

进程/线程切换究竟需要多少开销？

原创 张彦飞allen 开发内功修炼 2019-11-04 10:38

收录于合集

#开发内功修炼之CPU篇

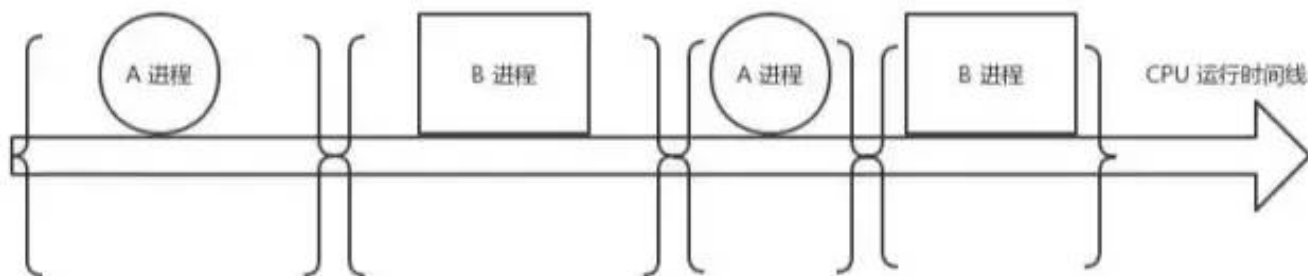
26个 >

进程是我们开发同学非常熟悉的概念，我们可能也听说过进程上下文切换开销。那么今天让我们来思考一个问题，究竟一次进程上下文切换会吃掉多少CPU时间呢？线程据说比进程轻量，它的上下文切换会比进程切换节约很多CPU时间吗？带着这些疑问，让我们进入正题。

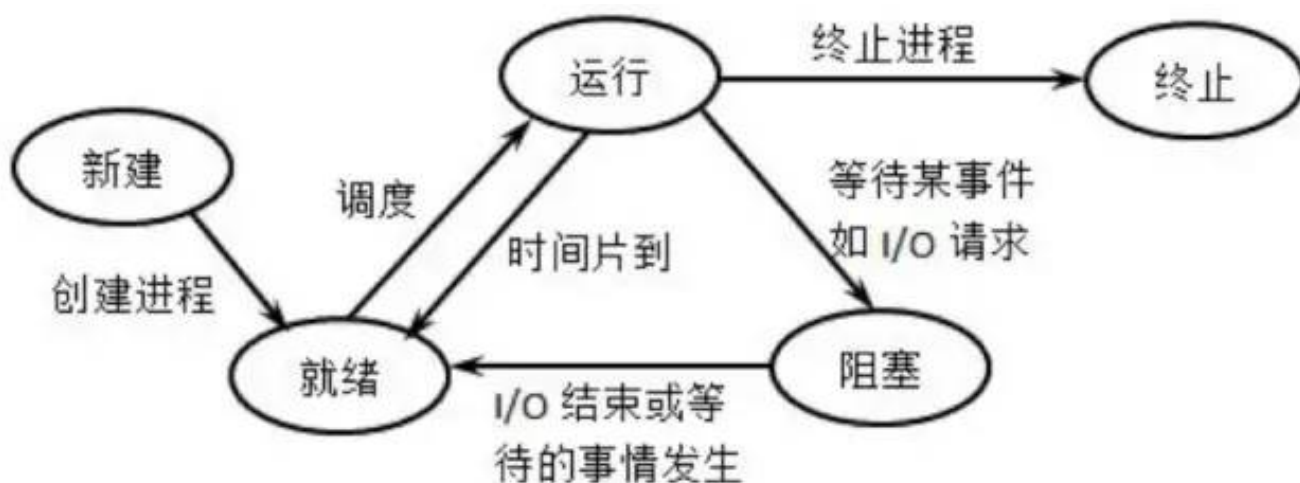


1 进程以及进程切换

进程是操作系统的伟大发明之一，对应用程序屏蔽了CPU调度、内存管理等硬件细节，而抽象出一个进程的概念，让应用程序专心于实现自己的业务逻辑既可，而且在有限的CPU上可以“同时”进行许多个任务。但是它为用户带来方便的同时，也引入了一些额外的开销。如下图，在进程运行中间的时间里，虽然CPU也在忙于干活，但是却没有完成任何的用户工作，这就是进程机制带来的额外开销。



在进程A切换到进程B的过程中，先保存A进程的上下文，以便于等A恢复运行的时候，能够知道A进程的下一条指令是啥。然后将要运行的B进程的上下文恢复到寄存器中。这个过程被称为上下文切换。上下文切换开销在进程不多、切换不频繁的应用场景下问题不大。但是现在Linux操作系统被用到了高并发的网络程序后端服务器。在单机支持成千上万个用户请求的时候，这个开销就得拿出来说道说道了。因为用户进程在请求Redis、Mysql数据等网络IO阻塞掉的时候，或者在进程时间片到了，都会引发上下文切换。



2 一次简单的进程切换开销测试

废话不多说，我们先用个实验测试一下，到底一次上下文切换需要多长的CPU时间！实验方法是创建两个进程并在它们之间传送一个令牌。其中一个进程在读取令牌时就会引起阻塞。另一个进程发送令牌后等待其返回时也处于阻塞状态。如此往返传送一定的次数，然后统计他们的平均单次切换时间开销。编译、运行

```
# gcc main.c -o main
# ./main./main
Before Context Switch Time1565352257 s, 774767 us
After Context SWitch Time1565352257 s, 842852 us
```

每次执行的时间会有差异，多次运行后平均每次上下文切换耗时3.5us左右。当然了这个数字因机器而异，而且建议在实机上测试。

前文我们测试系统调用的时候，最低值是200ns。可见，上下文切换开销要比系统调用的开销要大。系统调用只是在进程内将用户态切换到内核态，然后再切回来，而上下文切换可是直接从进程A切换到了进程B。显然这个上下文切换需要完成的工作量更大。

3 进程切换开销分析

那么上下文切换的时候，CPU的开销都具体有哪些呢？开销分成两种，一种是直接开销、一种是间接开销。

直接开销就是在切换时，cpu必须做的事情，包括：

- 1、切换页表全局目录
- 2、切换内核态堆栈
- 3、切换硬件上下文（进程恢复前，必须装入寄存器的数据统称为硬件上下文）
 - ip(instruction pointer): 指向当前执行指令的下一条指令
 - bp(base pointer): 用于存放执行中的函数对应的栈帧的栈底地址
 - sp(stack pointer): 用于存放执行中的函数对应的栈帧的栈顶地址
 - cr3:页目录基址寄存器，保存页目录表的物理地址
 -
- 4、刷新TLB
- 5、系统调度器的代码执行

间接开销主要指的是虽然切换到一个新进程后，由于各种缓存并不热，速度运行会慢一些。如果进程始终都在一个CPU上调度还好一些，如果跨CPU的话，之前热起来的TLB、L1、L2、L3因为运行的进程已经变了，所以以局部性原理cache起来的代码、数据也都没有用了，导致新进程穿透到内存的IO会变多。其实我们上面的实验并没有很好地测量到这种情况，所以实际的上下文切换开销可能比3.5us要大。

想了解更多详细操作过程的同学请参考《深入理解Linux内核》中的第三章和第九章。

4 一个更为专业的测试工具-lmbench

lmbench用于评价系统综合性能的多平台开源benchmark，能够测试包括文档读写、内存操作、进程创建销毁开销、网络等性能。使用方法简单，但就是跑有点慢，感兴趣的同学可以自己试一试。

这个工具的优势是进行了多组实验，每组2个进程、8个、16个。每个进程使用的数据大小也在变，充分模拟cache miss造成的影响。我用他测了一下结果如下（下图需要横向滚动查看完全）：

```
-----
Host          OS    2p/0K 2p/16K 2p/64K 8p/16K 8p/64K 16p/16K 16p/64K
                ctxsw  ctxsw   ctxsw  ctxsw   ctxsw   ctxsw   ctxsw
-----
bjzw_46_7 Linux 2.6.32- 2.7800 2.7800 2.7000 4.3800 4.0400 4.75000 5.48000
```

lmbench显示的进程上下文切换耗时从2.7us到5.48之间。

5 线程上下文切换耗时

前面我们测试了进程上下文切换的开销，我们再继续Linux测试一下线程。看看究竟比进程能不能快一些，快的话能快多少。

在Linux下其实本并没有线程，只是为了迎合开发者口味，搞了个轻量级进程出来就叫做线程。轻量级进程和进程一样，都有自己独立的task_struct进程描述符，也都有自己独立的pid。从操作系统视角看，调度上和进程没有什么区别，都是在等待队列的双向链表里选择一个task_struct切到运行态而已。只不过轻量级进程和普通进程的区别是可以共享同一内存地址空间、代码段、全局变量、同一打开文件集合而已。

同一进程下的线程之所有getpid()看到的pid是一样的，其实task_struct里还有一个tgid字段。对于多线程程序来说，getpid()系统调用获取的实际上是这个tgid，因此隶属同一进程的多线程看起来PID相同。

我们用一个实验来进行另外一个测试。其原理和进程测试差不多，创建了20个线程，在线程之间通过管道来传递信号。接到信号就唤醒，然后再传递信号给下一个线程，自己睡眠。这个实验里单独考虑了给管道传递信号的额外开销，并在第一步就统计了出来。

```
# gcc -lpthread main.c -o main
0.508250
4.363495
```

每次实验结果会有一些差异，上面的结果是取了多次的结果之后然后平均的，大约每次线程切换开销大约是3.8us左右。从上下文切换的耗时上来看，Linux线程（轻量级进程）其实和进程差别不太大。

6 Linux相关命令

既然我们知道了上下文切换比较的消耗CPU时间，那么我们通过什么工具可以查看一下Linux里究竟在发生多少切换呢？如果上下文切换已经影响到了系统整体性能，我们有没有办法把有问题的进程揪出来，并把它优化掉呢？（下图需要横向滚动查看完全）

```
# vmstat 1
procs  -----memory-----  ---swap--  -----io-----  --system--  -----cpu-----
 r  b    swpd    free   buff  cache   si   so    bi    bo    in   cs us sy id wa st
 2  0      0 595504   5724 190884    0    0   295   297    0    0 14  6 75  0  4
 5  0      0 593016   5732 193288    0    0    0    92 19889 29104 20  6 67  0  7
 3  0      0 591292   5732 195476    0    0    0    0 20151 28487 20  6 66  0  8
 4  0      0 589296   5732 196800    0    0  116  384 19326 27693 20  7 67  0  7
 4  0      0 586956   5740 199496    0    0  216   24 18321 24018 22  8 62  0  8
```

或者是

```
# sar -w 1
proc/s
    Total number of tasks created per second.
cswch/s
    Total number of context switches per second.
11:19:20 AM      proc/s      cswch/s
11:19:21 AM      110.28    23468.22
11:19:22 AM      128.85    33910.58
11:19:23 AM       47.52    40733.66
11:19:24 AM       35.85    30972.64
11:19:25 AM       47.62    24951.43
11:19:26 AM       47.52    42950.50
.....
```

上图的环境是一台生产环境机器，配置是8核8G的KVM虚机，环境是在nginx+fpm的，fpm数量为1000，平均每秒处理的用户接口请求大约100左右。其中**cs**列表示的就是在1s内系统发生的上下文切换次数，大约1s切换次数都达到4W次了。粗略估算一下，每核大约每秒需要切换5K次，则1s内需要花将近20ms在上下文切换上。要知道这是虚机，本身在虚拟化上还会有一些额外开销，而且还要真正消耗CPU在用户接口逻辑处理、系统调用内核逻辑处理、以及网络连接的处理以及软中断，所以20ms的开销实际上不低了。

那么进一步，我们看下到底是哪些进程导致了频繁的上下文切换？（下图可能需要横向滚动查看完全）

```
# pidstat -w 1
11:07:56 AM      PID      cswch/s  nvcswh/s  Command
11:07:56 AM      32316       4.00       0.00    php-fpm
11:07:56 AM      32508     160.00     34.00    php-fpm
11:07:56 AM      32726     131.00       8.00    php-fpm
.....
```

由于fpm是同步阻塞的模式，每当请求Redis、Memcache、Mysql的时候就会阻塞导致cswch/s自愿上下文切换，而只有时间片到了之后才会触发nvcswh/s非自愿切换。可见fpm进程大部分的切换都是自愿的、非自愿的比较少。

如果想查看具体某个进程的上下文切换总情况，可以在/proc接口下直接看，不过这个是总值。

```
grep ctxt /proc/32583/status
voluntary_ctxt_switches:      573066
nonvoluntary_ctxt_switches:  89260
```


上下文切换具体做哪些事情我们没有必要记，只需要记住一个结论既可，测得作者开发机上下文切换的开销大约是**2.7-5.48us左右**，你自己的机器可以用我提供的代码或工具进行一番测试。

lmbench相对更准确一些，因为考虑了切换后Cache miss导致的额外开销。



开发内功修炼



长按二维码识别关注

打通理论与实践的“任督”二脉

开发内功修炼

收录于合集 #开发内功修炼之CPU篇 26

← 上一篇

TLB缓存是个神马鬼，如何查看TLB miss？

下一篇 →

协程究竟比线程牛在什么地方？

喜欢此内容的人还喜欢

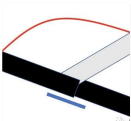
第二本书交稿了

开发内功修炼



打羽毛球一定要用小臂发力

小哆啦的随思随想



结合 Docker，快速掌握 Nginx 2 大核心用法

神光的编程秘籍

