

12 | 套路篇：CPU 性能优化的几个思路

2018-12-17 倪朋飞



讲述：冯永吉

时长 14:46 大小 13.54M



你好，我是倪朋飞。

上一节我们一起回顾了常见的 CPU 性能指标，梳理了核心的 CPU 性能观测工具，最后还总结了快速分析 CPU 性能问题的思路。虽然 CPU 的性能指标很多，相应的性能分析工具也很多，但理解了各种指标的含义后，你就会发现它们其实都有一定的关联。

顺着这些关系往下理解，你就会发现，掌握这些常用的瓶颈分析套路，其实并不难。

在找到 CPU 的性能瓶颈后，下一步要做的就是优化了，也就是找出充分利用 CPU 的方法，以便完成更多的工作。

今天，我就来说说，优化 CPU 性能问题的思路和注意事项。

性能优化方法论

在我们历经千辛万苦，通过各种性能分析方法，终于找到引发性能问题的瓶颈后，是不是立刻就要开始优化了呢？别急，动手之前，你可以先看看下面这三个问题。

首先，既然要做性能优化，那要怎么判断它是不是有效呢？特别是优化后，到底能提升多少性能呢？

第二，性能问题通常不是独立的，如果有多个性能问题同时发生，你应该先优化哪一个呢？

第三，提升性能的方法并不是唯一的，当有多种方法可以选择时，你会选用哪一种呢？是不是总选那个最大程度提升性能的方法就行了呢？

如果你可以轻松回答这三个问题，那么二话不说就可以开始优化。

比如，在前面的不可中断进程案例中，通过性能分析，我们发现是因为一个进程的**直接 I/O**，导致了 iowait 高达 90%。那是不是用“**直接 I/O 换成缓存 I/O**”的方法，就可以立即优化了呢？

按照上面讲的，你可以先自己思考下那三点。如果不能确定，我们一起来看看。

第一个问题，直接 I/O 换成缓存 I/O，可以把 iowait 从 90% 降到接近 0，性能提升很明显。

第二个问题，我们没有发现其他性能问题，直接 I/O 是唯一的性能瓶颈，所以不用挑选优化对象。

第三个问题，缓存 I/O 是我们目前用到的最简单的优化方法，而且这样优化并不会影响应用的功能。

好的，这三个问题很容易就能回答，所以立即优化没有任何问题。

但是，很多现实情况，并不像我举的例子那么简单。性能评估可能有多重指标，性能问题可能会多个同时发生，而且，优化某一个指标的性能，可能又导致其他指标性能的下降。

那么，面对这种复杂的情况，我们该怎么办呢？

接下来，我们就来深入分析这三个问题。

怎么评估性能优化的效果？

首先，来看第一个问题，怎么评估性能优化的效果。

我们解决性能问题的目的，自然是想得到一个性能提升的效果。为了评估这个效果，我们需要对系统的性能指标进行量化，并且要分别测试出优化前、后的性能指标，用前后指标的变化来对比呈现效果。我把这个方法叫做性能评估“三步走”。

1. 确定性能的量化指标。
2. 测试优化前的性能指标。
3. 测试优化后的性能指标。

先看第一步，性能的量化指标有很多，比如 CPU 使用率、应用程序的吞吐量、客户端请求的延迟等，都可以评估性能。那我们应该选择什么指标来评估呢？

我的建议是**不要局限在单一维度的指标上**，你至少要从应用程序和系统资源这两个维度，分别选择不同的指标。比如，以 Web 应用为例：

应用程序的维度，我们可以用**吞吐量和请求延迟**来评估应用程序的性能。

系统资源的维度，我们可以用 **CPU 使用率**来评估系统的 CPU 使用情况。

之所以从这两个不同维度选择指标，主要是因为应用程序和系统资源这两者间相辅相成的关系。

好的应用程序是性能优化的最终目的和结果，系统优化总是为应用程序服务的。所以，必须要使用应用程序的指标，来评估性能优化的整体效果。

系统资源的使用情况是影响应用程序性能的根源。所以，需要用系统资源的指标，来观察和分析瓶颈的来源。

至于接下来的两个步骤，主要是为了对比优化前后的性能，更直观地呈现效果。如果你的第一步，是从两个不同维度选择了多个指标，那么在性能测试时，你就需要获得这些指标的具体数值。

还是以刚刚的 Web 应用为例，对应上面提到的几个指标，我们可以选择 ab 等工具，测试 Web 应用的并发请求数和响应延迟。而测试的同时，还可以用 vmstat、pidstat 等性能工

具，观察系统和进程的 CPU 使用率。这样，我们就同时获得了应用程序和系统资源这两个维度的指标数值。

不过，在进行性能测试时，有两个特别重要的地方你需要注意下。

第一，要避免性能测试工具干扰应用程序的性能。通常，对 Web 应用来说，性能测试工具跟目标应用程序要在不同的机器上运行。

比如，在之前的 Nginx 案例中，我每次都会强调要用两台虚拟机，其中一台运行 Nginx 服务，而另一台运行模拟客户端的工具，就是为了避免这个影响。

第二，避免外部环境的变化影响性能指标的评估。这要求优化前、后的应用程序，都运行在相同配置的机器上，并且它们的外部依赖也要完全一致。

比如还是拿 Nginx 来说，就可以运行在同一台机器上，并用相同参数的客户端工具来进行性能测试。

多个性能问题同时存在，要怎么选择？

再来看第二个问题，开篇词里我们就说过，系统性能总是牵一发而动全身，所以性能问题通常也不是独立存在的。那当多个性能问题同时发生的时候，应该先去优化哪一个呢？

在性能测试的领域，流传很广的一个说法是“二八原则”，也就是说 80% 的问题都是由 20% 的代码导致的。只要找出这 20% 的位置，你就可以优化 80% 的性能。所以，我想表达的是，**并不是所有的性能问题都值得优化。**

我的建议是，动手优化之前先动脑，先把所有这些性能问题给分析一遍，找出最重要的、可以最大程度提升性能的问题，从它开始优化。这样的好处是，不仅性能提升的收益最大，而且很可能其他问题都不用优化，就已经满足了性能要求。

那关键就在于，怎么判断出哪个性能问题最重要。这其实还是我们性能分析要解决的核心问题，只不过这里要分析的对象，从原来的一个问题，变成了多个问题，思路其实还是一样的。

所以，你依然可以用我前面讲过的方法挨个分析，分别找出它们的瓶颈。分析完所有问题后，再按照因果等关系，排除掉有因果关联的性能问题。最后，再对剩下的性能问题进行

优化。

如果剩下的问题还是好几个，你就得分别进行性能测试了。比较不同的优化效果后，选择能明显提升性能的那个问题进行修复。这个过程通常会花费较多的时间，这里，我推荐两个可以简化这个过程的方法。

第一，如果发现是系统资源达到了瓶颈，比如 CPU 使用率达到了 100%，那么首先优化的一定是系统资源使用问题。完成系统资源瓶颈的优化后，我们才要考虑其他问题。

第二，针对不同类型的指标，首先去优化那些由瓶颈导致的，性能指标变化幅度最大的问题。比如产生瓶颈后，用户 CPU 使用率升高了 10%，而系统 CPU 使用率却升高了 50%，这个时候就应该首先优化系统 CPU 的使用。

有多种优化方法时，要如何选择？

接着来看第三个问题，当多种方法都可用时，应该选择哪一种呢？是不是最大提升性能的方法，一定最好呢？

一般情况下，我们当然想选能最大提升性能的方法，这其实也是性能优化的目标。

但要注意，现实情况要考虑的因素却没那么简单。最直观来说，**性能优化并非没有成本**。性能优化通常会带来复杂度的提升，降低程序的可维护性，还可能在优化一个指标时，引发其他指标的异常。也就是说，很可能你优化了一个指标，另一个指标的性能却变差了。

一个很典型的例子是我将在网络部分讲到的 DPDK (Data Plane Development Kit) 。DPDK 是一种优化网络处理速度的方法，它通过绕开内核网络协议栈的方法，提升网络的处理能力。

不过它有一个很典型的要求，就是要独占一个 CPU 以及一定数量的内存大页，并且总是以 100% 的 CPU 使用率运行。所以，如果你的 CPU 核数很少，就有点得不偿失了。

所以，在考虑选哪个性能优化方法时，你要综合多方面的因素。切记，不要想着“一步登天”，试图一次性解决所有问题；也不要只会“拿来主义”，把其他应用的优化方法原封不动拿来用，却不经过任何思考和分析。

CPU 优化

清楚了性能优化最基本的三个问题后，我们接下来从应用程序和系统的角度，分别来看看如何才能降低 CPU 使用率，提高 CPU 的并行处理能力。

应用程序优化

首先，从应用程序的角度来说，降低 CPU 使用率的最好方法当然是，排除所有不必要的工作，只保留最核心的逻辑。比如减少循环的层次、减少递归、减少动态内存分配等等。

除此之外，应用程序的性能优化也包括很多种方法，我在这里列出了最常见的几种，你可以记下来。

编译器优化：很多编译器都会提供优化选项，适当开启它们，在编译阶段你就可以获得编译器的帮助，来提升性能。比如，gcc 就提供了优化选项 `-O2`，开启后会自动对应用程序的代码进行优化。

算法优化：使用复杂度更低的算法，可以显著加快处理速度。比如，在数据比较大的情况下，可以用 $O(n\log n)$ 的排序算法（如快排、归并排序等），代替 $O(n^2)$ 的排序算法（如冒泡、插入排序等）。

异步处理：使用异步处理，可以避免程序因为等待某个资源而一直阻塞，从而提升程序的并发处理能力。比如，把轮询替换为事件通知，就可以避免轮询耗费 CPU 的问题。

多线程代替多进程：前面讲过，相对于进程的上下文切换，线程的上下文切换并不切换进程地址空间，因此可以降低上下文切换的成本。

善用缓存：经常访问的数据或者计算过程中的步骤，可以放到内存中缓存起来，这样在下次用时就能直接从内存中获取，加快程序的处理速度。

系统优化

从系统的角度来说，优化 CPU 的运行，一方面要充分利用 CPU 缓存的本地性，加速缓存访问；另一方面，就是要控制进程的 CPU 使用情况，减少进程间的相互影响。

具体来说，系统层面的 CPU 优化方法也有不少，这里我同样列举了最常见的一些方法，方便你记忆和使用。

CPU 绑定：把进程绑定到一个或者多个 CPU 上，可以提高 CPU 缓存的命中率，减少跨 CPU 调度带来的上下文切换问题。

CPU 独占：跟 CPU 绑定类似，进一步将 CPU 分组，并通过 CPU 亲和性机制为其分配进程。这样，这些 CPU 就由指定的进程独占，换句话说，不允许其他进程再来使用这些 CPU。

优先级调整：使用 nice 调整进程的优先级，正值调低优先级，负值调高优先级。优先级的数值含义前面我们提到过，忘了的话及时复习一下。在这里，适当降低非核心应用的优先级，增高核心应用的优先级，可以确保核心应用得到优先处理。

为进程设置资源限制：使用 Linux cgroups 来设置进程的 CPU 使用上限，可以防止由于某个应用自身的问题，而耗尽系统资源。

NUMA (Non-Uniform Memory Access) 优化：支持 NUMA 的处理器会被划分为多个 node，每个 node 都有自己的本地内存空间。NUMA 优化，其实就是让 CPU 尽可能只访问本地内存。

中断负载均衡：无论是软中断还是硬中断，它们的中断处理程序都可能会耗费大量的 CPU。开启 irqbalance 服务或者配置 smp_affinity，就可以把中断处理过程自动负载均衡到多个 CPU 上。

千万避免过早优化

掌握上面这些优化方法后，我估计，很多人即使没发现性能瓶颈，也会忍不住把各种各样的优化方法带到实际的开发中。

不过，我想你一定听说过高德纳的这句名言，“过早优化是万恶之源”，我也非常赞同这一点，过早优化不可取。

因为，一方面，优化会带来复杂性的提升，降低可维护性；另一方面，需求不是一成不变的。针对当前情况进行的优化，很可能并不适应快速变化的新需求。这样，在新需求出现时，这些复杂的优化，反而可能阻碍新功能的开发。

所以，性能优化最好是逐步完善，动态进行，不追求一步到位，而要首先保证能满足当前的性能要求。当发现性能不满足要求或者出现性能瓶颈时，再根据性能评估的结果，选择最重要的性能问题进行优化。

总结

今天，我带你梳理了常见的 CPU 性能优化思路和优化方法。发现性能问题后，不要急于动手优化，而要先找出最重要的、可以获得最大性能提升的问题，然后再从应用程序和系统

两个方面入手优化。

这样不仅可以获得最大的性能提升，而且很可能不需要优化其他问题，就已经满足了性能要求。

但是记住，一定要忍住“把 CPU 性能优化到极致”的冲动，因为 CPU 并不是唯一的性能因素。在后续的文章中，我还会介绍更多的性能问题，比如内存、网络、I/O 甚至是架构设计的问题。

如果不做全方位的分析 and 测试，只是单纯地把某个指标提升到极致，并不一定能带来整体的收益。

思考

由于篇幅的限制，我在这里只列举了几个最常见的 CPU 性能优化方法。除了这些，还有很多其他应用程序，或者系统资源角度的性能优化方法。我想请你一起来聊聊，你还知道哪些其他优化方法呢？

欢迎在留言区跟我讨论，也欢迎你把这篇文章分享给你的同事、朋友。我们一起在实战中演练，在交流中进步。



Linux 性能优化实战

10 分钟帮你找到系统瓶颈

倪朋飞

微软资深工程师
Kubernetes 项目维护者



新版升级：点击「 请朋友读」，10位好友免费读，邀请订阅更有**现金**奖励。

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得转载

上一篇 11 | 套路篇：如何迅速分析出系统CPU的瓶颈在哪里？

下一篇 13 | Linux 性能优化答疑（一）

精选留言 (37)

写留言



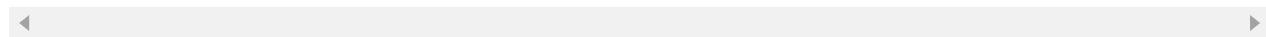
每天晒白牙

2018-12-17

16

【D12打卡】
CPU性能优化思路
方法论
1.性能优化的效果判断
三步走理论...
展开

作者回复:



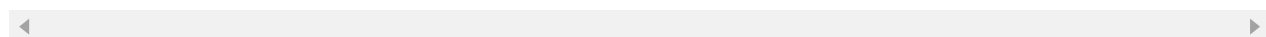
C家族的铁...

2018-12-17

5

又一篇精华满满的惊喜！
看到有人说，这些东西应该自己总结。是的，没错，很赞同。我也把用到的所有工具、指标、思路总结了一遍，但是看到老师给出了更全面系统的总结，仍然很受用。因为老师能从原理、关联多个角度给出更全面的知识网，也会指出一些易错的地方，是我们通学一遍、自己总结一遍以后的升华。起码，有些地方，因为原理知道的不多，我想错了或者...
展开

作者回复:



南宫轩诺

2019-01-15

2

倪老师，请教您一个问题：最近在开发服务端，遇到一个问题,客户端开启单线程批量向不

断服务端导入数据（服务端是多线程接收），并且存在加锁、日志异步打印和耗时统计操作，在这种情况下，客户端导入数据比较慢，服务端的cpu利用率只能维持在50%~60%左右，通过iostat和pidstat工具观测系统io和进程上下文切换等指标也没发现导致该现象的原因。...

展开 ▾

作者回复: I/O 模块有讲解的



我来也

2018-12-17

👍 2

[D12打卡]

这些常见的性能优化方法,之前都了解的不全面,待其他大神给我们开开眼界.
我以前优化大多都是感性的,就是凭感觉或经验,并没有些实际的指标来观测.
一方面自己只是做开发,管好自己的程序即可,其他方便(比如系统环境)可能是有心无力.
-----...

展开 ▾

作者回复: 总结的真棒，也谢谢分享你的经历



ivy是猪

2018-12-19

👍 1

买了几个课程里觉得最好的一门课，有条理，干货满满！

展开 ▾

作者回复: 谢谢



J

2018-12-17

👍 1

有没有可能讲一讲cpufreq Intel的E系列CPU影响很大啊 升级内核之后 谢谢

展开 ▾

作者回复: 没有涉及这一块。碰到了什么问题可以分享下？

**sandy**

2019-02-28



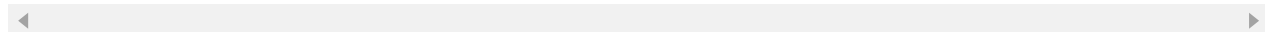
谢谢，不好意思再追问几句。

负载高CPU使用率低【也就是%idle高】，老师的结论是IO高，但我下面这么分析不知道对不对？

负载高CPU使用率低，说明CPU空闲的时候，等待队列里都是D状态进程，但是根据%iowait的定义和D状态的定义，CPU空闲时有D进程在等待的这段时间，应该算在...

展开 ∨

作者回复: 不是所有的I/O等待都算在iowait里：一旦有了使用CPU的进程，iowait就会降下来，user sys这些升高

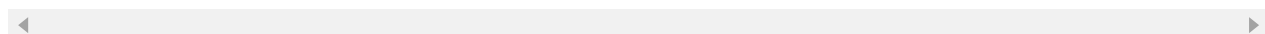
**sandy**

2019-02-25



请教一下倪老师，有一种比较常见的情况是负载很高，但CPU使用率很低，可能是什么原因呢？怎么模拟这种现象？这个问题想了很久一直得不到答案

作者回复: I/O密集型的应用

**sandy**

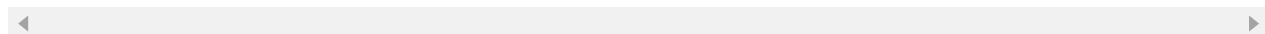
2019-02-25



针对上面一个学员的问题，为什么负载高但是还有空闲CPU就判断是进程切换呢？

展开 ∨

作者回复: 负载高不代表CPU使用率高，还有可能是I/O高

**Maxwell**

2019-01-25



请问CPU优化，cpu使用率和队列长度多少比较合适呢？

展开 ∨

作者回复: 自然是越低越好，这样可以运行更多的应用。不过这其实没有统一标准，比如有些应用就需要总是 CPU 100%，而更多的应用则不是。



Light

2019-01-24



听了这几期，估计倪兄也是五分钟课的粉丝～

展开 ∨

作者回复: 五分钟课是什么😄



Allen

2019-01-23



文章干货满满，如果当前cpu有DMA控制器，通过DMA进行数据搬移，也能很好的提高系统性能

作者回复: 嗯嗯



closer

2019-01-17



redis每次都把cpu打到100%。已经检查过netstat 和数据库只有6个连接，怎么排错

展开 ∨

作者回复: CPU使用率的问题有好几个案例了，可以先照着试试



Orcsir

2019-01-12



Flag

2019/01/12



Maxwell

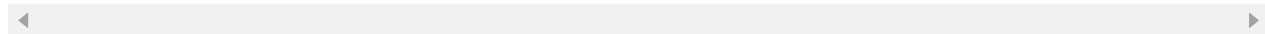
2019-01-10



CPU利用率多少算是比较合适的呢，CPU优化需要优化到多少比较合适？

展开 ∨

作者回复: 要结合实际业务来确定优化目标



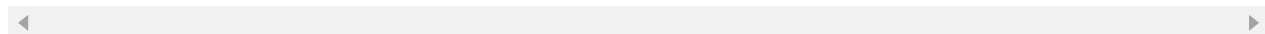
shibo

2019-01-09



之前做过服务器上的数据库性能优化，也是运用了这些套路，要是早点这篇文章，就能少走点弯路

作者回复: 现在也不晚☺



f

2019-01-07



打卡

展开 ∨



颇忒妥

2019-01-04

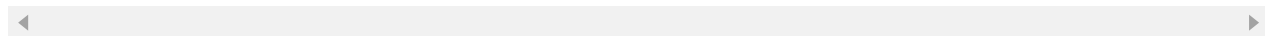


“分析完所有问题后，再按照因果等关系，排除掉有因果关联的性能问题。最后，再对剩下的性能问题进行优化。”

这句话不是太理解，为何要排除掉有因果关联的性能问题？

展开 ∨

作者回复: 目的是找根本而不是只看结果，比如软中断CPU使用率升高后要从网络方面来排查，而不是只盯着软中断的CPU使用率



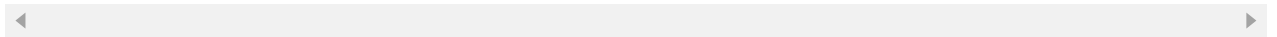
walt

2018-12-28



倪老师好，4核8G Centos7,cpu load 超过15，单核任务数接近4了，但是 cpu idle还有20~30%，这个情况下如何评价CPU资源呢？

作者回复: 繁忙呀，这时候系统就需要不停在调度进程，也会有大量的上下文切换



如果

2018-12-27



DAY12，打卡

展开 ∨