

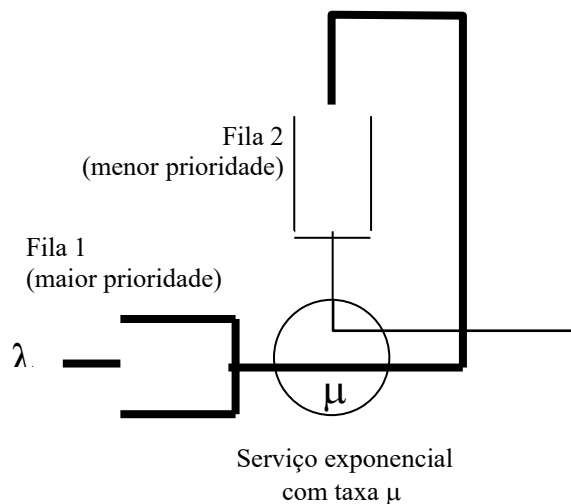
Trabalho de Simulação de ICP350
Segundo Semestre de 2022 - Prof. Paulo Aguiar
Grupo de 3 alunos máximo
V1

A data limite para a entrega do trabalho: 06/01/2023.

Alteração em grupos já formados para a realização do trabalho deve ser comunicada até a próxima terça-feira, 25/10/22. Alunos que estiverem sem grupos farão o TS de forma individual. Após o dia 25/10/22, alteração de grupo só com a autorização do professor.

Neste trabalho, o aluno terá de executar a simulação do comportamento de um sistema no qual duas filas disputam o servidor e uma das filas tem prioridade preemptiva sobre a outra (um serviço de menor prioridade, uma vez começado, pode ser interrompido pela chegada de um freguês de maior prioridade). Este serviço interrompido será terminado posteriormente, do ponto onde parou.

Veja o esquema abaixo:



Fregueses chegam à fila 1 segundo um Processo Poisson com taxa λ (tempo entre chegadas exponencialmente distribuído com taxa λ). Esta é a fila de maior prioridade do sistema. Após serem servidos uma primeira vez, os fregueses seguem para a fila 2, de menor prioridade, onde serão servidos uma segunda vez, sem correlação com o tempo de serviço da primeira vez. Ao término deste segundo serviço, os fregueses vão embora.

Tanto o primeiro como o segundo serviço do freguês são obtidos de forma independente a partir de uma distribuição exponencial com taxa $\mu = 1 \text{ (s}^{-1}\text{)}$.

O serviço em andamento da fila 2 pode ser interrompido pela chegada de um freguês na fila 1. Neste caso, o serviço interrompido será retomado de onde parou. Observe que um freguês da fila 2 poderá ser interrompido mais de uma vez. Quando o freguês da fila 2 é interrompido, ele passa a ser o primeiro na fila de espera da fila 2. Os fregueses aguardando

na fila 2 só são colocados em serviço, quando não há nenhum freguês em espera na fila 1. As filas são FCFS (*first come first serve*), chamada também de FIFO (*first in first out*).

O tempo total médio gasto no sistema por um freguês pode ser dividido em 4 etapas:

1. $E[W_1]$ = tempo médio de espera na fila 1
2. $E[X_1]$ = tempo médio do primeiro serviço
3. $E[W_2]$ = tempo médio de espera na fila 2
4. $E[X_2]$ = tempo médio do segundo serviço

Evidentemente, $E[X_1] = E[X_2] = E[X] = 1/\mu = 1$ segundo. O tempo médio gasto na fila 1 é $E[T_1] = E[W_1] + E[X]$ e o tempo médio na fila 2 é $E[T_2] = E[W_2] + E[X]$.

O tamanho médio da fila de espera da fila 1 será denominado $E[N_{q1}]$ e o número médio de fregueses na fila 1 será designado por $E[N_1]$. Num determinado instante de tempo t , se o servidor estiver servindo um freguês da fila 1, então, naquele instante, $N_1(t) = N_{q1}(t) + 1$. Se por outro lado, o servidor estiver servindo um freguês da fila 2, então, naquele instante, devemos ter $N_1(t) = N_{q1}(t) = 0$, pois chegada na fila 1 interrompe o serviço da fila 2 em anadamento. Os valores médios para a fila 2 serão $E[N_2]$ e $E[N_{q2}]$.

Durante um tempo muito longo t , o número médio de chegadas é dado por λt , e o número de serviços executados será dado por $2 \lambda t$. O tempo médio que o servidor fica ocupado é então dado por $2 \lambda t E[X]$ e a fração do tempo que o servidor está ocupado (ou sua utilização) $= 2 \lambda t E[X] / t = 2 \lambda E[X] = 2 \lambda / \mu = 2 \lambda = \rho$. A taxa de chegada λ é função do ρ .

Resultados devem ser obtidos para diferentes valores de utilização ρ (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 0,9). O simulador deverá fornecer o IC de **95%**, com precisão de **5%**, para os seguintes parâmetros: $E[T_1]$, $E[W_1]$, $V(W_1)$, $E[N_1]$, $E[N_{q1}]$, $E[T_2]$, $E[W_2]$, $V(W_2)$, $E[N_2]$ e $E[N_{q2}]$.

Os resultados deverão ser fornecidos na forma de uma tabela ou forma equivalente, indicando a precisão do intervalo de confiança, além do valor médio do intervalo. O intervalo de confiança da variância do tempo de espera deverá ser calculado usando as duas alternativas comentadas: chi-quadrado e t-Student.

A precisão do IC deve ser no máximo de 5%, para qualquer valor de ρ . Esta condição obrigará a escolha adequada do número de rodadas, do tamanho da fase transiente e do número de eventos a serem tratados por rodada. As escolhas dos parâmetros podem ser função do ρ e devem estar justificadas no relatório, na seção parâmetros da simulação.

Para o cálculo do intervalo de confiança, você obterá resultados para um número n de rodadas, usando o método batch ou o método replicativo. Procure continuar a geração de números pseudo aleatórios de onde parou na última rodada, para evitar a superposição de sequências. Não deixe de forma alguma o sistema iniciar de forma aleatória, pois isso não garante a independência entre rodadas.

Para cada rodada, você calculará $E[T1]$, $E[W1]$, $E[N1]$, $E[Nq1]$, $E[T2]$, $E[W2]$, $E[N2]$, $E[Nq2]$, $V[W1]$, e $V[W2]$. Apesar do número médio de pessoas na fila e na fila de espera estarem relacionados analiticamente com os tempos médios na fila de espera e na fila como um todo, respectivamente, estas métricas serão computadas diretamente pela simulação e a relação que existe entre elas deve ser comprovada.

Você terá n amostras de cada grandeza e a partir delas você calculará o intervalo de confiança de 95% correspondente. Veja a forma de calcular o intervalo de confiança na apostila.

A corretude do simulador deverá ser feita adicionalmente acompanhando um número selecionado de eventos em situações particulares (chegadas e serviços determinísticos para demonstração de correção pode ser interessante). Lembre-se que você deve mostrar que as estruturas estão sendo tratadas corretamente e que as estatísticas estão também sendo coletadas sem erro. Você tem que documentar esta depuração e anexá-la ao relatório. Não adianta apenas dizer que fez isso ou aquilo. Tem que apresentar dados.

Esta documentação de depuração do simulador é fundamental. Se vamos fazer uma simulação é porque, em geral, não temos possibilidade de obter valores analíticos. Garantir, então, que o simulador está correto é uma necessidade. Se os seus testes sobre correção forem adequados, os resultados do simulador serão automaticamente corretos. Estaremos realizando uma simulação bem simples, mas os resultados analíticos conhecidos não podem ser usados para demonstrar a corretude.

O relatório deverá incluir necessariamente as seções especificadas abaixo. Notas serão dadas a cada sessão individualmente e a soma será a nota final do relatório.

Na página de rosto do seu trabalho descreva a participação de cada integrante do grupo na produção do trabalho. Esta indicação de participação é obrigatória e deve ser assinada por todos os integrantes. Sem esta indicação o trabalho não será corrigido.

1) Introdução (10 pontos)

Descreva com detalhes a implementação do simulador, explicando:

- Funcionamento geral do simulador e linguagem de programação utilizada;
- Os eventos escolhidos e as ações tomadas para cada evento, incluindo as coletas das estatísticas;
- Como a lista de eventos foi implementada;
- Estruturas internas utilizadas e como foram implementadas;
- A forma de geração das variáveis aleatórias envolvidas (facilidades de geração de número aleatório da linguagem utilizada); mostre como a semente é escolhida;
- Tipo de linguagem utilizada;
- Método usado: replicativo ou batch;
- Indicar como implementou o conceito de cores ou equivalência;

- Explicação da escolha dos parâmetros utilizados nas rodadas da simulação e tabela com os valores utilizados para cada cenário e para cada utilização (número de fregueses coletados por rodada, número de rodadas, tamanho da fase transiente, etc.). Estes dados podem também serem apresentados a cada resultado da simulação do item 4.
- Indique a máquina utilizada e a duração dos experimentos que levaram **ao fator mínimo** (explicado a frente);
- Outras informações pertinentes, que podem estar relacionadas a otimização, etc.

2) Teste de Correção (10 pontos)

Nesta seção você descreverá os testes de correção que foram efetuados para garantir o pleno funcionamento do simulador. Você deve demonstrar que o seu programa está simulando corretamente o esquema proposto. Fórmulas analíticas não podem ser utilizadas para garantir a correção. Servem apenas de orientação, pois na maioria das vezes partimos para a simulação exatamente por não termos os resultados analíticos.

Procure rodar o simulador com cenários determinísticos com estatística conhecida e capaz de ser obtida com um número pequeno de eventos, demonstrando que o programa está correto. Para os cenários controlados, calcule os valores médios e as variâncias dos tempos de espera nas duas filas, demonstrando a corretude ao comparar com o esperado.

Você deverá anexar comentários sobre a boa qualidade dos intervalos de confiança obtidos e como os valores exatos se encaixam nestes intervalos, para os diversos valores de ρ . Diferentes valores de utilização podem requerer parâmetros diferentes para atingir a precisão esperada.

3) Estimativa da fase transiente (10 pontos)

Nesta seção você descreverá como a fase transiente foi estimada para os diversos valores de ρ (obviamente existirá uma métrica mais crítica). A fase transiente deve sempre implicar num certo número de eventos de partida que são desprezados, esperando que o sistema entre em equilíbrio. Este número de partidas em cada cenário e para cada valor de utilização deve ser documentado, qualquer que seja o método escolhido para determinar o fim da fase transiente.

A determinação da fase transiente é obrigatória, pois é um exercício para determinar a entrada em equilíbrio do sistema. Você terá que justificar suas escolhas. Este é um processo empírico, mas as dicas na apostila ajudam.

Apresente resultados quantitativos que justificam sua escolha. Se você usou o método batch, além da estimação da fase transiente, mostre como as estatísticas entre as rodadas foram coletadas.

Procure demonstrar a influência da escolha da fase transiente na qualidade das medidas.

É preciso indicar com clareza se a estimativa utilizada é a mesma para os diferentes cenários e diferentes valores da utilização. A determinação da fase transiente deve ser independente da semente inicial. Comprove isso no relatório.

4) Tabelas com os resultados e comentários pertinentes (35 pontos)

Comente os resultados obtidos. Procure analisar a evolução dos valores e o porquê de sua obtenção. Garanta que todos os resultados analíticos estão dentro do intervalo de confiança. Isso é essencial! Apresente os resultados analíticos conhecidos junto com os valores medidos.

Para cada utilização indique precisamente o número de rodadas, o tamanho das rodadas (explique como foi determinado), e o tamanho da fase transiente.

5) Otimização (15 pontos)

Para a **utilização = 0,6**, obtenha um resultado otimizado, isto é, considerando sempre o número de eventos de partida computados, procure determinar FATOR MÍNIMO = número de rodadas x número de coletas por rodada + número de coletas desprezadas na(s) fase(s) transientes, para obtenção dos ICs dentro da precisão de 5%. Este fator mínimo deve ser independente da semente e isso tem que ser demonstrado. Ao escolher nova semente, garanta que os resultados ótimos continuam a ser válidos. Documente isso.

Obviamente, este FATOR será obtido para a métrica mais crítica. Com seu simulador operando corretamente, a busca da combinação ótima dará um bônus extra ao grupo que conseguir os menores valores, dentro de uma margem de 20%. Se por exemplo, um grupo conseguir 1.000.000 eventos de partida como FATOR MÍNIMO e outro tenha conseguido 1.200.000, eles estarão tecnicamente empatados e ambos ganharão bônus (20% a mais na nota).

Para este fator mínimo, indique o tempo computacional que foi necessário e especifique a máquina utilizada (modelo, processador, memória, etc) e outros fatores pertinentes.

Como a simulação é muito simples, o maior interesse é na otimização. Procure demonstrar que você conseguiu de fato o menor tamanho de rodada e o menor número de rodadas para cada valor de utilização. Mostre que você encontrou o mínimo solicitado com algum recurso gráfico. Busque o ponto ótimo de forma automática sempre que possível. Tudo deve ser documentado.

Caso obtenha valores otimizados para as outras utilizações, um bônus será ofertado.

6) Conclusões (10 pontos)

Coloque nesta seção os seus comentários finais. Descreva dificuldades encontradas, as otimizações feitas, problemas pendentes, questões específicas ligadas à linguagem escolhida, e outras conclusões que você tirou do trabalho. Comente o que poderia ser melhorado, como, por exemplo, para diminuir o tempo de execução do seu programa, caso haja

soluções nitidamente mais eficientes. Adicione quaisquer comentários que você julgar relevante.

Cada uma das seções terá sua avaliação. Portanto, não deixe de colocar nenhuma seção no seu relatório. Não deixe de ler o capítulo de simulação na apostila.

7) Anexo - Listagem documentada do programa (10 pontos)

A documentação do programa fonte deverá ser feita com rigor, explicando cada subrotina ou passo da programação. Código fonte sem comentários não é aceitável. Mande a listagem do código fonte como um anexo ao relatório.

O Grupo deve apresentar um executável funcionando na apresentação do trabalho, em PC Windows ou Linux Ubuntu, ou em máquina própria. O executável deve ser passível de ser rodado com uma escolha arbitrária do número de fregueses por rodada e número de rodadas.

O relatório completo deve ser entregue impresso (e não em mídia eletrônica).

Uma versão eletrônica do documento impresso deve ser disponibilizada, adicionalmente. O programa executável deverá ser enviado para aguiar@nce.ufrj.br.

Se o Grupo usar alguma linguagem específica, ele deve compilar o ambiente e apresentar um executável que rode sem necessidade de instalação especial, em Windows ou Ubuntu. O programa será testado com alguns valores particulares para averiguar sua correção e integridade.