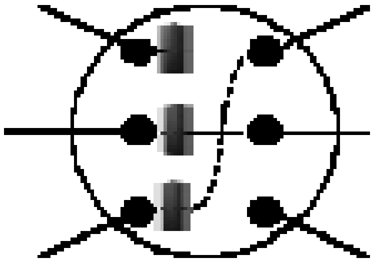
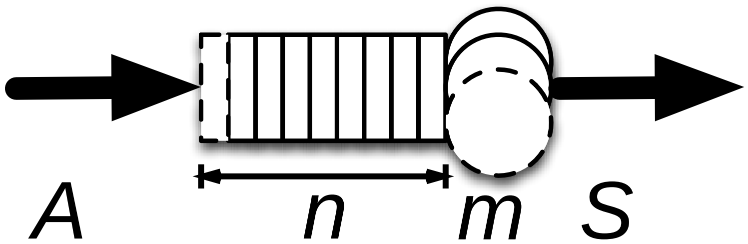
Nível Físico (*Physical Layer*)

- <u>Que consequências do processo de comutação?</u>

<u>***store*** *& forward*</u>

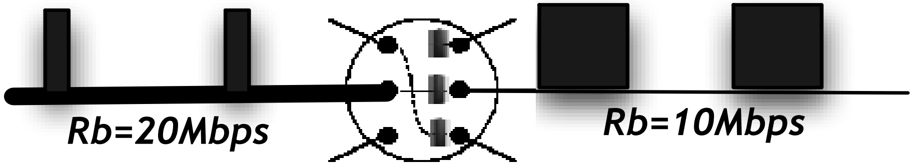




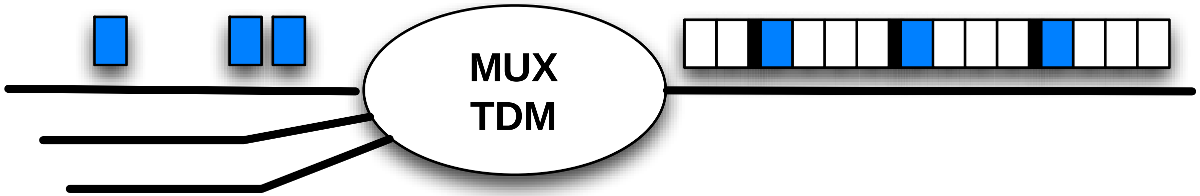
Filas de espera associados aos canais

- Funções e aplicações:
  - Parte do processo de comutação de pacotes: ***Store*** *& Forward*.

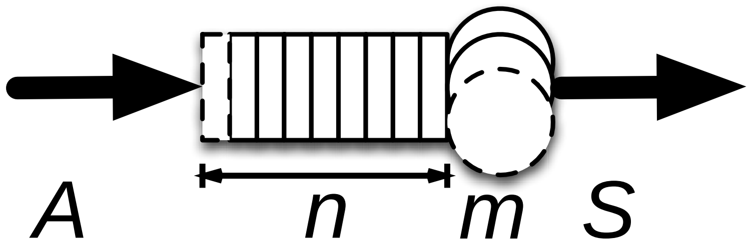
  - Adaptação entre canais.
    - Os nós intermédios podem interligar meios de transmissão onde são usados ritmos binários diferentes.



    - A estrutura temporal de chegada (ex. Poisson) pode não ser a mesma da transmissão (ex. fixa, TDM).



Filas de espera associados aos canais



Notação de David Kendal: **A/S/m/n**

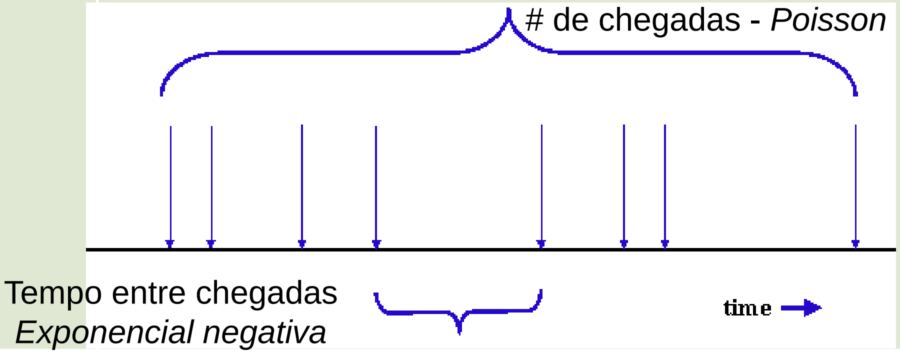
- *A* – Processo de chegadas (*arrival*)
- *S* – Processo de partidas (*service*)
- *m* – Número de servidores em paralelo
- *n* – Tamanho máximo para a fila
  (∞ fila não limitada)

- Processo de chegadas: associado ao tráfego que chega à fila de espera (e.g., nó da rede)

- Processo de partidas: associado ao tempo de serviço nos servidores (tipicamente o tempo de transmissão, i.e., L/R_b)

Processos de chegada/partida

A (ou *S*)	Significado
G	**Genérico:** o processo pode ter uma qualquer distribuição estatística.
D	**Determinístico:** o tempo entre acontecimentos desse processo é sempre o mesmo. *Exemplo: o tempo de serviço (transmissão) de blocos de bits com o mesmo tamanho.*
M	**Markov:** o processo é sem memória. Exemplo de um processo markoviano é o de Poisson em que os tempos entre acontecimentos consecutivos desse processo seguem uma distribuição exponencial negativa.



$$\text{Poisson}, P(k, \Delta t) = \frac{(\lambda \cdot \Delta t)^k e^{-\lambda \cdot \Delta t}}{k!}$$

$$\text{Exp. neg.}, P(\Delta t) = 1 - e^{-\lambda \cdot \Delta t}$$

- Todos os processos são caracterizados pela sua *taxa*.
  Ex. a taxa de chegada à fila, λ_A ou taxa de serviço, $\lambda_S = 1/T_{Serviço}$

Resultados gerais filas de espera $G/G/1$

- ***Equilíbrio.***
  O sistema encontra-se em equilíbrio quando $\rho < 1$

- ***Taxa de utilização do sistema.***
  Quando o sistema se encontra em equilíbrio a taxa de utilização do sistema, ρ, é dada por:

$$\rho = \frac{\lambda_A}{\lambda_S}$$

- ***Lei de Little.***
  Quando o sistema se encontra em equilíbrio, o número médio de clientes (e.g., blocos de bits) no sistema (ou partes do mesmo, e.g., na fila de espera), N, é expressa por:

$$N = \lambda_A T$$

  Em que T é o tempo dispendido nessa parte do sistema.

Resultados filas de espera em equilíbrio (ρ<1)

- **Sistema *D/D/*1:**
  Os blocos de bits chegam a um ritmo constante [*D*] e têm todos o mesmo tamanho (tempo de serviço constante [*D*])
  Quando chega um novo bloco de bits o anterior já foi despachado.

$$\text{Tempo passado pelo cliente na fila de espera do sistema, } T_Q = 0 \; seg.$$

- **Sistema *M/D/*1:**
  Os blocos de bits chegam segundo uma distribuição de Poisson [*M*] e têm todos o mesmo tamanho (tempo de serviço constante [*D*])
  Quando chega um novo bloco de bits o anterior pode ainda não ter sido despachado.

$$\text{Tempo passado pelo cliente na fila de espera do sistema, } T_Q = \frac{1}{2\lambda_S} \cdot \left(\frac{\rho}{1-\rho}\right) seg$$

- **Sistema *M/M/*1:**
  Os blocos de bits chegam segundo uma distribuição de Poisson [*M*] e têm tamanho definido por uma exponencial negativa (tempo de serviço expoenencial [*M*])
  Quando chega um novo bloco de bits o anterior pode ainda não ter sido despachado.

$$\text{Tempo passado pelo cliente na fila de espera do sistema, } T_Q = \frac{1}{\lambda_S} \cdot \left(\frac{\rho}{1-\rho}\right) seg$$

Parte II.1: Nível Físico

- Bibliografia
  - Tanenbaum 2011, 2.1.(Intro), 2.1.2, 2.2, 2.3, 2.5.1-2.5.4
  - Stallings 2.1, 2.2, 2.5

- Séries de problemas
  - RDI: Série de problemas 2, 3

- Questões de frequências e exames.
  - Consultar sistema de *e-learning*
  - Realizar Auto-avaliação

- Laboratório #2: Emulação das características do meio físico.