

УДК 621.396.2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ

**С. В. Алехин**, ведущий инженер НИЦ ФНПЦ ОАО «НПП «Полет»; serg801@rambler.ru

**К. Л. Войткевич**, директор по НИОКР ФНПЦ ОАО «НПП «Полет», профессор, д.т.н.; polyot@atnn.ru

**Рассматривается протокол маршрутизации передачи данных для беспроводных мобильных сетей. Дается описание протокола маршрутизации и подхода для повышения качества связи, приводятся результаты моделирования предложенного и существующего протокола.**

**Ключевые слова:** MANET, беспроводные сети, маршрутизация, метрика.

**Введение.** В настоящее время существует множество протоколов маршрутизации, разработанных для мобильных беспроводных сетей с изменяющейся топологией (MANET — Mobile Ad Hoc Networks). Протоколы маршрутизации, применяемые в MANET сетях, основаны на дистанционно-векторных алгоритмах маршрутизации и на маршрутизации с учетом состояния связей. Основной задачей алгоритма маршрутизации является нахождение одного или нескольких маршрутов от источника к получателю и выбор из множества найденных маршрутов одного оптимального по некоторому критерию или заданному набору критериев. Для выбора оптимальных маршрутов в сетях используются различные критерии (метрики). Они могут включать такую информацию, как длина пути, надежность, задержка, пропускная способность, нагрузка и др.

Перемещение мобильных узлов беспроводной сети связано с возможностью выхода узлов из зоны радиовидимости друг друга, что приводит к разрыву радиосвязи и определению маршрута от источника к получателю заново. При нахождении оптимального маршрута от источника к получателю перечисленные выше критерии не учитывают данную особенность мобильной беспроводной сети. Для решения этой проблемы [1] предложен критерий выбора оптимального маршрута, который называется «время связи подвижных абонентов». Как было отмечено выше, сегодня не существует протоколов маршрутизации, учитывающих перемещение мобильных узлов. Поэтому требуется разработать новый протокол или модернизировать существующий.

В предлагаемом протоколе маршрутизации предполагается, что при определении оптимального маршрута от источника к получателю источник определит и будет учитывать «время связи подвижных абонентов», выбирая тем самым тот маршрут, по которому можно передать сообщение без разрыва связи из-за выхода из зоны радиосвязи узла, которому передается сообщение.

**Описание работы протокола маршрутизации.** В качестве протокола маршрутизации, который предлагается модернизировать, применим один из самых распространенных протоколов маршрутизации по запросу (Ad Hoc On Demand Distance Vector — AODV). Модернизация протокола маршрутизации заключается в том, что для определения оптимального маршрута будет применяться метрика «время связи подвижных абонентов».

Рассмотрим работу протокола AODV. Если на узле-источнике появляется пакет, который необходимо передать

узлу-получателю, то узел-источник при отсутствии маршрута инициализирует процедуру определения маршрута до узла-получателя. Узел-источник производит широковещательную передачу запроса определения маршрута, т.е. рассылает пакет RREQ. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет найден узел-получатель или узел, содержащий актуальный маршрут до узла-получателя. При этом на определение маршрута для данного узла-источника с данным уникальным идентификатором запроса каждым узлом ретранслируются не более одного раза. Если узел получает несколько раз один и тот же запрос на определение маршрута (одни и те же уникальные идентификаторы узла-источника и запроса), то в его памяти сохраняется информация о запросе с минимальным показателем числа скачков.

После того как найден узел-получатель или узел, содержащий актуальный маршрут до узла-получателя, по обратному пути направляется подтверждение обнаружения пути — пакет RREP. На всем пути следования пакета RREP происходит сохранение информации об обнаруженном маршруте. Пакет RREP отправляется в ответ на каждый достигший узла назначения пакет RREQ. Это необходимо для того, чтобы учесть вероятность прихода на узел-получатель запроса RREQ с минимальным показателем суммарных затрат. При этом каждый узел (кроме узла назначения) сохраняет информацию только об оптимальном пути, который и используется для передачи данных. Узел-получатель первоначально сохраняет информацию обо всех возможных маршрутах, при этом пакеты в обратную сторону направляются только по оптимальному маршруту. После завершения процедуры определения маршрута начинается его использование. По истечении времени жизни маршрутов информация о них удаляется.

Если при использовании маршрута в нем обнаруживается разрыв, то последний узел маршрута перед разрывом отправляет по обратному маршруту сообщение об ошибке маршрутизации (пакет типа RERR), помечающее маршрут как разорванный, и иницирует процедуру восстановления маршрута посредством стандартного алгоритма определения маршрута. Узел также иницирует восстановление маршрута, если узел теряет связь с одним из своих соседей, т.е. не получает пакета типа HELLO в течение заданного интервала времени. Данный алгоритм позволяет уменьшить число пересылок пакета и минимизировать среднее время передачи пакета от одного узла к другому.

**Моделирование.** Для сравнения эффективности работы модифицированного протокола AODV была построена модель беспроводной сети (рис. 1) с использованием среды моделирования OPnet, которая включает широкий набор протоколов и технологий, а также среду разработки, позволяющую моделировать различные типы сетей и графически отображать полученные результаты. В таблице при-

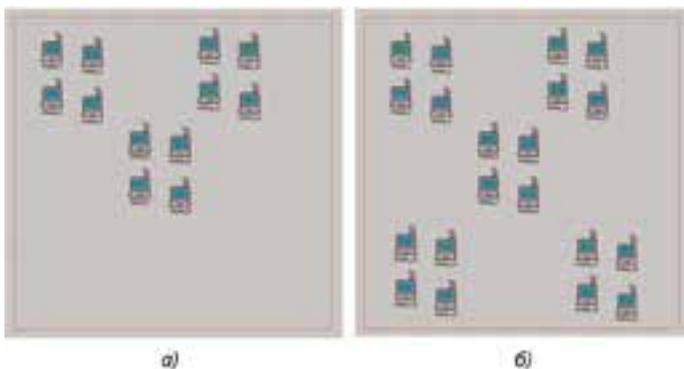


Рис. 1. Модель беспроводной сети: а — 12 узлов; б — 20 узлов

#### Параметры моделируемой сети

Параметр	Значение
Время моделирования, с	300
Количество узлов сети	12, 20
Площадь, м <sup>2</sup>	1000 × 1000
Протокол маршрутизации	AODV
Скорость передачи данных, Мбит/с	11
Траектория движения	manet_down_left
Скорость движения узла, м/с	5
Задержка генерации пакетов, с	60
Размер пакета, бит	1024
Антенны	изотропная



Рис. 2. Результаты моделирования сети, состоящей из 12 узлов

ведены некоторые параметры, используемые в представленной сети.

На рис. 2 и 3 представлены результаты моделирования подвижной сети, состоящей из 12 и 20 абонентов. Синей линией показано количество потерянных пакетов в результате моделирования работы сети с протоколом маршрутизации

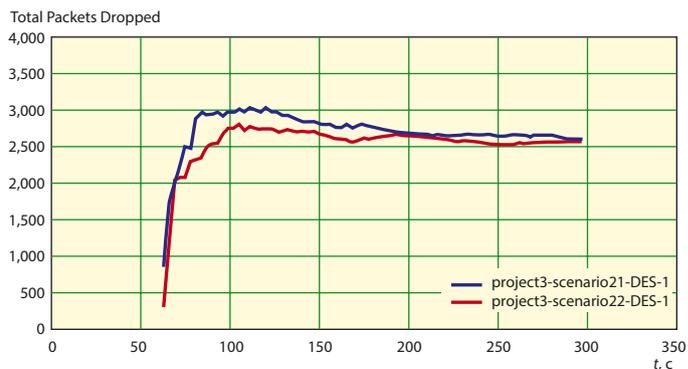


Рис. 3. Результаты моделирования сети, состоящей из 20 узлов

AODV, красной — количество потерянных пакетов в результате моделирования работы сети с модифицированным протоколом маршрутизации. Результаты моделирования показывают, что применение метрики «время связи подвижных абонентов» в протоколе маршрутизации позволяет повысить количество доставленных пакетов.

**Заключение.** Рассмотренный подход позволяет повысить качество связи между подвижными объектами за счет применения метрики «время связи подвижных абонентов». В ходе проделанной работы был модернизирован протокол маршрутизации AODV. Проведено моделирование работы сети с протоколом маршрутизации. Результаты моделирования показали эффективность модернизированного протокола по сравнению с существующим. Данную метрику можно применять при разработке протоколов маршрутизации для подвижных беспроводных сетей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексин С. В., Войткевич К. Л.** Критерий выбора оптимального маршрута передачи данных для мобильных беспроводных сетей // Сб. докл. Междунар. конф. «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий РЭУС — 2014», Москва. — 2014. — Вып. LXIX. — С. 229—230.
2. **Вишневский В., Лаконцев Д., Сафонов А., Шпилев С.** Маршрутизация в широкополосных беспроводных mesh-сетях стандарта IEEE 802.11s // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. — 2008. — № 6. — С. 64—69.
3. **Войткевич К. Л., Алексин С. В.** Перспективная сеть авиационной радиосвязи СМВ диапазона // Сб. трудов Российской НТК «Новые информационные технологии в системах связи и управления». — Калуга, 2011. — С. 38—40.
4. **Гайнулин А. Г.** Моделирование алгоритма маршрутизации передаваемых данных в беспроводных сетях со смешанными типами коммутации // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. — 2008. — № 1. — С. 93—99.
5. **Гоголева М. А.** Классификация и анализ методов маршрутизации в MESH-СЕТЯХ // Радиотехника. — 2008. — № 155. — С. 173—185.
6. **Шварц М.** Сети связи: протоколы, моделирование и анализ: В 2-х ч. Ч. 1: Пер с англ. — М.: Наука, 1992. — 336 с.
7. **Perkins C. E.** Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing / Belding-Royer // RFC 3561/ July 2003.

Получено 10.06.14