

УДК 621.396

Э.С. Зацепин

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОКОЛОВ В MESH-СЕТЯХ

*Воронежский институт высоких технологий*

*В работе дан анализ особенностей протоколов маршрутизации, которые могут быть использованы в беспроводных сетях, которые ориентированы на применение топологии mesh. Рассматривались характеристики, связанные со скоростью формирования маршрутов, число применяемых узлов, необходимость приема абонентами в мультимедийного трафика. Показано, что для больших сетей, в которых мобильные абоненты используют трафик реального времени, эффективно применять гибридные протоколы.*

**Ключевые слова:** протокол, mesh-сети, характеристика, эффективность

**Введение.** В настоящее время идет развитие информационных сетей, которые организуются в Mesh топологии и их используют для различных практических приложений. Mesh-сети дают возможности организации как локальных LAN так и городских сетей MAN, также хорошо осуществляется интеграция для глобальных сетей, что представляет собой привлекательный фактор для тех, кто применяет сети в производстве [1-7].

В существующих условиях mesh сети строят на основе того беспроводного стандарта WiFi, который достаточно распространен, кроме этого, привлекают распространенный беспроводной стандарт передачи данных, относящийся к третьему поколению 3g - WCDMA, WiMax.

Среди основных задач появляющихся при осуществлении разработок и построении беспроводных Mesh сетей, можно отметить оптимизацию по потокам трафика, и увеличение значений пропускной способности в каналах связи, обеспечение требований по безопасности [8-13].

Целью работы является рассмотрение особенностей существующих протоколов, предназначенных для того, чтобы осуществлять маршрутизацию в mesh сетях.

**Архитектура mesh - сетей.** Беспроводные Mesh-сети представляют собой сетевую топологию [14], в ней идет объединение всех устройств в общую сеть, на основе множества соединений (в ряде случаев они избыточны).

В архитектуре Mesh сетей применяется децентрализованная топология, в которой для каждого узла сети можно рассматривать его не только в виде точки доступа, но и при этом в нем реализованы функции ретранслятора и маршрутизатора. Исходя из того, что существуют такие особенности, возникают возможности для того, чтобы создать высокоскоростную самоустанавливающуюся и самоорганизующуюся беспроводную сеть.

Mesh - сети можно рассматривать в виде совокупности кластеров, которые могут содержать в себе от 8 до 16 точек доступа, одну из них считают как узловую. Производят подключение узловой точки доступа (gateway) к проводным (электрическим или оптическим) магистральным каналам, а также осуществляется соединение с другими точками доступа. В качестве недостатка таких сетей можно отметить применение промежуточных объектов для того, чтобы передавать данные, при этом может возникнуть влияние на характеристики качества по передаваемому трафику в реальном времени (для потокового видео, голосовой или видеосвязи). Поэтому можно увидеть ограничения для максимального количества точек доступа по одному кластеру. Указанные ограничения, кроме того, могут быть связаны с тем, что есть ограниченное количество радиоканалов (для некоторых странах - до 11) и количество непересекающихся каналов (не более, чем 3). Как особенности в Mesh - сетях можно отметить то, что существуют протоколы, использующие специальные алгоритмы, дающие возможности для точек доступа по созданию списков абонентов сети при контроле состояния транспортного канала и поддержке параметров для того, чтобы была оптимальная динамическая маршрутизация трафика по кратчайшим, или наиболее качественным путям среди соседних точек. Когда наблюдается отказе какой либо точки, то будет происходить автоматическое перераспределение по трафику для других маршрутов, что дает гарантию не просто передачи трафика для адресатов, но и передачи с параметрами минимальной задержки [15].

Проведение выбора оптимального пути для Mesh сетей происходит исходя из того, какие критерии пути (рассматривают длину, надежность пути); критерии в канале связи (рассматривают параметры задержек, пропускной способности, загрузок).

В качестве достаточно распространенной метрики можно считать длину пути. Ее рассматривают как сумму по относительным длинам каналов при движении от источника сигнала к получателю (Рис.1). В некоторых протоколах есть возможности для присвоения в канале (длина в один шаг) произвольной длине. В других протоколах учитывается лишь число шагов, которые связаны с количеством сетевых устройств, которые минует пакет при своем движении [16].

### **Особенности маршрутизации и алгоритмы маршрутизации в Mesh сетях.**

Можно считать, что технологии mesh-сетей в существующих условиях находятся в стадии доработок, так как возникают новые способы и алгоритмы маршрутизации. Проведение оценки по параметрам производительности в разных протоколах представляет собой важную проблему при осуществлении разработок новых и внедрении мер по

модернизации уже используемых протоколов маршрутизации. Как инструмент исследования применяют математическое моделирование, элементы эмуляции и экспериментальные исследования с реальными системами. Достаточно популярный и удобный эмулятор, который распространяется по лицензии GPL, можно назвать систему NS-3 [17].

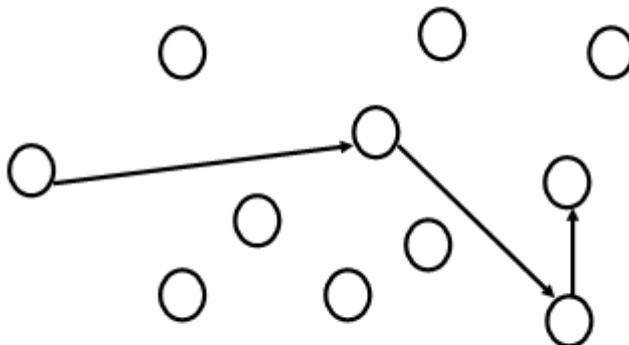


Рис. 1. Длина пути в сети.

Когда проводят разработку протоколов маршрутизации, то большое внимание следует уделять алгоритмам, связанным с построением оптимальных маршрутов. Основные принципы работы подобных алгоритмов основываются на том, что происходит адаптация известных протоколов и способов, позволяющих осуществить статическую и динамическую маршрутизацию в централизованных беспроводных, электрических и оптоволоконных сетях, и основных принципов, которые характерны и наблюдаются в биологических и природных процессах: генетические алгоритмы, механизмы движения муравьев.

**Протоколы маршрутизации беспроводных mesh - сетей.** Особенностью протоколов маршрутизации является то, что они являются сетевыми протоколами, отвечающими за осуществление поиска пути, который будет использован для передачи информации. Можно сделать разделение протоколов маршрутизации по двум большим классам: проактивные и реактивные.

Для проактивных протоколов, когда идет изменение в топологии сети происходит инициирование широковещательной рассылки сообщений о том, что эти изменения произошли. Хранение всех маршрутов видно в памяти по каждому узлу и он имеет возможности для их использования, тогда, когда это необходимо. Поскольку, что, фактически, в каждом узле мы наблюдаем граф связности сети, то можем построить кратчайший

маршрут, например, на основе алгоритма Дейкстры. К проактивным протоколам могут быть отнесены – TBRPF (Topology dissemination base on reverse-path forwarding), FSR (Fisheye State Routing), OLSR (Link State Routing Protocol) [18].

Для реактивных протоколов маршрутизации наблюдают существование маршрутов лишь в тех случаях, когда они требуются, когда они используются для процессов передачи данных. Если есть необходимость в передаче от данного узла, то источником осуществляется широковещательная рассылка сообщений — зондов. При их обработке, промежуточные узлы делают добавление маршрута к узлу источнику (говорят об обратном маршруте), и осуществляют продолжение его широковещательной рассылки. При достижении сообщением — зондом узла назначения, им формируется сообщение-подтверждение и оно отправляется по тому обратному маршруту, который уже сформирован. Среди реактивных маршрутов можно отметить – AODV (Ad-hoc On demand Distance Vector Routing), DSR (Dynamic Source Routing), LMR (Lightweight Mobile Routing), TORA (Temporally-Ordered Routing Algorithms) [19].

В гибридных протоколах происходит комбинирование механизмов проактивных и реактивных протоколов. Во многих случаях в них происходит разбиение сети на совокупность подсетей, внутри них работает проактивный протокол, а они взаимодействуют между собой посредством реактивных методов. Для крупных сетей это дает возможности к сокращению размеров таблиц маршрутизации, находящихся в узлах сети, поскольку им требуется иметь информацию о точных маршрутах только для узлов подсетей, к которым они относятся. Кроме того, идет сокращение и объема служебной информации, которая рассылается по сети, поскольку базовую ее часть распространяют только в рамках подсетей. Среди часто используемых гибридных протоколов можно отметить HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) [20].

То есть, можно наблюдать большое число стандартов и протоколов при осуществлении реализации беспроводных Mesh сетей. Среди них можно выделить довольно распространенные, такие как OLSR и HWMP, но при этом и они имеют значительные недостатки.

OLSR демонстрирует неплохие результаты для крупных и сложных сетей, небольшую задержку для соединений, но неэффективным образом расходуется энергия по неактивным устройствам.

В HWMP даже при характеристиках гибкости и простоты развертывания используются не очень эффективные способы, для того, чтобы передавать трафик в топологии сетей.

В технологии беспроводных mesh-сетей в существующих условиях происходят доработки и модернизации, некоторыми ведущими фирмами

мира предлагаются свои разработки, но, при этом ими используются запатентованные закрытые протоколы.

Фирмой Cisco Systems была разработана сетевая платформа Cisco Aironet 1520. На основе сетевого оборудования фирмы применяется протокол маршрутизации, который запатентован - это AWPP (Cisco's Adaptive Wireless Path Protocol). Нет данных по алгоритмам и принципам протокола, но если ориентироваться на известные данные, то он использует проактивную версию HWMP. Как корневой узел работает специальный контроллер беспроводной сети - Cisco Wireless LAN Controller [21].

Также Microsoft был разработан протокол LQSR (Link Quality Source Routing), который основан на алгоритме DSR (Dynamic Source Routing), он похож на Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV), но в нем применяют маршрутную таблицу источника, а не промежуточных узлов [21].

**Проведение сравнения по протоколам маршрутизации mesh сетей.** В [22] проводятся работы по сравнительной характеристике протоколов маршрутизации для mesh-сетей с точки зрения зависимости от того, какое количество узлов, при этом используют результаты работы системы имитационного моделирования NS-3. На основе полученных результатов есть возможность сделать вывод, что в случае небольших сетей (которые имеют не более 16 узлов) демонстрируют неплохие результаты протоколы HWMP, AODV, OLSR. Когда строят большие сети то эффективный протокол – HWMP. Для протоколов AODV, OLSR в сетях, в которых количество узлов более, чем 16, требуется больше временных ресурсов (больше, приблизительно, на 0,2 секунды) для того, чтобы построить маршрут. Можно сказать, что для сетей, имеющих большое количество абонентов, которым требуется трафик реального времени (потокковая передача для видео и аудиоданных) довольно неплохим вариантом является гибридный протокол HWMP.

В работе [23] авторами проводился сравнительный анализ между реактивным и проактивным способом, в зависимости от того, какое количество узлов, и какова их мобильность.

Авторы выяснили, что применение лишь проактивных способов, или применение лишь реактивных способов, может считаться эффективным только для определенных сценариев: для неподвижных сетей, которые имеют высокую плотность станций проактивные способы рассылки показывают хорошие результаты, для мобильных сетей, имеющих низкую плотность станций реактивные способы более эффективны; когда высокая загруженность сети со стороны пользовательского трафика, то можно говорить об использовании проактивного способа, когда низкая загруженность, то можно рекомендовать реактивные. Указанная

информация свидетельствует о том, что важно применять гибридный способ для того, чтобы осуществлять рассылку сетевой информации, он будет группировать реактивные и проактивные подходы.

**Вывод.** В работе проанализированы используемые протоколы маршрутизации для современных mesh-сетей. После рассмотрения разных подходов показано, что для применения mesh сети по отношению к разным приложениям необходимо использовать гибридный протокол. Можно изменить характеристики для гибридного протокола, ориентируясь на то какие запросы и требования в конкретной группе пользователей. Например, это может быть использовано многих мобильных пользователей, которые нуждаются в больших объемах передаваемой информации в реальном времени (говорят о потоковом видео, речи т.д.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фомина Ю.А., Преображенский Ю.П. Принципы индексации информации в поисковых системах / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 98-100.
2. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 79-81.
3. Иванов М.С., Преображенский Ю.П. Разработка алгоритма отсечения деревьев / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 031-032.
4. Зазулин А.В., Преображенский Ю.П. Особенности построения семантических моделей предметной области / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 026-028.
5. Завьялов Д.В. О применении информационных технологий / Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 71-72.
6. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.
7. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
8. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.
9. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.

10. Дешина А.Е., Ушкин И.А., Чопоров О.Н. Интегральная оценка общего риска при синтезе иткс на основе параметров риска ее компонентов / Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 510-513.
11. Попов Е.А., Корнеева Н.Н., Чопоров О.Н., Заряев А.В. Риск-анализ информационно-телекоммуникационных систем при аддитивном характере параметра нерегулярности / Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 482-485.
12. Дешина А.Е., Чопоров О.Н., Разинкин К.А. Информационные риски в мультисерверных системах: выбор параметров системы защиты / Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 3. С. 365-370.
13. Душкин А.В., Чопоров О.Н. Декомпозиционная модель угроз безопасности информационно-телекоммуникационным системам / Информация и безопасность. 2007. Т. 10. № 1. С. 141-146.
14. Ляхов А.И., Пустогаров И.А., Шпилев С.А. Многоканальные mesh-сети: анализ подходов и оценка производительности / Информационные процессы, Том 8, № 3, стр. 173-192.
15. Попков Г. В. Mesh-сети: перспективы развития, возможные применения Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 2012.
16. Абляимова З.С., Уразалиева Д.М. Маршрутизация в mesh сетях на основе хаотических радиоимпульсов, IV Всероссийская конференция "Радиолокация и радиосвязь" - ИРЭ РАН, 29 ноября -3 декабря 2010 г., с.457-461.
17. IEEE 802.11s Mesh Networking Evaluation under NS-3, Marc Esquius Morote, 2011.
18. Jacquet, P. Optimized Link State Routing Protocol for Ad Hoc Networks / P. Jacquet et al. // Proc. IEEE Int'l MultiTopic Conf., 2001. - IEEE Press, 2001. - P. 62-68.
19. Mina Vajed Khiavi, Shahram Jamali, Sajjad Jahanbakhsh Gudakahriz Performance Comparison of AODV, DSDV, DSR and TORA Routing Protocols in MANETs / International Research Journal of Applied and Basic Sciences. Vol., 3 (7), 1429-1436, 2012.
20. International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE 2012), 3-5 July 2012, Kuala Lumpur, Malaysia.
21. Cisco Wireless Mesh Access Points, Design and Deployment Guide, Release 7.0 URL: [http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/technology/mesh/7.0/design/guide/MeshAP\\_70.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/technology/mesh/7.0/design/guide/MeshAP_70.html) (Дата обращения 29.03.2015.)
22. Чабанный А.А. Сравнение протоколов маршрутизации беспроводных mesh сетей // Сучасн проблеми радотехники та телекомункац\_й "РТ - 2012": Матерали 8-ої м\_жнар. молод\_жної наук.-техн. конф., Севастополь 23 - 27 кв\_тня 2012 р. / М-во освти науки, молод та

- спорту України, Севастоп. нац. техн. ун-т; наук. ред. Ю.Б.Гмплевич. - Севастополь: СевНТУ, 2012.
23. Ляхов А.И., Некрасов П.О., Островский Д.М., Сафонов А.А., Хоров Е.М. Анализ совместного использования проактивного и реактивного методов распространения сетевой информации в многошаговых беспроводных сетях // Информационные процессы, Том 12, № 3, 2012, стр. 198-212.

E.S. Zatsepin

## THE CHARACTERISTICS OF PROTOCOLS IN MESH-NETS

*Voronezh institute of high technologies*

*In the paper the analysis of features of protocols of routing which that can be used in wireless networks which are focused on application of topology of mesh is given. The characteristics connected with the speed of formation of routes, number of the applied knots, need of reception by subscribers in a multimedia traffic were considered. It is shown that for big networks in which mobile subscribers use a traffic of real time, it is effectively to apply hybrid protocols.*

**Keywords:** protocol, mesh-networks, characteristic, efficiency.