

Estudo da Topologia de uma rede de nodos móveis

Miguel Álvares Ribeiro
MIEEC
FEUP
Porto, Portugal
ee12104@fe.up.pt

Sebastião Cunha Reis
MIEEC
FEUP
Porto, Portugal
up201303515@fe.up.pt

Abstract— Neste trabalho vamos estudar a topologia de uma rede de nodos móveis. **Mais concretamente os fatores** que tomam parte nestas alterações da topologia e como a influenciam.

Palavras-chave— Rede, nodos, topologia, sistemas distribuídos, java.

I. INTRODUÇÃO

O Trabalho que nos foi proposto consiste em criar um programa que simula uma rede de nodos móveis que se deslocam em direções aleatórias dentro de uma área pré-definida com uma velocidade constante. **Para isso eles mudam de direção (ou não) aleatoriamente** a cada período de tempo pré-definido. Posteriormente, iremos **avaliar as alterações que a topologia da rede sofre em função da variação de vários parâmetros**. O Projeto foi feito usando a linguagem de programação Java.

II. PROBLEMA

O cenário apresentado é extremamente comum no que diz respeito a **sistemas distribuídos**: sistema que é visto como um todo apesar de ser composto por vários nós que partilham informação e/ou recursos ou que cooperam visando o mesmo objetivo. Deste modo, para possibilitar e facilitar o **desenvolvimento de aplicações para uma rede genérica de nodos móveis é preciso estudar como varia a estabilidade desta mesma em função dos vários parâmetros que a caracterizam (nº de nós, velocidade dos nós, raio de ligação...)**.

III. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

De modo a atingirmos os objetivos estipulados para a criação deste simulador, utilizámos a linguagem **de java** por ser mais adequada do que **c** no que diz respeito ao desenho de componentes gráficos.

Começamos por desenhar uma interface gráfica que representasse e simulasse um mapa de nodos em movimento. Posteriormente fizemos a representação de uma tabela que indica, em tempo real, as ligações entre os nós.

Por fim criamos mecanismos de cálculo para obter o **nº de alterações de topologia por unidade de tempo** e para analisar os grupos de ligação formados entre os nodos. Todos estes valores permitem analisar a estabilidade de sistemas distribuídos baseados em redes móveis.

A. Mapa nodos

Recorremos às classes JFrame e JPanel para representar o mapa de nodos. Desenhámos um quadrado que delimita a área dentro da qual os nodos se movem e representamos cada nodo através de um pequeno quadrado vermelho.

Inicialmente são perguntados ao utilizador vários valores que entendemos que se adequam ao contexto do nosso problema:

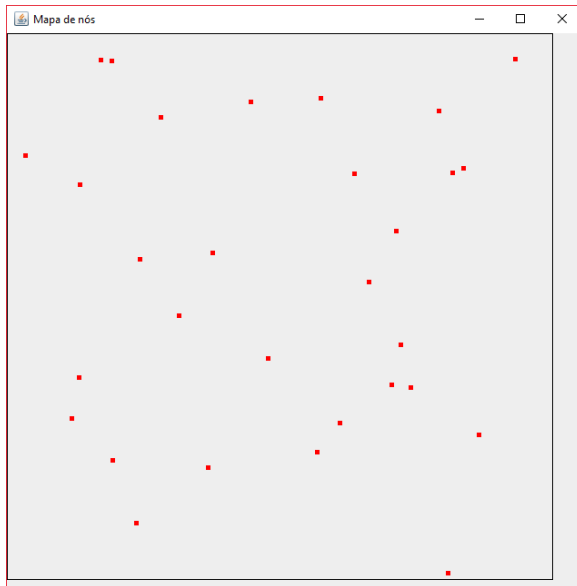
- Número de nós (N);
- Velocidade (V) de cada nó, em **pixels por centésimos de segundo**;
- Raio de ligação (R): distância máxima de ligação entre cada par de nodos em **pixels**;
- Histerese (h): **um par de nodos só quebra** a sua ligação se a distância entre os dois ultrapassar a soma entre o raio de ligação e a histerese ($R + h$).

O mapa é então representado, com cada nodo a tomar uma posição aleatória na área pré-definida (600x600 é a resolução padrão utilizada). Os nodos deslocam-se à velocidade escolhida pelo utilizador, em linha recta, e **numa direcção que é atribuída aleatoriamente a cada nodo, de 5 em 5 segundos**.

As conexões/ligações entre os vários nodos são registadas e actualizadas em ciclo **(estas já dependem do raio de ligação e da histerese)**.

Através deste registo de ligações calculámos o número de alterações de topologia da rede por unidade de tempo. Para isso utilizamos um contador que é incrementado cada vez que um par de nós altera a sua ligação (Ligados \Rightarrow Desligados ou Desligados \Rightarrow Ligados).

Por fim, utilizámos um mecanismo de **formação de grupos de ligação** de modo a fazermos uma análise mais detalhada da rede em termos de estabilidade. Criámos um **algoritmo bastante complexo** que permite associar cada nodo a um grupo, sendo que cada grupo é formado por nodos que tenham alguma ligação com o mesmo. Repare-se que para um nodo pertencer a um grupo é necessário que tenha ligação com pelo menos um nodo do grupo, mas não com todos. Os nodos que não tiverem ligação com qualquer outro são colocados em grupos independentes.



B. Tabela

Para representar a tabela recorremos também à classe JFrame de java. Esta tabela apresenta todas as ligações entre os nós que foram definidos pelo utilizador.

É utilizado o valor lógico “1” para atribuir o estado “ligados” aos dois nodos em questão e o valor lógico “0” para atribuir o estado “desligados” aos mesmos.

É de notar que esta é uma tabela dinâmica já que os seus valores se vão alterando em função das ligações entre os nodos, que podem variar ao longo do tempo.

| Nós | Nó 1 | Nó 2 | Nó 3 | Nó 4 | Nó 5 | Nó 6 | Nó 7 | Nó 8 | Nó 9 | Nó 10 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Nó 1 | - | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nó 2 | 0 | - | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Nó 3 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Nó 4 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Nó 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Nó 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Nó 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 1 |
| Nó 8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 0 | 1 |
| Nó 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | - | 0 |
| Nó 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | - |

IV. RESULTADOS E ANÁLISE DOS MESMOS

A. Número de alterações na topologia de ligação da rede.

Qualquer mudança de ligação (dois nodos estavam ligados e deixam de estar ou vice versa) é tida em conta quando falamos no número de alterações na topologia da rede.

Para cada série de dados obtida fizemos **três a cinco medições para cada conjunto de valores** e posteriormente calculamos a média destes mesmos com o objetivo de excluir valores que não são expectáveis, uma vez que se trata de um processo probabilístico. **Cada medição foi realizada durante quinze minutos de modo a obtermos resultados fiáveis.**

Recorremos ao Excel e suas ferramentas para criar tabelas e gráficos que representassem os resultados obtidos em função dos parâmetros que definimos em cada amostra testada.

Os conjuntos de dados que escolhemos para analisar a rede foram:

- Número de nodos:

Medir o número de alterações na topologia para simulações com um número de nós variável (gráfico 1 e 2). O raio, a histerese e a velocidade mantiveram-se constantes e iguais a 100 pixéis, 10 pixéis e 3 pixéis ms⁻¹ respetivamente.

Após a análise do gráfico 1 percebemos que o número de alterações na topologia é proporcional ao quadrado do número de nodos da rede.

Deste modo, para podermos realizar uma regressão linear realizamos o gráfico 2 (equação no gráfico).

- Raio de ligação:

Ao variar o raio de ligação (mantendo a histerese a dez por cento do raio) medimos as mudanças na rede obtendo os gráficos 3, 4 e 5. Após termos o gráfico 1 para as dimensões 600*600 pixels² reparámos que a curva das alterações em função do raio é uma parábola com concavidade negativa tendo, por isso, um valor máximo. Para valores do raio perto de zero não há quase alterações pois dois nodos tinham de passar por cima um do outro para se ligarem. Para valores altos do raio não há alterações uma vez que estão todos sempre ligados.

Ficamos curiosos ao reparar que este máximo se dava para o valor do raio igual a metade do lado; para ter a certeza que não se tratava de um acaso realizamos mais dois gráficos (4 e 5) com 300 e 1000 pixels de lado respetivamente.

Assim confirmamos **que o raio** que o raio associado ao maior valor de alterações é metade do lado do quadrado.

- Velocidade:

Como era de esperar, ao aumentar a velocidade dos nodos o número de alterações aumenta linearmente (Gráfico 6). Deste modo, **possibilita-nos fazer medições com velocidades maiores sem ter que gastar tanto tempo.**

- Histerese

À medida que íamos variando a histerese obtivemos uma relação com o número de alterações da topologia da rede por unidade de tempo (Gráfico 7). O número de alterações é inversamente proporcional ao valor da histerese.

B. Outras alterações na topologia da rede.

Numa segunda parte analisamos como reage a topologia da rede à variação dos parâmetros previamente referidos. Deste modo iremos analisar:

1. Número de grupos formados (nodos ligados entre si direta ou indiretamente).
2. Número máximo de nodos num grupo.
3. Número mínimo de nodos num grupo.
4. Número de grupos com um só nodo (*singleton*).
5. Número médio de nodos por grupo.

Tal como na parte A fizemos várias medições e posteriormente realizamos a média pelas mesmas razões que foram referidas.

- Variar o número de nodos:

Ao aumentar o número de nodos da rede aumentam: o número de grupos formados, o número de nodos no grupo com mais nodos, o número de *singletons* e o número médio de nodos por grupo. Contudo o número de **nodos com menos nodos** mantém-se constante e independente do número de nodos.

- Variar o raio:

Aqui utilizamos os seguintes valores: número de nodos (10), velocidade (1) e histerese de dez por cento do raio.

Ao aumentar o raio o número de grupos vai diminuindo, o que é intuitivo até chegar a um grupo com todos os nodos. De notar que para este valor (raio=300) ocorria o maior número de alterações na topologia apesar de em nada influenciar o sistema uma vez que estão todos os nodos ligados entre si (direta ou indiretamente). Consequentemente o número do grupo com o maior número de nodos aumenta, também, e o número mínimo de nodos diminui. O número médio de nodos por grupo varia do mesmo modo que o número de nodos do grupo com mais nodos (Tabela 2).

- Variar velocidade

Este conjunto de dados é muito parecido o que nos leva a pensar que a velocidade não influencia nenhuma das propriedades da rede que estamos a estudar (Tabela 3).

Os valores do número de nodos, raio e histerese são 10,100,10 respetivamente.

- Variar a Histerese

Mantendo os valores que anteriormente utilizamos para o número de nodos (10), velocidade (1) e raio (100), fomos variando a histerese (Tabela 4).

Verificamos que o número de grupos diminui com o aumento da histerese, como era de esperar, tal como o número de grupos com um só nodo.

Por outro lado, ambos os números de nodos dos grupos com mais e com menos nodos aumentam com o aumento da histerese.

V. ANEXOS

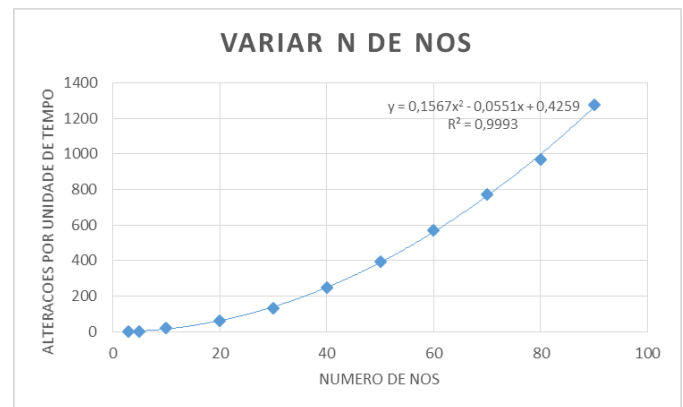


Gráfico 1

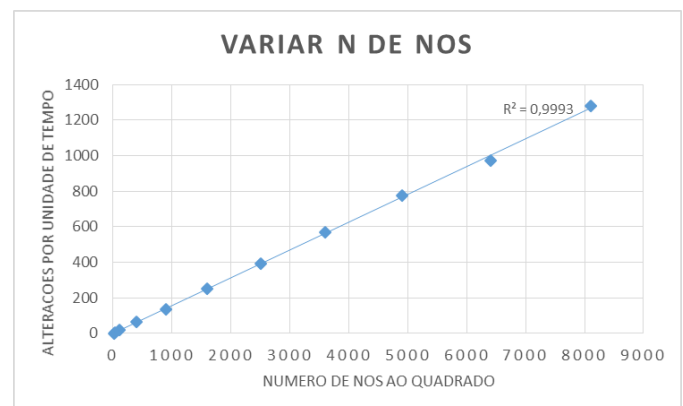


Gráfico 2

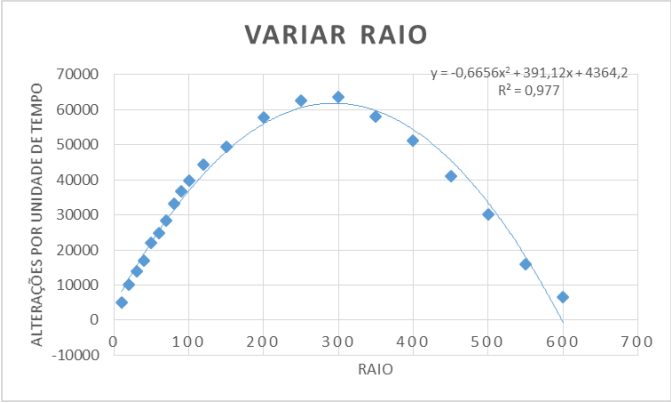


Gráfico 3

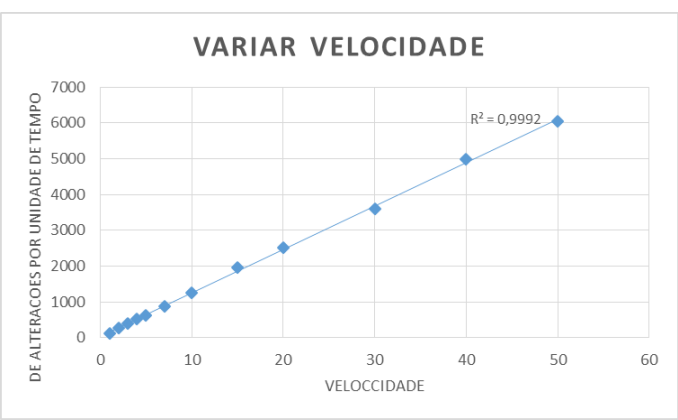


Gráfico 6

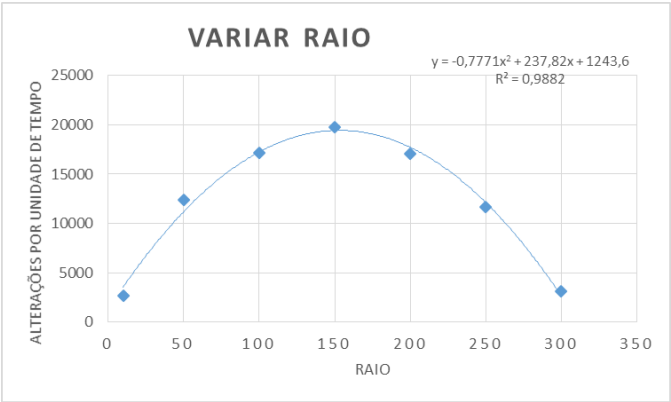


Gráfico 4

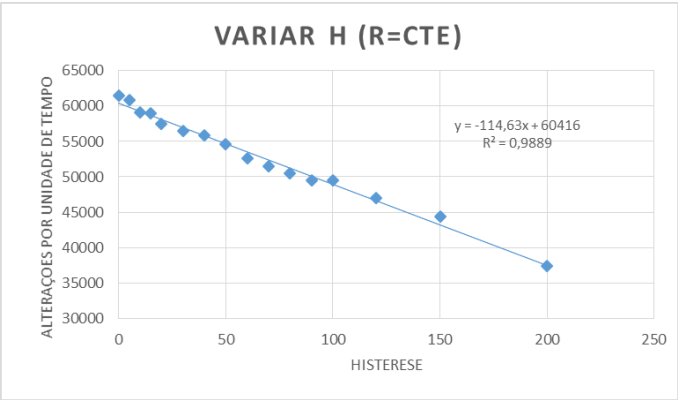


Gráfico 7

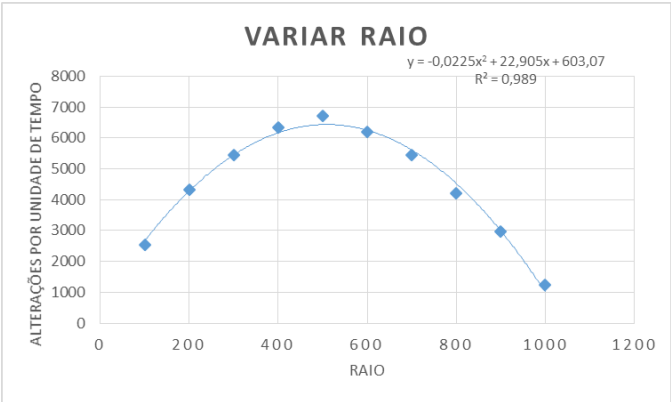


Gráfico 5

| nodos | Ngrupos | max | min | Nsigleton | nos/grupo |
|-------|---------|-----|-----|-----------|-----------|
| 5 | 3,4 | 2,4 | 0,9 | 2,2 | 1,470588 |
| 10 | 5,8 | 3,2 | 1 | 3,2 | 1,724138 |
| 15 | 8,3 | 4 | 1 | 4,3 | 1,807229 |
| 20 | 10,1 | 4,3 | 1 | 5 | 1,980198 |

Tabela 1

| raio | Ngrupos | max | min | Nsigleton | nos/grupo |
|------|---------|-----|-----|-----------|-----------|
| 100 | 5,8 | 3,2 | 1 | 3,2 | 1,724138 |
| 200 | 3,4 | 5,6 | 0,8 | 1,2 | 2,941176 |
| 300 | 1 | 10 | 0 | 0 | 10 |

Tabela 2

| vel | Ngrupos | max | min | Nsigleton | nos/grupo |
|-----|---------|-----|-----|-----------|-----------|
| 1 | 5,8 | 3,2 | 1 | 3,2 | 1,724138 |
| 2 | 6,1 | 3 | 1,1 | 3,5 | 1,639344 |
| 3 | 7,1 | 2,7 | 1 | 4,9 | 1,408451 |
| 4 | 6,5 | 3,1 | 1 | 4,2 | 1,538462 |
| 5 | 6,3 | 3,3 | 1 | 4 | 1,587302 |

Tabela 3

| histerese | Ngrupos | max | min | Nsigleton | nos/grupo |
|-----------|---------|-----|-----|-----------|-----------|
| 0 | 6,1 | 2,9 | 1 | 3,2 | 3,278689 |
| 30 | 6 | 3 | 1,1 | 3,1 | 3,333333 |
| 60 | 5,1 | 3,2 | 1,2 | 1,9 | 3,921569 |
| 100 | 4,5 | 4,1 | 1,4 | 2,1 | 4,444444 |

TABELA 4

VI. ANÁLISE DE COMPLEXIDADE E CONCLUSÃO

Ao realizar o trabalho apercebemo-nos que **superficialmente o projeto era bastante simples;** representar um conjunto de nodos em movimento e uma tabela com as ligações entre os mesmos não são tarefas com um grau de dificuldade muito elevado. Mas em termos de análise de resultados é um projeto que permite fazer um estudo bastante aprofundado da estabilidade de sistemas de nodos móveis. Utilizámos grande parte do tempo de realização do projeto a testar diferentes combinações dos parâmetros que fazem variar a estabilidade da rede, o que nos permitiu obter um conjunto de amostras muito significativo. Assim, **obtivemos resultados muito fiáveis** e que podem ser utilizados em aplicações ou sistemas distribuídos, nos quais é muito importante fazer um estudo da estabilidade.

Tivemos alguma dificuldade em formar os grupos de ligação de nodos, sendo este um processo que, embora não pareça, é bastante complexo.

Tornou-se mais difícil para nós a realização deste projeto uma vez que nunca tínhamos programado usando a linguagem de java. Apesar disso, conseguimos alcançar um **resultado final muito positivo**, que cumpriu todos os requisitos que à partida definimos.

O trabalho foi feito com igual participação de ambos os membros do grupo em todas as partes: programação, recolha de dados e realização do relatório.

