

# О МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ УЗЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ МАРШРУТИЗАЦИИ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЯХ РАЗНОЙ ТОПОЛОГИИ

УДК 004.724.4

**Александр Викторович Грачев**,  
старший преподаватель кафедры прикладной информатики и программирования, Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ)  
Тел.: 8 (3843) 46-35-02  
Эл. почта: ansel@zaoproxy.ru

**Тамара Васильевна Киселева**,  
д.т.н., профессор, зав. кафедрой прикладной информатики и программирования, Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ)  
Тел.: 8 (3843) 46-35-02  
Эл. почта: kis@siu.sibsiu.ru

**Роман Сергеевич Койнов**,  
зав. сектором кафедры АИС, старший преподаватель, Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ)  
Тел.: 8 (3843) 78-43-76  
Эл. почта: koynov\_rs@mail.ru

**Алексей Сергеевич Добрынин**,  
зав. лаб. кафедры автоматизации и информационных систем, старший преподаватель, Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ)  
Тел.: 8 (3843) 78-43-76  
Эл. почта: serpentfly@mail.ru

Предложен метод оценивания промежуточного узла в сетях с разной топологией для 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, описывающие работу сети в условиях ограниченного присутствия администратора, а также историю использования узла (сегмента). В условиях децентрализации управления сетью задача оценивания состоит в выделении управляющего узла в реальном времени, а, в конечном счёте, в упорядочивании работы сегмента сети. Это позволяет создать стабильный адаптированный маршрут, учитывающий особенности каждого из составляющих его узлов. Свойства узлов могут быть адаптированы в численных показателях, отвечающие за загруженность узла, стабильность, пропускную способность. Это применимо как для компьютерных вычислительных сетей, так и для сетевых структур управления. Результаты работы метода проходят комплексную оценку, в результате которой происходит обработка накопленной статистики для вынесения оценки маршрута с учетом выполняемой задачи. Понятие «задачи» учитывает тип передаваемых данных, и условия необходимые для наиболее оптимального использования канала для задачи передачи каждого типа данных.

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

## 1. Введение

В статье [1] был предложен метод выбора промежуточного управляющего узла в задачах сетевой маршрутизации. Для этого был предложен алгоритм, использующий в своей работе результаты нейросетевого моделирования для оценивания узла по ряду параметров. Предложенный алгоритм использует в качестве объекта оценивания узел сети с рядом параметров:

$$U_c = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

где  $U_c$  – узел сети;  
 $x_1, x_2, \dots, x_n$  – параметры узла.

## 2. Определение входных параметров

Топология искусственной нейронной сети, используемая в модели оценки маршрута через узел, состоит из пяти элементов на входе и из одного элемента на выходе. На рисунке 1 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 их использования (надежности).

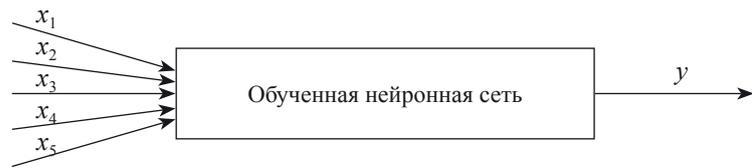


Рис. 1. Модель оценки маршрута

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 по следующему соотношению:

$$Qr = \frac{S(1+P)}{C}, \quad (2)$$

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

Максимальная скорость среды передачи данных – это пиковое значение, которое зависит от физической составляющей. Примеры пиковых значений наиболее распространенных стандартов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Популярные стандарты работы ЛВС и их пиковые скорости

Сеть	Максимальная скорость	Тип сети
Fast Ethernet	100 Mb/s	Проводная
Gigabit Ethernet	1000 Mb/s	Проводная
Wi-Fi (a)	54 Mb/s	Беспроводная
Wi-Fi (b)	11 Mb/s	Беспроводная
Wi-Fi (g)	54 Mb/s	Беспроводная
Wi-Fi (h)	> 600 Mb/s	Беспроводная
Bluetooth	24 Mb/s	Беспроводная

**Aleksandr V. Grachev**

Degree-seeking student, senior teacher  
Siberian State Industrial University (SibSIU)  
Tel.: 8 (3843) 46-35-02  
E-mail: ansel@zaoproxy.ru

**Tamara V. Kiseleva**

Prof., Siberian State Industrial University (SibSIU)  
Tel.: 8 (3843) 46-35-02  
E-mail: kis@siu.sibsiu.ru

**Roman S. Koynov**

Degree-seeking student, senior teacher  
Siberian State Industrial University (SibSIU)  
Tel.: 8 (3843) 78-43-76  
E-mail: koynov\_rs@mail.ru

**Alexey S. Dobrynin**

Degree-seeking student, senior teacher  
Siberian State Industrial University (SibSIU)  
Tel.: 8 (3843) 78-43-76  
E-mail: serpentfly@mail.ru

**METHOD FOR DETERMINING PARAMETERS FOR EVALUATION DATA INTERMEDIATE NODES FOR ROUTING IN HIERARCHICAL NETWORKS WITH DIFFERENT TOPOLOGIES**

The method for estimating an intermediate node in networks with different topologies for routing problem and the method of estimation used communication channel are proposed in the article. The solution is based on the use of methods to assess the conditions of non-standard network protocols. Applies a number of criteria, covering the parameters describing the network in a limited presence of the administrator, as well as the history of use segment. In a decentralized network management estimation problem is to separate the control node in real time, and, ultimately, in the sequencing work network segment. This allows you to create a stable adapted route, taking into account the characteristics of each of its constituent units. Properties nodes may be adapted in numerical terms, responsible for load assembly, stability, bandwidth. This applies both to computer networks, and for managing networks. The results of the method are comprehensive assessment, which results in the treatment of accumulated statistics for making assessment of the route based on the task at hand. The concept of «problem» takes into account the type of data, and the conditions needed to make the best use of the channel for the problem of transmission of each data type.

**Keywords:** network, communication nodes, routing, network topology, data transmission.

Таким образом, максимальная скорость для конкретной технологии может быть задана заранее оператором (Мб\сек). Следует при этом учитывать, что для реального рабочего процесса пиковые скорости не характерны, так как на процесс работы ЛВС влияет много других различных факторов. Авторы предлагают использовать пиковые скорости, заявленные в сертификатах [2], под каждый стандарт, как граничное условие. Результат для первых тридцати циклов тестовой выборки представлен на рисунке 2.

Следующий параметр  $x_2$ , который был выбран для оценивания предложенного сегмента – это соотношение потерянных пакетов при передаче к общему количеству пакетов. Сети со стопроцентной проводимостью редки. Чаще всего любой из сегментов сети имеет определенный процент потерянных пакетов. Причем при каждом цикле передаче 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.

На рисунке 3 представлен график, отражающий количество переданных и потерянных пакетов на первых тридцати циклах выборки.

Третьей переменной  $x_3$  является временная характеристика. Временные затраты на передачу пакета данных являются одним из самых показательных. Данные о временных параметрах прохождения пакетов являются частью сетевых протоколов. Поэтому могут использоваться в динамичном режиме.

Четвертой характеристикой  $x_4$  предлагается считать наличие «агрессивного фактора» в сегменте. В современных условиях наличие агрессивного фактора обретает все большее значение. Поэтому, по мнению авторов, для успешного

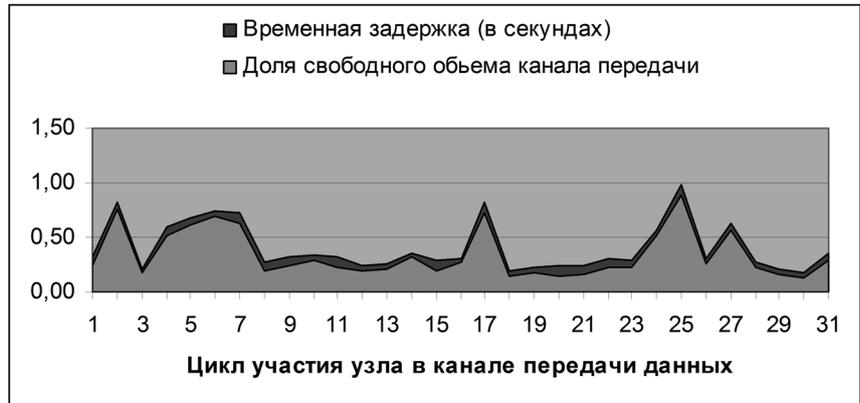


Рис. 2. Зависимость времени передачи от загруженности узла

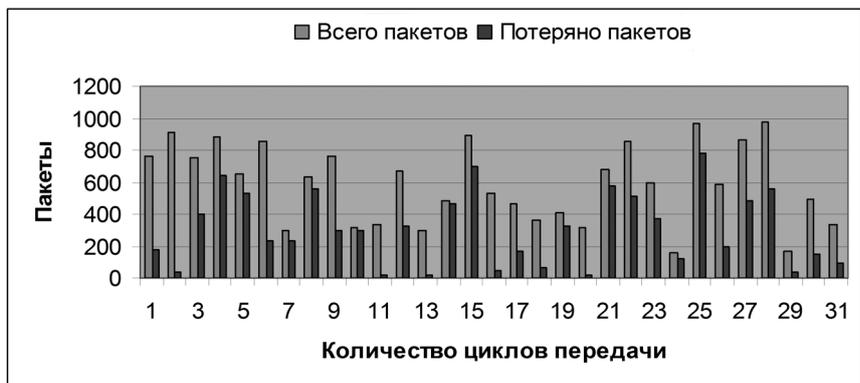


Рис. 3. Пакеты с данными (переданные и потерянные)

применения адаптивной маршрутизации необходимо учитывать наличие «агрессивного фактора». Под «агрессивным фактором» следует понимать любое противодействие процессу передачи данных и пре-

пятствие нормальной работе сети. Процесс оценки «агрессивного фактора» сложен, так как почти не имеет численных показателей, пригодных для расчетов. Поэтому для оценки сегмента с наличием в нем

активного противодействия предлагается применять аппарат нечеткой логики [3]. Это позволит оценить доступную ширину канала для передачи разных типов данных.

С этой целью были выделены ряд типов данных, наиболее часто передаваемых по ЛВС, и обеспечивающих различные нагрузки на процесс передачи. В приведенной ниже таблице указываются необходимые условия для нормальной передачи каждого типа данных. Таблица 2 отражает граничные условия при которых возможна корректная передача данных.

Таблица 2

Требования для передачи разных типов данных<sup>1</sup>

Тип данных	Доля недоступной ширины канала (%)	Временная задержка (мсек)
Сервисные данные (эхо-запрос и т.п.)	80	1000
Текстовые	80	800
Транзитные данные (шлюз)	40	800
Аудио и видео	20	200
Постоянная активная передача	10	100

<sup>1</sup> Данные получены путем оценки активного трафика на тестовой выборке, полученной с использование программы Wireshark.

В приведенной таблице первые четыре типа данных имеют ограниченное время передачи и чаще всего этот процесс инициируется пользователем (кроме сервисных).

Таблица 3

Соответствие узла для каждого типа данных

Ширина канала (доля доступного объема)	Время передачи (в секундах)	Соответствие узла для каждого типа данных				
		Сервисные данные	Текстовые данные	Транзитные данные	Аудио и видео	Постоянный активный поток
0,25	0,083	74%	67%	37%	46%	30%
0,76	0,063	80%	86%	73%	46%	30%
0,17	0,044	80%	67%	37%	29%	30%
0,51	0,082	74%	67%	73%	46%	30%
0,61	0,07	80%	67%	73%	46%	30%
0,70	0,041	80%	67%	73%	46%	30%
0,63	0,096	74%	67%	73%	46%	30%
0,19	0,088	74%	67%	37%	29%	30%
0,24	0,092	74%	67%	37%	46%	30%
0,28	0,057	80%	67%	37%	46%	30%
0,22	0,096	74%	67%	37%	46%	30%
0,19	0,048	80%	67%	37%	29%	30%
0,22	0,044	80%	67%	37%	46%	30%
0,32	0,034	80%	66%	37%	46%	30%
0,20	0,1	74%	67%	37%	29%	30%
0,28	0,036	80%	66%	37%	46%	30%
0,73	0,09	74%	86%	73%	46%	30%
0,15	0,047	80%	67%	37%	29%	99%
0,18	0,042	80%	67%	37%	29%	30%
0,15	0,1	74%	67%	37%	29%	99%
0,17	0,077	74%	67%	37%	29%	30%
0,22	0,087	74%	67%	37%	46%	30%
0,22	0,065	80%	67%	37%	46%	30%
0,52	0,041	80%	67%	73%	46%	30%
0,88	0,096	92%	86%	73%	46%	30%
0,26	0,051	80%	67%	37%	46%	30%
0,57	0,068	80%	67%	73%	46%	30%
0,23	0,042	80%	67%	37%	46%	30%
0,16	0,039	80%	66%	37%	29%	30%
0,13	0,039	80%	66%	37%	29%	99%
0,29	0,061	80%	67%	37%	46%	30%

Постоянная активная передача данных характерна для сетей, обеспечивающих функционирование какого-либо технологического процесса, который чаще всего проходит в непрерывном режиме (например сеть датчиков производственного цикла крупного промышленного предприятия).

В качестве базового правила для аппарата лингвистических переменных было выбрано следующие:

**Если** (доля недоступности канала) = (меньше) **И** (время задержки) = (минимально)

**Тогда** (соответствие узла) = (полное)

Результаты применения правила представлены в таблице 3.

Таким образом, в таблице 3 в процентах указаны значения коэффициента уверенности для отбора узла с целью обеспечения процесса передачи для каждого типа данных при заданных входных ограничениях.

Представлены результаты для первых тридцати циклов тестовой выборки.

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

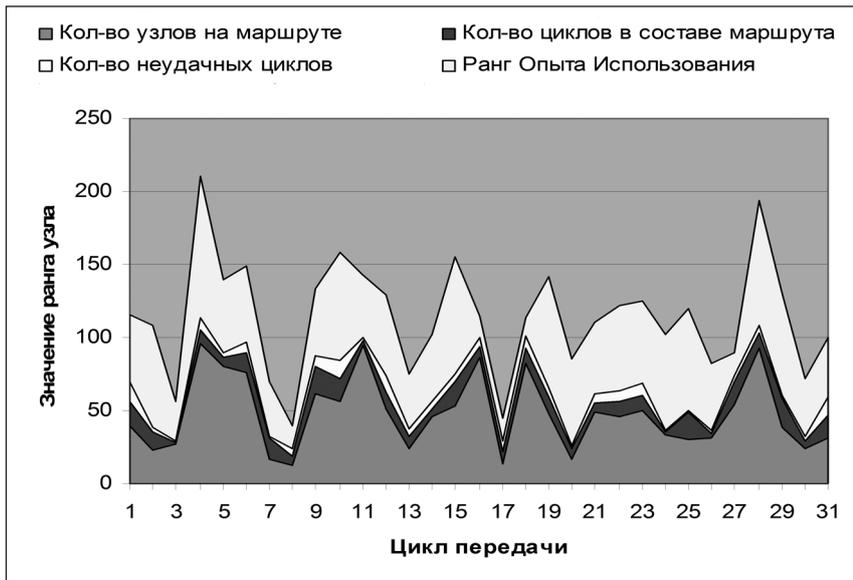


Рис. 4. Зависимость значения опыта использования

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:

$$Q = \frac{1}{n} \left( \frac{N * P}{q} \right), \quad (3)$$

где  $Q$  – численный показатель надежности канала;  
 $N$  – число циклов участия конкретного узла в процессе передачи;  
 $P$  – количество предыдущих циклов;  
 $q$  – количество отказов в предыдущих циклах;  
 $n$  – общее число узлов в канале маршрута.

Формула учитывает как длину маршрута, так и количество неудач

во время предыдущих процессов передачи. Таким образом, наилучший показатель имеет узел с максимальным значением ранга.

Первые тридцать циклов тестовой выборки представлены на рисунке 4.

**Заключение**

Задача выбора узла маршрутизации является первым шагом для построения 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 предложен способ определения параметров, влияющих на работу сети и необходимых для использования алгоритма оценивания узла-посредника.

**Литература**

1. О методе выбора промежуточных узлов передачи данных для маршрутизации в иерархических сетях разной топологии / А. В. Грачев, Т. В. Киселева, А. С. Добрынин, Р. С. Койнов // Экономика, статистика и информатика. – 2014. – № 5. – С. 161–164. – Библиогр.: с. 164 (3 назв.).
2. Группа стандартов IEEE 802.11 // URL: <http://wi-life.ru/tehnologii/wi-fi/wi-fi-standarty>
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений – М.: Изд. Мир, 1976 – 168 с.

**References**

1. O metode vybora promezhotocnyh uzlov peredachi dannyh dlja marshrutizacii v ierarchicheskikh setjah raznoj topologii / A. V. Grachev, T. V. Kiseleva, A. S. Dobrynin, R. S. Koynov // Jekonomika, statistika i informatika. – 2014. – № 5. – S. 161–164. – Bibliogr.: s. 164 (3 nazv.).
2. A group of IEEE 802.11 standards // URL: <http://wi-life.ru/tehnologii/wi-fi/wi-fi-standarty>
3. Zade L. The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions – Moscow: Izdatelstvo Mir, 1976 – 168 p.