



Time-Based Scheduling of load considering renewable energy

考虑可再生能源的负荷时域调度

汇报人：邵雪笋

时间：2024.3.17



1

背景抓取

2

基于电网平衡的云代理

3

数据中心认证-Uptime Tier



1

背景抓取

1

背景抓取

1

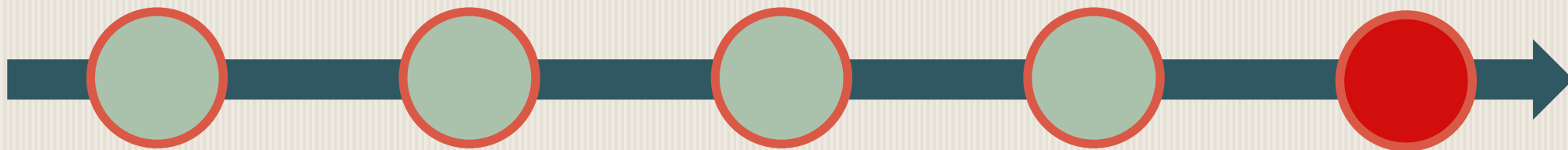
由于现代智能电网缺乏大规模的储能解决方案，因此要求其发电和消耗水平始终保持一致，以避免系统不稳定和服务中断。

3

需求响应项目往往使用货币激励政策，比如动态电价和时段使用电价。

5

可再生能源具有高度的间歇性和波动性。工作负载具有异构和波动性。



2

对供应电网的发电机的能源水平进行在线微调可能会很昂贵。

4

预期之外的过剩的RESs能源（可再生能源）发电会导致系统不稳定，公用事业公司有时会选择采用负的能源价格，以及时重新平衡电网。



2

基于电网平衡的云代理

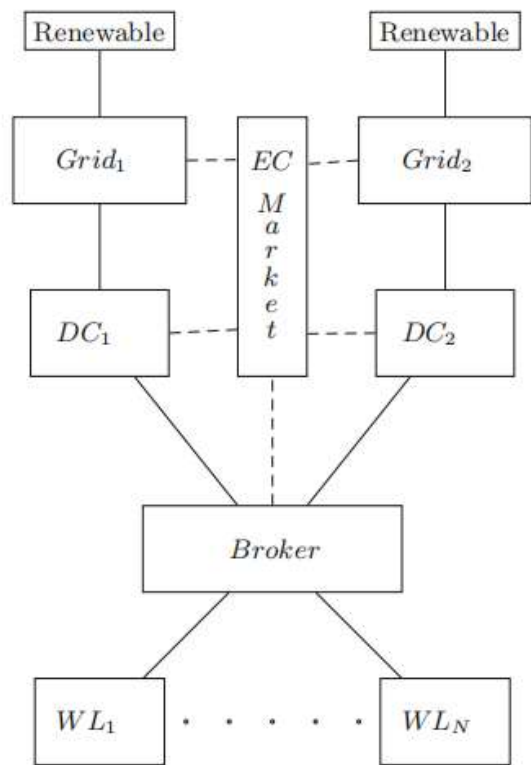
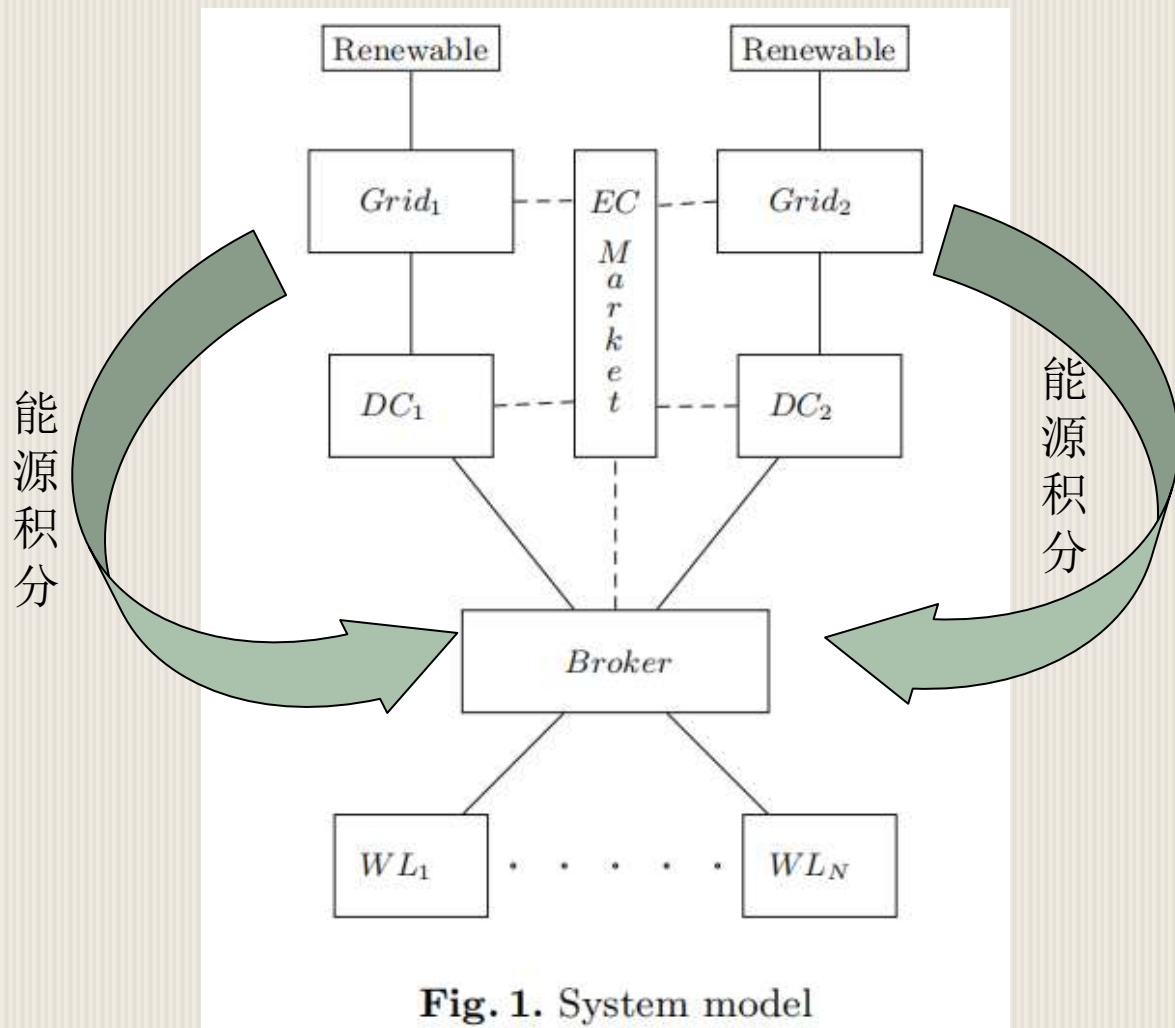


Fig. 1. System model

Abada A, St-Hilaire M. Renewable energy curtailment via incentivized inter-datacenter workload migration[C]//Cloud Computing–CLOUD 2018: 11th International Conference, Held as Part of the Services Conference Federation, SCF 2018, Seattle, WA, USA, June 25–30, 2018, Proceedings 11. Springer International Publishing, 2018: 143-157.

在本文中，我们提出了一种新的能源削减方案，利用数据中心作为管理负载来平衡过剩的RESs能源。我们的方案通过提供折扣能源价格（以能源信用形式）给大型云客户，以影响他们的负载放置算法，使其倾向于那些可以使用能源信用的数据中心。使用CPLEX ILP求解器以及最佳适应递减（BFD）启发式来实现我们的系统，对数据中心上的负载放置进行了测试，结果表明，使用能源信用是一种有效的机制，可以加快/控制数据中心（尤其是低系统负载）的能量消耗率，并且它们使云客户获得了更高的利润，因为使用所提议的信用额具有更高的利润空间。



运作机制

当电网/公用事业公司需要平衡一定数量的多余RESs能量时，它会产生一些能源积分，其额度等于需要平衡/消耗的多余RESs能量数额。然后，这些能源积分（以折扣成本）提供给云代理/配置租户，以鼓励他们将其工作负载从其他数据中心位置迁移到某个数据中心，该数据中心需要增加能源消耗，以平衡多余的RESs能量。

电网/公用事业

云代理/配置租户

数据中心

可再生能源、工作负载

企业型租客（云代理和SaaS/PaaS运营商）：这类租户通常将其硬件托管在不同地理位置的多个同一位置，以实现高冗余度和更短的响应时间。



Cloud broker

每个分配间隔的开始时评估该优化，以决定每个工作负载应该分配给哪个数据中心，以及分配的工作负载是否可以从使用能源补助中获益。

工作负载

三个属性

- Computing weight
- Memory weight
- Energy Consumption weight

 WL^{cpu} WL^{memory} WL^{kWh}

Cloud broker处理工作j的收益

$$P_j = WL_j^{cpu} * C_B^{cpu} + WL_j^{mem} * C_B^{mem}$$

云代理的定价系数C不变且高于数据中心方的系数，保证用户侧不至于受电价波动的干扰且代理侧总是有收益。



Datacenter

根据每个数据中心的个别定价模型，对通过云代理提交给它们的请求/工作负载进行收费。

Datacenter对提交任务j的云代理收费：

$$C_j^k = WL_j^{cpu} * C_{DC}^{cpu} + WL_j^{mem} * C_{DC_k}^{mem} + WL_j^{kWh} * C_{DC_k}^{kWh}$$

不同数据中心的定价系数在一定范围内动态变化。

“能源积分”代表一定数量的能源退款，云代理可以用来帮助抵消常规能源成本（中的第3项）。购买能源积分的成本可以是EC市场规定的常规价格的任何比例，并在我们的结果部分考虑该比例（0.1、0.4和0.7）的几个例子值



比例系数越低，购买成本越低，抵消的能源成本越多，云代理收益越多

2

约束与目标函数

目标函数

$$\max \sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^N \left([WL_j^{mem} * C_B^{mem} + WL_j^{cpu} * C_B^{cpu}] * L_{jk} * A_{jk}^{next} \right) \right) \quad (3)$$

$$- \sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^N \left([WL_j^{mem} * C_{DC_k}^{mem} + WL_j^{cpu} * C_{DC_k}^{cpu} + WL_j^{KWh} * C_{DC_k}^{KWh}] * A_{jk}^{next} \right) \right) \quad (4)$$

$$+ \sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^N \left(UEC_{jk} * WL_j^{KWh} * C_{DC_k}^{KWh} \right) \right) \quad (5)$$

$$- \sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^N \left(UEC_{jk} * WL_j^{KWh} * 0.1 C_{DC_k}^{KWh} \right) \right) \quad (6)$$

$$- \sum_{j=1}^N \left(\sum_{k=1}^M A_{jk}^{current} \left(\sum_{l=1}^M A_{jl}^{next} * MigCost[k][l] * WL_j^{mem} \right) \right) \quad (7)$$

约束

$$s.t. \sum_{j=1}^N (WL_j^{KWh} * UEC_{jk}) < EC_k, \quad \forall k \in M \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^M A_{jk}^{next} \leq 1, \quad \forall j \in N \quad (9)$$

$$UEC_{jk} \leq A_{jk}^{next}, \quad \forall j \in N, k \in M \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^N WL_j^{cpu} * A_{jk}^{next} \leq Cap_k^{cpu}, \quad \forall k \in M \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^N WL_j^{mem} * A_{jk}^{next} \leq Cap_k^{mem}, \quad \forall k \in M \quad (12)$$

参数说明

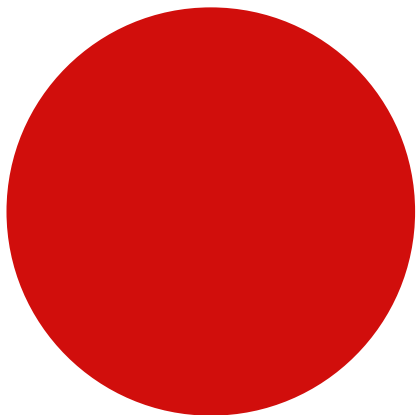
- A_{jk}^{next} 二进制变量, 指示任务j在下一时刻是否分配给数据中心k, 同理还有 $A_{jk}^{current}$
- UEC_{jk} 二进制变量, 指示工作j是否可以在数据中心k处获得能源积分
- EC_k 数据中心k可用的能源积分数量 (以千瓦时为单位)
- $MigCost_{kl}$ $[0, 1]$ 范围内归一化的值, 表示将数据从数据中心k迁移到数据中心l的成本 (基于距离)
- L_{jk} $[0.8, 1]$ 范围内归一化值, 表示请求j与数据中心k之间的延迟 (基于距离)

(6) 是实际 (降低后) 购买能源信用所需的成本价

(7) 代表了将工作负载从数据中心k迁移到数据中心l的成本。
MigCost是M*M大小的矩阵, 包含了不同数据中心之间的基于距离的迁移成本因子。范围是 $[0, 1]$, 并且当数据中心之间的距离变得更近时, 接近值0。

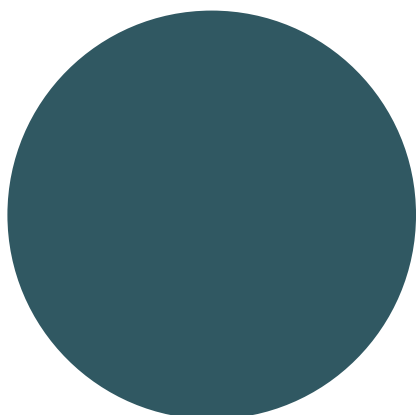
2

实验仿真



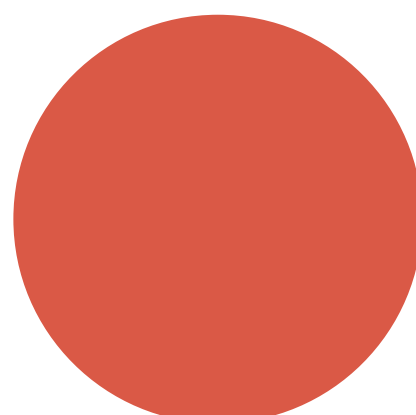
求解方法

使用CPLEX ILP 求解器求解 和 使用最佳适应递减（BFD）分配启发式方法



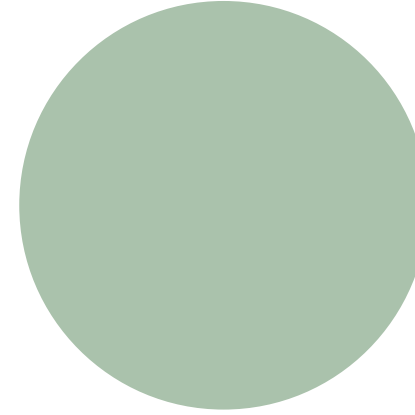
系统模型

三个数据中心，
一个云代理



成本系数和位置坐标

数据中心成本系数和所有数据中心的位置坐标是（在指定范围内）随机的。



数据处理

模拟结果是100次随机运行的平均值。

一种用于解决任务分配问题的启发式算法，**BFD**算法首先将任务按照某种规则进行排序，通常是按照任务的大小或所需的资源量降序排列。然后，算法按照这个顺序尝试将每个任务分配给当前剩余服务器中能够处理该任务且所需成本最低的服务器。

2

实验仿真

变量： 负载到达速率 购买能源积分需要的成本 求解方法

评估指标： 达到电网平衡所需时间 云代理的收益

问题：

- 1、数据并非来自真实样例，可信度不够。
- 2、实验模型设置得比较简单

改进：

- 1、增加数据中心和云代理数量
- 2、使用博弈论等方法处理多代理问题
- 3、细化建模
- 4、使用更真实复杂的算例

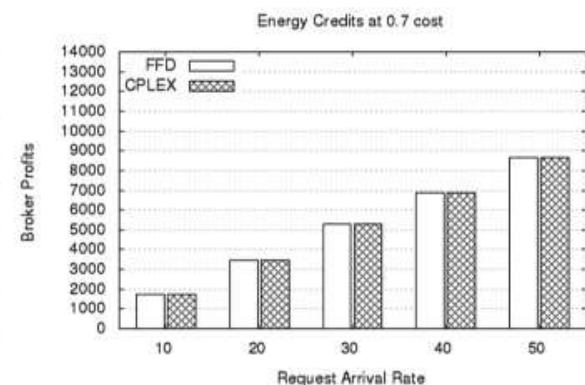
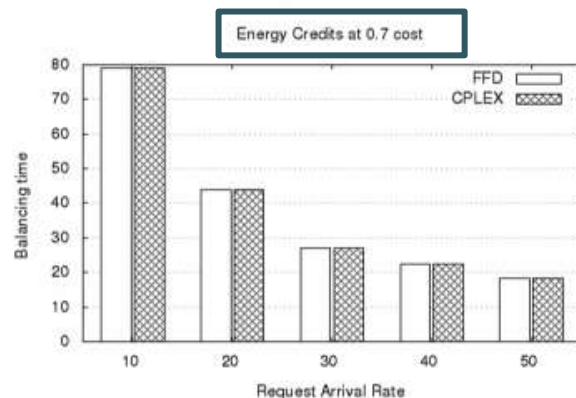
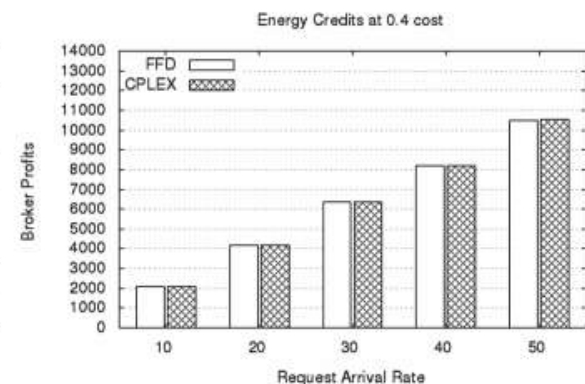
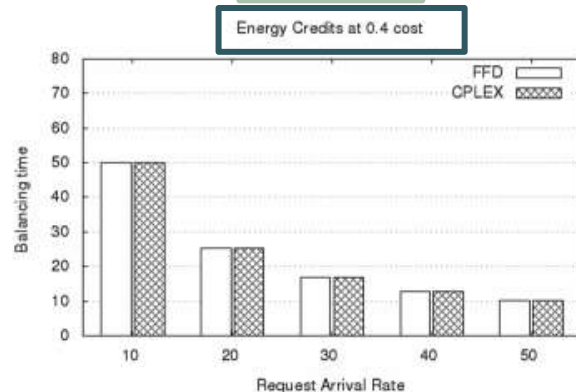
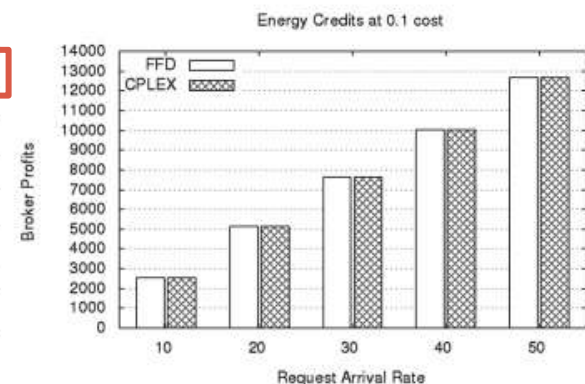
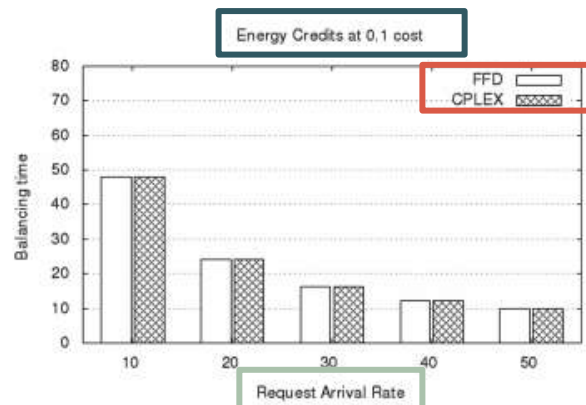


Fig. 2. Effect of varying ECs cost on balancing time

Fig. 3. Effect of varying ECs cost on Broker's profit



3

数据中心认证-Uptime Tier

3

Uptime Tier 认证

Uptime Institute是国际比较权威知名的数据中心认证机构之一。UptimeTier数据中心等级认证体系分为Tier I—Tier IV四个级别，Tier4为最高级别，用以衡量数据中心的可靠性和可用性。

Tier I

至少包含以下基础设施：UPS(不间断电源)、IT系统的指定空间、专用冷却设备、发动机发电机。

仅提供**单一**的电力和冷却分配路径，**没有冗余系统**来保护免受计划内或计划外中断的影响，包括日常维护。

可用性一般，但**简单**，是**小型企业和初创企业**的经济之选。

Tier II

是建立在第一级数据中心标准的基础之上，具备些**重要的改进和冗余组件**。

使用**单一的供电和冷却分配路径**，所以需要关注风险管理和灾备计划。

将可靠性与成本效益相结合，为**中小型企业**提供了均衡的方案。

Tier III

采用**N+1的冗余配置以及多个电源和冷却分配路径**。

该级别的冗余提供了**并发可维护性**，这意味着可以关闭每个关键组件或分发路径以进行计划性维护。

对意外有潜在的停机风险，维护窗口期间发生中断的风险会增加。

吸引**大型和不断增长的企业**。

Tier IV

完全独立的备份架构，2N或2N+1的模型，这意味着它能够完全复制主要架构的每个关键组件。**多个电源和冷却分配路径**。

即使在计划内和计划外的事件中，如系统维护、意外停机或设备故障，数据中心仍能够稳定运行。

Uptime Institute认证的**最高级别**，是数据中心可用性和容错性的巅峰体现。

强力科普:什么是 Uptime TIER 数据中心等级认证体系



谢谢欣赏

THANKYOUFORWATCHING