

УДК 004.738.5.057.4

Ю.Ю. Завизиступ, А.А. Коваленко, А.С. Мохаммад

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОТОКОЛА TCP ПРИ ПЕРЕХОДЕ МОБИЛЬНОГО УЗЛА В СОСЕДНЮЮ ЗОНУ ОБСЛУЖИВАНИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Предложен метод компенсации потерь производительности протокола TCP при перемещениях мобильного узла между зонами обслуживания в беспроводных сетях. Он позволяет определить момент наступления события handoff с помощью использования сообщений канального уровня стека протоколов беспроводных сетей.

протокол TCP, соединение, handoff, перегрузка, плавающее окно, сегмент, подтверждение

Анализ надежности протокола TCP в беспроводных сетях

Современные проводные сети обладают достаточной надежностью в смысле надежной передачи данных, чего нельзя сказать о беспроводных сетях, которые, как правило, имеют высокий уровень оши-

бок передачи данных по сравнению с первыми, что негативно сказывается на производительности приложений, работающих в беспроводных сетях.

Надежные транспортные протоколы, такие как TCP, хорошо функционируют в обычных проводных сетях, когда потери пакетов преимущественно обусловлены перегрузками.

Однако беспроводные сети характеризуются значительным уровнем потерь пакетов, происходящих из-за ошибок передачи и переадресаций абонента. Протокол TCP реагирует на такие события запуском алгоритмов избегания перегрузок, что приводит к снижению производительности. TCP руководствуется предположением, что любая потеря пакетов происходит лишь из-за перегрузки, что справедливо при наличии инфраструктуры с надежными каналами. Однако, в мобильной среде, потери наиболее часто происходят по следующим причинам:

- высокая степень искажения информации в беспроводных каналах;
- временные рассоединения, обусловленные как спадом уровня сигнала (либо другими ошибками канала), так и передвижением узла.

Протокол TCP – это надежный, байт-ориентированный протокол с установлением соединения, который разрабатывался с учетом характеристик проводных сетей. Однако в беспроводных и подвижных сетях эффективность TCP резко падает.

Для надежной передачи данных протокол TCP использует политику повторных передач потерянных пакетов данных. Такая тактика в беспроводных и подвижных сетях не является правильной, поскольку основными причинами, влияющими на возникновение ошибок и уменьшение эффективности работы протокола TCP, являются:

1. Перегрузка канала передачи данных, когда количество передаваемых пакетов превышает пропускную способность канала. Для уменьшения перегрузки протокол TCP уменьшает размер плавающего окна и вызывает таймаут, после окончания которого передает потерянные пакеты.

2. Ошибки передачи или ошибки канала. Беспроводные сети, в связи с особенностями своей структуры, в большей мере подвержены данному типу ошибок по сравнению с проводными сетями. Потеря нескольких пакетов из окна передаваемых

данных заставляет протокол TCP использовать алгоритмы повторной передачи/быстрого восстановления, а при более высокой интенсивности потерь пакетов протокол ожидает истечения таймера, а затем запускает алгоритм медленного старта.

3. Ошибки переадресации (handoff) [4]. Когда мобильный узел оказывается вне зоны обслуживания базовой станции, он не может получать пакеты от источника, и поэтому все пакеты, которые направляются для данного мобильного узла, будут удаляться. Для решения этой проблемы существует механизм mobile-IP, реализующий принцип handoff, который позволяет при вхождении мобильного узла в зону обслуживания другой базовой станции назначить ему новый адрес и зарегистрировать его во внутреннем агенте [1]. В то же время все пакеты, которые были посланы до регистрации нового адреса, теряются. На рис. 1 показана локализация вышеперечисленных ситуаций.

В данной статье рассматривается третья группа потерь, обусловленных переадресациями (согласно вышеприведенной классификации).

Анал, зяпотерь,яя обусловленныхяпереадресац, ям, я

Когда мобильный узел выходит из зоны обслуживания базовой станции, его IP адрес становится недействительным. В беспроводных сетях используется протокол Mobile-IP, который для обеспечения устойчивости сеансов связи поддерживает постоянный адрес узла [1]. Он использует два агента для передачи пакетов в подвижный узел: внутренний агент (НА) и внешний агент (ФА). Пока узел находится в одной зоне обслуживания, передача данных будет происходить в обычном порядке, но после перемещения узла в другую зону, с помощью ФА он передает свой новый IP адрес в НА (перерегистрируется). После такой процедуры все пакеты, которые формируются после прибытия в НА и посылаются ФА, содержат новые IP адреса.

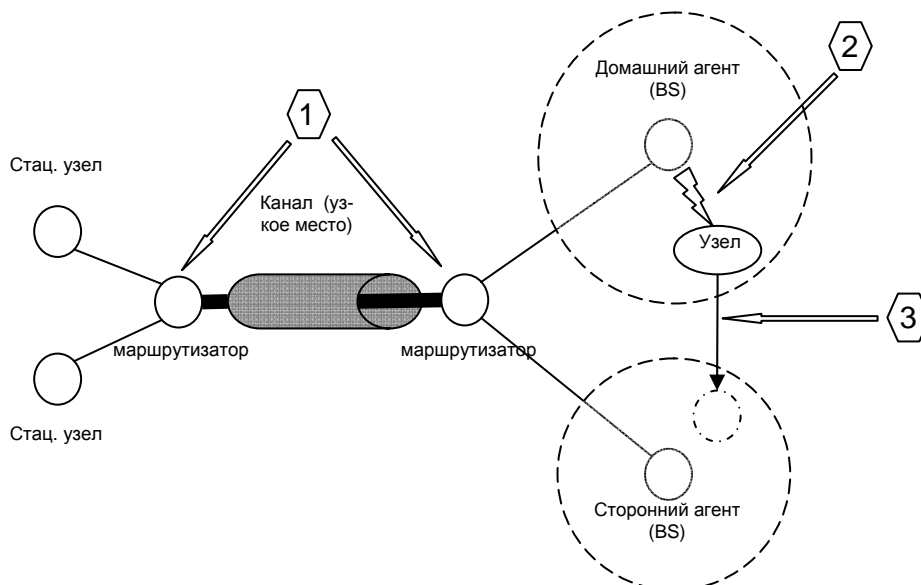


Рис. 1. Характерные места возникновения различных типов ошибок

На рис. 2 показано состояние до начала события handoff, когда пакеты с помощью агентов НА и FA поступают в подвижный узел.

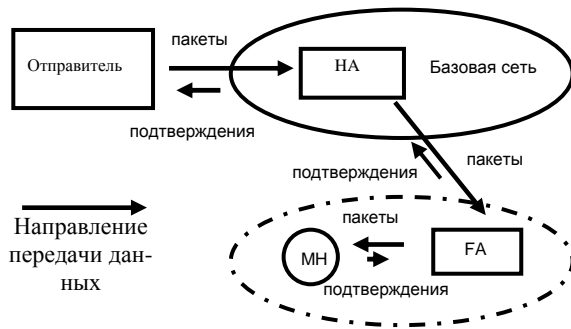


Рис. 2. Состояние до начала события handoff

На рис. 3 происходит handoff между FA1 и FA2. Вначале узел получает от FA сервисное сообщение, а после этого запрашивает FA на регистрацию нового IP адреса в НА. На 3 шаге заявка о регистрации пересылается из FA в НА, который затем НА производит процесс регистрации, чем и заканчивается событие handoff. Все пакеты данных, отправленные узлу за время процесса его перерегистрации, теряются, с последующим запуском алгоритма избегания перегрузок.

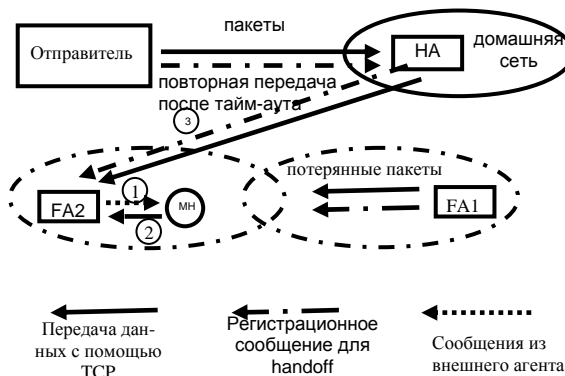


Рис. 3. Процесс handoff между двумя внешними сетями

Повторно переданные пакеты через узлы НА и FA доходят до мобильного узла (МН) и запускается фаза медленного старта (поскольку произошли потери). При потере пакетов во время handoff происходит следующее (рис. 3): протокол TCP запускает алгоритм избегания перегрузки, что приводит к уменьшению количества переданных пакетов в единицу времени и увеличению времени повторной передачи пакета (RTO). В такой ситуации на эффективность TCP будут негативно влиять следующие факторы:

– большие задержки при передаче. Если в сети присутствуют зоны с отсутствием покрытия, а МН перемещается с большой скоростью, то время его пребывания в пределах одной зоны будет достаточно мало и, следовательно, еще до окончания handoff МН успевает переместиться в другую зону. При этом неизбежно возникают таймауты и увеличивается значение RTO. После окончания handoff отправитель дожидается истечения RTO для начала повторной пере-

дачи потерянного пакета, что приводит к уменьшению пропускной способности соединения;

– медленное восстановление данных. После каждого истечения таймера RTO во время события handoff размер плавающего окна уменьшается до минимального значения.

Получатель осуществляет управление потоком данных на основании указания количества данных, которые он хочет получить от отправителя - размера плавающего окна протокола TCP. Однако если пакет подтверждения теряется, узлы будут ожидать действий друг от друга. При этом получатель ожидает получить пакеты данных (так как он отправил отправителю ненулевое окно), а отправитель - обновление окна, которое позволит ему продолжить передачу. Чтобы выйти из подобной ситуации, отправитель использует таймер, в соответствии с которым осуществляется периодический опрос получателя на предмет, не был ли увеличен размер окна. Сегменты, которые при этом посылает отправитель, называются пробами окна [6].

Цель метода. Congestion Coherence (CC) [5] заключается в том, что на первом этапе определяется причина возникновения потерь (перегрузка, ошибка передачи либо канала, переадресация) и применяется соответствующий механизм восстановления. Данный метод в отличие от других методов TCP, которые узнают о перегрузке только при потерях пакетов, использует механизм явного оповещения о перегрузке (ECN) и таким образом уменьшает количество потерь пакетов.

Недостаток метода CC заключается в том, что не берутся в учет перемещения узла между зонами обслуживания базовых станций и не учитываются потери, возникающие при событии handoff. В настоящее время ведется разработка методов, уменьшающих негативное влияние, производимое неперегрузочными потерями, на производительность протокола TCP в беспроводных каналах. Эти работы можно разделить на такие группы, относящиеся к:

- 1) разделению соединений (split connection);
- 2) канальному уровню (LL) [2];
- 3) модификациям протокола TCP;
- 4) межуровневым решениям.

Недостатки существующих методов решения заключаются в: недостаточном взаимодействии с существующей инфраструктурой сети [3]; несовпадении маршрутов доставки данных и их подтверждений; неожиданном появлении узких мест на маршруте.

Оп, сан, еяметодажкомпенсац, , я

Для решения вышеописанных проблем предлагается метод, относящийся к 3 группе, т.е. изменения касаются только мобильного узла, не требуя вмешательства в ни в узел-отправитель ни в промежуточные элементы сети. С помощью предложенного метода определяется причина возникновения потерь пакетов. Для определения состояния сети ис-

пользуются сообщения канального уровня стека протоколов беспроводных сетей, а также информация, содержащаяся в заголовках передаваемых пакетов. По своей сути, предложенный метод, являясь комбинацией методов СС (который предсказывает начало события handoff) и Freeze TCP [6] (который управляет передачей данных во время handoff), заключается в определении и предсказании мобильным узлом наступления события handoff.

На рис. 4 показана схема механизма предсказания перерегистраций при перемещении мобильного узла между зонами обслуживания базовых станций.

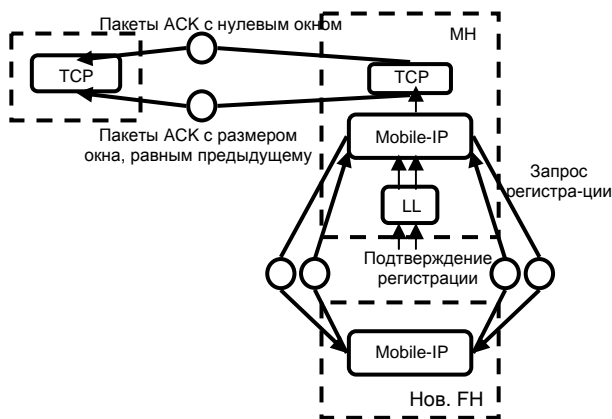


Рис. 4. Механизм предсказания перерегистраций при перемещении мобильного узла

При возникновении handoff на стороне отправителя протокол TCP прекращает передачу данных и фиксирует величину таймера RTO, размер плавающего окна и пороговые значения переходов между фазами, что достигается с помощью отправки пакетов АСК нулевого размера.

При определении события handoff на уровне LL, узел МН отправляет сообщение (LL-trigger) верхним уровням стека протоколов, что информирует их о приближении handoff. При этом протокол TCP отправляет один или несколько пакетов АСК нулевого размера (ZWA), уведомляя отправителя о неготовности получателя к приему данных, после чего отправитель переходит в режим ожидания.

Первый этап события handoff происходит на канальном уровне и его длительность меньше по сравнению с handoff на уровне IP, что показано на рис. 5, где: 1 – сообщение от агента; 2 – запрос на перерегистрацию; 3 – подтверждение перерегистрации. За счет уменьшения времени распознавания перемещений мобильного узла между зонами обслуживания базовых станций уменьшается количество потерянных пакетов передаваемых данных во время события handoff. После окончания handoff мобильный узел одним пакетом АСК с размером окна равным таковому до наступления handoff выводит отправителя из состояния ожидания и передача данных возобновляется с размером окна, предшествующем наступлению handoff.

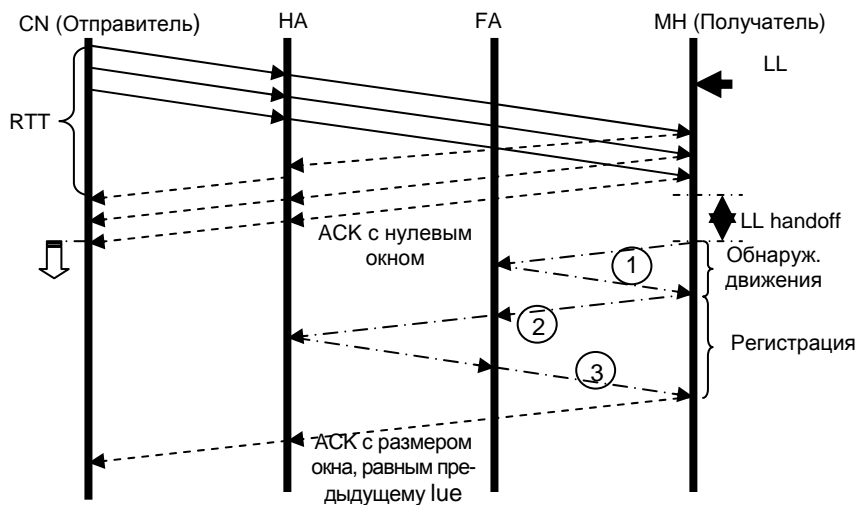


Рис. 5. Временная диаграмма предложенного метода

Выводы

В статье предложен метод компенсации потерь производительности протокола TCP в беспроводных сетях при перемещениях мобильного узла между зонами обслуживания базовых станций, заключающийся в определении момента наступления события handoff с помощью использования сообщений канального уровня.

При использовании предложенного метода на время события handoff производится остановка передачи пакетов данных, таким образом уменьшая

количество потерянных пакетов и повышая эффективность протокола TCP, что особенно заметно при длительных handoff во время перемещения мобильного узла между неперекрывающимися зонами обслуживания базовых станций сети.

В предложенном методе изменения производятся только в мобильном узле, не требуя вмешательства в ни в узел-отправитель ни в промежуточные элементы сети. Эффект предложенного метода ощутим в случае наступления handoff при уже установленном соединении и активном режиме передачи данных.

Сп, сокял, тературя

1. Perkins C. *IP Mobility Support // IETF. – RFC 2002, October 1996.*
2. Bakre, Badrinath B.R. *I-TCP: Indirect TCP for mobile hosts // Proc. of the 1th Int.l Conf. on Distributed Computing Systems, May 1995. – P. 136-146.*
3. Brown K., Singh S. *M-TCP: TCP for Mobile Cellular Networks // ACM Computer Communications Review. – October 1997. – Vol. 27, no. 5. – P. 19-43.*
4. Balakrishnan H., Seshan S., Katz R.H. *Improving reliable transport and handoff performance in cellular wireless networks // Wireless Networks. – February 1995. – Vol. 1, no. 4. – P. 469-481.*

5. Vaidya N.H., Mehta M., Perkins C., Montenegro G. *Delayed Duplicate Acknowledgement: a TCP unaware approach to improve performance of TCP over wireless // TR 99-003, Computer Science Dept, Texas A&M University, February 1999.*

6. Goff T., Moronski J., Phatak D. *Freeze-TCP: A True End-to-End Enhancement Mechanism for Mobile Environments // Proceedings of IEEE 19th INFOCOM. – 2000. – P. 1537- 1545.*

Поступила в редколлегию 22.11.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.