

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

УДК 621.391+0047

Игнатюк
Евгений Николаевич

Адаптивная пакетная передача в мобильных самоорганизующихся сетях

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 02 Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети

Научный руководитель
Цветков Виктор Юрьевич

к.т.н., доцент

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью анализа надёжности и качества адаптивной пакетной передачи данных в мобильной самоорганизующейся сети в условиях изменения информационной нагрузки и сетевой топологии.

Сегодня подавляющее большинство наземных мобильных беспроводных сетей связи имеют фиксированную инфраструктуру и соединены между собой с помощью различных, как правило, проводных или радиорелейных, каналов передачи данных. Развитие и совершенствование технологий, используемых в системах передачи данных определило появление нового класса телекоммуникационных сетей, получивших наименование *ad hoc* - сети (от лат. – для данного случая). 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). Возможно, что эти сети во многих случаях могут стать альтернативой массовым сетям мобильной связи. Начиная от бесплатных звонков внутри такой сети, до восстановления связи в разрушенных стихией районах.

Было принято решение осветить тему беспроводных MANET - сетей, разработать метод для оценки производительности протоколов маршрутизации. Для этого были поставлены задачи выявления особенностей протоколов маршрутизации, моделей движения узлов сети, моделей распространения сигнала в проектируемой среде для беспроводных MANET - сетей, определения их особенностей, возможностей моделирования сети под их управлением, а также реализации модели, позволяющей оценить производительность протокола и сделать рекомендации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель данной магистерской диссертации - исследование методов адаптивной пакетной передачи в мобильных самоорганизующихся сетях, разработка рекомендаций по проектированию моделей самоорганизующихся пакетных сетей, учитывая адаптивные свойства данных сетей.

Задачами исследования являются определение наиболее эффективных путей повышения связности в мобильных сетях. Разработка модели для оценки параметров связности. Разработка рекомендаций по управлению сетью для обеспечения качества обслуживания. Выбор параметров качества обслуживания трафика.

В ходе выполнения работы была построена работающая модель 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 различные виды моделей мобильности самоорганизующихся сетей. Представлена их классификация по случаям реализации, описаны их основные свойства, также представлена классификация относительно их достоинств и качественных параметров. В работе были рассмотрены основные типы протоколов самоорганизующихся сетей и их характеристики, механизмы формирования маршрутов и функциональные возможности. Также приведены основные особенности функционирования самоорганизующихся пакетных сетей.

Компьютерные сети, возможно, одни из самых сложных систем, когда-либо воплощенных в реальность. Оценка производительности данных систем является немаловажной задачей для их функционирования в соответствии с желаемыми потребностями (например, качества). Таким образом, во второй главе подробно рассмотрены методы и способы оценки производительности узлов самоорганизующихся пакетных сетей. Среди многих других свойств, которые должны быть определены для построения эксперимента, важными являются модели мобильности и распространения радиоволн, которые должны быть выбраны тщательно. Данные модели и их основные свойства и характеристики также рассматриваются во второй главе.

В третьей главе рассмотрены требования к качеству передаваемых данных в мобильных самоорганизующихся сетях, а также путь исследования

параметров при передаче данных от передатчика к приемнику - сетевой мониторинг. На основании проведенных исследований построена модель сети в симуляторе NS-3. Выбрана подходящая модель мобильности узлов сети и модель распространения сигнала, а также другие начальные условия сети. Разработаны методики расчета и сопоставления основных параметров качества обслуживания трафика при исследуемых протоколах маршрутизации. 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.

В четвертой главе приводятся рекомендации по организации мобильных самоорганизующихся пакетных сетей, выбору и реализации стандарта управления топологией, измерению трафика.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В последнее десятилетие большое внимание уделяется созданию мобильных пакетных радиосетей, которые не имеют фиксированной инфраструктуры – сети стационарных ad hoc и мобильных абонентов MANET.

Такие сети являются самоорганизующимися, поскольку их 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;
- возможность быстрой реконфигурации в условиях неблагоприятной помеховой обстановки;
- простота и высокая скорость развертывания.

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

- мобильность узлов ведет к дополнительному повышению динамичности топологии сети, таким образом, к возможности обрыва связи из-за помех или включения/выключения узла;
- запас источников питания мобильных узлов может быть ограничен, в связи с чем при проектировании аппаратных средств и протоколов необходимо учитывать еще и энергопотребление (особенно это касается сенсорных сетей).

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.

В свою очередь модели мобильности и распространения сигналов в среде оказывают существенное влияние на производительность протоколов MANET. Среди многих других важных свойств, которые должны быть определены для построения эксперимента, данные модели должны быть тщательно выбраны. Оба данных момента моделирования имеют сильное влияние на производительность мобильных самоорганизующихся сетей, например, производительность протоколов маршрутизации, зависит и изменяется в зависимости от использования той или иной модели распространения сигнала и модели мобильности (подвижности) узлов. Значимой оценки протокола и сравнения с другими подобными протоколами не может быть сделано без использования реалистичной модели мобильности.

Мобильность является неотъемлемым характером MANET сетей. Движения узлов, как правило, не имеют отношения к приложениям. Тем не менее, модели мобильности, как правило, имеют решающее значение для производительности сетей. 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. Главная особенность фокусируется на том, должна ли мобильность использоваться как нежелательное явление или наоборот, как весьма желаемое.

Таким образом, в общей сложности для сетей данной природы свойственны типичные характеристики, способствующие как к снижению качественных параметров, так и к увеличению. Некоторые из последних научно-исследовательских работ рассмотрели мобильность с разных углов. Они показывают, что далеко от будучи проблематичной, мобильность может быть использована для увеличения производительности самоорганизующейся сети. Путем пересмотра традиционных моделей ориентированных на постоянные соединения и проектирования протоколов, которые изначально принимают мобильность во внимание, мы можем использовать мобильность для

улучшения возможности маршрутизации, увеличения пропускной способности сети, повышения безопасности и уменьшения неопределенности. Например, мобильность, будь контролируемой или неконтролируемой, всегда может увеличить вероятность того что два узла встретятся друг с другом, увеличивая при этом вероятность маршрутизации. Было изучено, что пропускная способность для доставки пакетов приложений каждого сеанса изменяется со временем при изменении топологии, пропускная способность каждого пользователя может значительно увеличиться, когда узлы мобильны, а не фиксированы.

Влияние модели распространения радиоволн на результаты имплементации модели также очень значительно. У большинства доступных пакетов моделирования сети, узлы, как предполагается, имеют фиксированный радиус действия в форме окружности, не зависящий от текущего местоположения взаимодействующих узлов. Это может выглядеть реалистичным в открытых пространствах, но это, конечно же, не весьма подходящий вариант для моделирования узлов находящихся в зданиях или в городе. А при использовании упрощенной модели распространения сигнала, получаются гораздо лучшие результаты моделирования (с точки зрения качества оцениваемых параметров), чем достигаемые в реальности.

Важным аспектом любого сетевого моделирования, является дизайн и воплощение моделей распространения сигнала (Propagation Loss Model). Модели распространения сигнала используются, чтобы определить силу сигнала со стороны получателя для каждого отправляемого пакета передатчиком. Существует несколько различных путей для моделирования этого феномена и они варьируются как с точки зрения вычислительной сложности, так и с точки зрения измерительной.

В ходе работы мы представили модели мобильности, модели распространения радиоволн и общую проблематику их использования, привели краткий обзор популярных сетевых симуляторов, используемых в научном сообществе, исследовали возможность поддерживать те или иные модели распространения волн и мобильности узлов сети сетевым симулятором NS-3. Таким образом, мы представили комплексный подход для понимания моделирования.

Учитывая динамическую топологию мобильных самоорганизующихся сетей (MANET) и ограниченную полосу пропускания, предоставление качества обслуживания является серьезной проблемой. Мультимедийные приложения обычно требуют предоставления QoS, что и привело к развитию целого ряда методов для улучшения маршрутизации при передаче данных.

Когда речь идет о мобильных самоорганизующихся сетях, которые не являются стационарной инфраструктурой и не имеют централизованного

администрирования в отличие от проводных сетей, где централизованная архитектура означает, что только администратор сети отвечает за гарантии QoS и контроль условий договора, мы ссылаемся на "QoS oriented routing" при обсуждении мобильных самоорганизующихся сетей т. е. качество передачи данных зависящее от маршрутизации, а не просто QoS.

Таким образом, качество обслуживания в маршрутизации определяется как "требования, которые должны быть удовлетворены в сети во время транспортировки потока данных от источника к получателю". Следовательно, сеть должна гарантировать определенное качество измеряемых параметров, характеризующих вполне удовлетворяющий сервис при передаче данных от передатчика к приемнику, сетевой мониторинг. С помощью усовершенствования протоколов маршрутизации, соответствующего их применяя с определенными моделями движения узлов сети и распространения радиосигнала, использования зависимых и не зависимых от протокола параметров, может быть достигнут и усовершенствован желаемый результат качества передачи данных. Это позволяет передаче данных и вопросам касающихся этого процесса быть адаптивными, открывает возможность к более точному совершенствованию сетевого администрирования и оптимизации сетевых ресурсов.

Для проведения экспериментов был использован сетевой симулятор с открытым кодом NS-3. Для исследований выбрана модель мобильности на основе случайных маршрутных точек (Random Waypoint Mobility Model).

Была проведена серия экспериментов при различных внешних факторах: изменялось количество узлов сети, скорость движения узлов, количество потоков передаваемой информации, 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, не зависимо от количества узлов в сети при симуляции модели (10 узлов, либо 30) и количества потоков данных передаваемых от источника к получателю, так как потоки данных формируются используя первых десять узлов сети, таким образом, в любом случае участвующих в процессе передачи данных. 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)), на которые в свою очередь, как упоминалось в ходе работы, влияли не зависящие от протокола параметры среды. На их основе были построены графики их зависимостей от используемого протокола и условий функционирования.

Кратким выводом является то, что для всех представленных сценариев степень доставки пакетов (PDR) уменьшается по мере увеличения скорости. При малых скоростях линии связи между узлами будут разрываться с меньшей вероятностью, приводя к высоким уровням степени доставки пакетов.

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 является вызовом, 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 эффект заметно увеличивается при увеличении скорости в той же сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения магистерской диссертации была поставлена цель – исследование методов адаптивной пакетной передачи в мобильных самоорганизующихся сетях. Для достижения этой цели были проработаны следующие задачи:

- изучены наиболее известные факторы, влияющие на производительность самоорганизующихся сетей;
- изучены наиболее популярные модели движения узлов самоорганизующихся сетей;
- изучены наиболее популярные модели распространения радиосигналов самоорганизующихся сетей;
- изучены наиболее популярные протоколы маршрутизации, зависимые и не зависимые от данных протоколов метрики, влияющие на производительность сети;
- рассмотрены наиболее известные и применимые сетевые симуляторы, с созданием модели MANET сети в одном из них - симуляторе NS-3;
- проведены эксперименты при различных условиях функционирования сети;
- проведена сравнительная оценка изученных характеристик протоколов маршрутизации и вопросам касающихся этого процесса, позволяющих в свою очередь передаче данных в MANET – сети быть адаптивной;
- разработаны рекомендации по применению рассмотренных моделей движения узлов, моделей распространения радиосигналов в сети и протоколов маршрутизации наряду с рассмотрением подходов к требованиям к качеству передаваемых данных в мобильных самоорганизующихся сетях.

По всем критериям сравнения, произведен комплексный анализ относительно исследуемых протоколов маршрутизации, нагрузки сети трафиком, как скоростью, так и количеством потоков передаваемых данных, 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 ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

1. Игнатюк Е.Н. Протоколы передачи данных в самоорганизующихся сетях /Е.Н. Игнатюк, В.Ю. Цветков // Мат. 49-я науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, май 2013 г.)– Мн.: БГУИР, 2013

2. Игнатюк Е.Н. Модель группового движения беспилотных летательных аппаратов системы дистанционного видеонаблюдения на основе фрактального хаоса // Е.Н. Игнатюк, В.Ю. Цветков, А.А. Юревич //XI Белорусско-российская научно- техн. конф. “Технические средства защиты информации” (5 – 6 июня 2013 г., Минск) – Минск: БГУИР, 2013. – с. 79

Библиотека БГУИР