_2 表示能耗权重系数， E_u^l 表示第一能耗开销， S_u^l 表示第一目标开销。

在本申请的一些实施例中，方法还包括：

预先设置成本权重系数；

基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销，包括：

基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销；

其中，第七预设公式为： $S_u^e = \alpha_1 t_{uv}^e + \alpha_2 E_{uv}^e + \alpha_3 b_{uv}$ ， α_1 表示时延权重系数， t_{uv}^e 表示第二时延开销， α_2 表示能耗权重系数， E_{uv}^e 表示第二能耗开销， α_3 表示成本权重系数， b_{uv} 表示第二成本开销， S_u^e 表示第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销，包括：

在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略，包括：

基于多个服务器对应的多个第二目标开销，确定多个第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销；

基于最小目标开销以及第一目标开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，在基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销之后，方法包括：

将第二目标开销记录至移动终端对应的目标决策列表；

基于多个服务器对应的多个第二目标开销，确定多个第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销，包括：

在多个服务器对应的第二目标开销均记录完毕的情况下，获取目标决策列表中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

在本申请的一些实施例中，基于最小目标开销以及第一目标开销，确定待计算任务的卸载策略，包括：

若最小目标开销小于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器；

若最小目标开销大于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，在最小目标开销等于第一目标开销的情况下，基于最小目标开销以及第一目标开销，确定待计算任务的卸载策略，还包括：

若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中时延权重系数的数值最大，则基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略；

若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中能耗权重系数的数值最大，则基于第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略；

若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中成本权重系数的数值最大，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略，包括：

若第一时延开销大于最小目标开销对应的第二时延开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器；

若第一时延开销小于最小目标开销对应的第二时延开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端；

若第一时延开销等于最小目标开销对应的第二时延开销，则基于最小目标开销对应的第二能耗开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，基于第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略，包括：

若第一能耗开销大于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器；

若第一能耗开销小于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端；

若第一能耗开销等于最小目标开销对应的第二能耗开销，则基于最小目标开销对应的第二时延开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

第二方面，本申请提供一种针对移动边缘计算的任务卸载装置，装置包括：

第一获取模块，用于获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销；第一目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销；

第二获取模块，用于针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销；

第一确定模块，用于基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于多个服务器。

在本申请的一些实施例中，第一获取模块包括：

第一获取子模块，用于获取移动终端执行待计算任务所需的本地处理器的运行周期数、本地处理器的处理器频率以及本地处理器的有效电容系数；

第二确定模块，用于基于第一预设公式、运行周期数以及处理器频率，确定第一时延开销；

其中，第一预设公式为： $t_u^1 = \frac{c_u d_u}{f_u}$ ， $c_u d_u$ 表示运行周期数， f_u 表示处理器频率， t_u^1 表示第一时延开销；

第三确定模块，用于基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销；

其中，第二预设公式为： $E_u^l = \rho c_u d_u (f_u)^2$ ， ρ 表示有效电容系数， E_u^l 表示第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中，第二获取模块包括：

第一预估模块，用于预估服务器处理待计算任务时所需的处理时间，作为目标处理时间，并预估待计算任务上传至服务器的上传时间，作为目标上传时间；

第四确定模块，用于基于第三预设公式、目标处理时间以及目标上传时间，确定第二时延开销；

其中，第三预设公式为： $t_{uv}^e = t_{uv}^{trans} + t_{uv}^{proc}$ ， t_{uv}^{proc} 表示目标处理时间， t_{uv}^{trans} 表示目标上传时间， t_{uv}^e 表示第二时延开销。

在本申请的一些实施例中，第二获取模块包括：

第五确定模块，用于基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销；

其中，第四预设公式为： $E_{uv}^e = E_{uv}^{trans} + E_{uv}^{free}$ ， E_{uv}^{trans} 表示目标上传能耗， E_{uv}^{free} 表示目标闲置能耗， E_{uv}^e 表示第二能耗开销；目标上传能耗为将待计算任务上传至服务器的预估能耗，目标闲置能耗为移动终端等待服务器处理待计算任务时的预估空闲能耗；

第六确定模块，用于基于第五预设公式、运行周期数以及单位运行周期数对应的使用费用，确定第二成本开销；

其中，第五预设公式为： $b_{uv} = \beta_v c_u d_u$ ， β_v 表示单位运行周期数对应的使用费用。

在本申请的一些实施例中，装置还包括：

第七确定模块，用于在第一时延开销大于预设时延阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

在本申请的一些实施例中，第三确定模块，包括：

第三确定子模块，用于在第一时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中，第五确定模块，包括：

第四确定子模块，用于在第二时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销。

在本申请的一些实施例中，装置还包括：

第五确定子模块，用于在第二时延开销大于预设时延阈值或第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，装置还包括：

第一设置模块，用于预先设置时延权重系数以及能耗权重系数。

第一获取模块，包括：

第六确定子模块，用于基于第六预设公式、时延权重系数与第一时延开销的乘积，以及能耗权重系数与第一能耗开销的乘积，确定第一目标开销；

其中，第六预设公式为： $S_u^l = \alpha_1 t_u^l + \alpha_2 E_u^l$ ， α_1 表示时延权重系数， t_u^l 表示第一时延开销， α_2 表示能耗权重系数， E_u^l 表示第一能耗开销， S_u^l 表示第一目标开销。

在本申请的一些实施例中，装置还包括：

第二设置模块，用于预先设置成本权重系数；

第二获取模块，包括：

第七确定子模块，用于基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销；

其中，第七预设公式为： $S_u^e = \alpha_1 t_{uv}^e + \alpha_2 E_{uv}^e + \alpha_3 b_{uv}$ ， α_1 表示时延权重系数， t_{uv}^e 表示第二时延开销， α_2 表示能耗权重系数， E_{uv}^e 表示第二能耗开销， α_3 表示成本权重系数， b_{uv} 表示第二成本开销， S_u^e 表示第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，第七确定子模块，包括：

第八确定子模块，用于在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，第一确定模块，包括：

第九确定子模块，用于基于多个服务器对应的多个第二目标开销，确定多个第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销；

第十确定子模块，用于基于最小目标开销以及第一目标开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，装置还包括：

第一记录模块，用于将第二目标开销记录至移动终端对应的目标决策列表；

第九确定子模块，包括：

第二获取子模块，用于在多个服务器对应的第二目标开销均记录完毕的情况下，获取目标决策列表中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

在本申请的一些实施例中，第十确定子模块，包括：

第十一确定子模块，用于若最小目标开销小于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器；

第十二确定子模块，用于若最小目标开销大于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，在最小目标开销等于第一目标开销的情况下，第十确定子模块，包括：

第十三确定子模块，用于若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中时延权重系数的数值最大，则基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略；

第十四确定子模块，用于若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中能耗权重系数的数值最大，则基于第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略；

第十五确定子模块，用于若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中成本权重系数的数值最大，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，第十三确定子模块，包括：

第十六确定子模块，用于若第一时延开销大于最小目标开销对应的第二时延开销，则确

定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

第十七确定子模块，用于若第一时延开销小于最小目标开销对应的第二时延开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

第十八确定子模块，用于若第一时延开销等于最小目标开销对应的第二时延开销，则基于最小目标开销对应的第二能耗开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，第十四确定子模块，包括：

第十九确定子模块，用于若第一能耗开销大于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

第二十确定子模块，用于若第一能耗开销小于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

第二十一确定子模块，用于若第一能耗开销等于最小目标开销对应的第二能耗开销，则基于最小目标开销对应的第二时延开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

第三方面，本申请提供一种电子设备，包括：处理器、存储器以及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，其特征在于，处理器执行程序时实现上述针对移动边缘计算的任务卸载方法。

第四方面，本申请提供一种非易失性可读存储介质，当存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时，使得电子设备能够执行上述针对移动边缘计算的任务卸载方法。

在本申请实施例中，通过获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销；第一目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销；针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销；基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于多个服务器。这样，通过确定第一目标开销以及多个第二目标开销，可以为用户提供卸载策略的决策支撑，并且结合不同卸载策略对应的预估开销，能够得到效益较高的卸载策略。同时，引入时延、能耗以及成本三种差异化的指标，确定第一目标开销以及第二目标开销，综合考虑移动边缘计算系统中任务卸载的时延开销、能耗开销和成本开销，优化卸载策略的决策依据，以使得第一目标开销以及第二目标开销的覆盖性更广泛且全面，进而使得卸载决策方法更加完善，提高了卸载决策的决策效果。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1是本申请实施例提供的一种针对移动边缘计算的任务卸载方法的步骤流程图；

图2是本申请实施例提供的一种移动边缘计算的架构图；

图3是本申请实施例提供的一种针对移动边缘计算的任务卸载方法的具体流程图；

图4是本申请实施例提供的一种针对移动边缘计算的任务卸载装置的结构图；

图5是本申请实施例提供的一种电子设备的结构图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

图 1 是本申请实施例提供的一种针对移动边缘计算的任务卸载方法的步骤流程图，如图 1 所示，该方法可以包括：

步骤 101、获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销；第一目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销。

在本申请的一些实施例中，移动边缘计算系统可以包括多个移动终端、多个基站以及多个移动边缘计算（Mobile Edge Computing, MEC）服务器。MEC 服务器可以分散部署在移动终端附近，1 台 MEC 服务器的物理覆盖范围内可以有多个移动终端，1 个移动终端可以被多个邻近的 MEC 服务器覆盖。在移动边缘计算中，允许移动终端的用户将待计算任务整体卸载到与该移动终端邻近的 MEC 服务器，并由 MEC 服务器对待计算任务进行处理；也可以将待计算任务整体卸载到移动终端的本地处理器，如中央处理器（Central Processing Unit, CPU），并由本地处理器对待计算任务进行处理。如图 2 所示，若选择将待计算任务卸载到 MEC 服务器，则移动终端设备可以通过基站将待计算任务上传至 MEC 服务器，其中，基站用于提供无线覆盖，是移动终端接入互联网的接口设备，移动终端设备通过基站提供的无线信道，以将待计算任务上传至 MEC 服务器。

针对移动边缘计算系统中的任一移动终端，可以基于移动终端的本地处理器的基础数据以及待计算任务的数据大小确定第一时延开销以及第一能耗开销，其中，第一时延开销为若将待计算任务卸载至移动终端，移动终端处理待计算任务所需花费的时间；第一能耗开销为若将待计算任务卸载至移动终端，移动终端处理待计算任务产生的能耗。基于第一时延开销以及第一能耗开销，可以确定第一目标开销，第一目标开销可以表征若将待计算任务卸载至移动终端，移动终端进行处理所需的总体开销。示例性的，第一时延开销、第一能耗开销以及第一目标开销可以通过第一算法模型得到，第一算法模型可以部署在移动终端内部，在移动终端存在待计算任务的情况下，可以在移动终端利用第一算法模型进行开销计算。

步骤 102、针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销。

在本申请的一些实施例中，移动边缘计算系统中的服务器可以是 MEC 服务器，第二时延开销可以包括：若将待计算任务卸载至服务器，待计算任务上传至服务器的时间、服务器处理待计算任务所需花费的时间以及处理结果回传至移动终端的时间；第二能耗开销可以包

括：将待计算任务上传至服务器所产生的能耗以及移动终端等待服务器返回处理结果的闲置能耗。由于移动边缘计算中的服务器是付费使用的，因此需要基于服务器的收费价格，确定处理待计算任务所需要支付的费用，即第二成本开销。针对多个服务器中的任一服务器，获取该服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销，并确定第二目标开销。第二目标开销可以表征若将待计算任务卸载至该服务器所需的总体开销。示例性的，第二时延开销、第二能耗开销、第二成本开销以及第二目标开销可以通过第二算法模型得到，第二算法模型可以部署在移动终端内部，在移动终端存在待计算任务的情况下，可以在移动终端利用第一算法模型以及第二开销模型分别进行开销计算，评估两种卸载策略对应的开销情况。

步骤 103、基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于多个服务器。

在本申请的一些实施例中，基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，可以根据多个开销值的大小关系，确定待计算任务的卸载策略，即将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器，其中，可以根据实际需求从多个服务器中选择至少一个服务器作为目标服务器，具体选择方式本申请实施例对此不作限制。

可以理解的是，在本申请的一些实施例中的待计算任务为一个完整的计算任务，不可分割，因此，在本申请的一些实施例中的卸载策略是两种不同的卸载对象类型对应的不同卸载策略，即将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至服务器。这样，在前期判断过程中，对卸载对象的类型做出选择，不考虑具体卸载到哪个服务器，快速且简便的通过本申请实施例提供的方法进行初期判断，得到效益较高的初步卸载策略，后续可以基于该初步卸载策略进一步确定具体卸载方式。在确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器的情况下，具体卸载至多个服务器中的哪个服务器，可以根据实际需求进行选择，本申请实施例对此不作限制。

综上，本发明实施例中，通过获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销；第一目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销；针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销；基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于多个服务器。这样，通过确定第一目标开销以及多个第二目标开销，可以为用户提供卸载策略的决策支撑，并且结合不同卸载策略对应的预估开销，能够得到效益较高的卸载策略。同时，引入时延、能耗以及成本三种差异化的指标，确定第一目标开销以及第二目标开销，综合考虑移动边缘计算系统中任务卸载的时延开销、能耗开销和成本开销，优化卸载策略的决策依据，以使得第一目标开销以及第二目标开销的覆盖性更广泛且全面，进而使得卸载决策方法更加完善，提高了卸载决策的决策效果。

进一步地，本申请实施例是在面向用户的移动边缘计算场景中，对卸载决策策略预先进

行初步判断,即先确定是将待计算任务卸载到移动终端还是服务器,为移动终端的用户提供更实用的决策依据,相较于判断将待计算任务卸载到移动终端还是具体卸载到某一确定的服务器,本申请实施例提供的卸载方法确定过程相对简单,提高了卸载策略的确定过程的效率。

在本申请的一些实施例中,步骤 101 可以包括以下步骤:

步骤 201、获取移动终端执行待计算任务所需的本地处理器的运行周期数、本地处理器的处理器频率以及本地处理器的有效电容系数。

在本申请的一些实施例中,可以基于待计算任务的大小,以及单位比特的任务所需消耗的计算资源,确定待计算任务所需的处理器的运行周期数。示例性的,假设在一个多移动终端、多服务器的应用场景下,有 U 个移动终端,集合为 $U = \{1, 2, \dots, u, \dots, U\}$, 和 V 个服务器集合为 $V = \{1, 2, \dots, v, \dots, V\}$, 假设每个移动终端 u 都存在待计算任务,且每个待计算任务不可分割。待计算任务的大小可以表示为 d_u , 单位为比特 (bits)。单位比特的任务所需消耗的计算资源可以表示为 c_u , 也可表示为完成单位比特的任务所需要的 CPU 周期数, 单位为 cycles/bit, 则 $c_u d_u$ 可以表示待计算任务所需的处理器的运行周期数, 在将待计算任务卸载到移动终端进行处理的情况下, $c_u d_u$ 也可以表示移动终端执行待计算任务所需的本地处理器的运行周期数。获取本地处理器的处理器频率, 可以用 f_u 表示, 表征将待计算任务卸载到移动终端进行处理时处理器的计算能力。获取本地处理器的有效电容系数, 可以用 ρ 表示, 有效电容系数取决于移动终端中的 CPU 的结构, 不同 CPU 可以对应不同的有效电容系数。本地处理器的处理器频率以及有效电容系数可以通过本地处理器的标定参数获取。

步骤 202、基于第一预设公式、运行周期数以及处理器频率, 确定第一时延开销。

在本申请的一些实施例中, 可以通过第一算法模型基于运行周期数以及处理器频率, 根据第一预设公式计算第一时延开销。

$$t_u^l = \frac{c_u d_u}{f_u} \quad (\text{第一预设公式});$$

其中, t_u^l 表示第一时延开销, 即将待计算任务卸载至移动终端进行处理的处理时间, c_u 为单位比特的任务所需消耗的计算资源, d_u 为待计算任务的大小, f_u 为本地处理器的处理器频率。

步骤 203、基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数, 确定第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中, 可以通过第一算法模型基于运行周期数、处理器频率以及有效电容系数, 根据第二预设公式计算第一能耗开销。

$$E_u^l = \rho c_u d_u (f_u)^2 \quad (\text{第二预设公式});$$

其中, E_u^l 表示第一能耗开销, 即将待计算任务卸载至移动终端进行处理所产生的能耗, c_u 为单位比特的任务所需消耗的计算资源, d_u 为待计算任务的大小, ρ 为本地处理器的有效电容系数, $\rho (f_u)^2$ 表示将待计算任务卸载到移动终端执行时单位运行周期数产生的能耗。

本发明实施例中, 通过运行周期数、处理器频率以及有效电容系数分别计算第一时延开销以及第一能耗开销, 可以方便且快速的得到将待计算任务卸载到移动终端的时延开销以及能耗开销, 提高了决策效率。

在本申请的一些实施例中, 步骤 202 可以包括以下步骤:

步骤 301、预估服务器处理待计算任务时所需的处理时间, 作为目标处理时间, 并预估待计算任务上传至服务器的上传时间, 作为目标上传时间。

在本申请的一些实施例中，将待计算任务卸载至服务器的时延开销主要可以分为三部分：任务上传时间、任务处理时间、处理结果回传时间，由于处理结果的大小远小于待计算任务的大小，相应的，在数据传输速率一定的情况下，处理结果回传时间远小于任务上传时间，因此，可以忽略处理结果回传时间。预先估算将待计算任务上传至服务器的上传时间以及服务器处理待计算任务的处理时间。在本申请的一些，可以通过第二算法模型基于数据传输速率以及待计算任务的大小，根据下述公式确定待计算任务上传至服务器的上传时间 t_{uv}^{trans} 。

$$t_{uv}^{trans} = \frac{d_u}{r_{uv}};$$

其中， t_{uv}^{trans} 表示待计算任务上传至服务器的上传时间， d_u 为待计算任务的大小， r_{uv} 为将待计算任务卸载到服务器上执行的数据传输速率， r_{uv} 可以通过下述公式得到：

$$r_{uv} = B \log_2 \left(1 + \frac{P_{uv} h_{uv}}{\sigma^2} \right);$$

其中， P_{uv} 是移动终端与服务器进行任务传输的传输功率， h_{uv} 为无线信道增益， $h_{uv} = s_{uv}^\tau$ ， s_{uv} 是移动终端到服务器的距离， τ 为衰落因子。 σ^2 是数据传输时的高斯白噪声。可以理解的是，上述数据可以根据本领域的常用设定进行取值，例如： P_{uv} 可以根据具体移动终端设备配置得到功率，如 1W。 B 是移动终端到服务器的无线信道带宽，根据网络速度以及普遍设定范围而确定，比如 2-10MHz。 s_{uv} 可以在仿真环境中进行一定的距离设置，具体根据实际需要设置即可，比如 0.8km。 τ 衰落因子可以取值-4。 σ^2 高斯白噪声可以取值 1×10^{-13} 。

基于第二算法模型，根据待计算任务所需的处理器的运行周期数以及服务器分配给移动终端的计算资源，根据下述公式确定服务器处理待计算任务时所需的处理时间 t_{uv}^{proc} 。

$$t_{uv}^{proc} = \frac{c_u d_u}{f_{uv}};$$

其中， c_u 为单位比特的任务所需消耗的计算资源， d_u 为待计算任务的大小， f_{uv} 为服务器分配给移动终端的计算资源，即移动终端的待计算任务卸载至服务器的计算能力。

步骤 302、基于第三预设公式、目标处理时间以及目标上传时间，确定第二时延开销。

在本申请的一些实施例中，通过第二算法模型，基于目标处理时间以及目标上传时间，根据第三预设公式确定第二时延开销 t_{uv}^e 。

$$t_{uv}^e = t_{uv}^{trans} + t_{uv}^{proc} \quad (\text{第三预设公式});$$

在本申请的一些实施例中，基于目标处理时间以及目标上传时间，计算第二时延开销，可以使得第二时延开销表征的时延数据更加全面，有利于全面化的评估第二目标开销，以更加准确的确定卸载策略。

在本申请的一些实施例中，步骤 202 还可以包括以下步骤：

步骤 303、基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销；目标上传能耗为将待计算任务上传至服务器的预估能耗，目标闲置能耗为移动终端等待服务器处理待计算任务时的预估空闲能耗。

在本申请的一些实施例中，目标上传能耗可以通过移动终端将待计算任务上传给服务器的发射功率、待计算任务的大小以及将待计算任务卸载到服务器上执行的数据传输速率确定得到。目标闲置能耗可以通过移动终端等待服务器处理待计算任务时的预估闲置功率、待计算任务所需的处理器的运行周期数以及将待计算任务卸载到服务器上执行的数据传输速率确定得到。这样，通过第二算法模型，基于目标上传能耗以及目标闲置能耗，根据第四预设公式确定第二能耗开销 E_{uv}^e 。

$$E_{uv}^e = E_{uv}^{trans} + E_{uv}^{free} = P_{uv}^{trans} \frac{d_u}{r_{uv}} + P_u^{free} \frac{c_u d_u}{f_{uv}} \quad (\text{第四预设公式});$$

其中, E_{uv}^{trans} 表示目标上传能耗, P_{uv}^{trans} 表示移动终端将待计算任务上传给服务器的发射功率, d_u 为待计算任务的大小, r_{uv} 为将待计算任务卸载到服务器上执行的数据传输速率。 E_{uv}^{free} 表示目标闲置能耗, P_u^{free} 表示移动终端等待服务器处理待计算任务时的预估闲置功率, $c_u d_u$ 表示待计算任务所需的处理器的运行周期数, f_{uv} 为服务器分配给移动终端的计算资源。可以理解的是, P_{uv}^{trans} 以及 P_u^{free} 可以根据本领域的常用设定进行取值, 比如传输功率 P_{uv}^{trans} 可以设置为 1W, 闲置功率 P_u^{free} 可以设置为 $1 \times 10^{-5} W$ 。

步骤 304、基于第五预设公式、运行周期数以及单位运行周期数对应的使用费用, 确定第二成本开销。

在本申请的一些实施例中, 由于待计算任务大小一定, 因此, 完成待计算任务所需的处理器的运行周期数也是一定的, 因此, 通过第二算法模型, 基于待计算任务所需的处理器的运行周期数以及服务器单位运行周期数对应的使用费用, 根据第五预设公式确定第二成本开销 b_{uv} 。

$$b_{uv} = \beta_v c_u d_u \quad (\text{第五预设公式});$$

其中, β_v 表示服务器单位运行周期数对应的使用费用, 可以根据服务器的租用价格进行确定。 $c_u d_u$ 表示完成待计算任务所需的处理器的运行周期数。

在本申请的一些实施例中, 基于目标上传能耗以及目标闲置能耗, 确定第二能耗开销, 在目标上传能耗的基础上考虑了目标闲置能耗, 使得第二能耗开销表征的能耗数据更加全面, 有利于全面化的评估第二目标开销, 以更加准确的确定卸载策略。

在本申请的一些实施例中, 在步骤 202 之后, 本申请实施例还可以包括以下步骤:

步骤 401、在第一时间延开销大于预设时延阈值的情况下, 直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

在本申请的一些实施例中, 预设时延阈值可以是根据用户的时延需求进行设定, 在第一时间延开销大于预设时延阈值的情况下, 表征第一时间延开销已经超过用户所能接收的最大容忍时延, 此时可以确定若将待计算任务卸载至移动终端, 移动终端的处理时间不满足用户需求, 因此, 可以直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载目标至服务器。

在本申请的一些实施例中, 在第一时间延开销大于预设时延阈值的情况下, 表征第一时间延开销已经超过用户所能接收的最大容忍时延, 直接确定卸载策略可以一定程度上节省确定卸载策略所花费的时间。

在本申请的一些实施例中, 步骤 203 可以包括:

步骤 402、在第一时间延开销不大于预设时延阈值的情况下, 基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数, 确定第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中, 在第一时间延开销不大于预设时延阈值, 即第一时间延开销小于等于预设时延阈值的情况下, 表征第一时间延开销并未达到用户所能接收的最大容忍时延, 因此, 可以继续计算第一能耗开销, 以基于第一目标开销进行后续卸载策略的确定。

也就是说, 第一目标开销的计算包括约束条件 $\text{St. } t_u^1 \leq t_u^{\max}$, 即第一时间延开销 t_u^1 不大于预设时延阈值 $t_u^{\max}$ 的情况下, 计算第一目标开销以进行后续判断, 否则, 直接将卸载策略确定为将待计算任务卸载至目标服务器。

在本申请的一些实施例中, 通过对第一时间延开销以及预设时延阈值进行比较, 可以根据

用户的实际需求，确定相应的卸载策略，并且在第一时延开销大于预设时延阈值的情况下，直接确定卸载策略，节省了后续的计算过程，一定程度上提高了卸载策略的确定效率。

在本申请的一些实施例中，步骤 303 可以包括以下步骤：

步骤 501、在第二时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销。

在本申请的一些实施例中，在第二时延开销不大于预设时延阈值，即第二时延开销小于等于预设时延阈值的情况下，表征第二时延开销并未达到用户所能接收的最大容忍时延，因此，可以继续计算第二能耗开销，以进行后续卸载策略的确定。相应的，在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销。这样，通过对第二时延开销以及预设时延阈值进行比较，可以根据用户的实际需求，确定相应的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，本申请实施例可以包括以下步骤：

步骤 601、在第二时延开销大于预设时延阈值或第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，在第二时延开销大于预设时延阈值或第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，表征将待计算任务卸载至服务器的第二时延开销已经超过用户所能接收的最大容忍时延，或将待计算任务卸载至服务器的第二成本开销已经超过用户所能接收的最大成本阈值，此时可以确定若将待计算任务卸载至服务器，不能满足用户需求，因此，可以直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。这样，通过比较第二时延开销以及预设时延阈值、第二成本开销以及预设成本阈值，可以在第二时延开销大于预设时延阈值或第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，直接确定卸载策略，节省了后续的计算过程，一定程度上提高了卸载策略的确定效率。

在本申请的一些实施例中，本申请实施例还可以包括以下步骤：

步骤 701、预先设置时延权重系数以及能耗权重系数。

在本申请的一些实施例中，用户可以根据自身任务需求，自行预先设置时延开销以及能耗开销各自对应的权重系数：时延权重系数以及能耗权重系数，通过对时延权重系数以及能耗权重系数的设定，可以表征用户对于各项指标的不同重视程度和要求。相应的，时延权重系数以及能耗权重系数以及成本权重系数数值可以衡量用户对于不同类型的指标的重视程度以及要求。

相应的，步骤 101 还可以包括以下步骤：

步骤 702、基于第六预设公式、时延权重系数与第一时延开销的乘积，以及能耗权重系数与第一能耗开销的乘积，确定第一目标开销。

在本申请的一些实施例中，基于时延权重系数与第一时延开销的乘积以及能耗权重系数与第一能耗开销的乘积，第一目标开销 S_u^1 可以通过第六预设公式得到。

$$S_u^1 = \alpha_1 t_u^1 + \alpha_2 E_u^1 = \alpha_1 \frac{c_u d_u}{f_u} + \alpha_2 \rho c_u d_u (f_u)^2 \quad (\text{第六预设公式});$$

其中， α_1 可以表示时延权重系数， α_2 可以表示能耗权重系数。

在本申请的一些实施例中，通过时延权重系数与第一时延开销的乘积以及能耗权重系数与第一能耗开销的乘积，可以使得第一目标开销一定程度上能够体现用户的偏好，为确定卸载策略提供了基础。

在本申请的一些实施例中，本申请实施例还可以包括以下步骤：

步骤 703、预先设置成本权重系数。

在本申请的一些实施例中，用户可以根据自身任务需求，自行预先设置成本开销对应的成本权重系数，其中，时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数之和应为 1。即，用 α_1 、 α_2 和 α_3 分别表示时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数，则 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ 。通过调整时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数数值的大小，相当于调整时延、能耗、成本三项指标的优先级以及重要程度，具体可以取决于用户对时延敏感程度、能耗约束以及期望成本的偏好。

相应的，步骤 102 还可以包括以下步骤：

步骤 704、基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，基于时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，第二目标开销 S_u^e 可以通过第七预设公式得到。

$$S_u^e = \alpha_1 t_{uv}^e + \alpha_2 E_{uv}^e + \alpha_3 b_{uv} \\ = \alpha_1 \left(\frac{d_u}{r_{uv}} + \frac{c_u d_u}{f_{uv}} \right) + \alpha_2 \left(p_{uv}^{\text{trans}} \frac{d_u}{r_{uv}} + p_u^{\text{free}} \frac{c_u d_u}{f_{uv}} \right) + \alpha_3 \beta_v c_u d_u \quad (\text{第七预设公式});$$

其中，针对移动边缘计算系统中的任一移动终端，利用第六预设公式与第七预设公式计算时各权重系数的取值是相同的，针对移动边缘计算系统中的不同移动终端，其对应的各权重系数的取值可以根据移动终端的用户的需求自行设定，即不同移动终端对应的各权重系数可以是不同的。

在本申请的一些实施例中，针对用户对不同指标的重视程度，通过设置时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数，可以满足不同移动终端用户的差异化指标偏好，并且提高了权重系数设置的灵活性，使得第一目标开销以及第二目标开销的数值更贴近用户偏好，进而做出更有利的卸载决策。

在本申请的一些实施例中，步骤 704 可以包括以下步骤：

步骤 801、在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，表征第二成本开销并未达到用户所能接收的预设成本阈值，则可以基于时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销。这样，一定程度上可以在满足用户的成本阈值的基础上，确定相应的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，步骤 103 可以包括以下步骤：

步骤 901、基于多个服务器对应的多个第二目标开销，确定多个第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

在本申请的一些实施例中，本申请实施例还包括以下步骤：

步骤 1001、将第二目标开销记录至移动终端对应的目标决策列表。

在本申请的一些实施例中，针对多个服务器中的任一服务器，将通过步骤 301-304、501、

601 以及步骤 801 计算得到的第二目标开销，确定为该服务器对应的第二目标开销并记录到该移动终端对应的目标决策列表中。其中，目标决策列表可以表征移动终端的卸载决策偏好列表。目标决策列表中第二目标开销的数量小于等于移动边缘计算系统中服务器的数量。

相应的，步骤 901 可以包括以下步骤：

步骤 1002、在多个服务器对应的第二目标开销均记录完毕的情况下，获取目标决策列表中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

在本申请的一些实施例中，在多个服务器中的任一服务器均已执行步骤 301-304、501、601 以及步骤 801 后，将目标决策列表中的数据按照第二目标开销的大小进行排列。从目标决策列表中获取数值最小的第二目标开销，并将其确定为最小目标开销。

在本申请的一些实施例中，通过将第二目标开销记录至目标决策列表，可以便于从多个第二目标开销中确定最小目标开销，一定程度上提高了确定最小目标开销的效率。

在本申请的一些实施例中，服务器向移动终端分配计算资源需要保证分配给不同移动终端的计算资源之和小于等于服务器的最大计算能力。因此，在移动终端得到卸载偏好列表中的多个第二目标开销的情况下，向数值最小的第二目标开销对应的服务器发送一个请求信息，该请求信息应携带需要向该移动终端分配的計算资源大小，服务器接收请求信息后，可以根据自身服务器当前计算能力进行判断，若能够向移动终端提供相应的计算资源，则向移动终端返回同意请求信息并基于需要向该移动终端分配的計算资源大小调整服务器自身的当前计算能力，则此时移动终端可以将该数值最小的第二目标开销确定为最小目标开销；若服务器的当前计算能力不能满足需要向移动终端提供相应的计算资源，则向移动终端返回拒绝请求信息，移动终端接收到该拒绝请求信息后，表征数值最小的第二目标开销对应的服务器已经无法承担相应的卸载计算任务，因此可以将卸载偏好列表中该服务器对应的第二目标开销剔除，并基于剔除后的卸载偏好列表中数值最小的第二目标开销对应的服务器重复上述操作，直至确定出符合预设条件的最小目标开销（预设条件为最小目标开销对应的服务器可以承担该移动终端的卸载计算任务）。也即，在确定最小目标开销的过程中存在一约束条件： $\sum_{u=1}^U f_{uv} \leq f_v^{max}$ ，表征针对任一服务器，向移动终端分配的計算资源不可超过服务器的全部计算能力。其中， f_v^{max} 表示服务器的最大计算能力。

步骤 902、基于最小目标开销以及第一目标开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，步骤 902 可以包括以下步骤：

步骤 9021、若最小目标开销小于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

在本申请的一些实施例中，若最小目标开销小于第一目标开销，表征将待计算任务卸载至服务器的开销小于将待计算任务卸载至移动终端的开销，即将待计算任务卸载至服务器的开销最小，系统效益最大，则可以确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

步骤 9022、若最小目标开销大于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，若最小目标开销大于第一目标开销，表征将待计算任务卸载至服务器的开销大于将待计算任务卸载至移动终端的开销，即将待计算任务卸载至移动终端的开销最小，系统效益最大，则可以确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动

终端。

在本申请的一些实施例中，确定最小目标开销，可以模拟得到若将待计算任务卸载至服务器所产生的最小开销，进而基于最小目标开销以及第一目标开销的比较，可以进一步确定开销最小且处理性能相对稳定的卸载策略，一定程度上提高了待计算任务的处理效率。

在本申请的一些实施例中，在最小目标开销等于第一目标开销的情况下，步骤 902 还可以包括以下步骤：

步骤 9023、若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中时延权重系数的数值最大，则基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，在最小目标开销等于第一目标开销的情况下，表征将待计算任务卸载至服务器的开销与将待计算任务卸载至移动终端的开销相同，可以基于时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数的数值大小进一步确定卸载策略，若时延权重系数的数值最大，表征用户对时延指标更为重视且对时延的敏感程度更高，在这种情况下，可以基于时延权重系数对应的时延指标，即第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销的大小，确定待计算任务的卸载策略。由于第二目标开销是基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销得到的，因此，每个第二目标开销都会存在其对应的第二时延开销，并且，由于最小目标开销是从多个第二目标开销中确定的，相应的，最小目标开销也存在其对应的第二时延开销，也即，最小目标开销对应的第二时延开销为计算最小目标开销时所使用的第二时延开销。

在本申请的一些实施例中，步骤 9023 可以包括以下步骤：

步骤 9023a、若第一时延开销大于最小目标开销对应的第二时延开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

步骤 9023b、若第一时延开销小于最小目标开销对应的第二时延开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

步骤 9023c、若第一时延开销等于最小目标开销对应的第二时延开销，则基于最小目标开销对应的第二能耗开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，在第一时延开销小于最小目标开销对应的第二时延开销的情况下，将待计算任务的卸载策略确定为将待计算任务卸载至移动终端；在第一时延开销大于最小目标开销对应的第二时延开销的情况下，将待计算任务的卸载策略确定为将待计算任务卸载至目标服务器；在第一时延开销等于最小目标开销对应的第二时延开销的情况下，基于最小目标开销对应的第二能耗开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略，即在数值最大的权重系数对应的指标数值相同的情况下，可以基于数值第二大的权重系数对应的指标数值的大小进行卸载策略的确定，直至确定出最优卸载策略。

在本申请的一些实施例中，可以确定能耗权重系数以及成本权重系数中数值最大的权重系数，若能耗权重系数的数值最大，则基于第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略；若成本权重系数的数值最大，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。示例性的，若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数的数值大小排序为：时延权重系数 > 能耗权重系数 > 成本权重系数，则在第一时延开销等于最小目标开销对应的第二时延开销的情况下，基于第一能耗

开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略，具体步骤可以参考 9024a-9024c；若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数的数值大小排序为：时延权重系数>成本权重系数>能耗权重系数，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

步骤 9024、若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中能耗权重系数的数值最大，则基于第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，若能耗权重系数的数值最大，表征用户对能耗指标更为重视且对能耗的敏感程度更高，在这种情况下，可以基于能耗权重系数对应的能耗指标，即第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销的大小，确定待计算任务的卸载策略。由于第二目标开销是基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销得到的，因此，每个第二目标开销都会存在其对应的第二能耗开销，并且，由于最小目标开销是从多个第二目标开销中确定的，相应的，最小目标开销也存在其对应的第二能耗开销，也即，最小目标开销对应的第二能耗开销为计算最小目标开销时所使用的第二能耗开销。

在本申请的一些实施例中，步骤 9024 可以包括以下步骤：

步骤 9024a、若第一能耗开销大于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

步骤 9024b、若第一能耗开销小于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

步骤 9024c、若第一能耗开销等于最小目标开销对应的第二能耗开销，则基于最小目标开销对应的第二时延开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，在第一能耗开销小于最小目标开销对应的第二能耗开销的情况下，将待计算任务的卸载策略确定为将待计算任务卸载至移动终端；在第一能耗开销大于最小目标开销对应的第二能耗开销的情况下，将待计算任务的卸载策略确定为将待计算任务卸载至目标服务器。在第一能耗开销等于最小目标开销对应的第二能耗开销的情况下，基于最小目标开销对应的第二时延开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略，即在数值最大的权重系数对应的指标数值相同的情况下，可以基于数值第二大的权重系数对应的指标数值的大小进行卸载策略的确定，直至确定出最优卸载策略。

在本申请的一些实施例中，可以确定时延权重系数以及成本权重系数中数值最大的权重系数，若时延权重系数的数值最大，则基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略；若成本权重系数的数值最大，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。示例性的，若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数的数值大小排序为：能耗权重系数>时延权重系数>成本权重系数，则在第一能耗开销等于最小目标开销对应的第二能耗开销的情况下，基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略，具体步骤可以参考 9023a-9023c；若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数的数值大小排序为：能耗权重系数>成本权重系数>时延权重系数，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

步骤 9025、若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中成本权重系数的数值

最大，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，若成本权重系数的数值最大，表征用户对成本指标更为重视且对成本的敏感程度更高，在这种情况下，可以基于成本权重系数对应的成本指标，确定待计算任务的卸载策略。在这种情况下，由于将待计算任务卸载至移动终端的成本开销为 0，则可以直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，通过权重系数所表征的用户偏好信息，在最小目标开销等于第一目标开销的情况下，基于数值最大的权重系数对应的指标值，进一步判断卸载策略，以为不同需求的用户提供个性化且灵活化的判断依据。

如图 3 所示，图 3 示出了一种针对移动边缘计算的任务卸载方法的具体流程图，针对 n 个移动终端 1、2……、 n 中的任一移动终端，均通过第一算法模型确定第一时延开销以及第一能耗开销，在第一时延开销大于预设时延阈值的情况下，确定卸载策略为将待计算任务卸载到目标服务器。在第一时延开销不大于预设时延阈值的情况下，确定第一能耗开销。通过第二算法模型确定第二时延开销，在第二时延开销大于预设时延阈值的情况下，确定卸载策略为将待计算任务卸载到移动终端，在第二时延开销不大于预设时延阈值的情况下，确定第二能耗开销以及第二成本开销，并在第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，确定卸载策略为将待计算任务卸载到移动终端，在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，确定第二目标开销。基于第一时延开销以及第一能耗开销，确定第一目标开销。针对多个服务器对应的第二目标开销，从中确定出最小目标开销，在第一目标开销小于最小目标开销的情况下，将卸载策略确定为将待计算任务卸载至移动终端；在第一目标开销大于最小目标开销的情况下，将卸载策略确定为将待计算任务卸载至目标服务器。

图 4 是本申请实施例提供的一种针对移动边缘计算的任务卸载装置的结构图，该装置 110 可以包括：

第一获取模块 1101，用于获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于第一时延开销以及第一能耗开销确定第一目标开销；第一目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销。

第二获取模块 1102，用于针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销。

第一确定模块 1103，用于基于第一目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于多个服务器。

在本申请的一些实施例中，第一获取模块 1101 包括：

第一获取子模块，用于获取移动终端执行待计算任务所需的本地处理器的运行周期数、本地处理器的处理器频率以及本地处理器的有效电容系数。

第二确定模块，用于基于第一预设公式、运行周期数以及处理器频率，确定第一时延开销；

其中，第一预设公式为： $t_u^l = \frac{c_u d_u}{f_u}$ ， $c_u d_u$ 表示运行周期数， f_u 表示处理器频率， t_u^l 表示第一时延开销。

第三确定模块，用于基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销；

其中，第二预设公式为： $E_u^l = \rho c_u d_u (f_u)^2$ ， ρ 表示有效电容系数， E_u^l 表示第一能耗开销。在本申请的一些实施例中，第二获取模块 1102 包括：

第一预估模块，用于预估服务器处理待计算任务时所需的处理时间，作为目标处理时间，并预估待计算任务上传至服务器的上传时间，作为目标上传时间。

第四确定模块，用于基于第三预设公式、目标处理时间以及目标上传时间，确定第二时延开销；

其中，第三预设公式为： $t_{uv}^e = t_{uv}^{trans} + t_{uv}^{proc}$ ， t_{uv}^{proc} 表示目标处理时间， t_{uv}^{trans} 表示目标上传时间， t_{uv}^e 表示第二时延开销。

在本申请的一些实施例中，第二获取模块 1102 包括：

第五确定模块，用于基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销；

其中，第四预设公式为： $E_{uv}^e = E_{uv}^{trans} + E_{uv}^{free}$ ， E_{uv}^{trans} 表示目标上传能耗， E_{uv}^{free} 表示目标闲置能耗， E_{uv}^e 表示第二能耗开销；目标上传能耗为将待计算任务上传至服务器的预估能耗，目标闲置能耗为移动终端等待服务器处理待计算任务时的预估空闲能耗。

第六确定模块，用于基于第五预设公式、运行周期数以及单位运行周期数对应的使用费用，确定第二成本开销；

其中，第五预设公式为： $b_{uv} = \beta_v c_u d_u$ ， β_v 表示单位运行周期数对应的使用费用。

在本申请的一些实施例中，装置 110 还包括：

第七确定模块，用于在第一时间延开销大于预设时延阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

在本申请的一些实施例中，第三确定模块，包括：

第三确定子模块，用于在第一时间延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第二预设公式、运行周期数、处理器频率以及有效电容系数，确定第一能耗开销。

在本申请的一些实施例中，第五确定模块，包括：

第四确定子模块，用于在第二时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定第二能耗开销。

在本申请的一些实施例中，装置 110 还包括：

第五确定子模块，用于在第二时延开销大于预设时延阈值或第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，装置 110 还包括：

第一设置模块，用于预先设置时延权重系数以及能耗权重系数。

第一获取模块 1101，包括：

第六确定子模块，用于基于第六预设公式、时延权重系数与第一时间延开销的乘积，以及能耗权重系数与第一能耗开销的乘积，确定第一目标开销；

其中，第六预设公式为： $S_u^l = \alpha_1 t_u^l + \alpha_2 E_u^l$ ， α_1 表示时延权重系数， t_u^l 表示第一时间延开销， α_2 表示能耗权重系数， E_u^l 表示第一能耗开销， S_u^l 表示第一目标开销。

在本申请的一些实施例中，装置 110 还包括：

第二设置模块，用于预先设置成本权重系数。

第二获取模块 1102，包括：

第七确定子模块，用于基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销；

其中，第七预设公式为： $S_u^e = \alpha_1 t_{uv}^e + \alpha_2 E_{uv}^e + \alpha_3 b_{uv}$ ， α_1 表示时延权重系数， t_{uv}^e 表示第二时延开销， α_2 表示能耗权重系数， E_{uv}^e 表示第二能耗开销， α_3 表示成本权重系数， b_{uv} 表示第二成本开销， S_u^e 表示第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，第七确定子模块，包括：

第八确定子模块，用于在第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，基于第七预设公式、时延权重系数与第二时延开销的乘积、能耗权重系数与第二能耗开销的乘积，以及成本权重系数与第二成本开销的乘积，确定第二目标开销。

在本申请的一些实施例中，第一确定模块 1103，包括：

第九确定子模块，用于基于多个服务器对应的多个第二目标开销，确定多个第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

第十确定子模块，用于基于最小目标开销以及第一目标开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，装置 110 包括：

第一记录模块，用于将第二目标开销记录至移动终端对应的目标决策列表；

第九确定子模块，包括：

第二获取子模块，用于在多个服务器对应的第二目标开销均记录完毕的情况下，获取目标决策列表中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

在本申请的一些实施例中，第十确定子模块，包括：

第十一确定子模块，用于若最小目标开销小于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器；

第十二确定子模块，用于若最小目标开销大于第一目标开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，在最小目标开销等于第一目标开销的情况下，第十确定子模块，还包括：

第十三确定子模块，用于若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中时延权重系数的数值最大，则基于第一时延开销以及最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略。

第十四确定子模块，用于若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中能耗权重系数的数值最大，则基于第一能耗开销以及最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定待计算任务的卸载策略。

第十五确定子模块，用于若时延权重系数、能耗权重系数以及成本权重系数中成本权重系数的数值最大，则直接确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

在本申请的一些实施例中，第十三确定子模块，包括：

第十六确定子模块，用于若第一时延开销大于最小目标开销对应的第二时延开销，则确

定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

第十七确定子模块，用于若第一时延开销小于最小目标开销对应的第二时延开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

第十八确定子模块，用于若第一时延开销等于最小目标开销对应的第二时延开销，则基于最小目标开销对应的第二能耗开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

在本申请的一些实施例中，第十四确定子模块，包括：

第十九确定子模块，用于若第一能耗开销大于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至目标服务器。

第二十确定子模块，用于若第一能耗开销小于最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定待计算任务的卸载策略为将待计算任务卸载至移动终端。

第二十一确定子模块，用于若第一能耗开销等于最小目标开销对应的第二能耗开销，则基于最小目标开销对应的第二时延开销或最小目标开销对应的第二成本开销，确定待计算任务的卸载策略。

综上，本申请实施例提供的针对移动边缘计算的任务卸载装置，通过获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第二时延开销以及第二能耗开销，并基于第二时延开销以及第二能耗开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至移动终端的预估开销；针对移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取服务器处理待计算任务时所需的第二时延开销、第二能耗开销以及第二成本开销，并基于第二时延开销，以及获取服务器处理待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销确定第二目标开销；第二目标开销用于表征将待计算任务卸载至服务器的预估开销；基于第二目标开销以及多个服务器对应的多个第二目标开销，确定待计算任务的卸载策略；卸载策略包括将待计算任务卸载至移动终端或将待计算任务卸载至目标服务器；目标服务器属于服务器。这样，通过确定第二目标开销以及多个第二目标开销，可以为用户提供卸载策略的决策支撑，并且结合不同卸载策略对应的边缘计算服务的预估开销，能够得到效益较高的卸载策略。同时，引入时延、能耗以及成本三种差异化的指标，确定第二目标开销以及第二目标开销，综合考虑移动边缘计算系统中任务卸载的时延开销、能耗开销和成本开销，优化卸载策略的决策依据，以使得第二目标开销以及第二目标开销的覆盖性更广泛且全面，进而使得卸载决策方法更加完善，提高了待计算任务的卸载决策的决策效果。

本申请还提供了一种电子设备，参见图 5，包括：处理器 1201、存储器 1202 以及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序 1201，处理器执行程序时实现前述实施例的针对移动边缘计算的任务卸载方法。

本申请还提供了一种非易失性可读存储介质，当存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时，使得电子设备能够执行前述实施例的针对移动边缘计算的任务卸载方法。

对于装置实施例而言，由于其与方法实施例基本相似，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

在此提供的算法和显示不与任何特定计算机、虚拟系统或者其它设备固有相关。各种通用系统也可以与基于在此的示教一起使用。根据上面的描述，构造这类系统所要求的结构是显而易见的。此外，本申请也不针对任何特定编程语言。应当明白，可以利用各种编程语言

实现在此描述的本申请的内容，并且上面对特定语言所做的描述是为了披露本申请的最佳实施方式。

在此处所提供的说明书中，说明了大量具体细节。然而，能够理解，本申请的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中，并未详细示出公知的方法、结构和技术，以便不模糊对本说明书的理解。

类似地，应当理解，为了精简本申请并帮助理解各个发明方面中的一个或多个，在上面对本申请的示例性实施例的描述中，本申请的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而，并不应将该公开的方法解释成反映如下意图：即所要求保护的本申请要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说，如下面的权利要求书所反映的那样，发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此，遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式，其中每个权利要求本身都作为本申请的单独实施例。

本领域那些技术人员可以理解，可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件，以及此外可以把它分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外，可以采用任何组合对本说明书（包括伴随的权利要求、摘要和附图）中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述，本说明书（包括伴随的权利要求、摘要和附图）中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

本申请的各个部件实施例可以以硬件实现，或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现，或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解，可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器（DSP）来实现根据本申请的排序设备中的一些或者全部部件的一些或者全部功能。本申请还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的设备或者装置程序。这样的实现本申请的程序可以存储在计算机可读介质上，或者可以具有一个或者多个信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下载得到，或者在载体信号上提供，或者以任何其他形式提供。

应该注意的是上述实施例对本申请进行说明而不是对本申请进行限制，并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中，不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本申请可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中，这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

以上仅为本申请的一些实施例而已，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

以上，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请

的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种针对移动边缘计算的任务卸载方法，其特征在于，所述方法包括：

获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，并基于所述第一时延开销以及所述第一能耗开销确定第一目标开销；所述第一目标开销用于表征将所述待计算任务卸载至所述移动终端的预估开销；

针对所述移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取所述服务器处理所述待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取所述服务器处理所述待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于所述第二时延开销、所述第二能耗开销以及所述第二成本开销确定第二目标开销；所述第二目标开销用于表征将所述待计算任务卸载至所述服务器的预估开销；

基于所述第一目标开销以及所述多个服务器对应的多个所述第二目标开销，确定所述待计算任务的卸载策略；所述卸载策略包括将所述待计算任务卸载至所述移动终端或将所述待计算任务卸载至目标服务器；所述目标服务器属于所述多个服务器。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的第一时延开销以及第一能耗开销，包括：

获取所述移动终端执行所述待计算任务所需的本地处理器的运行周期数、所述本地处理器的处理器频率以及所述本地处理器的有效电容系数；

基于第一预设公式、所述运行周期数以及所述处理器频率，确定所述第一时延开销；

其中，所述第一预设公式为： $t_u^l = \frac{c_u d_u}{f_u}$ ， $c_u d_u$ 表示所述运行周期数， f_u 表示所述处理器频率， t_u^l 表示所述第一时延开销；

基于第二预设公式、所述运行周期数、所述处理器频率以及所述有效电容系数，确定所述第一能耗开销；

其中，所述第二预设公式为： $E_u^l = \rho c_u d_u (f_u)^2$ ， ρ 表示所述有效电容系数， E_u^l 表示所述第一能耗开销。

3. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述获取所述服务器处理所述待计算任务时所需的第二时延开销，包括：

预估所述服务器处理所述待计算任务时所需的处理时间，作为目标处理时间，并预估所述待计算任务上传至所述服务器的上传时间，作为目标上传时间；

基于第三预设公式、所述目标处理时间以及所述目标上传时间，确定所述第二时延开销；

其中，所述第三预设公式为： $t_{uv}^e = t_{uv}^{trans} + t_{uv}^{proc}$ ， t_{uv}^{proc} 表示所述目标处理时间， t_{uv}^{trans} 表示所述目标上传时间， t_{uv}^e 表示所述第二时延开销。

4. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述获取所述服务器处理所述待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，包括：

基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定所述第二能耗开销；

其中，所述第四预设公式为： $E_{uv}^e = E_{uv}^{trans} + E_{uv}^{free}$ ， E_{uv}^{trans} 表示所述目标上传能耗， E_{uv}^{free} 表示所述目标闲置能耗， E_{uv}^e 表示所述第二能耗开销；

所述目标上传能耗为将所述待计算任务上传至所述服务器的预估能耗，所述目标闲置能耗为所述移动终端等待所述服务器处理所述待计算任务时的预估空闲能耗；

基于第五预设公式、所述运行周期数以及单位运行周期数对应的使用费用，确定所述第二成本开销；

其中，所述第五预设公式为： $b_{uv} = \beta_v c_u d_u$ ， β_v 表示所述单位运行周期数对应的使用费用。

5. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，在所述基于第一预设公式、所述运行周期数以及所述处理器频率，确定所述第一时延开销之后，所述方法包括：

在所述第一时延开销大于预设时延阈值的情况下，直接确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至目标服务器。

6. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述基于第二预设公式、所述运行周期数、所述处理器频率以及所述有效电容系数，确定所述第一能耗开销，包括：

在所述第一时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第二预设公式、所述运行周期数、所述处理器频率以及所述有效电容系数，确定所述第一能耗开销。

7. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定所述第二能耗开销，包括：

在所述第二时延开销不大于预设时延阈值的情况下，基于第四预设公式、目标上传能耗以及目标闲置能耗，确定所述第二能耗开销。

8. 根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在所述第二时延开销大于所述预设时延阈值或所述第二成本开销大于预设成本阈值的情况下，直接确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至所述移动终端。

9. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

预先设置时延权重系数以及能耗权重系数；

所述基于所述第一时延开销以及所述第一能耗开销确定第一目标开销，包括：

基于第六预设公式、所述时延权重系数与所述第一时延开销的乘积，以及所述能耗权重系数与所述第一能耗开销的乘积，确定所述第一目标开销；

其中，所述第六预设公式为： $S_u^l = \alpha_1 t_u^l + \alpha_2 E_u^l$ ， α_1 表示所述时延权重系数， t_u^l 表示所述第一时延开销， α_2 表示所述能耗权重系数， E_u^l 表示所述第一能耗开销， S_u^l 表示所述第一目标开销。

10. 根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

预先设置成本权重系数；

所述基于所述第二时延开销、所述第二能耗开销以及所述第二成本开销确定第二目标开销，包括：

基于第七预设公式、所述时延权重系数与所述第二时延开销的乘积、所述能耗权重系数与所述第二能耗开销的乘积，以及所述成本权重系数与所述第二成本开销的乘积，确定所述第二目标开销；

其中，所述第七预设公式为： $S_{uv}^e = \alpha_1 t_{uv}^e + \alpha_2 E_{uv}^e + \alpha_3 b_{uv}$ ， α_1 表示所述时延权重系数， t_{uv}^e 表示所述第二时延开销， α_2 表示所述能耗权重系数， E_{uv}^e 表示所述第二能耗开销， α_3 表示所述成本权重系数， b_{uv} 表示所述第二成本开销， S_{uv}^e 表示所述第二目标开销。

11. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，所述基于第七预设公式、所述时延权重系数与所述第二时延开销的乘积、所述能耗权重系数与所述第二能耗开销的乘积，

以及所述成本权重系数与所述第二成本开销的乘积，确定所述第二目标开销，包括：

在所述第二成本开销不大于预设成本阈值的情况下，基于第七预设公式、所述时延权重系数与所述第二时延开销的乘积、所述能耗权重系数与所述第二能耗开销的乘积，以及所述成本权重系数与所述第二成本开销的乘积，确定所述第二目标开销。

12. 根据权利要求10或11所述的方法，其特征在于，所述基于所述第一目标开销以及所述多个服务器对应的多个所述第二目标开销，确定所述待计算任务的卸载策略，包括：

基于所述多个服务器对应的多个所述第二目标开销，确定多个所述第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销；

基于所述最小目标开销以及所述第一目标开销，确定所述待计算任务的卸载策略。

13. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，在所述基于所述第二时延开销、所述第二能耗开销以及所述第二成本开销确定第二目标开销之后，所述方法包括：

将所述第二目标开销记录至所述移动终端对应的目标决策列表；

所述基于所述多个服务器对应的多个所述第二目标开销，确定多个所述第二目标开销中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销，包括：

在所述多个服务器对应的第二目标开销均记录完毕的情况下，获取所述目标决策列表中数值最小的第二目标开销，作为最小目标开销。

14. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，所述基于所述最小目标开销以及所述第一目标开销，确定所述待计算任务的卸载策略，包括：

若所述最小目标开销小于所述第一目标开销，则确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至目标服务器；

若所述最小目标开销大于所述第一目标开销，则确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至所述移动终端。

15. 根据权利要求14所述的方法，其特征在于，在所述最小目标开销等于所述第一目标开销的情况下，所述基于所述最小目标开销以及所述第一目标开销，确定所述待计算任务的卸载策略，还包括：

若所述时延权重系数、所述能耗权重系数以及所述成本权重系数中时延权重系数的数值最大，则基于所述第一时延开销以及所述最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定所述待计算任务的卸载策略；

若所述时延权重系数、所述能耗权重系数以及所述成本权重系数中能耗权重系数的数值最大，则基于所述第一能耗开销以及所述最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定所述待计算任务的卸载策略；

若所述时延权重系数、所述能耗权重系数以及所述成本权重系数中成本权重系数的数值最大，则直接确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至所述移动终端。

16. 根据权利要求15所述的方法，其特征在于，所述基于所述第一时延开销以及所述最小目标开销对应的第二时延开销之间的大小关系，确定所述待计算任务的卸载策略，包括：

若所述第一时延开销大于所述最小目标开销对应的第二时延开销，则确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至目标服务器；

若所述第一时延开销小于所述最小目标开销对应的第二时延开销，则确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至所述移动终端；

若所述第一时延开销等于所述最小目标开销对应的第二时延开销，则基于所述最小目标开销对应的第二能耗开销或所述最小目标开销对应的第二成本开销，确定所述待计算任务的卸载策略。

17. 根据权利要求 15 所述的方法，其特征在于，所述基于所述第一能耗开销以及所述最小目标开销对应的第二能耗开销之间的大小关系，确定所述待计算任务的卸载策略，包括：

若所述第一能耗开销大于所述最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至目标服务器；

若所述第一能耗开销小于所述最小目标开销对应的第二能耗开销，则确定所述待计算任务的卸载策略为将所述待计算任务卸载至所述移动终端；

若所述第一能耗开销等于所述最小目标开销对应的第二能耗开销，则基于所述最小目标开销对应的第二时延开销或所述最小目标开销对应的第二成本开销，确定所述待计算任务的卸载策略。

18. 一种针对移动边缘计算的任务卸载装置，其特征在于，所述装置包括：

第一获取模块，用于获取移动边缘计算系统中的移动终端处理待计算任务时所需的所述第一时延开销以及第一能耗开销，并基于所述第一时延开销以及所述第一能耗开销确定第一目标开销；所述第一目标开销用于表征将所述待计算任务卸载至所述移动终端的预估开销；

第二获取模块，用于针对所述移动边缘计算系统包含的多个服务器中的任一服务器，获取所述服务器处理所述待计算任务时所需的第二时延开销，以及获取所述服务器处理所述待计算任务时所需的第二能耗开销以及第二成本开销，并基于所述第二时延开销、所述第二能耗开销以及所述第二成本开销确定第二目标开销；所述第二目标开销用于表征将所述待计算任务卸载至所述服务器的预估开销；

第一确定模块，用于基于所述第一目标开销以及所述多个服务器对应的多个所述第二目标开销，确定所述待计算任务的卸载策略；所述卸载策略包括将所述待计算任务卸载至所述移动终端或将所述待计算任务卸载至目标服务器；所述目标服务器属于所述多个服务器。

19. 一种电子设备，其特征在于，包括：

处理器、存储器以及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述程序时实现如权利要求 1-17 中任一所述的针对移动边缘计算的任务卸载方法。

20. 一种非易失性可读存储介质，其特征在于，当所述存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时，使得电子设备能够执行权利要求 1-17 中一个或多个所述的针对移动边缘计算的任务卸载方法。

1/2

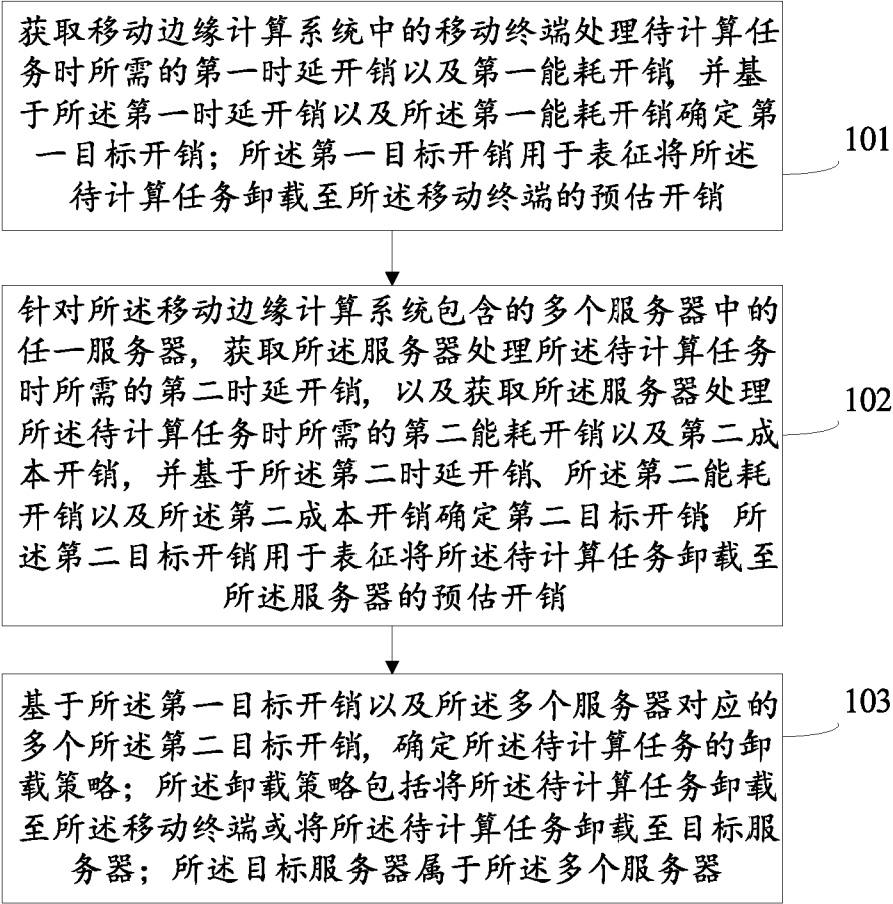


图 1

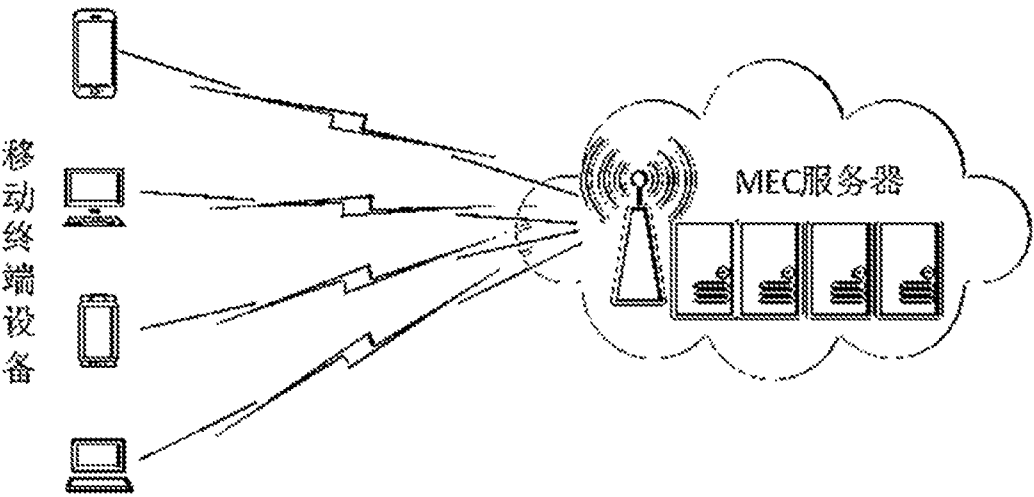


图 2

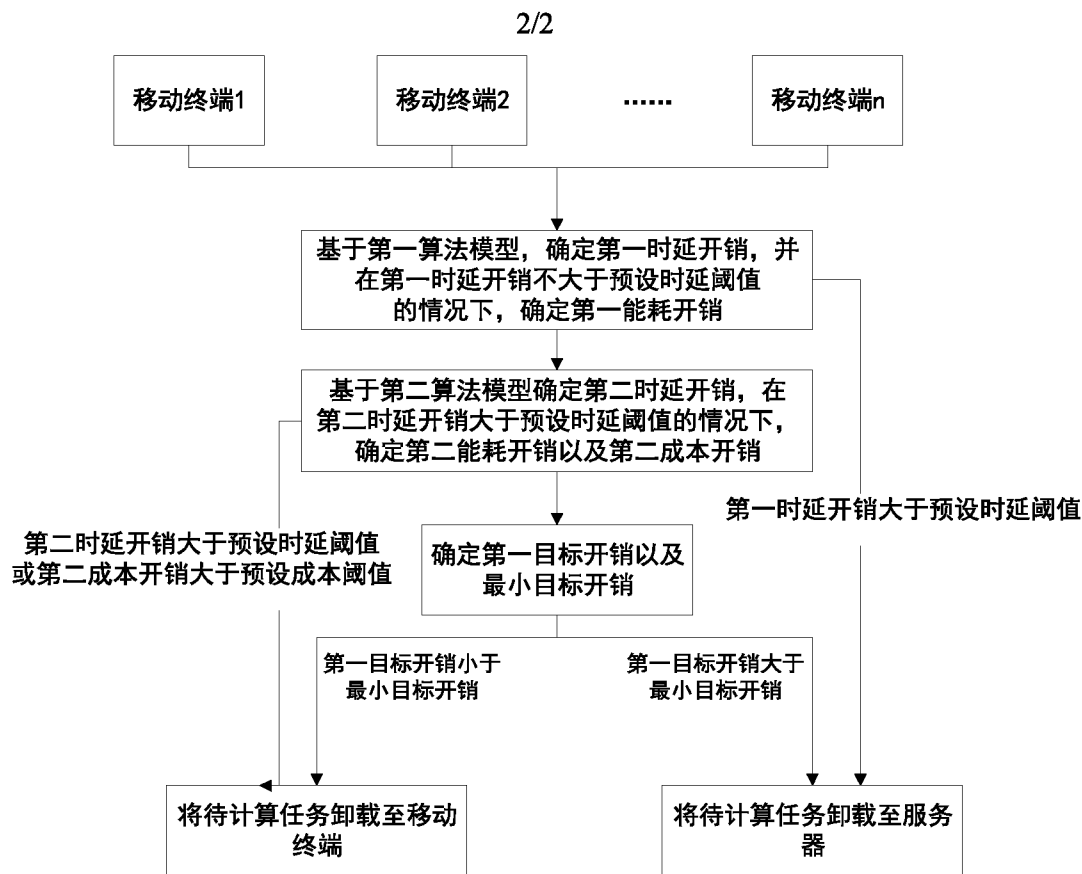


图 3



图 4

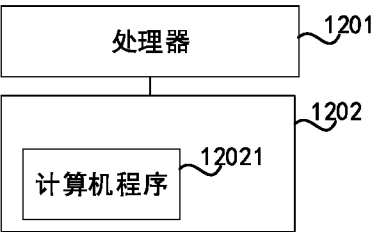


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/084530

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F9/445(2018.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: G06F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS; CNTXT; CNKI; 万方, WANFANG; 百度, BAIDU; WPABS; EPTXT; USTXT; WOTXT: 边缘, 计算, 任务, 卸载, 终端, 服务器, 开销, 时间, 时延, 延迟, 能量, 能耗, 成本, 费用, 经济, 花费, 加权, 权重, 权值, edge, compute, task, upload, offload, terminal, server, spend, time, delay, energy, consumption, cost, economic, weigh		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116225575 A (SUZHOU INSPUR INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 June 2023 (2023-06-06) claims 1-20	1-20
Y	CN 114895976 A (SMART GRID RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. OF STATE GRID et al.) 12 August 2022 (2022-08-12) description, paragraphs [0033]-[0052]	1-14, 18-20
Y	CN 110351754 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 18 October 2019 (2019-10-18) description, paragraphs [0041]-[0060]	1-14, 18-20
A	CN 112988347 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 18 June 2021 (2021-06-18) entire document	1-20
A	CN 114884958 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 09 August 2022 (2022-08-09) entire document	1-20
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 04 May 2024		Date of mailing of the international search report 01 June 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/084530

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017164237 A1 (THE TRUSTEES OF THE STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 08 June 2017 (2017-06-08) entire document	1-20
A	US 2022210686 A1 (NANTONG UNIVERSITY) 30 June 2022 (2022-06-30) entire document	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/084530

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116225575	A	06 June 2023	CN	116225575	B	15 August 2023
CN	114895976	A	12 August 2022	CN	114895976	B	13 February 2024
CN	110351754	A	18 October 2019	CN	110351754	B	24 May 2022
CN	112988347	A	18 June 2021	CN	112988347	B	19 December 2023
CN	114884958	A	09 August 2022	CN	114884958	B	20 September 2022
US	2017164237	A1	08 June 2017	US	10397829	B2	27 August 2019
US	2022210686	A1	30 June 2022	WO	2022011755	A1	20 January 2022
				US	11445400	B2	13 September 2022
				CN	111786839	A	16 October 2020
				CN	111786839	B	07 September 2021

A. 主题的分类

G06F9/445(2018.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS; CNTXT; CNKI; 万方; 百度; WPABS; EPTXT; USTXT; WOTXT;边缘, 计算, 任务, 卸载, 终端, 服务器, 开销, 时间, 时延, 延迟, 能量, 能耗, 成本, 费用, 经济, 花费, 加权, 权重, 权值, edge, compute, task, upload, offload, terminal, server, spend, time, delay, energy, consumption, cost, economic, weigh

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116225575 A (苏州浪潮智能科技有限公司) 2023年6月6日 (2023 - 06 - 06) 权利要求1-20	1-20
Y	CN 114895976 A (国网智能电网研究院有限公司 等) 2022年8月12日 (2022 - 08 - 12) 说明书第[0033]-[0052]段	1-14, 18-20
Y	CN 110351754 A (北京工业大学) 2019年10月18日 (2019 - 10 - 18) 说明书第[0041]-[0060]段	1-14, 18-20
A	CN 112988347 A (西安交通大学) 2021年6月18日 (2021 - 06 - 18) 全文	1-20
A	CN 114884958 A (北京邮电大学) 2022年8月9日 (2022 - 08 - 09) 全文	1-20
A	US 2017164237 A1 (THE TRUSTEES OF THE STEVENS INST OF TECH) 2017年6月8日 (2017 - 06 - 08) 全文	1-20

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年5月4日

国际检索报告邮寄日期

2024年6月1日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

罗畅

电话号码 (+86) 027-59371916

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2022210686 A1 (UNIV NANTONG) 2022年6月30日 (2022 - 06 - 30) 全文	1-20

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/084530

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	116225575	A	2023年6月6日	CN	116225575 B 2023年8月15日
CN	114895976	A	2022年8月12日	CN	114895976 B 2024年2月13日
CN	110351754	A	2019年10月18日	CN	110351754 B 2022年5月24日
CN	112988347	A	2021年6月18日	CN	112988347 B 2023年12月19日
CN	114884958	A	2022年8月9日	CN	114884958 B 2022年9月20日
US	2017164237	A1	2017年6月8日	US	10397829 B2 2019年8月27日
US	2022210686	A1	2022年6月30日	WO	2022011755 A1 2022年1月20日
				US	11445400 B2 2022年9月13日
				CN	111786839 A 2020年10月16日
				CN	111786839 B 2021年9月7日