

Modelagem Probabilística do Desempenho de Rede de Telefonia Móvel Celular

Marco Pollo Almeida, Héilton R. Tavares

Programa de Pós-Graduação em Matemática e Estatística / CCEN / UFPA
Campus Universitário do Guamá, 66075-110, Belém, PA
E-mail: marcollostat@yahoo.com.br, heliton@ufpa.br

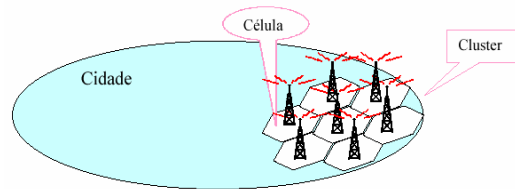
1. Introdução

Entre os anos de 1874 e 1876, o émerito físico norte-americano de origem inglesa Alexander Graham Bell (1847-1922) deu início a história da telefonia. Suas pesquisas levaram-no à invenção do telefone, ao construir um ouvido artificial capaz de registrar os sons para que os surdos pudessem ouvir. Um feito que engendrou uma área muito fértil para inúmeras pesquisas científicas, principalmente na área das telecomunicações. Nos dias atuais, a telefonia móvel celular faz parte do cotidiano de qualquer ser humano. Todavia, o usuário da telefonia móvel não quer mais apenas utilizar seu aparelho celular para fazer transmissão de voz. A maior exigência, além da qualidade da rede celular, é a introdução de novos serviços e aplicações (ver [1]). As operadoras de telefonia celular já oferecem aos usuários troca de mensagens de texto no celular, imagens, transferência de arquivos e etc. Este trabalho objetiva avaliar, analiticamente e via simulação, no desempenho de uma rede de telefonia móvel celular, o quanto uma mudança no tempo de serviço de voz impacta no desempenho da rede e investigar como o número de canais influencia na mesma, assim como modelar o decaimento da probabilidade de bloqueio (ou probabilidade de bloqueio de voz, imagem, etc.) com o aumento do número de canais. Adotou-se no primeiro caso, a avaliação de uma célula com 15 canais, onde cada canal compreende um par de frequências (link direto e link reverso) que estabelecem a comunicação entre a unidade móvel e a estação rádio base. Como modelagem analítica de um sistema real de uma rede celular usou-se a fila $M/M/m/m$, a qual expressa o modelo de perda, onde se utiliza como métrica o parâmetro de performance de Erlang-B (probabilidade de bloqueio); Mais especificamente, no exato momento em que ocorre comunicação entre os componentes básicos da rede. A avaliação deste modelo é verificada na comparação entre as tarefas executadas no código do modelo analítico e as técnicas de simulação, que por sua vez baseiam-se em números aleatórios e variáveis aleatórias exponencialmente distribuídas na implementação da fila $M/M/m/m$. Adotou-se no segundo caso o ajuste de um modelo estatístico que pudesse expressar uma fórmula geral para o decaimento da probabilidade de bloqueio baseando-se nos resultados da simulação, pois tal decaimento não apresentava-se na forma linear. Verificou-se a validade e a robustez do modelo analítico apresentado em conformidade com o estudo comparativo já mencionado e a adoção de

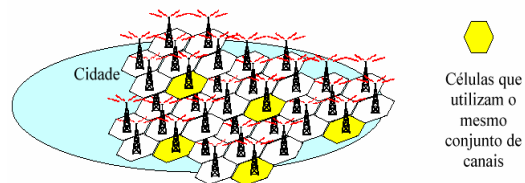
um modelo geral não - linear para o decaimento da probabilidade de bloqueio de voz.

2. Aspectos técnicos

Em um sistema celular, uma determinada região geográfica é dividida em áreas chamadas de clusters, que por sua vez são subdivididas em áreas menores chamadas de células.



Para cobrir toda região geográfica (exemplo: uma cidade) basta repetir o cluster de células, que utilizam o mesmo conjunto de canais, quantas vezes for necessário, formando assim um sistema celular. Ressalta-se nesse ponto que "canal" compreende um par de frequências (link direto e link reverso) que estabelecem a comunicação.



3. Modelagem Analítica

A modelagem analítica consiste em estabelecer modelos estatísticos com os quais possamos avaliar o comportamento da rede de telefonia móvel celular, especificamente no momento em que ocorre comunicação (geração de chamadas) entre a unidade móvel e a estação rádio base. Particularmente, esta modelagem aqui é feita através de um processo de nascimento e morte, que é uma Cadeia de Markov que permite apenas transições de um estado E_k para os estado vizinhos E_{k+1} e E_{k-1} . Quando o processo está no estado E_k diz-se que a população naquele instante é de tamanho k . As transições de E_k para E_{k+1} e E_k para E_{k-1} significa um nascimento e uma morte na população, respectivamente.

Os sistemas de filas (ver [2]) diferem entre si de acordo com os padrões de chegada e das taxas de serviço.

As características básicas de um sistema de filas são:

- **Chegada:** O processo de chegada é a descrição de como os usuários procuram o serviço. As chegadas são aleatórias no tempo, elas formam um processo estocástico. Seu modelo obedece a distribuição de Poisson;

- **Serviço:** Em geral este processo é modelado pela distribuição exponencial. O número de servidores disponíveis para atendimento em uma fila também deve ser especificado;

- **Disciplina de Atendimento:** Refere-se à maneira como os usuários serão selecionados para receber serviço. FIFO, FCFS e outras.

A/B/m/K/Z - **A** descreve a distribuição do intervalo entre chegadas, **B** a distribuição do tempo de serviço, **m** o número de servidores, **k** a capacidade da fila de espera e **Z** a disciplina de Atendimento. Existem inúmeros tipos de fila tais como: M/M/1, M/M/m, M/M/1/K, etc A fila de interesse do presente trabalho é do tipo **M/M/m/m – sistema de perda**. Onde **M** significa distribuição exponencial.

Se na chegada de um cliente, todos os servidores estiverem ocupados, este cliente é perdido, pois, este sistema não forma fila de espera. E a partir de algumas de algumas equações chegamos a Fórmula de Erlang-B:

$$P_m = \frac{\frac{(\lambda/\mu)^m}{m!}}{\sum_{k=0}^m \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!}}$$

Este sistema é de grande importância para a telefonia, pois, a probabilidade descreve a fração de tempo que todos os **m** servidores estão ocupados. Essa medida representa a probabilidade de uma chamada ser bloqueada devido à indisponibilidade de recursos. No sentido da modelagem, adotamos:

- As chamadas que chegam têm distribuição de Poisson. Supõe-se que o 1º cliente chega no instante t_0 , o 2º no instante t_1 e assim por diante, Os tempos $\tau_j = t_j - t_{j-1}$ são variáveis aleatórias *iid* chamadas de **tempos entre chegadas**. E o tempo entre chegadas tem distribuição exponencial;
- O tempo de duração das chamadas é exponencialmente distribuído;
- Chamadas Bloqueadas são perdidas;

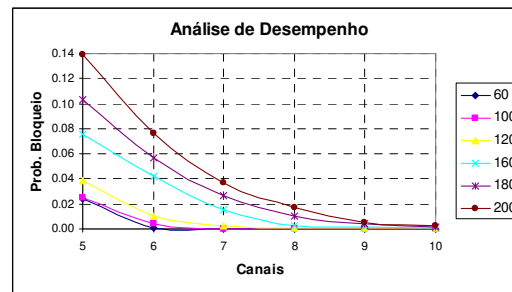
A **Análise de Desempenho** consiste na observação

dos impactos causados na rede ao modificar seus parâmetros de acordo com as configurações estabelecidas na arquitetura da rede. O desempenho da rede esta consideravelmente ligada à probabilidade de bloqueio que é um dos mais importantes parâmetros de performance.

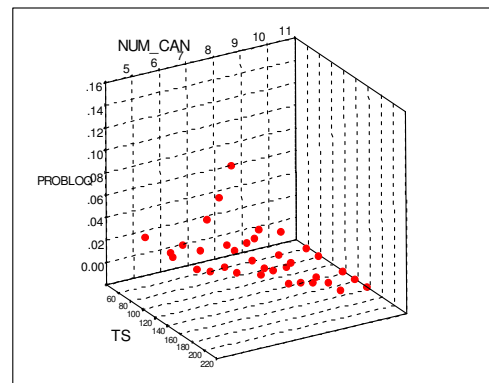
Parâmetros	Valores
Número de Canais	15
Tempo de Serviço de Voz	60s, 120s e 180s
Tráfego Oferecido em Erlang	10 à 19

Verificou-se uma grande proximidade numérica entre os resultados da simulação e aqueles obtidos pela Erlang-B. Assim, o modelo analítico é validado pela simulação, confirmando assim a robustez do mesmo.

A simulação comprovou que com aumento do número de canais a probabilidade de bloqueio diminui. Porém, esse decaimento não é linear, sendo oportuno avaliar as curvas obtidas ajustando-as à modelos não-lineares.



Nota-se que a probabilidade de bloqueio aumenta com o tempo de serviço, para cada número de canal.



Um ajuste não linear da Probabilidade de Bloqueio como função do tempo de serviço (TS) e do número de canais (NC) indicou como modelo a seguinte expressão,

$$Prob.Bloqueio = \exp(-2,732 + 0,026TS - 0,845 NC)$$

- [1] LEE, W. C. Y. (1990). *Mobile Cellular Telecommunications Systems*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- [2] MAGALHÃES, M. N. (1996). Introdução à Rede de Filas - 12º Sinape}. Associação Brasileira de Estatística.
- [3] MACDOUGALL, M. H. (1987). *Simulating Computer Systems, Techniques and Tools*. Massachusetts Institute of Technology press. Massachusetts. www.csee.usf.edu/~christen