

УДК 004.057.4

Д.И. Иовлев

Выбор модели TCP для сетей MANET. Влияние одноуровневого принципа организации сетей на протокол TCP

Представлены результаты эксперимента по выбору модели управления нагрузкой и результаты исследования влияния одноуровневого принципа организации беспроводных мобильных ad hoc сетей на пропускную способность соединения TCP. Выявлена зависимость между длиной маршрута и его пропускной способностью. Все результаты получены путем имитационного моделирования.

Ключевые слова: протокол TCP, беспроводные ad hoc сети.

Среди всевозможных приложений и сервисов, запускаемых на мобильных устройствах, сетевые соединения и сервисы передачи данных являются самыми часто используемыми. В основном все это осуществляется посредством неподвижных инфраструктур. Но далеко не везде есть возможность организовать сеть на подобных структурах. Данную проблему могут решить мобильные ad hoc сети [1, 2].

MANET – автономная беспроводная сетевая система специального назначения, состоящая из независимых узлов, которые могут свободно перемещаться в произвольном направлении, тем самым динамически изменяя связанность в сети. В отличие от проводных и сотовых сетей, в MANET отсутствуют фиксированная инфраструктура и центральное управление сетью [1–3]. Она может быть сформирована где угодно, в любое время, произвольным количеством узлов (от 2 и более). Узлы могут сообщаться либо напрямую, если они находятся в радиодиапазоне друг друга, либо посредством промежуточных узлов, и каждый из них может быть одновременно и конечной точкой передачи, и маршрутизатором [4, 5].

Сети MANET подходят для применения в боевых действиях, спасательных операциях и других ситуациях, где не является возможным использование развернутой сетевой инфраструктуры [1–5, 6].

В таких ситуациях необходима возможность передачи данных с гарантией доставки. Для современных сетей такой сервис обеспечивает протокол TCP – протокол потоковой передачи данных с пакетной коммутацией. Изначально он предназначался для работы в сетях с низким уровнем потерь и фиксированной или слабо изменяющейся топологией, что естественно для проводных сетей [7, 8].

Для исследования поведения протокола TCP в сетях MANET необходимо выбрать одну из многих его моделей управления нагрузкой.

Метод исследования. В исследовании использовалось имитационное моделирование на основе дискретно-событийного подхода, т.е. симулирование сетей MANET. Такой метод позволяет исследовать и разрабатывать собственные сетевые протоколы. NS-3 является одним из лучших событийно-дискретных симуляторов с возможностями моделирования MANET, исследования и разработки новых протоколов [9, 10].

Результаты данной статьи получены с помощью симулятора NS-3.22. Основные параметры симулируемой модели:

- узлы: мобильные;
- физический и канальный уровень:
 - стандарт: 802.11a;
 - модуляция: OFDM;
 - пропускная способность: 54 Мбит/с, half-duplex;
 - радиус зоны видимости: 250 м;
 - количество повторных передач пакета на MAC уровне: 5;
 - вместимость очереди MAC уровня: 600 пакетов;
- сетевой уровень: IPv4;
- маршрутизация: AODV;

- параметры TCP:
 - MSS: 1448 байт;
 - DelAckCount: 2;
 - DelAckTimeout: 200 мс;
- приложения:
 - использующие UDP-протокол;
 - использующие TCP-протокол:
- количество: 2, клиент и сервер;
- направление передачи: одностороннее, от клиента к серверу;
- скорость передачи: 27 Мбит/с.

Остальные параметры (количество узлов, их начальное положение, скорость, количество приложений UDP и их скорость передачи, длительность симулируемого периода) задаются в зависимости от эксперимента.

Протокол UDP позволяет создать дополнительную фиксированную нагрузку на сеть.

В каждом эксперименте производился сбор следующих данных: изменения мгновенной скорости передачи; общее количество переданных данных. При планировании и обработке результатов эксперимента использовались рекомендации, изложенные в [11].

Выбор модели управления нагрузкой. Так как модели управления нагрузкой не меняют принципов протокола TCP, то для дальнейших исследований экспериментальным путем выбран только один вариант механизма управления нагрузкой.

Был проведен эксперимент, в котором сеть состояла из 15 узлов. На 7 из них были запущены приложения, передающие данные через UDP со скоростью 1 Мбит/с. Для каждого из вариантов было произведено по 10 запусков симуляции с различным шаблоном движения узлов.

Результатом каждой симуляции является количество байт, успешно переданное от клиента к серверу. Из 10 результатов для каждой модели было получено среднее значение (рис. 1).

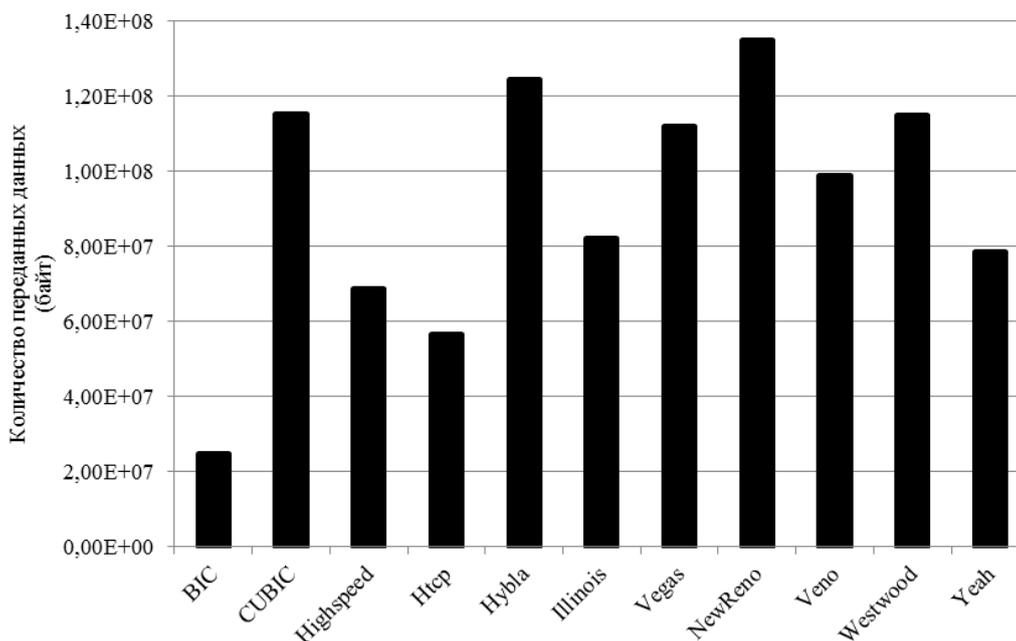


Рис. 1. Сравнение вариантов механизмов управления нагрузкой

Сравнивая полученные результаты можно заметить, что с помощью механизма NewReno было передано в среднем больше данных. Было определено, что основная проблема протокола TCP связана с восстановлением активности после возникновения переходящих процессов в сети. Это можно увидеть на примере моделей BIC, CUBIC, Highspeed, Illinois, Yeah моделей (рис. 2). Так как для разных моделей паузы в передаче данных наблюдаются в разные промежутки времени, можно сделать вывод, что путь от пункта отправления до пункта назначения существует на протяжении всего симулируемого периода. Меняется только его длина, что и вызывает «разрыв» в потоке данных.

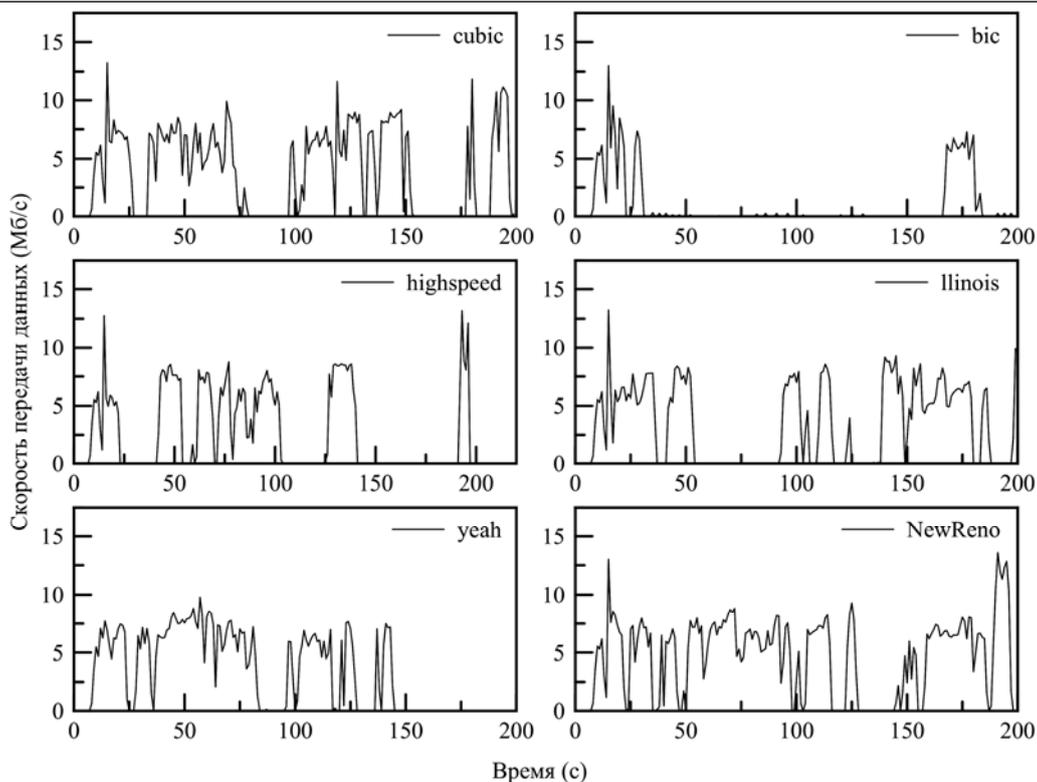
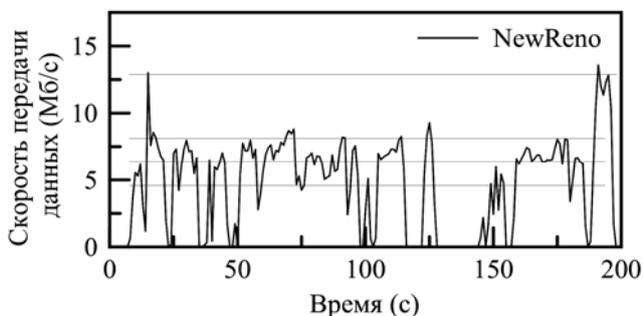


Рис. 2. Сравнение динамики скорости передачи данных

В то же время модель NewReno показывает относительную стабильность в работе, хотя в динамике наблюдаются сильные перепады (рис. 2). Исходя из полученных результатов, данная модель будет использоваться в будущих экспериментах.

При резком изменении мгновенной скорости передачи она устанавливалась приблизительно на одних и тех же уровнях (рис. 3). Данное явление связано с изменением длины маршрута.

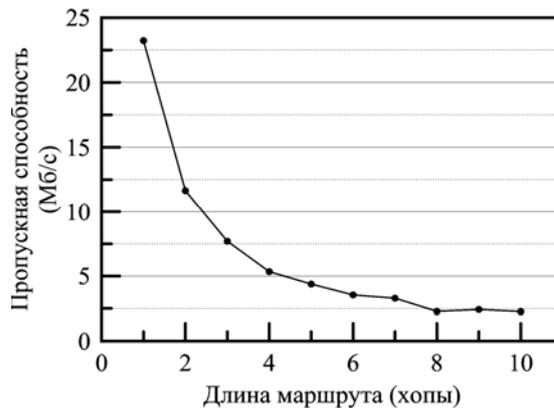
Рис. 3. Уровни скорости передачи данных в соединении TCP: горизонтальными линиями обозначены уровни скорости передачи при неизменной длине маршрута



Влияние длины маршрута на пропускную способность TCP соединения. В ходе проведения эксперимента была использована симуляционная модель с неподвижными узлами, выстроенными в линию (топология «цепь»). Клиент и сервер установлены на конечных узлах данной цепочки. Посторонний трафик в сети отсутствовал.

На рис. 4 представлена пропускная способность TCP соединения в зависимости от количества хопов в маршруте. Она уменьшается вдвое с добавлением одного промежуточного узла и стабилизируется с дальнейшим увеличением количества хопов.

Рис. 4. Пропускная способность TCP соединения в зависимости от длины пути



Основной причиной происходящего являются особенности физики 802.11. Пусть имеется простая сеть, состоящая из 5 узлов, которая представлена на рис. 5. Так как беспроводное устройство не может в одно и то же время передавать и принимать, то в данной сети одновременно могут быть активными только две связи: 1–2 и 4–5. Связь 2–3 не может быть активна, так как узел 2 не способен одновременно передавать и принимать сигнал, а связь 3–4 не может быть активна, потому что сигнал 3-го узла может повлиять на работу 2-го.

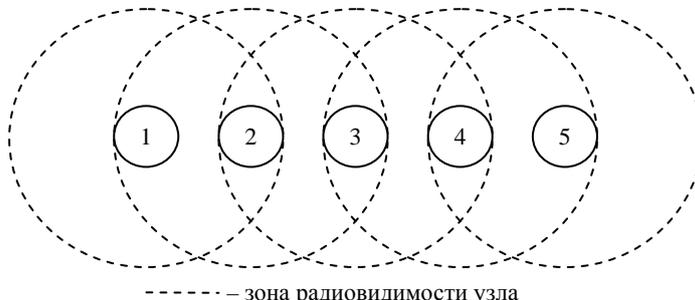


Рис. 5. Многохоповая сеть топологии «цепь»

Пропускную способность маршрута, состоящего из n хопов, можно вычислить по следующей формуле:

$$S = \begin{cases} B/n, & 1 \leq n \leq 3; \\ B/3, & n > 3. \end{cases}$$

где S – пропускная способность соединения; B – пропускная способность канала в одну сторону.

Приведенная формула не является точной, так как на канальном уровне в обратном направлении одного хопа передаются подтверждения об успешном получении пакета. Для TCP соединения наблюдается еще меньшее соответствие, так как в нем на скорость передачи влияет обратный поток АСК сегментов, который занимает часть пропускной способности канала. Более подробное исследование данной проблемы представлено в статье [12].

Заключение. Установлено, что с помощью модели управления нагрузкой NewReno по протоколу TCP в среднем можно передать больший объем данных, чем с использованием других моделей, в условиях сетей MANET. Также эксперимент показал, что данные в соединении TCP передаются с нестабильной скоростью и с периодическими паузами (см. рис. 3, 4). Данное явление связано с меняющейся топологией и нестабильным каналом связи в беспроводных мобильных ad hoc сетях.

Выявлена зависимость между пропускной способностью маршрута и его длиной.

Исследование поддержано проектом 7.701.2011 (НИР 1/12 темплана ГУСУРа) по Госзаданию Министерства образования и науки.

Литература

1. Mohit K. An overview of MANET: History, Challenges and Applications / K. Mohit, M. Rashmi // Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE). – Feb.–Mar. 2012. – Vol. 3, № 1. – P. 121–125.
2. Radhika R.R. Handbook of mobile ad hoc networks for mobility models. – USA: Springer, 2011. – 1169 с.
3. Basagni S. Mobile ad hoc networking / S. Basagni, M. Conti, S. Giordano, I. Stojmenovic. – Wiley-IEEE Press, 2004. – 461 p.
4. Toor Y. Vehicle ad hoc networks: applications and related technical issues / Y. Toor, P. Muhlethaler, A. Laouiti // Communications Surveys & Tutorials, IEEE. – 2008. – Vol. 10. – P. 74–88.
5. Дмитриев В.Н. Системы связи с динамической топологией сети / В.Н. Дмитриев, А.А. Сорокин, О.Н. Пищин // Инфокоммуникационные системы и технологии: проблемы и перспективы. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2007. – С. 59–118.
6. Разгуляев Л. Перспективные мобильные адаптивные сети передачи информации для СВ США // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 1. – С. 35–39.
7. Gerla M. TCP performance in wireless multi-hop networks / M. Gerla, K. Tang, R. Bagrodia // Mobile Computing Systems and Applications. Proceedings of IEEE WMCSA'99. – New Orleans, LA, February 1999. – P. 41–50.

8. Devaraj S.A. Comparative analysis of random based mobility models using TCP variant in MANETs / S.A. Devaraj, R.H.V. Anita, J.J. Christa // Communication and Network Technologies (ICCNT), 2014 International Conference. – Sivakasi, 2014. – P. 324–329.
9. Романов С. В. Симуляторы беспроводных MANET-сетей / А.Н. Жолобов, Д.Е. Прозоров, С.В. Романов // Инфокоммуникационные технологии. – 2012. – № 3. – С. 28–33.
10. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ: в 2 ч. – М.: Наука, 1992. – Ч. 1. – 336 с.
11. Кориков А.М. Эксперимент в научном исследовании // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 2 (36). – С. 148–154.
12. Caro G.D. AntHocNet: An ant-based hybrid routing algorithm for mobile ad hoc networks / G.D. Caro, F. Ducatelle, L.M. Gambardella // Proceedings of Parallel Problem Solving from Nature VIII, LNCS 3242. – 2004. – P. 461–470.

Иовлев Денис Игоревич

Аспирант каф. автоматизированных систем ТУСУРа
Тел.: 8-923-422-92-05
Эл. почта: prodenx@t-sk.ru

Iovlev D.I.

TCP variants comparison in MANET. Influence of single-level organization of network on TCP

Results of experiment at the TCP variants comparison and research results of influence of the single-level organization principle of wireless mobile ad hoc networks on the TCP connection throughput are presented. Dependence between length of a route and its throughput is revealed.

Keywords: TCP protocol, ad hoc, networks, wireless.