

СИСТЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.724.4

А. В. Грачёв, Т. В. Киселёва, Р. С. Койнов, А. С. Добрынин

О МЕТОДЕ ВЫБОРА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ УЗЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ МАРШРУТИЗАЦИИ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЯХ РАЗНОЙ ТОПОЛОГИИ

Предложен метод определения промежуточного узла в сетях с разной топологией для решения задачи маршрутизации и способ оценивания используемого канала связи. Решение основано на использовании методов оценки, не относящихся к условиям стандартных сетевых протоколов. Применяется ряд критериев, охватывающих параметры, которые описывают работу сети в условиях ограниченного присутствия администратора, а также историю использования узла (сегмента). В условиях децентрализации управления сетью задача выделения управляющего узла в реальном времени – упорядочить работу сегмента сети. Это позволяет создать стабильный адаптированный маршрут, учитывающий особенности каждого из составляющих его узлов. Свойства узлов могут быть адаптированы в численных показателях, отвечающих за загруженность узла, стабильность, пропускную способность. Метод представляет собой алгоритм, который можно применить для любой сетевой структуры – как для компьютерных вычислительных сетей, так и для сетевых структур управления. Результаты работы алгоритма проходят комплексную оценку, в процессе которой осуществляется обработка накопленной статистики для вынесения оценки маршрута с учетом выполняемой задачи. Понятие «задача» учитывает тип передаваемых данных и условия, необходимые для оптимального использования канала при решении задачи передачи каждого типа данных.

Ключевые слова: сети связи, узлы связи, маршрутизация, топология сети, передача данных.

Введение

В современных сетях условным управляющим узлом является узел-инициатор передачи данных [1]. На основе определенных протоколов он формирует канал передачи данных, и он же следит за их доставкой (если такая возможность предусмотрена протоколом). Однако наличие задач, в которых необходима не только передача, но и контроль за получением данных, не позволяет исключить управляющий узел из числа задействованных в передаче соединений. Тогда, чтобы сократить количество сервисного трафика, необходимо сократить часть функций узла контроля, оставив ему самое необходимое.

Современная проблематика

Задачу освобождения основного управляющего узла от части сервисных функций можно рассматривать как комплексный подход, состоящий из выявления в объеме подчиненных узлов точек, являющихся транспортными узлами для большого количества маршрутов, и метода рассмотрения обнаруженных узлов как потенциальных кандидатов на делегирование им части транспортных функций.

В качестве исходного состояния принимается, что сеть имеет открытую инфраструктуру как на физическом уровне¹ (количество узлов в сети непостоянно и может изменяться от нуля до

¹ Подразумевается сетевая модель OSI (англ. open systems interconnection basic reference model – базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС), 1978 г.) // URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Сетевая_модель_OSI (дата обращения: 21.03.2014).

некоторого значения N), так и канальном – сеть может состоять из нескольких сегментов с разными топологиями, например сочетать в себе традиционную локальную вычислительную сеть на основе протоколов TCP/IP и через шлюзы быть соединенной с сегментом мобильной сети или с сегментом производственной линии, состоящей из узкоспециализированных устройств [2].

Принимаются также исходные условия, при которых присутствие администратора сети на постоянной основе невозможно, как и невозможна предварительная оценка состояния разных сегментов сети. Структурная схема этого процесса представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема процесса ранжирования узлов

В идеальных условиях параметры сети заранее известны. Это, как правило, данные о скоростных характеристиках сети (компьютерные сети) или данные об оборудовании. Но развитие сетей разного назначения рано или поздно приведет к ситуации, когда возникнет необходимость, комбинируя сети разных физических условий и топологий, произвести передачу данных. В таких условиях не следует рассчитывать, что данные о состоянии сети будут заранее известны, и маршрутизатору придется прокладывать маршрут, имея в наличии только сам канал связи. Еще одним ограничением является отсутствие администратора, способного задать параметры работы и организации. Тогда сети требуется самоорганизация в условиях неопределенности. И необходимыми критериями, определяющими качество узла, будут такие критерии, которые возможно оценить и измерить.

Не менее важной задачей является самоорганизация сети, когда участие командного узла невозможно. Схема работы алгоритма представлена на рис. 2.

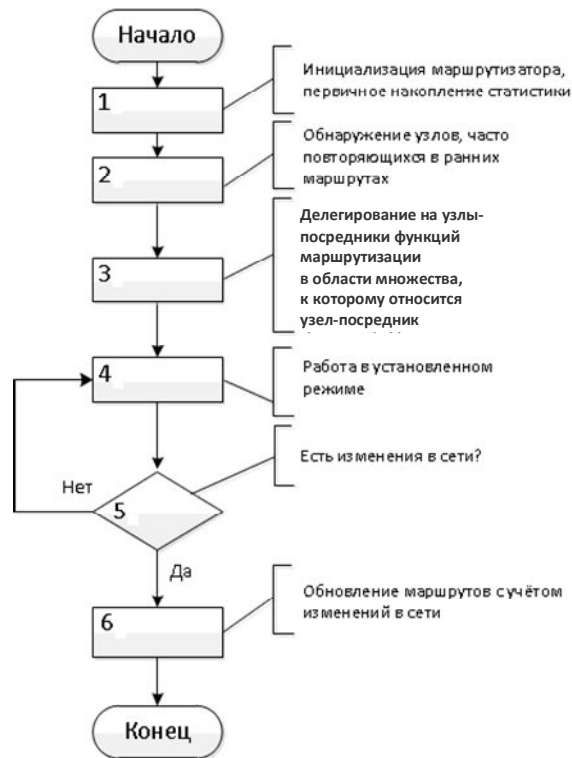


Рис. 2. Схема работы алгоритма самоорганизации сети

Метод ранжирования используемых узлов сетевой структуры

На этапе выявления потенциальных промежуточных транспортных узлов следует обратить внимание на методику определения так называемых «малых миров».

Выбор головного узла определенного сегмента сети является основной проблемой для алгоритма, отвечающего за построение маршрута. Выделение необходимого узла на первоначальном этапе после инициации сети следует производить по результатам накопленной статистики.

Когда сеть инициирована, необходимые данные для адаптивной маршрутизации еще не собраны, и поэтому в данном случае сеть опирается исключительно на свою структуру. При этом все узлы имеют *ранг исторической оценки* 1 ($S_{истр} = 1$).

Дальнейшая работа сетевой структуры, в зависимости от выбранного протокола, формирует начальную таблицу маршрутизации. При этом, поскольку ни один из узлов еще не был назначен узлом-посредником, у всех узлов на первоначальном этапе *ранг посредника* равен нулю ($Q_{поср} = 0$).

Следует различать *ранг исторической оценки* и *ранг посредника*. Ранг исторической оценки показывает, насколько узел хорошо себя проявил в прошлых эпизодах работы в составе сети, при этом неважно, был ли он узлом-посредником или обычным узлом. Исходя из того, что некоторые протоколы имеют возможность сохранять таблицу маршрутизации на время выключения питания, в момент инициализации сети узел получает ранг 1, т. е. он активен и готов принимать и передавать данные. Если же данный узел фигурирует в сохраненной ранее таблице маршрутизации, но на новом этапе работы сети он недоступен, то ему присваивается ранг 0, и при последующем обновлении таблицы маршрутизации этот узел в построении маршрутов не используется.

Топология искусственной нейронной сети, используемая в модели оценки маршрута через узел, состоит из пяти элементов на входе и одного элемента на выходе. На рис. 3 приведена модель с использованием обучаемой нейронной сети. Параметры x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 зависят от оцениваемого сегмента сети. Они обязательно учитывают и физическую составляющую, и типы пользовательских данных, и историю использования (надежности).

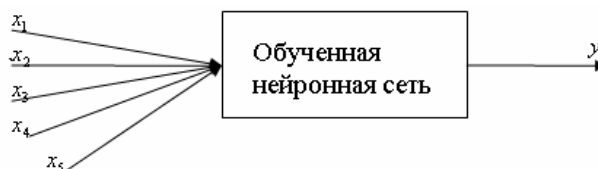


Рис. 3. Модель оценки маршрута

В качестве первой переменной x_1 предлагается использовать загруженность выбранных альтернативных маршрутов, взятых в промежутке от узла-посредника до конечного узла-получателя. Их оценку следует производить с учетом пропускной способности и загруженности канала. Соотношение для вычисления имеет вид

$$Qr = \frac{S(1+P)}{C},$$

где Qr – оценка маршрута; S – максимальная скорость среды передачи на промежутке; P – постоянная загруженность канала в долях процентов; C – средняя скорость передачи на канале.

Следующий параметр – x_2 , который был выбран для оценивания предложенного сегмента, – это соотношение потерянных пакетов при передаче к общему количеству пакетов. Сети со 100 %-й проводимостью редки. Чаще всего любой из сегментов сети имеет определенное количество потерянных пакетов, причем при каждом цикле передачи количество потерянных пакетов может меняться. Для того чтобы оценить работу сегмента, следует провести анализ потерь при его работе. Исходные данные для анализа можно получить, используя анализатор трафика, программный продукт для накопления и статистической обработки трафика на заданном сегменте. Самые известные программные продукты в данной области – Wireshark и tcpdump.

Третья переменная x_3 – временная характеристика. Временные затраты на передачу пакета данных относятся к ряду самых показательных. Данные о временных параметрах прохождения пакетов – это часть сетевых протоколов, и для их получения достаточно использовать уже упоминавшиеся выше программные комплексы – Wireshark, tcpdump.

Четвертой характеристикой x_4 предлагается считать наличие «агрессивного фактора» в сегменте. В современных условиях наличие агрессивного фактора обретает все большее значение. По нашему мнению, для успешного применения адаптивной маршрутизации необходимо учитывать наличие «агрессивного фактора». Под агрессивным фактором следует понимать любое противодействие процессу передачи данных и препятствие нормальной работе сети. Процесс оценки «агрессивного фактора» сложен, т. к. почти не имеет численных показателей, пригодных для расчетов. Вследствие этого для оценки сегмента с наличием в нем активного противодействия предлагается применять аппарат нечеткой логики [3], что позволит оценить доступную ширину канала для передачи разных типов данных.

Последней переменной x_5 , необходимой для принятия решения, следует считать опыт использования канала в прошлые циклы передачи данных. Опыт работы выделенного сегмента может оказать существенное воздействие на оценку всего сегмента. Так, информация о прошлых циклах использования сегмента несет в себе данные о непосредственной работе.

В качестве такой переменной может выступать численный показатель, зависящий от количества узлов в сегменте, количества предыдущих циклов и количества отказов. Формула имеет вид

$$Q = \frac{N \cdot P}{q},$$

где Q – численный показатель надежности канала; N – число узлов в выделенном сегменте; P – количество предыдущих циклов; q – количество отказов в предыдущих циклах.

Все входные и выходные данные имеют численные значения, следовательно, необходимость в кодировании входных и выходных параметров отсутствует. Тем не менее величины бы-

ли выбраны по принципу обеспечения наибольшего количества факторов, влияющих на работоспособность канала связи в условиях его интенсивного использования, поэтому входные и выходные переменные вполне могут иметь разнородные значения. Так как модель описывает разные характеристики, то и результаты её работы не должны зависеть от применяемых данных. Именно поэтому для повышения эффективности модели следует провести предобработку данных, приводящую их к единому масштабу.

Пример обработки сегмента сетевой структуры

Пример обработки сегмента сетевой структуры для выделения узлов-посредников приведен на рис. 4. Выборка взята для сегмента из 100 произвольных узлов обычной локальной сети. Обработка произведена с помощью программного продукта Statistika Neural Networks и собственного макроса Microsoft Excel.

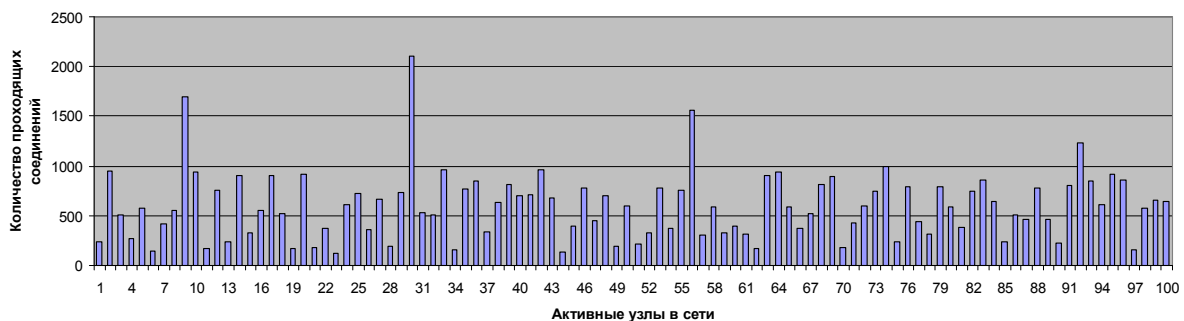


Рис. 4. Выделение узлов-посредников

Исходя из полученных данных, можно говорить о существовании в сети узлов, способных взять на себя задачи локального узла-посредника. Данные узлы соответствуют пикам выше среднего значения на рис. 5.

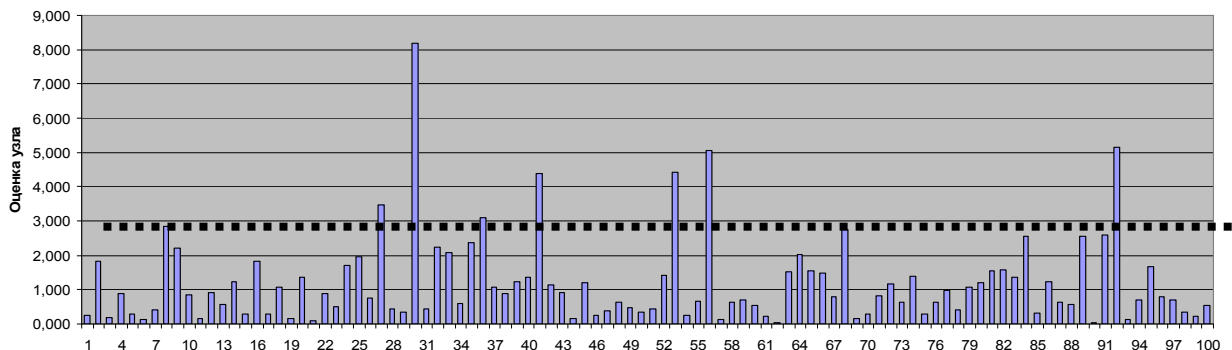


Рис. 5. Результат конечного оценивания выбранных узлов

Согласно данным на рис. 5, этому критерию соответствуют 5 узлов, что даже избыточно для данной выборки из 100 узлов.

Заключение

Задача выбора узла маршрутизации является первым шагом для алгоритма, обеспечивающего гибкий подход к составлению маршрутов в условиях быстроменяющейся ситуации в процессе передачи данных. Сети, в которых участвуют узлы разной вычислительной мощности и разного прикладного значения, уже являются обычным делом, поэтому решение задачи управления и маршрутизации должно опираться на факторы, учитывающие свойства таких сетей.

Таким образом, предложенный метод является одним из вариантов применения способов оценки для решения задачи оптимизации передачи значительного объема данных в глобальных вычислительных сетях. В результате получаем увеличение скорости передачи данных и повышение отказоустойчивости систем передачи в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сводная статистика по мировым точкам обмена трафиком (Москва) // URL: https://prefix.pch.net/applications/ixpdir/detail.php?exchange_point_id=191.
2. Тимофеев А. В. Адаптивное управление и многоагентная обработка информационных потоков в интегрированных телекоммуникационных сетях / А. В. Тимофеев // Тр. Санкт-Петербург. ин-та информатики и автоматизации РАН. 2006. Вып. 3, т. 1. С. 62–70.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. М.: Мир, 1976. 168 с.

Статья поступила в редакцию 27.03.2014

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Грачёв Александр Викторович – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; аспирант кафедры "Автоматизация и информационные системы"; ansel@zaoproxy.ru.

Киселёва Тамара Васильевна – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; г-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой «Системы информатики и программирование»; kis@siu.sibsiu.ru.

Койнов Роман Сергеевич – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; соискатель кафедры «Автоматизация и информационные системы»; koynov_rs@mail.ru.

Добрынин Алексей Сергеевич – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; соискатель кафедры «Автоматизация и информационные системы»; serpentfly@mail.ru.



A. V. Grachev, T. V. Kiseleva, R. S. Koynov, A. S. Dobrynin

ON THE METHOD OF SELECTION OF INTERMEDIATE NODES FOR ROUTING DATA IN HIERARCHICAL NETWORKS WITH DIFFERENT TOPOLOGIES

Abstract. The method for determining the intermediate node in networks with different topologies for the routing problem and the estimation method of the used communication channel is proposed. The solution is based on the use of assessment methods, which are not related to the conditions of standard network protocols. A variety of criteria, covering the parameters describing the network in a limited presence administrator, as well as a history of using node (segment) is used. In conditions of the decentralized network management, the task of allocation of a control node in real time is to streamline the network segment. This allows us to create a stable adapted route, taking into account the peculiarities of its constituent units. The properties of nodes may be adapted in numerical terms, responsible for load assembly, stability and bandwidth. The method is an algorithm that can be applied to any network – both to the computer networks and network management entities. The results of the algorithm runs a comprehensive evaluation, which results in the processing of accumulated statistics for assessment of the route, based on the implementing task. The concept «task» depends on the type of the transmitted data and the conditions necessary for the optimal channel use while transferring each data type.

Key words: communication network, communication nodes, routing, network topology, data transmission.

REFERENCES

1. *Svodnaia statistika po mirovym tochkam obmena trafikom* (Moskva) [Summary statistics on the global traffic exchange points (Moscow). Available at: https://prefix.pch.net/applications/ixpdir/detail.php?exchange_point_id=191.
2. Timofeev A. V. Adaptivnoe upravlenie i mnogoagentnaia obrabotka informatsionnykh potokov v integrirovannykh telekommunikatsionnykh setiakh [Adaptive management and multi-agent processing of information flows in integrated telecommunications networks]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo instituta informatiki i avtomatizatsii Rossiiskoi akademii nauk*, 2006, iss. 3, vol. 1, pp. 62–70.
3. Zade L. *Poniatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primenenie k priniatiu priblizhennykh reshenii* [Concept of linguistic variable and its application to close decision making]. Moscow, Mir Publ., 1976. 168 p.

The article submitted to the editors 27.03.2014

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Grachev Alexander Viktorovich – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberia State Industrial University; Postgraduate Student of the Department "Automation and Information Systems"; serpentfly@mail.ru.

Kiseleva Tamara Vasilievna – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberia State Industrial University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department "Information Systems and Programming"; kis@siu.sibsiu.ru.

Koynov Alexander Sergeyevich – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberia State Industrial University; Candidate of the Department "Automation and Information Systems"; koynov_rs@mail.ru.

Dobrynin Alexey Sergeyevich – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberia State Industrial University; Candidate of the Department "Automation and Information Systems"; serpentfly@mail.ru.

