

УДК 004.7:519.168-021.465

ОПТИМАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ

ШПАК К. С.

*Белорусский государственный университет
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: withcane@gmail.com

Аннотация. В работе были исследованы методы оптимальной маршрутизации информационных потоков в сетях телекоммуникаций, рассмотрены и изучены методы решения многокритериальных задач оптимизации в приложении к задачам маршрутизации. Для решения задачи оптимальной маршрутизации предлагается использовать модифицированный алгоритм Дейкстры. Показанная модификация позволяет искать оптимальные маршруты только среди QoS- допустимых, а также изменять критерии оптимальности в соответствии с требованиями того или иного сервиса. Следует также отметить, что предложенный способ формирования метрики позволяет вычислять QoS- параметры маршрутов практически по любой формуле или алгоритму, что делает его привлекательным для использования при решении задач QoS- оптимальной маршрутизации.

Abstract. The methods of optimal routing of information flows in telecommunication networks were considered in the work, methods for solving multi-objective optimization problems in the application to routing problems were considered and studied. It's proposed to use the modified Dijkstra's algorithm, to solve the problem of optimal routing. Shown modification allows to search for optimal routes only among QoS-allowable paths, and also to change the optimality criteria in accordance with the requirements of the Quality of Service. It should also be noted that the proposed method of forming a metric allows to calculate QoS parameters of routes in virtually any formula or algorithm, which makes it attractive for use in solving QoS-optimal routing problems.

На сегодняшний момент особую актуальность в сфере телекоммуникационных и сетевых технологий имеют задачи оптимизации, в частности оптимальной маршрутизации с учетом требований качества обслуживания (Quality of Service, QoS), которые заключаются в решении оптимизационных задач с учетом нескольких различных изолированных либо зависимых критериев.

В общем случае, задача QoS-маршрутизации может быть сформулирована как модель оптимальной многокритериальной маршрутизации, рассматриваемая на множестве QoS-осуществимых путей. В настоящее время предложено несколько подходов к решению этой задачи, основанных на применении модифицированного алгоритма Дейкстры с учетом ограничений на QoS-параметры. Существуют различные подходы к решению задач многокритериальной оптимизации и, в частности для решения задач оптимальной маршрутизации с учетом требований качества обслуживания [1], [2]. Применяются как классические [2], [3], так и эвристические [4] алгоритмы для решения таких задач.

В работе [5] для формирования единой метрики, учитывающей несколько QoS-параметров, используется аддитивная свертка критериев с использованием весовых коэффициентов. И хотя этот способ имеет некоторые преимущества, при использовании аддитивной свертки векторного критерия оптимальности может возникнуть некоторые проблемы. Важнейшей из них является следующая: при использовании аддитивной свертки, даже в том случае, когда весовые коэффициенты известны, возможно формирование неудовлетворительных маршрутов. Это происходит из-за того, что при достаточно хороших значениях неприоритетных параметров даже при учете весовых коэффициентов, они могут нивелировать плохое значение приоритетных параметров.

В работе [6] представлен алгоритм поиска оптимального пути для двухкритериальной задачи. Так как в конечном счете задача, рассматриваемая в работе, сводится к задаче минимизации одного критерия при установленном ограничении на второй, при попытке расширить алгоритм для учета более двух критериев (описано в [6]) свертка векторного критерия сводится к свертке с главным критерием. То есть при оптимизации одного критерия, остальные рассматриваются только в контексте установленных для них ограничений. Такая метод свертки также не представляется оптимальным, так как не позволяет в полной мере учитывать все критерии качества обслуживания для построения оптимального QoS-маршрута.

Эти проблемы можно решить, используя подход, описанный в работе [7] – применив в ходе решения задачи минимаксную свертку. Метод минимаксной свертки заключается в том, что на значение целевой функции оказывает влияние только тот частный критерий оптимальности, которому в данном случае соответствует максимальное значение соответствующей функции критерия. Таким образом, формирование неоптимальных маршрутов становится невозможным на основе хороших значениях неприоритетных параметров. При этом такая свертка позволяет учитывать все необходимые QoS-критерии для построения оптимального маршрута. В этом случае метрика r будет вычисляться по формуле:

$$r = \max \left\{ w_B \frac{\bar{B} - B_{s,t}}{\sigma_B}, w_D \frac{D_{s,t} - \bar{D}}{\sigma_D}, w_J \frac{J_{s,t} - \bar{J}}{\sigma_J}, w_X \frac{\bar{X} - X_{s,t}}{\sigma_X} \right\} \quad (1)$$

где \bar{B} , \bar{D} , \bar{J} , \bar{X} - математические ожидания соответствующих критериев, σ_B , σ_D , σ_J , σ_X – их среднеквадратичные отклонения, а w_B , w_D , w_J , w_X – весовые коэффициенты, характеризующие значимость каждого из параметров QoS.

Таким образом возможно применить классический алгоритм Дейкстры для поиска оптимального пути, при этом в качестве метрики используя модифицированную метрику, рассчитываемую по формуле (1). Такой подход позволяет учитывать несколько критериев для расчета оптимального пути, при этом количество критериев никак не ограничивается. Различные критерии применяются в алгоритме совместно, что обеспечивает нахождение наилучшего пути, в соответствии с требованиями качества обслуживания. При этом для различных типов трафика или различных назначений сетевой инфраструктуры возможно изменение вклада отдельных параметров в итоговый результат, путем изменения весовых коэффициентов для соответствующих критериев. Это делает алгоритм актуальным для применения в мультисервисных телекоммуникационных сетях.

В ходе численного эксперимента были промоделированы различные сетевые инфраструктуры, а также различные требования к построению маршрутов, основанные на специфике передаваемого трафика. В частности, были смоделированы требования для сервиса, ориентированного на обмен файлами; поиск оптимального маршрута при передаче видео и звуковых ресурсов; минимизация времени задержки в ущерб остальным критериям. По результатам численного эксперимента, для всех типов задач решение, найденное с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры с использованием минимаксной свертки с весовыми коэффициентами, оказалось наиболее оптимальным в сравнении с решениями, полученными классическими алгоритмами, что позволяет говорить о возможности использования модифицированного алгоритма Дейкстры для решения задач оптимальной маршрутизации с учетом требования качества обслуживания в мультисервисных компьютерных сетях.

В работе предложен оптимальный метод свертки весовых критериев, для применения с классическим алгоритмом Дейкстры, который позволяет улучшить качество нахождения оптимальных маршрутов. Были показаны модификации, позволяющие искать оптимальные маршруты, соответствующие конкретным требованиям различных сервисов к QoS-критериям. Данные модификации позволяют искать оптимальные маршруты только среди QoS- допустимых, а также изменять критерии оптимальности в соответствии с требованиями того или иного сервиса. Представленное решение было реализовано на практике, а его эффективность показана в результатах вычислительного эксперимента.

Список использованных источников

1. Листопад Н. И., Величквич И. О. Оптимальная маршрутизация информационных потоков с учетом параметров QoS // Докл. БГУИР. 2012. № 4 (66). С. 111–116
2. Girlich E., Kovalev M. M., Listopad N. I. Optimal choice of the capacities of telecommunication networks to provide QoS-routing. Magdeburg, 2009
3. Climaco J., Craveirinha J. and Pascoal M. A bicriterion approach for routing problems in multimedia networks. — Networks, Vol. 41, No. 4, pp. 206–220, 2002
4. K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: SGA-II, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, pp. 182–197, 2002.
5. Воротицкий Ю. И., Листопад Н. И. Маршрутизация в мультисервисных сетях телекоммуникаций на основе модифицированного алгоритма Дейкстры // Вестник БГУ. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика, 2015, № 1.
6. Листопад Н. И., Воротицкий Ю. И., Бортновский В. В., Хайдер А. А. Многокритериальная маршрутизация информационных потоков // Проблемы физики, математики и техники, №2 (31), 2017
7. Воротицкий Ю. И., Шпак К. С. Оптимальное размещение информационных ресурсов в мультисервисных компьютерных сетях / Вестник связи – 2017, №1