

REQUIRED QUALITY OF SERVICE PROVISION BASED ON THE RESILIENT TELECOMMUNICATION TOPOLOGIES

Bezruk V.M., Bukhanko A.N.
Kharkov National University of Radioelectronics
14, Lenina Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
Ph.: (057) 7021429, e-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Abstract — The present paper concerns the problems of designing of the telecommunication networks resistant to external influences on the basis of the multicriterion Pareto optimization method. The developed method allows finding the best main and redundant paths in the network taking into account the set of quality indicators.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТОПОЛОГИЙ

Безрук В. М., Буханько А. Н.
Харьковский национальный университет радиозлектроники
пр. Ленина, 14, Харьков, 6166, Украина
тел.: (057) 7021429, e-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Аннотация — В работе рассматриваются вопросы проектирования устойчивых к внешним воздействиям телекоммуникационных сетей на основе метода многокритериальной оптимизации по Парето. Разработанный метод позволяет находить оптимальные основные и резервные пути в сети с учетом совокупности показателей качества.

I. Введение

Живучесть телекоммуникационной сети (ТКС), как составляющей единой информационной системы, является основной целью процесса ее проектирования. Соответственно актуальным является разработка алгоритмов обеспечения живучести ТКС. Для обеспечения своевременной доставки информационных пакетов необходимо иметь в «горячем» резерве дополнительное множество путей при случае поломки основных. При этом дополнительные пути должны иметь некий рассчитанный приоритет.

Основные работы по данной тематике [1, 2] посвящены вопросам реализации алгоритмов предотвращения потерь пакетов в сетях с изменяющейся структурой; при этом не учитывается совокупность показателей качества QoS. Некоторые работы [3] непосредственно посвящены тематике данной статьи, однако не преследуют цель рассмотрения указанной проблемы с многокритериальных позиций.

В данной статье внимание сосредоточено на одновременное выделение как основных, так и резервных путей в ТКС. При этом формулируется проблема многокритериальной оптимизации топологии сети по нескольким показателям: минимизации стоимости сети, сведения к минимуму связей между основными и резервными путями в процессе нормального функционирования сети, максимизации количества связей между путями резервного копирования в случае поломки основных путей ТКС.

II. Основная часть

В работе делается допущение, что в ТКС не может произойти более чем фиксированное число поломок основных путей.

В качестве модели рассматриваются:

- двунаправленный граф $G = (V, E)$;
- матрица смежности;

- пропускная способность каждого канала n ;
- стоимость каждого канала c ;
- пара источник / получатель $(s, d) \in V$ (или набор пар $(s_i, d_i), i = 1, \dots, N, N \geq 1$, в общем случае) и набор требований;
- целевые функции.

Целевые функции, разработанные для минимизации стоимости пути между парами узлов, а также обеспечения равномерной сетевой загрузки ТКС, приведены ниже.

Целевая функция 1. Минимизировать общую стоимость путей (основных и резервных) между источником и получателем:

$$\min \sum_{i=1}^N c(\text{основные пути}(s_i, d_i)) + \sum_{i=1}^N c(\text{резервные пути}(s_i, d_i)).$$

Целевая функция 2. Предположим поломку в сети; в целях обеспечения живучести мы должны убедиться, что резервный канал имеется в наличии. Однако необходимо убедиться также в том, что основной канал не является частью резервного. Данная задача формализуется с помощью следующего критерия: минимизации связей между основными и резервными путями

$$\min \sum_{i=1}^N \text{общие границы}(\text{основные пути}(s_i, d_i), \text{резервные пути}(s_i, d_i)).$$

Целевая функция 3. Данная целевая функция используется для максимизации общих связей между путями резервного копирования и имеет следующий вид:

$$\max \sum_{\substack{i=1, j=1 \\ i \neq j}}^N \text{общие границы (резервные пути } (s_i, d_i), \\ \text{резервные пути } (s_j, d_j)).$$

Очевидно, что рассматриваемые целевые функции связаны друг с другом, что приводит к задаче многоцелевой (многокритериальной) оптимизации. Существует несколько способов решения многокритериальных задач. Одними из распространенных являются весовой метод, в котором оптимальные проектные решения находятся путем оптимизации взвешенной суммы частных целевых функций, и метод Парето-предпочтения, который использует стандартный Парето подход к нахождению оптимальных решений [4].

Для получения решения строится множество всех допустимых путей между узлами ТКС. Для каждой пары узлов формируется набор основных и резервных путей; это делается на основе случайной выборки. Множество оптимальных решений генерируется и изменяется в процессе итерационного оптимизационного процесса.

Для построения пути необходимо выполнить следующие шаги.

Шаг 1. Положить узел-источник как текущий узел.

Шаг 2. Если существует непосредственный путь (канал) с текущего узла в узел-получатель, то перейти в узел-получатель. В противном случае случайно выбрать следующий узел, смежный с текущим, и положить его текущим на следующей итерации алгоритма.

Шаг 3. Если текущий узел является узлом-получателем, то остановить процесс поиска. В противном случае перейти к шагу 2.

Также берутся во внимание следующие ограничения:

— каждый узел может быть использован только единожды при поиске пути;

— если текущий узел «тупиковый» (из него нельзя попасть в другой неиспользованный узел), то процесс поиска решений прерывается.

Есть три пути усовершенствования полученных решений. Применяя методику усовершенствования напрямую к определенному решению либо комбинации двух (или более) решений, можно обновить множество полученных путей. Для первого случая решение может быть усовершенствовано следующим образом:

1) построить заново путь с заданного узла;

2) заменить существующий путь другим из начального множества.

Несколько решений, которые могут быть объединены, должны иметь как минимум 3 общих узла (включительно с начальным и конечным узлом).

Первый подход к усовершенствованию.

В целях усовершенствования решений, используя процедуру, описанную выше, изменения существующих путей выполняются следующим образом:

— один основной путь случайно выбирается из множества инициализированных. Из этого пути случайным образом выбирается определенный узел. Из данного узла формируется новый путь к узлу-получателю, который отличается от уже существующего основного пути;

— для резервного пути процедура идентична.

Второй подход к усовершенствованию.

Другой подход к усовершенствованию решения заключается в замене всего пути (основного либо резервного) на другой из инициализированного исходного множества. Данные шаги усовершенствования повторяются для каждой итерации алгоритма. При этом несравнимые между собой пути образуют специальное множество рассматриваемых решений.

Рассматриваемые решения сравниваются с предыдущими модифицированными решениями. Для выбора оптимального решения используется Парето-предпочтение таким образом:

— если рассматриваемое решение предпочтительнее модифицированного, то решение оптимальное;

— если модифицированное решение предпочтительнее рассматриваемого, то решение оптимальное;

— если решения несравнимы, то используется любое из них.

Третий подход к усовершенствованию.

Два пути с двух разных решений могут быть объединены, если они имеют минимум 3 общих узла (включительно начальный и конечный узел). Например, мы имеем пути:

2-7-9-4-3-8-1-5

2-8-11-9-6-5

Легко заметить, что пути содержат 2 общих узлов: 8 и 9. Возможная комбинация представленных путей образует 2 новых пути:

2-7-9-6-5

2-8-11-9-4-3-8-1-5

Коррекция полученных путей, в основном, состоит из удаления циклов, например, 8-11-9-4-3-8.

III. Заключение

В статье предложен многокритериальный подход к обеспечению устойчивости ТКС. Для нахождения множества основных и резервных (используемых в случае поломки основных) путей использовался принцип Парето-предпочтения, а также весовой метод, основанный на выбранных целевых функциях. В качестве показателей качества могут быть выбраны другие критерии, в зависимости от предпочтения проектировщика.

Предложенный метод был протестирован на модели ТКС, что показало его работоспособность при определении Парето-оптимального множества основных и резервных путей. Одним из преимуществ метода является его малая вычислительная сложность, что напрямую ведет к ускорению вычисления оптимальных путей.

IV. References

- [1] Chekuri C., Gupta A., Kumar A. Building edge-failure resilient networks. *Proceedings of the 9th integer programming and combinatorial optimization conference*, 2002, pp. 439-456.
- [2] He L. Hybrid genetic algorithms for telecommunication network back-up routing. *BT Technology Journal*, 2007, vol. 18(4), pp. 42-50.
- [3] Dahl G. A cutting plane algorithm for multicommodity survivable network design problems. *INFORMS Journal on Computing*, 1998, vol. 10, pp. 1-11.
- [4] Bezruk V., Bukhanko A., Chebotaryova D. Multicriteria optimization in telecommunication networks planning, designing and controlling. *Telecommunications Networks – Current Status and Future Trends*, 2012, pp. 251-274.