

Программный комплекс имитационного моделирования влияния основных интегральных показателей распределенной системы обработки информации на ее реактивность

В.К. Михайлов, А.Н. Скоба, Н.С. Скорик

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им.
М. И. Платова, Новочеркасск*

Аннотация: В данной статье описан программный комплекс имитационного моделирования, который позволяет оценивать влияние основных интегральных показателей распределенной системы обработки информации на ее реактивность с учетом свойств самоподобия трафика, протокола передачи данных *TCP/IP*, и различных архитектур. Программный комплекс состоит из программно реализованных математических моделей функционирования распределённых систем обработки информации на базе файл-серверной, двухуровневой клиент-серверной и трёхуровневой клиент-серверной архитектур, а также алгоритма распределения объектов распределенной системы обработки информации. В качестве программного средства использовалась платформа *AnyLogic PLE*.

Ключевые слова: распределённая система обработки информации, архитектура «файл-сервер», двухуровневая архитектура «клиент-сервер», трёхуровневая архитектура «клиент-сервер», имитационное моделирование, самоподобность трафика, агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование, системная динамика, модель «*On/Off Sources*», распределение Парето, *TCP/IP* протокол.

Телекоммуникационные технологии в последние десятилетия потерпели огромные изменения, которые связаны с объединением сетей и услуг связи: традиционные сервисы и услуги переходят на платформу *IP*, появляются новые. Число пользователей таких сервисов стремительно растет. Такие перемены послужили толчком в развитии технологий, выводящих на первое место проблемы качества предоставления услуг, что привело к необходимости построения сетей *NGN (Next Generation Networks)* за счет реорганизации архитектуры сети, соединение телекоммуникационных и информационных технологий, применение открытых протоколов. Входные потоки данных сетей, в связи с неоднородностью трафика и особенностью работы протоколов передачи данных, обладают свойствами самоподобия. Сети *NGN* лежат в основе современных распределённых СОИ.

В настоящее время в связи с активным развитием сетей связи увеличивается и доминирование мультисервисного трафика (речь и видео в реальном времени) в них. Повышаются требования к пропускной способности сети связи и к качеству обслуживания *QoS (Quality of service)* такого трафика. В результате анализа работ [1-5] было выявлено, что самоподобность трафика является одним из основных свойств мультисервисного трафика и оказывающая значительное влияние на скорость и качество обслуживания трафика в узлах сети связи. Проблема создания имитационных моделей РСОИ, учитывающих свойства самоподобия трафика и предоставляющих адекватные результаты, является актуальной и недостаточно изученной.

Для того, чтобы получить адекватную модель функционирования распределенной системы обработки информации (РСОИ) с входным потоком, обладающим свойствами самоподобия, были выполнены следующие этапы:

– используется модель «*On/Off Sources*» для моделирования поведения источников-генераторов сообщений. В модели «*On/Off Sources*» генерируется конечное число источников трафика. Источники могут находиться в двух состояниях: активном (*On*), при котором он генерирует сообщение, и пассивном (*Off*), при котором он ждет. Эти периоды меняют друг друга. Источник генерирует запросы с определенной интенсивностью, которая является случайной величиной. Продолжительность *On* периодов всех источников - случайное значение, имеющее распределение «с тяжёлым хвостом». Продолжительность *Off* периодов всех источников является независимой случайной величиной, распределение которой не важно для самоподобного поведения (но важно для вида автокорреляционной функции;

– используется *Pareto*-распределение для смены *On/Off* периодов и для интенсивности формирования сообщений в *On* периоде. Т.к. анализ работ [6-

9] показал, что в качестве модели реального трафика, позволяющей более адекватно описать свойство самоподобия, используется поток с *Pareto*-распределением значения временного промежутка между поступлением очередных заявок. При этом наиболее актуален диапазон значений параметра формы $\alpha \in (1; 2]$.

– моделируется работа *TCP/IP* протокола при передачи данных.

Последний шаг является очень важным, т.к. потоки данных не проявляют изначально свойства самоподобия, но после прохождения обработки на серверном оборудовании сети, начинают демонстрировать признаки самоподобия. Данный эффект сильно выражен в сетях с высокой скоростью передачи данных.

Разработанные авторами аналитико-численные модели функционирования распределённых систем обработки информации (СОИ) на базе архитектуры «файл-сервер», двухуровневой архитектуры «клиент-сервер», трёхуровневой архитектуры «клиент-сервер», а также алгоритмы оптимизации [10 – 12] составили методологическую базу программного комплекса имитационного моделирования для оценки влияния основных интегральных показателей (интенсивности обслуживания заявок, интенсивность формирования запросов пользователей, размеры буферов памяти, параметры серверного оборудования и т.п.) распределенной системы обработки информации на ее реактивность с учетом свойств самоподобия трафика, протокола передачи данных *TCP/IP*, и различных архитектур.

В разработанной модели создано 6 агентов: *Main* (главный агент программы), *User* (генератор трафика), *Link* (канал-коммутатор), *Server* (сервер), *Request* (запрос/пакет), *Resource* (таблица БД / бизнес-приложение / файл).

Агент *Main* является главным агентом программы, который позволяет ввести и сформировать исходные данные модели. Именно в этом агенте

формируется архитектура сети распределенной системы обработки информации и отображается пользователю. Является пространством для популяций агентов, создаваемых при старте программы.

Агент *Request* не выполняет никаких самостоятельных действий, а лишь используется в роле генерируемого сообщения или передаваемого пакета по сети.

Агент *User* является объектом, порождающим трафик в распределенной сети обработки информации. Его активность определена моделью «*On/Off sources*». Каждый экземпляр такого объекта имеет всего пару состояний: активное состояние (*On* состояние - источник генерирует данные) и пассивное состояние (*Off* состояние, генератор молчит). Агент формирует запросы с некоторой интенсивностью, равной случайной величине, распределенной по закону *Pareto*. Длительность *On* и *Off* периодов – также случайные величины, распределенные по закону *Pareto*.

Функционирование данного агента можно представить следующим образом:

- в *Off* периоде не проявляет активности, но продолжает принимать и обрабатывать входящие пакеты;
 - в *On* периоде генерирует сообщения одного из типов, согласно исходным данным выбранной архитектуры;
 - разбивает сообщения на пакеты, установленного размера;
 - копирует пакеты и помещает их в исходящий буфер агента, где они ждут, в течении таймаута (вычисляется динамически на основании замеров времени прохождения пакетов), ответа от сервера (номер следующего пакета). В случае истечения таймаута до прихода ответа, агент отправляет пакет повторно;
 - в канал связи одновременно передает *n*-е количество пакетов, которое определяется текущим размером «окна» и ожидает ответ от сервера.
-

– выполняет сборку входящих пакетов в полноценное сообщение и фиксирует факт принятия ответа (отображается на графике), при этом из исходящего буфера удаляются пакеты, на которые получен ответ.

Агент *Link* является связующим звеном между генераторами трафика и серверами сети. Выбор агента-получателя осуществляется с помощью таблицы маршрутизации.

Функциями агента являются эмулярование потерь данных и времени передачи пакетов по сети, а также передача управления следующему коммутатору, при отсутствии адреса-получателя в таблице маршрутизации.

Агент *Server* эмулирует работу одного из серверов: баз данных, бизнес-приложений, файловый (в зависимости от назначения). Ресурсами сервера соответственно будут являться таблицы баз данных, бизнес-приложения или файлы. Реализует механизм подтверждений, который заключается в следующем: для каждого принятого пакета отправляет источнику сообщение, содержащее номер следующего ожидаемого им пакета. После получения полного набора пакетов, собирает их в сообщение, выполняет предварительную обработку, захватывает необходимое количество ресурсов, формирует ответное сообщение, разбивает на пакеты и отправляет источнику, сформировавшему сообщение. В случае, если агент является сервером приложений, он выполняет обращения к соответствующим серверам баз данных.

Агент *Resource* не выполняет никаких самостоятельных действий, а лишь используется в роле доступного ресурса на сервере.

Главная форма разработанной программы содержит рабочую область, которая позволяет ввести исходные данные модели, согласно которым будет сформирована архитектура сети распределенной системы обработки информации, или загрузить сохраненную модель из выбранного *xml*-файла по

нажатию кнопки «Ок» (рисунок 1), и консоль разработчика, которая позволяет отслеживать процесс функционирования модели.

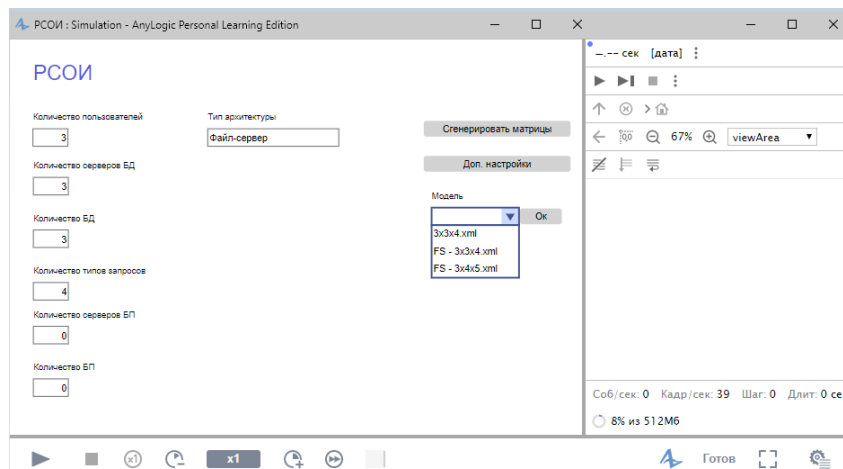


Рис. 1 – Главная форма программы

Из рис. 1 видно, что начальная страница содержит кнопку перехода к форме дополнительных настроек (рис. 2).

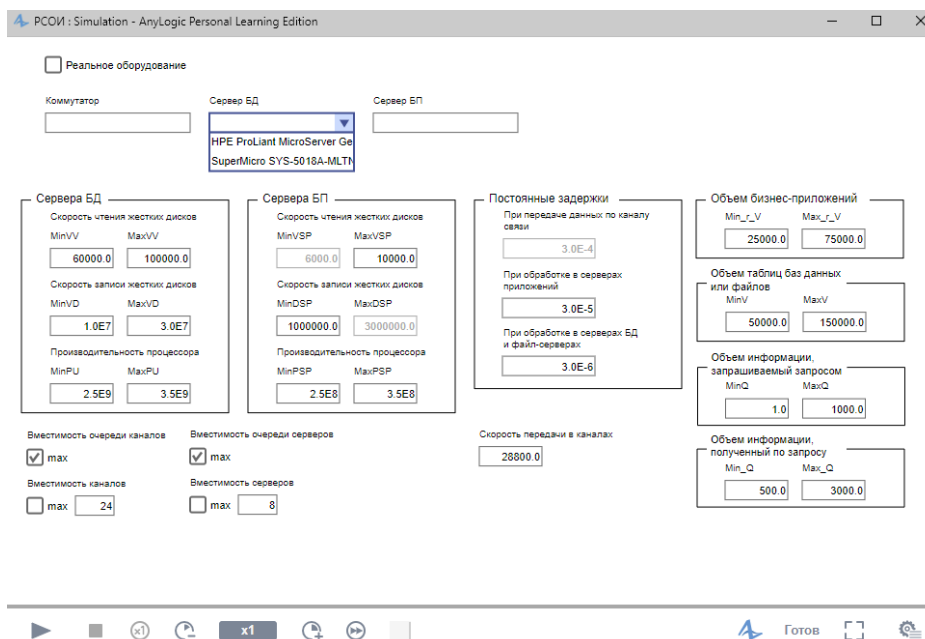


Рис. 2 – Окно дополнительных настроек программы

Данная форма позволяет ввести вручную необходимые данные для генерации характеристик оборудования PCSOI, либо загрузить характеристики реального оборудования из *xml*-файлов с помощью соответствующих выпадающих списков.

После запуска модели, система построит кольцо из элементов (для наглядности связей) и отобразит гистограмму распределения времени реакции системы на запросы пользователей, а также временную диаграмму среднего времени (рис. 3). Среднее время реакции системы на запросы конкретного пользователя отображается возле соответствующего элемента. Перейти в любой из элементов и получить его подробную статистику, можно просто нажав на него (рис. 4).

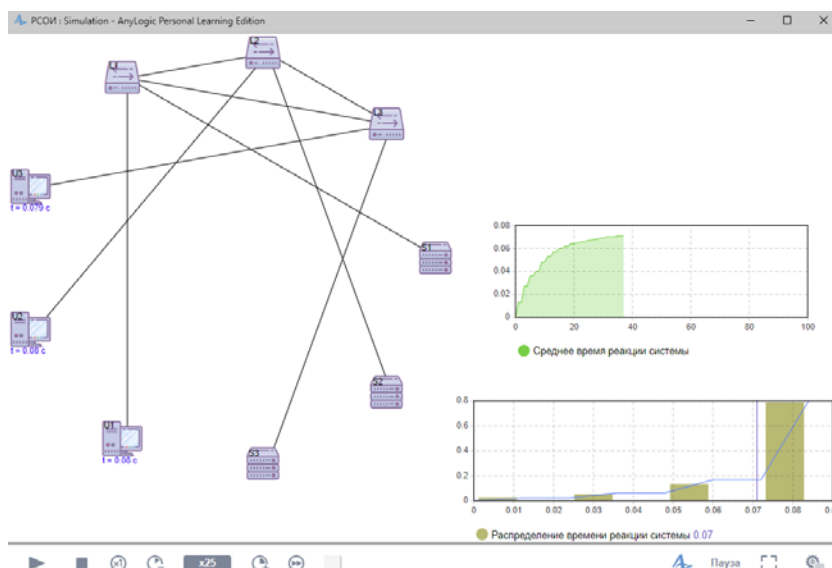


Рис. 3 – Окно эксперимента программы



Рис. 4 – Окно эксперимента программы (агент *User*)

В результате был получен программный комплекс имитационного моделирования, который позволяет оценивать влияние основных интегральных показателей распределенной системы обработки информации на ее реактивность с учетом свойств самоподобия трафика, протокола передачи данных *TCP/IP*, и различных архитектур построения сети.

Литература

1. Ivanisenko, L. Kirichenko, T. Radivilova Investigation of self-similar properties of additive data traffic // Xth International Scientific and Technical Conference CSIT, 2015, – pp. 169-171.
2. Zhang Huachuan, Tian Jie, Xu Jing The Implementation of a Distributed System Based on a Parallel Algorithm for Self-similar Network Traffic Simulation // International Symposium on Information Science and Engineering, 2008, – pp. 53-57.
3. Бахарева Н. Ф., Ушаков Ю. А. Управление нагрузкой на сети ЭВМ распознаванием и моделированием трафика // Инфокоммуникационные технологии. 2008. – Т. 6. – № 3. – С. 56-62.
4. Тарасов В. Н., Бахарева Н. Ф., Горелов Г. А. Математическая модель трафика с тяжелохвостным распределением на основе системы массового обслуживания $M2/M/1$ // Инфокоммуникационные технологии. 2014. – Т. 12. – № 3. – С. 36-41.
5. Макаренко С. И. Анализ математических моделей информационных потоков общего вида и степени их соответствия трафику сетей интегрального обслуживания // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. – Т. 8. – № 8. – С. 28-35.
6. Осин А. В. Влияние самоподобности речевого трафика на качество обслуживания в телекоммуникационных сетях, – М.: Московский государственный университет сервиса, 2005. – 164 с.

7. A. Lozhkovskiy, Y. Levenberg "Investigation of simulating methods for self-similar traffic flows: The QoS-characteristics depend on the type of distribution in self-similar traffic" / 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2017, – pp. 54-71.

8. Будко П. А., Рисман О. В. Многоуровневый синтез информационно-телекоммуникационных систем. Математические модели и методы оптимизации. – СПб.: ВАС, 2011. – 476 с.

9. Маколкина М. А. Разработка и исследование моделей оценки качества передачи видео в IP-сетях, – СПб., 2014. – 187 с.

10. Скоба А.Н., Айеш Ахмед Нафеа Айеш. Математическая модель функционирования распределённой информационной системы на базе трёхуровневой клиент-серверной архитектуры без учёта влияния блокировок // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4658.

11. Скоба А.Н., Михайлов В.К., Айеш Ахмед Нафеа Айеш. Модель оптимального размещения информационных ресурсов по узлам распределённой системы обработки информации предприятия на базе трёхуровневой архитектуры «клиент-сервер» с учётом влияния блокировок. // Изв. вузов. Электромеханика, 2018. Т. 61. №3. С. 68-75.

12. Скоба А.Н., Айеш Ахмед Нафеа Айеш, Михайлов В.К. Эвристический алгоритм решения задачи размещения информационных ресурсов // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4744.

References

1. Ivanisenko, L. Kirichenko, T. Radivilova Xth International Scientific and Technical Conference CSIT, 2015, pp. 169-171.

2. Zhang Huachuan, Tian Jie, Xu Jing International Symposium on Information Science and Engineering, 2008, pp. 53-57.
 3. Bahareva N. F., Ushakov Yu. A. Infokommunikacionny`e texnologii. 2008, Vol. 6. № 3, pp. 56-62.
 4. Tarasov V. N., Bahareva N. F., Gorelov G. A. Infokommunikacionny`e texnologii. 2014, Vol. 12. № 3, pp. 36-41.
 5. Makarenko S. I. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2012, Vol. 8. № 8. pp. 28-35.
 6. Osin A.V. Vliyanie samopodobnosti rechevogo trafika na kachestvo obsluzhivaniya v telekommunikacionny`x setyax [Influence of self-similarity of voice traffic on quality of service in telecommunication networks]. Moscow, 2005, p. 164.
 7. A. Lozhkovskiy, Y. Levenberg 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). 2017, pp. 54-71.
 8. Budko P. A., Risman O. V. Mnogourovnevny`j sintez informacionnotelekkommunikacionny`x sistem. Matematicheskie modeli i metody` optimizacii [Multilevel synthesis of information and telecommunication systems. Mathematical models and optimization methods]. SPb, 2011, p. 476.
 9. Makolkina M. A. Razrabotka i issledovanie modelej ocenki kachestva peredachi video v IP-setyax [Development and research of models for assessing the quality of video transmission in IP-networks]. SPb, 2014, p. 187.
 10. Skoba A.N., Ayesh Achmed Nafea Ayesh Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018. №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4658.
 11. Skoba A.N., Mikhaylov V.K., Ayesh Achmed Nafea Ayesh. Izv. vuzov. E`lektromexanika, 2018. T. 61. №3. pp. 68-75.
 12. Skoba A.N., Ayesh Achmed Nafea Ayesh, Mikhaylov V.K. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018. №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4744
-