

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТРИКИ МАРШРУТИЗАЦИИ В IP-ТЕЛЕФОНИИ НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Внедрение современных технологий в производственный процесс является залогом повышения качества и эффективности. Внедрение IP-телефонии — не исключение. Связь является ключевым фактором нормальной работы любого транспортно-логистического центра. Специфика морского и речного транспорта предполагает значительную разрозненность отделений одной и той же компании при условии постоянного поддержания связи. Расширение географии деятельности компании в новых портах подразумевает оперативное развертывание и подключение к единой системе связи новых сотрудников. Городская сеть общего пользования не обладает такой мобильностью. IP-телефония же более выгодна экономически, более проста технически, но как технология с пакетной коммутацией обладает ее недостатками в маршрутизации: задержками и потерями пакетов. В статье проанализированы основные современные протоколы маршрутизации — статические и динамические. Более подробно описаны динамические — RIP, OSPF, IGRP, EIGRP — как наиболее часто используемые в современных устройствах. Проведен сравнительный анализ, выявлены преимущества и недостатки их алгоритмов, приведена сводная таблица описанных протоколов. На основе проанализированных данных выявлены существующие проблемы сетевых протоколов, такие как невозможность учета неограниченного числа критерииев и неочевидность влияния приоритетных критерииев на выбор маршрута. Исходя из этого, предложена наиболее оптимальная реализация алгоритма передачи пакетов в сети с помощью усовершенствованной комбинированной метрики маршрута. Благодаря новому алгоритму администратор транспортно-логистического центра может интуитивно распределять влияние тех или иных критерииев канала на выбор маршрута прохождения трафика через узел и одновременно учитывать любое количество критерииев каналов для любого удаленного портового отделения. Наглядно представлена работа нового алгоритма сетевого протокола на графиках с увеличением нагрузки и с учетом приоритетных критерииев.

Ключевые слова: VOIP-телефония, коммутация пакетов, протоколы маршрутизации, алгоритм Дейкстры, алгоритм Беллмана–Форда.

Введение

Любое предприятие при организации своего производства стремится уменьшить свои затраты, повышая при этом качество обслуживания. Не составляют исключение и предприятия отрасли водного транспорта. Технологический процесс каждого такого предприятия состоит из рабочих процессов, которые представляют собой взаимодействие нескольких людей, часто удаленных друг от друга. Так, взаимодействие начинается с клиента, продолжается в логистическом центре, который взаимодействует с администрацией порта, откуда груз отправляется, и администрацией порта, куда груз прибывает, таможенными службами и т. д. Помимо этого, для крупной логистической компании необходимо наличие офисов в ключевых морских и речных узлах, которые также должны взаимодействовать [1]. Взаимодействие может осуществляться через электронную почту, систему мгновенных сообщений, веб-сервисы, но самым предпочтительным и быстрым является IP-телефония.

IP-телефония реализует решения, которые с помощью технологии телефонной сети общего пользования реализовать труднее либо дороже. Поэтому внедрение VOIP значительно упростит и удешевит совместную работу территориально распределенных офисов одной и той же логистической компании с портами [2]. Выбор именно IP-телефонии обуславливается множеством достоинств:

- экономия средств при подключении, расширении и модернизации;
- простота в обслуживании;
- удаленные офисы и порты одной и той же компании могут иметь внутренние номера для упрощения связи;
- возможность использовать программные телефоны повысит мобильность сотрудников;
- организация корпоративного взаимодействия путем передачи голоса, видео, мгновенных сообщений, факса, конференций с помощью IP-телефонии значительно упростит, удешевит и повысит качество взаимодействия распределенных логистических центров морской или речной компании [3].

Проблема современных сетей с коммутацией пакетов заключается в оптимизации алгоритма протоколов маршрутизации пакетов. Поскольку IP-телефония также является технологией с коммутацией пакетов, задача выбора лучшего алгоритма маршрутизации пакетов становится актуальной. К тому же IP-телефония как технология передачи медиаданных в реальном времени, голоса в частности, довольно чувствительна к задержкам и потерям пакетов [4], что требует еще более тщательного подхода к выбору протокола маршрутизации пакетов [5]. Именно поэтому не менее актуальным является предложение варианта модификация уже существующих протоколов под специфику VOIP, что может решить задачу повышения качества обслуживания. Исходя из этого, основная задача исследования — предложить новый алгоритм, охватывающий все характеристики каналов и предоставляющий при этом возможность самостоятельного распределения трафика администратором путем учета приоритетных критериев.

Постановка задачи исследования

Целью данного исследования является модернизация существующего протокола маршрутизации путем внедрения и совершенствования комбинированной метрики маршрута в соответствии со спецификой трафика в VOIP.

Задачи исследования

1. Провести сравнительный анализ наиболее популярных протоколов передачи данных и выявить наиболее подходящие для VOIP.
2. Предложить пути улучшения этих протоколов.
3. Провести численные расчеты примера и показать влияние многокритериальной метрики и приоритетных критериев в модифицированном протоколе на изменение пути прохождения трафика на заданном примере.

Анализ существующих протоколов маршрутизации

Для сравнительного анализа и последующего предложения путей оптимизации маршрутизации трафика в IP-сетях рассмотрим табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица протоколов маршрутизации

	RIP	OSPF	IGRP	EIGRP
Тип алгоритма	Вектор расстояния (Беллмана–Форда)	Состояния каналов связи (Дейкстры)	Вектор расстояния (Беллмана–Форда)	Комбинированный (Беллмана–Форда)
Распределение нагрузки	Нет возможности	Равное распределение по каналам со схожими начальными метриками	Распределение по приоритетным критериям в метриках	Распределение по приоритетным критериям в метриках
Максимальное количество маршрутизаторов в сети	15	65534	255	255

Таблица 1
(Окончание)

Учет нескольких характеристик канала в общей метрике маршрута	Одна характеристика	Три характеристики, для каждой своя таблица маршрутизации	Комбинированная метрика	Комбинированная метрика
Обновление маршрутной информации	Передается вся таблица	Передаются только изменения	Передается вся таблица	Передаются только изменения
Техническая доступность	Открытый, поддерживает большинство маршрутизаторов	Открытый, поддерживает большинство маршрутизаторов	Только на оборудовании Cisco Systems	Только на оборудовании Cisco Systems

Из табл. 1 видно, что протокол RIP подходит лишь для небольших, малозагруженных сетей. Протоколы IGRP и EIGRP обладают общим существенным недостатком — оба они реализованы лишь на оборудовании *Cisco*, что лишает его универсальности использования. К тому же, в их основе лежит алгоритм Беллмана–Форда, который допускает наличие ребер с отрицательным весом, что в случае маршрутизации может привести к возникновению петель и, как следствие, к потере пакетов [6].

Протокол OSPF обладает большим количеством достоинств по сравнению с прочими, но отсутствие учета полного спектра характеристик канала не позволяет признать его наиболее подходящим для использования в IP-телефонии.

Пути улучшения качества

Для нахождения маршрута необходимо адекватное отображение модели характеристик каналов связи. Сетевые сервисы накладывают различные требования на характеристики каналов связи. Так интерактивные сервисы (telnet, ssh, RDP) и сервисы реального времени крайне чувствительны к задержке распространения. Трафик, создаваемый этими видами сервиса, обычно невелик. Сервисы, предназначенные для передачи файлов (FTP, NCP, SMB, NFS, HTTP), практически нечувствительны к задержке распространения, но создают значительный сетевой трафик. Существуют сервисы (потоковое мультимедиа, X-Window), требующие минимальных задержек при значительной полосе пропускания [7]. К тому же, сети компаний обычно построены на оборудовании различных производителей, а не исключительно *Cisco Systems*. Таким образом, к настоящему времени существует необходимость в разработке динамического протокола маршрутизации с адекватным отображением разнородных характеристик каналов связи с учетом особенностей сетевых сервисов, учетом требований системного администратора и реализованный на любом оборудовании.

В качестве основы возьмем протокол маршрутизации OSPF. Изменим лишь алгоритм вычисления его метрик путем внедрения комбинированной метрики, учитывающей все характеристики канала, некоторые из них должны быть максимизированы, а другие — минимизированы. При решении задачи оптимизации по нескольким критериям обычно сталкиваются с тем, что невозможно оптимизировать все критерии данной системы одновременно. Это свойство так называемого *компромисса* означает, что невозможно улучшить значение одного критерия без ухудшения другого [8]. Решением является введение комбинированной метрики, учитывающей все характеристики канала, некоторые из которых должны быть максимизированы, а другие — минимизированы.

Приведем пример. Рассмотрим распределенную инфраструктуру транспортно-логистического центра, объекты которой размещены в узлах *A*, *B*, *C*, *D*, *E*. Основным центром является узел *A* (рис. 1).

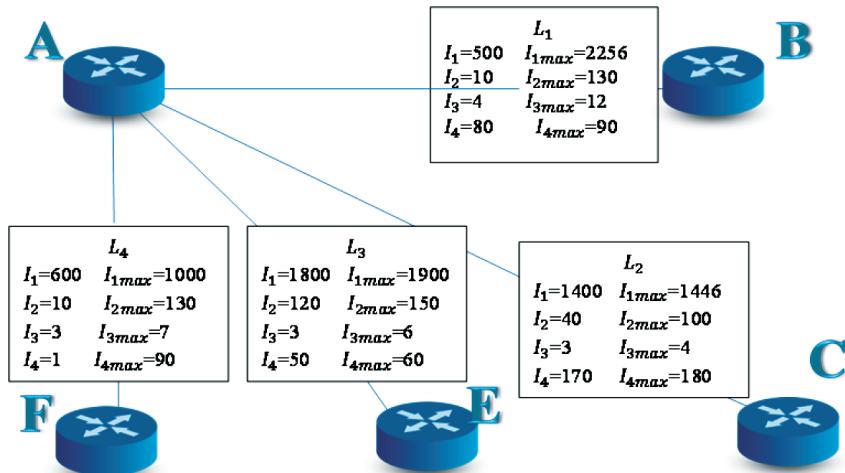


Рис. 1. Характеристики каналов узла A

Зададим критерии:

- I_1 — скорость передачи данных по каналу (должна стремиться к максимуму);
- I_2 — загруженность узла (должна стремиться к минимуму);
- I_3 — время задержки (должно стремиться к минимуму);
- I_4 — надежность (должна стремиться к максимуму).

Представим данные о значениях критериев, рассмотренные на рис. 1, в табличном виде (табл. 2).

Таблица 2

Значения критериев

	I_1	I_2	I_3	I_4
Для пути AB	500	10	4	80
Для пути AC	1400	40	3	170
Для пути AE	1800	120	3	50
Для пути AF	600	10	3	1

Поскольку для увеличения скорости и качества передачи данных некоторые критерии минимизируются, а другие — максимизируются, необходимо привести их к одному виду. А так как метрика предпочтительного пути должна быть минимальна, то минимизируем критерии I_1 и I_4 следующим образом:

$$I_{\text{новый}} = I_{1\text{max}} + I_{1\text{исходный}},$$

где $I_{1\text{max}}$ — максимально-допустимое значение, которое задается техническими характеристиками канала. Для каждого порта оно может быть разным.

Результаты минимизации критериев представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты минимизации критериев

	I_1	I_2	I_3	I_4
Для пути AB	1756	10	4	10
Для пути AC	46	40	3	10
Для пути AE	100	120	3	10
Для пути AF	400	10	3	89

Задача многокритериальной оптимизации является некорректной, так как частные критерии качества конфликтуют между собой. Улучшение одного частного критерия качества ухудшает один или несколько других частных критериев. Регуляризацию некорректной задачи многокритериальной оптимизации выполним скалярной сверткой частных критериев качества по нелинейной схеме компромиссов [9]

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{1 - \frac{I_i}{I_{i\max}}},$$

где I_i — частный критерий качества конкретного ребра графа; $I_{i\max}$ — максимально-допустимое значение, которое задается техническими характеристиками канала; L — вес дуги, n — количество частных критериев.

Тогда получим:

$$\text{LAB} := 8.220333333333333333$$

$$\text{LAC} := 7.7583473389355742297$$

$$\text{LAE} := 9.25555555555555555556$$

$$\text{LAF} := 94.5000000000000000000000$$

После вычисления многокритериальных метрик ребер вершин задача сводится к задаче о нахождении кратчайшего пути в графе, которая может быть решена по алгоритму Дейкстры. Тогда весь минимальный путь будет равен α_{I_4} , где I_4 — количество ребер на наикратчайшем пути. В данном случае это путь $\text{LAC} := 7.7583473389355742297$.

Довольно часто у администраторов сетей возникает такая потребность как перенаправление трафика по определенному критерию. Для учета приоритетов введем весовые коэффициенты для каждой частной характеристики канала — $\alpha_i \geq 0$, причем $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$. Тогда вес ребра с учетом приоритетных коэффициентов будет равен

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{1 - \frac{I_i}{I_{i\max}}},$$

а весь наикратчайший путь

$$\min L = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{1 - \frac{I_i}{I_{i\max}}}.$$

Влияние приоритетных критериев на различные виды сервисов

VOIP. Для IP-телефонии не требуется большого объема трафика, так как кодируется только фактический разговор («тишина» не кодируется) и разбивается на пакеты небольшого объема. Задержка и надежность — определяющие критерии качества. При задержке пакетов они не соберутся в jitter-буфере в правильном порядке и информация будет искажена [10]. При значительных потерях пакетов есть вероятность вообще не разобрать речь собеседника.

Зададим соответствующие значения приоритетным критериям:

$$\alpha_{I_1} = 0,2; \alpha_{I_2} = 0,1; \alpha_{I_3} = 0,1; \alpha_{I_4} = 0,6.$$

Проведенный расчет значений весов с учетом значений приоритетных критериев представлен в табл. 4.

Таблица 4

Метрики путей из вершины A

Без учета критерия	С учетом критерия
$\text{LAB} := 8.895333333333333333$	$\text{LAB} := 1.77906666666666666667$
$\text{LAC} := 7.8995238095238095238$	$\text{LAC} := 0.78995238095238095238$
$\text{LAE} := 11.055555555555555556$	$\text{LAE} := 1.105555555555555556$
$\text{LAF} := 5.5112359550561797753$	$\text{LAF} := 3.3067415730337078652$

Характеристики канала AC стремятся к идеальным. Здесь и I_1 (скорость передачи данных), и I_4 (надежность) близки к максимальным, поэтому многокритериальная оценка дает лучший результат именно для сочетания характеристик пути AC (рис. 2 и 3).

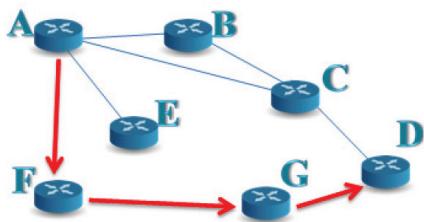


Рис. 2. Путь пакета при вычислении метрики без учета приоритетных критерииев

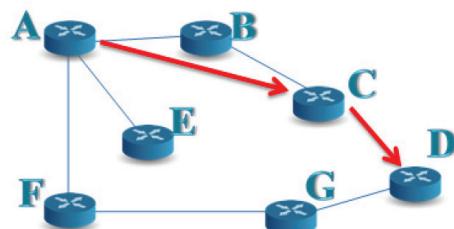


Рис. 3. Путь пакета при вычислении метрики с учетом приоритетных критерииев

Обсуждение основных результатов

Комбинированная метрика наиболее точно описывает состояние каналов. Каждый критерий вносит, порой, существенное влияние на качество передачи данных. Предложенная формула вычисления метрики позволяет увеличить число определяющих критериев, что позволит оптимизировать маршрутизацию под имеющееся оборудование и существующие требования. Включение приоритетных критериев позволит системным администраторам достаточно просто и наглядно управлять перенаправлением трафика. Так, при возрастании нагрузки на канал поток может быть перенаправлен на другой путь.

Случай без использования приоритетных критерииев. Данные характеристик каналов отображены на рис. 1. Случай, когда загруженность одного из каналов растет, загруженность прочих не меняется, проиллюстрирован на рис. 4.

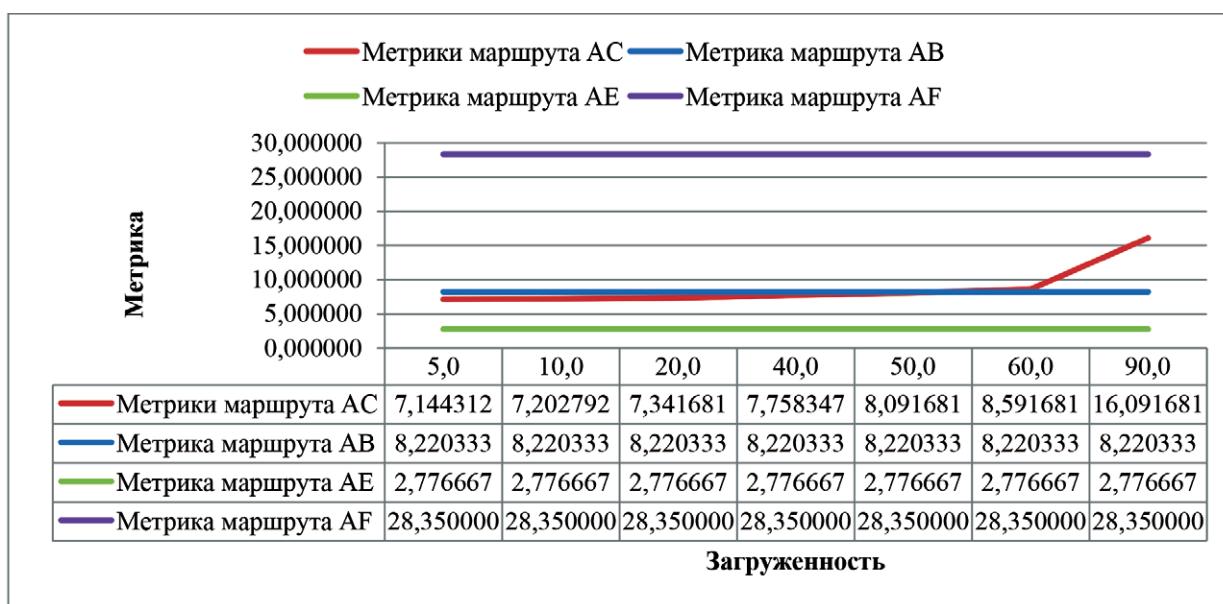


Рис. 4. Метрики каналов узла A без учета приоритетных критериев

Из рисунка видно, что наилучший маршрут AC , при возрастании на нем нагрузки, приобретает почти самую худшую метрику. Исходя из этого, трафик по этому каналу отправляться не будет, пока не снизится его загруженность.

Случай влияния приоритетных критерииев.

$$\alpha_{I_1} = 0,3; \alpha_{I_2} = 0,1; \alpha_{I_3} = 0,3; \alpha_{I_4} = 0,3.$$

Поскольку для нас важен второй критерий — загруженность узла — и он должен быть минимальным, то его приоритетный критерий назначаем минимальным по сравнению с остальными. Тогда для тех же данных загруженности узлов получим следующее (рис. 5).

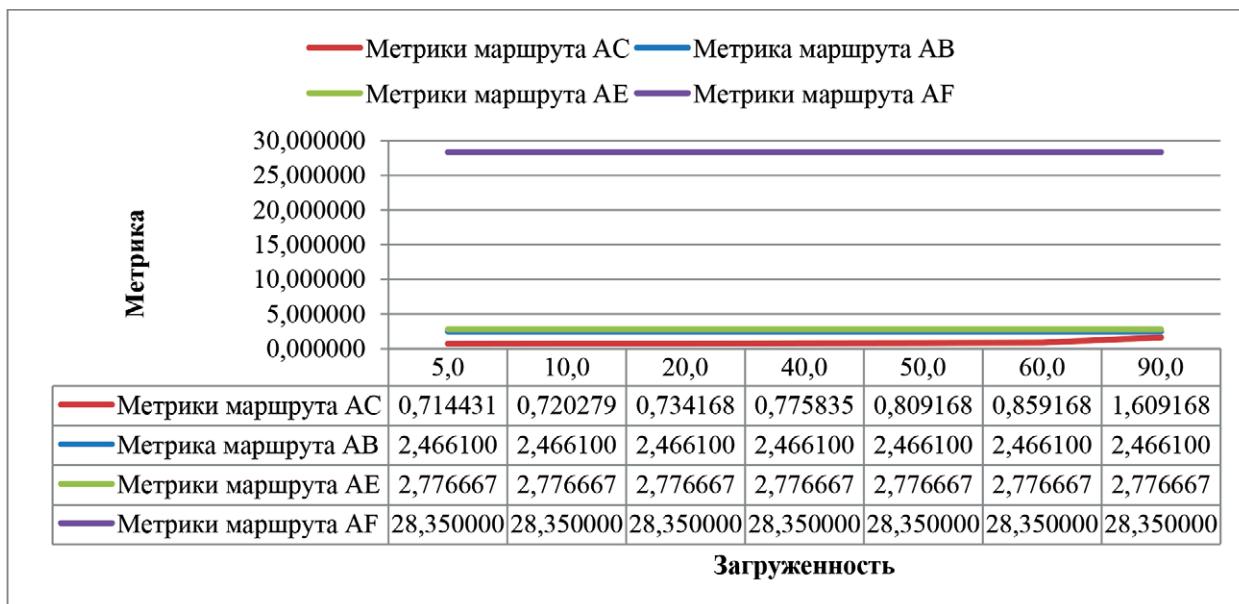


Рис. 5. Метрики каналов узла A с учетом приоритетных критериев

Из рисунка видно, что из-за влияния приоритетного критерия метрика маршрута *AC* остается меньшей, чем все прочие метрики, даже при сильно загруженном канале.

Таким образом, представленная формула многокритериальной маршрутизации с приоритетными критериями является наиболее приемлемой для алгоритма маршрутизации в сети.

Выводы

1. Выбор конкретного протокола динамической маршрутизации зависит от размеров и требований, предъявляемых конкретной корпоративной сетью, от устанавливаемого оборудования и необходимости детального конфигурирования маршрутизации трафика системным администратором.

2. Поскольку для VOIP-сети до сих пор не существует специализированного протокола маршрутизации, приходится использовать существующие. На основе проведенного анализа выявлено, что на сегодняшний день наиболее подходящими внутренними протоколами динамической маршрутизации являются OSPF и EIGRP. Поэтому при организации VOIP в корпоративной сети транспортного логистического центра с взаимодействием с множеством клиентов и портов предпочтительно выбирать протокол EIGRP, если все маршрутизаторы представлены фирмой *Cisco* и квалификация обслуживающего персонала позволяет настроить маршрутизацию без появления петель. Или использовать протокол OSPF как наиболее универсальный и обладающий достаточным количеством достоинств, но не полностью удовлетворяющий требованиям к качеству передаваемых медиа данных из-за наличия лишь однокритериальной метрики.

3. В результате проведенного исследования был предложен новый вариант алгоритма маршрутизации. В основе нового метода маршрутизации лежит алгоритм OSPF, так как он использует алгоритм Дейкстры, что позволяет избежать появления петель. Помимо этого, введена многокритериальная метрика с приоритетными критериями, что позволяет более эффективно управлять движением голосовых данных.

4. Алгоритм учета множества приоритетных критериев с интуитивно-понятным распределением их влияния представлен и рассмотрен на примере трафика VOIP. Представлен и на при-

мере проиллюстрирован механизм влияния критериев с учетом возрастающей нагрузки на канал. В этом случае администратор, управляющий всей телефонией, без особого труда выставит приоритеты для VOIP-трафика и, при необходимости, добавит в общую корпоративную сеть еще одну подсеть любого нового логистического удаленного центра, без появления лишней нагрузки служебной информацией на сеть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов С. С. Основные аспекты автоматизации деятельности транспортных объектов / С. С. Соколов // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 5. — С. 83.
2. Цветков В. Я. Реализация IP-телефонии в территориально-распределенной компании / В. Я. Цветков, П. Г. Сырцев // Перспективы науки и образования. — 2015. — № 3 (15). — С. 40–47.
3. Singh H. P. VOIP: State of art for global connectivity — A critical review / H. P. Singh, S. Singh, J. Singh, S. A. Khan // Journal of Network and Computer Applications. — 2014. — Vol. 37. — Pp. 365–379. DOI:10.1016/j.jnca.2013.02.026.
4. Дорофеев Р. С. Оценка качества передачи голоса по IP-телефонии / Р. С. Дорофеев, А. С. Дорофеев // Тенденции инновационных процессов в науке: сб. ст. Международной научно-практической конференции (20 марта 2015 г., г. Москва). — М.: РИО ЕФИР, 2015. — С. 9–13.
5. Дубровин В. С. Корпоративная IP-телефония / В. С. Дубровин, О. И. Калташкина // Электроника и информационные технологии. — 2009. — № 2 (7). — С. 17.
6. Листопад Н. И. Модели оптимальной маршрутизации в компьютерных сетях / Н. И. Листопад, А. А. Матрук // Труды БГТУ. Физико-математические науки и информатика. — 2006. — № XVI. — С. 130–132.
7. Нырков А. П. Мультисервисная сеть транспортной отрасли / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2014. — № 4 (118). — С. 33–38.
8. Листопад Н. И. Методы балансировки трафика в IP сетях / Н. И. Листопад, И. О. Величкевич // Докл. БГУИР. — 2010. — № 7 (53). — С. 18–24.
9. Воронин А. Н. Декомпозиция и композиция свойств альтернатив в многокритериальных задачах принятия решений / А. Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 1. — С. 117–122.
10. Гагарина Л. Г. Повышение скорости передачи данных в пиринговых сетях для IP-телефонии / Л. Г. Гагарина // Радиопромышленность. — 2012. — № 3. — С. 177–184.

IMPROVE THE PERFORMANCE ROUTING PROTOCOLS IN IP TELEPHONY BY IMPROVING COMBINED METRICS ON THE EXAMPLE OF THE TRANSPORT AND LOGISTIC CENTER

The introduction of modern technologies in the production process is the key to improving quality and efficiency. The introduction of IP-telephony - is no exception. Communication is an important factor in the normal operation of any transport and logistics center. The specifics of sea and river transport involves considerable fragmentation of departments of the same company, provided a permanent liaison. Expanding the geography of the company's activities in the new port means rapid deployment and connection to a single communication system for new employees. Public Switched Telephone Network does not have such mobility. IP telephony is more profitable economically, technically more simple, but the technology is a packet-switched has its shortcomings in the routing: latency and packet loss. The article analyzes the main modern routing protocols — static and dynamic. A more detail described dynamic — RIP, OSPF, IGRP, EIGRP, as the most frequently used in modern devices. A comparative analysis revealed the advantages and disadvantages of the algorithms is a summary table described protocols. Based on the analyzed data, we identified problems of network protocols, such as inability to account unlimited number of criteria and non-obvious influence on the priority route selection criteria. Accordingly, it was offered the optimal implementation of the algorithm in the packet network using improved combined metric of the route. With the new algorithm, the administrator of transport and logistics center can intuitively distributing the impact of certain channel criteria to the choice of the route of the traffic through the node and at the same time to take into account any number of criteria channels for any remote port office. The work of the new algorithm of network protocol on graphs, with increasing load and taking into account the priority criteria is graphically presented.

Keywords: VOIP-telephony, packet switching, routing protocols, Dijkstra's algorithm, Ford & Bellman's algorithm.

REFERENCES

1. Sokolov, S. S. "The main aspects of work automation transport objects." *Modern problems of science and education* 5 (2013): 83.
2. Tsvetkov, V. Ya., and P. G. Syrtsev. "Implementation of IP-telephony in geographically distributed company." *Perspectives of Science and Education* 3(15) (2015): 40–47.
3. Singha, Harjit Pal, Sarabjeet Singha, J. Singhb, and S. A. Khanc. "VoIP: State of art for global connectivity—A critical review." *Journal of Network and Computer Applications* 37 (2014): 365–379. DOI:10.1016/j.jnca.2013.02.026.
4. Dorofeev, R. S., and A. S. Dorofeev. "Ocenka kachestva peredachi golosa po IP-telefonii." *Tendencii innovacionnyh processov v nauke: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (20 marta 2015 g, g. Moskva)*. M.: RIO EFIR, 2015: 9–13.
5. Dubrovin, V. S., and O. I. Kaltashkina. "Korporativnaja IP-telefonija." *Jelektronika i informacionnye tehnologii* 2(7) (2009): 17.
6. Listopad, N. I. and A. A. Matruk. "Modeli optimalnoj marshrutizacii v kompjuternyh setjah." *Trudy BGU. №6. Fiziko-matematicheskie nauki i informatika XVI* (2006): 130–132.
7. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, and A. S. Belousov. "Multiservice network of transportation industry." *Herald of computer and information technologies* 4(118) (2014): 33–38.
8. Listopad, N. I., and I. O. Velichkevich. "Metody balansirovki trafika v IP setjah." *Dokl. BGUIR* 7(53) (2010): 18–24.
9. Voronin, A. N. "Dekompozicija i kompozicija svojstv alternativ v mnogokriterialnyh zadachah prinjatija reshenij." *Cybernetics and Systems Analysis* 1 (2009): 117–122.
10. Gagarina, L. G. "IP-telephony peer networks: increase of data transfer rate." *Radio industry* 3 (2012): 177–184.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Полугина Юлия Константиновна — аспирант.
Научный руководитель:
Соколов Сергей Сергеевич.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
ul3-@mail.ru
Соколов Сергей Сергеевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
sokolovss@gumrf.ru
Гаскаров Вагиз Диляурович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
ul3-@mail.ru, kaf_koib@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Polugina Julia Konstantinovna — postgraduate.
Supervisor:
Sokolov Sergey Sergeevich.
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
ul3-@mail.ru
Sokolov Sergey Sergeevich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
sokolovss@gumrf.ru
Gaskarov Vagiz Dilyaurovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
ul3-@mail.ru, kaf_koib@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 12 мая 2016 г.