作业 4

贾城昊 2021K8009929010

5.1 现有5个作业要在一台计算机上依次执行,它们的运行时间分别是9,3,5,11和X。请问:1)该以何种顺序运行这5个作业,从而可以获得最短的平均响应时间?2)如果要获得最短的平均周转时间,该以何种顺序运行这5个作业

- (1)需要根据 X 进行分类讨论:
 - a. 如果 $X \le 3$,顺序应该是 X、3、5、9、11。平均响应时间为 $\frac{[0+X+(X+3)+(X+3+5)+(X+3+5+9)]}{5} = 0.8X + 5.6$
 - 如果 X = 1, 平均响应时间为 6.4
 - 如果 X = 2, 平均响应时间为 7.2
 - 如果 X = 3, 平均响应时间为 8.0
 - b. 如果 $3 < X \le 5$,顺序应该是 3 < X < 5 < 9 < 11。平均响应时间为 $\frac{[0+3+(3+X)+(3+X+5)+(3+X+5+9)]}{5} = 0.6X+6.2$
 - 如果 X = 4, 平均响应时间为 8.6
 - 如果 X = 5, 平均响应时间为 9.2
 - c. 如果 $5 < X \le 9$,顺序应该是 3、5、X、9、11。平均响应时间为 $\frac{[0+3+(3+5)+(3+5+X)+(3+5+X+9)]}{5} = 0.4X + 7.2$
 - 如果 X = 6,则平均响应时间为 9.6
 - 如果 X = 7,则平均响应时间为 10.0
 - 如果 X = 8,则平均响应时间为 10.4
 - 如果 X = 9,则平均响应时间为 10.8

- d. 如果 $9 < X \le 11$,则依次为 3、5、9、X、11。平均响应时间为 $\frac{[0+3+(3+5)+(3+5+9)+(3+5+9+X)]}{5} = 0.2X + 9.0$
 - 如果 X = 10, 平均响应时间为 11.0
 - 如果 X = 11, 平均响应时间为 11.2
- e. 如果 X \geq 11,则依次为 3、5、9、11、X。平均响应时间为平均响应时间为 $\frac{[0+3+(3+5)+(3+5+9)+(3+5+9+11)]}{5}=11.2$
- (2) 同样需要根据 X 进行分类讨论:
 - a. 如果 X \leq 3,顺序应该是 X、3、5、9、11。平均周转时间为 $\frac{[X+(X+3)+(X+3+5)+(X+3+5+9)+(X+3+5+9+11)]}{5} = X+11.2$
 - 如果 X = 1, 平均周转时间为 12.2
 - 如果 X = 2, 平均周转时间为 13.2
 - 如果 X = 3, 平均周转时间为 14.2
 - b. 如果 $3 < X \le 5$,顺序应该是 3 < X < 5 < 9 < 11。平均响应时间为 $\frac{[3+(3+X)+(3+X+5)+(3+X+5+9)+(3+X+5+9+11)]}{5} = 0.8X + 11.8$
 - 如果 X = 4, 平均周转时间为 15.0
 - 如果 X = 5, 平均周转时间为 15.8
 - c. 如果 $5 < X \le 9$,顺序应该是 $3 \cdot 5 \cdot X \cdot 9 \cdot 11$ 。平均响应时间为 $\frac{[3+(3+5)+(3+5+X)+(3+5+X+9)+(3+5+X+9+11)]}{5} = 0.6X + 12.8$
 - 如果 X = 6,则平均周转时间为 16.4
 - 如果 X = 7,则平均周转时间为 17.0
 - 如果 X = 8,则平均周转时间为 17.6
 - 如果 X = 9,则平均周转时间为 18.2

- d. 如果 9 < X \leq 11,则依次为 3、5、9、X、11。平均响应时间为 $\frac{[3+(3+5)+(3+5+9)+(3+5+9+X)+(3+5+6+X+11)]}{5} = 0.4X + 14.6$
 - 如果 X = 10, 平均周转时间为 18.6
 - 如果 X = 11, 平均周转时间为 19.0
- e. 如果 X \geq 11,则依次为 3、5、9、11、X。平均响应时间为平均响应时间为 $\frac{[3+(3+5)+(3+5+9)+(3+5+9+11)+(3+5+9+11+X)]}{5}=0.2X+16.8$
 - 如果 X = 12, 平均周转时间为 19.2

- 5.2 现有5个作业(作业A、B、C、D、E)要在一台计算机上执行。假设它们在同一时间被提交,同时它们的运行时间分别是10、8、4、12和15分钟。当使用以下CPU调度算法运行这5个作业时,请计算平均等待时间。
- (1) Round robin算法 (使用该算法时,每个作业分到的CPU时间片相等)
- (2) 优先级调度算法 (作业A-E的优先级分别是: 2,5,1,3,4, 其中5是最高优先级, 1是最低优先级)
 - (3) First-come, first-served算法 (假设作业的达到顺序是A, B, C, D, E)
 - (4) Shortest job first算法

注意: 假设作业切换可以瞬时完成, 即开销为0。

(1) 假设时间片为 4min,则这五个任务的甘特图如下:

	Α	В	С	D	Ε	Α	В	D	E	Α	D	Е	Е	
() 4	4 8	3 1	12 1	6	20 7	24	28	32	36	38	42	46	49

所以 A 的等待时间为 (20-4) + (36-24) = 28 分钟

B 的等待时间为 (4-0) + (24-8) = 20 分钟

C 的等待时间为 8-0 = 8 分钟

D的等待时间为 (12-0) + (28-16) + (38-32) = 30 分钟

E 的等待时间为 (16-0) + (32-20) + (42-36) = 34 分钟

平均等待时间为
$$\frac{28+20+8+30+34}{5}$$
 = 24 分钟

- (2) 根据 A B C D E 的优先级,可得其运行顺序是 B、E、D、A、C。所以平均等 待时间为 $\frac{[0+8+(8+15)+(8+15+12)+(8+15+12+10)]}{5}$ = 22.2 分钟
- (3) 根据 FCFS 算法,可知运行顺序为 A、B、C、D、E,所以平均等待时间为 $\frac{[0+10+(10+8)+(10+8+4)+(10+8+4+12)]}{5}=16.8$ 分钟
- (4) 根据 SJF 算法,可知运行顺序为 C、B、A、D、E,所以平均等待时间为 $\frac{[0+4+(4+8)+(4+8+10)+(4+8+10+12)]}{5}=14.4~ 分钟$
- 5.3 A real-time system needs to handle two voice calls that each run every 5 msec and consume 1 msec of CPU time per burst, plus one video at 24 frames/sec, with each frame requiring 20 msec of CPU time. Is this system schedulable?

解:

可知
$$\sum \frac{C_i}{T_i} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{24*20}{1000} = \frac{22}{25} < 1$$
 所以这个系统是可以调度的。

- 5.4 作为容器技术的重要基础, cgroups 为 Linux 提供了内存、CPU 等资源的分配与限制功能。Cgroups 的使用手册可在 Linux 系统中通过 man cgroups 指令查看,或访问官方网页[1]。请重点关注 cgroups 中 cpu 子系统的文档[2]及其基本用法,回答以下问题,并附上必要代码和截图:
- (1) 回顾上一次作业中的绑核操作,写一个简单的程序,使其绑定1号CPU,且CPU占用率达到100%
- (2) 应用 cgroups 功能,将(1)中程序的 CPU 占用率限制在 30%以下
- (3) 重新启动共计 2 个 (1) 中的程序,观察它们各自的 CPU 占用率
- (4) 应用 cgroups 功能,将(3)中程序的 CPU 占用率调整为 2:1,并验证你的实现效果

注 1: 强烈建议同学优先尝试阅读官方手册, 学习从说明文档获取关键信息的能力; 若确实存在困难, 可查询中文资料并注明参考出处

注 2: 可以通过 Linux 的 top 命令查看系统内各进程的 CPU 等资源占用率

- [1] https://man7.org/linux/man-pages/man7/cgroups.7.html
- [2] https://www.kernel.org/doc/Documentation/scheduler/sched-bwc.txt

(1) 运行 hw5 (使得 CPU 占用率为 100%)

1. C 程序如下:

```
#define GNU SOURCE
    #include <stdio.h>
    #include <stdlib.h>
    #include <sched.h>
    #include <unistd.h>
    int main() {
        cpu set t mask;
        CPU ZERO(&mask);
        CPU SET(1, &mask); // 绑定到 CPU 1
        if (sched setaffinity(0, sizeof(mask), &mask) == -1) {
            perror("sched setaffinity");
        }
        while (1) {
            int a = 1;
            int b = 1;
            int c = a + b;
        }
        return 0;
}
```

2. 运行结果

上述程序运行后的 CPU 占用率如下所示:

top - 16:50:47 up 2 min, 1 user, load average: 1.03, 0.33, 0.12 Tasks: **251** total, **2** running, **249** sleeping, **0** stopped, **0** zom 0 zombie %Cpu(s): 8.6 us, 0.0 sy, 0.0 ni, 91.4 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, KiB Mem : 4045564 total, 1928488 free, 1067780 used, 1049296 buff/cache 2095100 total, KiB Swap: 2095100 free, 0 used. 2644876 avail Mem PID USER PR ΝI VIRT RES SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND 584 R 100.0 0.0 2545 sai 4216 652 0:25.24 hw5 1822 sai 20 0 1480396 255604 93252 S 0.7 6.3 0:13.69 compiz 58276 S 1174 root 20 0 523104 147972 0.3 3.7 0:02.81 Xorg 2464 S 1247 sai 20 0 180604 2812 0:00.10 VBoxClient 0.3 0.1 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.68 systemd 1 root 2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 20 0 0 S 3 root 0 0 0.0 0.0 0:00.00 ksoftirqd/0 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:0 4 root 0 0 -20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 5 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.02 kworker/u1+ 6 root 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.03 rcu_sched 20 0 0 S 0:00.00 rcu_bh 8 root 0 0 0.0 0.0 гt 0 0 0 0 S 0:00.00 migration/0 9 root 0.0 0.0 10 root гt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 watchdog/0 11 root гt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 watchdog/1 0 S 12 root гt 0 0 0 0.0 0.0 0:00.00 migration/1 0 S 13 root 20 0 0 0 0.0 0.0 0:00.00 ksoftirqd/1

0 S

0 S

0.0

0.0

0.0

0.0

0:00.00 kworker/1:0

0:00.00 kworker/1:+

可见该程序的 CPU 占用率为 100%

20

0 -20

0

(2) 应用 cgroups 功能限制 hw5 的 CPU 占用率:

0

0

0

0

在linux终端输入如下指令:

\$mkdir /sys/fs/cgroup/cpu/test

\$ cd /sys/fs/cgroup/cpu/ test

\$ sudo -s

14

root

15 root

\$ sudo echo 100000 > cpu.cfs period us

\$ sudo echo 30000 > cpu.cfs quota us

\$ echo 777 > tasks

(该hw5进程的pid为777)

查看CPU占用情况,如下所示:

top - 21:27:45 up 4:39, 1 user, load average: 0.22, 0.22, 0.29 Tasks: **248** total, **2** running, **246** sleeping, **0** stopped, **0** zombie %Cpu(s): **2.9** us, **0.1** sy, **0.0** ni, **97.0** id, **0.0** wa, **0.0** hi, **0.0** si, **0.0** st KiB Mem : **4045564** total, **1681424** free, **1246040** used, **1118100** buff/cache KiB Swap: **2095100** total, **2095100** free, **0** used. **2458748** avail Mem

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
777	root	20	0	4216	620	552	R	29.9	0.0	0:28.17	hw5
1822	sai	20	0	1480532	257044	93876	S	2.3	6.4	22:56.12	compiz
1174	root	20	0	558304	180696	59200	S	0.7	4.5	2:40.75	Xorg
555	root	20	0	0	0	0	S	0.3	0.0	0:00.01	kworker/u1+
714	root	20	0	0	0	0	S	0.3	0.0	0:00.06	kworker/3:2
1247	sai	20	0	180604	2812	2464	S	0.3	0.1	0:10.21	VBoxClient
1	root	20	0	119740	5848	3916	S	0.0	0.1	0:00.73	systemd
2	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kthreadd
3	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.07	ksoftirqd/0
5	root	0	-20	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kworker/0:+
7	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.85	rcu_sched
8	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	rcu_bh
9	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.08	migration/0
10	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.07	watchdog/0
11	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0		watchdog/1
12	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.11	migration/1
13	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.06	ksoftirqd/1

可见此时hw5程序的CPU占用率变为了29.9%

(3) 启动两个 hw5 程序

启动共计2个(1)中的程序,并在CPU终端输入 \$ echo 841 > tasks (echo 777 > tasks之前已经输入过了)

查看CPU占用率如下:

op - 21:33:41 up	⊗ 🖨 📵 sai@Computer: ~												
asks: 252 total, 3 running, 249 sleeping, 0 stopped, 0 zombie Cpu(s): 3.1 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 96.8 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st iB Mem: 4045564 total, 1671252 free, 1255796 used, 1118516 buff/cache iB Swap: 2095100 total, 2095100 free, 0 used. 2448876 avail Mem PID USER PR NI VIRT RES SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND 777 root 20 0 4216 620 552 R 15.0 0.0 2:11.95 hw5 841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	ор -	21:33	3:41 up	4:45	, 1 use	er, loa	d avera	ige	: 1.12	2, 0.9	7, 0.61		
iB Mem : 4045564 total, 1671252 free, 1255796 used, 1118516 buff/cache iB Swap: 2095100 total, 2095100 free, 0 used. 2448876 avail Mem PID USER PR NI VIRT RES SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND 777 root 20 0 4216 620 552 R 15.0 0.0 2:11.95 hw5 841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 5 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1													
IB Swap: 2095100 total, 2095100 free, 0 used. 2448876 avail Mem PID USER PR NI VIRT RES SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND 777 root 20 0 4216 620 552 R 15.0 0.0 2:11.95 hw5 841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1	Cpu(s	s): :	3.1 us,	0.1	sy, 0.0	ni, <mark>96</mark>	.8 id,	0	.0 wa,	0.0	hi, 0.0	si, 0.0 st	
PID USER PR NI VIRT RES SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND 777 root 20 0 4216 620 552 R 15.0 0.0 2:11.95 hw5 841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 rwatchdog/0 10 root 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 watchdog/1 11 root 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 watchdog/1 12 root 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1													
777 root 20 0 4216 620 552 R 15.0 0.0 2:11.95 hw5 841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 S 0.0 0:00.00 0:00.00 0:00.00 1:00.00 </td <td>iB S</td> <td>wap:</td> <td>2095100</td> <td>tota</td> <td>il, 209</td> <td>100 fre</td> <td>e,</td> <td></td> <td>0 use</td> <td>ed. 2</td> <td>448876 ava</td> <td>ail Mem</td>	iB S	wap:	2095100	tota	il, 209	100 fre	e,		0 use	ed. 2	448876 ava	ail Mem	
777 root 20 0 4216 620 552 R 15.0 0.0 2:11.95 hw5 841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 S 0.0 0:00.00 0:00.00 0:00.00 1:00.00 </td <td></td>													
841 sai 20 0 4216 648 580 R 15.0 0.0 2:40.58 hw5 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:07.75 compiz 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:43.16 Xorg 1247 sai 20 0 180604 2812 2464 S 0.3 0.1 0:10.61 VBoxClient 2193 sai 20 0 635428 55000 40996 S 0.3 1.4 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:04.46 gnome-term+ 1 root 20 0 0 0 0 0.0 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 0 0:00.00 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 0 0:00.00 0:00.00 kworker/0:+ 7 root													
1822 sai				0	4216								
1174 root	841	sai	20										
1247 sai	1822	sai	20	0	1480532	257044	93876	S	2.7	6.4	23:07.75	compiz	
2193 sai	1174	root	20	0	558304	180696	59200	S	0.3	4.5			
1 root 20 0 119740 5848 3916 S 0.0 0.1 0:00.73 systemd 2 root 20 0 0 0 0 0 0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 0 0 0 0.0 0:00.07 ksoftirqd/0 5 root 0 -20 0 0 0 0 0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 0 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 0 0 0 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root rt 0 0 0 0 5 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 0 5 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 5 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 5 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	1247	sai	20	0	180604	2812	2464	S	0.3	0.1			
2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd 3 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 ksoftirqd/0 5 root 0 -20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	2193	sai	20	0	635428	55000	40996	S	0.3	1.4			
3 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 ksoftirqd/0 5 root 0 -20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	1	root	20	0	119740	5848	3916	S	0.0	0.1			
5 root 0 -20 0 0 0 S 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 S 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 S 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root rt 0 0 0 S 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 S 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 S 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 S 0.0 0:00.11 migration/1	2	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0			
7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.87 rcu_sched 8 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	3	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0			
8 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 rcu_bh 9 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	5	root	0	- 20	0	0	0	S	0.0	0.0			
9 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 10 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	7	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.87	rcu_sched	
10 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 watchdog/0 11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	8	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	rcu_bh	
11 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	9	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.08	migration/0	
12 root rt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1	10	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.07	watchdog/0	
	11	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0			
13 root 20 0 0 0 0 0 0 0.0 0:00.06 ksoftirad/1	12	root	rt	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.11	migration/1	
	13	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.06	ksoftirad/1	

可见两个hw5程序的CPU占用率为15%,加起来才为30%

(4) 应用 cgroups 功能控制两个程序 CPU 占用率比例

再次运行一个hw5程序(之前进程号为841的hw5程序终止运行了),并在linux终端继续输入如下指令:

\$mkdir /sys/fs/cgroup/cpu/test2

\$ cd /sys/fs/cgroup/cpu/ test2

\$ sudo -s

\$ sudo echo 100000 > cpu.cfs_period_us

\$ sudo echo 15000 > cpu.cfs_quota_us

\$ echo 905 > tasks

然后查看CPU占用率, 结果如下

🕽 🔲 sai@Computer: ~ op - 21:36:23 up 4:48, 1 user, load average: 0.81, 0.81, 0.60 asks: **252** total, **3** running, **249** sleeping, **0** stopped, **0** zom Cpu(s): **4.4** us, **0.0** sy, **0.0** ni, **95.4** id, **0.1** wa, **0.0** hi, **0.0** si, **0.0** iB Mem : **4045564** total, **1678944** free, **1248120** used, **1118500** buff/cache Cpu(s): 4.4 us, **0.1** wa, **0.0** hi, **0.0** si, **0.0** st iB Swap: 2095100 total, 2095100 free, 0 used. 2456628 avail Mem PID USER VIRT RES SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND PR ΝI 620 552 R 29.7 2:55.44 hw5 777 root 20 0 4216 0.0 15.3 0:12.06 hw5 905 root 20 0 4216 616 552 R 0.0 1822 sai 20 0 1480532 257044 93876 S 2.7 6.4 23:19.38 compiz 0 0 S 0.0 0:00.10 jbd2/sda1-8 202 root 20 0 0 0.3 1174 root 20 0 558304 180696 59200 S 0.3 4.5 2:45.67 Xorg 0 36.410g 2412 sai 20 69320 52312 S 0.3 1.7 0:00.68 code 20 0 119740 5848 3916 S 0:00.73 systemd 1 root 0.0 0.1 0 S 0:00.00 kthreadd 2 root 20 0 0 0 0.0 0.0 3 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.07 ksoftirqd/0 5 root 0 - 20 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kworker/0:+ 7 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.88 rcu sched 0:00.00 rcu bh 8 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 9 root гt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.08 migration/0 0 S 0:00.07 watchdog/0 10 root гt 0 0 0 0.0 0.0 0:00.08 watchdog/1 11 root гt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 12 root гt 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.11 migration/1 0 S 0 0 0 0:00.06 ksoftirqd/1 13 root 20 0.0 0.0

可见两个hw5程序分别占用CPU为30%和15%,占用率为2:1