

## 4

### **Técnica de Monte Carlo**

A técnica Monte Carlo considera muitos instantes independentes no tempo (ou espaço). Para cada instante, ou ensaio de simulação, um cenário é construído usando um número de diferentes variáveis aleatórias, por exemplo, quando a interferência é localizada com relação de à vítima, quão forte é a força do sinal, quais são os canais da vítima e interferente esta usando etc. Se um número suficiente de ensaios de simulação é considerado, então a probabilidades de um determinado evento ocorra pode ser calculado com um alto nível de precisão. Desta forma, a ferramenta é capaz de quantificar a probabilidade de interferência entre os sistemas de rádio e de ajudar a determinar as regras de planejamento adequado de frequência ou especificar os limites para o desempenho de transmissor /receptor. Assim, também é uma técnica que envolve utilização de números aleatórios e probabilidade para resolução de problemas.

A simulação de Monte Carlo é um método de avaliação interativa de um modelo determinístico, usando números aleatórios como entradas. Esse método é mais utilizado quando o modelo é complexo, ou não-linear, ou quando envolve um número razoável de parâmetros de incerteza. Uma simulação pode envolver mais de 10.000 avaliações do modelo estudado. É uma tarefa difícil que, no passado, só poderia ser realizada por super computadores.

#### **4.1**

#### **Como funciona o método de Monte Carlo**

Como dito acima, a simulação de Monte Carlo é um processo de amostragem, cujo objetivo é permitir a observação do desempenho de uma variável de interesse, em razão do comportamento de variáveis que encerram elementos de incerteza.

Embora seja um conceito simples, a operacionalização desse processo requer o auxílio de alguns métodos matemáticos. Dentre os mais conhecidos e utilizados, tais como: Evans, Olson [39] e Vose [39], está o método da transformada inversa, que faz uso das propriedades dos números aleatórios e da função distribuição acumulada de uma variável aleatória.

## 4.2

### Gerador de números aleatórios

Como visto até o presente momento, tem-se que a base para o processo de amostragem, realizado nas simulações de Monte Carlo, é a geração de números aleatórios. É a partir desse mecanismo que são produzidas as distribuições das variáveis de interesse, tomando por base as premissas e as distribuições associadas às variáveis de entrada, bem como a inter-relação entre as mesmas.

Um número aleatório, conforme já exposto, é definido como sendo um número uniformemente distribuído entre 0 e 1, no entanto, computadores não possuem a capacidade de gerar números realmente aleatórios, visto que fazem uso de um algoritmo para gerar uma seqüência de números. Em razão disso, os números gerados são comumente chamados de números pseudo-aleatórios. Desse modo, é necessário escolher um algoritmo que forneça uma série de números que pareçam ser aleatórios. De acordo com Law e Kelton [40], um algoritmo aritmético gerador de números aleatórios deve satisfazer às seguintes condições:

- os números produzidos devem parecer uniformemente distribuídos entre 0 e 1 e não possuírem correlação entre eles;
- deve ser rápido na geração e consumir pouca memória;
- deve propiciar a reprodutibilidade da seqüência gerada.

Dessa forma, previamente à execução da simulação, deve-se verificar se o gerador de números aleatórios a ser usado satisfaz às propriedades enunciadas acima, seja através de testes ou de referências que dêem suporte à sua utilização.

## 4.3

### Modelo de amostragem

O modelo Monte Carlo seleciona valores, aleatoriamente e de forma independente, de acordo com uma distribuição de probabilidade definida. Em outras palavras, o número aleatório utilizado em uma iteração não influencia os próximos números aleatórios a serem utilizados.

O modelo Hipercubo Latino seleciona valores aleatoriamente e de forma dependente. Tal método divide a distribuição em intervalos com probabilidades

iguais de sorteio e seleciona um valor aleatório pertencente a cada um dos intervalos.

De acordo com Vose [39], o método do Hipercubo Latino é mais preciso para a reprodução das distribuições de probabilidade escolhidas para as variáveis de entrada e, conseqüentemente, para o cálculo de estatísticas geradas pela simulação, uma vez que o intervalo da distribuição é utilizado de maneira mais equânime e consistente. Desse modo, seu uso torna-se recomendado quando a preocupação principal está na precisão das estatísticas da simulação. De forma alternativa, quando o objetivo principal for a geração de uma diversidade de cenários independentes, então o método de Monte Carlo torna-se, por definição, mais adequado. Adicionalmente, o padrão de aleatoriedade propiciado por esse método pode ser conveniente para os casos em que as distribuições das variáveis de entrada são definidas sem a utilização de dados históricos.

#### **4.4**

##### **As etapas do processo de simulação**

O desenvolvimento conceitual do modelo do sistema ou do problema a ser estudado, é, aqui, dividido em quatro etapas, nos itens 4.4.1 a 4.4.4.

##### **4.4.1**

###### **Construção do modelo de simulação:**

Inclui o desenvolvimento de fórmulas e equações apropriadas, a coleta de dados necessários, a determinação das distribuições de probabilidades associadas às variáveis de entrada e, finalmente, a construção ou definição de uma forma para registrar os dados.

##### **4.4.2**

###### **Verificação e validação do modelo:**

A verificação se refere ao processo de conferir se o modelo está livre de erros de lógica, ou seja, se o modelo faz aquilo que deveria fazer. Já a validação tem por objetivo avaliar se o modelo construído é uma representação razoavelmente crível do sistema ou problema estudado.

#### 4.4.3

##### **Desenho de experimentos com a utilização do modelo:**

Tal etapa envolve a determinação de questões a serem respondidas pelo modelo, com o intuito de auxiliar o decisor a alcançar o seu objetivo.

#### 4.4.4

##### **Realização dos experimentos e análise dos resultados:**

Finalmente, nessa ultima etapa, com base no desenho do experimento feito, as simulações são realizadas para que se obtenha o conjunto de informações especificado, que pode ser transmitido aos tomadores de decisão em forma de relatórios pré-definidos, em conjunto com os mesmos.

#### 4.5

##### **SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)**

SEAMCAT (*Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool*) é um modelo estatístico de simulação que usa métodos de Monte Carlo e avalia o potencial de interferência entre diferentes sistemas de radiocomunicações.

SEAMCAT avalia o potencial de interferência em quatro passos básicos:

1. Os usuários definem a distribuição de possíveis valores para os sistemas e parâmetros de propagação de enlaces desejados e interferentes.
2. A ferramenta usa estas distribuições para gerar amostras aleatórias, baseadas em método Monte Carlo e chamadas *snapshots*.
3. Para cada *snapshot* é calculado o nível de sinal desejado e interferente.
4. E calculada a probabilidade de interferência por comparando a relação de sinais interferentes e desejado na recepção da vítima, em cada *snapshot* [4].