

УДК 004.732

ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В MESH-СЕТЯХ

Зацепин Э.С.

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: ed289@mail.ru

Проведен анализ характеристик протоколов маршрутизации, в беспроводных сетях использующих топологию mesh. Учитывались такие характеристики, как скорость построения маршрута, количество используемых узлов, потребности абонентов в мультимедийном трафике. Установлено, что в больших сетях, с мобильными абонентами и использованием трафика реального времени, наиболее эффективны гибридные протоколы.

Ключевые слова: протоколы, трафик, mesh-сети, топология

CHARACTERISTICS OF PROTOCOLS IN MESH-NETWORKS

Zatsepin E.S.

«Voronezh Institute of High Technologies», Voronezh, e-mail: ed289@mail.ru

The analysis of the characteristics of routing protocols in wireless networks using a topology mesh is given. The characteristics such as the speed of building route number used nodes needs subscribers multimedia traffic are taken into account. It was found that in large networks, with mobile subscribers and using real-time traffic, the most efficient are hybrid protocols.

Keywords: protocols, traffic, mesh-network, topology

Информационные сети, организованные по Mesh топологии, в последнее время становятся более востребованными, и находят большее применение в современной жизни. Mesh-сети позволяют организовывать как локальные LAN и городские сети MAN, так и легко интегрируются в глобальных сетях, что является привлекательным фактором для пользователей [5]. В настоящее время mesh сети строятся с использованием распространенного беспроводного стандарта WiFi, а также распространенного беспроводного стандарта передачи данных третьего поколения 3g – WCDMA, WiMax. Основные задачи, которые возникают при разработке и построения беспроводных Mesh сетей – оптимизация потоков трафика, и повышение пропускной способности каналов связи.

Целью работы является анализ существующих протоколов маршрутизации в mesh сетях.

Архитектура mesh-сетей. Беспроводная Mesh-сеть является сетевой топологией [23], в которой все устройства объединены в единую сеть, посредством множества (иногда избыточных) соединений [18].

Архитектура Mesh-сетей использует децентрализованную топологию, где каждый узел сети является не только точкой доступа, но и несет функцию ретранслятора и маршрутизатора. В связи с такими особенностями, появляется возможность создания вы-

сокоскоростной самоустанавливающейся и самоорганизующейся беспроводной сети.

Mesh-сети представляют собой совокупность кластеров, каждый из которых может включать в себя от 8 до 16 точек доступа, одна из которых является узловой. Узловая точка доступа (gateway) подключается к проводному (электрическому или оптическому) магистральному каналу, но и соединяется с остальными точками доступа [10]. Недостаток подобных сетей заключается в использовании промежуточных пунктов передачи данных, что может повлиять на качество передаваемого трафика реального времени (потокоевое видео, голосовая или видеосвязь). Вследствие этого существуют ограничения в максимальном количестве точек доступа одного кластера [11]. Данные ограничения дополнительно могут быть обусловлены конечным количеством радиоканалов (в некоторых странах до 11) и количеством непересекающихся каналов (до трех) [21, 17]. Особенность Mesh – сети заключается в протоколах, использующих специальные алгоритмы, которые позволяют точкам доступа создавать списки абонентов сети с контролем состояния транспортного канала и поддержкой оптимальной динамической маршрутизации трафика по кратчайшему, или наиболее качественному пути между соседними точками. При отказе какой либо точки происходит автоматическое перераспределение трафика по другим маршру-

там, что гарантирует не просто передачу трафика адресату, но и передачу с минимальной задержкой [11].

Оптимальный путь в Mesh-сети выбирается на основе критериев пути (длина, надежность пути); критериев канала связи (задержки, пропускной способности, загрузки).

Наиболее распространенной метрикой является длина пути. Длина пути – сумма относительных длин каналов на протяжении пути от источника к адресату. Некоторые протоколы позволяют присвоить каналу (длина в один шаг) произвольную длину. Другие протоколы учитывают только число шагов – количество сетевых устройств, через которые должен пройти пакет на своем пути [1].

Маршрутизация и алгоритмы маршрутизации в Mesh сетях

Технология mesh-сетей в настоящее время находится в стадии доработки, поскольку появляются новые методы и алгоритмы маршрутизации. Оценка параметров производительности различных протоколов является важной задачей при разработке новых и модернизации уже имеющихся протоколов маршрутизации. В качестве инструмента исследования используются математическое моделирование, эмуляция и эксперименты с реальной системой. Наиболее популярным и удобным эмулятором, распространяемым по лицензии GPL, является система NS-3 [5, 20].

Особенное внимание при разработке протоколов маршрутизации уделяется алгоритмам построения оптимальных маршрутов. Принцип работы таких алгоритмов основан на адаптации известных протоколов и методов статической и динамической маршрутизации централизованных беспроводных, электрических и оптоволоконных сетей, и принципов биологических и природных процессов: генетических алгоритмов [12], механизма поведения муравьев [14].

Протоколы маршрутизации беспроводных mesh-сетей. Протоколы маршрутизации – сетевые протоколы, отвечающие за поиск пути, по которому будет передаваться информация. Протоколы маршрутизации можно разделить в два больших класса: проактивные и реактивные.

В проактивных протоколах при изменении топологии сети инициируется широковещательная рассылка сообщений об этих изменениях. Все маршруты хранятся в памяти каждого узла и он может воспользоваться ими в любой момент. В виду того, что, фактически, каждый узел имеет граф

связности сети, возможно построение кратчайшего маршрута, к примеру, по алгоритму Дейкстры [6]. К проактивным протоколам относятся – TBRPF (Topology dissemination base on reverse-path forwarding), FSR (Fisheye State Routing), OLSR (Link State Routing Protocol) [16].

В реактивных протоколах маршрутизации маршруты существуют только тогда, когда они необходимы, то есть когда по ним ведется передача данных. При необходимости передать данный узел источник начинает широковещательную рассылку сообщения – зонда. Обработывая его, промежуточные узлы добавляют маршрут к узлу источнику (обратный маршрут), и продолжают его широковещательную рассылку. Когда сообщение – зонд доходит до узла назначения, он формирует сообщение-подтверждение и отправляет его по уже сформированному обратному маршруту. К реактивным маршрутам относятся – AODV (Ad-hoc On demand Distance Vector Routing), DSR (Dynamic Source Routing), LMR (Lightweight Mobile Routing), TORA (Temporally-Ordered Routing Algorithms) [2].

Гибридные протоколы комбинируют механизмы проактивных и реактивных протоколов. Как правило, они разбивают сеть на множество подсетей, внутри которых функционирует проактивный протокол, а взаимодействие между ними осуществляется реактивными методами. В крупных сетях это позволяет сократить размеры таблиц маршрутизации, которые ведут узлы сети, так как им необходимо знать точные маршруты лишь для узлов подсети, к которой они принадлежат. Также сокращается и объем рассылаемой по сети служебной информации, так как основная ее часть распространяется лишь в пределах подсетей. Один из самых известных гибридных протоколов носит название HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) [19].

Таким образом, существует множество стандартов и протоколов реализации беспроводных Mesh сетей. Среди них самые известные это OLSR и HWMP, тем не менее и они обладают значительными недостатками. OLSR показывает хорошие результаты в крупных и сложных сетях, маленькую задержку при соединениях, но неэффективно расходует энергию неактивных устройств. HWMP несмотря на гибкость и простоту развёртывания использует не самые эффективные пути передачи трафика в топологии сети.

Технология беспроводных mesh-сетей в настоящее время дорабатывается и модернизируется, некоторые ведущие фирмы мира предлагают свои разработки, но, к со-

жалению, они используют запатентованные закрытые протоколы.

Фирма Cisco Systems разработала сетевую платформу Cisco Aironet 1520. На сетевом оборудовании фирмы используется запатентованный протокол маршрутизации AWPP (Cisco's Adaptive Wireless Path Protocol). Алгоритмы и принципы протокола скрыты, однако по некоторым данным он основан на проактивной версии HWMP. Функцию корневого узла выполняет специальный контроллер беспроводной сети – Cisco Wireless LAN Controller [15].

В свою очередь Microsoft разработала протокол LQSR (Link Quality Source Routing), основанный на алгоритме DSR (Dynamic Source Routing), похожий на Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV), но в котором используется маршрутная таблица источника, а не промежуточных узлов [15].

Сравнение протоколов маршрутизации mesh-сетей. В работе [13] приведена сравнительная характеристика протоколов маршрутизации в mesh-сетях в зависимости от количества узлов, полученная с помощью системы имитационного моделирования NS-3. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для небольших сетей (до 16 узлов) хорошие результаты показывают HWMP, AODV, OLSR. При построении больших сетей эффективным протоколом является HWMP. Протоколы AODV, OLSR в сетях с количеством узлов больше 16, требуют больше времени (примерно на 0,2 секунды) для построения маршрута. Можно сделать вывод, что в сетях с большим количеством абонентов, нуждающихся в трафике реального времени (поток видео и аудиоданных) наиболее приемлем гибридный протокол HWMP.

В работе [9] проведен сравнительный анализ реактивного и проактивного способа, в зависимости от количества узлов, и их мобильности.

Установлено, что использование только проактивного способа, как и использование только реактивного способа, эффективно лишь в определенных сценариях: в неподвижных сетях с высокой плотностью станций проактивный способ рассылки показывает высокий результат, в мобильных сетях с низкой плотностью станций реактивный способ эффективнее; при высокой нагрузке сети пользовательским трафиком имеет смысл использование проактивного способа, при низкой – реактивного. Всё это говорит о том, что необходимо использовать гибридный способ рассылки сетевой информации, который бы объединял в себе реактивный и проактивный способы. Ме-

тодика исследования основана на критерии качества передачи мультимедийной информации.

Вывод. В работе проведен анализ используемых протоколов маршрутизации в современных mesh сетях. В результате показано, что для использования mesh сети в рамках широкого круга приложений целесообразно применять гибридный протокол. Характеристики гибридного протокола могут быть изменены в зависимости от запросов и требований конкретной группы пользователей. В частности для большого количества мобильных пользователей, которым необходимы большие объемы трафика в реальном времени (поток видео, речь).

Список литературы

1. Абляимова З.С., Уразалиева Д.М. Маршрутизация в mesh сетях на основе хаотических радиоимпульсов // IV Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь», 2010, № 4, С.457-461
2. Афанасьев А. Л. Многокритериальная многопутевая маршрутизация в mesh-сетях. // Связь и телекоммуникации – инновационное развитие регионов: науч.-техн. конф., (Воронеж, 31март. -1 апр. 2011 г.), Воронеж, 2011.
3. Винокуров В.М., Пуговкин А.В., Пшенников А.А., Ушарова Д.Н., Филатов А.С. Маршрутизация в беспроводных мобильных Ad hoc-сетях, // Доклады ТУСУРа, 2010, № 2 (22), часть 1, С. 288-292
4. Головинов С.О., Преображенский А.П., Львович И.Я. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской застройке на основе комбинированного алгоритма // Телекоммуникации. 2010. № 7. С. 20-23.
5. Еремин, В. С. Методы маршрутизации в беспроводных mesh сетях. перспективные протоколы передачи данных // Беспроводные сети передачи данных. Омский выпуск. Университет : сб. докл. науч.-практ. конф., 2010, С. 28-33
6. Кузнецов Н. А., Фетисов В. Н. Алгоритм Дейкстры с улучшенной робастностью для управления маршрутизацией в IP-сетях // Автоматика и телемеханика, 2008, № 2, С. 80–85
7. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи // Информационные технологии. 2011. № 8. С. 40-42.
8. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи // Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. Т. 17. № 1. С. 32-35.
9. 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, 2012, Том 12, № 3, С. 198-212.
10. Осипов И.Е. Mesh-сети: технологии, приложения, оборудование // Технологии и средства связи, № 4 сентябрь–октябрь, 2006. URL: <http://www.govrn.ru/wps/wcm/connect/c663d780469f55cd9205bb2a5a3fa11b/Doklad-Afanaciev.doc?MOD=AJPERES> (дата обращения: 25.08.2013)
11. Попков Г. В. Mesh-сети: перспективы развития, возможные применения // Проблемы информатик: ежекварт.

научн. журн. март 2012 г. URL: <http://www.problem-info.ru/2012-3/9.pdf> (дата обращения: 25.08.2013).

12. Чабанный А.А. Маршрутизация в беспроводных mesh сетях на основе генетических алгоритмов // Пошук молодих. Збірник наукових праць XII науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 17-20 квітня 2012 р., Донецьк 2012 г., С. 111-113 URL: <http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/16088> (дата обращения: 25.08.2013).

13. Чабанный А.А. Сравнение протоколов маршрутизации беспроводных mesh сетей // Сучасн проблеми радотехники та телекомункації «РТ – 2012»: Матеріали 8-ої міжнародної молодіжної наук.-техн. конф., Севастополь 23 – 27 квітня 2012 р, Севастополь 2012 г. URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2012/fkita/chabanniy/library/article1.htm> (дата обращения: 25.08.2013).

14. Bokhari F. Zaruba G. The use of smart ants for efficient routing in wireless mesh networks // International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 4, No. 2, April 2012, С. 113 – 134.

15. Cisco Wireless Mesh Access Points, Design and Deployment Guide, Release 7.0: оф. сайт. URL: http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/technology/mesh/7.0/design/guide/MeshAP_70.html (дата обращения 24.08.2013.).

16. Jacquet, P. Optimized Link State Routing Protocol for Ad Hoc Networks Proc. IEEE Int'l MultiTopic Conf., 2001. – IEEE Press, 2001. – С. 62-68.

17. Kaabi F., Ghannay S., Filali F. Channel Allocation and Routing in Wireless Mesh Networks: A survey and qualitative comparison between schemes // International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol.2, No.1, February 2010, С. 132-150

18. Lamme T., Potter D., Chellis J. CCNA: Cisco certified network associate // Network press, 1998, С. 538.

19. Lumpur K. IEEE Performance Study of Hybrid Wireless Mesh Protocol(HWMP) for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks // International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE 2012), 3-5 July 2012, С. 48-52.

20. Morote M. E. IEEE 802.11s Mesh Networking Evaluation under NS-3 // Escola Tecnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacio de Barcelona, Abril 2011, С. 111

21. Raniwala A., Gopalan K., Chiueh T. Centralized Channel Assignment and Routing Algorithms for Multi-Channel Wireless Mesh Networks, С.50-62

22. Sgora A., Vergados D. D. Wireless Mesh Routing Protocols For Health Communication Systems // University of the Aegean Department of Information and Communication Systems Engineering GR-832 00.-2007.– p. 261.

23. White Paper: Applying Mesh Networking to Wireless Lighting Control // Daintree Networks, Inc. USA, URL: <http://www.daintree.net/downloads/whitepapers/mesh-networking.pdf> (дата обращения 24.08.2013).