

Н.И. Листопад, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники,

Л.О. Бука, магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Маршрутизация информационных потоков в мультисервисных сетях с учетом требований качества обслуживания

В статье рассмотрены проблемы маршрутизации информационных потоков в мультисервисных сетях. Показано, что использование различных значений весовых и стоимостных коэффициентов позволяет осуществлять многокритериальный поиск оптимального маршрута с учетом ограничений на каждый QoS-параметр в отдельности, а также с учетом требований композитной метрики r для поиска кратчайшего пути.

Мультисервисная сеть представляет собой универсальную транспортную среду, предназначенную для передачи речи, изображения и данных с использованием технологии коммутации пакетов (IP). В этой связи мультисервисная сеть должна обладать высокой надежностью, обеспечивать требуемую скорость передачи и низкую стоимость функционирования.

Основная задача мультисервисных сетей заключается в обеспечении работы разнородных информационных и телекоммуникационных систем и приложений в единой транспортной среде, когда для передачи обычного трафика (данных) и трафика другой информации (речи, видео и др.) используется единая инфраструктура. При этом такая сеть открывает новые возможности для построения многообразных сервисов поверх универсальной транспортной среды – от пакетной телефонии до интерактивного телевидения и веб-служб.

Сеть нового поколения отличается следующими новыми возможностями:

а) универсальным характером обслуживания разных приложений;

б) независимостью от технологий услуг связи и гибкостью получения набора, объема и качества услуг;

в) полной прозрачностью взаимоотношений между поставщиком услуг и пользователями.

Интеграция трафика разнородных данных и речи позволяет снизить издержки на создание и эксплуатацию сети. В оптимально функционирующей мультисервисной сети, как правило, используется единый канал для передачи данных разных типов. В таких сетях появляется возможность уменьшить разнообразие типов оборудования, применять единые стандарты, технологии и централизованно управлять коммуникационной средой.

Базовыми понятиями мультисервисных сетей являются QoS (*Quality Of Service*) и SLA (*Service Level Agreement*), то есть качество обслуживания и соглашение об уровне (качестве) предоставления услуг сети. Переход к новым мультисервисным технологиям изменяет саму концепцию предоставления услуг, когда качество гарантируется не только на уровне договорных соглашений с поставщиком услуг и требований соблюдения стандартов, но и на уровне технологий и операторских сетей.

Можно полагать, что одним из основных факторов оптимизации функционирования мультисервисных сетей является разработка алгоритмов и программ поиска оптимального пути по одному или нескольким критериям. В настоящее время особенно актуальной является проблема поиска оптимального пути по нескольким показателям – метрикам.

Таким образом, концепция QoS-маршрутизации требует определения такого пути (путей), между заданной парой узлов-адресатов, вдоль которого будут выполняться требования одновременно по нескольким QoS-метрикам [1].

В качестве метрик QoS выбраны следующие: полоса пропускания $Y_{s,j}$, задержка распространения сигнала $D_{s,j}$, вариации задержки $J_{s,j}$, вероятность потери пакетов $X_{s,j}$, где s, j – отправитель и получатель информации соответственно.

Для поиска оптимального пути могут быть использованы различные известные и модифицированные алгоритмы, например, модифицированный алгоритм Дейкстры, описанный в [1]. Модификация алгоритма состоит в том, что до начала поиска оптимального пути отбрасываются те решения (пути), для которых не выполняются требования по обеспечению предельных значений QoS-метрик. Более подробно модификация этого алгоритма описана в работе [1].

Таким образом, для поиска оптимального пути предложена следующая композитная метрика [1].

$$r = -w_Y \frac{Y_{s,j}}{Y_{\max}} + w_D \frac{D_{s,j}}{D_{\max}} + w_J \frac{J_{s,j}}{J_{\max}} + w_X \frac{X_{s,j}}{X_{\min}} \quad (1)$$

Использование весовых коэффициентов (w_Y , w_D , w_J , w_X) расширяет возможности в процессе решения проблемы оптимальной маршрутизации с учетом требований заданного качества обслуживания.

На рисунках 1-4 представлены зависимости композитной метрики r от различных весовых коэффициентов. Например, весовой коэффициент w_Y (рис. 1) изменяется от 0.1 до 0.7, в то время как остальные весовые коэффициенты принимают случайные значения с учетом того, что $w_Y + w_D + w_J + w_X = 1$.

Результаты расчетов показывают различные качественные зависимости поведения композитной метрики r от изменения весовых коэффициентов. Так, метрика r в зависимости от весового коэффициента w_Y изменяется практически по линейному закону. Зависимость r от других весовых коэффициентов является более сложной (рис. 2-4).

При выборе композитной метрики особая роль отводится стоимости единицы передаваемой информации. В этой связи стоимость целесообразно выделить в отдельную метрику. Учет стоимости может быть произведен путем введения в формулу (1) дополнительных коэффициентов.

$$r = -c_Y w_Y \frac{Y_{s,j}}{Y_{\max}} + c_D w_D \frac{D_{s,j}}{D_{\max}} + c_J w_J \frac{J_{s,j}}{J_{\max}} + c_X w_X \frac{X_{s,j}}{X_{\min}} \quad (2)$$

Здесь коэффициенты c_i – коэффициенты, учитывающие стоимость обеспечения требований той или иной QoS-метрики. Чем ниже стоимость, тем больше коэффициент c_i . Если стоимость неизвестна или не учитывается, то $c_i = 1$.

На рисунке 5 представлен алгоритм, реализующий формулу (2), а также ранее изложенные подходы. Алгоритм можно условно разделить на несколько итераций.

Запускается разработанное программное обеспечение.

Итерация 1. Начало работы алгоритма.

Итерация 2. На данном этапе строится топология сети. С помощью курсора из левой части экрана выбираются узлы, настраиваются между ними соединения.

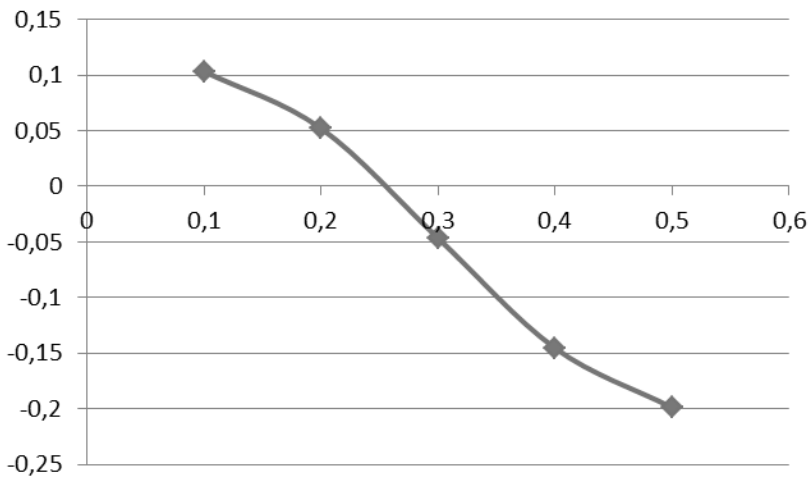


Рис. 1. Зависимость r от w_γ

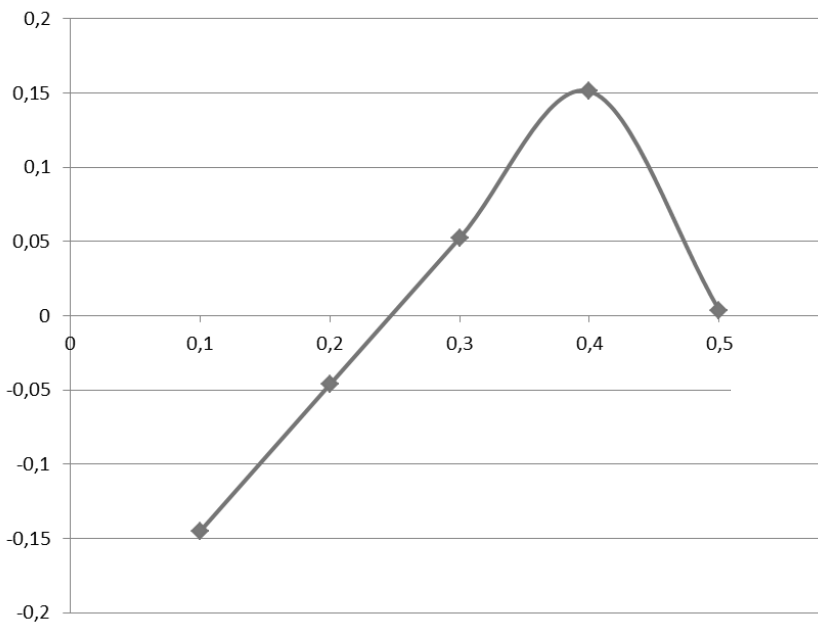


Рис. 2. Зависимость r от w_D

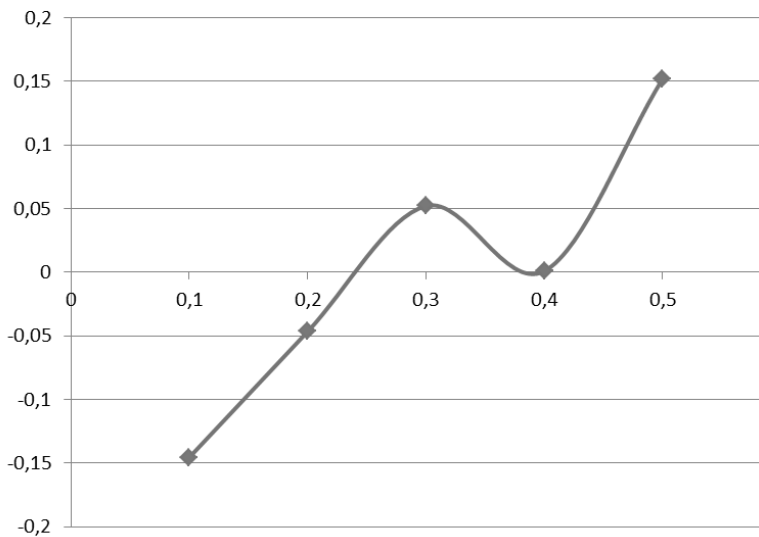


Рис. 3. Зависимость r от w_j

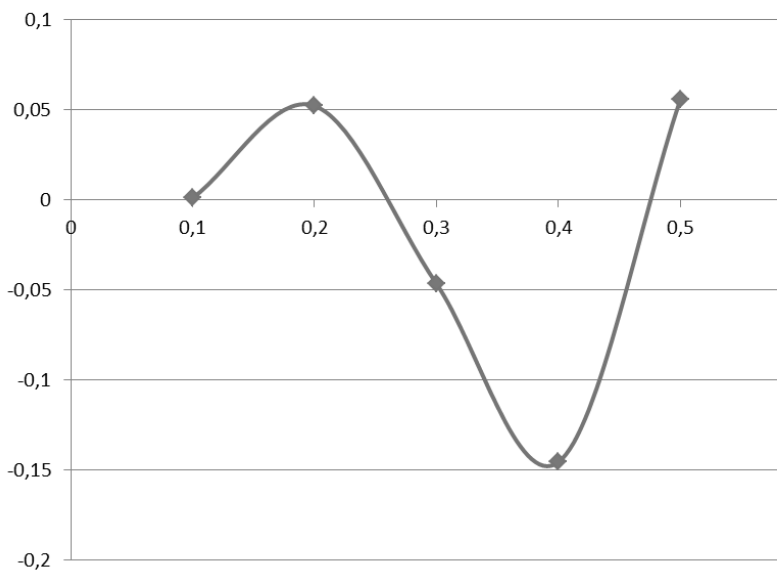


Рис. 4. Зависимость r от w_x

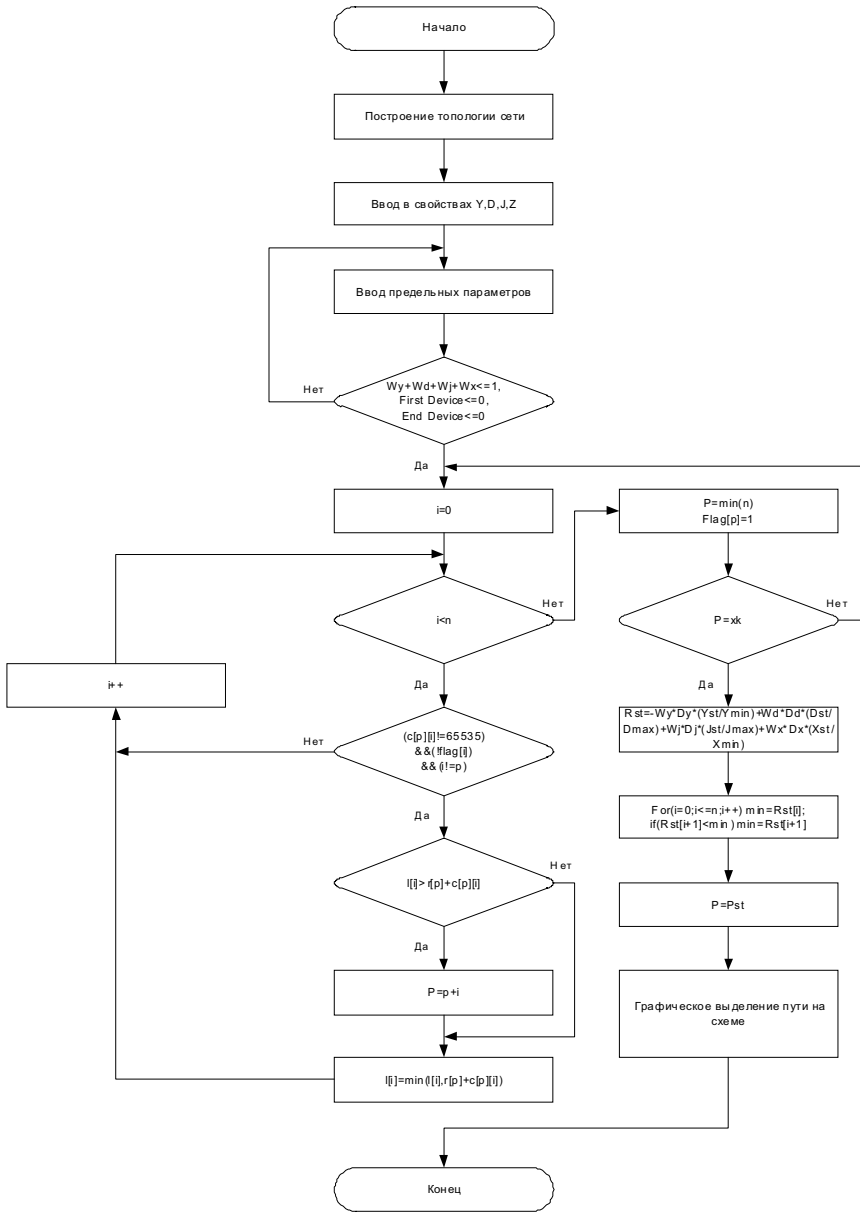


Рис. 5. Схема разработанного алгоритма

Итерация 3. В свойствах соединения вводятся необходимые параметры: пропускная способность канала (Y), время задержки (D), вариация задержки (J) и количество потерянных пакетов (Z).

Итерация 4. Вводятся предельные значения параметров, при которых можно будет найти оптимальный маршрут от начальной до конечной точки.

Итерация 5. Проверяются введенные начальные параметры. При несоответствии требованиям алгоритм возвращается на ввод предельных параметров (итерация 4)

Итерация 6. Если введенные предельные значения корректны, то алгоритм переходит на цикл по поиску кратчайшего пути с учетом сформулированных требований.

Итерация 7. Проверяется цена данного пути, если она не равна 65535, и данный узел не равен начальному и ранее не анализировался, то переходим к итерации 8, иначе возвращаемся на итерацию 6 цикла.

Итерация 8. Если зарезервированной емкости данного канала достаточно для обеспечения QoS, то в таком случае добавляем данный канал в список возможных каналов для кратчайшего пути.

Итерация 9. Находим минимальное значение между текущей емкостью канала и зарезервированной и возвращаемся в начало цикла.

Итерация 10. Рассчитывается оптимальный путь по формуле (2).

Итерация 11. Находим минимальное значение пути на конкретном этапе и добавляем его в маршрут.

На рисунке 6 показан вид работы диалогового окна разработанного программного обеспечения. Программное обеспечение написано на языке Java и содержит около 30 модулей (примерно 4-5 тыс. строк кода).

На рисунке 7 показан результат работы программы. Оптимальный путь от станции 1 до станции 8 показан жирной линией.

Таким образом, использование различных значений весовых и стоимостных коэффициентов позволяет осуществлять многокритериальный поиск оптимального маршрута с учетом ограничений на каждый QoS-параметр в отдельности, а также с учетом требований композитной метрики r для поиска кратчайшего пути.

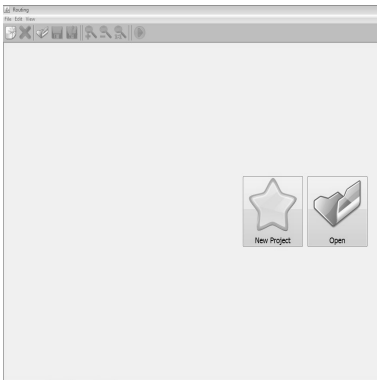


Рис. 6. Общий вид диалогового окна

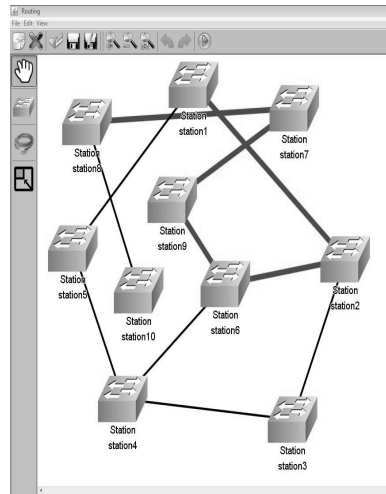


Рис. 7. Результаты работы программы

Литература

1. Н.И. Листопад, Ю.И. Воротничкий, А.А. Хайдер. Оптимальная маршрутизация в мультисервисных сетях телекоммуникаций на основе модифицированного алгоритма Дейкстры // Вестник БГУ. – Сер. 1. – 2015. – №1 – С. 70-76.

N.I. Listopad, L.O. Bouka **Data Flows Routing in Multiservice Networks Based on Quality of Service Requirements**

The article deals with the problem of data flows routing in multiservice networks. It is shown, that using of different values of the weight and cost coefficients allows to realize the multi-criteria search for the optimum route taking into account the limitations for each QoS-setting individually as well as with the composite metric r requirements for the shortest path searching.

Статья поступила 05.12.2016

