Marcel Jerzyk

Technologie Sieciowe

04.04.2019

Model Sieci

1. Cel listy

Zadanie dotyczy zbadania sieci przedstawionych jako grafy – dokładniej: szacowania niezawodności oraz badania natężeń (opóźnień). Programy testujące oba problemy zostały napisane przeze mnie w Javie z pomocą biblioteki JGraphT.

2. Szacowanie niezawodności

1) Przygotowanie do badań

```
// Holds edges to be deleted further on
ArrayList<DefaultWeightedEdge> edges = new ArrayList<>();

// Loop through the edges of graph
for (DefaultWeightedEdge e : graph.edgeSet()) {
    if (Math.random() > graph.getEdgeWeight(e)) {
        if(laud) System.out.println("Edge [" + e + "] has broken!");
        edges.add(e);
    }
}

// Remove them
for(DefaultWeightedEdge e : edges){
    graph.removeEdge(e);
}
```

Sprawdzenie spójności

Dla każdej krawędzi: jeżeli wylosowana liczba jest większa niż "wytrzymałość" krawędzi to markujemy ją jako zawodną (usuwamy). Po pętli, sprawdzamy czy graf jest spójny.

```
// Test if the graph is reliable.
ConnectivityInspector<Integer, DefaultWeightedEdge> inspectorTest =
        new ConnectivityInspector<>(graph);
boolean connectedGraph = inspectorTest.isConnected();
if(connectedGraph) {
    if(laud) System.out.println("> Graph [" + i + "] has proved to be reliable.");
    testPassed++;
}
```

Odtwarzanie

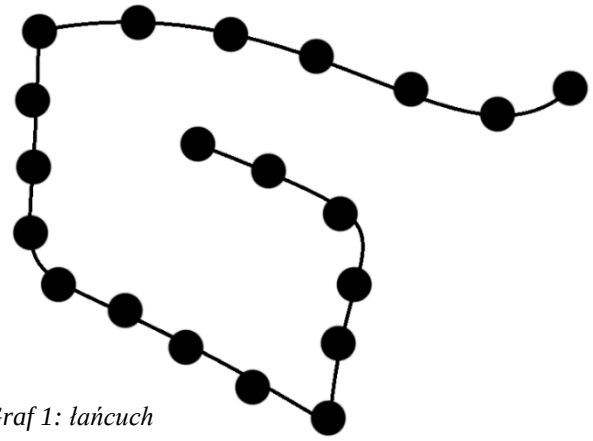
Usunięcie pozostałych krawędzi, by móc stworzyć graf na nowo na początku pętli. Po wyjściu - print wyniku.

```
        // Remove every single edge (part 1 of remaking a graph)
        ArrayList<DefaultWeightedEdge> edgesLeft = new ArrayList<>(graph.edgeSet());

        // Remove them ^
        for(DefaultWeightedEdge e : edgesLeft){
            graph.removeEdge(e);
        }
    }
    System.out.println("> END: Tests passed: [" + testPassed + "/"
                       + testNum + "]\n> Version: " + testVersion);
}
```

Kod jest odpowiednio modyfikowany podczas tworzenia grafu przez dorzucenie if statement (za pomocą testVersion), tak by pasował do omawianego zagadnienia.

2) Graf „liniowy” (łańcuch)



Graf 1: łańcuch

Zaczniemy testowanie od grafu, który ma **20 wierzchołków** i w którym każdy wierzchołek jest połączony z następnym (można sobie to wyobrazić, jako LinkedList wierzchołków). Warto zauważyć, że w tym wypadku kod jest gotowy do sprawdzenia tej sytuacji bez modyfikacji.

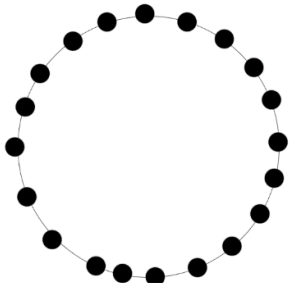
Na próbie 10000 powtórzeń dostajemy wyniki, które średnio dadzą wynik około **3750** udanych połączeń. Jest to wynik poprawny, ponieważ można go oczekiwać mając podstawową wiedzę nt. statystyki czy kombinatoryki. Mianowicie wiedząc, że mamy do czynienia z listą, w której przerwanie połączenia pomiędzy pierwszym i następnym wierzchołkiem prowadzi do niespójności grafu oraz szansa na zerwanie jest stała przy każdym kroku, zauważyć można, że prawdopodobieństwo, że taki graf będzie niezawodnym można opisać wzorem **(p)^e = (0,95)^19 ~ 0,3774**.

```
Graphs
"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_191\bin\java.exe" ...
> END: Tests passed: [3759/10000]
> Version: 1

Process finished with exit code 0
```

Obrazek 2: graf liniowy - test

3) Graf cykliczny



Graf 2: cykliczny

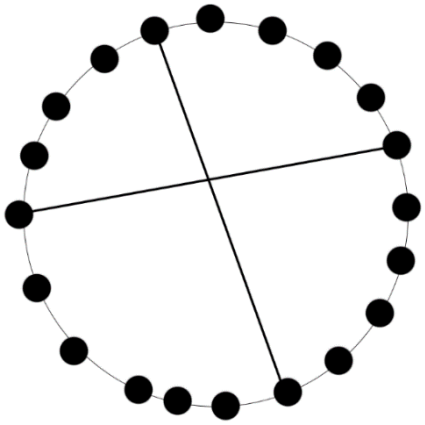
Kolejną sytuacją jest połączenie krawędzią ostatniego wierzchołka z pierwszym (domyślną wagą niezawodności = 95%). W ten sposób otrzymujemy graf cykliczny. Dzięki temu, w porównaniu do grafu z pkt 2), nasz graf ma aż dwukrotnie większą szansę na to, że będzie spójny. Analogicznie można też zauważyć, że teraz nie można pozwolić na rozerwanie dwa razy większej liczby krawędzi w porównaniu do poprzedniego przypadku – dwie zawodne krawędzie zniszczą spójność grafu.

```
Graphs
"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_191\bin\java.exe" ...
> END: Tests passed: [7385/10000]
> Version: 2

Process finished with exit code 0
```

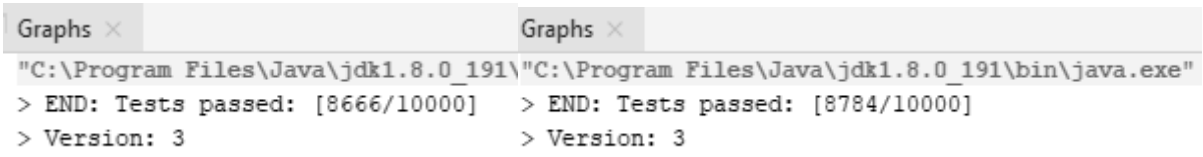
Obrazek 2: graf cykliczny - test

4) Graf z połączeniami w ćwiartkach



Graf 3: (1,10) i (5,15)

Zadaniem było połączenie krawędzi (1, 10) (niezawodność: 80%) i (5, 15) (niezawodność: 70%). Zapewne chodziło o połączenie grafu tak, aby pomiędzy dodatkowym mostem na drugą stronę grafu były dokładnie 4 wierzchołki przerwy, lecz wtedy należałoby połączyć graf w miejscach (1, 11) oraz (6, 16). W taki sposób otrzymamy dwa równomiernie ustawione przejścia na drugą stronę.
Zróbmy test dla obu wersji tego zadania.



Obrazek 3: oryginalny test

Obrazek 4: test zmodyfikowany przeze mnie

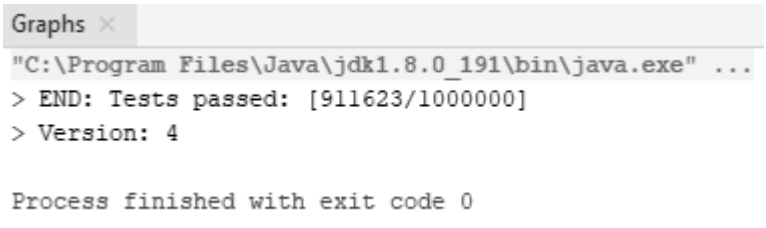
Pomiędzy jednym a drugim wynikiem jest lekka różnica. Dla upewniania się w rezultatach poddałem to jeszcze dwóm próbom, na próbie 1mln powtórzeń. Różnica wynosi 851 i 1549 na korzyść wersji zmodyfikowanej. Potwierdza to przypuszczenia, że wersja zmodyfikowana jest lepsza w utrzymaniu spójności niż ta początkowa, która jest odrobinę bardziej losowa.

Jak to się ma do grafu z punktu 3)? Dorzucenie dwóch dodatkowych krawędzi w wyżej wymieniony sposób poprawiło niezawodność z 74% na 87% co daje, aż 13 punktów procentowych, lub inaczej – 18% wzrost niezawodności. Jest to kolejna spora poprawa, choć skok nie jest tak duży jak z 1) na 2).

5) Graf czwarty z czteroma krawędziami dodatkowymi

Można spróbować dorzucić kolejne symetryczne połączenia w grafie, lecz nie będą one już tak „satysfakcjonująco” symetryczne jak te, które wykorzystaliśmy w poprzednim przypadku. W rzeczywistości sieci również nie są idealnie rozłożone – dużo bardziej przypomina to chaos.

Użyję grafu z punktu 4 (zmodyfikowanego, ponieważ działa lepiej) to zbadania jak zwiększy się niezawodność grafu po dodaniu 4 losowych krawędzi (przy każdej iteracji) o niezawodności 40% z warunkiem, że żadna krawędź nie będzie się powtarzać (tzn. jeżeli już jest krawędź z 4 do 5, to nie stworzymy kolejnej z 4 do 5) oraz krawędź szła z wierzchołka do tego samego wierzchołka. Zostawię również próbę jednego miliona.



Obrazek 5: graf z losowymi krawędziami - test

Otrzymany wynik wynosi 91%. Jest to już całkiem dużo „in total", lecz jeżeli pomyślimy o tym, że co dziesiąty dzień nasz Internet będzie nie działał, to wtedy wynik nie jest ani trochę satysfakcjonujący. Cztery krawędzie losowe zwiększyły niezawodność o tylko 4%. Wzrost bardzo mały, ledwo zauważalny w praktyce.

6) Podsumowanie

Graf	Udane próby	Niezawodność
Łańcuch	375/1000	38%
Cykl	738/1000	74%
Cykl + "Ćwiartka"	866/1000	87%
Cykl + Ćwiartka	878/1000	88%
Cykl + Ćwiartka + 4x rand(e)	911/1000	91%

Tabela 1: porównanie grafów

Jak widać, nasza poprawa niezawodności grafu rosła logarytmicznie. Z każdą kolejną próbą niezawodność grafu rosła coraz wolniej. Użyję analogii do włókna: największe różnice wytrzymałości zauważyć można przy dodaniu do pierwszej nitki kolejnej, a przy kolejnych dwóch-trzech i mamy wytrzymałość jak przy koszulce z sieciówki. Jest to problemem dla ISP, ponieważ konsument spodziewa się 100% niezawodności przez cały czas, więc infrastruktura musi być gęsta oraz bardzo niezawodna.

3. Szacowanie niezawodności

4. Podsumowanie