

面向云数据中心的能耗管理

刘成江¹ 甘文凤¹ 苏博¹ 王丁会²

1. 国家电网公司西南分部 四川 成都 610094

2. 四川斯普信信息技术有限公司 四川 成都 610093

摘要: 数据中心从上世纪90年代开始发展,从web1.0、2.0,到云计算、大数据时代,再到现在的互联网+、人工智能时代,规模化、绿色化、虚拟化、自动化及安全性成为新一代云数据中心的代表特征。

高性能计算密度的急剧增加,带来的是服务器发热量的指数级上升,随之而来的电力能耗成本高涨、能源利用效率低下等问题,均成为了当前制约云数据中心健康发展的关键因素。

本文从云数据中心的特点和当前需求出发,分析了云数据中心的节能技术和能耗管理优化策略,为云数据中心的节能研究提供了参考。

关键词: 能耗管理;云数据中心;优化策略;

1. 云计算的概念

云计算是在分布式处理、并行处理、网络计算和虚拟化等技术的基础上发展起来的共享模式,信息基础设施用于网络服务将是未来的趋势。

云计算技术是指通过搭建系统架构方式,将服务器的物理资源融合成一个整体,通过服务器数量的规模化后,再向用户分配资源的技术。云计算技术有三大优势:

(1) 超大规模,对于服务器的数量、用户使用数量以及任务并发数量都能够非常庞大,能给用户感觉有无限的计算资源可被使用。

(2) 资源可伸缩,用户分配的资源可以根据需求的变化,相应的增加或减少,能减少用户设备投资,使得用户能够有一定规模的硬件资源,之后再根据需要扩展所需硬件资源。

(3) 成本低廉,按照用户所使用的资源收费,用户根据需求申请硬件资源,当不再需要时可以停止使用,停止后将不产生费用从而节省成本。现有的云计算技术主要融合了海量数据处理以及系统架构两大技术。由于有规模化作为支撑,所以其数据处理方面的能力十分强大,这种计算能力有助于我们分析事物间的规律与联系,可以用于预测未来的趋势。结合其他技术后,能为我们提供更便捷的服务。

2. 云数据中心特点

数据中心是信息系统的中心,用户通过网络连接后,使用数据中心提供的资源。其实数据中心才是云计算的主战场,用户所有的服务所请求的资源都在数据中心中

分配。数据中心通过IT技术,把数据处理、存储、传输、综合分析整合成一体化的管理系统。

传统数据中心的低利用率、高成本,已经不能够满足现在快速增长的需求。为云计算提供服务的新一代数据中心也开始越来越受到重视了。针对用户人数的持续攀升,用户对信息服务的依赖更加的强烈,用户都迫切的需要成本低、可靠性好、易于操作的信息服。所以,新一代的云数据中心应该具备以下特点:

(1) 资源的高利用率。峰值运行的时间短,使得大部分服务器的CPU利用率低。采取相应的技术,判断应用的需求更加合理的分配,提高利用率。

(2) 虚拟化。虚拟化技术可以将一台服务器分配成多台设备向外界提供服务,这样的技术能够提高设备的利用率。在数据中心服务器的规模庞大,通过虚拟化后能够有效地削减工作的服务器数量。还能达到降低成本的目的。

(3) 冗余设计。在云数据中心,需要为用户提供稳定性高的服务,这就意味着不能出现中断,因此新一代云数据中心都特别强调冗余、容错设计。能保证云计算中心的服务的稳定性和健壮性,满足用户对连续性和高可用性的要求。

(4) 绿色节能。由于云数据中心的规模宏大,如果每个设备都能够降低功率,在全年不间断工作的情况下,节能效果相当可观。比如选用节能性较高的刀片服务器,并配合采取智能的散热方案,再比如采取智能化环境控制,实现云数据中心能耗的降低,新一代数据中心的建设方案必须考虑到节能的需求。

3. 云数据中心的节能技术

我们知道服务器的处理能力主要依靠的是处理器(CPU), 计算所消耗的能耗也可以根据CPU的使用率来计算, 根据能耗关系如公式所示:

$$E = \int_t^{t+\Delta t} P a$$

公式中, E代表的是能耗(J), P代表的是功率(W), t表示执行的时长(S)。如果希望能耗E能够降低, 我们需要采取频率降低功率, 假如将频率减为一半, 这样单位时长内的能耗的确会降低。不过执行任务所需要的时间就会增加, 时间增加将近一倍。这样对于任务而言, 任务的能耗总量还是增加的。根据能耗公式可知, 如果想达到数据中心总能耗降低, 就要从降低功耗与缩短工作时长两方面出发。

早期通常是改善硬件设备的使用率, 间接的实现减少能耗。到现在云数据中心出现以后, 我们需要考虑的优化方案就变得灵活起来。主要包括有虚拟化技术、动态启停技术、动态电压频率调整技术(DVFS), 以及自然冷却技术。

3.1 虚拟化技术

虚拟化技术作为云计算中心主要技术之一, 能有效地提高资源利用率, 资源虚拟化成为云数据中心的基础架构。资源通过虚拟化后, 能够有效地屏蔽各服务器的差异, 为用户提供标准化的、统一化的接口, 这样就使用户可以更加便捷地使用虚拟化后提供的服务。

虚拟化技术主要是在一台服务器上创建多台虚拟机, 使得服务器的资源能够被共享, 将服务器的工作从独占式转变成共享式。这就好比一个设备, 当你单独使用时则会感觉成本很高, 当一旦共享出去成本就会被分担, 就会使得利用率变得高成本反而降低。而且当多个虚拟机共享服务器后, 它们之间的资源分配可以出现伸缩变化, 只要多个虚拟机不是同时达到峰值运行状态时, 他们之间可以通过抢占方式交替最大化使用资源, 不仅能够提高虚拟机用户的使用体验, 还能够保持服务器的高利用率。

通过虚拟化技术整合服务器提高服务器利用率, 同时关闭空闲服务器来降低能耗, 考虑状态转换开销和任务波动的影响, 通过负载预测技术降低服务器频繁变化, 从而达到节能的效果。

在数据中心中应用虚拟化技术, 对服务器较多的数据中心提出新型能耗优化。作者设计的该方法, 使得每个虚拟机都能控制能源消耗, 这种方法能够屏蔽底层平

台, 而让虚拟机间能够能耗优化协调控制。

相关资料通过虚拟技术进行节能调度, 首先要对虚拟机进行实时监控, 通过有限超前控制(LLC)技术, 通过预测之后一个时段内负载, 根据预测结果, 提前准备好所需要的虚拟机。当服务器的资源使用率很低时, 才执行虚拟机迁移, 迁移完成后关闭空闲服务器, 经过验证这个方案能够降低22%的能耗。

3.2 动态启停技术

动态开关服务器节能策略, 通过控制空闲服务器的数量, 减少能耗的浪费。在云数据中心实际运行过程中我们可以发现, 随着时间的变化数据中心的服务器工作数量是不停变化的。只要能够掌握其随时间变化的规律, 就可以通过预测结果为服务器的启停做决策。在不影响正常工作的前提下, 尽可能少的服务器长时间处于空闲状态造成的能源浪费。

相关人员提出了一种采取DVFS技术的超时策略, 指出空闲时长是与服务类型有一定的相关性, 而且同类业务请求是具有相似性的, 如果对于较小的样本范围采取结尾均值分析的话, 那么空闲时长服务的Pareto分布能够有效地估算出功耗。

服务器动态启停(DynamicPoweron/offServers)技术, 通过手动预设或者学习预测, 可以根据使用曲线的变化, 设置符合该时段需求的服务器数量。将超出需求量以外的服务器在该时段的执行关闭, 实现减少能耗的目的。

目前采取DPS技术节能的主要策略包括:

(1) 随机策略, 就是指通过随机选择的方式, 在数据中心选择服务器进行启停。这种模式类似于随机优化, 基于整个数据中心为对象, 利用随机决策策略选择节点状态控制, 再随机决策的基础上使用概率模型, 能够较精确的监测服务器的状态, 只有精确的监测到服务器状态才能够确定是否能够执行启停操作, 这样是为了提高用户的体验度, 满足用户的服务等级协议。

(2) 超时策略, 这种策略就是通过预设超时阈值, 通过监测服务器, 一旦发现有的服务器空闲的时长已经超过了我们设定的阈值, 则认定这个节点服务器是可以执行启停操作的。我们可以根据阈值的设定方式, 简单的分成静态超时阈值和动态超时阈值两大类。文献详细叙述两种超时阈值的原理, 并通过测试发现动态超时阈值的选取主要是受服务器电压、服务器应用场景以及调度转换这三个主要因素的影响。所以, 当你选用动态超时阈值策略时, 在选择阈值的时候要优先考虑上述三个影响因素以便于快速找出最优阈值。由于超时策略较为

简便，所以得到了更为广泛的应用。超时策略的节能效果取决于阈值的选取，如果取值太大，那么这仍会使得服务器空闲时间变长，而不具备最优节能效果；如果取值太小，这就会使得服务器数量不够用，让服务器频繁的开关既不节能还影响整体的性能。

(3) 预测策略，根据服务器长期以来的工作记录为数据源，通过统计分析历史记录中的信息，预测服务器的工作与空闲时段，再有预测后的结果对服务器进行启停。预测策略是数据分析和DVFS技术相结合的产物，它拥有比其他两种策略都要高的精准度，所以采用预测策略将会对服务器节能更为有效。不过所有的成效都是要花代价的，比如说预测策略首先就需要大量的数据，如果数据中心开辟数据库记录这些数据，那么这些每天都会产生数十G的信息，并且这些信息必须要保存一年甚至几年。这对于数据存储的能耗将是非常巨大的。

(4) 预留机制的策略，可以把服务器分成全时段工作队列和预备工作队列，全时段工作的为主服务模块，预备工作的为预留服务模块。这种模式的技术难点就是启用预留服务器的时间选择，服务器的数量是随着任务量的变化而变化的，识别客户的任务类型以及所需要的服务器数量将是这里的关键。文献提出的预留机制的分配策略，假定云数据中心总服务器数量为 T ，处于全时段的服务器数量为 S ，那么剩下的 $T-S$ 台服务器就属于预留队列，根据 S 台服务器的计算能力是否匹配用户所需的计算量，而决定是否启动预留队列的服务器。

3.3 自然冷却技术

数据中心是一个多类型设备的集合体。它的能耗不仅仅是服务器所消耗的，还有包括电源系统、照明系统和空调系统同样也需要消耗大量能源。一些有实力的互联网企业已经通过选择在靠近南北极等较寒冷地区或者采取海水制冷等自然资源优越的地理位置建设数据中心。这样不仅能节能互联网公司的大量运营成本，尤其是制冷费用，还能充分地保护环境。

现有采取自然冷却技术的数据中心有微软的都柏林数据中心，这个数据中心采用冷却室外空气后直接为数据中心降温；惠普在温耶德的数据中心，直接用靠近北海的室外凉风对数据中心进行制冷；Facebook在瑞典吕勒奥的数据中心，在靠近北极圈的地方，全年的平均气温不超过 20°C ；阿里的千岛湖数据中心，这个数据中心利用千岛湖的深层水为数据中心的服务器来降温，将深层水通过数据中心的服务器后，再流回千岛湖中，实现数据中心的节能。

4. 云数据中心能耗管理优化相关技术

4.1 资源部署与任务调度

在云计算条件下，为了满足客户不同的应用需求，需要提供各种不同的资源类型，所以在部署和调度时，用户需要根据自身需求的特点，进行动态的调整资源。资源部署与任务调度的目的：

(1) 保障服务质量：为用户的应用提供满足要求的可要资源，为其保障服务质量。

(2) 优化效率：为服务提供优质资源，确保数据传输与处理、任务调度的效率。

(3) 节省费用：按照用户的需求，资源根据需求做调整。在满足客户需求的前提下，将资源占用降到最低，为用户降低成本。

(4) 高效节能：数据中心的计算节点数量庞大，其能耗也非常的高，在部署资源和调度任务时，应当尽可能将任务部署到资源利用率低的数据中心，且在运行过程中对资源要进行整合。

4.2 资源虚拟化

虚拟化是指“计算元件不在真实的物理机上而是在虚拟化平台上，将服务器的各个组件视为基本资源，对这些资源进行抽象，从而优化解决方案”。如果想对资源有更高效的管理，就必须考虑虚拟化技术。当今主要的虚拟化技术包括有，完全虚拟化，特点是客户的所有软件都运行在虚拟机上，而客户的系统无需修改，例如VirtualBox，VMwareWorkstation；硬件辅助虚拟化，特点是CPU辅助虚拟化，例如Xen等。

虚拟化技术的优点：

(1) 资源整合：数据中心由大量服务器构成，通过虚拟化技术可以合并多个单一物理机，从而提高性能。

(2) 资源迁移：虚拟化技术可以去耦硬件环境，将用户数据保存在一个虚拟机内，将整个虚拟机迁移到不同平台。虚拟机迁移能够触发负载平衡，提升服务质量，同时还能降低费用。

(3) 资源定制：虚拟化技术能向用户提供所需的指定资源，如：CPU、内存、硬盘等。

4.3 任务调度

任务调度在操作系统中的地位和作用非常大，因为它是整个数据中心在操作过程中的重要组成部分。在实际运行过程中，任务调度程序的功能程度将直接影响整个系统的实际运行效率，也影响到它的及时性。通过任务调度进行管理，将大大减少系统运行过程中的能源消耗。

4.4 负载均衡

所谓负载均衡,是指把操作系统中的大任务分成小部分,把大问题分开分成几个小问题,该方法的应用是平衡负载,可以大大减少各种操作模块的工作量,通过单元之间的协作取得1+1>2的效果,并提高操作系统运行效率。

总而言之,随着云计算、5G、大数据等新兴技术的井喷式发展,对于云数据中心服务器的运算规模和运算速度都提出了越来越高的要求,数据中心的基础设施建设规模也因此不断扩大。但服务器机柜数量和机房空调等相关设施的增加,也带来了能源利用效率低、能耗大等种种问题,能源消耗的成本有时甚至超过云数据中心自身基础设施的建设成本。因此,在云数据中心深入开展节能研究具有重要意义。

参考文献:

- [1]范培. 面向云数据中心的工作流调度优化方法研究[D].桂林理工大学, 2021.DOI:10.27050/d.cnki.gglgc.2021.000433.
- [2]张磊,王莉.面向云数据中心的虚拟机部署与迁移优化机制[J].计算机工程与设计, 2019, 40(08):2216-2223.DOI:10.16208/j.issn1000-7024.2019.08.019.
- [3]杨孝果. 面向云数据中心的资源监控研究[D].南京邮电大学, 2015.
- [4]敬超. 面向云数据中心的高效能调度及资源管理研究[D].上海交通大学, 2014.
- [5]张会. 面向云数据中心节能的虚拟机迁移算法研究[D].河南科技大学, 2014.