

УДК 004.724.4(045)

Жуков И. А., д-р. техн. наук  
Давиденко И.Н.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АГЕНТОВ ДОМЕНА В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Институт компьютерных технологий  
Национального авиационного университета

*Предложен способ повышения эффективности процесса маршрутизации на основе системы агентов. Проведен анализ зависимости изменения распределения сетевого окружения первого и второго порядков топологии сети и место расположения агентов*

### **Введение**

Иерархическая модель сети позволяет создать устойчивую структуру сети и рационально распределить ресурсы [1]. Также достоинством иерархической модели сети является высокий уровень защиты данных. Все узлы такой сети мобильны, связываются друг с другом динамически произвольным образом без участия централизованного управления и базовых станций.

Основным фактором, который влияет на процесс передачи информации в мобильных компьютерных сетях, является их динамическая топология, поэтому эффективность функционирования таких сетей в значительной степени зависит от решения задачи маршрутизации. Кроме того, для обеспечения гарантированного качества обслуживания в мобильных сетях наиболее эффективным подходом является интеграция элементов поддержки качества обслуживания в протоколы маршрутизации.

Для компьютерных систем большой размерности не существует единого эффективного алгоритма маршрутизации. В связи с этим компьютерные сети разбиваются на отдельные подсети – домены. При этом задача маршрутизации делится на задачи внутридомениной и междоменной маршрутизации [1].

### **Обзор и анализ существующих решений**

Большинство алгоритмов внутридомениной маршрутизации используют сетевой трафик для лавинообразного распространения информации о топологии

и метрике сети каждому маршрутизатору [2]. В отличие от этого, при междоменной маршрутизации управление трафиком обеспечивает снижение уровня загруженности каналов путем отправки одного потока данных группе получателей, а не каждому получателю индивидуально с использованием многоадресной маршрутизации. В связи с этим, задача междоменной маршрутизации состоит в построении максимально устойчивого минимального покрывающего дерева.

Следующей задачей является формирование виртуального пути между агентами, отвечающего заданным требованиям устойчивости и минимального времени задержки.

Необходимо отметить, что между агентами формируется единый виртуальный канал. Однако обмен информации между агентами будет осуществляться по тем же каналам, что и передача информации, за счет чего снижается эффективность маршрутизации. Для повышения эффективности процесса маршрутизации необходимо осуществлять резервирование ресурсов и балансировку загрузки.

Особую актуальность принимают задачи оптимизации управления трафиком в мобильных сетях, связанных с использованием динамических алгоритмов маршрутизации, при которых объем управляющего трафика зависит от частоты изменений в сети.

Средства традиционной маршрутизации не удовлетворяют требованиям QoS, требованию равномерного распределения нагрузки по каналам связи, не обеспечивают достаточной оперативности

при изменении маршрутов в сети, вызванных перемещением абонентских систем [3]. Кроме того, возникает необходимость передачи регулярных обновлений маршрутной информации даже при незначительном колебании загрузки каналов передачи или изменением топологии системы [4].

Одним из подходов к решению данной задачи является оптимизация сети путем динамического распределения трафика, т.е. решение, в режиме реального времени, задачи динамического назначения маршрутов, удовлетворяющей требованиям к параметрам *QoS*, и обеспечивающей равномерную загрузку сети. В этом случае эффективность задачи маршрутизации и в целом задачи конструирования трафика в значительной мере зависит от формирования оптимальной структуры сети.

В работе [5] для решения задачи конструирования трафика предлагается использовать расширение протоколов маршрутизации, работающих на основе алгоритма состояния каналов, которые лавинообразно распространяют информацию для каждого маршрутизатора, содержащую полную информацию о топологии сети, метрике сети по всем каналам, с целью обеспечения вычисления кратчайшего пути до адресата.

В качестве одного из основных условий уменьшения сложности внутримоментной маршрутизации в работе [6] рассматривается ограничение на число пересылок между любыми двумя абонентскими системами домена. Предполагается, что внутри каждого домена абонентские системы могут связаться друг с другом самое большее через две пересылки. Для решения поставленной задачи сеть разбивается на непересекающиеся домены. Однако существующие структуры формирования непересекающихся доменов не позволяют осуществлять динамическую реконфигурацию сети.

#### **Постановка задачи**

Одним из характерных признаков современных компьютерных сетей является их динамическая реконфигурация. Это отражается на структуре доменов

компьютерной сети [5] и, в большинстве случаев, сказывается на эффективности системы конструирования трафика.

В процессе динамической реконфигурации перестраивается структура доменов, что приводит к необходимости реконфигурации самой системы конструирования трафика.

Агент управления доменом берет функции маршрутизации на себя, а подмножество узлов рассматривается как разновидность виртуальной подсети. Данный подход требует меньший объем информации связанной с реконфигурацией сети. Преимуществом предлагаемого подхода является возможность двух смежных агентов содержать в своей области смежные узлы, или смежные узлы могут находиться на границе домена.

В связи с тем, что динамически реконфигурируемую сеть разбить на статические подсети нельзя, необходимо предложить механизм распределенного управления трафиком. В связи с этим, предложен способ организации распределенной системы управления, при котором промежуточным узлам предоставляется возможность самостоятельно осуществлять реконфигурацию канала. С этой целью формируется распределенная система агентов управления трафиком.

Для решения поставленной задачи оптимизации распределенной системы управления воспользуемся агентной технологией. При этом возникает ряд проблем, таких как: определение количества и месторасположения агентов, выбор пути, отвечающего требованиям устойчивости и минимальной временной задержки.

Данная задача является NP-полной и решается с помощью линейного программирования. Пусть сеть представлена в виде нагруженного графа с ограничением пропускной способности узла и всей системы передачи данных. Граф сети обозначим, как  $G = (V, E)$ , где  $V$  обозначает множество узлов, а  $E$  - множество связей. Связь из множества  $E$  узла  $i$  с узлом  $j$  обозначим через  $(i, j)$ . Пропускная способность связи  $(i, j)$  от узла  $i$  до узла  $j$  определена, как  $c(i, j)$ . Пусть множество узлов  $V$ , разбивается на под-

множества  $V = \{V_1, V_2, V_3\}$ . Ставим в соответствие каждому  $K_1$  некоторое множество  $V_1$  узлов,  $V_1 = \{v_1, v_2, \dots, v_i\}$ , а  $K_2$  ставится в соответствие множество  $V_2$  узлов,  $V_2 = \{v_j, \dots, v_{i+k}\}$ . Пусть есть какой-то узел  $v_i$ , который может входить в разные множества с различной вероятностью,  $v_i \in V_1, v_i \in V_2$ . Необходимо учитывать динамический характер сети, и то, что от расположения агентов зависит объем передаваемого управляющего трафика.

Для разбиения графа на домены заполним матрицу инцидентности MI, и с ее помощью определим максимальную степень вершин графа  $v_m$ , и сможет ли одна из таких вершин стать агентом.

Для этой вершины определим плотность сетевого окружения  $\delta_{v_m}$  первого и второго порядка, по формуле:

$$\delta_{v_i} = \frac{S + \sum_H E_{i,j}}{S}, \quad (1)$$

при условии, что  $E_{i,j} \neq 0$  в MI, где  $S$  - максимальная степень связности вершины,  $H$  - множество ребер смежных вершин связанных между собой,  $E_{i,j}$  - связь между смежными ребрами вершины с максимальной степенью.

Из всех вершин выбирается вершина с максимальными значениями  $\delta_{v_i}$  первого и второго порядка, и она становится агентом. Для определения месторасположения агентов была разработана моделирующая программа, результаты работы которой мы будем использовать далее.

Приведем пример вычислений для регулярного графа, представленного на рисунке 1.

Проведен анализ зависимости изменения распределения сетевого окружения первого и второго порядков в зависимости от вида топологии сети. По результатам моделирования видно, что агентом необходимо выбирать вершину, у которой не только максимальная степень связности,

но и плотность сетевого окружения первого и второго порядков наибольшая.

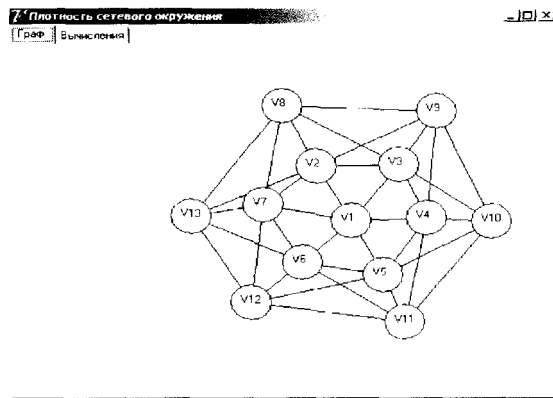


Рис. 1. Пример сети, представленного в виде регулярного графа 1

На рис. 2. приведен пример расчета графа 1 в моделирующей программе. Также, приведем пример графа с нерегулярной структурой на рис. 3.

Узел	Степень	Плотность 1-го порядка	Плотность 2-го порядка	Степень 2-го порядка
v1	13	0.7692	0.7692	13
v2	5	0.4615	0.4615	5
v3	5	0.4615	0.4615	5
v4	5	0.4615	0.4615	5
v5	5	0.4615	0.4615	5
v6	5	0.4615	0.4615	5
v7	5	0.4615	0.4615	5
v8	5	0.4615	0.4615	5
v9	5	0.4615	0.4615	5
v10	5	0.4615	0.4615	5
v11	5	0.4615	0.4615	5
v12	5	0.4615	0.4615	5
v13	5	0.4615	0.4615	5

Рис. 2. Пример расчета графа 1 в моделирующей программе

Проведем анализ зависимости объема передаваемого агентом трафика от количества тактов передачи и оценим количество пакетов, находящихся в сети в заданный момент времени.

Для графа 1, результаты расчетов представлены в виде графика на рис.5, а для графа 2 на рис. 6.

Следующей задачей является формирование виртуального пути между агентами, отвечающего заданным требованиям устойчивости и минимального времени задержки.

Необходимо отметить, что между агентами формируется единый виртуальный канал.



Проведен анализ зависимости изменения распределения сетевого окружения первого и второго порядков в зависимости от вида топологии сети. По результатам моделирования видно, что агентом необходимо выбирать вершину, у которой не только максимальная степень связности, но и плотность сетевого окружения первого и второго порядков наибольшая.

Показано, что с изменением топологии характер графиков зависимости объема передаваемого трафика от количества тактов сохраняется и изменяется по нелинейному закону.

### **Список литературы**

1. Жуков И.А., Клименко И.А. Обеспечение заданного уровня качества обслуживания в объединенных сетях // Проблемы інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2005. – Вип. 13. – С. 5 – 14.
2. Adjih C., Clausen T., Jacquet P., Laouiti A., Minet P., Muhlethaler P., Qayyum A. and Viennot L. Optimized link state routing protocol // A.Distributed Computing Systems Workshops. - Proceedings. 24th International Conference, 2004. - Volume 3, Issue 2. – P. 704 – 709.
3. D. Awduche, A. Chiu, A. Elwalid, I. Widjaja, X. Xiao, Overview and Principles of Internet Traffic Engineering // IETF, May 2002. – RFC 3272.
4. Y.H. Zhang, D. Makrakis and D. Hatzinakos, Supporting of QoS and Micro-Mobility in MPLS-based IPv6 Wireless Networks // European Wireless, 2004. – Session C2. – P. 321 – 332.
5. Goldszmidt G., Yemini Y. Delegated agents for network management // Communications Magazine. – IEEE, Mar 1998. – Volume 36, Issue 3. – P.66 – 70.
6. P. Vilà, J.L. Marzo, A. Bueno, Automated Network Management Using a Hybrid Multi-Agent System // An artificial Intelligence and Applications, 2002. – Volume 362. – P. 415 – 431.