

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛНОГО ГРАФА ТОПОЛОГИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Камкамидзе Елена, Хомерики Ирина, Двалишвили Михаил
Грузинский Технический Университет

Резюме

Разработана методика формирования топологии телекоммуникационной сети, которая учитывает основные топологические характеристики доступной части сети и работает в условии недостаточной репрезентативности выборки исходных данных. Предлагаемая методика состоит из последовательности разработанных алгоритмов. Создан алгоритм формирования исходных данных о топологии сети - множества вершин и связей между ними доступной части сети, который учитывает ограничения по сбору данных. Следующий этап предполагает разработку алгоритма формирования полного графа сети с учетом добавления недоступной части на основе вычисленных прогнозируемых топологических характеристик. Разработанную методику формирования топологии телекоммуникационной сети в дальнейшем можно реализовать в виде программного комплекса.

Ключевые слова: алгоритм формирования графа. Коэффициенты уязвимости. Топологические характеристики.

1. Введение

Для моделирования телекоммуникационной сети необходимо иметь топологию реального объекта. Прямое получение этой информации затруднено в связи со следующим противоречием. Для повышения точности результатов моделирования необходимо иметь топологию всей сети. Получить такую информацию без прав администратора не представляется возможным.

При сборе данных с правами абонента телекоммуникационной сети имеем дело с двумя типами узлов: открытыми и закрытыми. Если в ходе сбора данных мы получаем идентификаторы (id) узла и смежных с ним узлов, то такой узел называем открытым. Если же получаем только id узла (абонент с помощью настроек скрыл информацию о своих контактах), то такой узел называем закрытым.

Также в сети могут существовать узлы, которые соединены только с закрытыми узлами. В таком случае невозможно получить даже идентификатор узла. Таких узлов в сети незначительная часть. Эмпирически показано, что закрытых узлов на порядок больше, чем открытых, поэтому при сборе данных теряется значительная часть данных [1,2].

Частота запросов абонента о связях узла ограничена администраторскими мерами (это значение приблизительно составляет 10 запросов в секунду). Это ограничение приводит к тому, что, учитывая масштабность телекоммуникационной сети (десятки миллионов узлов), получение информации о топологии сети превращается в длительный процесс.

Учитывая, что время сессии ограничено, данная особенность должна учитываться при практической реализации. Известные средства для решения задачи сбора информации о связях узлов в телекоммуникационной сети не эффективны, так как напрямую не предназначены для достижения этой цели и имеют множество недостатков. Топология

реальной ИТКС постоянно изменяется (абоненты регистрируются, добавляют связи, удаляют связи и учетные записи). В связи с этим, необходимо постоянно получать актуальную информацию для более точного моделирования телекоммуникационной сети.

2. Основная часть.

Топология сети представляется графом $G=\{V,E\}$, где V (множество вершин графа) – множество узлов-абонентов, а E (множество ребер) – информационные связи между узлами.

Будем считать, что граф является неориентированным, то есть все связи – двунаправленные. Любые две вершины графа могут быть связаны не более чем одним ребром. Для упрощения исследований граф считается не взвешенным, т.е. сила информационных связей не отображается на веса соответствующих ребер. Узел представляет собой человеко-машинную систему, на одном компьютере не может находиться несколько узлов. В предлагаемой модели узел $v_i = \{id_i, flag_i\}$ хранит уникальный идентификатор абонента сети (id) и флаг ($flag$). Переменная $flag$ определяет статус узла: открытый ($flag=1$) или закрытый ($flag=0$).

Методика формирования топологии ИТКС, которая состоит из последовательности шагов:

- сбор данных о топологии доступной части сети;
- формирование полного графа сети с учетом добавления недоступной части на основе вычисленных прогнозируемых топологических характеристик (распределение степеней связности, средняя длина пути);
- формирование вектора топологической уязвимости узлов телекоммуникационной сети.

Граф доступной части сети – граф, содержащий открытые и закрытые узлы и связи между ними. Полный граф сети – граф, содержащий открытые узлы и закрытые узлы, перешедшие в состояние открытых, и связи между ними. Соседние узлы (смежные узлы) – узлы, имеющие связи с данным узлом. Требуется составить граф доступной части сети $G(V, E)$, где V – множество вершин, включающее два подмножества: $W=\{w_i\}$ – подмножество открытых вершин; $U=\{u_i\}$ – подмножество закрытых вершин; E – множество связей между узлами ($e_{ij} = e_{ji}$ – связь между i -м и j -м узлами); A – массив, содержащий id пройденных узлов (a_i – элементы массива). Блок-схема алгоритма формирования графа доступной части сети представлена на рисунке 2. Переменные, используемые в алгоритме: k – счетчик узлов; $Z=\{z_i\}$ – множество соседних узлов k -го узла; $flag$ – флаг, определяющий статус узла ($flag=1$ – открытый, $flag=0$ – закрытый); p – текущее значение длины массива A ; i – счетчик соседних узлов; X – временное множество. Рассмотрим пример поэтапной реализации алгоритма формирования графа доступной части сети.

Этап 1. Выполняем начальные установки согласно первому шагу алгоритма:

$$k=1, V=\{w_1\}, A[12];$$

Этап 2. Выполняем функцию $Get(12, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z=\{43, 36, 39, 78\}$, $|Z|=4$, $flag=1$. Переходим к третьему шагу алгоритма;

Этап 3. Проверяем множество Z на наличие узлов, уже добавленных в множество V , и при наличии таковых, удаляем их. Получаем $Z=\{43, 36, 39, 78\}$, $|Z|=4$;

Этап 4. Определяем длину массива A ($n=1$). Добавляем ребра, связывающие первую вершину с узлами из множества Z . Получаем $E=\{e1,2, e1,3, e1,4, e1,5\}$. Выполняем функцию Get для всех узлов из множества Z и добавляем их в соответствующие подмножества множества V . Получаем $W=\{w1, w2\}$, $U=\{u3, u4, u5\}$. Записываем идентификаторы узлов в массив A ;

Этап 5. Увеличиваем счетчик $k=1+1=2$. Второй элемент массива A ($a2$) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма. После выполнения первых пяти этапов получаем граф, на рисунке 1, на котором закрытые узлы выделены серым цветом, а открытые - белым.

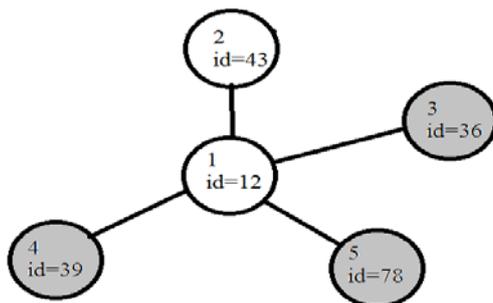


Рис.1. Результат работы алгоритма (1-5 этапы)

Этап 6. Выполняем функцию $Get(43, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z=\{12, 16, 25, 4\}$, $|Z|=4$, $flag=1$. Переходим к третьему шагу алгоритма;

Этап 7. Проверяем множество Z на наличие узлов, уже добавленных в множество V , и при наличии таковых, удаляем их. Получаем $Z=\{16, 25, 4\}$, $|Z|=3$;

Этап 8. Определяем длину массива A ($n=5$). Добавляем ребра, связывающие вторую вершину с узлами из множества Z . Получаем $E=\{e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8\}$. Выполняем функцию Get для всех узлов из множества Z и добавляем их в соответствующие подмножества множества V . Получаем $W=\{w1, w2, w8\}$, $U=\{u3, u4, u5, u6, u7\}$. Записываем идентификаторы узлов в массив A . Получаем A ;

Этап 9. Увеличиваем счетчик $k=2+1=3$. Третий элемент массива A ($a3$) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма. После выполнения этапов 6-9 получаем граф, представленный на рисунке 3;

Этап 10. Выполняем функцию $Get(36, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z= \emptyset$, $|Z|=0$, $flag=0$. Переходим к пятому шагу алгоритма;

Этап 11. Выполняем функцию $Get(36, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z= \emptyset$, $|Z|=0$, $flag=0$. Переходим к пятому шагу алгоритма;

Этап 12. Увеличиваем счетчик $k=3+1=4$. Четвертый элемент массива A ($a4$) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма;

Этап 13. Выполняем функцию $Get(39, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z= \emptyset$, $|Z|=0$, $flag=0$. Переходим к пятому шагу алгоритма;

Этап 14. Увеличиваем счетчик $k=4+1=5$. Пятый элемент массива A ($a5$) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма.

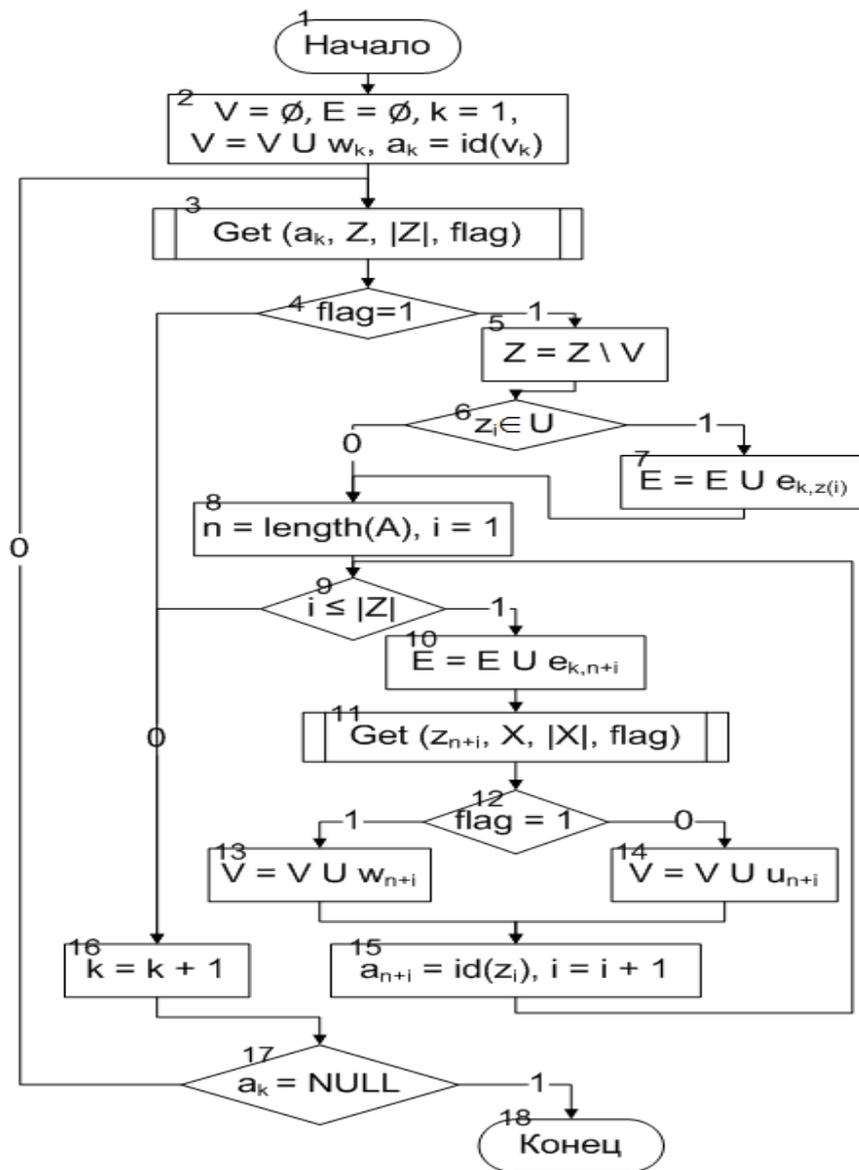


Рис.2. Алгоритм формирования графа доступной части сети

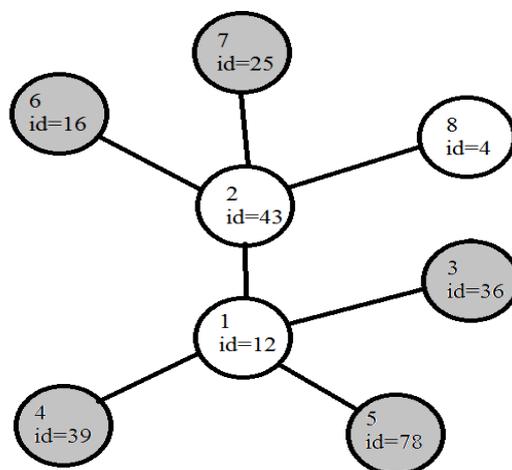


Рис. 3. Результат работы алгоритма (1-9 этапы)

Этап 15. Выполняем функцию $Get(78, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z = \emptyset, |Z|=0, flag=0$. Переходим к пятому шагу алгоритма;

Этап 16. Увеличиваем счетчик $k=5+1=6$. Шестой элемент массива A (a_6) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма;

Этап 17. Выполняем функцию $Get(16, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z = \emptyset, |Z|=0, flag=0$. Переходим к пятому шагу алгоритма;

Этап 18. Увеличиваем счетчик $k=6+1=7$. Седьмой элемент массива A (a_7) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма;

Этап 19. Выполняем функцию $Get(25, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z = \emptyset, |Z|=0, flag=0$. Переходим к пятому шагу алгоритма;

Этап 20. Увеличиваем счетчик $k=7+1=8$. Восьмой элемент массива A (a_8) существует, значит, переходим ко второму шагу алгоритма;

Этап 21. Выполняем функцию $Get(8, Z, |Z|, flag)$. Получаем $Z=\{43, 36\}, |Z|=2, flag=1$. Переходим к третьему шагу алгоритма;

Этап 22. Проверяем множество Z на наличие узлов, уже добавленных в множество V , и при наличии таковых, удаляем их. Получаем $Z = \emptyset, |Z|=0, E=\{e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8, e8,3\}$;

Этап 23. На данном этапе ничего не изменяется, так как $Z = \emptyset$;

Этап 24. Увеличиваем счетчик $k=8+1=9$. Девятого элемента массива A (a_9) существует, значит, работа алгоритма завершена. Сформированный в результате алгоритма граф доступной телекоммуникационной сети представлен на рисунке 4.

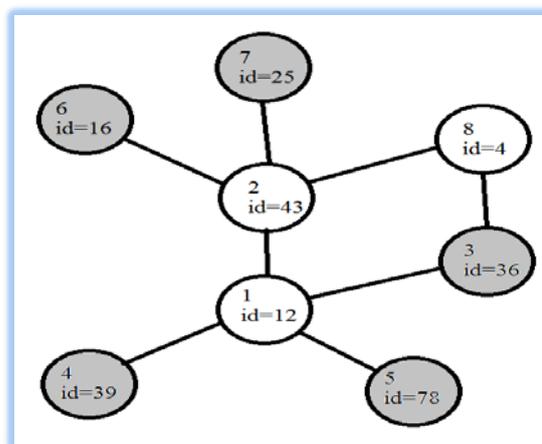


Рис.4 Итоговый результат работы алгоритма

Результаты работы каждого этапа отражены в таблице :

№	V	E	A	Z	K	N
1	w1	\emptyset	12	\emptyset	1	0
2	w1	\emptyset	12	43,36,39,78	1	0
3	w1	\emptyset	12	43,36,39,78	1	0
4	w1, w2, u3, u4, u5	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5	12,43,36,39,78	43,36,39,78	1	1
5	w1, w2, u3, u4, u5	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5	12,43,36,39,78	43,36,39,78	2	1
6	w1, w2, u3, u4, u5	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5	12,43,36,39,78	12,16,25,4	2	1
7	w1, w2, u3, u4, u5	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5	12,43,36,39,78	16,25,4	2	1

8	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	16,25,4	2	5
9	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	16,25,4	3	5
10	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	3	5
11	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	4	5
12	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	4	5
13	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	5	5
14	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	5	5
15	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	6	5
16	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	6	5
17	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	7	5
18	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	7	5
19	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	∅	8	5
20	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8	12,43,36,39,78,1625,4	43,36	8	5
21	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8, e8,3	12,43,36,39,78,1625,4	∅	8	5
22	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8, e8,3	12,43,36,39,78,1625,4	∅	8	8
23	w1, w2, w8, u3, u4, u5, u6, u7	e1,2, e1,3, e1,4, e1,5, e2,6, e2,7, e2,8, e8,3	12,43,36,39,78,1625,4	∅	9	8

3. Выводы

Разработан алгоритм формирования полного графа сети, который учитывает топологические характеристики доступной части сети (распределение степеней связности, средняя длина пути). При анализе топологических характеристик сети можно подсчитать коэффициенты уязвимости для каждого узла в сети, вектор топологической уязвимости узлов телекоммуникационной сети. Полученный вектор можно использовать при прогнозировании угрозы распространения запрещенной информации. С одной стороны, можно классифицировать по опасности атакующие узлы, а с другой стороны, можно выстроить наиболее эффективную стратегию противодействия угрозе. Разработанная методика формирования топологии телекоммуникационной сети учитывает основные топологические характеристики доступной части сети и работает в условии недостаточной репрезентативности выборки исходных данных.

Литература:

1. Gjoka, M., Kurant, M., Butts, C. T., Markopoulou, A. A Walk in Facebook: Uniform Sampling of Users in Online Social Networks / M. Gjoka; IEEE INFOCOM '10. IEEE Journal on Selected Areas in Communications - 2010.
2. Ferrara, E., Fiumara, G., Topological features of Online Social Networks. Communications on Applied and Industrial Mathematics / - 2011.
3. Kumar, R., Novak, J., Tomkins, A. Structure and evolution of online social networks [Text] / R.; Link Mining: Models, Algorithms, and Applications. - 2014.

ALGORITHM TO CONSTRUCT THE COMPLETE GRAPH TOPOLOGY OF THE TELECOMMUNICATION NETWORK

Kamkamidze Elene, Khomeriki Irina, Dvalishvili Mikheil
Georgian Technical University

Summary

A method of forming the topology of the telecommunication network is developed, which implicates basic topological characteristics of the network parts, that are available and works in the conditions of insufficient representativeness of the sample input data. The proposed method is consisted of a sequence of the developed algorithms. The algorithm of forming the initial data on the network topology is developed - the set of vertices and the connections between them are available for the network, which considers the limitations on data collection. The next stage involves the development of an algorithm of forming a complete graph network with the addition of an inaccessible part based on the calculated predicted topological characteristics. Developed techniques regarding the formation of the topology of telecommunications network can be implemented as software in the future.

სატელეკომუნიკაციო ქსელის ტოპოლოგიის სრული გრაფის აგების ალგორითმი

ელენე კამკამიძე, ირინა ხომერიკი, მისხვილ დვალიშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

დამუშავებულია სატელეკომუნიკაციო ქსელის ტოპოლოგიის ფორმირების მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ქსელის ხელმისაწვდომი ნაწილის ძირითად ტოპოლოგიურ მახასიათებლებს და მუშაობს საწყის მონაცემთა ამორჩევის უკმარისობის პირობებში. განხილული მეთოდი მოიცავს დამუშავებული ალგორითმების გარკვეულ თანამიმდევრობას. აგებულია ქსელის ტოპოლოგიის საწყის მონაცემთა ფორმირების ალგორითმი, რომელიც ასახავს ქსელის ხელმისაწვდომი ნაწილის მონაცემთა შეგროვების შეზღუდვებს. შემდგომი ეტაპი გულისხმობს ქსელის სრული გრაფის აგების ალგორითმის დამუშავებას, ქსელის მიუწვდომელი ნაწილის გათვალისწინებით. შესაძლებელია, აგრეთვე, წარდგენილი მეთოდის რეალიზება პროგრამული კომპლექსის სახით.