

Ст. викладач, к.т.н. Сирота С.В., магістрант Сташук В.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

**ВИЯВЛЕННЯ ГРУП МІГРУЮЧИХ АБОНЕНТІВ ОПЕРАТОРІВ
СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
РЕСУРСНОЇ МЕРЕЖІ**

Abstract

*Sergiy V. Syrota, senior lecturer, PhD; Stashuk V.I., student
Detection of groups of migrating subscribers of mobile phone providers using
resource network*

This paper analyzes the technique of detection of groups of migrating subscribers of mobile phone providers using the resource network. The resource network is a flow model represented by an oriented weighted graph in which any two vertices are either not adjacent or connected by a pair of oppositely directed edges. Vertices can contain unlimited amount of resource. The weights of edges indicate the ability to conduct resource from one vertex to the other.

Вступ

У більшості розвинених країн на ринку операторів стільникового зв'язку спостерігається велика конкуренція. Наразі перехід від одного оператора стільникового зв'язку до іншого не є проблемою для абонентів. Наприклад, в Україні деякі оператори час від часу роздають стартові пакети стільникового зв'язку безкоштовно. За таких умов збереження існуючих абонентів є досить важливою задачею. Оператори стільникового зв'язку повинні постійно слідкувати за адекватністю тарифів надання послуг, влаштовувати промо-акції, вводити бонуси для постійних клієнтів тощо. Проте слід враховувати, що не всі абоненти є рівнозначними. Можна виділити групи так званих ключових абонентів, у тому сенсі, що зміна оператора лише декількох абонентів з однієї групи може спровокувати міграцію всієї групи. Як приклад, перехід директора підприємства до іншого оператора стільникового зв'язку може призвести до зміни оператора більшістю його співробітників. У цій статті досліджується задача виділення ключових абонентів стільникового зв'язку за допомогою ресурсної мережі.

Постановка задачі

Вихідними даними для задачі виявлення груп ключових абонентів операторів стільникового зв'язку є білінгова база, яка представляє собою таблицю, що складається з наступних стовпців:

- дата здійснення дзвінка;
- номер абонента, що телефонував;
- номер абонента, якому телефонували;
- тривалість дзвінка.

Необхідно з цієї бази виділити групи ключових абонентів, які найактивніше спілкуються між собою.

Термінологія

Ресурсна мережа – це динамічна потокова модель, представлена орієнтованим зваженим графом. Ресурс розміщується у вершинах, що мають необмежену ємність, ваги ребер позначають їх пропускну спроможність. У дискретні моменти часу вершини обмінюються ресурсами за певними правилами [1].

Основні визначення

Ресурсною мережею називається орієнтований граф, вершинам v_i якого приписані невід'ємні числа $q_i(t)$, що змінюються у дискретному часі t та називається ресурсами, а ребрам v_i, v_j – додатні числа r_{ij} , які є сталими з плином часу, що називаються пропускними спроможностями; n – число вершин [2].

Станом мережі в момент t будемо називати вектор

$$Q(t) = (q_1(t), \dots, q_n(t)).$$

У кожен момент вершини передають по вихідних ребрах кількість ресурсу, що залежить від пропускних спроможностей ребер. Правила передачі ресурсу задовольняють наступним умовам:

1. Мережа замкнена, тобто ресурси ззовні не поступають та не витрачаються.
2. Ресурс, що віддається вершиною, віднімається з її ресурсу; ресурс, що приходить до вершини, додається до її ресурсу, тобто виконується закон збереження сумарного ресурсу W :

$$\forall t \sum_{i=1}^n q_i(t) = W.$$

Стан $Q(t)$ називається *стійким*, якщо

$$Q(t) = Q(t+1) = Q(t+2) = \dots$$

Стан $Q^* = (q_1^*, \dots, q_n^*)$ називається *асимптотично досягаємим* зі стану $Q(0)$, якщо для будь-якого $\varepsilon > 0$ існує t_ε таке, що для будь-яких

$$t > t_\varepsilon |q_i^* - q_i(t)| < \varepsilon, i = 1, 2, \dots, n.$$

Матрицею пропускної спроможності будемо називати матрицю $R = \|r_{ij}\|_{n \times n}$.

Якщо не існує пари $\langle (v_i, v_j), (v_j, v_i) \rangle$, то $r_{ij} = 0$ та $r_{ji} = 0$.

Сумарну пропускну спроможність вхідних ребер вершини з номером i будемо називати її вхідною пропускну спроможність та позначати через $r_i^{in} = \sum_{j=1}^n r_{ji}$; сумарну пропускну спроможність вихідних ребер, відповідно, назвемо вихідною пропускну спроможністю та позначимо через $r_i^{out} = \sum_{j=1}^n r_{ij}$. Пропускна спроможність петлі входить в обидві суми.

Розподілення ресурсу в мережі відбувається за одним з двох правил, вибір яких залежить від величини ресурсу у вершинах. В момент $t+1$ вершина v_i віддасть у ребро, що з'єднує її з вершиною v_k [3]:

Правило 1: r_{ik} одиниць ресурсу, якщо $q_i(t) > r_i^{out}$;

Правило 2: $\frac{r_{ik}}{r_i^{out}} q_i(t)$ в іншому випадку.

Використання ресурсної мережі для виявлення ключових абонентів

Для побудови ресурсної мережі представимо білінгову базу даних у вигляді матриці R пропускних спроможностей ребер розмірністю n , де n – кількість абонентів. Елементами матриці r_{ij} будуть тривалості усіх розмов за певний період часу (наприклад, один місяць), здійснених між абонентами i та j . Таким чином, матриця R буде симетричною, тобто в пам'яті комп'ютера можна зберігати лише її половину. Симетричність матриці обумовлюється тим, що при виявленні груп ключових абонентів має значення лише факт розмови та її тривалість, проте не важливо, хто кому телефонував. Також, очевидно, матриця буде сильно розрідженою. Тому було прийнято рішення про представлення матриці за методом запропонованим в [4].

Згідно з властивістю ергодичності ресурсної мережі описаному в [5] через деяку кількість ітерацій виявляються вершини атрактори і саме ці атрактори імовірно являються абонентами шуканої групи.

Наведемо алгоритм пошуку груп ключових вершин. Візьмемо вершину v_i з найбільшою сумарною пропускнуою спроможністю r_i^{out} і наділимо її ресурсом, що становить $10 r_i^{out}$. Число 10 було вибрано, оскільки за результатами експериментів встановлено, що в більшості випадків десяти ітерацій вистачає для виділення групи або для визначення, що вершина, наділена ресурсом, не входить до жодної з шуканих груп. Почнемо ітерації перерозподілу ресурсу серед вершин мережі за правилами, наведеними вище. Процес перерозподілу ресурсу можна завершити, коли після чергової k -ї ітерації знайдеться хоча б m вершин, для яких виконується нерівність

$$\frac{q_i(k)}{2} \leq q_j(k) \leq 2q_i(k) \text{ для будь-яких } j = 1..m.$$

Число m визначає мінімальну кількість абонентів в можливій групі. При тестуванні застосунку ми використовували $m = 20$.

Якщо вершина, яку ми наділили ресурсом, входила до однієї з шуканих груп, то інші вершини з цієї групи отримають ресурс, що буде суттєво більшим за середній розподіл ресурсу по вершинах мережі. Таким чином, можна виділити одну з груп.

Якщо ця вершина не є елементом жодної з шуканих груп, то ресурс більш менш рівномірно розподілиться між більшістю вершин мережі.

Таким чином, шукана група вершин виділяється серед інших.

Для знаходження інших груп повторимо дії, описані вище. При цьому вершину, яку ми наділятимемо ресурсом, будемо вибирати, як вершину з найбільшою пропускнуою спроможністю, за винятком вершин, що входять до вже виділених груп.

Висновки

Для перевірки запропонованого методу було написано застосунок на мові Java, що генерує тестовий приклад, представляє вихідні дані у вигляді ресурсної мережі і виконує ітерації перерозподілу ресурсу. Вихідні дані генеруються згідно з параметрами, що задаються у XML-файлі. Є можливість задавати загальну кількість абонентів, кількість груп, параметри кожної з груп тощо. Було показано, що для знаходження кожної з груп вистачало близько десяти ітерацій.

В подальшому при роботі з реальним оператором стільникового зв'язку та з реальними даними можна на вимогу оператора визначати необхідну низку критеріїв, за якими виділяється група, та вдосконалити роботу програми, щоб вона виділяла лише групи, що відповідають цим критеріям.

Література

1. *Кузнецов О.П., Жиликова Л.Ю.* Полные двусторонние ресурсные сети с произвольными пропускными способностями, УБС, 30:1, 2010. – С. 640-664.
2. *Кузнецов О.П., Жиликова Л.Ю.* Ресурсные сети и их приложения в информационных технологиях. Международная конференция OSTIS-2011. Труды конференции – С. 147-154.
3. *Жиликова Л.Ю.* Несимметричные ресурсные сети. Процессы стабилизации при малых ресурсах. Автомат. и телемех., 2011, № 4 – С. 133-143
4. *Кнут Д.* Искусство программирования для ЭВМ. Т.1. Основные алгоритмы. М.: Мир, 1976. – С. 371-380.
5. *Кузнецов О.П., Жиликова Л.Ю.* Исследование эргодичности ресурсных сетей с произвольной проводимостью. «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2010», междунар. науч. конф. им. Т. А. Таран (10; 2010; Киев). – С. 106-113.