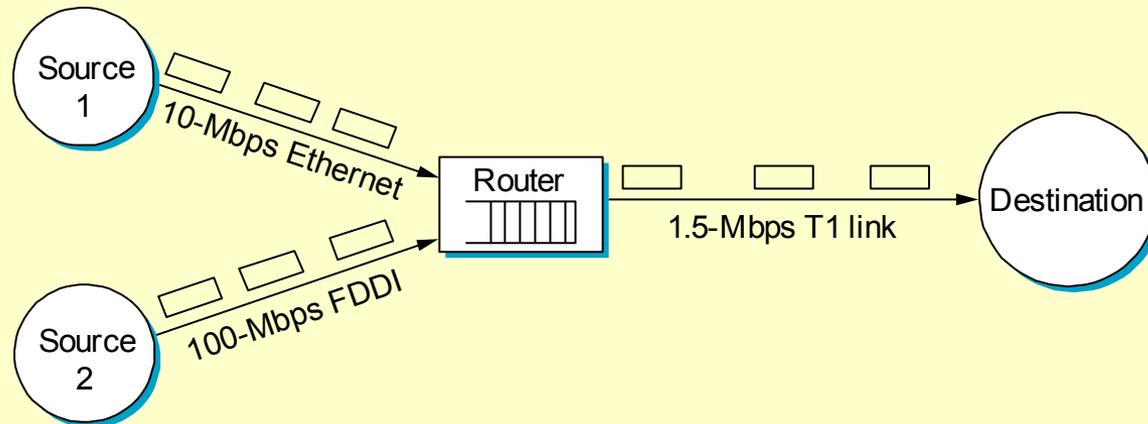


# Controle de Congestionamento e Alocação de Recursos Parte 1

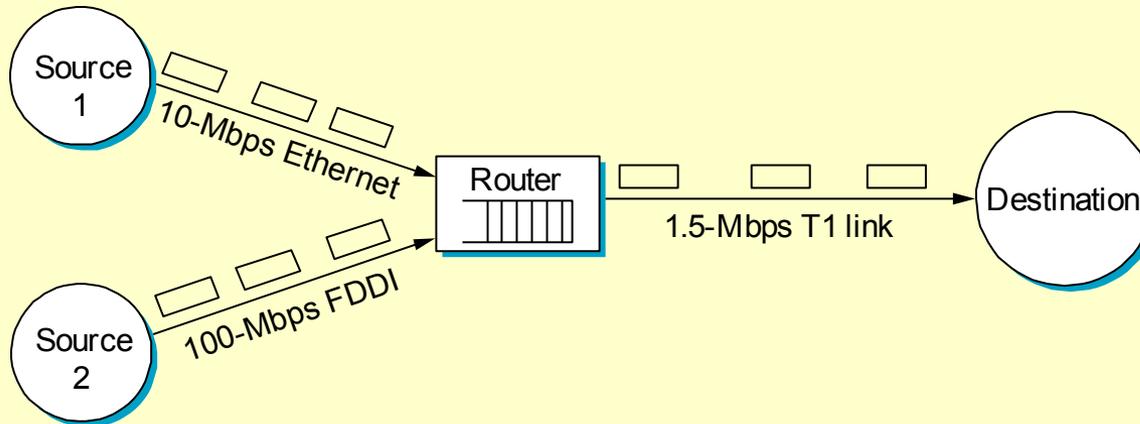
Prof. Dr. S. Motoyama

# Controle de Congestionamento

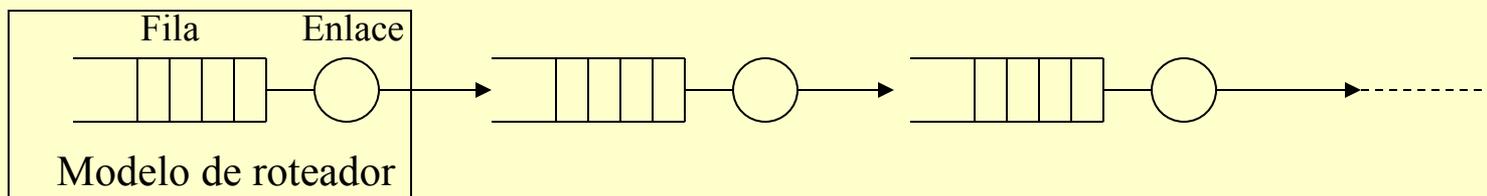


- Pacotes disputam pelo uso do enlace.
- O buffer pode sofrer transbordamento, significando descarte de pacotes.
- A rede estará congestionada se o transbordamento é comum.
- Controle de congestionamento é o mecanismo para evitar essa Situação.

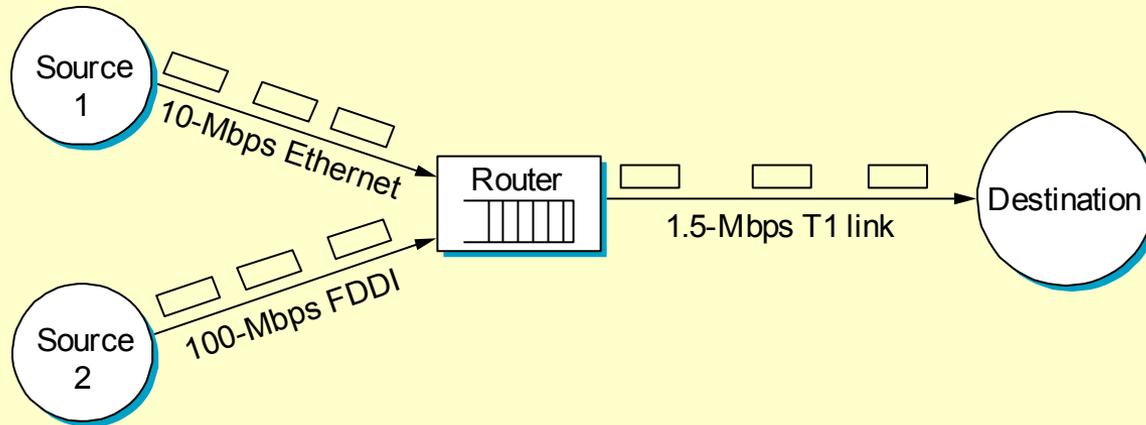
# Alocação de Recursos



- Como distribuir (alocar) o recurso (banda) entre os pacotes que estão disputando.
- Se houver uma alocação adequada, pode ser que não haja congestionamento. Difícil, pois os recursos estão distribuídos por toda a rede.

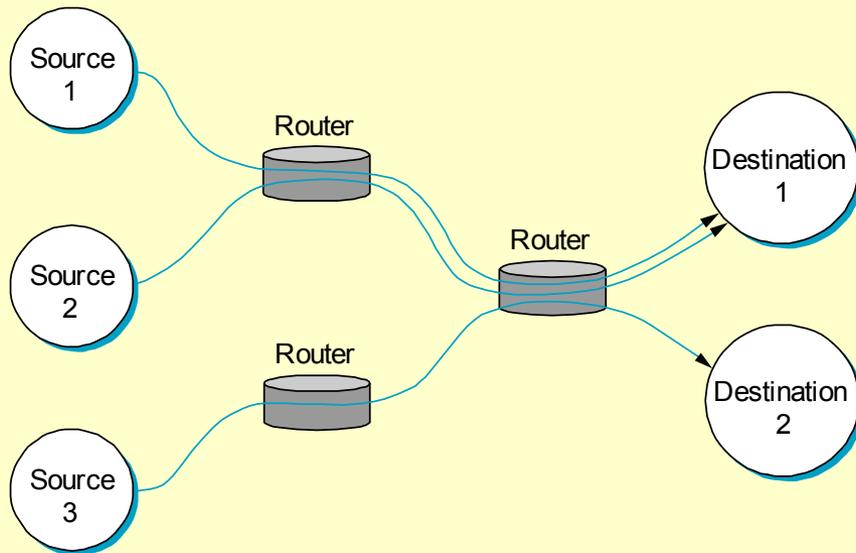


# Alocação de Recursos x Controle de Congestionamento



- Alocação de recursos e controle de congestionamento estão intimamente relacionados.
- Ambos envolvem hosts e elementos da rede como roteadores.
- Nos roteadores, os pacotes podem ser enfileirados:
  - Na ordem de chegadas
  - Segregados por algum critério

# Fluxos sem conexões



Suponha uma rede que opere com circuitos virtuais.

Pode-se sempre reservar um número de buffers em roteadores intermediários que estão entre uma origem e um destino. Nesse caso não haveria congestionamento.

Pode ser que alguns desses buffers teriam alocações desperdiçadas.

Modelo adotado: fluxos sem conexões, isto é, seqüências de pacotes de uma origem ao seu destino.

Cada fluxo está associado com um *soft state*, isto é, os roteadores podem reservar buffers para um fluxo, mesmo que não haja o processo de sinalização (fluxo implícito vs. fluxo explícito).

# Alocação: Classificação

## Centrada no roteador *versus* Centrada no host

- **Alocação centrada no roteador:** Cada roteador decide que pacotes são enviados ou descartados, e realimenta a origem informando desses fatos.
- **Alocação centrada no host:** Os hosts finais quantificam quanto pacotes estão conseguindo atravessar a rede e ajustam os seus comportamentos.

# Alocação: Classificação

## Baseada em reserva *versus* Baseada em feedback

- **Alocação baseada em reserva:** O host final requisita uma quantidade de capacidade no instante que o fluxo é estabelecido. Os roteadores alocam os recursos de acordo com essa solicitação.
- **Alocação baseada em realimentação:** Os hosts finais iniciam enviando pacotes como desejam e depois ajustam os seus comportamentos de acordo com as realimentações que recebem. A realimentação pode ser **explícita** (“diminua, parceiro”) ou **implícita** (medições de pacotes perdidos).

# Alocação: Classificação

## Baseada em janela *versus* baseada em taxa

- **Alocação baseada em janela:** Anúncios de janelas são usados para o receptor informar ao emissor quanto espaço tem disponível.
- **Alocação baseada em taxa:** O receptor notifica o emissor quantos bits por segundo pode receber. O emissor promete não exceder a taxa anunciada pelo receptor.

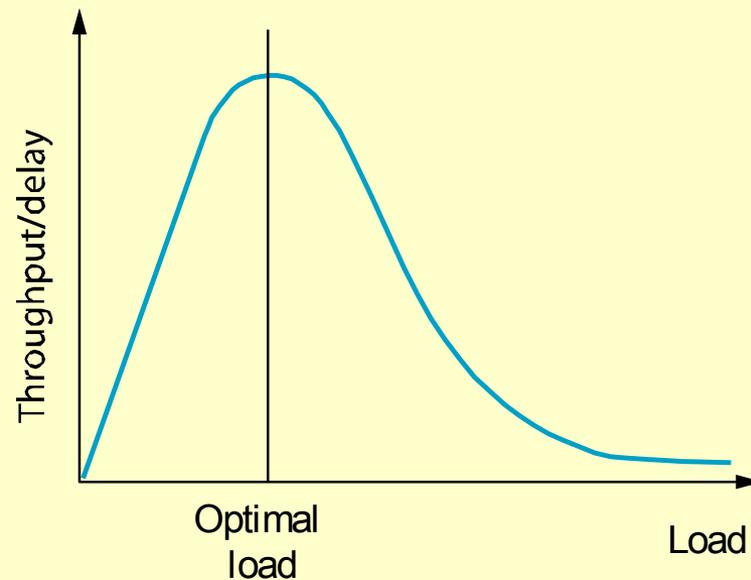
# Eficiência da alocação

**Objetivo do desempenho:** maximizar a vazão (throughput) e ao mesmo tempo minimizar o atraso.

## Medida de desempenho: Potência

$$\text{Potência} = \frac{\text{Vazão}^{\alpha}}{\text{Atraso}}$$

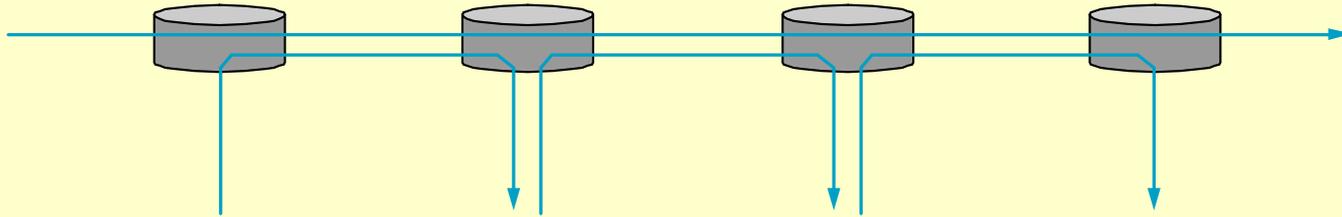
$$0 < \alpha < 1$$



# Equidade (fairness) de Alocação

**Meta:** Idealmente, quando vários fluxos compartilham um enlace, espera-se que cada um receba uma partilha justa da banda.

O que é justo quando se compara caminhos de diferentes comprimentos?



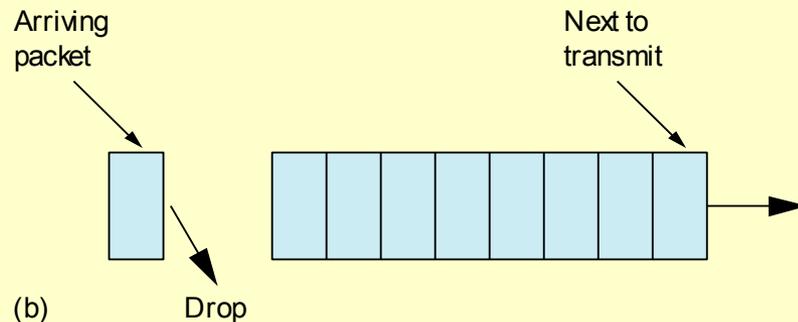
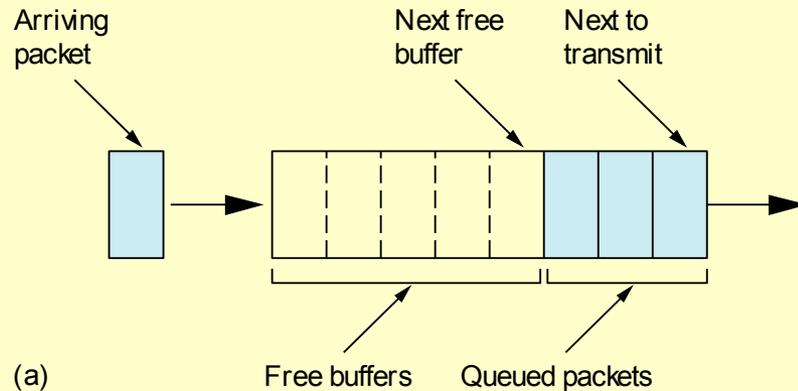
Índice de equidade de Jain  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2}$

Onde  $x_1, x_2, \dots, x_n$  são as vazões dos fluxos.

O índice fica sempre entre 0 e 1, onde 1 representa a maior imparcialidade.

Para  $x_i = 1$ , o valor do índice fica 1.

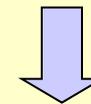
# Disciplina de enfileiramento: FIFO com descarte da cauda



**Escalonamento: FIFO**

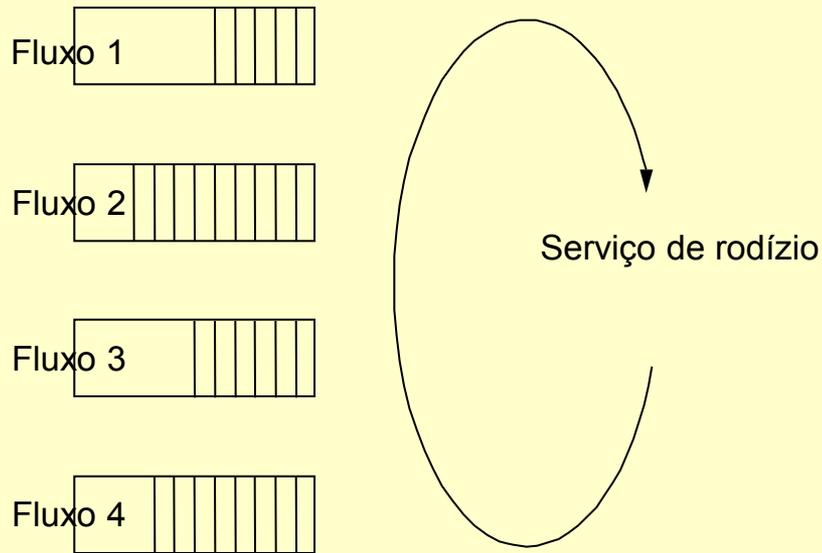
**Política de descarte: descarte da cauda**

É a disciplina de enfileiramento mais utilizada na Internet. Coloca as responsabilidades de alocação de recurso e controle de congestionamento na borda da rede.



TCP detecta e responde ao congestionamento sem muita ajuda da rede.

# Enfileiramento imparcial: Polling



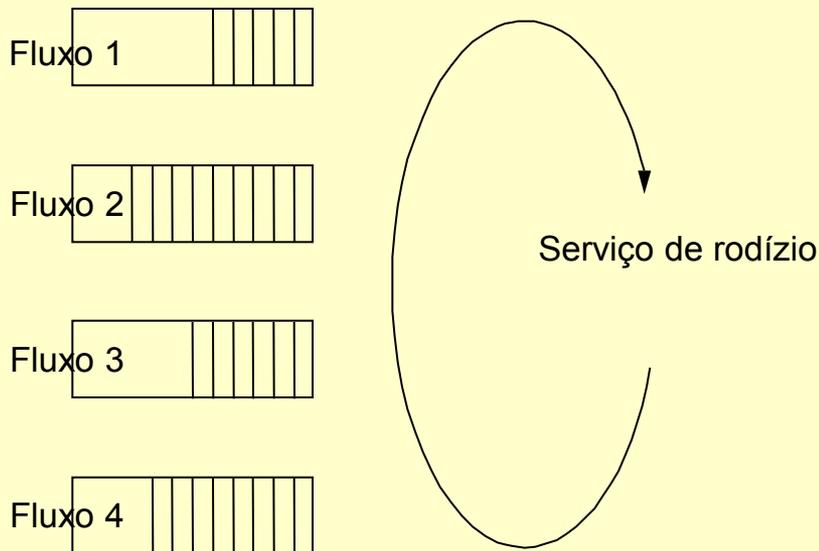
Mantém uma fila separada para cada fluxo no roteador.

O roteador atende cada fila em rodízio.

Quando uma fila ultrapassa o máximo comprimento, os pacotes adicionais são descartados.

Como se pode garantir equidade se os pacotes não tem os mesmos comprimentos?

# Rodízio Bit-a-Bit (FQ)

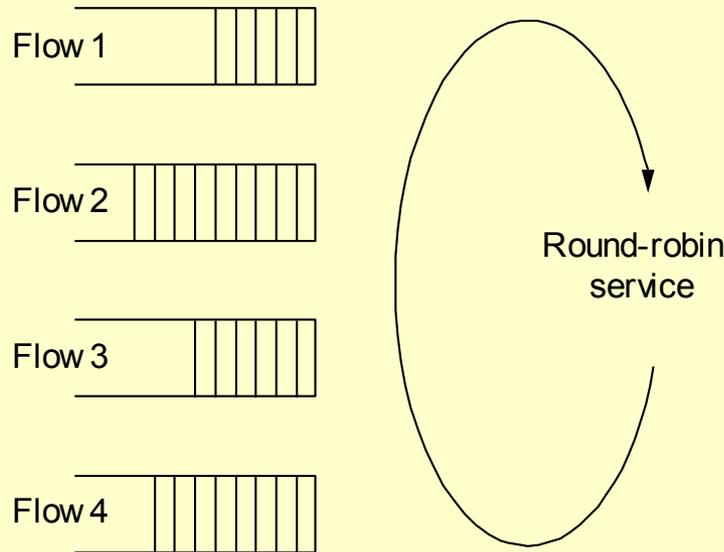


O atendimento bit-a-bit em rodízio é uma alocação justa. Entretanto, é impraticável na rede, pois os bits de um pacote seriam intercalados com bits de outros pacotes.

## Aproximação:

- Suponha que um pacote de cada fluxo seja transmitido por vez em rodízio.
- Compute o tempo que tomaria para transmitir cada pacote que está no início da fila de cada fluxo.
- Use a seqüência de tempos computados para transmitir cada pacote.

# Rodízio Bit-a-Bit (FQ)



- Um fluxo é ativo se houver pacotes na fila.

Pode-se escrever:

$$F_i = S_i + P_i$$

$S_i = \max(F_{i-1}, A_i)$  (Se o pacote  $i$  chegou antes do término da último pacote transmitido, o início da transmissão será logo depois do ultimo pacote. Se chegou depois, o início será em  $A_i$ )

$$F_i = \max(F_{i-1}, A_i) + P_i$$

- Compute todos os  $F_i$ : o próximo pacote a ser transmitido tem  $F_i$  mais baixo.

$S_i$  = início da tx para o pacote  $i$

$F_i$  = final da tx para o pacote  $i$

$P_i$  = tamanho de pacote  $i$  em tempo

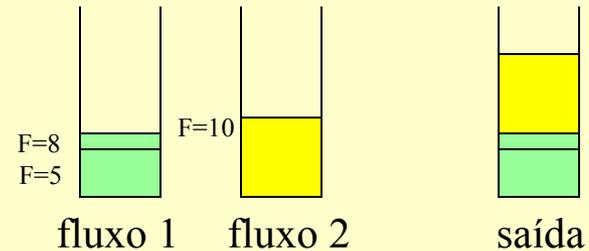
$A_i$  = tempo de chegada do pacote  $i$

tx = transmissão

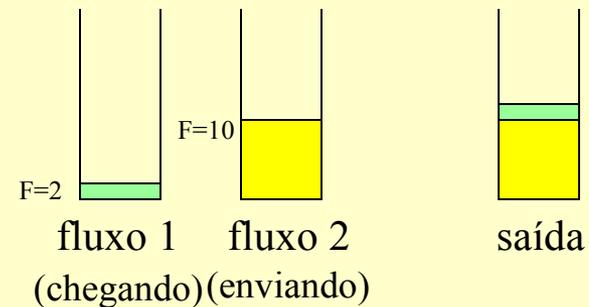
# Rodízio Bit-a-Bit (FQ) - Exemplo

$$F_i = \max(F_{i-1}, A_i) + P_i$$

- Um pacote menor que chegou em um fluxo, pode ser transmitido antes de um pacote maior de um outro fluxo. Essa situação pode ocorrer, pois, o intuito é manter a equidade na transmissão.
- O enlace de saída nunca fica ocioso, desde que haja pelo menos um pacote na fila. Esse tipo de enfileiramento é denominado fila com conservação de trabalho.
- Numa situação de sobrecarga com  $n$  fluxos, cada um recebe não mais do que  $1/n$  da largura de banda.



Pacotes menores são enviados primeiro.



Pacote maior já em transmissão deve ser completado antes que um pacote menor seja enviado.

# Enfileiramento imparcial ponderado (WFQ)

- Pode-se atribuir uma ponderação a cada fluxo: estabelece quantos bits serão transmitidos antes de ir para o próximo fluxo.
- Em vez de usar a noção de fluxos, isso pode ser feito com classes de tráfego. Por ex., utilizar o TOS (type of service) do cabeçalho do IP. Essa informação pode ser utilizada para organizar pacotes em diferentes filas, com diferentes ponderações.

# Exercício

1 Suponha que um roteador tenha três fluxos de entrada e um de saída. Ele recebe os pacotes listados na tabela abaixo praticamente ao mesmo tempo, na ordem listada, durante um período em que a porta de saída está ocupada, mas todas as filas por outro lado estão vazias. Dê a ordem em que os pacotes são transmitidos, considerando:

a) enfileiramento imparcial

b) enfileiramento imparcial ponderado, com o fluxo 2 tendo peso 2 e os outros dois com peso 1

| Pacote | Tamanho | Fluxo |
|--------|---------|-------|
| 1      | 100     | 1     |
| 2      | 100     | 1     |
| 3      | 100     | 1     |
| 4      | 100     | 1     |
| 5      | 190     | 2     |
| 6      | 200     | 2     |
| 7      | 110     | 3     |
| 8      | 50      | 3     |