

# ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПУТЕЙ В ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ ГРАФАХ

*И.Б. Бурдонов<sup>1</sup>, Н.В. Евтушенко<sup>1,2</sup>, Л.Г. Евтушенко<sup>2</sup>, А.С. Косачев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт системного программирования РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

[igor@ispras.ru](mailto:igor@ispras.ru)

[nyevtush@ispras.ru](mailto:nyevtush@ispras.ru)

[levtushenko@hse.ru](mailto:levtushenko@hse.ru)

[kos@ispras.ru](mailto:kos@ispras.ru)

Параметризованные графы являются широко используемой моделью распределённых информационных систем, в частности, программно-конфигурируемых сетей (*software-defined networking, SDN*). Вершины графа моделируют вычислительные узлы (хосты) и устройства коммутации (коммутаторы), по рёбрам графа передаются сообщения между вершинами графа. На графе моделируются одна или несколько виртуальных сетей, каждая из которых определяется набором путей, по которым перемещаются сообщения. Нефункциональные параметры могут приписываться как вершинам, так и рёбрам графа [1].

Нефункциональные параметры различных типов можно рассматривать как средство формализации тех или иных проблем и требований к распределённой системе. В докладе рассматриваются следующие проблемы и их постановка в терминах параметризованных графов: 1) безопасность, 2) нагрузка, 3) стоимость, 4) надёжность, 5) живучесть, 6) масштабируемость, 7) совместимость. Некоторые задачи получили полное или частичное решение в различных работах, другие только ставятся и намечаются возможные пути их решения.

Параметры типа «безопасность» — это приоритеты вершин. Сообщение не должно попадать в вершину, приоритет которой меньше приоритета вершины-отправителя [2].

Параметры типа «нагрузка» позволяют учитывать «ёмкость» (пропускную способность) рёбер и/или вершин графа. При построении путей виртуальной сети эта ёмкость не должна превышать.

Параметры типа «стоимость» приписывают рёбрам и/или вершинам графа «цену» прохождения пути через них. Эти цены суммируются вдоль пути, и ставится задача минимизации суммарной стоимости путей, реализующих виртуальную сеть.

Параметры типа «надёжность» формализуют вероятность сбоя при прохождении сообщения через ребро и/или вершину. Это параметры мультипликативного типа: вероятность потери сообщения равна произведению таких параметров вдоль пути, по которому сообщение движется.

Параметр «живучесть» похож на «надёжность», он также учитывает возможность выхода из строя ребра и/или вершины. Однако акцент делается на резервировании путей и клонировании сообщений, передаваемых по сети, с тем, чтобы хотя бы один клон достиг цели.

«Масштабируемость» означает возможность введения дополнительных вершин или ребер для того, чтобы снять или ослабить ограничения, которые мешают решению тех или иных других проблем. Параметры типа «масштабируемость» описывают количество и/или возможное местоположение таких дополнительных объектов.

«Совместимость» означает совместимость интерфейсов вершин (если таковые имеются) и задаётся ориентированным графом на множестве таких вершин. Дуга «ab» означает, что вершина «b» способна принимать и обрабатывать сообщения, предназначенные вершине «a».

Решение поставленных выше задач актуально для распределённых информационных систем, в частности, программно-конфигурируемых сетей.

## Литература

1. Гамильтон Т. Нефункциональное тестирование // GURU99 – 2024. – <https://www.guru99.com/ru/non-functional-testing.html>.
2. Бурдонов И.Б., Евтушенко Н.В., Косачев А.С. Реализация распределённых и параллельных вычислений в сети SDN. Труды института системного программирования. 2022. Т. 34. № 3. С. 159-172.
3. Бурдонов И.Б., Евтушенко Н.В., Косачев А.С. Исследование вопросов учёта нагрузок в программно-конфигурируемых сетях. Труды института системного программирования. 2024 (принято к печати).

## STUDYING NONFUNCTIONAL PARAMETERS FOR IMPLEMENTING PATHS OF PARAMETRIZED GRAPHS

*I.B. Burdonov<sup>1</sup>, N.V. Yevtushenko<sup>1,2</sup>, L.G. Evtushenko<sup>2</sup>, A.C. Kosachev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Higher School of Economics, Moscow, Russia