

# ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ G-СЕТИ С НЕСКОЛЬКИМИ ТИПАМИ ЗАЯВОК И ЕЕ ПРИМЕНЕНИИ

Науменко В. В.

Кафедра стохастического анализа и эконометрического моделирования,

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы

Гродно, Республика Беларусь

E-mail: victornn86@gmail.com

*В данной работе рассматривается вопрос о перезапуске в сценарии, когда перезапуск применяется многими пользователями в сети, который может быть смоделирована как G-сеть. Отрицательные заявки моделируют аварийное завершение работы сценария и повторную отправку запроса. Объектом исследования является открытая марковская сеть массового обслуживания (СМО) с несколькими типами положительных заявок с фазовым типом распределения их времени обслуживания и одним типом отрицательных заявок. Под отрицательными заявками понимаются сигналы, воздействие которых заключается в перезапуске одной заявки в очереди. Целью исследования является анализ такой сети в переходном (нестационарном) режиме, нахождение вероятностей состояний сети, зависящих от времени и средних характеристик.*

## ВВЕДЕНИЕ

Перезапуск — это общая методика для улучшения времени отклика в сложных системах, где причины задержек не могут быть обнаружены, распознаны или устранены пользователем. При перезапуске пользователь отменяет текущее задание, превышающее установленный срок, и немедленно передает его в систему. Во многих распространенных сценариях такой подход может сократить время реагирования, которое испытывает пользователь.

Механизм перезапуска известен большинству людей, поскольку в повседневной жизни существует много ситуаций, когда нетерпеливый клиент после некоторого времени ожидания отказывается дольше ждать завершения своей работы, отменяет задание и перезапускает его. Загрузка через Интернет — это наиболее широко известная ситуация, при которой выгоден перезапуск. Также существует много других случаев. Хотя перезапуск часто является изящным и простым решением, он может также негативно сказаться на системе, к которой он применяется, поскольку перезапуск может фактически означать увеличение нагрузки на систему, тем самым усугубляя проблему, которую она должна решать. Поэтому часто необходим тщательный выбор интервала перезапуска.

## I. ПРАКТИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ. ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние годы были изучены некоторые аспекты проблемы перезапуска. В [1] предложена стохастическая модель перезапуска для минимизации времени завершения работы. Вероятность завершения задания при перезапуске была максимизирована в [2]. В этих работах авторы рассматривали индивидуального пользователя, выдавшего независимые задания, которые были

завершены в соответствии с некоторым распределением времени завершения.

В этой работе рассмотрим случай, когда перезапуск применяется несколькими пользователями в одном или нескольких совместно используемых ресурсах. В качестве модели будем использовать G-сети с сигналами. Сигналы в нашей модели перезапускаются, поскольку они удаляют случайное задание в очереди. Перезапущенное задание возвращается в очередь системы сети в виде заявок другого типа, что позволяет смоделировать другую интенсивность обработки при перезапуске. В нашей модели будем использовать распределения фазового типа (РН) для распределения времени обслуживания [3], чтобы иметь возможность отражать характеристики реальных систем. Такое распределение является более общим, чем экспоненциальное распределение.

Теория очередей с сигналами получила значительное внимание со времени оригинальной статьи о положительных и отрицательных заявках [4], опубликованной Е. Геленбе 26 лет назад. Заявки перемещаются с сервера на сервер, они ожидают обслуживания, но не взаимодействуют между собой. Для изменения этих правил использовались сигналы. В G-сети с сигналами заявкам разрешается изменять сигналы по завершении их обслуживания и сигналы взаимодействуют при их прибытии в очередь с заявками, уже присутствующими в очереди. Кроме того, сигналы никогда не ставятся в очередь. Они пытаются взаимодействовать с клиентами и немедленно исчезают.

Впервые в [5] сигналы были введены как отрицательная заявка. Отрицательная заявка удаляет положительную по ее прибытию в очередь. Отрицательная заявка никогда не ставится в очередь. Положительные заявки — обычные заявки, которые поставлены в очередь и получают обслу-

живание или удаляются отрицательными заявками. При типичных предположениях для марковских СеМО (входящий пуассоновский поток для обоих типов заявок, экспоненциальное время обслуживания для положительных заявок, марковская маршрутизация заявок, открытая топология, независимость) Е. Геленбе доказал, что такая сеть имеет мультипликативную форму решения для ее устойчивого распределения [6].

В настоящее время описание, предложенное Чао и его соавторами в [7], выглядит достаточным для изучения СеМО с сигналами. Совсем другой подход, основанный на алгебре стохастических процессов, был предложен Харрисоном [8, 9]. Эти методы были использованы для изучения многих новых сигналов: триггеры, которые перенаправляют заявки из очередей, катастрофы, которые выгружают все заявки из очереди [10, 11], сбрасывают [12], синхронизируют входящие потоки в набор очередей [13], сигналы, изменяющие тип заявки на обслуживании [14].

Здесь представляется новый результат для G-сетей, где влияние сигнала – перезапустить обслуживание заявок. Время обслуживания соответствует распределениям РН, которые зависят от типа заявки.

## II. ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ

В работе проведено исследование в нестационарном режиме G-сети с несколькими типами положительных заявок с фазовым типом распределения их времени обслуживания и одним типом отрицательных заявок. Причем, под отрицательными заявками подразумевались сигналы, воздействие которых заключается в перезапуске одной заявки в очереди.

Для нестационарных вероятностей состояний сети выведена система разностно-дифференциальных уравнений (РДУ) Колмогорова. Предложена методика для нахождения вероятностей состояний. Она основана на использовании модифицированного метода последовательных приближений, совмещённого с методом рядов. Любое последовательное приближение представимо в виде сходящегося степенного ряда с бесконечным радиусом сходимости, коэффициенты которого удовлетворяют рекуррентным соотношениям, что является удобным при расчётах на компьютерах.

Чтобы получить среднюю задержку в очередях, можно применять закон Литтла. Сигналы могут увеличить размер очереди. В общем случае необходимо учитывать все эти увеличения размера очереди при вычислении интенсивности поступления в очередь. В нашей ситуации сиг-

налы не увеличивают число заявок. Таким образом, интенсивность поступления в закон Литтла – это как раз поступление реальных заявок.

Полученные результаты, могут использоваться для оценки эффектов перезапуска в сервис-ориентированных системах. Они могут применяться как разработчиком или оператором таких систем, так и пользователем услуг. Например, разработчику или оператору системы может быть интересно, будет ли система стабильной при перезапуске и для какого диапазона стабильности интервалов перезапуска сохраняется.

## III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moorsel, P. A. Analysis of restart mechanisms in software systems / P.A. Moorsel, K. Wolter // IEEE Transactions on Software Engineering. – 2006. – Vol. 2, № 8. – P. 547–558.
2. Moorsel, P. A. Optimal restart times for moments of completion time / P.A. Moorsel, K. Wolter // IEE Proceedings Software. – 2004. – Vol. 151. – № 2. – P. 219–223.
3. Neuts, F. Matrix-Geometric Solutions in Stochastic Models: An Algorithmic Approach / F. Neuts // The Johns Hopkins University Press. – 1981.
4. Gelenbe, E. Product-form queuing networks with negative and positive customers / E. Gelenbe // Journal of Applied Probability. – 1991. – Vol. 28. – P. 656–663.
5. Gelenbe, E. G-networks with triggered customer movement / E. Gelenbe // Journal of Applied Probability. – 1993. – Vol. 30. – P. 742–748.
6. Gelenbe E. Stability of G-networks / E. Gelenbe, R. Schassberger // Probability in the Engineering and Informational Sciences. – 1992. Vol. 6. – P. 271–276.
7. Chao, X. Queueing Networks Customers, Signals and Product Form solutions / X. Chao, M. Miyazawa, M. Pinedo // John Wiley and Sons. – 1999.
8. Harrison, P.G. Compositional reversed Markov processes, with applications to G-networks / P. G. Harrison // Perform. Eval. – 2004. – Vol. 57. – №3. – P. 379–408.
9. Harrison, P.G. Turning back time in Markovian process algebra / P. G. Harrison // Theoretical Computer Science. – 2003. – Vol. 290. – №3. – P. 1947–1986.
10. Gelenbe, E. G-networks with instantaneous customer movement / E. Gelenbe // Journal of Applied Probability. – 1993. – Vol. 30. – №3. – P. 742–748.
11. Gelenbe, E. G-networks with signals and batch removal / E. Gelenbe // Probability in the Engineering and Informational Sciences. – 1993. – Vol. 7. – P. 335–342.
12. Gelenbe, E. G-networks with resets / E. Gelenbe, J.-M. Fourneau // Perform. Eval. – 2002. – Vol. 49. – №1–4. – P. 179–191.
13. Thu-Ha Dao-Thi G-networks with synchronised arrivals / Thu-Ha Dao-Thi, J.-M. Fourneau, Minh-Anh Tran // Perform. Eval. – 2011. – Vol. 68. – №4. – P. 309–319.
14. Thu-Ha Dao Thi Networks of symmetric multi-class queues with signals changing classes / Thu-Ha Dao Thi, J.-M. Fourneau, Minh-Anh Tran. // Analytical and Stochastic Modeling Techniques and Applications. – 17th International Conference. – 2010. – Vol. 6148. – P. 72–86.