

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ MANET В СИМУЛЯТОРЕ NS-3

А.А. ПОЗНЯК, К.Г. ТОЛЕЙКО, Т.В. ПОЛУЯН

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 16 марта 2024

Аннотация. В представленной статье описывается работа сетевого симулятора NS-3 и анализ результатов моделирования сети MANET с использованием протоколов маршрутизации OLSR и AODV.

Ключевые слова: самоорганизующаяся сеть, MANET, OLSR, AODV, NS-3.

Введение

Сети ad-hoc (MANET) представляют собой динамические беспроводные сети, в которых устройства могут передвигаться без какой-либо predetermined инфраструктуры. Эти сети играют важную роль во многих аспектах, таких как военные операции, чрезвычайные ситуации и мобильные сенсорные сети. Однако, из-за своей сложности и децентрализованной природы, моделирование и анализ таких сетей является сложной задачей.

В последние десятилетия исследователи активно использовали компьютерные симуляторы для изучения MANET и их характеристик. Симуляторы позволяют создавать виртуальные среды, в которых можно моделировать различные аспекты MANET, такие как маршрутизация, пропускная способность и задержка передачи данных. Это позволяет анализировать и оценивать производительность и поведение сети в различных сценариях и условиях.

Одним из наиболее распространенных симуляторов, используемых для моделирования MANET, является NS-3 (Network Simulator 3). NS-3 является мощным и гибким инструментом, который предоставляет широкий набор возможностей для моделирования и анализа различных типов сетей, включая MANET.

В данной статье мы сосредоточимся на моделировании сети MANET в симуляторе NS-3 с использованием двух популярных протоколов маршрутизации: OLSR (Optimized Link State Routing) и AODV (Ad-Hoc On-Demand Distance Vector).

Основная часть

NS-3 является мощным инструментом для моделирования и исследования сетевых систем. Он предоставляет широкий набор модулей, которые позволяют моделировать различные аспекты сетевых протоколов и сценариев. Среди всех доступных модулей есть модули для работы с протоколами Optimized Link State Routing (OLSR) и Ad-Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) (рис. 1).

Модуль OLSR позволяет создавать сценарии сетей и настраивать параметры протокола OLSR, включая интервалы обновления маршрутов, таймауты и метрики качества канала. Он также обеспечивает сбор статистики, мониторинг и анализ производительности сети при использовании протокола OLSR.

Модуль AODV предоставляет аналогичные возможности для создания сценариев беспроводных сетей и настройки параметров протокола AODV, включая таймауты, интервалы обновления маршрутов и максимальное количество прыжков. Он также предоставляет функциональность для сбора статистики, мониторинга и анализа производительности сети при использовании протокола AODV.

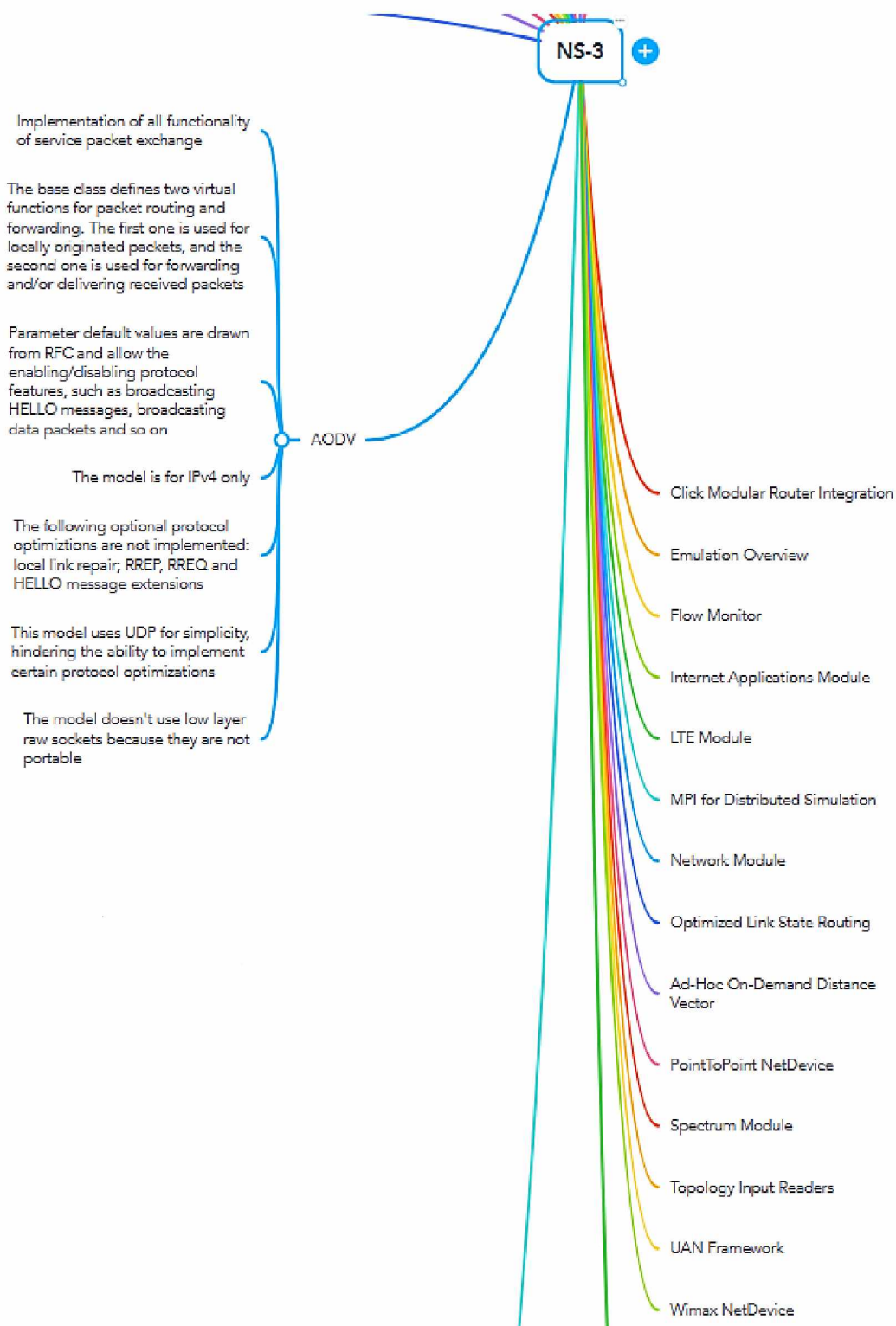


Рис. 1. Выдержка из структурной схемы NS-3. Протоколы OLSR и AODV

На рис. 1 представлена выдержка из структурной схемы сетевого симулятора NS3 на которой виден стек доступных для работы модулей, а также подробное описание модуля протокола AODV:

1. Реализация всего функционала обмена пакетами услуг.
2. Базовый класс определяет две виртуальные функции для маршрутизации и пересылки пакетов. Первый используется для пакетов локального происхождения, а второй используется для пересылки и/или доставки полученных пакетов.

3. Значения параметров по умолчанию взяты из RFC и позволяют включать/отключать функции протокола, такие как широковещательная рассылка сообщений HELLO, широковещательная рассылка пакетов данных и т.д.

4. Модель предназначена только для IPv4.

5. Не реализованы следующие дополнительные оптимизации протокола: восстановление локального канала; Расширения сообщений RREP, RREQ и HELLO.

6. В этой модели для простоты используется UDP, что затрудняет реализацию определенных оптимизаций протокола.

7. В модели не используются необработанные сокеты нижнего уровня, поскольку они непереносимы.

При создании сценария сети в NS-3 можно выбрать подходящую модель движения в зависимости от конкретной задачи или требований исследования. Для моделирования движения узлов можно использовать несколько моделей, включая:

1. RandomWaypoint: модель случайного блуждания, в которой узлы перемещаются случайным образом по определенной области.

2. RandomWalk: модель случайного пешего движения, которая моделирует случайные перемещения узлов в пределах определенной области.

3. GaussMarkov: модель, которая моделирует случайные изменения скорости и направления движения узлов на основе процесса Гаусса-Маркова.

4. TraceRoute: модель, которая использует трассировку движения, чтобы узлы проходили заранее записанный путь.

Выбор модели движения в NS-3 зависит от нескольких факторов:

1. Тип сети: NS-3 поддерживает модели движения для беспроводных сетей, проводных сетей, сетей с различными технологиями (например, WiFi, LTE, WiMAX и прочие). Выбор модели движения будет зависеть от конкретного типа сети, для которой требуется моделирование движения.

2. Тип узлов: различные типы узлов (например, стационарные, подвижные, транспортные средства) требуют различных моделей движения. Некоторые модели могут учитывать специфические характеристики движения, такие как ускорение, маневренность и изменения скорости.

3. Цель исследования: выбор модели движения может зависеть от конкретных целей исследования. Например, если требуется оценить производительность маршрутизации в мобильной сети, то может потребоваться использование более реалистичных моделей движения.

4. Доступность и точность моделей: NS-3 предоставляет различные модели движения с разной степенью детализации и точности. Выбор модели может также зависеть от доступности моделей в библиотеке NS-3 и их подходящей точности конкретных задач.

Наш случай предполагает использование модели RandomWaypoint.

За основу в данной работе был взят файл manet-routing-compare.cc [1]. Это файл исходного кода программы, написанной на языке программирования C++, предназначенной для сравнения производительности различных протоколов маршрутизации в беспроводных сетях MANET. В нашем случае протоколов OLSR и AODV.

Программное средство работает по следующему принципу:

1. Генерация топологии сети: программа может создавать виртуальную топологию беспроводной сети, включая узлы и их связи.

2. Реализация протоколов маршрутизации: программа содержит реализации выбранных протоколов маршрутизации в виде функций и классов.

3. Измерение производительности: после симуляции работы маршрутизации на сгенерированной топологии программа оценивает производительность каждого протокола, например, измеряя задержку передачи данных, энергопотребление и надежность связи.

4. Вывод результатов: программа подготавливает отчет с результатами сравнения производительности различных протоколов маршрутизации.

В результате запуска моделирования была получена топология, представленная на рис. 2.

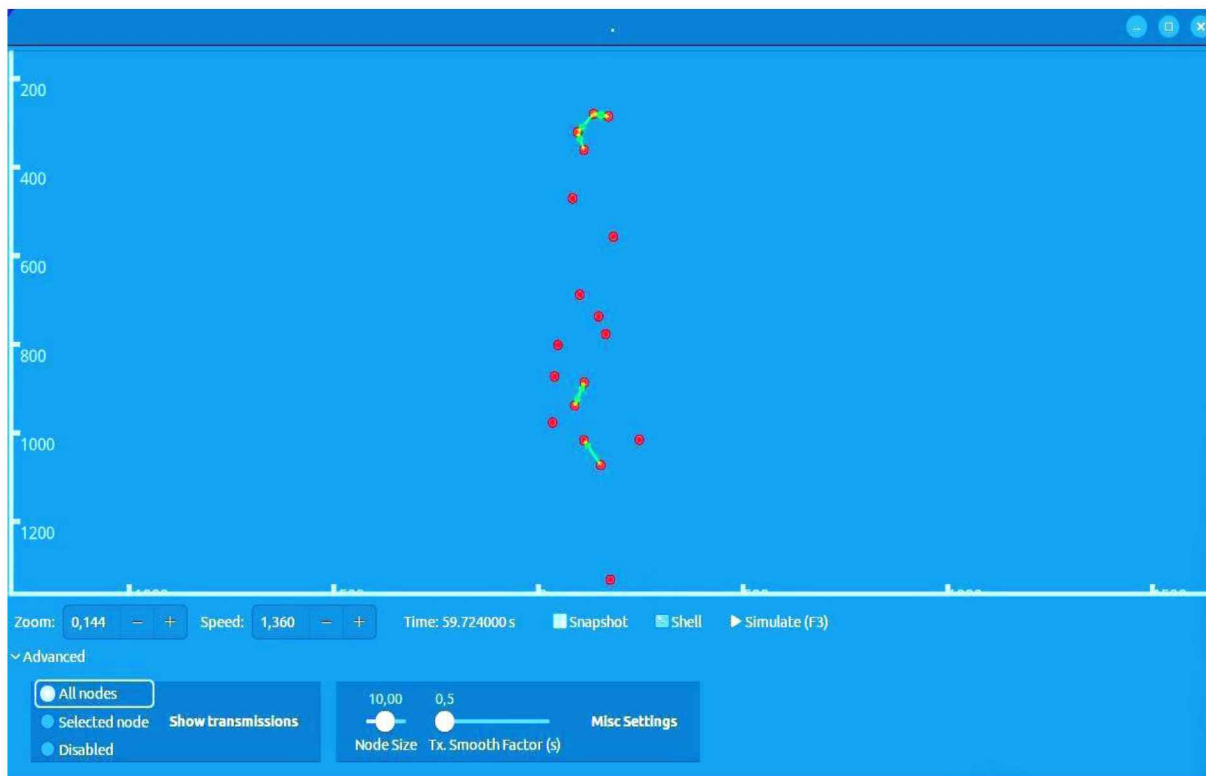


Рис. 2. Топология сети

В результате моделирования были получены данные, сведенные в табл. 1 и табл. 2, о SimulationSecond (время симуляции), ReceiveRate (скорость приема), PacktesReceived (количество полученных пакетов), NumberOfSinks (количество переходов), RoutingProtocol (протокол маршрутизации), TransmissionPower (мощность передачи).

На основе полученных результатов были построены графики зависимостей. Зависимость между ReceiveRate и TransmitPower в сетях зависит от нескольких факторов, включая окружающую среду, характеристики канала связи, протоколы модуляции и кодирования, антенные характеристики и другие параметры системы.

Табл. 1. Результат моделирования с использованием протокола AODV

Время симуляции	Скорость приема	Количество полученных пакетов	Количество переходов	Протокол маршрутизации	Мощность передачи
...
100	0	0	10	AODV	6,5
101	0,512	1	10	AODV	6,5
102	2,048	4	10	AODV	6,5
103	2,048	7	10	AODV	6,5
104	3,584	8	10	AODV	6,5
105	4,096	13	10	AODV	6,5
106	6,656	12	10	AODV	6,5
107	6,144	15	10	AODV	6,5
108	7,68	15	10	AODV	6,5
109	7,68	12	10	AODV	6,5
110	6,144	10	10	AODV	6,5
111	5,12	11	10	AODV	6,5
112	5,632	15	10	AODV	6,5
113	7,68	32	10	AODV	6,5
114	16,384	14	10	AODV	6,5
115	7,168	23	10	AODV	6,5
116	11,776	25	10	AODV	6,5
...

Табл. 2. Результат моделирования с использованием протокола OLSR

Время симуляции	Скорость приема	Количество полученных пакетов	Количество переходов	Протокол маршрутизации	Мощность передачи
...
100	0	0	10	OLSR	6,5
101	0,512	1	10	OLSR	6,5
102	2,048	4	10	OLSR	6,5
103	2,048	4	10	OLSR	6,5
104	2,048	4	10	OLSR	6,5
105	2,048	4	10	OLSR	6,5
106	2,048	4	10	OLSR	6,5
107	2,048	4	10	OLSR	6,5
108	2,048	4	10	OLSR	6,5
109	2,048	4	10	OLSR	6,5
110	2,048	4	10	OLSR	6,5
111	2,048	4	10	OLSR	6,5
112	2,048	4	10	OLSR	6,5
113	2,048	4	10	OLSR	6,5
114	2,048	4	10	OLSR	6,5
115	2,56	5	10	OLSR	6,5
116	2,048	4	10	OLSR	6,5
...

Обычно можно ожидать, что при увеличении мощности передачи скорость приема также будет увеличиваться. Более высокая мощность может преодолевать шумы и помехи, улучшая качество сигнала и увеличивая вероятность успешной передачи данных.

Однако, существует предел, после которого дальнейшее увеличение мощности передачи может привести к ухудшению производительности из-за нелинейных эффектов, межканальных помех или нарушениям ограничений мощности в сети. В таких случаях, увеличение мощности передачи может вызывать искажения сигнала и возникновение межсимвольной интерференции, что приводит к снижению скорости приема.

Таким образом, оптимальный уровень TransmitPower соответствует максимальному ReceiveRate для сети, обеспечивая достаточное покрытие и качество сигнала для всех узлов.

График зависимости ReceiveRate от TransmitPower при моделировании с использованием протоколов AODV и OLSR представлен на рис. 3.

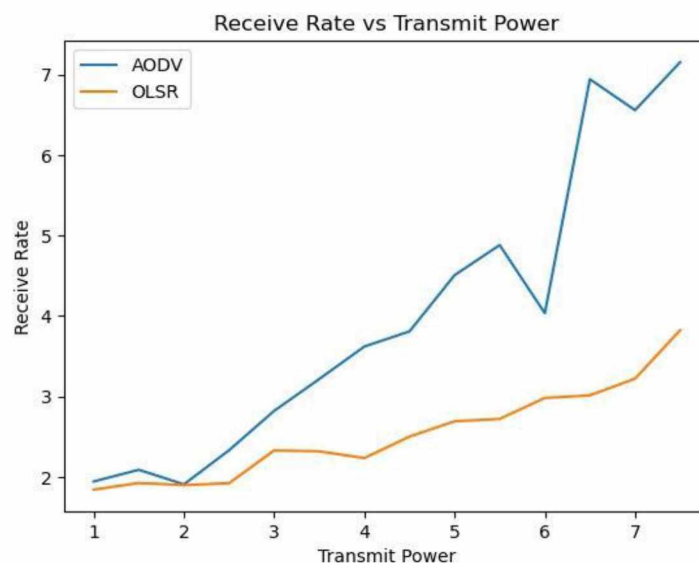


Рис. 3. График зависимости ReceiveRate от TransmitPower. Сравнение протоколов AODV и OLSR

Зависимость PacketsReceived от Nodes в сети с протоколом AODV может быть сложной и зависит от нескольких факторов:

1. Трафик сети: чем больше узлов в сети, тем больше пакетов будет передаваться между ними. Однако с увеличением числа узлов могут возникать проблемы с коллизиями, перегрузкой сети и ухудшением производительности.

2. Эффективность маршрутизации: протокол AODV построен на принципах On-Demand маршрутизации, что означает, что маршруты устанавливаются только при необходимости. С увеличением числа узлов в сети может возникать сложность в поиске и поддержании оптимальных маршрутов, что может отразиться на количестве полученных пакетов.

3. Ресурсные ограничения: увеличение числа узлов в сети может привести к увеличению конкуренции за ресурсы, такие как пропускная способность и энергия. Это может сказаться на стабильности и надежности маршрутизации, что в свою очередь повлияет на количество полученных пакетов.

График зависимости PacketsReceived от Nodes при моделировании с использованием протоколов AODV и OLSR представлен на рис. 4.

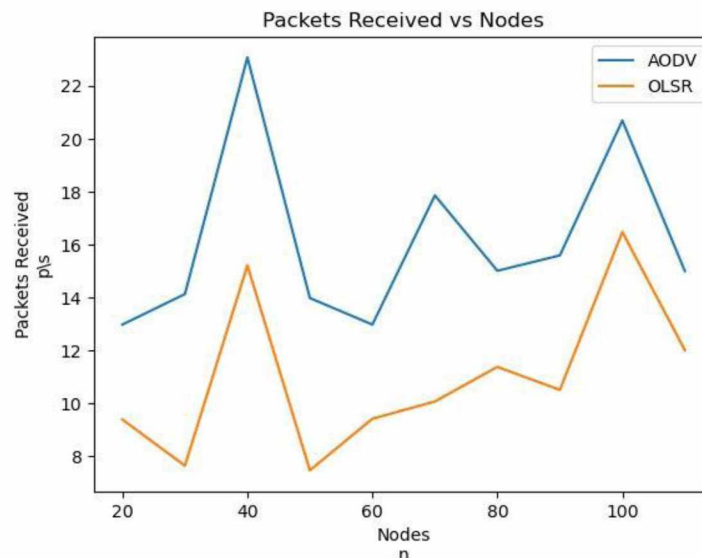


Рис. 4. График зависимости PacketsReceived от Nodes. Сравнение протоколов AODV и OLSR

AODV является протоколом на основе запросов, который инициирует запросы маршрута только при необходимости. Как следствие, количество полученных пакетов может быть невелико в сравнении с другими протоколами, такими как OLSR. Однако скорость приема может быть высокой, когда происходит активный обмен маршрутной информацией.

OLSR, с другой стороны, использует алгоритм состояния ссылок и поддерживает активный обмен этой информацией между узлами сети. Из-за этого OLSR может иметь большое количество полученных пакетов и обмен пакетами, что может привести к более высокой скорости приема.

Однако в данной ситуации можно наблюдать, что протокол AODV эффективнее протокола OLSR. Это возможно при следующих условиях:

1. Динамическая сетевая топология: AODV позволяет находить кратчайший путь между узлами только при необходимости, что делает его более эффективным в динамических сетевых топологиях, где состояние связей между узлами часто меняется.

2. Ограниченные ресурсы: AODV имеет меньшую нагрузку на сеть и использует меньше ресурсов, чем OLSR, что делает его более подходящим для беспроводных сетей с ограниченными ресурсами.

3. Необходимость быстрого обнаружения маршрутов: AODV выигрывает в ситуациях, когда требуется быстрое обнаружение маршрутов из-за частых изменений в топологии сети.

Заключение

В данной статье проведено исследование применения сетевого симулятора NS-3 для моделирования сети MANET с использованием протоколов маршрутизации OLSR и AODV. Было обнаружено, что протокол AODV проявляет более высокую адаптивность в динамических сценариях сети, где узлы часто меняют свое положение и связи с другими узлами. Он демонстрирует лучшую способность к обнаружению и установлению новых маршрутов при изменении топологии сети. Дальнейшие исследования могут быть направлены на анализ других протоколов маршрутизации, а также на улучшение существующих протоколов для повышения производительности и эффективности сетей MANET.

SIMULATION OF THE MANET NETWORK IN THE NS-3 SIMULATOR

A.A PAZNIAK, K. G. TALEIKA, T.V. PALUYAN

Abstract. This article describes the operation of the NS-3 network simulator and the analysis of the results of modeling the MANET network using the OLSR and AODV routing protocols.

Keywords: self-organizing network, MANET, OLSR, AODV, NS-3.

Список литературы

1. ns3 Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsnam.org/docs/release/3.19/docugen/index.html>.
2. Prashant Kumar Maurya, Gaurav Sharma, Vaishali Sahu, Ashish Roberts, Mahendra Srivastava An Overview of AODV Routing Protocol [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/profile/GauravSharma73/publication/252068339_An_Overview_of_AODV_Routing_Protocol/links/56402a9d08ae45b5d28d37b7/An-Overview-of-AODV-Routing-Protocol.pdf.
3. Clausen, T. Jacquet, P. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [Электронный ресурс] – 2003. – Режим доступа: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3626>.