

**ИНФОРМАЦИОННО-
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ**

**Материалы
Всероссийской конференции
с международным участием**

Москва, РУДН, 20–24 апреля 2015 года

УДК 004.007 (063)

ББК 32.81

И74

Организаторы конференции: Российский университет дружбы народов;

Московский технический университет связи и информатики;

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук;

Лаборатория информационных технологий Объединённого института ядерных исследований.

Мероприятие проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-07-20169.

Программный комитет: Башарин Г. П., д.т.н., проф., РУДН; Боголюбов А. Н., д.ф.-м.н., проф., МГУ; Вилицкий С. И., д.ф.-м.н., проф., ЛТФ ОИЯИ; Вишневский В. М., д.т.н., проф., НПФ «ИНСЕТ»; Гайдамака Ю. В., к.ф.-м.н., доцент, РУДН; Гнатич М. М., проф., University P.J. Safarik, Kosice, Словакия; Гольдштейн Б. С., д.т.н., проф., СПб ГУТ; Гудкова И. А., к.ф.-м.н., доцент, РУДН; Дружинина О. В., д.ф.-м.н., проф., ВЦ (ФИЦ ИУ РАН); Ефимушкин В. А., к.ф.-м.н., доцент, ОАО «Интеллект Телеком»; Кореньков В. В., д.т.н., проф., ЛИТ ОИЯИ; Крянев А. В., д.ф.-м.н., проф., НИЯУ «МИФИ»; Кулябов Д. С., к.ф.-м.н., доцент, РУДН; Кучерявый А. Е., д.т.н., проф., СПб ГУТ; Кучерявый Е. А., проф., Tampere University of Technology, Финляндия; Ланеев Е. Б., д.ф.-м.н., проф., РУДН; Мартикайнен О. Е., проф., Service Innovation Research Institute, Финляндия; Наумов В. А., проф., Service Innovation Research Institute, Финляндия; Осипов Г. С., д.ф.-м.н., проф., ИСА (ФИЦ ИУ РАН); Пузынин И. В., д.ф.-м.н., проф., ЛИТ ОИЯИ; Пшеничников А. П., к.т.н., проф., МТУСИ; Ромашкова О. Н., д.т.н., проф., МГПУ; Самуйлов К. Е., д.т.н., проф., РУДН; Севастьянов А. Л., к.ф.-м.н., доцент, РУДН; Севастьянов Л. А., д.ф.-м.н., проф., РУДН; Степанов С. Н., д.т.н., проф., ОАО «Интеллект Телеком»; Стрельцова О. И., к.ф.-м.н., с.н.с., ЛИТ ОИЯИ; Толмачев И. Л., к.ф.-м.н., проф., РУДН; Хачумов В. М., д.т.н., проф., ИСА (ФИЦ ИУ РАН); Цирулев А. Н., д.ф.-м.н., проф., ТвГУ; Цитович И. И., д.ф.-м.н., доцент, ИПИ РАН; Шоргин С. Я., д.ф.-м.н., проф., ИПИ ФИЦ ИУ РАН; Щетинин Е. Ю., д.ф.-м.н., проф., СТАНККИН.

Оргкомитет:

Председатель: Самуйлов К. Е., д.т.н., профессор, РУДН.

Сопредседатели: Севастьянов Л. А., д.ф.-м.н., проф., РУДН; Толмачёв И. Л., к.ф.-м.н., профессор, РУДН.

Учёный секретарь: Острикова Д. Ю., РУДН

Члены оргкомитета: Никитина Е. В., к.х.н., зам. декана РУДН; Гайдамака Ю. В., к.ф.-м.н., доцент, РУДН; Гудкова И. А., к.ф.-м.н., РУДН; Демидова А. В., РУДН; Диваков Д. В., РУДН; Королькова А. В., к.ф.-м.н., РУДН; Кулябов Д. С., к.ф.-м.н., доцент, РУДН; Масловская Н. Д., РУДН; Соченков И. В., к.ф.-м.н., РУДН; Таланова М. О., РУДН.

Секции:

Теория телеграфика и ее применения

Сопредседатели: д.т.н., проф. Башарин Г. П. (РУДН), к.т.н., проф. Пшеничников А. П. (МТУСИ), к.ф.-м.н. Гудкова И. А. (РУДН).

Секретарь: Масловская Н. Д. (РУДН).

Сети связи следующего поколения: управление, качество, архитектура

Сопредседатели: д.т.н., проф. Самуйлов К. Е. (РУДН), д.т.н., проф. Вишневский В. М. (НПФ),

к.ф.-м.н., доцент Гайдамака Ю. В. (РУДН).

Секретарь: Таланова М. О. (РУДН)

Прикладные информационные системы

Сопредседатели: проф. Осипов Г. С., ИСА (ФИЦ ИУ РАН), проф. Толмачев И. Л. (РУДН).

Секретарь: к.ф.-м.н. Соченков И. В. (РУДН).

Высокопроизводительные технологии распределенных вычислений

Сопредседатели: д.т.н., проф. Кореньков В. В. (ЛИТ ОИЯИ), к.ф.-м.н., доцент Кулябов Д. С. (РУДН).

Секретарь: к.ф.-м.н. Королькова А. В. (РУДН).

Математическое моделирование

Сопредседатели: д.ф.-м.н., проф. Севастьянов Л. А. (РУДН), д.ф.-м.н., проф. Крянев А. В. (НИЯУ «МИФИ»), д.ф.-м.н., проф. Дружинина О. В., ВЦ (ФИЦ ИУ РАН).

Секретари: Демидова А. В. (РУДН), Диваков Д. В. (РУДН).

И74

Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем : материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, РУДН, 20–24 апреля 2015 г. — Москва : РУДН, 2015. — 332 с. : ил.

ISBN 978-5-209-06416-9

УДК 004.007(063)

ББК 32.81

© Коллектив авторов, 2015

© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2015

Будочкина С. А. Симметрии уравнений и связанные с ними алгебраические структуры	228
Буурулдай А. Э., Шорохов С. Г. Построение дельта- и гамма-нейтральных портфелей опционов	230
Вальда Васкес Л. Реализация алгоритмов AQM в ns-3	232
Васильев С. А., Болотова Г. О., Урусова Д. А. Построение асимптотических решений бесконечных систем нелинейных дифференциальных уравнений с малым параметром и неоднородные счетные цепи Маркова	235
Васильев С. А., Канзитдинов С. К., Коршок Е. О. Построение асимптотических решений сингулярно возмущенных стохастических дифференциальных уравнений бесконечного порядка	236
Васильев С. А., Полежаева И. С. Построение асимптотического решения краевой задачи для уравнения Кадышевского с периодическими краевыми условиями	238
Велиева Т. Р. Моделирование управляющего модуля маршрутизатора типа RED на GNS3	239
Вельможный Д. Э. О выборе и внедрении DLP-системы	242
Геворкян М. Н., Кулябов Д. С., Севастьянов Л. А., Егоров А. Д. Обзор стохастических методов Рунге-Кутты	245
Герасимов А. А., Пиунова А. П. Сравнительный анализ реализации протоколов Диффи-Хеллмана и Эль-Гамала в эллиптической криптографии	249
Дашицыренов Г. Д. Постановка и решение задачи компьютерного синтеза тонкоплочной обобщенной волноводной линзы Люнеберга	252
Демидова А. В., Дружинина О. В., Масина О. Н. Построение стохастической модели динамики популяций, учитывающей конкуренцию и миграцию видов	255
Денисович А. П., Матюшенко С. И. Сравнительный анализ принципов назначения страховых премий в области краткосрочного страхования жизни	259
Диваков Д. В., Тютюнник А. А. Применение метода Канторовича к задаче моделирования открытых волноводов	263
Дружинина О. В., Масина О. Н. Подход к исследованию систем интеллектуального управления на основе сравнительного анализа полиномиальных TS-моделей	265
Еферина Е. Г., Королькова А. В., Кулябов Д. С., Малютин В. Б. Операторный метод для одношаговых процессов	269
Зорин А. В. Компьютерная реализация модели квантовых измерений	272
Игонина Е. В. Моделирование маятниковых систем интеллектуального управления	275
Камнев А. В., Велиева Т. Р., Королькова А. В., Кулябов Д. С. Имитационное моделирование алгоритма RED в симуляторе NS-3	279
Касимов Ю. Ф., Мальцева Т. А. Анализ связи финальных потерь портфеля однородных ссуд и ранних показателей просрочки коммерческого банка	283
Крянев А. В., Пинегин А. А., Климанов С. Г., Рыжов А. А. Схемы выявления аномалий энерговыделения в активных зонах ядерных реакторов	286
Кузив Я. Ю. Компьютерная модель замкнутой развивающейся экономики на основе модели Чернавского	289

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА RED В СИМУЛЯТОРЕ NS-3

Камнев А.В., Велиева Т.Р., Королькова А.В., Кулябов Д.С.

Российский университет дружбы народов,

artkamnev@mail.ru, trvelieva@gmail.com, akorolkova@sci.pfu.edu.ru, ds@sci.pfu.edu.ru

Целью данной работы является разбор реализации алгоритма RED в симуляторе NS-3.

Ключевые слова: сетевые технологии, имитационное моделирование, NS-3, RED, GRED, DSRED, активное управление очередями, TCP/IP.

Работа частично поддержана грантами РФФИ № 14-01-00628, 15-07-08795.

Введение

Network Simulator 3 (NS-3) является свободным программным обеспечением, распространяемым под лицензией GNU GPLv2 и ориентирован на исследовательское применение, а также применение в образовательных целях.

NS-3 является очень гибким и в то же время мощным средством моделирования за счёт использования C++ в качестве встроенного языка описания моделей. Главным преимуществом NS-3 является архитектура, реализованная по модели ISO/OSI, что является огромным плюсом в сравнении с NS-2, использующем четырехуровневую структуру модели протоколов [1].

Благодаря очень обширному и гибкому Application programming interface (API), а также благодаря полноте документации программных интерфейсов, разработчик модели практически ничем не ограничивается. Ему предоставляется возможность построения как собственных моделей любой сложности, так и, благодаря используемой лицензии GNU GPLv2, изменения и дополнения уже существующих моделей, входящих в комплект программного обеспечения.

Предметом данной работы является исследование работы нескольких алгоритмов активного управления очередями на маршрутизаторах в симуляторе NS-3. Рассматривается реализация алгоритмов RED, GRED, DSRED.

Средство моделирования NS-3

В качестве основного симулятора был выбран NS-3, так как для создания имитационной модели использовался язык C++, NS-3 позволяет реализовывать программы, используя модель протоколов ISO/OSI. Данный симулятор дает возможность подключения программного маршрутизатора Click, а также использовать его в имеющейся имитационной модели.

Алгоритм RED в NS-3

Random Early Detection (RED) — алгоритм активного управления очередью, для управления переполнением очередей на маршрутизаторах [2, 3]. RED отслеживает средний размер очереди и отбрасываемых пакетов, основываясь на статистической вероятности. Также RED может использовать отслеживание пометок Explicit Congestion Notification (ECN). С заполнением очереди начинает возрастать вероятность отброса пакетов, тем самым не давая возникнуть перегрузкам на узле. Когда очередь пуста — вероятность сброса равняется нулю, в заполненной очереди эта вероятность равна единице, что равносильно сбросу всех входящих пакетов. Использование RED также имеет и негативный оттенок — невозможность разделения трафика по классам качества обслуживания. Тем самым, приходится выбирать другие варианты данного алгоритма для конкретных задач.

Код в программах NS-3 достаточно прост. При написании кода на языке C++ используется пространство имен ns-3. Готовая написанная программа состоит из

нескольких классов абстракций, собранных воедино, а именно: узлы, приложения, сетевые устройства, каналы, а также помощники [4]. Каждый узел представляет собой отдельно взятое устройство — хост-машина, конечное устройство. Узлы соединяются между собой в сеть при помощи каналов, которые реализуют собой как проводные, так и беспроводные соединения. В NS-3 реализованы такие соединения, как `carrier sense multiple access (CsmaChannel)`, `WifiChannel`, `PointToPointChannel`. Сетевым устройством именуется собственно сетевой адаптер, обеспечивающий подключение узла в сеть. Класс сетевых устройств обеспечивает метод управления подключениями узлов и каналов. Также в NS-3 реализованы устройства `CsmaNetDevice`, `PointToPointNetDevice`, `WifiNetDevice`.

Каждое устройство работает с определенным типом соединения. Класс приложений реализует собой метод генерации трафика. Помощники дают возможность организовать работу всех классов в программе, как подключение сетевых устройств к узлам, составление сети между узлами, присвоение IP-адресов и т. п. В целом, картина устройства работы программы NS-3 выглядит как на рис.1.

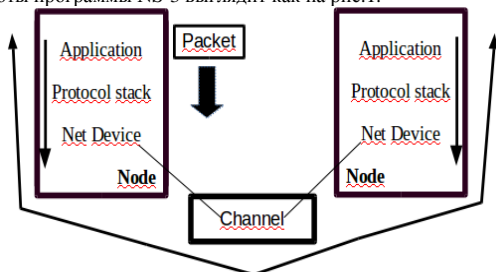


Рис. 1. Схема работы программ в NS-3.

Полученные данные в NS-3 можно выводить как в терминал, так создавать дампы трафика в .pcap файлах, использовать обычный вывод в текстовый документ. Для визуализации процессов моделирования используется программа NetAnim, поставляемая вместе с данным симулятором.

Для проведения данного эксперимента была использована программа `red-tests.cc`. Это одна из стандартных программ в репозитории с NS-3. В данном примере можно проследить изменение очереди на маршрутизаторе, изменяя различные показатели, будь то размер пакетов, пропускная способность или время отправки пакетов. В данной программе реализована простая сеть, между центральными узлами установлено соединение и очередь с алгоритмом RED, реализованная через `PointToPointHelper`. Генерируется TCP трафик на узле 0 (см. рис. 2) и отправляется на конечный узел 4, проходя через центральные узлы 2 и 3, где установлен алгоритм RED. В стандартном наборе примеров и модулей присутствует только базовая модель алгоритма.

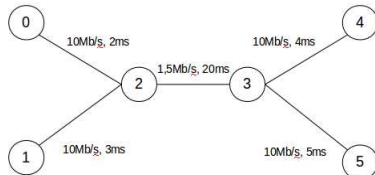


Рис. 2. Схема сети `red-tests.cc`.

В исходном коде данной программы можно выставить желаемые параметры для тестирования, а также выбрать вариант теста для проведения симуляции. Главной

особенностью является большой выбор параметров, которые можно выставить под определенную задачу.

Для эксперимента была установлена очередь длиной в 100 пакетов, максимальное пороговое значение для алгоритма RED - 20 пакетов, а минимальное - 6 пакетов. При данных параметрах, средняя длина очереди составляет 14-15 пакетов (рис. 3 и рис.4).

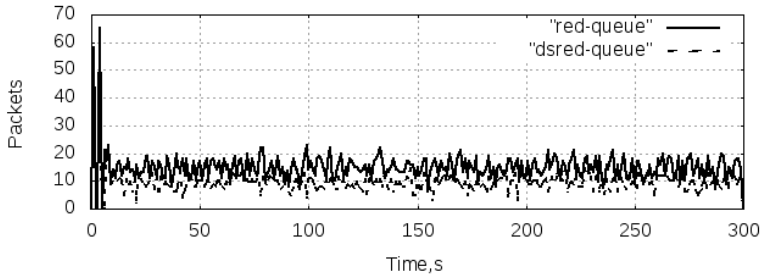


Рис. 3. Мгновенная длина очереди

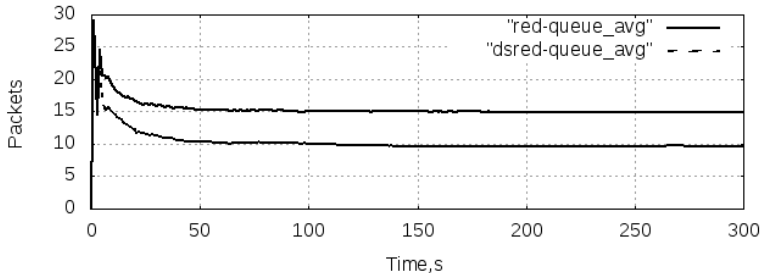


Рис. 4. Средняя длина очереди

В дополнении к данному алгоритму, программно реализован модуль, позволяющий использовать алгоритм Gentle Random Early Detection (GRED). Для его использования необходимо при указании параметров ввести значение true для RedQueue::Gentle. Данная функция позволяет использовать «мягкий режим» для RED, при котором добавляется расчет вероятности для отбрасывания пакетов при значении средней длины очереди большем или равным максимальному порогу. Как известно, в базовой реализации RED это значение неизменно равно 1. Для сравнения работы алгоритмов был реализован алгоритм Double slope random early detection (DSRED) [5]. Особенностью данного алгоритма является ввод дополнительного порогового значения между минимальными и максимальными порогами. Данная задача была реализована по типу GRED, для использования необходимо ввести и установить значение true для RedQueue::DSRED, а также варьировать значение RedQueue::Gamma, являющееся селектором режима работы. Для проведения эксперимента были взяты такие же параметры, как и в предыдущем исследовании, за исключением добавления среднего порога, равного 13 пакетам, а также значения селектора $\gamma = 0.96$.

На представленных выше рисунках 3, 4 можно заметить, что очередь придерживается отметки в среднем 9-10 пакетов в очереди при DSRED против 14-15 пакетов при алгоритме RED.

Выводы

В работе представлены результаты имитационного моделирования алгоритмов RED, GRED и DSRED в симуляторе NS-3. В дальнейшем планируется смоделировать данный алгоритм в NS-3, заменив абстрактные узлы на программируемые маршрутизаторы Click для получения более объективных оценочных данных.

Литература

1. *Королькова А.В., Кулябов Д.С. Инструментальные средства моделирования DiffServ // Фундаментальные физико-математические проблемы и моделирование технико-технологических систем. — Вып. 11 /Под редакцией Л.А. Уваровой. М.: Издательство «Янус-К», 2008, С. 161-167*
2. *Floyd S., Jacobson V. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance // IEEE/ACM Transactions on Networking. — 1993. — Vol. 1, no. 4. — P. 397–413.*
3. *Королькова А. В., Кулябов Д. С., Черноиванов А. И. К вопросу о классификации алгоритмов RED // Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика». — 2009. — No 3. — С. 34–46.*
4. *NS-3 Tutorial — <http://www.nsnam.org/docs/release/3.21/tutorial/ns-3-tutorial.pdf>*
5. *B. Zheng and M. Atiquzzaman, DSRED: An Active Queue Management Scheme for Next Generation Networks // IEEE.. — 2000.*

SIMULATION MODELING OF RED ALGORITHM WITH NS-3 NETWORK SIMULATION FRAMEWORK

Kamnev A.V., Velieva T.R., Korolkova A.V., Kulyabov D.S.

Peoples' Friendship University of Russia,

artkamnev@mail.ru, trvelieva@gmail.com, akorolkova@sci.pfu.edu.ru, ds@sci.pfu.edu.ru

The aim of this work is the analysis of the implementation of the RED algorithm in the simulator NS-3.

Key words: network technology, simulation, NS-3, RED, GRED, DSRED, active queue management, TCP/IP.

The work is partially supported by RFBR grants No's 14-01-00628 and 15-07-08795.