

# Troncalização e Erlang B

CMS 60808 2016-1

Bruno William Wisintainer

[bruno.wisintainer@ifsc.edu.br](mailto:bruno.wisintainer@ifsc.edu.br)

# Troncalização

- É a agregação de múltiplos circuitos de assinantes em um único canal. A agregação é obtida por alguma forma de multiplexação.
- Os fundamentos da teoria de troncalização foram desenvolvidos por um pesquisador dinamarquês chamado Agner Krarup Erlang, no final do século XIX, e por esse motivo a medida de tráfego telefônico leva o seu nome.

# Troncalização

- Os sistemas celulares baseiam-se no conceito de troncalização, que considera o comportamento estatístico das conexões para possibilitar que um grande número de assinantes compartilhe um número consideravelmente menor de canais numa célula.
- Num sistema troncalizado, um canal é alocado ao usuário apenas durante sua chamada. Após o término da chamada, o canal volta a fazer parte do conjunto de canais disponíveis.

# Erlang

- Um Erlang é a unidade de medida de tráfego em telecomunicações. Estritamente, um Erlang representa o uso contínuo de um circuito de voz, isto é a quantidade de tráfego cursada por um canal ocupado por um período de tempo completo, em geral, 1 hora.
- Exemplo:
  - Uma chamada de uma hora de duração, em uma hora de observação terá um tráfego de 1 Erlang.

# Erlang

- Na prática o Erlang é usado para descrever o volume total de tráfego em uma hora. Assim, numa célula com 100 canais, a demanda produzida se cada canal recebe, em média, 2 chamadas/hora com duração média de 3 minutos seria:
- Chegam à célula  $100 \times 2$ , isto é, 200 chamadas por hora, que ocupam  $200 \times 3$ , ou seja, 600 minutos ou 10 horas. Logo a demanda é de 10 horas por hora, ou seja 10 Erlangs.

# Modelos de Tráfego Telefônico

- Para desenvolver a teoria da troncalização, Erlang baseou seus estudos na natureza estatística das chegadas e duração de chamadas. Vários modelos de tráfego existem, aqueles abordados na disciplina são:
  - Erlang B
  - Erlang C

# Erlang B

- Nesse caso, assume-se que não há tempo de *setup* (tempo requerido para alocar um canal a um usuário que o requisita), sendo que um canal é imediatamente alocado ao usuário, desde que haja pelo menos um canal livre.
- Se não há canais livres, o usuário é bloqueado, ficando sem acesso ao sistema e livre para tentar novamente, posteriormente. Esse método é denominado chamadas bloqueadas liberadas (*blocked calls cleared*) e se baseia nas hipóteses a seguir:

# Erlang B

- a) As chamadas se originam ao acaso e independentemente umas das outras;
- b) O número de assinantes susceptíveis de serem chamados é muito grande em relação ao número de canais colocados a disposição;
- c) Não é comum duas ou mais chamadas serem originadas no mesmo instante.
- d) Assim, a probabilidade de surgir uma chamada num intervalo pequeno de tempo é independente do número de comunicações já estabelecidas. A distribuição de Poisson é a que melhor modela as chegadas de chamada nesse tipo de tráfego.



# Erlang B

- e) Qualquer usuário, incluindo usuários bloqueados, pode requerer um canal a qualquer momento;
- f) A probabilidade de ocupação de canal por um usuário é distribuída exponencialmente, de forma que chamadas mais longas são menos prováveis de ocorrer;
- g) Há um número finito de canais disponíveis no sistema de troncalização.

# Erlang B

$$GoS = \frac{\frac{A^C}{C!}}{\sum_{k=0}^C \frac{A^k}{k!}}$$

- Grau de Serviço (*GoS*) – é uma medida da probabilidade de um usuário poder não acessar um sistema troncalizado (probabilidade de bloqueio), ou seja, que o usuário não encontre um canal disponível para efetuar sua chamada em razão de congestionamento.
- *C* – número de canais oferecidos pelo sistema troncalizado;
- *A* – é a intensidade de tráfego total oferecido.

# Erlang B

- Para um sistema contendo  $U$  usuários, a intensidade total de tráfego oferecido,  $A$ , é dada por:

$$A = A_u \cdot U$$

- sendo,  $A_u$ , a intensidade de tráfego gerada por usuário e dada por:

$$A_u = \lambda \cdot H$$

- $H$  – é a duração média de uma chamada;
- $\lambda$  – é o número médio de requisições de chamadas por unidade de tempo.



# Tabela

- Ver arquivo [ErlangB\\_tabela.pdf](#)

# Exercício

1) Suponha que cada usuário gera 0,1 Erlang de tráfego. Quantos usuários podem ser aceitos para uma probabilidade de bloqueio (*GoS*) igual a 0,5 % para o seguinte número de canais entroncados em um sistema com chamadas bloqueadas liberadas:

- a) 5 canais
- b) 10 canais
- c) 20 canais
- d) 100 canais

# Exercício

2) Uma área urbana tem uma população de 2 milhões de moradores. Três redes móveis entroncadas (sistemas S1, S2 e S3) oferecem serviço de celular nesta área. O sistema S1 tem 394 células com 19 canais cada; o sistema S2 tem 98 células com 57 canais cada; e o sistema S3 tem 49 células com 100 canais cada. Ache o número de usuários que podem ser aceitos com 2 % de bloqueio se cada usuário faz, em média, 2 chamadas por hora com uma duração média de 3 minutos. Supondo que os três sistemas são operados em capacidade máxima, calcule a penetração de mercado percentual de cada provedor de celular.

# Exercício

3) Uma cidade tem uma área de  $1300 \text{ m}^2$  e é coberta por um sistema de celular usando um padrão de reutilização de 7 células. Cada célula tem um raio de 4 m e a cidade recebe 40 MHz de espectro com uma largura de banda de canal *full duplex* de 60 kHz. Considere que um *GoS* de 2 % para um sistema Erlang B seja especificado. Se o tráfego oferecido por usuário é 0,03 Erlang, calcule: a) O número de células na área de serviço; b) O número de canais por célula; c) A intensidade de tráfego de cada célula; d) O tráfego máximo transportado; e) O número total de usuários que podem ser atendidos; f) o número de estações móveis por canal exclusivo (canais reutilizados); e g) o número teórico máximo de usuários que podem ser atendidos de uma só vez pelo sistema.