



Avaliação de desempenho de Sistemas de Informação
Teoria das filas - Rede de Filas I

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Prof. Sergio Nascimento

sergio.onascimento@sp.senac.br



Classificação – Números de Classes de Cargas

- ❑ Carga Única
 - Solicitações são de um único tipo e possuem as mesmas características (taxa de chegada, tempo de serviço, etc.)
- ❑ Múltiplas Cargas
 - Sistema aceita diversos tipos diferentes de cargas (características diferentes também)
- ❑ Lei do Fluxo Forçado

Definição de cliente depende do escopo da análise:

disco → cliente = acesso a disco

Servidor → cliente = requisição do usuário

Demanda de Serviço

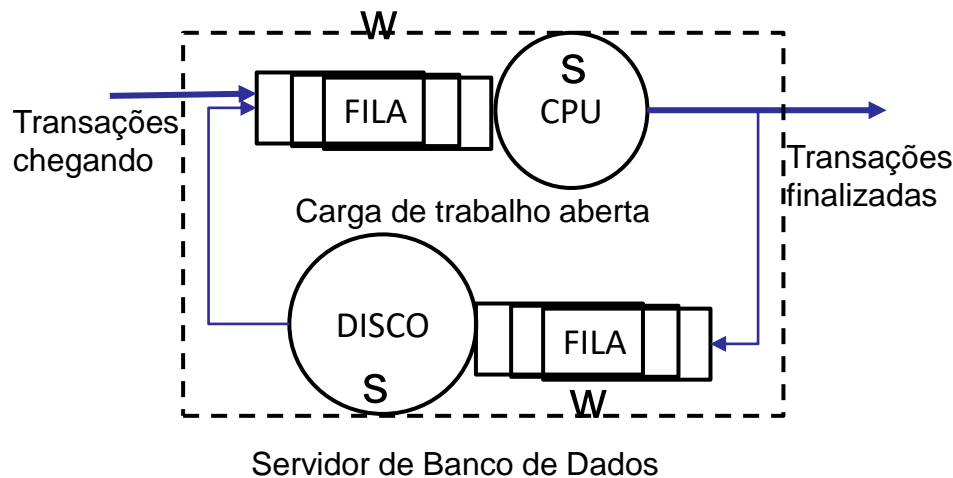
Os requisitos de serviço em cada dispositivo podem ser especificados de duas maneiras:

- Pelo numero de visitas que um cliente faz ao dispositivo uma vez no sistema V_i + tempo de serviço por visita S_i

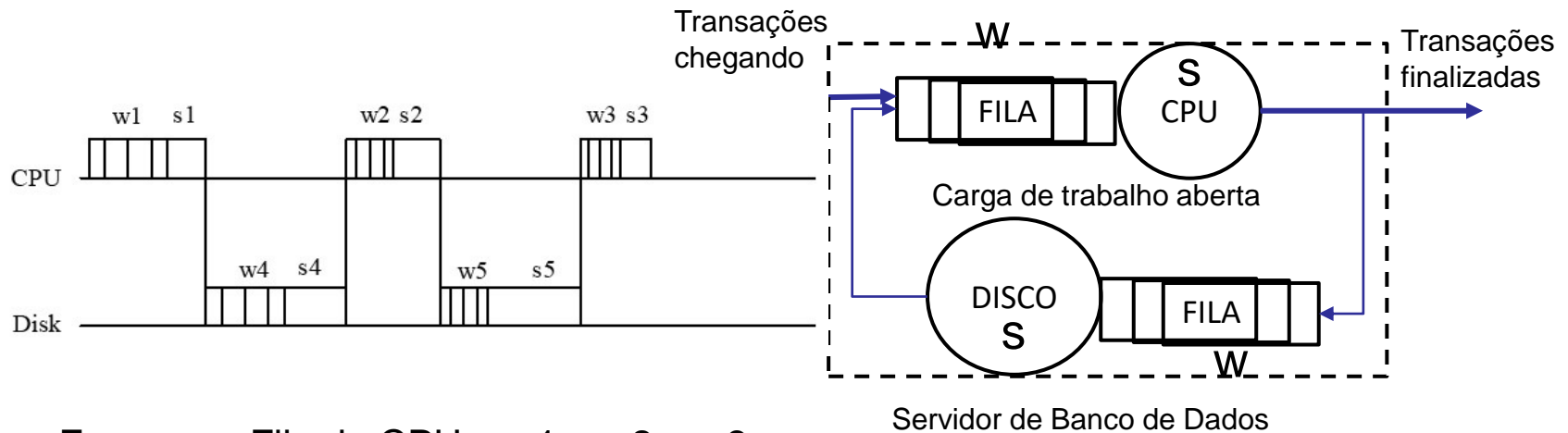
ou

- Demanda total por serviço do dispositivo D_i

$$D_i \equiv V_i S_i$$



Demanda de Serviço



Demanda de Serviço



Qual a unidade usada para medir demanda de serviço?

Demanda de serviço aumenta em função da carga no sistema?

Qual a relação entre tempo de serviço e demanda de serviço ?

Qual a relação entre tempo de resposta, tempo de serviço e tempo de espera em fila?

Qual a relação entre tempo de permanência e o tempo de resposta?

Demanda de Serviço

❑ Demanda de serviço no servidor i (D_i) $D_i = V_i \times S_i$

- D_i = Tempo médio total de serviço para todas as visitas.
- V_i = taxa relativa de visitas ao servidor i (número médio de visitas ao dispositivo por solicitação)
- S_i = tempo médio de serviço para cada visita, de uma mesma solicitação, ao servidor i .

Se um job faz em media 20 visitas a um disco e requer, em cada visita, um tempo médio de serviço de 25 ms. Calcular a demanda média e a demanda total por serviço no disco.

$i=1$

$V_i = 20$ e $S_i = 25 \rightarrow D_i = V_i \times S_i = 20 \times 25 = 500$ ms

A demanda media por serviço no disco e 0.5 seg

Demanda total de um job por todos os recursos do sistema: $D = \sum D_i$

Lei do Fluxo Forçado

□ Taxa relativa de visitas ao servidor i (V_i)
$$V_i = \frac{C_i}{C_0}$$

- C_i = número de transações que saem do servidor i
- C_0 = número de transações que saem do sistema
- V_i = taxa relativa de visitas ao servidor i (número médio de visitas ao dispositivo por solicitação)

Ex: Durante período de medição, 10 requisições foram servidas e houve 150 acessos ao disco 1:

$$V_{\text{disco_1}} = 150/10 = 15 \text{ acessos/requisição}$$

Lei do Fluxo Forçado

□ Throughput (X)

- X_o = taxa de processamento do sistema
- X_i = taxa de processamento do servidor i
- C_o = número de transações que saem do sistema
- T = Intervalo de observação
- V_i = taxa relativa de visitas ao servidor i (número médio de visitas ao dispositivo por solicitação)

$$X_o = \frac{C_o}{T}$$

$$X_i = X_o \times V_i$$

- Os throughputs (fluxos de clientes) em todas as partes do sistema devem ser proporcionais umas as outras
- Variáveis operacionais dos sistemas de fila única continuam valendo (B_i , S_i e R_i)

Lei do Fluxo Forçado

□ Utilização (U)

$$U_i = X_i \times S_i \quad \text{onde,} \quad X_i = X_o \times V_i \quad \text{portanto,}$$

$$U_i = X_o \times V_i \times S_i \quad \text{onde,} \quad D_i = V_i \times S_i \quad \text{portanto,}$$

$$U_i = X_o \times D_i$$

Exercícios

1) Durante um período de 10 segundos, 40 solicitações foram atendidas por um sistema servidor de arquivos (CPU + disco). Cada solicitação requer 2 acessos ao disco. O tempo médio de serviço no disco é de 30 ms. Qual é o *Throughput* médio do sistema nesse período?

$T =$

$C_0 =$

$V_i =$

$S_i =$

Exercícios

1) Durante um período de 10 segundos, 40 solicitações foram atendidas por um sistema servidor de arquivos (CPU + disco). Cada solicitação requer 2 acessos ao disco. O tempo médio de serviço no disco é de 30 ms. Qual é o *Throughput* médio do sistema nesse período?

$$T = 10 \text{ s}$$

$$C_0 = 40 \text{ solicitações}$$

$$V_i = 2 \text{ visitas/solicitação}$$

$$S_i = 30 \text{ ms}$$

Exercícios

1) Durante um período de 10 segundos, 40 solicitações foram atendidas por um sistema servidor de arquivos (CPU + disco). Cada solicitação requer 2 acessos ao disco. O tempo médio de serviço no disco é de 30 ms. Qual é o *Throughput* médio do sistema nesse período?

$$T = 10 \text{ s}$$

$$C_0 = 40 \text{ solicitações}$$

$$V_i = 2 \text{ visitas/solicitação}$$

$$S_i = 30 \text{ ms}$$

$$X_0 = \frac{C_0}{T} = \frac{40}{10} = 4 \text{ solicitações/s}$$

Exercícios

2) Durante um período de 10 segundos, 40 solicitações foram atendidas por um sistema servidor de arquivos (CPU + disco). Cada solicitação requer 2 acessos ao disco. O tempo médio de serviço no disco é de 30 ms. Qual é a *Utilização* média do disco nesse período?

$$T = 10 \text{ s}$$

$$C_0 = 40 \text{ solicitações}$$

$$V_i = 2 \text{ visitas/solicitação}$$

$$S_i = 30 \text{ ms}$$

$$X_0 = \frac{C_0}{T} = \frac{40}{10} = 4 \text{ solicitações/s}$$

Exercícios

2) Durante um período de 10 segundos, 40 solicitações foram atendidas por um sistema servidor de arquivos (CPU + disco). Cada solicitação requer 2 acessos ao disco. O tempo médio de serviço no disco é de 30 ms. Qual é a *Utilização* média do disco nesse período?

$$T = 10 \text{ s}$$

$$C_0 = 40 \text{ solicitações}$$

$$V_i = 2 \text{ visitas/solicitação}$$

$$S_i = 30 \text{ ms}$$

$$X_0 = \frac{C_0}{T} = \frac{40}{10} = 4 \text{ solicitações/s}$$

$$X_i = X_0 \times V_i$$

$$U_i = X_i \times S_i$$

Exercícios

2) Durante um período de 10 segundos, 40 solicitações foram atendidas por um sistema servidor de arquivos (CPU + disco). Cada solicitação requer 2 acessos ao disco. O tempo médio de serviço no disco é de 30 ms. Qual é a *Utilização* média do disco nesse período?

$$T = 10 \text{ s}$$

$$C_0 = 40 \text{ solicitações}$$

$$V_i = 2 \text{ visitas/solicitação}$$

$$S_i = 30 \text{ ms}$$

$$X_0 = \frac{C_0}{T} = \frac{40}{10} = 4 \text{ solicitações/s}$$

$$X_i = X_0 \times V_i = X_0 \times 2 = 4 \times 2 = 8 \text{ solicitações/s}$$

$$U_i = X_i \times S_i = X_i \times 0,03 = 8 \times 0,03 = 0,24 \times 100 = 24\%$$

Exercícios

3) Suponha que um disco sirva em media 40 requisições/seg e que uma requisição típica demande 0.0225 segundos para ser servida pelo disco. Considerando um recurso sem fila, qual a utilização do disco?

$$X = 40 \text{ req/s}$$

$$S = 0,0225 \text{ s}$$

Exercícios

3) Suponha que um disco sirva em media 40 requisições/seg e que uma requisição típica demande 0.0225 segundos para ser servida pelo disco. Considerando um recurso sem fila, qual a utilização do disco?

População de clientes $[0,1]$ $N = U$ utilização do recurso $(0 \times P [0 \text{ cliente}] + 1 \times P [1 \text{ cliente presente}])$

- Tempo de residência $R = S$ requisito (tempo) de serviço médio por cliente (não inclui atraso na fila)

$$R = S = 0.0225 ; X = 40$$

$$N = U = XS = 40 \times 0.0225 = 0.9$$

$$U = 90\%$$

Exercícios

4) Suponha que para o mesmo disco do exemplo anterior, foi verificado que existem, em média 4 requisições para leitura pendentes. Qual o tempo que uma requisição permanece na fila do disco? Qual o tamanho médio da fila?

N = requisições na fila e em serviço

R = tempo médio que um cliente permanece no recurso por visita (tempo de fila + tempo de serviço)

Exercícios

4) Suponha que para o mesmo disco do exemplo anterior, foi verificado que existem, em media 4 requisições para leitura pendentes. Qual o tempo que uma requisição permanece na fila do disco? Qual o tamanho médio da fila?

N = requisições na fila e em serviço

R = tempo médio que um cliente permanece no recurso por visita (tempo de fila + tempo de serviço)

$$N = 4 \quad X = 40$$

$$N = RX \rightarrow R = N/X = 0.1 \text{ segundos (Lei de Little)}$$

$$\text{Tempo na fila: } R - 0.0225 = 0.1 - 0.0225 = 0.0775 \text{ seg}$$

$$\text{Tamanho da fila: } N - U = 4 - 0.9 = 3.1$$

Exercícios

5) Suponha que o sistema central consiga processar em media 1 requisição a cada 2 segundos e que haja em media 7.5 usuários submetendo requisições simultaneamente. Qual o tempo de resposta médio observado por estes usuários?

- N = requisições a nível de sistema (realmente clientes)
- X = taxa de requisições entre terminais e subsistema
- R = tempo de resposta

Exercícios

5) Suponha que o sistema central consiga processar em media 1 requisição a cada 2 segundos e que haja em media 7.5 usuários submetendo requisições simultaneamente. Qual o tempo de resposta médio observado por estes usuários?

- N = requisições a nível de sistema (realmente clientes)
- X = taxa de requisições entre terminais e subsistema
- R = tempo de resposta

$$N = 7.5 \quad X = 1/2$$

$$N = RX \quad R = N/X = 15 \text{ segundos}$$

(Lei de Little)

Exercícios

6) Suponha que 10 usuários utilizem o sistema. Estes usuários fazem processamento local por 5 segundos, em média, antes de submeterem requisições ao servidor central. O tempo de resposta médio observado por eles é de 15 segundos. Qual o throughput do sistema?

- N = numero total de usuários
- X = taxa de interações entre terminais e subsistema
- Tempo de residência = tempo de resposta (R) + think time (Z)

Exercícios

6) Suponha que 10 usuários utilizem o sistema. Estes usuários fazem processamento local por 5 segundos, em media, antes de submeterem requisições ao servidor central. O tempo de resposta médio observado por eles é de 15 segundos. Qual o throughput do sistema?

- N = numero total de usuários
- X = taxa de interações entre terminais e subsistema
- Tempo de residência = tempo de resposta (R) + think time (Z)

$$N = 10 \quad R = 15 \quad Z = 5$$

$$N = X(R+Z) \quad X = N/(R+Z) = 10/20 = 0.5 \text{ interações/seg}$$

Exercícios

7) Cada job em um sistema de processamento batch requer uma media de 6 acessos a um disco especifico A. Através de medições, você conclui que o disco A em questão esta servindo uma media de 12 acessos dos jobs batch a cada segundo. Qual o throughput do sistema de processamento?

$X_A =$

$V_A =$

$X_A =$

$X_0 =$

Exercícios

7) Cada job em um sistema de processamento batch requer uma media de 6 acessos a um disco especifico A. Através de medições, você conclui que o disco A em questão esta servindo uma media de 12 acessos dos jobs batch a cada segundo. Qual o throughput do sistema de processamento?

$$X_A = 12$$

$$V_A = 6$$

$$X_A = V_A X_0 \rightarrow X_0 = X_A / V_A$$

$$X_0 = 12/6 = 2 \text{ jobs/s}$$

Exercícios

8) Sabe-se que um outro disco B esta servindo 18 requisições de jobs batch por segundo. Quantos acessos ao disco B cada job realiza, em media?

$X_B =$

$X_0 =$

$X_i =$

$V_i =$

Exercícios

8) Sabe-se que um outro disco B esta servindo 18 requisições de jobs batch por segundo. Quantos acessos ao disco B cada job realiza, em media?

$$X_B = 18$$

$$X_0 = 2$$

$$X_i = V_i X_0 \rightarrow V_i = X_i / X_0$$

$$V_i = 18/2 = 9 \text{ acessos}$$

Exercícios

9) Suponha que um sistema de timesharing com 3 discos tenha memória limitada: pode ocorrer swapping e portanto, antes de competir pelos recursos do sistema central, uma interação deve competir por uma partição da memória. O sistema foi observado e medido:

- numero medio de usuarios : 23
- tempo de resposta médio percebido por um usuário: 30 s
- throughput do sistema de timesharing: 0.45 interações / s
- numero médio de requisições ocupando memória: 1.9
- demanda media por CPU para cada interação: 0.63 s

a) Qual o think time médio de um usuário?

b) Em media, quantos usuários estão tentando obter serviço (não estão em think time)?

c) Em media, quantos estão esperando na fila de memória?

d) Em media, quanto tempo passa desde a aquisição de memória ate o termino de uma interação?

e) Qual o tempo médio gasto na fila de memória?

f) Qual a utilização de CPU ?

Exercícios

9) Suponha que um sistema de timesharing com 3 discos tenha memória limitada: pode ocorrer swapping e portanto, antes de competir pelos recursos do sistema central, uma interação deve competir por uma partição da memória. O sistema foi observado e medido:

- numero medio de usuarios : 23
- tempo de resposta médio percebido por um usuário: 30 s
- throughput do sistema de timesharing: 0.45 interações / s
- numero médio de requisições ocupando memória: 1.9
- demanda media por CPU para cada interação: 0.63 s

a) Qual o think time médio de um usuário?

b) Em media, quantos usuários estão tentando obter serviço (não estão em think time)?

c) Em media, quantos estão esperando na fila de memória?

d) Em media, quanto tempo passa desde a aquisição de memória ate o termino de uma interação?

e) Qual o tempo médio gasto na fila de memória?

f) Qual a utilização de CPU ?

$N = 23$; $R = 30$; $X = 0.45$; $N_{in_mem} = 1.9$; $DCPU = 0.63$

Exercícios

a) Qual o think time médio de um usuário?

b) $R = N/X - Z \rightarrow Z = N/X - R = 23/0.45 - 30 = 21$ segundos

b) Em media, quantos usuários estão tentando obter serviço (não estão em think time)?

Aplicar Lei de Little:

$N_{want_mem} = XR = 0.45 \times 30 = 13.5$ usuarios

c) Em media, quantos estão esperando na fila de memoria?

$N_{mem_queue} = N_{want_mem} - N_{in_mem} = 13.5 - 1.9 = 11.6$ usuários

d) Em media, quanto tempo passa desde a aquisição de memoria ate o termino de uma interação?

Aplicar Lei de Little:

$N_{in_mem} = X R_{in_mem} \rightarrow R_{in_mem} = N_{in_mem} / X = 1.9 / 0.45 = 4.2$ s

e) Qual o tempo médio gasto na fila de memoria?

$R_{mem_queue} = R - R_{in_mem} = 30 - 4.2 = 25.8$ segundos

f) Qual a utilização de CPU ?

Aplicar Lei da Utilização na Caixa CPU:

$U_{CPU} = X D_{CPU} = 0.45 \times 0.63 = 28\%$

Exercícios

Qual a utilização total de CPU?

Assumir Equilíbrio de fluxo: $X = \lambda$

Aplicar Lei da Utilização para cada classe, separadamente

$$U_{\text{comp,CPU}} = X_{\text{comp}} \times D_{\text{comp,CPU}} = 480 / 3600 \times 2 = 27\%$$

$$U_{\text{exec,CPU}} = X_{\text{exec}} \times D_{\text{exec,CPU}} = 120 / 3600 \times 11.9 = 40\%$$

$$U_{\text{edit,CPU}} = X_{\text{edit}} \times D_{\text{edit,CPU}} = 600 / 3600 \times 0.5 = 8\%$$

$$U_{\text{CPU}} = 75\%$$

Se $U_{\text{CPU}} < 100\%$, a premissa do equilíbrio de fluxo é razoável.

Deve-se analisar as classes independentemente sem contabilizar as interferências (só faz sentido se $U_{\text{CPU}} < 100\%$).