*Название рубрики: Вычислительные системы*

УДК 004.584:004.855.5:004.855.6

**Информационные модели беспроводных сетей …**

**Д.А.Паккерт\*, Е.А.Черкашин\* \*\* \*\*\***

\*Иркутский государственный технический университет,   
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.  
\*\*Институт динамики систем и теории управления СО РАН,  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134.  
\*\*\*Институт математики, экономики и информатики ИГУ,  
664003, г. Иркутск, бульв. Гагарина, 20.

В статье приведен обзор информационных технологий в области управления передачей информации в беспроводных сетях. Представлены системы классификации беспроводных сетей и методов маршрутизации. Выделены основные проблемы, требующие решения, как на этапе разработки рекомендательных систем, так и на этапе их эксплуатации.

Библиогр. 14 назв.

Ключевые слова: *беспроводные сети; WiFi; Bluetooth; протоколы маршрутизации; поиск пути на графах.*

**Диана Андреевна Паккерт**, магистрант кафедры вычислительной техники,   
тел.: +7 983 409 90 89, e-mail: x-file.exe@yandex.ru

**Евгений Александрович Черкашин** кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники  
тел.: +79148706754, e-mail: eugeneai@icc.ru

# Введение

*Беспроводные сети* — это вычислительные сети, которые используют радиоволны в качестве физического (L1) уровня передачи информации. В беспроводных сетях выделяют особый класс распределенных, одноранговых сетей, состоящих из отдельных узлов (ячеек) – класс *Mesh-сетей*. Каждый узел такой сети – это сетевое устройство, которым выступают рабочие станции, сервера и маршрутизаторы. Как правило, каждый узел в Mesh-сети имеет одинаковые полномочия связи с любым другим узлом.

Беспроводные сети классифицируются на настраиваемые и самоорганизующиеся. Настраиваемые сети при активизации требуют выполнения отдельного этапа конфигурирования ячеек, а самоорганизующиеся при подключении оборудования ячеек автоматически производят настройку соединения с существующими узлами и, затем, самостоятельный выбор маршрута передачи информации. Основным преимуществом Mesh-сетей является возможность их быстрой развертки, например, в случае стихийного бедствия, и относительной независимости от провайдеров. Среди недостатков выделяются прямая зависимость качества сети от количества узлов. Чем меньше участников, тем менее стабильно функционирует сеть.

Со времени появления WiFi (1998 год) в мире построено и действует более пятидесяти Mesh-сетей. Развитие технологий беспроводных сетей является фундаментальной основой развития Интернета вещей (Internet of Things, IoT), где приоритетными направлениями являются:

• интеллектуальные счетчики (газ, вода и энергопотребление);

• интеллектуальные энергосистемы (Smart-grid, для России с ее недрами это малоактуально, а вот на Западе...);

• мониторинг окружающей среды и сельскохозяйственных угодий (температура, влажность, ветер, уровень воды, загрязнение окружающей среды, состояние животных, обнаружение лесных пожаров и т.д.);

• автоматизация производственных процессов (добыча и переработка нефти, руды; химическая и фармацевтическая промышленность и т.д.);

• системы здравоохранения / фитнес-система (удаленное измерение кровяного давления, частоты сердечных сокращений, веса);

• система ухода за пожилыми людьми и новорожденными;

• умный дом.

Маршрутизация (англ. Routing) — процесс определения маршрута следования пакетов данных в сетях связи. Маршрутизация разделяется на статическую и динамическую, причем в Mesh-сетях используется преимущественно динамическая маршрутизация ввиду их динамической природы. Стратегия маршрутизации реализуется *алгоритмами маршрутизации* [1]. То, как каждый маршрутизатор принимает решение называется *алгоритмом пересылки* [1]. *Протокол маршрутизации* – сетевой протокол, используемый маршрутизаторами для определения возможных маршрутов следования данных в составной компьютерной сети [1].

Выбор алгоритма маршрутизации в конкретной сети должен обеспечивать требуемый уровень качества облуживания (quality of service, QoS), т.е. сеть связи соответствует заданному соглашению о стратегии организация трафика данных [1,2]. В узком техническом смысле термином QoS обозначают набор средств управления ресурсами пакетных сетей.

**Маршрутизация информации в динамической беспроводной сети**

Алгоритмы и протоколы маршрутизации классифицируются по типам.

Статические или динамические. Статические алгоритмы представляют свод правил работы со статическими таблицами маршрутизации, которые настраиваются администраторами сети. Хорошо работают в случае предсказуемого трафика в сетях стабильной конфигурации. Динамические алгоритмы маршрутизации подстраиваются к изменяющимся обстоятельствам сети в масштабе реального времени. Они выполняют это путем анализа поступающих сообщений об обновлении маршрутизации. Если в сообщении указывается, что имело место изменение сети, программы маршрутизации пересчитывают маршруты и рассылают новые сообщения о корректировке маршрутизации. Такие сообщения пронизывают сеть, стимулируя маршрутизаторы заново прогонять свои алгоритмы и соответствующим образом изменять таблицы маршрутизации. Динамические алгоритмы маршрутизации могут дополнять, где это уместно, статические маршруты.

Одномаршрутные или многомаршрутные алгоритмы. Некоторые сложные протоколы маршрутизации обеспечивают множество маршрутов к одному и тому же пункту назначения. Такие многомаршрутные алгоритмы делают возможной мультиплексную передачу трафика по многочисленным линиям, одномаршрутные алгоритмы не могут делать этого. Многомаршрутные алгоритмы могут обеспечить значительно большую пропускную способность и надежность.

Одноуровневые или иерархические алгоритмы. Отличаются по принципу взаимодействия друг с другом. В одноуровневой системе маршрутизации все рутеры равны по отношению друг к другу. В иерархической системе маршрутизации пакеты данных перемещаются от роутеров нижнего уровня к базовым, которые осуществляют основную маршрутизацию. Как только пакеты достигают общей области пункта назначения, ониперемежаются вниз по иерархии до хоста назначения.

Алгоритмы с маршрутизацией от источника. В системах маршрутизации от источника роутеры действуют просто как устройства хранения и пересылки пакета, без всякий раздумий отсылая его к следующей остановке, они предполагают, что отправитель рассчитывает и определяет весь маршрут сам. Другие алгоритмы предполагают, что хост отправителя ничего не знает о маршрутах. При использовании такого рода алгоритмов роутеры определяют маршрут через сеть, базируясь на своих собственных расчетах.

Внутридоменные или междоменные алгоритмы. Некоторые алгоритмы маршрутизации действуют только в пределах доменов; другие - как в пределах доменов, так и между ними.

Алгоритмы состояния канала и дистанционно-векторные. Алгоритмы состояния канала направляют потоки маршрутной информации во все узлы сети. Каждый роутер отсылает только ту часть известной ему информации, которая описывает состояние его собственных каналов, но всем узлам маршрутизации. Дистанционно-векторные требуют от каждого роутера пересылки всей или части его таблицы но только соседям.

Протоколы маршрутизации подразделяют на две большие группы []: внешние (EGP — Exterior Gateway Protocol) и внутренние (IGP — Interior Gateway Protocol). Протоколы внутренней маршрутизации используются внутри так называемой автономной системы, т.е. группы маршрутизирующих узлов, находящихся под общим управлением. В свою очередь, внутренние протоколы маршрутизации подразделяются на дистанционно-векторные и по состоянию канала. Внешние протоколы предназначены для соединения автономных систем друг с другом.

Для традиционных дистанционно-векторных протоколов применяется следующая стратегия: маршрутизаторы ведут обмен всеми IP-адресами, которые могут быть достигнуты при периодическом обмене данными посредством широковещательных анонсов дистанционных векторов, т.е. «расстояние» до целевого узла, представленное в виде количества промежуточных узлов. Эти широковещательные сообщения рассылаются согласно таймеру обновлений (refresh timer), установленному для каждого сообщения. Таким образом, если истекает срок работы таймера обновлений и при этом поступает новая маршрутная информация, требующая пересылки соседям, этот таймер сбрасывается, и маршрутная информация не пересылается до тех пор, пока срок работы таймера снова не истечет.

В случае, если соединение или определенный маршрут становятся недоступными, то распространение маршрутной информации со сведениями о нерабочем маршруте задерживается на время до окончания срока работы таймера обновления, при этом возникает значительное замедление при обновлении маршрутной информации (конвергенция).

Такие протоколы не подходят для mesh-сетей, так как вся информация широковещательная, сеть может засоряться широковещательным трафиком, что приводит к уменьшению пропускной способности сети, так же критична большая конвергенция, так как mesh-сети постоянно изменяют свою топологию. Не смотря на недостатки такие протоколы существуют, например, AODV и DSDV.

Протоколы по состоянию канала

В протоколах по состоянию канала маршрутизаторы с некоторым количеством маршрутной информации рассылают соседям hello-сообщения. Такие сообщения являются multicast-рассылкой, что уменьшает количество широковещательных сообщений в сети. Так же в случае перестроения сети все узлы значительно быстрее смогут перестроить свои таблицы маршрутизации. Критичным для таких сетей является установка таймеров на одинаковое время, так как постоянная рассылка о том, что узел появился в сети и выбыл из сети, создаст значительную нагрузку на сеть. Примерами таких протоколов для mesh-сетей служат OLSR, TBRPF.

Существует также гибридный протокол динамической маршрутизации- AntNet. Алгоритм маршрутизации AntNet использует алгоритм муравьиной колонии. Роль муравьев выполняют активные агенты. Активный агент – специальный пакет, несущий статистику о состоянии пройденных сетевых каналов. Существуют F-муравьи, собирающие во внутренний стек статистику о состоянии сети, не изменяя таблиц маршрутизации, и B-муравьи, которые создаются, когда F-муравей достигнет узла назначения на его основе. В него копируется накопленный стек F-муравья после чего F-муравей удаляется. B-муравей отправляется обратно к узлу назначения по маршруту F-муравья. Маршрутизаторы извлекают из проходящего B-муравья информацию и обновляют свои таблицы маршрутизации. Каждый маршрутизатор, реализующий AntNet с заданной периодичностью рассылает F-муравьев в различные узлы сети для отслеживания состояния сети.

В mesh-сетях используется преимущественно протоколы по состоянию канала, хотя протоколы дистанционно-векторные проблемы маршрутизации решают лучше в случае двух или более путей к точке назначения.

Проактивные протоколы (табличные) протоколы предполагают создание на каждой мобильной станции таблиц маршрутизации, содержащих информацию обо всех станциях в сети. (DSDV, OLSR, TBRPF, FSR)

Этим резко отличаются от реактивных протоколов, которые строят таблицы маршрутизации, которые строят маршруты между конкретными узлами и только по требованию инициатора передачи. Нежелательны в сети с высоким уровнем трафика – слишком много лавинных рассылок пакетов при очередном поиске маршрута. (DSR, AODV, TORA).

Гибридные протоколы наиболее эффективны в многоуровневых сетях. (HWMP, HDVG, ZRP).

В таблице приведено сравнение различных протоколов маршрутизации для mesh-сетей.

Таблица - Сравнение протоколов mesh-сетей

Zone Based Routing Protocol (ZRP) – протокол маршрутизации на основе зоны – гибридный протокол. Использует два метода маршрутизации – маршрутизация в интрасети (IARP) и маршрутизации между интрасетями (IERP). Такой протокол применим в сотовых сетях, где есть стационарно расположенные вышки, между которыми могут перемещаться клиенты сотовой связи.

# Заключение

В статье приведен краткий литературный обзор исследований в области рекомендательных информационных систем (РС) и примерам областей их применения. В общем виде представлены схемы применения математического обеспечения (методов многомерного анализа данных) на разных этапах решения задач РС и оценки их качества. Выделены основные проблемы, требующие решения как на этапе разработки РС, так и на этапе их эксплуатации:

* пользователи неохотно предоставляют информацию о себе и своих потребностях, либо разработчики РС уделяют мало внимания процессу информационного наполнения профиля пользователя;
* в предметных областях, связанных с большой стоимостью объекта или услуги (где принимается серьезные решения по вложения материальных средств), информационные модели объекта и профиля пользователя сложны по своей структуре и связи компонент структуры, что требует явного представления концептуальной модели предметной области во время выполнения РС как своих основных функций, так и функций предсказания значений атрибутов объекта или профиля пользователя на основе прецедентов;
* для предыдущего пункта важным является также разработка пользовательского интерфейса, позволяющего в удобной для пользователя форме и достаточно гибко задавать запросы к РС, а также визуализировать результаты, предлагаемые РС.

Таким образом, РС, как системы поддержки принятия решения, являются типичным представителем систем искусственного интеллекта, ориентированными, прежде всего, на обработку неполной и противоречивой информации, а также использующими системы, основанные на формализованных знаниях (knowledge-basedsystems).

# Литература

1. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерныесети. 5-е изд. – СПб. : Питер, 2012. — 960 с. : ил. ISBN 978-5-459-00342-0
2. Руководство по междоменной многоадресной маршрутизации. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 320 с. : ил. ISBN 5-8459-0605-9
3. D. Jannach, M. Zanker, A. Felfernig, G. Friedrich. *Recommender Systems: An Introduction*. Cambridge University Press (2010).
4. *Как работают рекомендательные системы*. Лекция в Яндексе / Блог компании Яндекс / Хабрахабр. [Электронной ресурс] URL:https://habrahabr.ru/  
   company/yandex/blog/241455/ (дата обращения: 12.12.2016).
5. Е. Е. Пятикоп. *Исследование метода коллаборативной фильтрации на основе сходства элементов* // НауковіпраціДонНТУСерія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”, вып.2(18), 2013. с.109-114.
6. Е. В. Бритвина. *Сегментирование рекомендательной системы с использованием метода организации соединения «клиент - сервер», основанного на программно-конфигурируемых сетях и применении протокола с быстрым перескоком IP-адреса*. // Современные проблемы науки и образования. № 6. 2015. Электронный научный журнал. URL:https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16875 (дата обращения: 12.12.2016)
7. Б. Р. Авхадеев, Л. И. Воронова, Е. П. Охапкина. *Разработка рекомендательной системы на основе данных из профиля социальной сети «ВКонтакте»* // Вестник Нижневартовского государственного университета. Выпуск № 3. 2014.
8. N. Hossain. Why the Interest Graph Is a Marketer’s Best Friend. URL: http://mashable.com/2012/06/19/interest-graph-marketer/ #Hr95qUR\_7Eqa (дата обращения: 12.12.2016)
9. О. Жернакова. *Системы рекомендаций и поиска видеоконтента* // Телемультимедиа. 2012. URL: http://www.telemultimedia.ru/art.php?id=464 (дата обращения: 12.12.2016)
10. J. Beel, B. Gripp, S. Langer, C. Breitinger. *Research-paper recommender systems: a literature survey* // International Journal on Digital Libraries (2016) 17: 305. doi:10.1007/s00799-015-0156-0. (дата обращения: 12.12.2016)
11. С. А. Амелькин, Д. М. Понизовкин. *Математическая модель задачи top-N для контентных рекомендательных систем*. // Известия МГТУ «МАМИ» No 3(17), 2013, т.2. с. 26-31.
12. Ю. С. Нефедова. *Архитектура гибридной рекомендательной системы GEFEST (Generation–Expansion–Filtering–Sorting–Truncation)* // Системы и средства информатики. 2012, Т.22, вып.2, с.176–196.
13. А.Г. Дьяконов. *Алгоритмы для рекомендательной системы: технология Lenkor // Бизнес-информатика* №1(19) – 2012 г. с. 32-39.
14. П. А. Клеменков. *Построение новостного рекомендательного сервиса реального времени с использованием NoSQL СУБД* // Информатика и ее применения. 2013, Т.7, вып.3, с.14–21.
15. С. А. Амелькин. *Оценка эффективности рекомендательных систем*. // Труды 14-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» — RCDL-2012, Переславль-Залесский, Россия, 15-18 октября 2012 г.
16. А. А. Правиков, В. А. Фомичев. *Разработка рекомендательной системы с естественно-языковым интерфейсом на основе математических моделей семантических объектов*. // Бизнес-информатика № 4(14), 2010. с.3-11.