

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391+0047

Белан
Владислав Анатольевич

Разработка модели беспроводной локальной сети с динамически изменяющейся
топологией

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-45 81 01 Инфокоммуникационные системы и сети

Научный руководитель
Хоменок М. Ю.
Кандидат технических наук, доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

Исходя из текущей динамики развития сетевой инфраструктуры, самоорганизующиеся сети с динамически изменяющейся топологией призваны решать большой круг задач как специального так общетехнического назначения в концепции сетей пятого поколения.

Происходит интенсивное развитие самоорганизующихся сетей связи, в которых абонентами являются не только люди, но и разнообразные автоматические устройства, которые осуществляют информационное взаимодействие друг с другом без прямого участия человека в рамках межмашинной коммуникации (M2M).

В связи с этим, именно технологии беспроводных самоорганизующихся сетей передачи данных имеют огромный потенциал для развития и области применения в числе которых, концепция интернета вещей (Internet of Things, IoT), которая подразумевают всестороннее объединение различных умных вещей (Smart Things) в единую беспроводную сеть для передачи различного рода сообщений.

Характерной особенностью этих сетей является динамическая, не имеющая постоянной структуры переменная топология, формируемая на базе автономных узлов, функционирующих в качестве маршрутизаторов и объединённых в коммуникационную самоорганизующуюся сеть, представляемую в виде произвольного графа. Одним из видов ad-hoc сетей являются мобильные ad-hoc сети (MANET mobile ad-hoc networks) – одноранговые самоорганизующиеся беспроводные сети с переменной топологией и отсутствием четкой инфраструктуры, предназначенные для связи между подвижными объектами. Кроме того, предполагается, что мобильные сети по своей природе являются адаптивными и самоорганизующимися, обеспечивая тем самым высокую гибкость в организации сети.

Минимальное конфигурирование и быстрое развёртывание таких сетей позволяет расширить сферу их применения. Так, сети MANET полезны в поисково-спасательных операциях, на театре военных действий тактического уровня, местах большого скопления людей (например, для обслуживания участников конференций), и там, где нет телекоммуникационной инфраструктуры (например, в экспедициях в удаленные от «цивилизации» регионы).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель магистерской диссертации – разработка модели беспроводной локальной сети с динамически изменяющейся топологией и методики оценки системных характеристик в пакете имитационного моделирования NS-3 в зависимости от типовых моделей мобильности сетевых узлов и протоколов маршрутизации.

Задачами исследования являются анализ и сравнение алгоритмов маршрутизации для беспроводных самоорганизующихся сетей, а так же типовых моделей мобильности сетевых узлов. Разработка модели беспроводной локальной сети с динамически изменяющейся топологией (MANET) с типовыми моделями мобильности и протоколами маршрутизации, и анализ основных параметров и характеристик сети. Формирование рекомендаций по применению тех или иных протоколов маршрутизации для определенных условий и задач сети.

В ходе выполнения работы была построены модели сети, проведен ряд экспериментов при различных условиях функционирования сети, выявлены влияния зависимых и не зависимых от протокола параметров, влияющих на работу протоколов и эффективность пакетной передачи данных в целом, произведен обзор возможных параметров сред и функционирования в них узлов, сформированы рекомендации по применению протоколов маршрутизации в среде с заданными параметрами.

В первой главе рассмотрены сетевые симуляторы для моделирования сетей с динамически изменяющейся топологией. Подробно описан процесс установки сетевого симулятора NS-3. Так же продемонстрированы возможности программы, включая его дополнительные модули анализатора FlowMonitor и аниматора NetAnim.

В второй главе работы были рассмотрены основные типы протоколов маршрутизации самоорганизующихся сетей и их характеристики, механизмы формирования маршрутов и функциональные возможности.

В третьей главе рассмотрены различные виды моделей мобильности самоорганизующиеся сетей. Представлена их классификация по случаям реализации, описаны их основные свойства, также представлена классификация относительно их достоинств и качественных параметров.

В четвертой главе на основании проведенных исследований построена модель сети в симуляторе NS-3. Выбраны модели мобильности узлов сети и модель распространения сигнала, а также другие начальные условия сети для анализа и сравнения. Получены результаты и построены графики зависимости

основных параметров качества обслуживания трафика от условий функционирования сети и выбранного протокола маршрутизации. Сформированы рекомендации по выбору подходящего протокола маршрутизации в зависимости от условий работы сети.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исходя из текущей динамики развития сетевой инфраструктуры, самоорганизующиеся сети с динамически изменяющейся топологией призваны решать большой круг задач как специального так общетехнического назначения в концепции сетей пятого поколения.

Мобильная пакетная радиосеть без фиксированной инфраструктуры называется MANET сеть (см. рисунок 1).

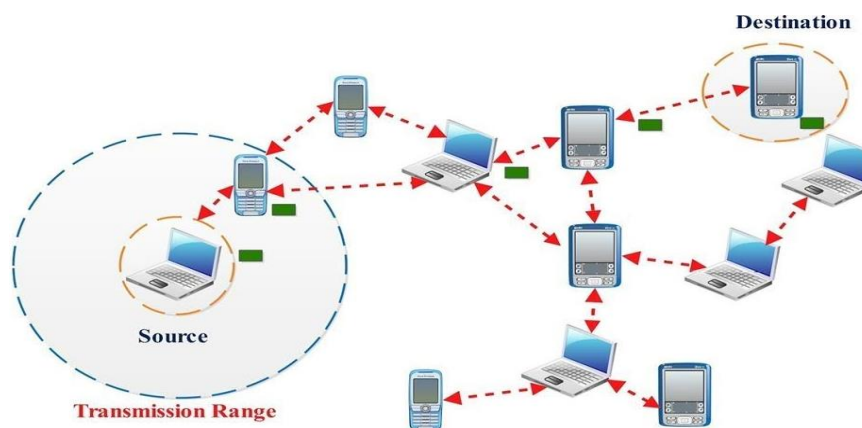


Рисунок 1 – Структура сети MANET

Такая сеть является самоорганизующаяся, поскольку ее узлы являются не только оконечными пользовательскими терминалами, но и являются ретрансляторами – маршрутизаторами, ретранслируя пакеты других абонентов и участвуя в нахождении маршрутов к ним, следовательно, эти сети способны к самоорганизации. Такие сети могут состоять из десятков, сотен и даже тысяч узлов. Каждое такое устройство может независимо передвигаться в любых направлениях и, как следствие, часто разрывать и устанавливать соединения с соседями. Клиентские устройства соединяются «на лету», образуя собой сеть. Каждый узел сети пытается переслать данные, предназначенные другим узлам. При этом определение того, какому узлу пересылать данные, производится динамически, на основании связности сети. Это является отличием от проводных сетей и управляемых беспроводных сетей, в которых задачу управления потоками данных выполняют маршрутизаторы (в проводных сетях) или точки доступа (в управляемых беспроводных сетях).

Самоорганизующиеся сети MANET обладают следующими преимуществами над беспроводными сетями традиционной архитектуры:

- возможность передачи данных на большие расстояния без увеличения мощности передатчика;
- устойчивость к изменениям в инфраструктуре сети, в условиях случайной динамической топологии;
- возможность быстрой реконфигурации в условиях неблагоприятной помеховой обстановки;
- простота и высокая скорость развертывания.

Беспроводные сети, построенные на базе мобильных устройств, обладают рядом особенностей:

1 Каждое устройство в такой сети может независимо передвигаться в любых направлениях, и, как следствие, часто разрывать и устанавливать соединения с соседями из-за помех или включения/выключения узла.

2 Каждый узел сети участвует в процедурах ретрансляции сообщений других абонентов и служебной информации. При этом определение того, какому узлу пересылать данные, производится динамически, на основании связности сети.

3 Запас источников питания мобильных узлов может быть ограничен, в связи с чем при проектировании аппаратных средств и протоколов необходимо учитывать еще и энергопотребление.

В настоящее время можно выделить несколько классов проблем в MANET:

- проблема обеспечения помехоустойчивости;
- проблема обеспечения безопасности передаваемых данных;
- проблема общей пропускной способности сетей;
- проблема эффективности применяемых методов маршрутизации.

При разработке таких сетей основными проблемами являются маршрутизация пакетов от узла источника к узлу получателю, масштабируемость сетей, поддержание связности в условиях переменной топологии.

Другим важным аспектом при моделировании сети является модели мобильности узлов и распространения сигнала. Данные факторы имеют сильное влияние на производительность мобильных самоорганизующихся сетей, например, на производительность протоколов маршрутизации.

Значимой оценки протокола и сравнения с другими подобными протоколами не может быть сделано без использования реалистичной модели мобильности. Хотя движение каждого узла является случайным, есть еще

несколько влиятельных моментов в их моделях мобильности. Разработка и выбор реалистичной модели мобильности, которая действительно изображает и предсказывает мобильность узлов в MANET, является первым шагом к управлению мобильностью. На основе модели мобильности должны быть использованы протоколы, которые принимают мобильность во внимание на этапе проектирования. Таким образом, эти протоколы, т.е. схемы управления мобильностью, могут в полной мере использовать позитивные последствия подвижности узлов сети MANET. Управление мобильностью в MANET по-прежнему относительно мало исследованная область.

Таким образом, в общей сложности для динамических сетей свойственны типичные характеристики, способствующие как к снижению качественных параметров, так и к увеличению.

В ходе работы представлены модели мобильности, протоколы маршрутизации. Приведен краткий обзор популярных сетевых симуляторов, используемых в научном сообществе, исследовали возможность поддерживать те или иные модели мобильности узлов сети и различные протоколы маршрутизации самоорганизующихся сетей, в итоге был выбран сетевой симулятором с открытым кодом NS-3, как наиболее подходящий по условиям.

Для исследований выбрана модель мобильности на основе Гауссово-Марковского закона, случайных маршрутных точек (Random Waypoint Mobility Model) и модель мобильности произвольного направления (Random Direction Mobility Model). Была проведена серия экспериментов при различных внешних факторах: изменялось количество узлов сети, скорость движения узлов, а также скорость и протоколы передачи данных. Причем для оценки производительности среды в зависимости от параметров плотности узлов сети использовалась модель движения узлов с аналогичным их движением, способом и путем передачи данных и количеством приемных узлов. Во время проведения симуляций рассчитывались основные, зависящие от протокола, параметры оценки качества обслуживания трафика (коэффициент доставки пакетов (PDR), пропускная способность (Throughput), задержки передаваемых данных (Delay), значения джиттера (Jitter)).

Производительность реактивного протокола AODV лучше в сетях со статическим трафиком, с относительно небольшим числом потоков от источника к получателю. Протокол использует меньше ресурсов, чем проактивные протоколы OLSR и DSDV, потому что сообщения, требуемые для установления и поддержания маршрутов сети, используют меньше полосы пропускания. Но в ситуациях, при которых линии связи обрываются довольно часто, протокол использует значительно большую полосу пропускания. В сетях с низкой мобильностью, линии связи разрываются не столь часто, контрольные

сообщения минимальны, поэтому пропускная способность и энергопотребление значительно снижаются, делая протокол AODV более подходящим для реализации сети с критическими ресурсами и полосой пропускания, критических ситуациях.

Проактивные протоколы (OLSR, DSDV) более эффективны при реализации в сетях с высокой плотностью и высоко спорадическим трафиком. Но лучшая ситуация для данного типа протоколов, среда с большим количеством узлов. Хотя в свою очередь, данные протоколы требуют определенное количество полосы пропускания, для получения сообщений обновления топологии сети.

Что касается задержек при передаче данных, то для проактивных протоколов время установления маршрута не критичным фактором, данные протоколы поддерживают различные таблицы маршрутизации, содержащие информацию о топологии сети, что позволяет маршрутам быть найденными в любой момент, не прибегая к механизмам поиска пути, в то время как реактивные протоколы (AODV) требуют запуска процесса нахождения маршрута каждый раз, когда необходима информация о маршруте, что занимает определенное количество времени. Эффект задержек в сетях с реактивными протоколами более заметен при низкой плотности узлов сети. Протокол посылает несколько запросов, прежде чем найти правильный маршрут.

Также этот при увеличении скорости в той же сети уменьшается степень доставки пакетов (PDR) по мере увеличения скорости. При малых скоростях линии связи между узлами будут разрываться с меньшей вероятностью, приводя к высоким уровням степени доставки пакетов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения магистерской диссертации по разработке моделей сети с динамически изменяющейся топологией проработаны следующие задачи:

- разработка беспроводной динамически изменяющейся сети MANET в пакете симулятора NS-3;
- определены основные факторы, влияющие на производительность самоорганизующихся сетей;
- в пакете имитационного моделирования NS-3 разработаны типовые модели движения узлов самоорганизующихся сетей;

- проанализированы и реализованы алгоритмы маршрутизации. Выявлены факторы, влияющие на производительность протоколов;
- проведено имитационное моделирование сети MANET при различных условиях функционирования сети;
- сформированы рекомендации по применению тех или иных протоколов маршрутизации для определенных условий и задач сети.

По всем критериям сравнения, произведен комплексный анализ относительно исследуемых протоколов маршрутизации, нагрузки сети трафиком, как скоростью, узловой плотности сети и скорости передвижения узлов. На основе проведенного анализа были выработаны конкретные рекомендации по применению рассмотренных методов маршрутизации в зависимости от условий функционирования сети.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А Белан, В.А. Разработка модели беспроводной локальной сети с динамически изменяющейся топологией / В.А. Белан, М.Ю. Хоменок // 54-ая научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2018 г.) – Минск : БГУИР, 2018.

2-А Белан В.А. Моделирование сети MANET в симуляторе NS-3 / В.А. Белан, М.М. Шакир, М.Ю. Хоменок // Телекоммуникации: сети и технологии (Минск, май 2018 г.) – Минск : БГУИР, 2018. – 20 с.

3-А Белан В.А. Моделирование в симуляторе NS-3 сети MANET на основе протоколов маршрутизации AODV и DSDV / В.А. Белан, М.М. Шакир, М.Ю. Хоменок // Кодирование и цифровая обработка сигналов в инфокоммуникациях (4 апреля 2019 г., Минск) – Минск : БГУИР, 2019. – 123 с.