

Parte 2

Processos CPU-bound e I-O bound



Comando “time”

A ferramenta time (<https://linux.die.net/man/1/time>) foi utilizada para obter as estatísticas de uso de recursos em cada um dos programas desenvolvidos.

A saída foi formatada da seguinte maneira:

```
~$ /usr/bin/time -f “\n%e real\n%U user\n%S sys\n%w vol\n%c unvol\n%P CPU”
```

Onde:

real = Tempo real gasto no processo.

user = Tempo gasto pela CPU em modo usuário.

sys = Tempo gasto pelo sistema em modo kernel.

w = Número de trocas de contexto voluntárias.

c = Número de trocas de contexto involuntárias.

CPU = Porcentagem de uso da CPU. Calculado da seguinte forma: $(user + sys)/real$

Processo CPU-bound

Trata-se de um processo que utiliza muitos ciclos de tempo da CPU, e durante a execução, o processo passa a maior parte do tempo sendo processado.

Para exemplificar o funcionamento de um processo CPU-bound, analisamos a execução de um programa que calcula a quantidade de primos em um dado intervalo de inteiros, o “Program_CPU-bound.c”.

Trata-se de um programa que realiza puramente cálculos, e o único I/O é imprimir o resultado na tela.

É possível afirmar que o algoritmo possui complexidade de tempo $O(n^2)$.

Testes

Foram escolhidos 2 intervalos distintos para realizar os testes, a fim de aferir o quanto o “tamanho do problema” influencia nos resultados da execução.

- 1º Caso:
 - Início = 5000, Fim = 30000
 - Resultado = 2576 primos
- 2º Caso:
 - Início = 1000, Fim = 100000
 - Resultado = 9424 primos

Resultados

1º Caso: (De 5000 a 30000)

Tempo total = 0.16 s

Tempo em modo usuário = 0.16 s

Tempo em modo kernel = 0.00 s

Trocas de contexto voluntárias = 1

Trocas de contexto involuntárias = 9

Porcentagem de uso da CPU = 100%

```
Prime count = 2576  
0.16 real  
0.16 user  
0.00 sys  
1 vol  
9 unvol  
100% CPU
```

Resultados

2º Caso: (De 1000 a 100000)

Tempo total = 1.81 s

Tempo em modo usuário = 1.80 s

Tempo em modo kernel = 0.00 s

Trocas de contexto voluntárias = 1

Trocas de contexto involuntárias = 58

Porcentagem de uso da CPU = 99%

```
Prime count = 9424
1.81 real
1.80 user
0.00 sys
1 vol
58 unvol
99% CPU
```

Análise dos resultados

1. Os resultados de ambos os testes mostraram que o Tempo total (real) e o Tempo em modo usuário (user) são praticamente iguais, o que significa que o processo passou quase que a totalidade de seu tempo de execução sendo processado pela CPU.
2. O Tempo em modo kernel (sys) foi nulo em ambos os testes, o que significa que o SO praticamente não gastou tempo realizando a comunicação do processo com o hardware (CPU, memória, I/O).
3. A Porcentagem de uso da CPU do programa é bastante elevada, aproximadamente 100%, o que significa que a CPU não ficou “parada” durante a execução.
4. As trocas de contexto voluntárias não aumentaram, mas as involuntárias sim, devido ao maior tempo total de execução.
5. O tempo total de execução cresceu com o aumento de volume de dados, como previsto pela análise de complexidade de tempo do algoritmo.

Processo IO-bound

Trata-se de processos que realizam um elevado número de operações de I/O, sendo assim, ele passa muito tempo em estado de espera, pois praticamente não utiliza o processamento da CPU.

Para exemplificar o funcionamento de um processo IO-bound, analisamos a execução de um programa que lê um arquivo do tipo texto em disco e imprime seu conteúdo na tela, o “Program_IO-bound.c”.

Trata-se de um programa que realiza várias leituras de disco e o procedimento de I/O que é imprimir na saída padrão (stdout, a tela do usuário).

É possível afirmar que o algoritmo possui complexidade de tempo $O(n)$, onde “n” é o tamanho do arquivo.

Teste

A arquivo de entrada utilizado nos testes é o “poema.txt”, onde foi variado o seu tamanho.

- 1º Caso:
 - Tamanho = 244 kb
- 2º Caso:
 - Tamanho = 6148 kb

Resultados

1º Caso: (arquivo de 244 kb)

Tempo total = 0.05 s

Tempo em modo usuário = 0.00 s

Tempo em modo kernel = 0.01 s

Trocas de contexto voluntárias = 1

Trocas de contexto involuntárias = 6286

Porcentagem de uso da CPU = 36%

```
Fim da execucao!
```

```
0.05 real
```

```
0.00 user
```

```
0.01 sys
```

```
1 vol
```

```
6286 unvol
```

```
36% CPU
```

Resultados

2º Caso: (arquivo de 6148 kb)

Tempo total = 27.65 s

Tempo em modo usuário = 0.20 s

Tempo em modo kernel = 0.32 s

Trocas de contexto voluntárias = 92

Trocas de contexto involuntárias = 158353

Porcentagem de uso da CPU = 1%

```
Fim da execucao!  
  
27.65 real  
0.20 user  
0.32 sys  
92 vol  
158353 unvol  
1% CPU
```

Análise dos Resultados

1. O Tempo total (real) foi bem maior que o Tempo em modo usuário (user) e o Tempo em modo kernel (sys), o que significa que o programa passa a maior parte do tempo no estado de espera, pois realiza um elevado número de operações de I/O.
2. O Tempo em modo kernel (sys) é maior que o tempo em modo usuário (user), o que significa que o SO praticamente gastou mais tempo realizando a comunicação do processo com o hardware (principalmente com o disco), em relação ao tempo que a CPU trabalha no processo.
3. As trocas de contexto voluntárias aumentaram consideravelmente com o aumento do arquivo.
4. As trocas de contexto involuntárias, enquanto aguarda uma operação de I/O, cresceram com o aumento do arquivo e cresceram ainda mais em relação ao CPU-bound.