

# Modelagem e Simulação - INE 5425

## Atividade de Avaliação

### Projeto e programação de um simulador em linguagem de propósito geral

#### 1. Descrição do sistema a ser simulado

Desenvolva um modelo computacional numa linguagem de propósito geral, que permita a simulação do sistema descrito a seguir.

A figura 1 abaixo é a representação esquemática de um sistema de telefonia celular. A região geográfica (uma cidade ou parte dela, por exemplo) é subdividida em áreas chamadas clusters. Estes clusters, por sua vez, se subdividem em áreas menores chamadas de células.

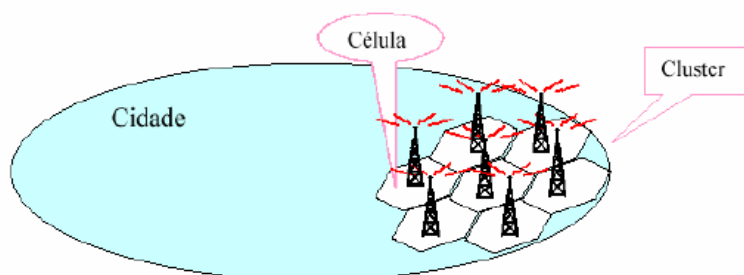


Figura 1: Representação esquemática de um sistema de telefonia celular

Para realizarem o serviço da comunicação entre o aparelho móvel e a estação rádio base presente nas células, existem nestas, canais de comunicação. O desempenho destes sistemas depende, basicamente, do número de canais por célula e de sua utilização, a qual depende, fundamentalmente, do tempo de conversação entre dois usuários.

Para avaliar um sistema como o acima descrito, considere desenvolver um modelo que permita simular seu comportamento diante de alternativas diversas de suas características, especificamente no que diz respeito a sua capacidade de prover o serviço de comunicação e a demanda exigida pelos usuários.

A figura 2 apresenta uma representação de um sistema de telefonia celular simplificado com um cluster que contém apenas duas células, C1 e C2.

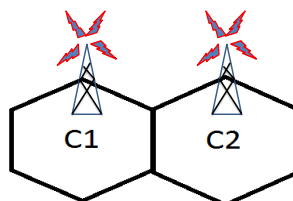


Figura 2: Representação esquemática de um sistema de telefonia celular simplificado

Usuários deste sistema podem completar ligações se estiverem sob a cobertura de uma das duas células. Além disso, se quer também avaliar o comportamento deste sistema considerando usuários que permanecem dentro da célula durante a chamada ou que estejam se movimentando durante a chamada. Para simplificar o modelo de simulação, considere apenas chamadas sob as seguintes circunstâncias:

1. Chamadas tipo C1C1: Iniciam, permanecem e terminam a conversação na célula 1;
2. Chamadas tipo C2C2: Iniciam, permanecem e terminam a conversação na célula 2;
3. Chamadas tipo C1C2: Iniciam a conversação na célula 1 e a terminam na célula 2 (o usuário se desloca de C1 para C2);
4. Chamadas tipo C2C1: Iniciam a conversação na célula 2 e a terminam na célula 1 (o usuário se desloca de C2 para C1);
5. Chamadas tipo C1FA: Iniciam a conversação na célula 1 e a terminam fora da área de cobertura (as chamadas são interrompidas por perda de sinal) e,
6. Chamadas tipo C2FA: Iniciam a conversação na célula 2 e a terminam fora da área de cobertura (as chamadas são interrompidas por perda de sinal).

Cada tipo de chamada terá diferentes probabilidades de ocorrência. Considere, por exemplo, as chamadas que tem início sob a célula 1. Pode-se supor uma distribuição de frequências destas com os seguintes percentuais: chamadas tipo C1C1 (50%), chamadas tipo C1C2 (30%) e chamadas tipo C1FA (20%). O mesmo raciocínio se pode aplicar às chamadas com origem em C2. Estes percentuais podem variar de acordo com o que o analista deseja avaliar. O seu programa deve permitir que o analista estabeleça estes percentuais.

Para avaliar o desempenho do sistema, é preciso estabelecer sua capacidade de permitir a comunicação e a completação de chamadas. Esta capacidade é estabelecida de acordo com o número de canais disponíveis em cada célula. Assim, se o analista desejar avaliar diferentes capacidades, o seu modelo deve permitir a definição do número de canais em cada célula. Por exemplo, C1 com 15 canais e C2 com 30 canais.

Para avaliar se o número de canais é suficiente, é preciso que se considerem distintas demandas por serviços (carga do sistema). A carga nestes sistemas é definida a partir de duas variáveis: o número de chamadas que entram no sistema solicitando um canal de comunicação e, obviamente, o tempo (duração) de cada uma das chamadas que ocupe um canal.

O número de chamadas que chegam a cada uma das células do sistema está associado a um processo de Poisson. Sua caracterização no modelo será definida considerando os tempos decorridos entre chegadas de chamadas, em cada célula. Estes tempos devem ser definidos como médias de distribuições Exponenciais. Por exemplo, se em dado horário a demanda é baixa, o analista poderá informar ao modelo que o tempo entre chegadas (TEC) de chamadas em uma célula é determinado por uma distribuição Expo (30) segundos em cada uma das células. Ou ainda diferentes valores para as duas células. Em um horário mais “carregado”, talvez este tempo caia para exponenciais com apenas 1 ou 2 segundos de média, por exemplo. Seu programa deve permitir que o analista atribua os TEC em cada uma das células.

Quanto à outra variável associada à carga, isto é, o tempo de duração das chamadas, entende-se que esta poderá variar de acordo com várias alternativas. Cada alternativa

implicará na designação de uma diferente função de probabilidade. Assim, é interessante que se possam testar tempos associados a funções tais como: Normal, Uniforme, Exponencial, Triangular e valores constantes. O analista poderá, por exemplo, estabelecer um tempo de duração das chamadas de acordo com uma Normal (2,0; 0,5) minutos. Ou ainda testar valores determinísticos como 5 min. Ou 10 min. Seu programa deve permitir que o analista possa testar diferentes distribuições associadas à duração das chamadas.

A propósito dos tempos das chamadas, os seguintes esquemas devem ser considerados:

- a) Se uma chamada for do tipo 1 ou 2, isto é, C1C1 ou C2C2, o tempo de duração da mesma será inteiramente processado na mesma célula, isto é, C1 ou C2;
- b) Se uma chamada for do tipo 3 ou 4, isto é, C1C2 ou C2C1, metade do tempo de duração da mesma será processado na primeira célula e a outra metade na segunda célula;
- c) Se uma chamada for do tipo 5 ou 6, metade do tempo de duração da mesma será processado na primeira célula e a outra metade não será processada, pois o usuário terá saído da área de cobertura.

Neste sistema não há filas. Se um cliente tenta fazer uma chamada dentro da área de cobertura de uma célula e, naquele momento, não existir um canal disponível, a comunicação não será realizada e deverá ser contabilizada como tal. Se uma chamada em curso estiver em deslocamento, passando de uma célula para outra (C1 para C2, por exemplo) esta estará liberando um canal em C1 e tentando tomar um canal em C2. Se neste momento não houver canal disponível em C2, a chamada é perdida e também deverá ser contabilizada como tal.

## 2. Estatísticas

Para medir o desempenho deste sistema, algumas variáveis de respostas devem ser acompanhadas e computadas. Para o modelo deste sistema, as seguintes variáveis devem ser tratadas:

- a) *Número de Chamadas no Sistema (mínimo; máximo e média)*: Ao longo do período simulado, o número de chamadas presentes nas células, se altera, podendo assumir diversos valores discretos. Os valores mínimos e máximos são respectivamente o menor e maior valor observado ao longo da simulação. Para se obter uma estatística do valor médio, é necessário um acompanhamento (ao longo do período simulado) dos diversos valores assumidos e dos períodos de tempo ao longo dos quais estes permaneceram constantes. Em outras palavras, estas são variáveis dependentes do tempo. Sua obtenção requer o cálculo de uma média ponderada, cujos pesos serão parcelas (percentuais) do tempo total de observação (tempo simulado) nos quais a variável n.º de elementos no sistema, permaneceu em determinado estado.
- b) *Taxa Média de Ocupação dos Canais*: Esta também é uma estatística dependente do tempo.
- c) *Tempo das Chamadas (mínimo; máximo e médio)*: O tempo de uma chamada é calculado desde o momento de seu estabelecimento até seu desligamento por parte do usuário ou da perda de sinal (fora de área).
- d) *Contadores de Chamadas Completadas*: Trata-se apenas de um simples acumulador.
- e) *Contador de Chamadas perdidas por falta de canal de comunicação (por célula)*.

- f) *Contador de Chamadas perdidas por falta de canal de comunicação devido a deslocamento par fora da área de cobertura.*

O programa deverá permitir que as estatísticas acima descritas sejam coletadas para que se possa fazer uma análise do desempenho deste sistema sob diferentes condições de funcionamento.

**3. Itens que devem ser contemplados no seu programa:**

- a. Funcione de acordo com o enunciado (lógica);
- b. Permita que o usuário possa (de alguma forma) acompanhar a evolução da simulação (use variáveis na tela, gráficos, etc.);
- c. Permita que o usuário possa (de alguma forma) acompanhar o avanço do tempo com passo variável, de acordo com calendário de eventos;
- d. Permita a parada/continuação da simulação e a observação das estatísticas até aquele momento;
- e. Emita um relatório final contendo todas as estatísticas desejadas;
- f. Interface do usuário é muito importante em programas de simulação.

**4. Forma de apresentação (entrega) do programa**

1. Via Internet (mail/anexado) ou uma informação de um link para baixá-lo, contendo o programa executável e todos os arquivos necessários à sua execução. É possível também prover a informação de um link que permita sua execução diretamente na web.
2. Considere que no computador, onde o teste será realizado, exista apenas o SO (Windows) disponível.
3. Considere que o usuário não conheça nenhuma linguagem de programação.
4. Um relatório contendo toda a documentação do programa (variáveis, parâmetros, rotinas, classes, objetos, fluxogramas das rotinas, etc.);
5. Um pequeno manual sobre como definir ou modificar parâmetros e executar o programa.