(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
2022 年 6 月 2 日 (02.06.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/110443 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 9/455 (2006.01) *G06F 1/329* (2019.01)
G06F 1/3206 (2019.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/139676

(22) 国际申请日: 2020 年 12 月 25 日 (25.12.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202011332616.0 2020年11月24日 (24.11.2020) CN

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (**SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: **徐敏贤 (XU, Minxian)**; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 **宋承浩 (SONG, Chenghao)**; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 **须成忠 (XU, Chengzhong)**; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 **叶可江 (YE, Kejiang)**; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京中巡通大知识产权代理有限公司 (**BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.**); 中国北京市

WO 2022/110443 A1

(54) **Title:** CLOUD DATA CENTER ENERGY SAVING METHOD AND SYSTEM BASED ON CONTAINER CONTROL

(54) **发明名称:** 一种基于容器管制的云数据中心节能方法及系统

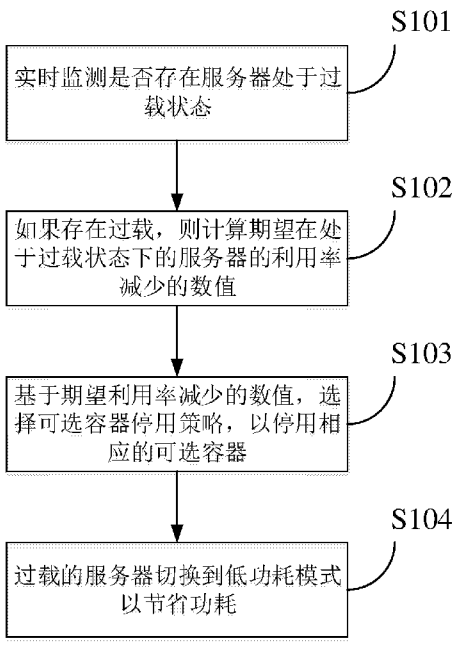


图 1

S101 Detect, in real time, whether there is a server in an overloaded state

S102 If overloading occurs, calculate a numerical value by which the utilization rate of the server in the overloaded state is expected to be reduced

S103 On the basis of the numerical value by which the utilization rate is expected to be reduced, select an optional container deactivation policy, so as to deactivate a corresponding optional container

S104 Switch the overloaded server to a low-power-consumption mode, so as to reduce the power consumption

(57) **Abstract:** The present invention relates to the field of cloud computing energy saving, and in particular to a cloud data center energy saving method and system based on container control. The method comprises: detecting, in real time, whether there is a server in an overloaded state; if there is a server in the overloaded state, calculating a numerical value by which the utilization rate of the server in the overloaded state is expected to be reduced; on the basis of the numerical value by which the utilization rate is expected to be reduced, selecting an optional container deactivation policy, so as to deactivate a corresponding optional container; and switch-

[见续页]

海淀区杏石口路50号中间建筑1区148号, Beijing 100195 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))。

ing an idle server to a low-power-consumption mode, so as to reduce the power consumption. In the present invention, an optional container deactivation policy is selected according to a numerical value by which the utilization rate is expected to be reduced, so as to deactivate a corresponding optional container, and the deactivation of the optional container enables an idle server to be switched to a low-power-consumption mode, so as to reduce the power consumption. In the present application, a server can dynamically switch off an optional container according to an operation state, such that the pressure of the server is alleviated in the case of overloading, an energy saving effect is achieved, and the aim of reducing the total energy consumption of a cloud data center is achieved.

(57) 摘要：本发明涉及云计算节能领域，具体涉及一种基于容器管制的云数据中心节能方法及系统，包括：实时监测是否存在服务器处于过载状态；如果存在处于过载状态下的服务器，则计算期望在处于过载状态下的服务器的利用率减少的数值；基于期望利用率减少的数值，选择可选容器停用策略，以停用相应的可选容器；空闲的服务器切换到低功耗模式以节省功耗。本发明根据期望减少的利用率数值来选择可选容器停用的策略，使相应的可选容器停用，可选容器的停用使空闲的服务器切换到低功耗模式以节省功耗；本申请服务器能根据运行状态，动态地关闭可选容器，使在过载的情况下缓解服务器压力以及起到节能的作用，并达到降低云数据中心总能耗的目的。

一种基于容器管制的云数据中心节能方法及系统

技术领域

本发明涉及云计算节能领域，具体而言，涉及一种基于容器管制的云数据中心节能方法及系统。

背景技术

随着信息技术行业的发展，云计算技术作为信息技术的重要组成部分，以其现收现付的定价模式、较低的运营成本、高扩展性和易访问性等特点，使得它被广泛地应用在生活中的诸多领域。但是，巨大的能源消耗以及云数据中心产生的碳排放量的已经引起了研究人员的广泛关注。云计算数据中心的高能耗也成了制约云计算发展的一个约束，而现有的节能技术例如虚拟机迁移与动态电压频率调整在数据中心处于整体过载状态时，难以产生有效的效果。

找出一个有效的降低云计算中心服务器所消耗能量的方法已经成为了目前云计算节能领域研究的主要目标。降低云服务器的能耗不仅能降低服务器的运行成本，还能提高整体系统的可靠性。目前来说，现有的云数据中心降低能耗的主流方法有虚拟机迁移（VM consolidation）和动态电压频率调整(DVFS)。

（1）虚拟机迁移（VM consolidation）：指通过在较少的机器之间分配任务，同时关闭未使用的机器，来达到最大程度地减少能耗的节能方法。云计算服务器可以通过使用这种策略，使得那些在未充分利用的服务器上工作的虚拟机迁移到其他服务器上，而这些空余下来的服务器将会进入低能耗模式或者关闭。

（2）动态电压频率调整(DVFS)：指根据当前状态负载的大小，在计算性能和服务器能耗之间进行权衡的节能方法。举例而言，DVFS 技术在处理器轻度负载时会降低频率和电压，以达到降低能耗的目的。而在机器重度负载时则会增加频率和电压。

现有的方法主要针对于在以虚拟机为粒度的云服务器能耗的优化问题上；而且当整个云服务器处于过载状态下时，现有的方法如虚拟机迁移（VM

consolidation）与动态电压频率调整(DVFS)不能有效地降低云服务器的能耗。

发明内容

本发明实施例提供了一种基于容器管制的云数据中心节能方法及系统，能根据运行状态，使在过载的情况下缓解服务器压力以及起到节能的作用，并达到降低云数据中心总能耗的目的。

根据本发明的一实施例，提供了一种基于容器管制的云数据中心节能方法，包括以下步骤：

实时监测是否存在服务器处于过载状态；

如果存在处于过载状态下的服务器，则计算期望在处于过载状态下的服务器的利用率减少的数值；

基于期望利用率减少的数值，选择可选容器停用策略，以停用相应的可选容器；

空闲的服务器切换到低功耗模式以节省功耗。

进一步地，在监测服务器是否处于过载状态前还包括：

基于历史数据对服务器的工作负载进行预测；

依据预测得出的工作负载，调整进行工作的服务器的数量。

进一步地，在监测服务器是否处于过载状态中包括：

预设用于判断服务器是否过载的过载阈值；

检测服务器的利用率；

将利用率与过载阈值进行对比；

若利用率高于过载阈值，则服务器被视为处于过载状态。

进一步地，根据过载服务器计算公式计算处于过载状态的服务器数量：

过载服务器计算公式为：

$$n_i^0 = \begin{cases} 1, if \ \ u_i \geq T_u \\ 0, if \ \ u_i < T_u \end{cases}$$

$$n_0 = \sum_{i=0}^{n-1} n_i^0$$

其中，n_i^0用来表示服务器是否处于过载状态，i为服务器编号，u_i为服务器i的利用率，T_u为过载阈值；如果u_i不小于T_u，则n_i^0为1，否则为0；n_0为服务器集群中处于过载状态的服务器的全部数量。

进一步地，在计算期望在处于过载状态下的服务器的利用率减少的数值中包括：

首先基于调节器计算公式计算过载状态下服务器的调节器的值，调节器计算公式为：

$$\theta_t = \sqrt{n_0 / n}$$

其中，t表示当前时间，θ_t为当时间为t时调节器的值，n为服务器数量；

然后基于调节器的值根据利用率计算公式计算期望利用率减少的数值；

利用率计算公式为：

$$u_i^y = \theta_t \times u_i$$

其中，u_i^y是期望利用率减少的数值。

进一步地，可选容器停用策略中包括利用率最低的容器优先策略，利用率最低的容器优先策略是基于停用计算公式通过选择一组可选容器停用，以减少过载主机的利用率，使减少后的利用率低于过载阈值；

停用计算公式为：

$$dcl_i = \begin{cases} \left\{ u_i^{'} \leq T_u, \min\left(\left| u_i^y - u_i^{dcl} \right| \right) \right\} & ,if \ \ u_i \geq T_u \\ \varnothing \ , & if \ \ u_i < T_u \end{cases}$$

其中，$u_i^{'}$为可选容器停用后服务器的利用率，$u_i^{'}$等于$u_i^y - u_i^{dcl}$，$\min\left(\left| u_i^y - u_i^{dcl} \right| \right)$表

示为$u_i^y - u_i^{dcl}$的最小绝对值，dcl_i为停用的可选容器形成的列表；

可选容器停用策略中还包括：

最少数量的容器优先策略，该策略选择停用最少的容器，以在达到节省功耗的同时，能停用更少的容器，以便提供更多可选功能；

随机容器选择策略，基于随机的最小数量的容器优先策略，随机选择多个容器停用来达到减少能源消耗的目的。

根据本发明的另一实施例，提供了一种基于容器管制的云数据中心节能系统，包括：云服务存储库、执行环境、调控中心；云服务存储库包括可选容器，可选容器能根据服务器的运行状态停用或开启；执行环境为云服务存储库的运行提供环境，调控中心包括 Brownout 控制器、系统监视器及调度策略管理器；

系统监视器用于监视服务器运行状况并收集服务器工作负载的状态；

调度策略管理器用于为 Brownout 控制器提供控制可选容器停用或开启的策略；

Brownout 控制器根据服务器运行状态控制可选容器的停用或开启。

进一步地，Brownout 控制器中包含调节器，调节器的值根据过载的服务器数量计算得出；调节器控制过载服务器的可选容器的停用或开启；

进一步地，调度策略管理器包括：

利用率最低的容器优先策略，利用率最低的容器优先策略基于停用计算公式通过选择一组容器并停用以减少过载主机的利用率，使减少后的利用率低于过载阈值；通过停用计算公式将停用的可选容器纳入停用列表，停用列表基于利用率升序对可选容器进行排序；

最少数量的容器优先策略，该策略选择停用最少的容器，以在达到节省功耗的同时，能停用更少的容器，以便提供更多可选功能；

随机容器选择策略，基于随机的最小数量的容器优先策略，随机选择多个容器停用来达到减少能源消耗的目的。

进一步地，云服务存储库还包括必要容器，必要容器启动时将始终保持运行状态，无法被停止。

本发明的有益效果在于：通过实时监测工作中的服务器是否处于负载状况态，如果存在处于过载状态下的服务器，则计算过载状态下的服务器利用率期望减少的数量，根据期望减少的利用率数值来选择可选容器停用的策略，使相应的可选容器停用，可选容器的停用使过载的服务器切换到低功耗模式以节省功耗；本申请服务器能根据运行状态，动态地关闭可选容器，使在过载的情况下缓解服务器压力以及起到节能的作用，并达到降低云数据中心总能耗的目的。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

图 1 为本发明基于容器管制的云数据中心节能方法的流程图；

图 2 为本发明监测服务器是否处于过载状态中的流程图；

图 3 为本发明基于容器管制的云数据中心节能系统的原理框图。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”

以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

实施例 1

根据本发明一实施例，提供了一种基于容器管制的云数据中心节能方法，参见图 1 和图 2，包括以下步骤：

S101：实时监测是否存在服务器处于过载状态。

S102：如果存在处于过载状态下的服务器，则计算期望在处于过载状态下的服务器的利用率减少的数值。

S103：基于期望利用率减少的数值，选择可选容器停用策略，以停用相应的可选容器。

S104：过载的服务器切换到低功耗模式以节省功耗。

本实施例中，通过实时监测工作中的服务器是否处于负载状况态，如果存在处于过载状态下的服务器，则计算过载状态下的服务器利用率期望减少的数量，根据期望减少的利用率数值来选择可选容器停用的策略，使相应的可选容器停用，可选容器的停用使过载服务器切换到低功耗模式以节省功耗；本申请服务器能根据运行状态，动态地关闭可选容器，使在过载的情况下缓解服务器压力以及起到节能的作用，并达到降低云数据中心总能耗的目的。

本实施例中，容器分为必要容器和可选容器，必要容器在启动时将始终保持运行状态，无法被停用；例如与数据库相关的容器将被标记为必要服务。

可选容器可以根据服务器的状态暂时停用这些容器。如果容器之间存在相互通信，则表示它们之间存在连接关系。通过定义，如果一个可选服务被停用，那么与这个可选服务（可选容器）相连接的其它服务也将被置于停用状态。如果容器提供者提供的服务或内容被其创建者定义为可选，则可以将其标识为可选服务。例如，在资源受限或过载的情况下，可以将在线商店系统中的在线推荐引擎和在

线编辑器系统中的拼写检查器设置为可选服务。

作为优选的技术方案中，在监测服务器是否处于过载状态前还包括：

基于历史数据对服务器的工作负载进行预测。

依据预测得出的工作负载，调整进行工作的服务器的数量。

本实施例中，依据现有的工作负载，使用 Sliding windows（滑动窗口）算法来预测未来的工作负载。滑动窗口算法如下所示：

设定滑动窗口的大小L_w，在时间间隔为L_w内的请求数量，t为待预测的时间间隔（$t \geq L_w$）；$\hat{num}$为在时间间隔t内请求数量的算法输出的预测值；k表示时间，当k处于$t-L_w$与$t-1$之间时$\hat{num}(k+1)=\hat{num}(k)+num(k)$，直至$\hat{num}(t)=\hat{num}(k+1)/L_w$时返回$\hat{num}(t)$的值。

滑动窗口将更多的权重赋给相隔最近的时间间隔的请求率；令滑动窗口大小L_w为恒定的整数值。$num(k)$是在时间间隔k处的实际请求数量，以时间间隔t内的请求数量作为滑动窗口L_w中请求的平均值，如下公式所示：

$$\hat{num}(t)=\frac{1}{L_w}\sum_{k=t-L_w}^{t-1} num(k)$$

为了确保有足够的历史数据可用于预测，请求预测的时间间隔不应小于滑动窗口大小L_w时间间隔内的时间，即$t \geq L_w$。依据预测得出的工作负载，处于工作的服务器数量可以被动态地调整。

本实施例中，在监测服务器是否处于过载状态中包括：

S201：预设用于判断服务器是否过载的过载阈值。

S202：检测服务器的利用率。

S203：将利用率与过载阈值进行对比。

S204：若利用率高于过载阈值，则服务器被视为处于过载状态。

本实施例中，服务器的利用率采用 CPU（中央处理器 central processing unit）

来衡量；例如，将过载阈值设定为 85%，当检测到服务器的 CPU 利用率高于 85% 时，则服务器将被视为处于过载状态。

本实施例中，根据过载服务器计算公式计算处于过载状态的服务器数量，过载服务器计算公式为：

$$n_i^0 = \begin{cases} 1, if \ \ u_i \geq T_u \\ 0, if \ \ u_i < T_u \end{cases}$$

$$n_0 = \sum_{i=0}^{n-1} n_i^0$$

其中，n_i^0 用来表示服务器是否处于过载状态，i 为服务器编号，u_i 为服务器的利用率，T_u 为过载阈值；如果 u_i 不小于 T_u，则 n_i^0 为 1，否则为 0；n_0 为服务器集群中处于过载状态的全部服务器的数量。

本实施例中，在计算期望在处于过载状态下的服务器的利用率减少利用率的数值中包括：

首先基于调节器计算公式计算过载状态下服务器的调节器的值，调节器计算公式为：

$$\theta_t = \sqrt{n_0 / n}$$

其中，t 表示当前时间，θ_t 为当时间为 t 时调节器的值，n 为服务器数量；

然后基于调节器的值根据利用率计算公式计算期望利用率减少的数值；

利用率计算公式为：

$$u_i^y = \theta_t \times u_i$$

其中，u_i^y 是期望利用率减少的数值。

本实施例中，可选容器停用策略包括利用率最低的容器优先策略（Lowest Utilization Container First，LUCF），利用率最低的容器优先策略是基于停用计算公式通过选择一组可选容器停用，以减少过载主机的利用率，使减少后的利用率

低于过载阈值；

停用计算公式为：

$$dcl_i=\begin{cases}\left\{u_i^{'}\le T_u,\min\left(\left|u_i^{y}-u_i^{dcl}\right|\right)\right\} & ,if\quad u_i\ge T_u\\ \varnothing\ , & if\quad u_i<T_u\end{cases}$$

其中，$u_i^{'}$为可选容器停用后服务器的利用率，$u_i^{'}$等于$u_i^{y}-u_i^{dcl}$，$\min\left(\left|u_i^{y}-u_i^{dcl}\right|\right)$表示为$u_i^{y}-u_i^{dcl}$的最小绝对值，$dcl_i$为停用的可选容器。

在可选容器停用之后，利用率最低的容器优先策略根据将计算出的可选容器按照升序进行排序列表，以使利用率最低的可选容器位于列表的开头；具体排序过程如下：

dcl_i的列表的大小是$dcl_i\text{size}(\ )$；该算法逐一检查工作服务器，如果在服务器i中的第一个可选容器c_0的利用率比u_i^{y}要好，则将c_0置入可选容器停用列表中。由于还需要考虑到与c_0相连接的容器，所以该策略也将所有与c_0相连接的可选容器全部标记为数据集中的T_0^c（T_0^c为一组数据）来描述它是如何与其它可选容器相连的。但是，如果第一个可选容器c_0的利用率小于期望的利用率减少，则 LUCF 策略会找到一个可选容器子列表来停用更多可选容器。该子列表是其它最接近期望利用率减少的利用率之和的列表。与前述的操作相同，将这些可选容器放入已停用的可选容器列表中，并将它们的连接标签放入集合中。之后就能依据算法找到其它已连接的可选容器并将其放入停用的可选容器列表中。

本实施例中，可选容器停用策略中还包括：

最少数量的容器优先策略，该策略选择停用最少的容器，以在达到节省功耗的同时，能停用更少的容器，以便提供更多可选功能；

随机容器选择策略，基于随机的最小数量的容器优先策略，随机选择多个容器停用来达到减少能源消耗的目的。

具体的，为了停用更少的容器，以便提供更多可选功能，实施最少数量的容器优先策略（Minimum Number Containers First，MNCF），该策略选择最小数量

的容器，同时节省了功耗。与 LUCF 非常相似；

如公式所示：

$$dcl_i=\begin{cases}\left\{u_i^{'}\le T_u,\min\left(\left|u_i^{y}-u_i^{dcl}\right|\right)\right\} & ,if\quad u_i\ge T_u\\ \varnothing\ , & if\quad u_i<T_u\end{cases}$$

其中 $\min(dcl_i size(\ ))$表示最小的已停用容器列表的大小。

具体的，随机选择的 dcl_i 子集的均匀分布离散随机变量，随机容器选择策略（Random container selection，RCS）使用均匀分布函数 $U(0,dcl_i size(\ )-1)$随机选择多个可选容器来达到减少能源消耗的目的；

如公式所示：

$$dcl_i=\begin{cases}\left\{u_i^{'}\le T_u,\min\left(\left|u_i^{y}-u_i^{dcl}\right|\right)\right\} & ,if\quad u_i\ge T_u\\ \varnothing\ , & if\quad u_i<T_u\end{cases}。$$

实施例 2

根据本发明的另一实施例，提供了一种基于容器管制的云数据中心节能系统，参见图 3，包括：云服务存储库、执行环境、调控中心；云服务存储库包括可选容器，可选容器能根据服务器的运行状态停用或开启；执行环境为云服务存储库的运行提供环境，调控中心包括 Brownout 控制器、系统监视器及调度策略管理器；

系统监视器用于监视服务器运行状况并收集服务器工作负载的状态；

调度策略管理器用于为 Brownout 控制器提供控制可选容器停用或开启的策略；

Brownout 控制器根据服务器运行状态控制可选容器的停用或开启。

本实施例中，通过系统监视器实时监测服务器的运行状况，如服务器是否存在工作负载；如果存在负载的服务器，则调度策略管理器为 Brownout 控制器提

供控制可选容器停用的策略；Brownout 控制器根据上述策略控制可选容器停用；可选容器的停用使过载的服务器切换到低功耗模式以节省功耗；本申请服务器能根据运行状态，动态地关闭可选容器，使在过载的情况下缓解服务器压力以及起到节能的作用，并达到降低云数据中心总能耗的目的。

本实施例中，系统监视器是监视服务器运行状况并收集服务器资源消耗状态的组件。它使用第三方工具包来支持其功能，例如 Grid'5000 中的 public API（公共应用编程接口），这些 API 提供有关基础结构指标，包括服务器运行状况，CPU（CPU，central processing unit，中央处理器）利用率和功耗等实时数据。

本实施例中，调度策略管理器为 Brownout 控制器提供和管理策略以调度可选容器。为了确保能源预算和服务质量约束，需要针对不同偏好设计不同的策略。例如，如果云服务提供商想要平衡能量消耗和服务质量之间的折衷，则首选考虑折衷的策略。

本实施例中，Brownout 控制器中包含调节器，调节器的值根据过载的服务器数量计算得出；Brownout 控制器依据调节器的值控制过载服务器的可选容器的停用或开启。

调节器的值基于调节器计算公式计算，调节器计算公式为：

$$\theta_t = \sqrt{n_0 / n}$$

其中，t 表示当前时间，θ_t 为当时间为 t 时调节器的值，n 为服务器数量；

基于调节器的值根据利用率计算公式计算期望利用率减少的数值；利用率计算公式为：

$$u_i^y = \theta_t \times u_i$$

其中，u_i^y 是期望利用率减少的数值。

本实施例中，根据期望利用率减少的数值选择可选容器停用策略；调度策略管理器包括：利用率最低的容器优先策略、最少数量的容器优先策略及随机容器选择策略三种可选容器停用策略。

第一种：利用率最低的容器优先策略，基于停用计算公式通过选择一组容器并停用以减少过载主机的利用率，使减少后的利用率低于过载阈值；通过停用计算公式计算并将停用的可选容器归纳为停用列表，停用列表基于利用率升序对可选容器进行排序；

停用计算公式为：

$$dcl_i=\begin{cases}\left\{u_i^{'}\le T_u,\min\left(\left|u_i^{y}-u_i^{dcl}\right|\right)\right\}, & if\quad u_i\ge T_u\\ \varnothing, & if\quad u_i<T_u\end{cases}$$

其中，$u_i^{'}$为可选容器停用后服务器的利用率，$u_i^{'}$等于$u_i^{y}-u_i^{dcl}$，$\min\left(\left|u_i^{y}-u_i^{dcl}\right|\right)$表示为$u_i^{y}-u_i^{dcl}$的最小绝对值，$dcl_i$为停用的可选容器形成的列表。

在可选容器列停用之后，利用率最低的容器优先策略根据将计算出的可选容器按照升序进行排序列表，以使利用率最低的可选容器位于列表的开头。

第二种：最少数量的容器优先策略，该策略选择停用最少的容器，以在达到节省功耗的同时，能停用更少的容器，以便提供更多可选功能；

第三种：随机容器选择策略，基于随机的最小数量的容器优先策略，随机选择多个容器停用来达到减少能源消耗的目的。

本实施例中，云服务存储库还包括必要容器，必要容器启动时将始终保持运行状态，无法被停止。

可选容器可以根据服务器状态暂时停用这些容器。如果容器之间存在相互通信，则表示它们之间存在连接关系。通过定义，如果一个可选服务被停用，那么与这个可选服务相连接的其他服务也将被置于停用状态。如果容器提供者提供的服务或内容被其创建者定义为可选，则可以将其标识为可选服务。例如，在资源受限或过载的情况下，可以将在线商店系统中的在线推荐引擎和在线编辑器系统中的拼写检查器设置为可选服务。

本实施例中，调控中心还包括模型管理器，模型管理器为用于维护服务器中的能量消耗和服务质量的模型；

本实施例中，执行环境为云服务存储库提供运行的环境；通常情况容器的主要执行环境是 Docker，Kubernetes 和 Mesos。在本申请中，选择使用 Docker 作为可选容器的执行环境。

本实施例中，系统建立在以 GRID'5000 作为云基础架构之上。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1.一种基于容器管制的云数据中心节能方法，其特征在于，包括以下步骤：

实时监测是否存在服务器处于过载状态；

如果存在处于过载状态下的服务器，则计算期望在处于过载状态下的所述服务器的利用率减少的数值；

基于期望所述利用率减少的数值，选择可选容器停用策略，以停用相应的可选容器；

过载的所述服务器切换到低功耗模式以节省功耗。

2.根据权利要求 1 所述的基于容器管制的云数据中心节能方法，其特征在于，在所述实时监测是否存在服务器处于过载状态前还包括：

基于历史数据对所述服务器的工作负载进行预测；

依据预测得出的所述工作负载，调整进行工作的所述服务器的数量。

3.根据权利要求 1 所述的基于容器管制的云数据中心节能方法，其特征在于，在所述监测服务器是否处于过载状态中包括：

预设用于判断所述服务器是否过载的过载阈值；

检测所述服务器的利用率；

将所述利用率与所述过载阈值进行对比；

若所述利用率高于所述过载阈值，则所述服务器被视为处于过载状态。

4.根据权利要求 3 所述的基于容器管制的云数据中心节能方法，其特征在于，根据过载服务器计算公式计算处于过载状态的所述服务器数量：

所述过载服务器计算公式为：

$$n_i^0 = \begin{cases} 1, if \ \ u_i \geq T_u \\ 0, if \ \ u_i < T_u \end{cases}$$

$$n_0 = \sum_{i=0}^{n-1} n_i^0$$

其中，n_i^0用来表示所述服务器是否处于过载状态，i为服务器编号，u_i为服务器i的利用率，T_u为所述过载阈值；如果u_i不小于T_u，则n_i^0为 1，否则为 0；n_0为所述服务器集群中处于过载状态的全部数量。

5.根据权利要求 4 所述的基于容器管制的云数据中心节能方法，其特征在于，在所述计算期望在处于过载状态下的所述服务器的利用率减少的数值中包括：

首先基于调节器计算公式计算过载状态下所述服务器的调节器的值，所述调节器计算公式为：

$$\theta_t = \sqrt{n_0 / n}$$

其中，t表示当前时间，θ_t为当时间为t时调节器的值，n为服务器数量；

然后基于所述调节器的值根据利用率计算公式计算期望所述利用率减少的数值；

所述利用率计算公式为：

$$u_i^y = \theta_t \times u_i$$

其中，u_i^y是期望利用率减少的数值。

6.根据权利要求 5 所述的基于容器管制的云数据中心节能方法，其特征在于，所述可选容器停用策略中包括利用率最低的容器优先策略，所述利用率最低的容器优先策略是基于停用计算公式通过选择一组所述可选容器停用，以减少过载主机的利用率，使减少后的所述利用率低于所述过载阈值；

所述停用计算公式为：

$$dcl_i = \begin{cases} \left\{ u_i^{'} \le T_u, \min\left(\left| u_i^y - u_i^{dcl} \right| \right) \right\} & ,if \quad u_i \ge T_u \\ \varnothing , & if \quad u_i < T_u \end{cases}$$

其中，$u_i^{'}$为可选容器停用后服务器利用率，$u_i^{'}$等于$u_i^y - u_i^{dcl}$，$\min\left(\left| u_i^y - u_i^{dcl} \right| \right)$表示

为$u_i^y - u_i^{dcl}$的最小绝对值，dcl_i为停用的可选容器形成的列表；

所述可选容器停用策略中还包括：

所述最少数量的容器优先策略，该策略选择停用最少的容器，以在达到节省功耗的同时，能停用更少的容器，以便提供更多可选功能；

随机容器选择策略，基于随机的最小数量的容器优先策略，随机选择多个容器停用来达到减少能源消耗的目的。

7.一种基于容器管制的云数据中心节能系统，其特征在于，包括：云服务存储库、执行环境、调控中心；所述云服务存储库包括可选容器，所述可选容器能根据服务器的运行状态停用或开启；所述执行环境为云服务存储库的运行提供环境，所述调控中心包括 Brownout 控制器、系统监视器及调度策略管理器；

所述系统监视器用于监视所述服务器运行状况并收集所述服务器工作负载的状态；

所述调度策略管理器用于为所述 Brownout 控制器提供控制可选容器停用或开启的策略；

所述 Brownout 控制器根据所述服务器运行状态控制可选容器的停用或开启。

8.根据权利要求 7 所述的基于容器管制的云数据中心节能系统，其特征在于，所述 Brownout 控制器中包含调节器，所述调节器的值根据过载的所述服务器数量计算得出；所述调节器控制所述过载服务器的所述可选容器的停用或开启。

9.根据权利要求 8 所述的基于容器管制的云数据中心节能系统，其特征在于，所述调度策略管理器包括：

利用率最低的容器优先策略，所述利用率最低的容器优先策略基于停用计算公式通过选择一组容器并停用以减少过载主机的利用率，使减少后的所述利用率低于所述过载阈值；通过停用计算公式将停用的所述可选容器纳入停用列表，所述停用列表基于所述利用率升序对所述可选容器进行排序；

所述最少数量的容器优先策略，该策略选择停用最少的容器，以在达到节省

功耗的同时，能停用更少的容器，以便提供更多可选功能；

所述随机容器选择策略，基于随机的最小数量的容器优先策略，随机选择多个容器停用来达到减少能源消耗的目的。

10.根据权利要求 7 所述的基于容器管制的云数据中心节能系统，其特征在于，所述云服务存储库还包括必要容器，所述必要容器启动时将始终保持运行状态，无法被停止。

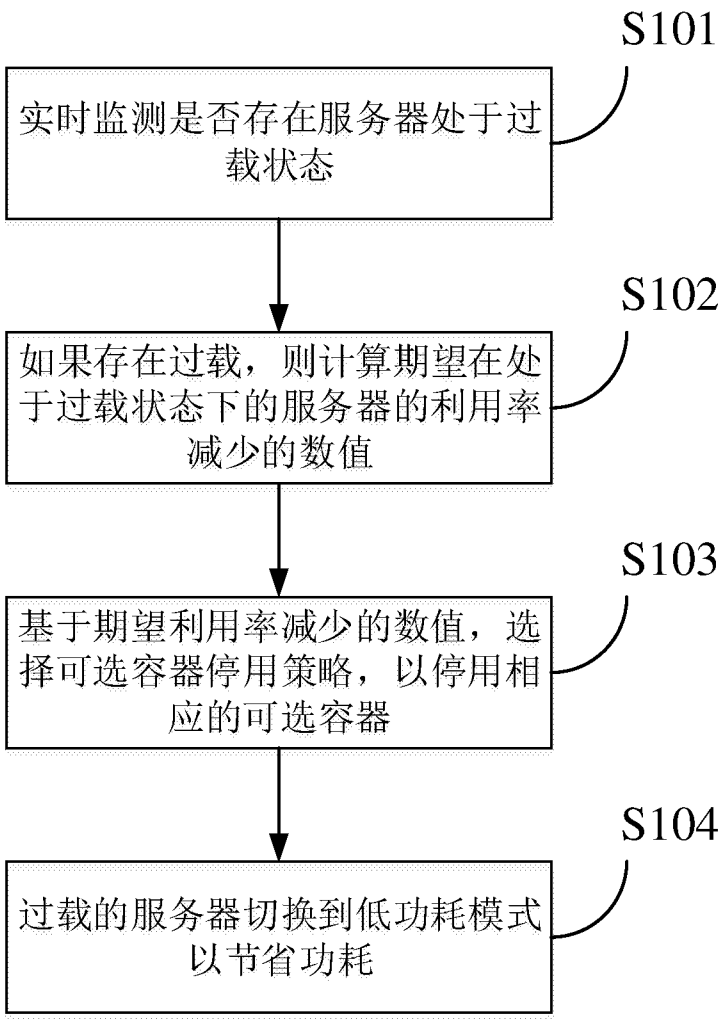

S101
实时监测是否存在服务器处于过载状态
S102
如果存在过载，则计算期望在处于过载状态下的服务器的利用率减少的数值
S103
基于期望利用率减少的数值，选择可选容器停用策略，以停用相应的可选容器
S104
过载的服务器切换到低功耗模式以节省功耗

图 1

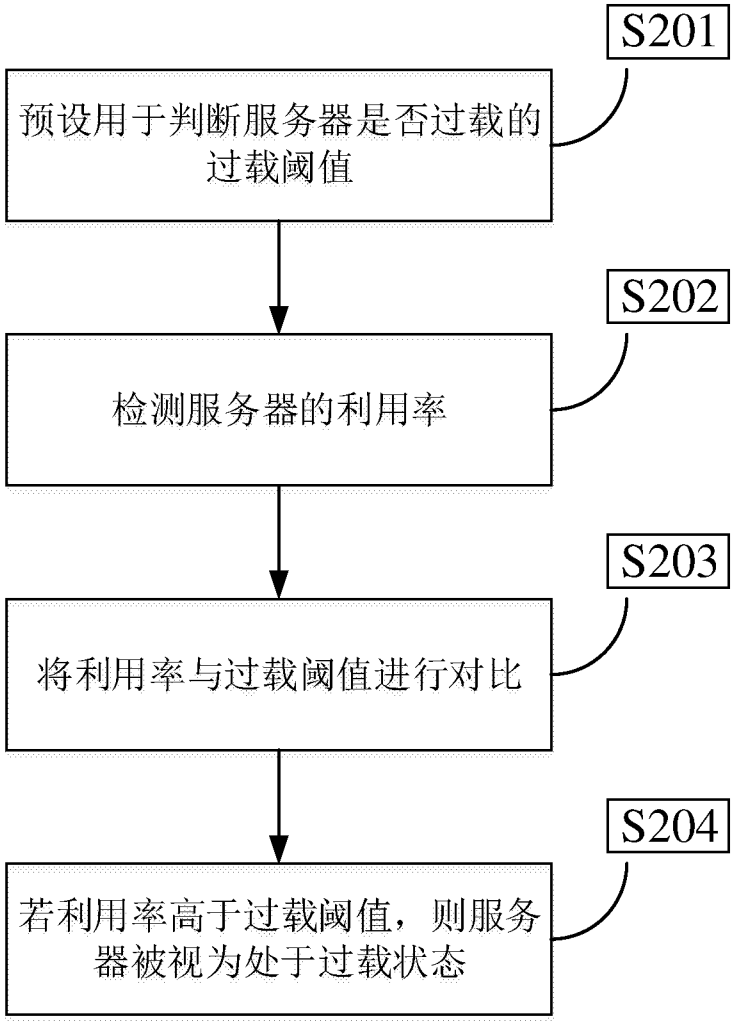

S201
预设用于判断服务器是否过载的过载阈值
S202
检测服务器的利用率
S203
将利用率与过载阈值进行对比
S204
若利用率高于过载阈值，则服务器被视为处于过载状态

图 2

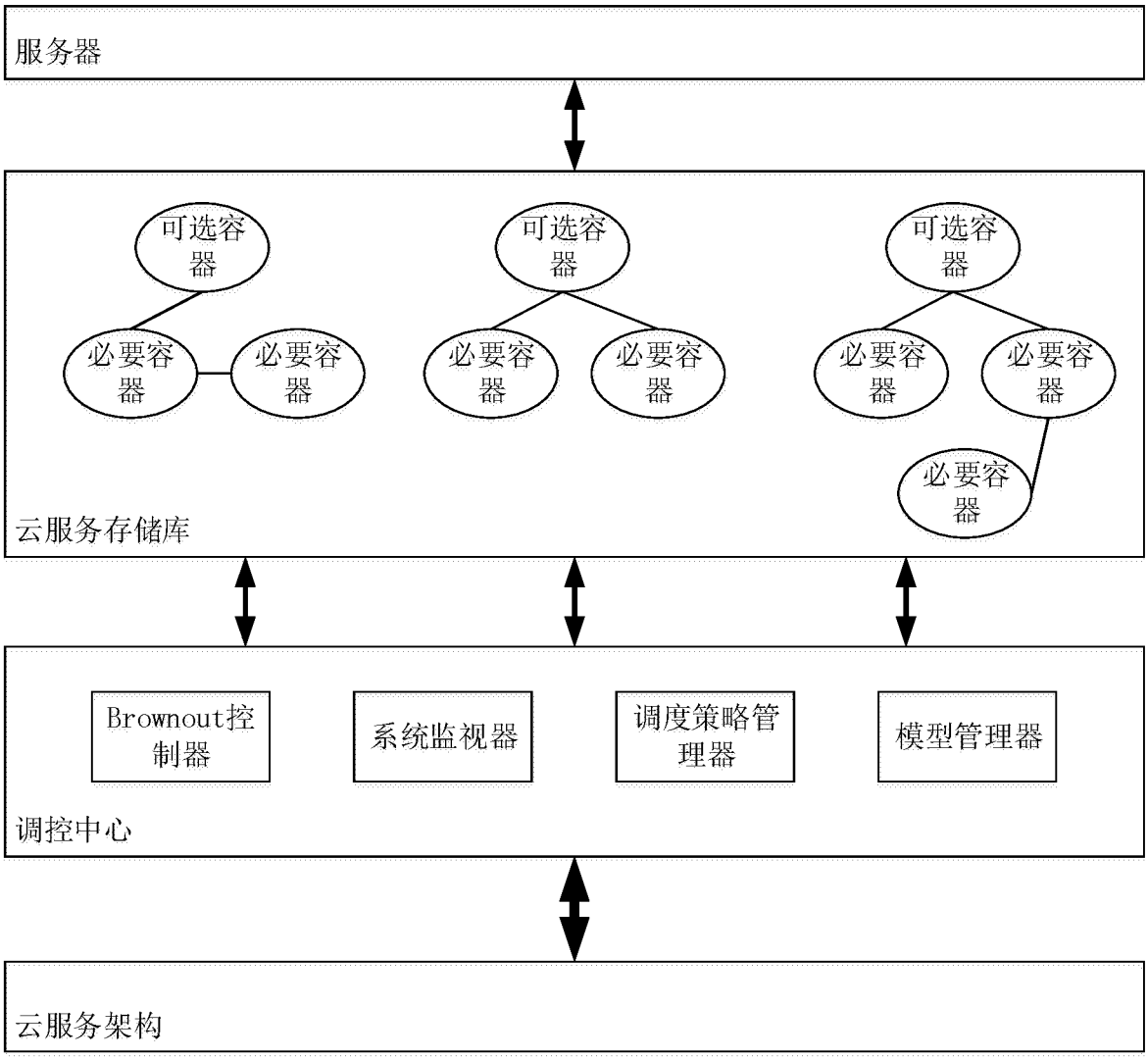

服务器
可选容器
必要容器
必要容器
可选容器
必要容器
必要容器
可选容器
必要容器
必要容器
必要容器
云服务存储库
Brownout控制器
系统监视器
调度策略管理器
模型管理器
调控中心
云服务架构

图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/139676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 9/455(2006.01)i; G06F 1/3206(2019.01)i; G06F 1/329(2019.01)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)

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; SIPOABS; DWPI; USTXT; WOTXT; EPTXT: 云数据, 云计算, 容器, 组件, 过载, 超载, 服务器, 利用率, 停用, 关闭, cloud data, cloud computing, container, component, overload, server, utilization rate, stop, close

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109981396 A (PING AN PUHUI ENTERPRISE MANAGEMENT CO., LTD.) 05 July 2019 (2019-07-05) description, paragraphs [0040]-[0092]	1-10
A	CN 110347498 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 18 October 2019 (2019-10-18) entire document	1-10
A	CN 103605418 A (SUGON INFORMATION IND BEIJING) 26 February 2014 (2014-02-26) entire document	1-10

☐ 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
"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	Date of mailing of the international search report
29 July 2021	**11 August 2021**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/139676

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 109981396 A	05 July 2019	None	
CN 110347498 A	18 October 2019	None	
CN 103605418 A	26 February 2014	CN 103605418 B	04 January 2017

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/139676

A. 主题的分类

G06F 9/455(2006.01)i; G06F 1/3206(2019.01)i; G06F 1/329(2019.01)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)

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;SIPOABS;DWPI;USTXT;WOTXT;EPTXT：云数据，云计算，容器，组件，过载，超载，服务器，利用率，停用，关闭，cloud data，cloud computing，container，component，overload，server，utilization rate，stop，close

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
X	CN 109981396 A (平安普惠企业管理有限公司) 2019年 7月 5日 (2019-07-05) 说明书第[0040]-[0092]段	1-10
A	CN 110347498 A (华南理工大学) 2019年 10月 18日 (2019-10-18) 全文	1-10
A	CN 103605418 A (曙光信息产业北京有限公司 等) 2014年 2月 26日 (2014-02-26) 全文	1-10

☐ 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
“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	国际检索报告邮寄日期
2021年 7月 29日	2021年 8月 11日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 陈敏 电话号码 (86-512) 88996284

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/139676

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 109981396 A	2019年 7月 5日	无	
CN 110347498 A	2019年 10月 18日	无	
CN 103605418 A	2014年 2月 26日	CN 103605418 B	2017年 1月 4日