链滴

golang 调度模型：G-P-M

作者：cuua
原文链接：https://ld246.com/article/1609507592946
来源网站：链滴
许可协议：署名-相同方式共享 4.0 国际 (CC BY-SA 4.0)

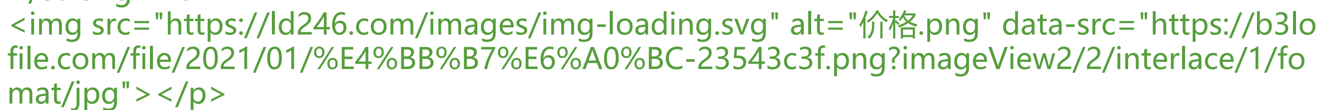
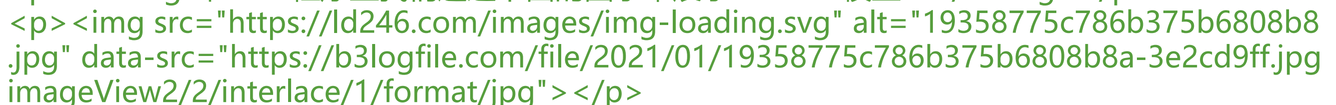
<h2 id="怎么让我们的系统更快">怎么让我们的系统更快</h2>
<p>随着信息技术的迅速发展，单台服务器处理能力越来越强，迫使编程模式由从前的串行模式升级
并发模型。</p>
<p>并发模型包含 IO 多路复用、多进程以及多线程，这几种模型都各有优劣，现代复杂的高并发架
大多是几种模型协同使用，不同场景应用不同模型，扬长避短，发挥服务器的最大性能。</p>
<p>而多线程，因为其轻量和易用，成为并发编程中使用频率最高的并发模型
包括后衍生的协程等其他子产品，也都基于它。</p>
<h2 id="toc_h2_1"></h2>
<h2 id="并发---并行">并发 ≠ 并行</h2>
<p>并发 (concurrency) 和 并行 (parallelism) 是不同的。</p>
<p>在单个 CPU 核上，线程通过时间片或者让出控制权来实现任务切换，达到 "同时" 运行多个
务的目的，这就是所谓的并发。但实际上任何时刻都只有一个任务被执行，其他任务通过某种算法来
队。</p>
<p>多核 CPU 可以让同一进程内的 "多个线程" 做到真正意义上的同时运行，这才是并行。</p>
<h2 id="-"></h2>
<h2 id="进程-线程-协程">进程、线程、协程</h2>
<p>进程：进程是系统进行资源分配的基本单位，有独立的内存空间。</p>
<p>线程：线程是 CPU 调度和分派的基本单位，线程依附于进程存在，每个线程会共享父进程的资
。</p>
<p>协程：**协程是一种用户态的轻量级线程，**协程的调度完全由用户控制，协程间切换只需要保
任务的上下文，没有内核的开销。</p>
<h2 id="--"></h2>
<h2 id="线程上下文切换">线程上下文切换</h2>
<p>由于中断处理，多任务处理，用户态切换等原因会导致 CPU 从一个线程切换到另一个线程，切
过程需要保存当前进程的状态并恢复另一个进程的状态。</p>
<p>上下文切换的代价是高昂的，因为在核心上交换线程会花费很多时间。上
文切换的延迟取决于不同的因素，大概在在 50 到 100 纳秒之间。考虑到硬件平均在每个核心上每
秒执行 12 条指令，那么一次上下文切换可能会花费 600 到 1200 条指令的延迟时间。实际上，
下文切换占用了大量程序执行指令的时间。</p>
<p>如果存在跨核上下文切换（Cross-Core Context Switch），可能会导致 C
U 缓存失效（CPU 从缓存访问数据的成本大约 3 到 40 个时钟周期，从主存访问数据的成本大约 1
0 到 300 个时钟周期），这种场景的切换成本会更加昂贵。</p>
<h2 id="---"></h2>
<h2 id="Golang-为并发而生">Golang 为并发而生</h2>
<p>Golang 从 2009 年正式发布以来，依靠其极高运行速度和高效的开发效率，迅速占据市场份额
Golang 从语言级别支持并发，通过轻量级协程 Goroutine 来实现程序并发运行。</p>
<p>Goroutine 非常轻量，主要体现在以下两个方面：</p>
<p>上下文切换代价小： Goroutine 上下文切换只涉及到三个寄存器（PC / SP
 DX）的值修改；而对比线程的上下文切换则需要涉及模式切换（从用户态切换到内核态）、以及 16
个寄存器、PC、SP...等寄存器的刷新；</p>
<p>**内存占用少：**线程栈空间通常是 2M，Goroutine 栈空间最小 2K；</p>
<p>Golang 程序中可以轻松支持 10w 级别的 Goroutine 运行，而线程数量
到 1k 时，内存占用就已经达到 2G。</p>
<h2 id="----"></h2>
<h2 id="Go-调度器实现机制-">Go 调度器实现机制：</h2>
<p>Go 程序通过调度器来调度**Goroutine 在内核线程上执行，**但是 Goroutine 并不直接绑定 OS
线程 M - Machine 运行，而是由 Goroutine Scheduler 中的 P - <em>Processor</
m> （逻辑处理器）来作获取内核线程资源的『中介』。</p>
<p>Go 调度器模型我们通常叫做 G-P-M 模型，他包括 4 个重要结构，分别是
G、P、M、Sched：</p>
<p>**G:Goroutine，**每个 Goroutine 对应一个 G 结构体，G 存储 Goroutine 的运行堆栈、状态
及任务函数，可重用。</p>
<p>G 并非执行体，每个 G 需要绑定到 P 才能被调度执行。</p>
<p>**P: Processor，**表示逻辑处理器，对 G 来说，P 相当于 CPU 核，G 只有绑定到 P 才能被调

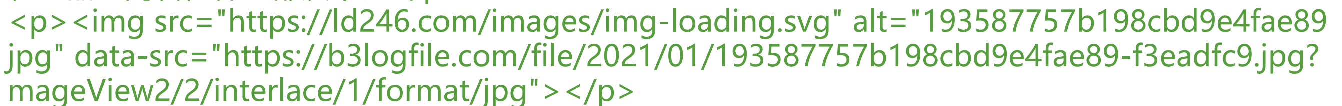
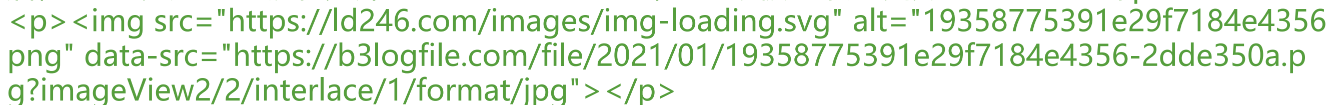
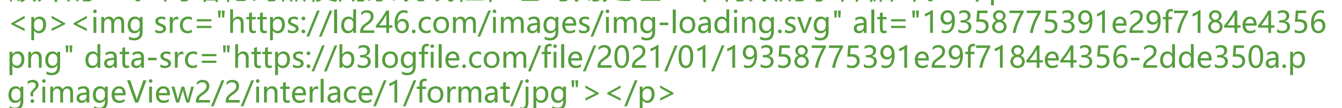
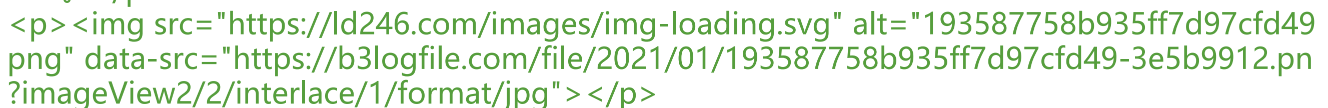
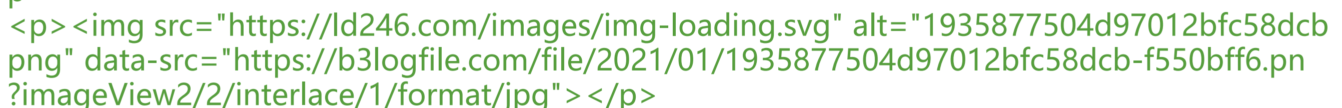
原文链接：golang 调度模型：G-P-M

。对 M 来说，P 提供了相关的执行环境(Context)，如内存分配状态(mcache)，任务队列(G)等。</p

<p>P 的数量决定了系统内最大可并行的 G 的数量（前提：物理 CPU 核数 >= P 的数量）。</p

<p>P 的数量由用户设置的 GoMAXPROCS 决定，但是不论 GoMAXPROCS 设置为多大
P 的数量最大为 256。</p>
<p>**M: Machine，**OS 内核线程抽象，代表着真正执行计算的资源，在绑定有效的 P 后，进入 sc
edule 循环；而 schedule 循环的机制大致是从 Global 队列、P 的 Local 队列以及 wait 队列中获取
</p>
<p>**M 的数量是不定的，由 Go Runtime 调整，**为了防止创建过多 OS 线程导致系统调度不过
，目前默认最大限制为 10000 个。</p>
<p>M 并不保留 G 状态，这是 G 可以跨 M 调度的基础。</p>
<p>**Sched：Go 调度器，**它维护有存储 M 和 G 的队列以及调度器的一些状态信息等。</p>
<p>调度器循环的机制大致是从各种队列、P 的本地队列中获取 G，切换到 G 的执行栈上并执行 G
函数，调用 Goexit 做清理工作并回到 M，如此反复。</p>
<p>理解 M、P、G 三者的关系，可以通过经典的地鼠推车搬砖的模型来说明其三者关系


<img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="价格.png" data-src="https://b3lo
file.com/file/2021/01/%E4%BB%B7%E6%A0%BC-23543c3f.png?imageView2/2/interlace/1/fo
mat/jpg"></p>
<p>地鼠(Gopher)的工作任务是：工地上有若干砖头，地鼠借助小车
/strong>把砖头运送到火种上去烧制。M 就可以看作图中的地鼠，P 就是小车，G 就是小
里装的砖。</p>
<p>弄清楚了它们三者的关系，下面我们就开始重点聊地鼠是如何在搬运砖块的。</p>
<p>Processor（P）：</p>
<p>根据用户设置的 GoMAXPROCS 值来创建一批小车(P)。</p>
<p>Goroutine(G)：</p>
<p>通过 Go 关键字就是用来创建一个 Goroutine，也就相当于制造一块砖(G)，然后将这块砖(G)放
当前这辆小车(P)中。</p>
<p>Machine (M)：</p>
<p>地鼠(M)不能通过外部创建出来，只能砖(G)太多了，地鼠(M)又太少了，实在忙不过来，<stron
>刚好还有空闲的小车(P)没有使用，那就从别处再借些地鼠(M)过来直到把小车(P)用完为
。</p>
<p>这里有一个地鼠(M)不够用，从别处借地鼠(M)的过程，这个过程就是创建一个内核线程(M)。</
>
<p>**需要注意的是：**地鼠(M) 如果没有小车(P)是没办法运砖的，小车(P)的数量决定了
够干活的地鼠(M)数量，在 Go 程序里面对应的是活动线程数；</p>
<p>在 Go 程序里我们通过下面的图示来展示 G-P-M 模型：</p>

<p><img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="19358775c786b375b6808b8
.jpg" data-src="https://b3logfile.com/file/2021/01/19358775c786b375b6808b8a-3e2cd9ff.jpg
imageView2/2/interlace/1/format/jpg"></p>
<p>P 代表可以“并行”运行的逻辑处理器，每个 P 都被分配到一个系统线程 M，G 代表 Go 协程。
/p>
<p>Go 调度器中有两个不同的运行队列：全局运行队列(GRQ)和本地运行队列(LRQ)。</st
ong></p>
<p>每个 P 都有一个 LRQ，用于管理分配给在 P 的上下文中执行的 Goroutines，这些 Goroutine
流被和 P 绑定的 M 进行上下文切换。GRQ 适用于尚未分配给 P 的 Goroutines。</p>
<p>**从上图可以看出，G 的数量可以远远大于 M 的数量，换句话说，Go 程序可以利用少量的内核
线程来支撑大量 Goroutine 的并发。**多个 Goroutine 通过用户级别的上下文切换来共享内核线程 M
的计算资源，但对于操作系统来说并没有线程上下文切换产生的性能损耗。</p>
<p>为了更加充分利用线程的计算资源，Go 调度器采取了以下几种调度策略：
/p>
<p>任务窃取（work-stealing）</p>
<p>我们知道，现实情况有的 Goroutine 运行的快，有的慢，那么势必肯定会带来的问题就是，忙

忙死，闲的闲死，Go 肯定不允许摸鱼的 P 存在，势必要充分利用好计算资源。</p>
<p>为了提高 Go 并行处理能力，调高整体处理效率，当每个 P 之间的 G 任务不均衡时，调度器允
从 GRQ，或者其他 P 的 LRQ 中获取 G 执行。</p>
<p>减少阻塞</p>
<p>如果正在执行的 Goroutine 阻塞了线程 M 怎么办？P 上 LRQ 中的 Goroutine 会获取不到调度
？</p>
<p>在 Go 里面阻塞主要分为一下 4 种场景：</p>
<p>场景 1：由于原子、互斥量或通道操作调用导致 Goroutine 阻塞，调度
将把当前阻塞的 Goroutine 切换出去，重新调度 LRQ 上的其他 Goroutine；</p>
<p>场景 2：由于网络请求和 IO 操作导致 Goroutine 阻塞，这种阻塞的情况
，我们的 G 和 M 又会怎么做呢？</p>
<p>Go 程序提供了**网络轮询器（NetPoller）**来处理网络请求和 IO 操作的问题，其后台通过 kq
eue（MacOS），epoll（Linux）或 iocp（Windows）来实现 IO 多路复用。</p>
<p>通过使用 NetPoller 进行网络系统调用，调度器可以防止 Goroutine 在进行这些系统调用时阻
M。这可以让 M 执行 P 的 LRQ 中其他的 Goroutines，而不需要创建新的 M。有助于减少操作系
上的调度负载。</p>
<p>**下图展示它的工作原理：**G1 正在 M 上执行，还有 3 个 Goroutine 在 LRQ 上等待执行。网
轮询器空闲着，什么都没干。</p>

<p><img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="193587757b198cbd9e4fae89
jpg" data-src="https://b3logfile.com/file/2021/01/193587757b198cbd9e4fae89-f3eadfc9.jpg?
mageView2/2/interlace/1/format/jpg"></p>
<p>接下来，G1 想要进行网络系统调用，因此它被移动到网络轮询器并且处理异步网络系统调用。
后，M 可以从 LRQ 执行另外的 Goroutine。此时，G2 就被上下文切换到 M 上了。</p>

<p><img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="19358775391e29f7184e4356
png" data-src="https://b3logfile.com/file/2021/01/19358775391e29f7184e4356-2dde350a.p
g?imageView2/2/interlace/1/format/jpg"></p>
<p>最后，异步网络系统调用由网络轮询器完成，G1 被移回到 P 的 LRQ 中。一旦 G1 可以在 M 上
行上下文切换，它负责的 Go 相关代码就可以再次执行。这里的最大优势是，执行网络系统调用不需
额外的 M。网络轮询器使用系统线程，它时刻处理一个有效的事件循环。</p>

<p><img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="19358775391e29f7184e4356
png" data-src="https://b3logfile.com/file/2021/01/19358775391e29f7184e4356-2dde350a.p
g?imageView2/2/interlace/1/format/jpg"></p>
<p>这种调用方式看起来很复杂，值得庆幸的是，Go 语言将该“复杂性”隐藏在 Runtime
中：Go 开发者无需关注 socket 是否是 non-block 的，也无需亲自注册文件描述符的回
，只需在每个连接对应的 Goroutine 中以“block I/O”的方式对待 socket 处理即可，实
了 goroutine-per-connection 简单的网络编程模式（但是大量的 Goroutine 也会带来
外的问题，比如栈内存增加和调度器负担加重）。</p>
<p>用户层眼中看到的 Goroutine 中的“block socket”，实际上是通过 Go runtime 中的 netpolle
通过 Non-block socket + I/O 多路复用机制“模拟”出来的。Go 中的 net 库正是按照这方式实现
。</p>
<p>**场景 3：**当调用一些系统方法的时候，如果系统方法调用的时候发生阻塞，这种情况下，网
轮询器（NetPoller）无法使用，而进行系统调用的 Goroutine 将阻塞当前 M。</p>
<p>让我们来看看同步系统调用（如文件 I/O）会导致 M 阻塞的情况：G1 将进行同步系统调用以阻
M1。</p>

<p><img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="193587758b935ff7d97cfd49
png" data-src="https://b3logfile.com/file/2021/01/193587758b935ff7d97cfd49-3e5b9912.pn
?imageView2/2/interlace/1/format/jpg"></p>
<p>调度器介入后：识别出 G1 已导致 M1 阻塞，此时，调度器将 M1 与 P 分离，同时也将 G1 带
。然后调度器引入新的 M2 来服务 P。此时，可以从 LRQ 中选择 G2 并在 M2 上进行上下文切换。<
p>

<p><img src="https://ld246.com/images/img-loading.svg" alt="1935877504d97012bfc58dcb
png" data-src="https://b3logfile.com/file/2021/01/1935877504d97012bfc58dcb-f550bff6.pn
?imageView2/2/interlace/1/format/jpg"></p>
<p>阻塞的系统调用完成后：G1 可以移回 LRQ 并再次由 P 执行。如果这种情况再次发生，M1 将

放在旁边以备将来重复使用**。**</p>
<p>**场景 4：**如果在 Goroutine 去执行一个 sleep 操作，导致 M 被阻塞了。</p>
<p>Go 程序后台有一个监控线程 sysmon，它监控那些长时间运行的 G 任务然后设置可以强占的标符，别的 Goroutine 就可以抢先进来执行。</p>
<p>只要下次这个 Goroutine 进行函数调用，那么就会被强占，同时也会保护现场，然后重新放入 P 的本地队列里面等待下次执行。</p>

原文链接：golang 调度模型：G-P-M