

# ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Мельникова Л.И., Татарчук С.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. телекоммуникационных систем,  
тел.( факс) (057) 702-13-20

The paper presents a method of defining the structural reliability of telecommunications networks with fixed topology. The index of the network connectivity is used as an index of reliability of the network. The network graph is used as a graphic model. The heuristic procedure of network graph conversion into parallel-serial graph forms the basis of the method. The utilization of a set of the shortest routes instead of a set of all possible routes differentiates the method from other methods (applies to analytical methods). The probabilistic models are used to define the network reliability. The computational complexity of the method was measured. It can be represented by polynomial relation of the number of vertices and edges in the network. The existing analytical methods have exponential relation. The application of the proposed method allows discovering critical network conditions and provides required network performance.

## Введение

В условиях обострения конкуренции на рынке телекоммуникационных услуг соглашения об уровне обслуживания (SLA) являются мощным средством для привлечения и удержания клиентов. SLA рассматриваются в ряде документов международных организаций, в которых определяется качество обслуживания (QoS). Центральное место в SLA занимают показатели качества обслуживания и нормативы для них, часто называемые нормативами уровня обслуживания (SLO). Показатели качества обслуживания, включаемые в SLA, делятся на две категории: специальные, зависящие от услуг и технологий, и общие, от них не зависящие. В качестве общих показателей обычно используются показатели надежности. Для современного телекоммуникационного оборудования характерна высокая надежность функционирования, обусловленная возможностями технологий. Нарушение связи происходит, в основном, под воздействием внешнего фактора – увеличение нагрузки. Такая ситуация характеризуется не только резким снижением пропускной способности сети, а также возможными структурно-топологическими изменениями, вплоть до разрыва связности. Последствием увеличения нагрузки может стать критическое состояние сети, выход из которого обеспечивается вводом дополнительных каналов.

Управление уровнем обслуживания (SLM) обеспечивает предоставление услуг, постоянно удовлетворяющих требованиям клиентов. Однако контроль выполнения является слабым местом в применении SLA, так как требует осуществлять сбор статистических данных о работе сети, что может потребовать много времени, особенно для оценки надежности. Возможен подход, когда характеристики качества, в основном надежность, оцениваются теоретически с использованием математических моделей и расчетных методов. Существующие аналитические методы оценки надежности сетей практически не реализуемы из-за высокой вычислительной сложности, приближенные методы лишь незначительно снижают эту сложность.[2,3,4] Разработка новых методов определения структурной надежности является актуальной задачей [ 1].

В докладе предложен метод определения структурной надежности сети связи заданной топологии и приведены результаты моделирование с использованием предложенного метода.

## Постановка задачи

Телекоммуникационные сети относятся к классу территориально распределенных сложных систем, для которых характерно то, что все включенные в их состав объекты могут быть подразделены с достаточной общими позициями на два класса: оконечные и транзитные пункты и линии связи, их соединяющие. Поэтому для математического описания

таких систем оказывается весьма удобным использовать математические модели на основе теории графов.

Если в конечном графе существует путь из одной вершины в любую другую, то граф является связным. Для сетей связи это свойство особенно важно, так как пока граф, отображающий данную сеть, остается связным, все абоненты этой сети могут связаться друг с другом. Нарушение связности приводит к тому, что некоторые абоненты становятся недоступными, что говорит о снижении качества работы сети. Таким образом, связность сети можно рассматривать как ее показатель надежности.

Тогда постановка задачи определение надежности сети может быть сформулирована следующим образом.

Сеть связи задана неориентированным графом  $G=(V,E)$ , где  $V$  – множество вершин ( $cardV=N$ ),  $E$  – множество дуг ( $cardE=A$ ). Каждой дуге  $(v_i, v_j) \in E$  поставлена в соответствии пара вещественных чисел  $\{d_{ij}, p_{ij}\}$ , где  $d_{ij}$  является весом данной дуги, а  $p_{ij}$  вероятность отказа дуги. Необходимо определить вероятность  $P_C$  существования хотя бы одного пути без петель между фиксированными вершинами (полюсами сети)  $s$  и  $t$  при отказе заданного числа дуг и при ограничениях на время доставки информации от  $s$  к  $t$  (ранг пути):

$$r(\mu_k) \leq z, \quad (1)$$

где  $\mu$  – множество всех путей из  $s$  в  $t$ .

#### Описание метода

Для решения поставленной задачи предлагается следующая последовательность действий.

1. Нахождение дерева кратчайших путей из  $s$  в  $t$  одним из наиболее распространенных методов поиска кратчайших путей – методом Дейкстры или методом Беллмана-Форда, в зависимости от степени разреженности матрицы весов графа сети.
2. Определение множества кратчайших путей  $\{\mu_k\}$ , удовлетворяющих ограничению (1)..
3. Построение множества простых, не пересекающихся между собой сечений (ПС)  $S=\{S_i\}$ ,  $i=1, \dots, N_S$ ,  $N_S \leq E$ . Для построения множества  $S$  предлагается использовать эвристический алгоритм, в основу которого положено выполнение следующих условий [1]:
  - 3.1. Число простых сечений равно рангу кратчайшего пути  $N_S=r_\mu$ .
  - 3.2. Линии привязки полюсов  $s$  и  $t$  составляют простые сечения  $S_1$  и  $S_r$ .
  - 3.3. Узлы, смежные с полюсами составляют простые (вершинные) сечения  $S_2$  и  $S_{r-1}$ .
  - 3.4. Каждое ПС  $S_i \in S$  содержит в себе элемент кратчайшего пути.
  - 3.5. Множество дуг, инцидентных узлу  $V_k \in S_{i-1}$  (ПС  $S_{i-1}$  – вершинное), образует ПС  $S_i$ .
  - 3.6. Если ребро соединяет пару узлов какого-либо из сформированных ПС, то оно не может входить в состав ни одного ПС.
4. Определение вероятности  $P_C$  существования связи между узлами  $s$  и  $t$ .

В работе проведена оценка вычислительной сложности метода, которая выражается полиномиальной зависимостью от числа вершин и дуг исходного графа сети в отличие от экспоненциальной зависимости в существующих аналитических процедурах определения структурной надежности сети.

Проведено моделирование с использованием пакета Matlab для исследования работоспособности метода для гипотетической сети, из которого следует, что при заданных требованиях к надежности функционирования, анализируя характер изменения кривой, можно визуально и аналитически определить критическое значение числа отказавших дуг (рис.1).

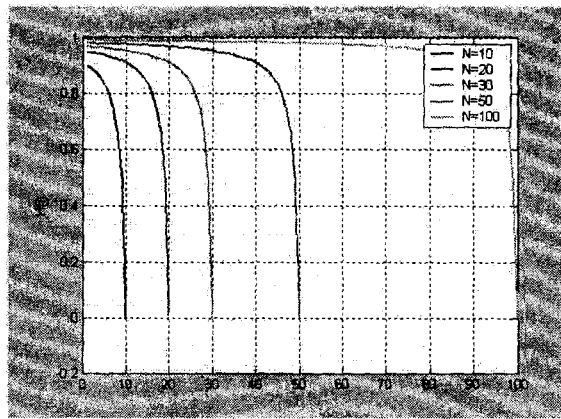


Рис.1. Зависимость надежности функционирования сети от количества отказавших линий ( $p_0 = \text{const}, N = \text{var}$ )

#### Выводы:

1. Преобразование  $M \rightarrow S$  множества путей во множество простых сечений с использованием эвристического алгоритма учитывает все особенности топологии сети, что затруднительно при использовании других методов формирования множества  $S$ . Число ПС равно рангу кратчайшего пути, при этом, как правило,  $r(\mu_k) < N$ . При формировании каждого сечения  $S_i$ , ( $i=2,3,\dots,r-1$ ) осуществляется просмотр множества ребер, инцидентных узлам реберного сечения  $S_i = 1$ , а также просмотр ребер всех предыдущих сечений с целью исключения совпадающих. Если принять, что число дуг, инцидентных узлу в среднем равно  $\frac{A}{N}$ , ранг  $r(\mu_k) = N$  и осуществляется просмотр всех  $A$  дуг на каждой итерации, то объем вычислений можно оценить выражением  $O(A^2)$ .

2. Предлагается использовать не все возможные пути из вершины  $s$  в вершину  $t$ , а только упорядоченное множество кратчайших путей (обходные пути), которое может быть сформировано по многим критериям, одним из которых является ранг пути  $r(\mu_k)$ . Построение подмножества путей вместо всего множества может существенно сократить объем вычислений.

3. Получено аналитическое выражение для определения надежности, связующее величины  $P_0, i, a, N_s$ . Объем вычислений на последнем шаге пропорционален числу ребер минимального сечения. т.е.  $O(\text{card} \min\{S_i\})$ ,  $i = 1, N_s$ ,

4. Применение разработанного метода позволит выявить критическое состояние сети и обеспечить требуемое качество функционирования.

#### Литература:

1. Нетес В.А. Соглашения об уровне обслуживания: стандарты и реалии.-Вестник связи, 2003, №8 с. 72-79.
2. Надежность и живучесть систем связи Б.Я. Дудник, В.Ф.Овчаренко, В.К. Орлов и др.; Под ред. Б.Я. Дудника.- М.: Радио и связь, 1984.-216с.
3. Введение в теорию живучести вычислительных систем / Додонов А.Г., Кузнецова М.Г., Горбачик Е.С.; Отв. ред. Гуляев В.А.- Киев:Наук, думка, 1990. -184 с.
4. Богатырев В.А. К расчету надежности сетей связи по совокупности путей.- Электросвязь, 1981, №2, с. 42-44.