

I. V. Philippov, Software Engineer, ili.filippov@gmail.com,
A. F. Melik-Adamyanyan, Software Architect, areg.melik-adamyanyan@intel.com,
V. A. Sukhomlinov, Software Engineer, vadim.sukhomlinov@gmail.com,
Intel Corporation US, USA

Cloud Deployment of Network Functions

The article discusses the problem of the deployment of network functions to a cloud infrastructure. We propose network function representation as a microservice and introduce a notion of the "Cloud Boundary Node" (CBN) for the boundary between functions system and another network. CBN classifies each incoming packet, determines a service chain for it, encapsulates packet to internal representation and sends it for processing, taking load balancing into account. Service chains are represented as a packet processing graph that should be implemented in a "run-to-completion" methodology — whole service chain is done at one server using shared memory technology. Packet processing graph can be built using NFF-GO system, which provides efficient automatic intra-node scaling. Graph structure is the same for all the nodes; however, the graph can be extended by using plugins, which are determined at the packet classification stage.

As a result, our architecture is easier to manage due to only one single management object — CBN, where the administrator can set the required service chains for every packet. Architecture can be better scaled and effectively handle various failures because all servers have the same processing graph, and CBN can simply rebalance traffic between them. Great performance is achieved by eliminating the costs of data transferring and commutation: only one commutation happens while CBN classification stage and only one data transfer happen between CBN and handling server.

Keywords: Network functions, Cloud infrastructure, Microservices, Virtualization, Containerization, NFF-GO

DOI: 10.17587/it.25.223-228

References

1. ETSI. "Network Function Virtualization" white paper, 2012.
2. Mijumbi R., Serrat J., Gorricho J. L., Bouten N., De Turck F., Boutaba R. Network function virtualization: State-of-the-art and research challenges, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2016, 18 (1), pp. 236–262.
3. Li X., Qian C. A survey of network function placement, *In Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, 2016, 13th IEEE Annual, pp. 948–953.
4. Anderson J. et al. Performance considerations of network functions virtualization using containers. *Computing, Networking*

and Communications (ICNC), 2016 International Conference on IEEE, 2016.

5. Balalaie Armin, Abbas Heydarnoori, Pooyan Jamshidi. Microservices architecture enables devops: Migration to a cloud-native architecture, *IEEE Software*, 33.3 (2016): 42–52.

6. Xia W., Wen Y., Foh C. H., Niyato D., Xie H. A survey on software-defined networking, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2015, vol. 17, no. 1, pp. 27–51.

7. Philippov I., Melik-Adamyanyan A. Novel approach to network function development, *Proceedings of the 13th Central & Eastern European Software Engineering Conference in Russia (CEE-SECR'17)*, ACM, New York, NY, USA, 2017, Article 17, 6 p., DOI: <https://doi.org/10.1145/3166094.3166111>

УДК 519.876.5

DOI: 10.17587/it.25.228-233

А. М. Пуртов, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., e-mail: andr.purtov@yandex.ru,
Омский филиал Института математики им. С. Л. Соболева СО РАН, г. Омск

Использование образцов для выбора маршрутов в сетях передачи данных

Рассмотрена возможность использования образцов для маршрутизации в сетях передачи данных. С этой целью разработан образец, построена на GPSSW имитационная модель фрагмента сети передачи данных, проведены имитационные эксперименты. Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о целесообразности применения образцов для маршрутизации.

Ключевые слова: образцы, принятие решений, графы, целенаправленное движение, маршрутизация, сеть передачи данных, имитационная модель, GPSSW, результаты экспериментов

Введение

Разработано много формальных и неформальных методов принятия решений в си-

стемах различного назначения, технических, экономических, социальных и др. Обучение и принятие решений по образцам часто используется в живой природе. Автор статьи разра-

батывает способы использования образцов для организации целенаправленного движения по ориентированным графам. На текущем этапе в качестве объектов для экспериментов используются сети передачи данных (СПД).

В одной из своих последних монографий [1] Н. Г. Загоруйко приводит различные методы анализа данных и классифицирования объектов. Некоторые методы основаны на использовании столпов (эталонов, образцов). В этом случае база данных содержит набор классифицируемых объектов. Считается, что нормированные параметры объектов являются их координатами в n -мерном пространстве. После обработки данных статистическими методами определяются типовые объекты — столпы. Классифицирование заключается в приписывании объектов к тем столпам, расстояния до которых минимально.

Иначе используются образцы в разрабатываемом автором статьи способе принятия решений в сложных системах, например, технических, экономических, социальных. Текущая ситуация в системе представляется набором параметров. Значения некоторых параметров случайны, изменяются в процессе функционирования системы. Поэтому множество ситуаций заранее не определено. Образцы задаются тем же набором параметров, который используется для описания ситуаций. Значения параметров образцов подбираются эвристически и с помощью имитационного моделирования. Решение принимается в зависимости от того, к какому из образцов ближе текущая ситуация в системе.

Первые эксперименты автора статьи по использованию образцов были проведены при сравнительном анализе алгоритмов управления потоками автомобилей на перекрестке [2, 3]. Концептуальная модель отображала четыре пересекающихся потока, 12 направлений, четыре светофора. Сравнились четыре алгоритма управления светофорами:

- светофоры переключаются через заданный интервал времени;
- светофоры могут быть переключены при отсутствии автомобилей в открытом для движения потоке;
- разрешение для движения получает поток с наибольшей очередью автомобилей;
- используются образцы для принятия решений о переключении светофоров.

Критерием для сравнения алгоритмов было среднее время ожидания автомобилей в очередях перед перекрестком.

Для сравнения использовались имитационные модели, запрограммированные на GPSSW.

Текущее состояние перекрестка определялось вектором $S = \{Q_a, Q_c, Q_e, Q_g\}$, где Q_a, Q_c, Q_e, Q_g — суммарные длины очередей автомобилей в направлениях соответствующих потоков (a, c, e, g). Каждому потоку перед началом моделирования задавался образец $ST = \{Q_a, Q_c, Q_e, Q_g\}$, представляющий точку в четырехмерном пространстве. Вычислялись евклидовы расстояния текущего состояния S до каждой из четырех точек. Разрешалось движение тому потоку, для которого расстояние от S до ST минимально.

Результаты имитационных экспериментов показали, что алгоритмы на основе образцов имеют право на существование. Они часто не хуже известных алгоритмов управления автомобилями на перекрестке с точки зрения временных задержек. Использование образцов имеет большие возможности для решения задач распределения ресурса времени между направлениями.

Постановка задачи

Необходимо оценить возможность использования образцов при выборе маршрутов на графах, в частности, в СПД. Для этого надо сравнить время достижения цели пакетами, управляемыми в узлах образцами, с известными методами маршрутизации. Нужно определить набор параметров образца, выбрать фрагмент СПД, построить имитационную модель его функционирования, провести эксперименты. Фрагмент СПД должен быть не очень большим, но при этом должен отражать основные проблемы маршрутизации в разветвленных сетях.

Теоретико-практические предпосылки

Первые сети ЭВМ использовали для маршрутизации протокол X.25. Процедуры X.25 позволяют передавать данные по постоянным виртуальным соединениям и в режиме адаптивной маршрутизации дейтаграмм. Увеличение СПД и повышение скорости каналов привели к вытеснению X.25 более эффективными протоколами, например, RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First, "кратчайший путь первым"). Когда сети были небольшими, решение принималось на основе минимального времени достижения цели. После роста сетей стало проще использовать

кратчайшие пути с точки зрения числа промежуточных маршрутизаторов. Поэтому, несмотря на большие возможности протоколов RIP и OSPF, маршрутизаторам обычно передается информация о кратчайших путях с точки зрения числа узлов. В последнее время приобрел популярность протокол MPLS (Multiprotocol Label switching) [4]. Протокол находится между сетевым и канальным уровнями. Сверху обычно IP. Снизу могут быть Frame Relay, ATM, PPP, Ethernet. В MPLS могут использоваться фиксированные маршруты. Но главное достоинство заключается в поддержке технологии инжиниринга трафика. MPLS применяется как крупными операторами связи, такими, как Ростелеком, так и мелкими.

В данной статье описано использование для маршрутизации образца со следующими параметрами:

$$ST = \{Q, V, N, T\},$$

где Q — текущая длина очереди к исходящему из узла каналу связи; V — скорость исходящего канала (Мбит/с); N — минимальное расстояние от узла, принимающего решение по направлению передачи пакета, до адресата. Метрика — число участков передачи между узлами; T — текущее время передачи от начального узла до конечного.

При выборе набора параметров образца учитывался теоретический и практический опыт маршрутизации в СПД.

Для анализа возможности использования образцов была построена имитационная модель фрагмента СПД.

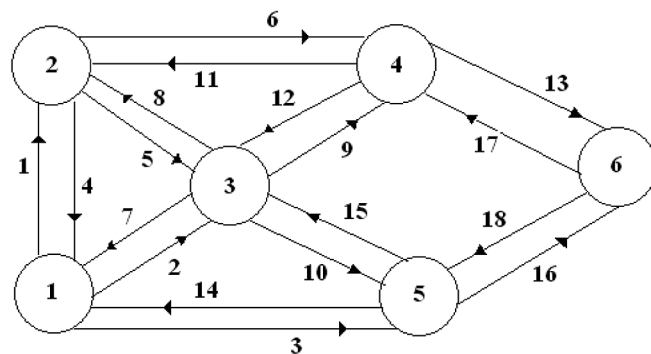
Описание имитационной модели

Имитационная модель разработана в среде бесплатно распространяемой версии GPSSW. В качестве объекта имитации был выбран фрагмент СПД, структура которого приведена на рисунке.

Окружностями с номерами обозначены узлы СПД (маршрутизаторы, коммутаторы). Линии с номерами и стрелками обозначают каналы связи.

При принятии решения в узле СПД о направлении передачи пакета выбирается тот исходящий из узла канал связи, параметры которого наиболее близки к значениям параметров образца.

Минимальные расстояния между узлами приведены в табл. 1.



Структура фрагмента СПД

Таблица 1

Минимальные расстояния между узлами

Номер начального узла	Номер конечного узла	Минимальное расстояние	Номер исходящего канала
1	1	0	
1	2	1	1
1	3	1	2
1	4	2	1
1	5	1	3
1	6	2	3
2	1	1	4
2	2	0	
2	3	1	5
2	4	1	6
2	5	2	5
2	6	2	6
3	1	1	7
3	2	1	8
3	3	0	
3	4	1	9
3	5	1	10
3	6	2	10
4	1	2	12
4	2	1	11
4	3	1	12
4	4	0	
4	5	2	12
4	6	1	13
5	1	1	14
5	2	2	15
5	3	1	15
5	4	2	16
5	5	0	
5	6	1	16
6	1	2	18
6	2	2	17
6	3	2	18
6	4	1	17
6	5	1	18
6	6	0	

В первом и втором столбцах табл. 1 приведены номера начального и конечного узлов. В третьем столбце указано минимальное число участков передачи от начального узла до конечного. В четвертом столбце содержатся номера исходящих каналов, с которых начинаются кратчайшие пути. Структура СПД, приведенная на рисунке, показывает, что между некоторыми парами узлов может существовать несколько путей с минимальными расстояниями. В модели считается, что кратчайшим является тот путь для передачи пакета, который найден первым.

Перед прогоном имитационной модели задаются значения параметров образца $ST = \{Q, V, N, T\}$. Считается, что они являются координатами точки, соответствующей образцу, в четырехмерном пространстве.

При определении направления передачи пакета для каждого исходящего из узла канала связи определяются текущие значения параметров $S = \{Q, V, N, T\}$, которые тоже задают точку в четырехмерном пространстве. Для каждого исходящего канала вычисляются расстояния от S до ST . Пакет передается по тому каналу, для которого расстояние от S до ST минимально.

Описание имитационных экспериментов

Перед прогоном имитационной модели задавались следующие основные параметры:

- среднее время между поступлением пакетов между каждой парой узлов. Время распределено экспоненциально;
- длина пакета 576 байт;
- скорости каналов связи (приведены в табл. 2);
- интервал времени работы СПД, имитируемый в прогоне модели.

Набор и значения параметров образца $ST = \{Q, V, N, T\}$. В имитационных экспериментах использовались разные сочетания параметров образца.

Результаты имитационных экспериментов приведены в табл. 3.

Значения параметров образцов и интенсивностей поступления пакетов выбирались эмпирически с последующей проверкой на имитационной модели. Критерием эффективности набора и значений параметров образцов было среднее время передачи пакетов по СПД. Интенсивности поступления пакетов должны были обеспечить максимальную, но приемлемую загрузку каналов связи.

Таблица 2

Скорости каналов связи

Номер	Узел 1	Узел 2	Скорость канала (Мбит/с)
1	1	2	1
2	1	3	2
3	1	5	1
4	2	1	1
5	2	3	2
6	2	4	1
7	3	1	2
8	3	2	2
9	3	4	2
10	3	5	2
11	4	2	1
12	4	3	2
13	4	6	1
14	5	1	1
15	5	3	2
16	5	6	1
17	6	4	1
18	6	5	1

Таблица 3

Основные данные экспериментов

Номер	Параметры образца	T_{1cp} (мкс)	T_{2cp} (мс)
1	(-, -, 0, -)	300	4,6
2	(0, -, 0, -)	300	3,457
3	(0, 4, 0, -)	300	4,56
4	(0, 3.1, 0, -)	300	3.04
5	(0, 3.0, 0, -)	300	3,46
6	(-, -, 0, 0)	300	3,16
7	(-, -, 0, 1)	300	3,12
8	(-, -, 0, 0)	250	3,77
9	(0, 3.2, 0, 0)	225	3,65

Примечание: T_{1cp} — среднее время между поступлением пакетов между каждой парой узлов; T_{2cp} — среднее время передачи пакетов по СПД.

Прочерк в описании параметров образца означает, что параметр при прогоне имитационной модели не использовался.

В образце в первом эксперименте используется только один параметр, задающий передачу по маршрутам с минимальным числом

участков передачи. Фактически это передача по фиксированным маршрутам, которые пере-страиваются только при изменении структуры сети. Благодаря простоте и высокой скорости обработки пакетов в узле такие методы часто используются в протоколах RIP, OSPF, MPLS.

В образец второго эксперимента добавлен параметр, учитывающий текущую длину очереди пакетов к исходящему из узла каналу. Такой алгоритм можно отнести к классу адаптивных. Этот параметр непосредственно доступен маршрутизатору и позволяет снизить время передачи по сети.

В образцы экспериментов 3, 4, 5 добавлен параметр, учитывающий скорость каналов связи. Видно, что конкретное значение параметра образца может сильно влиять на время передачи пакетов.

В образцах экспериментов 6, 7, 8 используется параметр, учитывающий время передачи пакетов до адресата. Этот критерий позволяет снизить время передачи. Его применение требует дополнительных затрат времени и передачи служебных сообщений. Поэтому в настоящее время он используется редко.

В образце эксперимента 9 используются четыре параметра. Из результатов видно, что увеличение числа используемых параметров не всегда приводит к уменьшению времени передачи.

Результаты экспериментов показывают, что образцы могут использоваться для маршрутизации в СПД.

Заключение

Апробирована идея использования образцов для выбора направлений движения транзакций по графу. Апробация проводилась на процессах выбора маршрутов в СПД. Для этого был выбран набор параметров образца, построена на GPSSW имитационная модель фрагмента СПД, определены значения параметров образца, проведены имитационные эксперименты. Результаты экспериментов показали возможность и целесообразность использования образцов для выбора маршрутов.

Образцы могут использоваться для выбора маршрутов при целенаправленном движении по ориентированным графам в системах различного назначения: технических, экономических, социальных.

В дальнейшем планируется апробация образцов при организации движения в автотранспортных сетях.

Список литературы

1. Загоруйко Н. Г. Когнитивный анализ данных. Новосибирск: Академическое изд-во "Гео", 2013. 186 с.
2. Пуртов А. М. Разработка и анализ имитационной модели перекрестка для системы GisAuto // Омский научный вестник. 2013. № 1 (117). С. 225–229.
3. Пуртов А. М. Имитация систем управления потоками автомобилей на перекрестке // Омский научный вестник. 2016. № 3 (147). С. 92–96.
4. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. СПб.: Питер, 2011. 944 с.

A. M. PurtoV, The Senior Scientific Employee, e-mail: andr.purtov@yandex.ru,
Branch of S. L. Sobolev Institute of Mathematics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

Use of Samples for the Choice of Routes in Networks of Data Transmission

The author of article elaborate methods of use of samples for the organization of purposeful movement on the orientated graphs. The first experiments on the use of samples were carried out in a comparative analysis of algorithms for controlling the flow of cars at the intersection. The results of simulation showed great possibilities of algorithms based on samples to control traffic lights at the intersection. At the current stage, the efficiency of algorithms based on samples when choosing routes in data networks is investigated. For this purpose, a set of parameters of the sample was determined, a simulation model of a fragment of the data network was built, simulation experiments were conducted. The following set of parameters was selected for the sample: $ST = \{Q, V, N, T\}$. Parameter description: Q — current queue length to outgoing channel from node; V — outgoing channel speed (Mbit/c); N — the minimum number of transmission sections from the current node to the destination; T — current transfer time from the current node to the final node. The simulation model is implemented on GPSSW. Before running the simulation model, the values of the sample parameters $ST = \{Q, V, N, T\}$ are set. They are considered to be the coordinates of the point corresponding to the sample in four-dimensional space. When determining the direction of transmission of the packet for each outgoing communication channel from the node, the current values of the parameters $S = \{Q, V, N, T\}$ are determined, which also specify a point in four-dimensional space. The packet is transmitted through the channel for which

the distance from S to ST is minimal. The criterion for comparing the algorithms was the average time of packet transmission over the data network. Simulation experiments have shown that the average transmission time of data packets can strongly depend on the combinations and values of the sample parameters. The article tested the idea of using samples to select the direction of purposeful movement of transactions on the oriented graph. Testing was carried out on a simulation model of route selection processes in the data network. The results of the experiments showed the possibility and feasibility of using samples for routing. Samples can be used to select routes for targeted traffic on oriented graphs in systems for various purposes: technical, economic, social. In the future, it is planned to test samples in the organization of traffic in road networks.

Keywords: samples, decision making, graphs, targeted movement, routing, data network, simulation model, GPSSW, experimental results

DOI: 10.17587/it.25.228-233

References

1. **Zagorujko N. G.** *Kognitivnyj analiz dannyh* (Cognitive data analysis), Novosibirsk, Akademicheskoe izd-vo "Geo", 2013, 186 p. (in Russian).

2. **Purtov A. M.** *Razrabotka i analiz imitacionnoj modeli perekrestka dlja sistemy GisAuto* (Development and analysis of the intersection simulation model for the GisAuto system),

Omskij Nauchnyj Vestnik, 2013, no. 1 (117), pp. 225–229 (in Russian).

3. **Purtov A. M.** *Imitacija sistem upravlenija potokami avtomobilej na perekrestke* (Simulation of car flow control systems at the intersection), *Omskij Nauchnyj Vestnik*, 2016, no. 3 (147), pp. 92–96 (in Russian).

4. **Olifer V. G., Olifer N. A.** *Komp'yuternye seti. Principy, tehnologii, protokoly* (Computer network. Principles, technologies, protocols), SPb., Piter, 2011, 944 p. (in Russian).



17—19 июня 2019 года в Москве состоится

XIII Всероссийское совещание по проблемам управления,

посвященное 80-летию Института проблем управления
имени В. А. Трапезникова РАН

Сопредседатели программного комитета:

академик РАН **Е. А. Микрин** и член-корреспондент РАН **Д. А. Новиков**

Цели Совещания

- ознакомить участников с последними достижениями науки и практики управления по разным направлениям исследований и практических разработок;
- выявить основные тенденции и связи между различными направлениями науки об управлении, обсудить сценарные прогнозы их развития;
- выявить в процессе дискуссий проблемы и наиболее перспективные направления теории управления;
- содействовать упрочению связей между представителями различных академических и отраслевых научных центров, вузовской науки и реального сектора экономики;
- обсудить проблемы образования в области управления и задачи, которые ставит перед теорией управления современная практика.

Направления работы Совещания:

- ❖ Теория систем управления
- ❖ Управление подвижными объектами и навигация
- ❖ Интеллектуальные системы в управлении
- ❖ Управление в промышленности и логистике
- ❖ Управление системами междисциплинарной природы
- ❖ Средства измерения, вычислений и контроля в управлении
- ❖ Системный анализ и принятие решений в задачах управления
- ❖ Информационные технологии в управлении
- ❖ Проблемы образования в области управления: современное содержание и технологии обучения

Подробная информация о Совещании находится на сайте

<http://vspu2019.ipu.ru>