
Exercícios

Carlos Marcelo Pedroso, Universidade Federal do Paraná

Lista de exercícios sobre Filas para disciplina EELT7055 do curso de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da UFPR, 2025.

1 Fundamentos

Considere uma fila FIFO com um servidor. O momento da chegada e o tempo necessário para o atendimento da requisição pelo servidor são apresentados na tabela a seguir:

Chegada (segundos)	0	1	3	4	5	10	12	15	22
Atendimento (segundos)	5	2	1	2	2	3	1	2	1

- Determine a ocupação do sistema.
- Determine o tempo médio de espera na fila.
- Determine o tempo médio de serviço.
- Recalcule os itens a), b) e c) caso a política de fila fosse alterada para “atender a requisição com menor tempo de espera primeiro”.
- Recalcule os itens a), b) e c) caso a política de fila fosse alterada para “compartilhamento do processador” com granularidade de tempo de 1 segundo.

2 Biblioteca

Uma biblioteca universitária está implementando um sistema para gerenciar a devolução e o empréstimo de livros. A área de devolução, onde os alunos entregam os livros, pode ser modelada como uma fila.

Observações do sistema ao longo dos horários de maior movimento revelou que a fila para devolução teve uma média de 15 alunos esperando.

- Com base nestes dados qual é o tempo médio que um aluno passa na fila de devolução?
- Para um cenário geral, que dados adicionais seriam necessários para determinar se um longo tempo de espera na fila é causado por uma lentidão no atendimento ou por algum fenômeno associado ao processo de chegada de alunos? Justifique sua resposta.

3 Lava Rápido

Considere um lava-rápido automático com uma única pista de lavagem. O tempo que o sistema leva para lavar um carro é exponencialmente distribuído, com uma média de 10 minutos. Os carros chegam ao lava-rápido a uma taxa média de 4 carros por hora, e o tempo entre as chegadas também segue uma distribuição exponencial.

- O espaço de espera do lava-rápido comporta 4 carros, incluindo o que está sendo lavado. Qual é a probabilidade de um novo carro chegar e não encontrar espaço, tendo que esperar na rua?
- Qual o número médio de carros esperando na fila para serem lavados?
- Qual o tempo médio que um carro, desde a sua chegada, gasta no sistema (incluindo o tempo de espera e o tempo de lavagem)?

4 Call Center

Um provedor de internet possui um call center para atender a chamados de suporte técnico. Atualmente, o call center opera com 8 atendentes. Os chamados chegam a uma taxa média de 120 por hora, e o tempo médio necessário para resolver um chamado é de 5 minutos. Tanto o tempo entre as chegadas dos chamados quanto o tempo de atendimento são modelados por uma distribuição exponencial. Considere que se todos os atendentes estão ocupados, o cliente fica esperando em uma fila escutando uma música encorajadora e nunca desiste da chamada. Determine:

- Com o número atual de atendentes, o sistema é capaz de atender a demanda? Qual é o tempo médio total que um cliente gasta no sistema (incluindo o tempo de espera e o tempo em chamada com o atendente)?
- Qual seria o número mínimo de atendentes necessários para garantir que o tempo médio total de um cliente no sistema seja de no máximo 10 minutos?

5 Análise de crédito I

Uma grande instituição financeira opera um departamento de análise de crédito que processa pedidos de empréstimo. Atualmente, todos os pedidos são enviados para um pool de 5 analistas (servidores), que trabalham de forma colaborativa. Os pedidos chegam a uma taxa média de 40 por dia e o tempo de atendimento por analista tem uma média de 120 minutos, com um grande desvio padrão de 480 minutos. Suponha que as chegadas seguem uma distribuição de Poisson e o tempo de atendimento tem uma distribuição geral.

- Modele este cenário como um sistema de filas M/G/c. Calcule o tempo médio que um pedido de empréstimo gasta na fila, aguardando para ser analisado.

6 Análise de crédito II

Considere a questão anterior. O banco está considerando uma nova política para melhorar a eficiência. Os pedidos de empréstimo serão agora classificados em três categorias, cada uma com analistas dedicados:

- Pedidos Fáceis: 40% dos pedidos, com um tempo médio de **0,04** dia e desvio padrão de 0,04 dia.

- Pedidos Médios: 50% dos pedidos, com um tempo médio de 0,12 dia e desvio padrão de 0,072 dia.
 - Pedidos Difíceis: 10% dos pedidos, com um tempo médio de **0,03** dia e desvio padrão de 0,8 dia.
- Dividir a equipe em 3 tipos de analistas para cada um dos tipos de pedidos pode resultar em melhoria? Indique quantos analistas seriam necessários em cada fila (considerando os 5 analistas disponíveis).
 - Calcule o tempo médio de espera total para um pedido de empréstimo no novo sistema (considerando a média ponderada do tempo de espera de cada categoria).

7 Servidor Web

Considere um servidor de streaming de vídeo. O tempo de download de um segmento de vídeo pode variar amplamente, e pesquisas mostram que essa variável normalmente segue uma distribuição de Pareto. As solicitações para novos segmentos de vídeo chegam ao servidor a uma taxa que segue uma distribuição exponencial.

- Qual é o modelo de filas mais adequado para descrever este sistema?
- Considere um caso em que o tempo médio de download de um segmento de vídeo é de 5 segundos, com uma distribuição de Pareto com parâmetro $\alpha = 2,5$. As solicitações chegam a uma taxa média de uma a cada 10 segundos. Calcule o tempo médio que uma solicitação leva para ser atendida (tempo de espera mais o tempo de download).
- Para o caso do item anterior, é possível determinar o tempo médio de resposta se o parâmetro da distribuição de Pareto fosse $\alpha = 1,8$? Explique sua resposta.

8 Linha de Produção em Fábrica

Uma fábrica possui uma linha de produção com duas estações de trabalho em série: uma Estação de Usinagem e uma Estação de Montagem.

Peças chegam à Estação de Usinagem a uma taxa média de 10 por hora. O tempo para usinar cada peça segue uma distribuição exponencial, com uma taxa de 12 peças por hora. Após a usinagem, as peças são imediatamente transferidas para a Estação de Montagem.

O tempo necessário para montar cada peça também segue uma distribuição exponencial, com uma taxa de 15 peças por hora.

- Análise cada estação de trabalho individualmente. Qual o número médio de peças esperando na fila e o tempo médio de espera em cada uma das estações?
- Qual o tempo total médio que uma peça gasta dentro da fábrica, desde sua chegada na Estação de Usinagem até a sua saída após a montagem?
- A gerência da fábrica está pensando em modernizar a Estação de Montagem, aumentando sua taxa de processamento para 20 peças por hora. Se essa melhoria for implementada, qual será a redução percentual no tempo total médio de permanência de uma peça na fábrica?

9 Gerenciamento de Congestionamento com RED (Random Early Detection)

Um roteador de uma rede de computadores está configurado para gerenciar o congestionamento de sua fila de saída utilizando o algoritmo RED (Random Early Detection). O buffer do roteador

tem capacidade para 100 pacotes. O administrador da rede definiu os seguintes parâmetros para o RED:

- limiar mínimo (*minth*): 20 pacotes
- limiar máximo (*maxth*): 80 pacotes
- probabilidade máxima (*pmax*): 0,10 (10%)

Responda:

- a) Descreva o comportamento de descarte de pacotes do algoritmo RED nas três zonas operacionais: quando a média do tamanho da fila está abaixo de *minth*, entre *minth* e *maxth*, e acima de *maxth*.
- b) Se o tamanho médio da fila de pacotes do roteador atingir 50 pacotes, qual será a probabilidade de um novo pacote ser descartado? Apresente o cálculo.
- c) Explique por que o algoritmo RED é considerado uma melhoria em relação ao método de descarte tradicional (tail drop) para gerenciar o congestionamento em uma rede IP.

10 Gerenciamento de Tráfego em Roteador com Weighted Round Robin (WRR)

Considere um roteador de rede que utiliza o algoritmo de escalonamento Weighted Round Robin (WRR) para gerenciar o tráfego de três filas de saída, cada uma associada a um tipo de serviço diferente:

- Fila A: Tráfego de Voz (VoIP), com peso de 4, tamanho médio do pacote de 200 bytes.
- Fila B: Tráfego de Dados HTTP, com peso de 2, tamanho médio do pacote de 500 bytes.
- Fila C: Tráfego de Download (FTP), com peso de 1, tamanho médio do pacote de 1500 bytes.
- Fila D: Default (todo restante), com peso de 1, tamanho médio do pacote de 1000 bytes.

O roteador opera em um ciclo contínuo, transmitindo um volume de dados proporcional ao peso de cada fila antes de passar para a próxima.

- a) Explique, em suas próprias palavras, a lógica do algoritmo WRR.
- b) Supondo que o roteador deve transmitir um total de 140 MB de dados para atender a todas as requisições pendentes, quanto taxa de transmissão cada uma das classes receberá? Demonstre seu cálculo.
- c) Considerando as características de cada tipo de tráfego, explique qual o atraso mínimo imposto ao tráfego de voz pelo WRR.
- d) Explique com suas palavras porque o algoritmo WFQ (Weighted Fair Queue) melhora o atraso mínimo imposto às classes de tráfego.

Referências

- [1] Jerry Banks, John S. Carson II, Barry L. Nelson, David M. Nicol Discrete Event System Simulation. Prentice-Hall International Series, 2nd edition, 2000.
- [2] Raj Jain The art of computer systems performance analysis: techniques for experimental design, measurement, simulation and modeling. John Wiley & Sons, 1991.
- [3] Darcy Prado Teoria das Filas e Simulação. Série Pesquisa Operacional.