

ОСОБЕННОСТИ И СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ МАРШРУТИЗАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ AD HOC СЕТЯХ

FEATURES AND WAYS TO ORGANIZE ROUTING IN WIRELESS SELF ORGANIZING AD HOC NETWORKS

S. Savinov

Summary. We consider the ways of organizing routing and the specifics of interaction by means of routing protocols in wireless self-organizing Ad Hoc networks.

Keywords: wireless self-organizing Ad Hoc networks, routing in Ad Hoc networks, ad Hoc network routing protocols.

Савинов Сергей Владимирович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Владимирский
государственный университет имени Александра
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
conf-mail@bk.ru

Аннотация. Рассматриваются способы организации маршрутизации и специфика взаимодействия по средствам протоколов маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc сетях.

Ключевые слова: беспроводные самоорганизующиеся Ad Hoc сети, маршрутизация в Ad Hoc сетях, протоколы маршрутизации Ad Hoc сетей.

В современной сфере использования информационных сетей телекоммуникаций особую роль занимают беспроводные самоорганизующиеся Ad Hoc сети. Благодаря использованию данного типа сетевой структуры удается оперативно организовать высокопроизводительную и эффективную сетевую инфраструктуру с точки зрения качества обмена данных с узлами сети, представляющими из себя мобильные комплексы, динамически изменяющие свое месторасположения. Организация эффективного обмена данных является основной задачей в процессе функционирования Ad Hoc сети.

Особенностью маршрутизации в Ad Hoc сетях является необходимость постоянного мониторинга сетевой абонентской структуры, т.к. может происходить добавление или удаление абонентских узлов сети, и при этом процесс определения маршрута до абонента производится динамически, используя информационные данные о структурных связях между абонентами, что позволяет обеспечить быстрое развертывание и использование сети практически в любой ситуации. Протоколы маршрутизации в Ad Hoc сетях должны соответствовать нескольким основным требованиям, а именно: обеспечение минимального времени поиска маршрута от узла-отправителя до узла-адресата вне зависимости от степени изменения сетевой структуры; производить оперативное обновление данных о маршрутизации; оказывать минимальное воздействие служебной информации на работу (пропускную способность) сети; производить поиск и восстановление поврежденных маршрутов; обеспечить возможность изменения размерности сетевой структуры без

потери качества организованных каналов для приема/передачи данных.

Маршрутизация в Ad Hoc сетях может классифицироваться по двум основным критериям: по критерию определения маршрута; по механизму формирования таблиц маршрутизации.

В свою очередь протоколы по механизму формирования таблицы маршрутизации делятся на три группы: проактивные (табличные), реактивные (по запросу) и гибридные (комбинация схем взаимодействия проактивных и реактивных протоколов).

Протоколы по определению маршрута представлены также тремя видами: протокол вектора расстояния; протокол со сложной метрикой; протокол географической маршрутизации.

Проактивные протоколы (табличные протоколы) маршрутизации в Ad Hoc сетях формируют маршрутизацию используя информацию, получаемую от специализированных служебных информационных сообщениях о состоянии структуры организованной топологии в используемой сети. Базируясь на полученной служебной информации о структуре каждый абонентский сетевой узел формирует необходимые пути маршрутизации до остальных сетевых узлов и производит добавление соответствующей записи в таблицу маршрутизации. Дальнейшее функционирование при получении пакета для абонента сети заключается в анализе и выборе наиболее короткого пути, который и будет являться наиболее оптимальным. Протоколы данной группы позволяют

обеспечить минимальное значение задержки приема/передачи данных ввиду использования заранее сформированной таблицы маршрутизации. Однако при использовании такого типа протоколов страдает пропускная способность организованной сети за счет постоянного опроса сетевых абонентских устройств. Представителями проактивных протоколов являются: DSDV; OLSR; FSR. Рассмотрим основные особенности данных приведенных выше протоколов.

Протокол DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector) использует принцип актуализации состояния маршрута для сетевых абонентов по средствам редактирования таблиц маршрутизации и поиска наименьшего значения переходов до каждого узла сети. При работе могут быть сформированы два типа пакетов: пакет, содержащий всю информацию о маршрутизации и пакет, содержащий только информацию, которая была изменена с момента последнего обновления данных. Пакеты с полной маршрутизацией формируются только в случае перемещения сетевого узла в абонентской структуре, которое определяется с помощью анализа служебных данных об обновлении маршрутов.

Протокол OLSR (Optimized Link-State Routing) является модифицированной версией протокола LSR (Link-State Routing) для возможности использования в беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc сетях. Особенностью использования является применение нескольких сетевых узлов в качестве ретрансляторов, располагающихся на пути маршрутизации. Взаимодействие ретрансляторов обеспечивается путем использования служебных идентификационных сообщений, которые включают в себя данные о располагающихся рядом соседних узлах и возможность организации маршрута через них. Процесс маршрутизации постоянно использует операции ретрансляции в сети, и отправитель не имеет возможности проследить маршрут полностью, но при этом ретрансляция позволяет через соседние сетевые узлы найти более незагруженный в текущий момент маршрут.

Протокол FSR (Fisheye State Routing) представляет вариант иерархического протокола. Данный тип реактивного протокола был сформирован для возможности минимизировать степень загрузки пропускной способности сети специализированной служебной информацией о сетевых абонентах и сформированной сетевой структуре. Уменьшение количества служебных сообщений достигается за счет организации иерархических областей. В отличие от протокола OLSR обмен данными зависит от того как далеко искомая область находится от источника — чем дальше расположена область адресата, тем реже будут происходить посылки данных для обновления маршрутов, кроме того данный протокол обеспечи-

вает масштабирование сети с сохранением текущего количества специализированной служебной информации для организации маршрутизации, а также времени поиска необходимого маршрута до узла-адресата в искомой области.

Реактивные протоколы (протоколы по запросу) маршрутизации в Ad Hoc сетях в отличие от проактивных протоколов формируют маршруты до назначения только в случае выполнения запроса на прием/передачу данных. При необходимости выполнить запрос абонентским сетевым узлом-отправителем производится широковещательная рассылка специализированного запроса, предназначенного для узла-адресата, который в свою очередь при получении данного запроса отправляет ответное служебное сообщение с подтверждением нахождения искомого узла в сети. Ответное сообщение от адресата анализируется отправителем, формируя при этом новый маршрут в таблице маршрутизации. В случае если происходит повторный запрос для адресата, маршрут до которого уже существует в таблице маршрутизации, то сразу происходит прямая отправка данных без предварительного обмена служебными сообщениями. Если обнаруживается разрыв маршрута (изменение месторасположения сетевого абонента), то повторно формируется и исполняется алгоритм поиска нового маршрута до сетевого узла-адресата. Преимуществом данного протокола является то, что процесс определения маршрута практически не оказывает влияния на пропускную способность сети. Недостатком является большая задержка при формировании маршрута до узла-адресата и добавление его в таблицу маршрутизации. Представителями реактивных протоколов являются: DSR, AODV.

Протокол DSR (Dynamic Source Routing) был разработан для применения в сетях небольшой размерности и с малым количеством сетевых узлов. При работе протокол используют две специализированные фазы: фаза поиска адресата; фаза поддержки маршрута. Фаза поиска заключается в формировании запроса для установления маршрута и формировании целевого ответного пакета, содержащего маршрут от отправителя до адресата. По пути следования пакета через узлы-ретрансляторы происходит включение идентификатора узла, через который проходит пакет, а затем передача отредактированного пакета следующему узлу. В процессе прохода по структуре сети обеспечивается поиск необходимого узла или узла-ретранслятора, который уже содержит в себе информацию о маршруте до адресата. Если данный протокол используется в сетях, где не происходит частого изменения расположения сетевых узлов, то обеспечивается высокая эффективность поиска маршрута, однако, как только изменяется структура, то сразу увеличивается время поиска маршрута, аналогичное происхо-

дит если в структуре сети присутствует большое количество абонентских узлов.

Протокол AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector) в отличие от DSR был разработан для сетей любой размерности и динамической сложности структуры, за счет совместного применения протоколов DSR и DSDV. Благодаря использованию методов из протокола DSDV всегда имеется информация о соседних узлах-ретрансляторах, которые позволяют значительно уменьшить время поиска маршрута. Преимуществом является минимальное количество переходов между областями абонентов, а также использование списка произведенных опросов абонентов вместо полной информации о маршрутизации, за счет чего уменьшается время поиска. Недостатком является большое значение задержки при первом формировании маршрутизации, т.к. используются и широковещательные рассылки, и фазы поиска и поддержки маршрута.

Гибридные протоколы (комбинированные протоколы) маршрутизации в Ad Hoc применяют совместное использование методов из проактивных и реактивных протоколов. Принцип работы данного типа протоколов заключается в выделении нескольких более мелких структур подсетей из общей структуры, организованной Ad Hoc сети. В получившихся подсетях в качестве основного протокола используют проактивный протокол, а для обеспечения коммутации между подсетями уже используется реактивные протоколы. Такое совместное применение разных типов протоколов позволяет обеспечить эффективный поиск маршрута до адресата в сетях большой размерности, ввиду того что, при получении запроса на прием/передачу данных адресату, необходимо знать лишь маршрут для подсети, где он находится, в не весь маршрут от отправителя до адресата. Пропускная способность сети в случае применения данного типа протоколов также не страдает, т.к. служебная информация о наличии/отсутствии присутствует только в подсетях. Поиск по таблице маршрутизации также занимает мало времени, т.к. происходит взаимодействие с группами подсетей, маршрут до которых был сформирован реактивным протоколом. Представителями гибридных протоколов являются: ZRP, LANMAR.

Протокол ZRP (Zone Routing Protocol) как правило предназначается для обеспечения функционирования маршрутизации в сетевой структуре, в которой абонентские сетевые узлы расположены разреженно. При использовании ZRP вся сеть разделяется на некоторое количество зон маршрутизации. Организация поиска оптимального маршрута в выделенной зоне обеспечивается по средствам проактивного протокола. Непосредственно сам выбор оптимального маршрута производится за счет анализа количества переходов

от соседних узлов до узла-адреса в данной выделенной области. Ключевой особенностью поиска адресата вне выделенной зоны является то, что обеспечивается опрос всех сетевых узлов по периметру нахождения в текущей зоне, именно это позволяет уменьшить нагрузку на пропускную способность сети за счет минимизации количества рассылок специализированной служебной информации, используемой для актуализации данных о маршруте. В своем составе протокол ZRP включает два протокола в соответствии с областью взаимодействия, это протокол IARP (Intrazone Routing Protocol) — внутрizonный протокол маршрутизации; и протокол IERP (Interzone Routing Protocol) — межзональный протокол, целью которого является выбор необходимой выделенной зоны в которой находится искомым адресат, при нахождении узла-отправителя и узла-адресата в разных зонах сети.

Протокол LANMAR (Landmark Routing Protocol) позволяет сформировать сетевые узлы в группы. Формирование данных групп происходит за счет принадлежности абонентских узлов к одному направлению передвижения. Особенностью функционирования является то, что выделенная группа представляется одним узлом — назначается динамически в начальном процессе формирования структуры для сетевого взаимодействия, являющимся реперной точкой при осуществлении пересылки данных. Сам принцип маршрутизации является модифицированным протоколом FSR, отличием от которого выступает состав структуры сети: опорные абонентские узлы и выделенные в подсети узлы-ретрансляторы.

Кроме вышеперечисленных протоколов маршрутизации в настоящее время активно внедряются протоколы маршрутизации, которые обрабатывают данные о текущем географическом местоположении узлов сети, которые получены путем использования различного рода навигационных систем позиционирования объектов. Данный тип протоколов относится к типу LAP (Location Aware Protocols). Примерами таких протоколов выступают: LAR, DREAM.

Протокол LAR (Location Aided Routing) использует анализ приблизительного расположения абонентского узла, формируя при этом предполагаемую область, ограниченную небольшим количеством соседних «абонентских» узлов. Отправка пакетов организуется только в направлении выделенной области адресата, а не на весь объем сетевой структуры. Широковещательная рассылка специализированной служебной информации производится исключительно в случае отсутствия данных о местоположении абонентского узла-адресата. Преимуществом использования данного протокола является высокие показатели связанности сети.

Протокол DREAM (Distance Routing Effect Algorithm for Mobility) совместно использует проактивные и реактивные методы с использованием данных о географическом местоположении и скорости изменения сетевых абонентских позиций. В процессе работы имеется закономерность относительно удаленности и обновления данных: чем дальше находится узел, тем реже производится обновление информации о маршрутизации. Каждый сетевой узел производит отправку специализированных служебных сообщений, анализируя данные о скорости перемещения, чем чаще происходит изменение позиции, тем чаще происходит обновление данных. Из всех реактивных протоколов именно DREAM позво-

ляет достигнуть минимального значения задержки при инициализации процесса маршрутизации, а также минимизировать влияние служебных сообщений на пропускную способность сети.

В результате были рассмотрены способы организации и особенности протоколов маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся Ad Hoc сетях. Проанализировав существующие протоколы можно произвести выбор наиболее оптимального и эффективного протокола маршрутизации, учитывая характер применяемых технологий сетевого проектирования и требуемые характеристики для текущих сетевых абонентских устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Azzedine Boukerche. Algorithms and protocols for wireless, mobile ad hoc networks. — New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009—495 p.
2. Ляхов А.И., Пустогаров И. А., Гудилов А. С. Проблема неравномерного распределения пропускной способности канала в сетях IEEE802.11 // Информационные процессы. — 2008 — Т. 8, № 3 — С. 149–167.
3. Julian Hsu Bhatia. Performance of Mobile Ad hoc Networking Routing Protocols in Large Scale Scenarios / Julian Hsu Bhatia, S. Tang, K. Bagrodia, R. Acriche // IEEE Military Communications Conference. — 2004 — Vol. 1 — P. 21–27.
4. Б. Пол, М. Ибрахим, М. Бикас, А. Насер. 2012 Экспериментальный анализ соединений в протоколах AODV и DSR по сравнению с TCP и CBR в условиях различной скорости и плотности узлов VANET.
5. IEEE802.11s STANDARD for Information Technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment: Mesh Networking [Electronic resource], 2011
6. Джонсон Д., Гу Й., Мальц Д. (2007). Протокол маршрутизации DSR для мобильных ad hoc сетей. RFC4728.
7. Carlos de Moraes Cordeiro. Ad hoc & Sensor Networks, Theory and Applications / Carlos de Moraes Cordeiro, Dharma Prakash Agrawal. — Singapore: World Scientific Publishing Co, 2006—642 p.
8. Perkins Charles E., Bhagwat Pravin. DSDV Routing over a Multihop Wireless Network of Mobile Computers // Ad Hoc Networking / Ed. by Charles E. Perkins. — Addison-Wesley, 2001 — P. 53–74.
9. М. Сабанани, Р.А.Х.А.С. Раэд, А. Х. Аль-Сакур, Куркуши. 2014 Расширенный протокол маршрутизации AODV для сетей Manet. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Т. 9, стр. 153–159.

© Савинов Сергей Владимирович (conf-mail@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»