

УДК 004.738.5.057.4

К.В. ГОЛОВАНЬ, А.И. АЛТЫННИК*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
В БЕСПРОВОДНЫХ МОБИЛЬНЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ**

Проанализированы проблемы, возникающие при использовании протокола TCP в беспроводных мобильных и компьютерных сетях. На основе проведенного анализа выдвинут ряд предложений по повышению эффективности передачи данных, а также реализована динамически подключаемая библиотека, с изменённым протоколом TCP. Для проверки результатов и наглядного их представления была построена имитационная модель дискретно-событийного типа. На основе полученной модели проведено сравнение данной разработки с существующими решениями по усовершенствованию протокола TCP. Предложены основные направления дальнейшего усовершенствования математического аппарата и инструментальной среды для исследования мобильных и компьютерных сетей.

Ключевые слова: протокол TCP, беспроводная сеть, передача данных, имитационная модель.

Введение

В настоящее время беспроводные сети получают все более широкое распространение на территории Украины. При этом относительно невысокая стоимость интернет услуг и значительное число интернет провайдеров приводят к постоянному повышению требований к скорости и качеству передачи данных. Одним из основных протоколов, применяемых для управления процессом передачи данных в сети Интернет, является протокол TCP (Transmission Control Protocol). Изначально TCP был разработан для проводных сетей, поэтому его параметры были выбраны таким образом, чтобы максимально оптимизировать работу именно в проводных сетях, где задержки и потери пакетов вызваны, как правило, перегрузкой, а интенсивность появления произвольных ошибок незначительна. В отличие от проводных сетей в беспроводных сетях потери пакетов зачастую случаются из-за переадресации и замирания сигнала и могут быть произвольными. Следовательно, в тех случаях, когда TCP реагирует на потерю пакета включением стандартного механизма предотвращения перегрузки, происходит ухудшение качества работы всего канала связи.

Таким образом, актуальной задачей является поиск новых решений, направленных на оптимизацию и адаптацию протокола TCP при его применении для передачи данных в беспроводных сетях.

**Адаптации протокола TCP
для работы в беспроводных сетях**

В настоящее время существует значительное число методов, предназначенных для адаптации протокола TCP к работе в беспроводных сетях. Наи-

более широко известными из них являются протоколы TCP Reno и TCP New Reno, в основе которых лежит принцип изменения размера скользящего окна. Скользящее окно – это метод, при котором источнику для повышения скорости передачи данных разрешается передать некоторое количество кадров в непрерывном режиме, то есть в максимально возможном для источника темпе ещё до получения квитанций (подтверждений о получении) на эти кадры. Количество кадров, которые разрешается передать таким образом, называется размером окна [1].

Варьируя величину окна, можно влиять на загрузку сети. Чем больше окно, тем большую порцию неподтвержденных данных можно послать в сеть. Однако если пришло большее количество данных, чем может быть принято программой TCP, данные будут отброшены. Это приводит к излишним пересылкам информации и нежелательному увеличению нагрузки на сеть. С другой стороны, указание слишком малого размера окна может ограничить передачу данных скоростью, которая определяется временем путешествия по сети каждого посылаемого сегмента данных.

Как было отмечено ранее, для решения задач данного класса применяются протоколы TCP Reno и TCP New Reno. Так, в TCP Reno при работе в штатном режиме размер окна изменяется циклически (увеличивается до тех пор, пока не произойдет потеря сегмента). TCP-Reno имеет две фазы изменения размера окна: фаза медленного старта и фаза избегания перегрузки. При получении отправителем подтверждения доставки в момент времени $t + t_A$, текущее значение размера окна перегрузки $cwnd(t)$ преобразуется в $cwnd(t + t_A)$ согласно (1) [2]:

$$cwnd(t+t_A) = \begin{cases} \text{фаза медленного старта:} \\ cwnd(t)+1, \text{ if } cwnd(t) < ssth(t); \\ \text{фаза исключения перегрузки:} \\ cwnd(t) + \frac{1}{cwnd(t)}, \text{ if } cwnd(t) \geq ssth(t); \end{cases} \quad (1)$$

где $ssth(t)$ – значение порога, при котором TCP переходит из фазы медленного старта в фазу исключения перегрузки. Когда в результате таймаута детектируется потеря пакета, значения $cwnd(t)$ и $ssth(t)$ обновляются согласно (2):

$$cwnd(t) = 1; ssth(t) = (cwnd(t))/2. \quad (2)$$

С другой стороны, когда TCP детектирует потерю пакета согласно алгоритму быстрой повторной передачи, $cwnd(t)$ и $ssth(t)$ обновляются иначе:

$$ssth(t) = (cwnd(t))/2; cwnd(t) = ssth(t). \quad (3)$$

TCP Reno после этого переходит в фазу быстрого восстановления. В этой фазе размер окна увеличивается на один пакет, в результате чего происходит дублированное подтверждение. С другой стороны, $cwnd(t)$ делается равным $ssth(t)$, когда приходит не дублированный отклик для пакета, посланного повторно. В случае таймаута:

$$ssth(t) = (cwnd(t))/2; cwnd(t) = 1. \quad (4)$$

В среднем во время каждого эпизода перегрузки происходит потеря примерно двух пакетов. Потери случаются, когда буфер полон и одно соединение увеличивает размер окна на одну единицу [3]. TCP New Reno использует алгоритм Fast Retransmit & Fast Recovery (быстрая повторная пересылка и быстрое восстановление). В случае, когда доступна опция выборочного подтверждения (SACK), отправитель знает, какие пакеты следует переслать повторно на фазе быстрого восстановления (Fast Recovery). При получении трех дублированных подтверждений (DUPACK) отправитель считает пакет потерянным и посылает его повторно. После этого отправитель может получить дополнительные дублированные подтверждения, так как получатель осуществляет подтверждение пакетов, которые находятся в пути, когда отправитель перешел в режим Fast Retransmit. В случае потери нескольких пакетов из одного окна отправитель получает новые данные, когда приходит подтверждение для повторно посланных пакетов [4]. Если потерян один пакет и не было смены порядка пакетов, тогда подтверждение этого пакета будет означать успешную доставку всех предыдущих пакетов до перехода в режим Fast Retransmit. Однако, если потеряно несколько пакетов, тогда подтверждение повторно посланного пакета подтверждает доставку некоторых, но не всех

пакетов, посланных до перехода в режим Fast Retransmit [5].

Протокол TCP New Reno дает определенные преимущества по сравнению с каноническим TCP Reno. Это подтверждает моделирование их работы при различных сценариях. Однако в случае, когда происходит изменение порядка следования пакетов, напротив, TCP Reno даёт значительно более стабильные результаты. Таким образом, очевидно, что каждый из рассмотренных протоколов имеет как свои преимущества, так и ограничения, а, следовательно, выбор определенного протокола зависит от условий конкретно ставящейся задачи, что, в свою очередь, приводит к необходимости разработки более гибкой и адаптивной системы.

Для достижения поставленной цели на языке C++ разработана динамически подключаемая библиотека (DLL), в которой реализован модифицированный протокол с изменённым размером плавающего окна. Такая DLL библиотека может быть подключена к различным пакетам моделирования для проведения определенных исследований.

Пример моделирования сети с использованием различных модификаций протокола TCP

Для моделирования и анализа работы исследуемых протоколов использовался пакет OPNET Modeler. Данный пакет моделирования позволяет создавать различные варианты архитектуры сети, благодаря чему возможно спрогнозировать, как повлияет то или иное изменение параметров на конечный результат. Это связано с тем, что он обладает возможностью добавлять к уже существующему набору библиотек новые. Для проведения исследований была создана тестовая среда, включающая в себя сервер (server), сеть IP (ip cloud), базовую станцию (BS_0) и мобильный терминал (MS_0), который перемещается с различной скоростью в её зоне покрытия (рис. 1). Сервер выбран с целью поддержки ряда приложений, таких как веб-браузер, электронная почта, telnet и программа для передачи файлов. По своей сути созданная модель является имитационной моделью дискретно-событийного типа. В основу модели положены формулы (1) – (4). Исследовались три вида протоколов: TCP Reno, TCP New Reno и протокол, в основу которого положена разработанная DLL библиотека. Отличием данного протокола от стандартных разработок является уменьшенный размер плавающего окна. Как видно из результатов моделирования (рис. 2 – 4), протокол с уменьшенным размером окна показывает более стабильные результаты для созданного сценария.

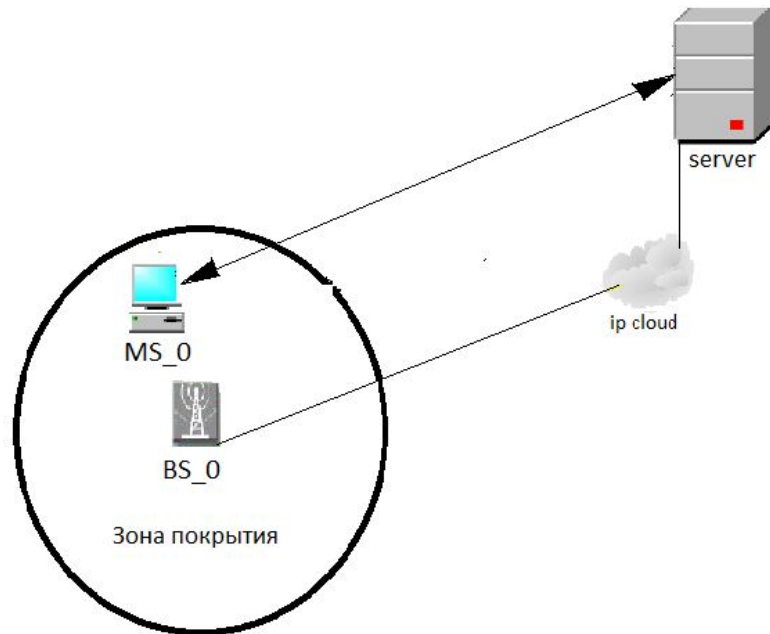


Рис. 1. Визуальное представление модели

Так, на первой группе графиков (рис. 2) видно, что скорость передачи данных исследуемого протокола (кривая 1) значительно превышает скорость протокола TCP Reno (кривая 2).

На второй группе графиков (рис. 3) протокол TCP New Reno (кривая 3) достигает более высокой скорости передачи, чем исследуемый протокол (кривая 1) на определенных отрезках времени.

Однако, наряду с этим, у протокола TCP New Reno четко прослеживается некоторая нестабильность передачи сигнала, а также существенное па-

дение скорости передачи данных в определенные периоды времени.

Исследование сетевой задержки (рис. 4) так же подтверждает некоторое преимущество протокола с уменьшенным размером плавающего окна. Исходя из соотношения количества потерянных пакетов (ось абсцисс) и количества замеров (ось ординат), можно сделать вывод, что исследуемый протокол (прямая 1) существенно менее подвержен этой проблеме, нежели TCP New Reno (прямая 2) и TCP Reno (прямая 3).

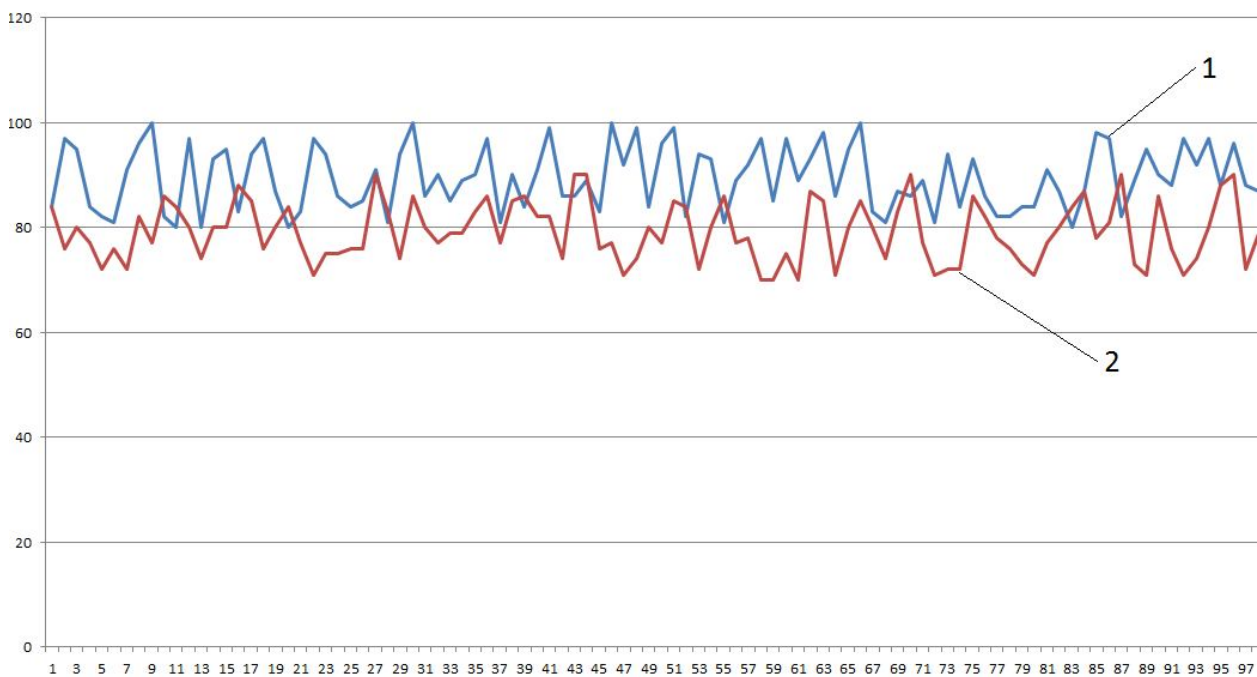


Рис. 2. Сетевая пропускная способность (исследуемый протокол и протокол TCP Reno)

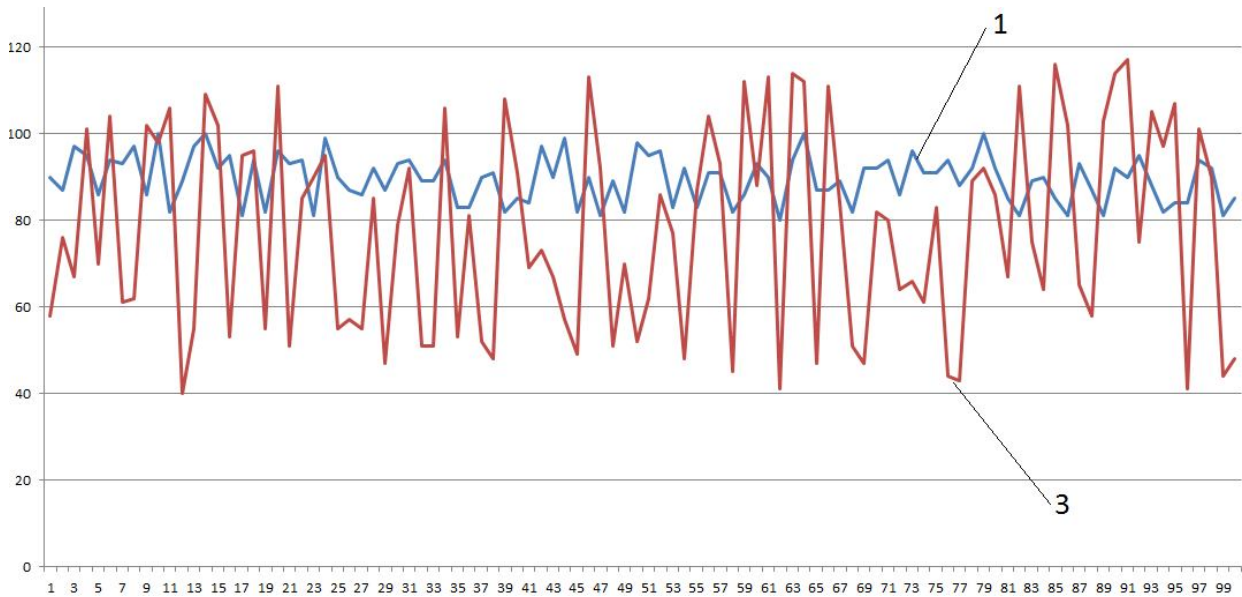


Рис. 3. Сетевая пропускная способность (исследуемый протокол и протокол TCP New Reno)

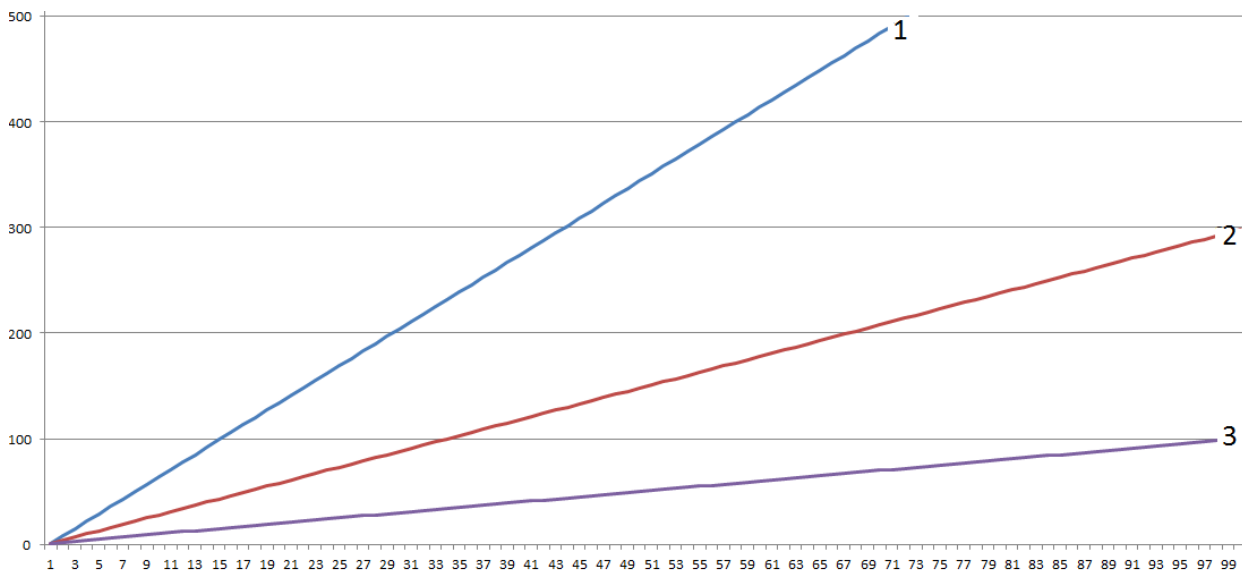


Рис. 4. Сетевая задержка

Заключение

В работе были рассмотрены особенности функционирования протоколов передачи данных в беспроводных сетях. В частности, детально проанализированы протоколы TCP Reno и TCP New Reno, адаптированные для решения поставленной задачи.

В результате проведённого исследования можно сделать вывод, что не во всех случаях применение данных протоколов является наиболее эффективным.

Так, благодаря всего лишь уменьшению размера плавающего окна, были получены результаты, свидетельствующие о превосходстве предложенного протокола над исследуемыми аналогами.

Однако такой вывод справедлив лишь для оп-

ределённого сценария, и в противном случае результаты могут оказаться противоположными.

Это приводит к необходимости проведения дальнейших исследований и создания более универсального, гибкого и адаптивного механизма, позволяющего вносить изменения в протокол TCP в зависимости от конкретной ситуации.

Таким образом, проведенный анализ показал, что наиболее очевидными путями развития предложенного направления исследования являются следующие:

1. Усовершенствование механизма интеграции между разработанным программным продуктом и пакетом моделирования OPNET Modeler.

2. Применение описанных принципов для моделирования процессов хендовера.

Литература

1. Олифер, В. Компьютерные системы и сети [Текст] / В. Олифер, Н. Олифер. – СПб.: Питер, 2011. – 943 с.
2. Семёнов, Ю.А. Алгоритмы телекоммуникационных сетей [Текст] / Ю.А. Семёнов. – М.: Бинном, 2007. – 826 с.
3. Семёнов, Ю.А. Internet протоколы и ресурсы

[Текст] / Ю.А. Семёнов. – М.: Радио и связь, 1996. – 1100 с.

4. Кузин, А.В. Компьютерные сети [Текст] / А.В. Кузин. – М.: Форум: Инфра-М, 2011. – 192 с.
5. Рудой, В.М. Системы передачи информации [Текст] / В.М. Рудой. – М.: МГОУ, 2004. – 171 с.

Поступила в редакцию 22.01.2013, рассмотрена на редколлегии 13.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., декан факультета информатики и управления И.П. Гамаюн, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В БЕЗПРОВІДНИХ МОБІЛЬНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

К.В. Головань, О.І. Алтынник

Проаналізовано проблеми, що виникають при використанні протоколу TCP в безпроводних мобільних і комп'ютерних мережах. На основі проведеного аналізу висунуто ряд пропозицій щодо підвищення ефективності передачі даних, а також реалізована підпрограма, що змінює параметри протоколу TCP. Для перевірки результатів та наочного їх подання побудовано імітаційну модель дискретно-подієвого типу. На підставі отриманої моделі проведено порівняння запропонованої розробки з існуючими рішеннями щодо вдосконалення протоколу TCP. Запропоновано основні напрямки подальшого удосконалення математичного апарату та інструментального середовища для дослідження мобільних та комп'ютерних мереж.

Ключові слова: протокол TCP, безпроводна мережа, передача даних, імітаційна модель.

SIMULATION OF DATA TRANSMISSION PROCESSES IN WIRELESS MOBILE AND COMPUTER NETWORKS

K.V. Golovan, O.I. Altynnik

The problems arising when using TCP in wireless mobile and computer networks are analyzed. On the basis of this analysis several proposals to improve the effectiveness of data transmission process are stated. The application that makes possible to change TCP parameters is developed. In order to check the results and visualize them the simulation model is built. Such model makes possible to compare the proposed solution with existing ones such as TCP Reno and TCP New Reno. The main areas for further improvement of mathematical model and development environment are proposed for the study of mobile and computer networks.

Keywords: TCP protocol, wireless network, data transmission, simulation model.

Головань Константин Владиславович – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних управляючих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: kot_81@ukr.net.

Алтынник Александр Иванович – студент кафедри інформаційних управляючих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: dunadan_valinor@mail.ru.