

Projeto prático – 2014/2

Objetivo

Implementar em C++ um simulador da situação descrita a seguir, segundo uma estratégia de sequenciamento de eventos pendentes, e efetuar simulações da situação em questão para diferentes cenários.

A finalidade do projeto é ajudá-lo a aprender o conteúdo do curso e ajudá-lo a começar a implementar a sua própria biblioteca pessoal de ferramentas (por exemplo, você poderia usar as classes C++ relativas a lista encadeadas para implementar estruturas de dados mais complexas).

Situação hipotética

Numa determinada zona de uma certa cidade, existe uma ponto de táxis e dois pontos de ônibus de transporte coletivo urbano (um para a linha 101 e outro para a linha 102). Esses três locais são relativamente pertos uns dos outros, de modo que é possível de qualquer um deles contar quantas pessoas estão à espera nos outros dois locais.

O tempo que uma pessoa demora para deslocar-se entre os três locais é aleatório (até porque é preciso atravessar uma rua para se deslocar entre quaisquer dois desses locais). Pode-se considerar que esse tempo é uma variável aleatória exponencial, estimando-se que, em média, uma pessoa (com pressa) demora (a pé):

- 1 minuto para deslocar-se entre os dois pontos de ônibus;
- 2 minutos para deslocar-se entre o ponto de táxis e o ponto de ônibus da linha 101; e
- 3 minutos para deslocar-se entre o ponto de táxis e o ponto de ônibus da linha 102.

Os ônibus das linhas 101 e 102 seguem percursos distintos, mas ambos passam em um certo local P da cidade. No entanto, os ônibus da linha 101 demoram menos tempo para chegar a esse local, de modo que quem pretende deslocar-se para esse local dirige-se ao ponto de ônibus da linha 101.

Entre as 7h30m e as 9h chega diretamente¹ ao ponto de ônibus da linha 102, em média, uma pessoa a cada x segundos². Pode-se considerar que o tempo entre chegadas consecutivas de pessoas ao ponto de ônibus é uma variável aleatória exponencial. Nenhuma dessas pessoas pretende dirigir-se para o local P da cidade.

No mesmo período de tempo chega ao ponto de ônibus da linha 101, em média, uma pessoa a cada y segundos. Da mesma forma, pode-se considerar que o tempo entre chegadas consecutivas é uma variável aleatória exponencial. Estima-se que, em média, $1/3$ dessas pessoas pretende dirigir-se para o local P da cidade³.

No mesmo período de tempo podem chegar ao ponto de táxis grupos de pessoas que vão pegar um mesmo táxi. Chega diretamente ao ponto de táxis, em média, um grupo de pessoas a cada z segundos. Como anteriormente, pode-se considerar que o tempo entre chegadas consecutivas é uma variável aleatória exponencial. Nenhuma dessas pessoas que se dirigem diretamente ao ponto de táxis pretende ir para o local P da cidade. As probabilidades de um grupo ser formado por um certo número de pessoas⁴ são as seguintes:

¹O termo diretamente significa que as pessoas que chegam ao ponto de ônibus não são provenientes de outros pontos de ônibus – ver comentário à frente.

²O valor de x (bem como dos outros parâmetros de que depende a simulação) deverá ser fornecido no início da simulação. Para x sugere-se, por exemplo, um valor da ordem dos 20 segundos.

³Para determinar se uma pessoa que chega ao ponto de ônibus da linha 101 pretende dirigir-se para o local P deve-se proceder da seguinte forma: efetuar uma observação de uma variável aleatória discreta uniforme que pode assumir apenas três valores, por exemplo 1 a 3 (com igual probabilidade para qualquer um desses valores). Caso a variável assuma um determinado valor (que deverá ser fixado previamente, por exemplo 1) a pessoa em questão pretende dirigir-se ao local P , caso assuma qualquer um dos outros dois valores, a pessoa não pretende dirigir-se ao local P .

⁴Para determinar o número de pessoas que constituem um grupo que acabou de chegar (diretamente) ao ponto de táxis pode-se proceder (por exemplo) como segue: efetuar uma observação de uma variável aleatória discreta uniforme que pode assumir 20 valores, por exemplo 1 a 20. Caso a variável assuma um valor entre 1 e 12, o grupo é formado só por uma pessoa; caso assuma um valor entre 13 e 18, o grupo é formado por duas pessoas; caso assuma o valor 19, o grupo é formado por três pessoas; e se assumir o valor 20, o grupo é formado por quatro pessoas.

- 0,6 para grupos de uma única pessoa;
- 0,3 para grupos de duas pessoas;
- 0,05 para grupos de três pessoas; e
- 0,05 para grupos de quatro pessoas.

Pode-se considerar que o tempo que decorre entre duas chegadas consecutivas de táxis ao ponto é uma variável aleatória exponencial, com valor médio (ou provável) de m_t^c minutos. Quando um táxi chega ao ponto, transporta o primeiro grupo de pessoas que está à espera, ficando ali parado (em fila, caso haja outros táxis ali parados) se não houver qualquer grupo de pessoas à espera.

O tempo que decorre entre duas chegadas consecutivas dos ônibus da linha 101 é igualmente uma variável aleatória exponencial, com valor médio de m_{101}^c minutos. E o tempo que decorre entre duas chegadas consecutivas dos ônibus da linha 102 também é uma variável aleatória exponencial, com valor médio de m_{102}^c minutos⁵.

Estima-se que o número de lugares vagos em cada ônibus (seja ele da linha 101 ou da 102), que passe nos respectivos pontos de parada no período de tempo definido anteriormente, varie uniformemente⁶ entre 0 e 9.

Quando um ônibus chega ao seu ponto de parada (seja ele da linha 101 ou da 102), se não há lugares vagos, ele simplesmente não para. Para simplificar, pode-se assumir que, no período de tempo em questão, é nula a probabilidade de algum passageiro querer sair do ônibus. Quando um ônibus para, o motorista deixa entrar no veículo tantas pessoas quantos os lugares vagos e, como todas as pessoas são ordeiras e sensatas, todos respeitam as ordens do motorista e ninguém força a sua entrada ☺.

Ninguém desiste ou muda de ponto de parada, com exceção dos que pretendem ir para o local P . O comportamento dos que se querem dirigir ao local P é descrito a seguir:

- Sempre que um ônibus da linha 101 sai do ponto de parada ou passe sem parar no ponto, estima-se que, em média, metade das pessoas que estão à espera há mais de 10 minutos e que pretendem dirigir-se ao local P , mudam⁷ para o ponto de parada da linha 102.
- Sempre que um ônibus da linha 102 sai do ponto de parada ou passe sem parar no ponto, estima-se que, em média, uma em cada cinco pessoas que está à espera há mais de 10 minutos e que pretende dirigir-se ao local P , sai do ponto de parada da linha 102 e procede como segue: se há menos de 10 pessoas à espera de táxis e se possui dinheiro para pagar um táxi (o que pode-se supor que tem probabilidade $1/5$ de acontecer), desloca-se para o ponto de táxis (constituindo ali, naturalmente, um grupo de uma só pessoa); caso contrário, decide ir a pé (percorrendo o caminho, que o leva ao local P , numa caminhada de cerca de 30 minutos).
- Sempre que chega um táxi, as pessoas que não conseguem entrar no táxi e estão à espera de táxi há mais de 10 minutos e pretendem dirigir-se para ao local P , desistem de esperar e vão a pé (assume-se que para o local P , embora, na realidade, algumas desistam mesmo de ir, nesse dia, para esse “famoso” local).

Simulações

Cada cenário de simulação é caracterizado pelos vários parâmetros de que depende a simulação, ou seja, os relativos aos tempos médios das várias variáveis aleatórias exponenciais. Igualmente deve-se indicar em cada cenário qual o tempo de simulação (em minutos). Supõe-se que o instante 0 da simulação coincide com as 7h30m. Logo, o tempo de simulação deverá ser sempre inferior a 90 minutos, já que só se pretende simular períodos entre as 7h30m e as 9h.

No estado inicial (correspondente ao instante 0, isto é, às 7h30m), supor, para simplificar, que não há ninguém à espera em qualquer um dos três pontos de parada e que não há táxis estacionados à espera de

⁵Sugere-se, por exemplo, um valor da ordem de 3, 4 ou 5 minutos para a variável m_{101}^c , e um valor um pouco menor, mas da mesma ordem de grandeza, para a variável m_{102}^c .

⁶Para cada ônibus que chega a cada uma dos pontos, pode-se obter o número de lugares vagos observando-se uma variável aleatória discreta que pode assumir, com igual probabilidade, qualquer valor entre 0 e 9.

⁷Em outras palavras, cada pessoa que está à espera há mais de 10 minutos tem probabilidade $1/2$ de decidir mudar para o ponto de parada da linha 102.

clientes. Assim, a simulação iniciará com a colocação na cadeia dos acontecimentos pendentes da informação relativa às primeiras chegadas a cada um dos pontos e à primeira chegada de um ônibus da linha 101, de um ônibus da linha 102 e de um táxi.

O simulador deve fornecer ao seu usuário, no final da simulação, entre outros dados (a escolher por cada grupo desenvolvedor do projeto), os seguintes:

- número máximo de pessoas que estiveram à espera em cada um dos três pontos de parada;
- tempo máximo de espera das pessoas que entraram em ônibus da linha 102 e não se dirigiram o local P ;
- tempo máximo de espera das pessoas que entraram em ônibus da linha 101 e se dirigiram ao local P ;
- número máximo de pessoas que estiveram (simultaneamente) à espera de ônibus da linha 102 para se dirigir ao local P ;
- tempo médio que esperaram as pessoas que entraram em ônibus da linha 101;
- número de pessoas que foram de táxi ao local P ; e
- tempo máximo que esperaram as pessoas que acabaram por ir a pé ao lugar P (nesse tempo deve ser incluído todo o tempo que decorreu desde a sua chegada ao ponto de parada da linha 101 até ao momento em que decidiram ir a pé).

Deverá ainda ser possível a um usuário do simulador poder conhecer (se o desejar) o “rastros” da i -ésima pessoa que chegou ao ponto de parada da linha 101 com a intenção de se dirigir ao local P . Por “rastros” da pessoa entende-se um relatório que descreva o que de relevante aconteceu a essa pessoa (chegada ao ponto de parada, pegar um ônibus/táxi, mudar de ponto de parada, ir a pé, ...) e quando (em que instante) tais eventos se deram. Esse relatório deve ser acompanhadas de “fotografias” de aspectos relevantes da situação quando se deram tais evento, por exemplo, o número de pessoas em cada uma das três filas de espera.

Prazos e outras especificações

O projeto é para ser realizado em grupos de até 2 alunos. Cada grupo deverá postar no *moodle*, até o dia 10/12/2014, um arquivo compactado (no formato ZIP) contendo os seguintes itens:

- a implementação, em C++, dos tipos abstratos como objetos (recorrendo a classes), usando apontadores e estruturas dinâmicas nessa implementação, sempre que tal se justifique;
- o simulador instrumentado (a sua versão final), em C++; e
- exemplos da sua experimentação para diferentes cenários de simulação (juntamente com a descrição dos valores dos parâmetros da simulação de tais exemplos e respectivos relatórios de execução do simulador).

Apenas as seguintes bibliotecas padrões do C++ podem ser utilizadas no projeto:

```
#include <iostream>
#include <cassert>
#include <algorithms>
#include <cmath>
#include <cfloat>
#include <climits>
```

Todos os testes serão realizados em um computador com sistema operacional Linux e é uma exigência que as submissões compilem e executem nesse sistema. O código-fonte que compilar usando uma IDE Windows, mas não compilar sob g++ receberá a nota 0.