

УДК 621.392

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИМУЛЯТОРЕ NS-3 СЕТИ MANET НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ AODV И DSDV

В.А. БЕЛАН, М.М. ШАКИР, М.Ю. ХОМЕНОК

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 18 марта 2019

Аннотация. Проанализированы системные характеристики самоорганизующейся сети с динамически изменяющейся топологией на базе симулятора NS-3. Выполнен сравнительный анализ протоколов с реактивной и проактивной маршрутизацией AODV и DSDV для двух моделей мобильности RWP и RWM.

Ключевые слова: сетевой симулятор, NS-3, NetAnim, моделирование.

Введение

Топология мобильной самоорганизующейся сети определяется набором мобильных узлов, которые могут общаться без дополнительной инфраструктуры и централизованной организации маршрутов. Каждый узел в MANET работает как маршрутизатор, обеспечивая пересылку пакетов информации для других мобильных узлов.

Такие сети обладают рядом преимуществ:

- быстрая развертываемость из-за отсутствия необходимости строительства базовых станций;
- снижение требований к мощности передающих устройств мобильных узлов, т. к. дальность каждого должна быть больше или равна расстоянию до ближайшего узла, а не до базовой станции;
- возможность покрытия большой территории беспроводными маломощными узлами сети за счет их количества или обеспечение оптимального покрытия обслуживаемой территории путем эффективного занятия местоположения для покрытия максимально возможной площади;
- высокая отказоустойчивость (место потерянного узла может занять любой ближайший узел).

Однако особенность взаимодействия узлов в сети MANET делает трудным гарантировать качество услуг в условиях динамически изменяющейся ее топологии, определяемой различными моделями мобильности узлов сети. Поэтому к проблемным вопросам, требующим выполнения предварительных исследований перед развертыванием сети, является моделирование сетевой топологии с учетом мобильности узлов и оценка эффективности используемых протоколов маршрутизации имитационным моделированием сетевыми симуляторами.

Выделяют 3 класса протоколов маршрутизации: проактивные, реактивные и комбинированные (гибридные).

В проактивных протоколах при изменении топологии сети инициируется широковещательная рассылка сообщений об этих изменениях. При этом все маршруты хранятся в памяти каждого узла, и он может воспользоваться ими в любой момент. К ним относятся DSDV, TBRRP, FSR и OLSR.

В реактивных протоколах маршрутизации маршруты существуют только тогда, когда они необходимы. К протоколам с реактивной маршрутизацией относятся AODV, DSR, LMR и TORA.

Гибридные протоколы сочетают в себе подходы проактивных и реактивных протоколов на разных уровнях сетевой иерархии.

Существует множество моделей мобильности сети, с которыми может работать NS-3. К ним относятся:

- группа мобильности с контрольной точкой (Reference point group mobility);
- модель со случайной путевой точки (Random waypoint);
- Гаусовско-Марковская модель (Gauss-Markov);
- модель мобильности со случайным порядком (Random walk);
- модель Manhattan grid и др.

Основными параметрами моделей являются начальное местоположение мобильных узлов, их направление движения, диапазон скоростей, скорость изменяется со временем. Движение узлов в данных моделях описывается различными траекториями. Использование разных моделей мобильности и протоколов маршрутизации с одинаковыми параметрами симуляции может привести к различным результатам качества обслуживания трафика.

Поэтому существует необходимость в изучении влияния моделей мобильности на производительность используемых протоколов в сети.

Визуализация сетевой топологии в аниматоре NetAnim

В качестве моделей мобильности были выбраны Random WayPoint Mobility Model (RWP) (рис. 1) и Random Walk Mobility Model (RWM) (рис. 2).

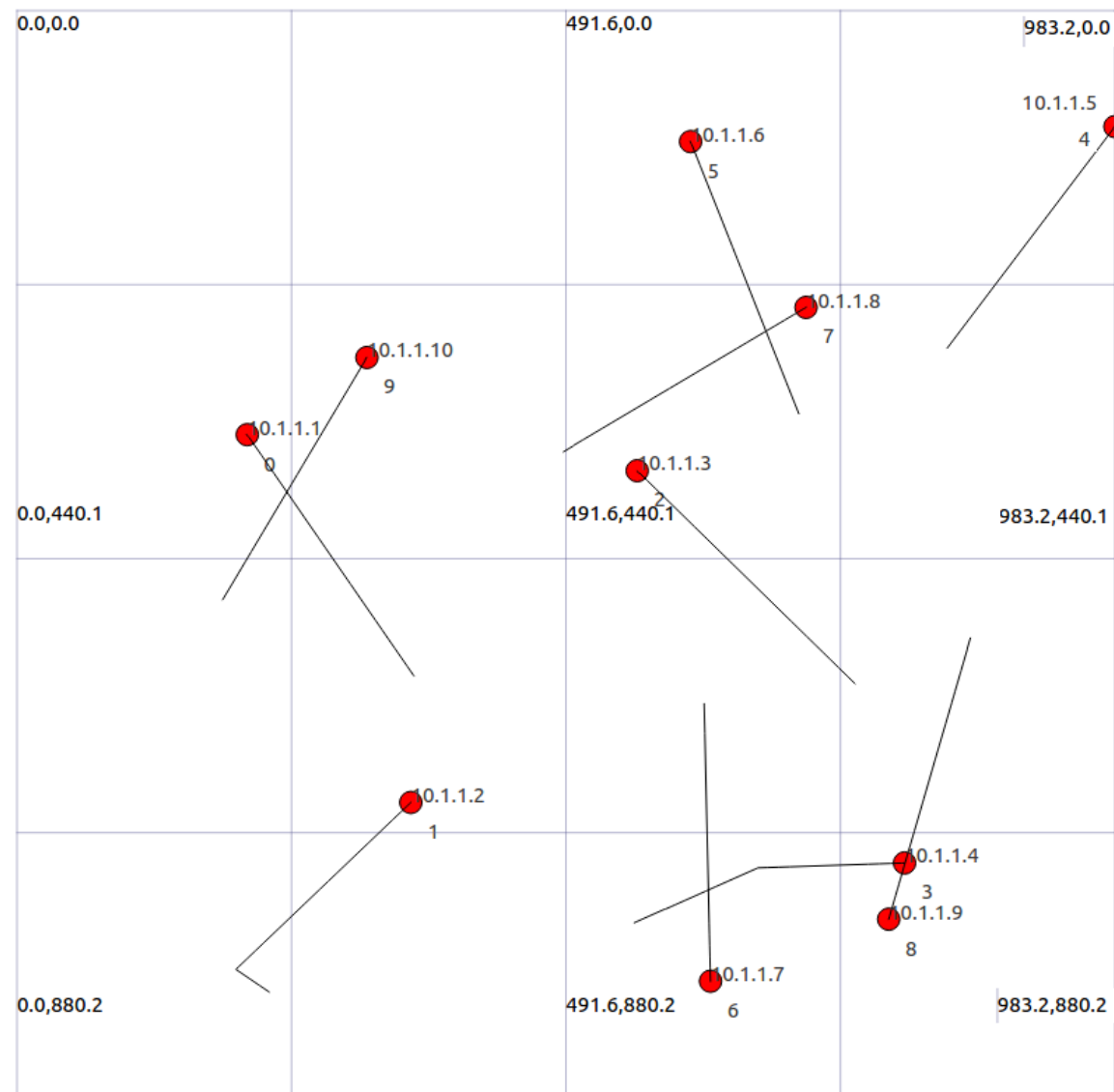


Рис. 1. Модель RWP

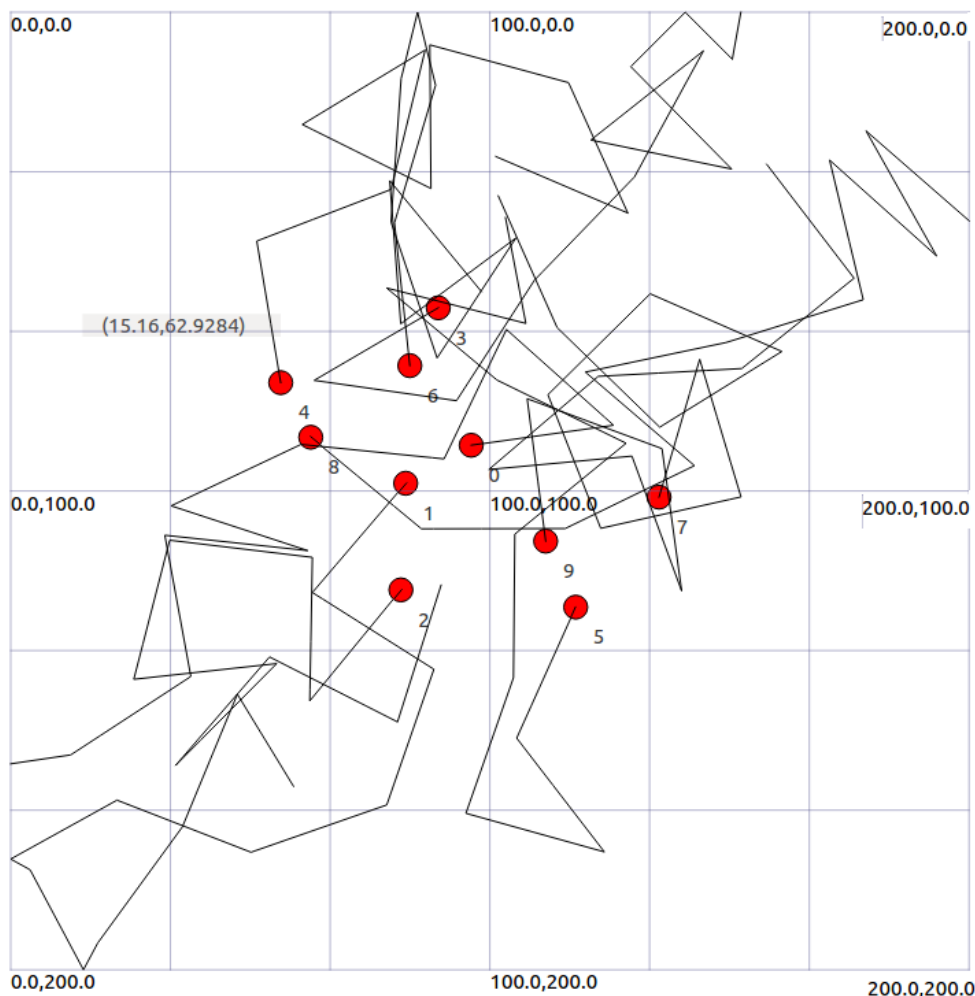


Рис. 2. Модель RWM

Для визуализации топологий сети в NS-3 используется модуль NetAnim (рис. 1). Модуль NetAnim, помимо визуализации топологии, позволяет выполнить пошаговую симуляцию, вывод таблиц маршрутизации во времени, просмотреть информацию о передаваемых пакетах и их трейсы взаимодействия, а также позволяет работать с модулем Flow Monitor, предоставляющим гибкие методы сбора самых различных показаний моделируемых активных сетевых устройств и каналов связи. Модуль позволяет полностью оценить характеристики сети и построить гистограммы для визуализации полученных данных. Оба модуля работают в XML файле [2].

В модели RWP предполагается фиксированное количество узлов в прямоугольнике фиксированного размера. Моделирование начинается с узлов, равномерно распределенных в прямоугольнике. Для каждого узла выбирается случайный пункт назначения и случайная скорость, равномерно распределенная в интервале $[v_{\min}, v_{\max}]$. Как только узел прибывает в пункт назначения, он останавливается на случайное время, равномерно распределенное в $[P_{\min}, P_{\max}]$, затем он выбирает новую скорость и пункт назначения, и процесс повторяется.

Модель RWM соответствует броуновскому движению, при котором каждый узел в случайном порядке выбирает направление, равномерно распределенное в интервале $[0, 2\pi]$, и скорость, равномерно распределенную в интервале $[v_{\min}, v_{\max}]$. Затем узел движется в течение определенного периода времени (или на фиксированное расстояние) с этой скоростью, после чего процесс повторяется.

Исходными параметрами для обеих моделей мобильности являются 10 узлов, 5 из которых – источники, а остальные – приемники, с установленными IP-адресами и с ID-нумерацией 0...9. На рис. 2 линиями показаны траектории движения узлов за время симуляции сети.

Узлы движутся со скоростью 10 м/с и характеризуются временем обновления 2 с. Узлы передают UDP-потоки с постоянной скоростью передач 8 кбит/с, что соответствует типу трафика CBR (Constant Bit Rate). Время симуляции проекта – 30 с.

На рис. 3 представлены таблицы маршрутизации узла № 1, динамика которого описывается моделью RWP, для AODV и DSDV протоколов маршрутизации соответственно.

Node: 1; Time: +29.0s, Local time: +29.0s, DSDV Routing table							Node: 1; Time: +29.0s, Local time: +29.0s, AODV Routing table					
DSDV Routing table							AODV Routing table					
Destination	Gateway	Interface	HopCount	SeqNum	LifeTime	SettlingTime	Destination	Gateway	Interface	Flag	Expire	Hops
10.1.1.1	10.1.1.1	10.1.1.2	1	12	3.905s	5.000s	10.1.1.1	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.95	1
10.1.1.3	10.1.1.1	10.1.1.2	3	12	3.934s	0.000s	10.1.1.3	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.95	3
10.1.1.4	10.1.1.1	10.1.1.2	2	12	3.934s	0.000s	10.1.1.4	10.1.1.4	10.1.1.2	UP	2.99	1
10.1.1.5	10.1.1.1	10.1.1.2	3	12	3.905s	0.000s	10.1.1.5	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.72	3
10.1.1.6	10.1.1.1	10.1.1.2	3	10	8.933s	0.000s	10.1.1.7	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.41	2
10.1.1.7	10.1.1.1	10.1.1.2	2	12	3.934s	0.000s	10.1.1.8	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.87	2
10.1.1.8	10.1.1.10	10.1.1.2	2	12	3.961s	0.000s	10.1.1.9	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.48	3
10.1.1.9	10.1.1.1	10.1.1.2	4	12	3.931s	0.000s	10.1.1.10	10.1.1.10	10.1.1.2	UP	2.94	1
10.1.1.10	10.1.1.10	10.1.1.2	1	12	3.924s	0.000s	10.1.1.255	10.1.1.255	10.1.1.2	UP	92007.85	1
10.1.1.255	10.1.1.255	10.1.1.2	0	12	-9223.855s	0.000s	127.0.0.1	127.0.0.1	127.0.0.1	UP	92007.85	1
127.0.0.1	127.0.0.1	127.0.0.1	0	0	-9223.855s	0.000s						

Рис. 3. Таблицы маршрутизации AODV и DSDV проколов в момент времени окончания симуляции при RWP модели

Node: 1; Time: +29.0s, Local time: +29.0s, AODV Routing table						Node: 1; Time: +29.0s, Local time: +29.0s, DSDV Routing table						
AODV Routing table						DSDV Routing table						
Destination	Gateway	Interface	Flag	Expire	Hops	Destination	Gateway	Interface	HopCount	SeqNum	LifeTime	SettlingTime
10.1.1.1	10.1.1.1	10.1.1.2	UP	2.57	1	10.1.1.1	10.1.1.9	10.1.1.2	2	12	3.911s	0.000s
10.1.1.3	10.1.1.3	10.1.1.2	UP	3.00	1	10.1.1.3	10.1.1.3	10.1.1.2	1	12	3.908s	0.000s
10.1.1.4	10.1.1.4	10.1.1.2	UP	2.66	1	10.1.1.4	10.1.1.4	10.1.1.2	1	12	3.899s	0.000s
10.1.1.5	10.1.1.5	10.1.1.2	UP	2.48	1	10.1.1.5	10.1.1.5	10.1.1.2	1	12	3.899s	5.000s
10.1.1.6	10.1.1.6	10.1.1.2	UP	2.34	1	10.1.1.6	10.1.1.6	10.1.1.2	1	12	3.897s	0.000s
10.1.1.7	10.1.1.7	10.1.1.2	UP	2.67	1	10.1.1.7	10.1.1.7	10.1.1.2	1	12	3.896s	0.000s
10.1.1.8	10.1.1.8	10.1.1.2	UP	2.22	1	10.1.1.8	10.1.1.8	10.1.1.2	1	12	3.900s	0.000s
10.1.1.9	10.1.1.9	10.1.1.2	UP	2.26	1	10.1.1.9	10.1.1.9	10.1.1.2	1	12	3.898s	0.000s
10.1.1.10	10.1.1.10	10.1.1.2	UP	2.81	1	10.1.1.10	10.1.1.10	10.1.1.2	1	12	3.898s	0.000s
10.1.1.255	10.1.1.255	10.1.1.2	UP	92007.85	1	10.1.1.255	10.1.1.255	10.1.1.2	0	12	-92007.855s	0.000s
127.0.0.1	127.0.0.1	127.0.0.1	UP	92007.85	1	127.0.0.1	127.0.0.1	127.0.0.1	0	0	-92007.855s	0.000s

Рис. 4. Таблицы маршрутизации AODV и DSDV проколов в момент времени окончания симуляции при RWM модели

По таблицам маршрутизации можно определить адрес назначения, узел, через который направлен пакет и количество скачков до узла назначения, если нет прямой связи между узлами. Как следует из таблиц, реактивному протоколу AODV необходимо меньше скачков, чтобы достигнуть до узла назначения. Модели RWM соответствует меньшее количество скачков для обоих протоколов маршрутизации.

Результаты симуляции

Для вывода результатов симуляции проекта используется модуль Flow Monitor. Это модуль мониторинга потоков, который упрощает сбор и сохранение в постоянном хранилище общего набора показателей производительности сети. Модуль автоматически обнаруживает все потоки, проходящие через сеть, и сохраняет показатели, которые исследователю могут потребоваться для анализа потоков, например, битрейты, продолжительность передачи, задержки, размеры пакетов и коэффициент потери пакетов.

В процессе выполнения программы имитационного моделирования фрагмента сети Manet модулем Flow Monitor сформировано 45 потоков, а результаты статистической оценки системных параметров анализируемой сети представлены в виде гистограмм скоростей передачи

(Flow_bitrates), количества потерянных пакетов (Number_of_lost_packets) и задержки (Delay) по каждому направлению потоков (Number_of_flows).

На рис. 5 представлены результаты обработки данных для модели мобильности RWP.

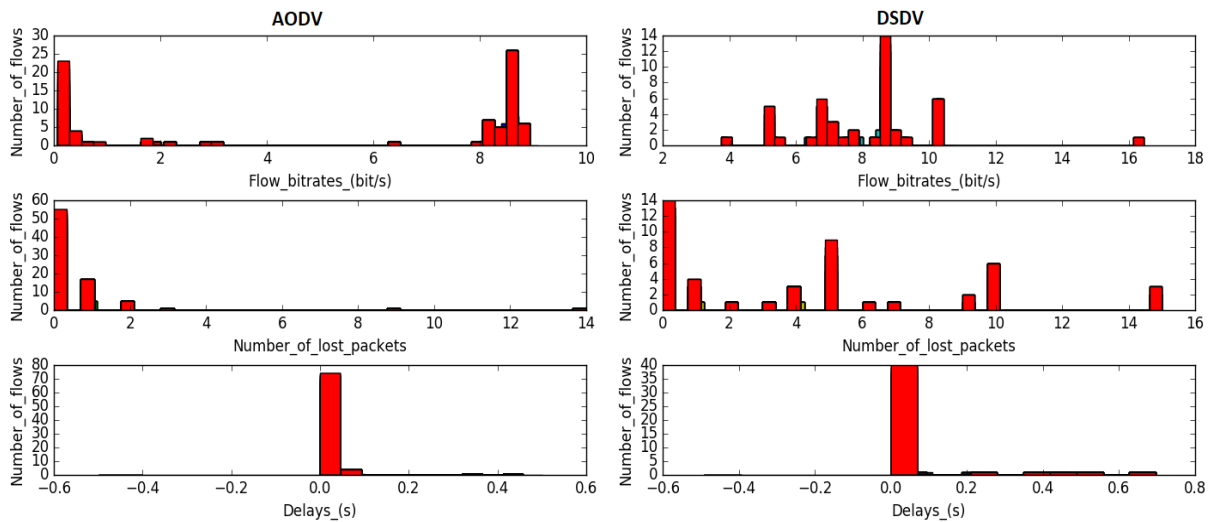


Рис. 5. Результаты статистической обработки для модели RWP по двум протоколам

Из гистограмм видно, что для проектируемой сети с моделью мобильности RWP реактивный протокол AODV показал наименьшие потери пакетов и задержки, протокол DSDV выделяется наибольшей скоростью передачи пакетов.

На рис. 6 представлены результаты обработки данных для модели мобильности RWM.

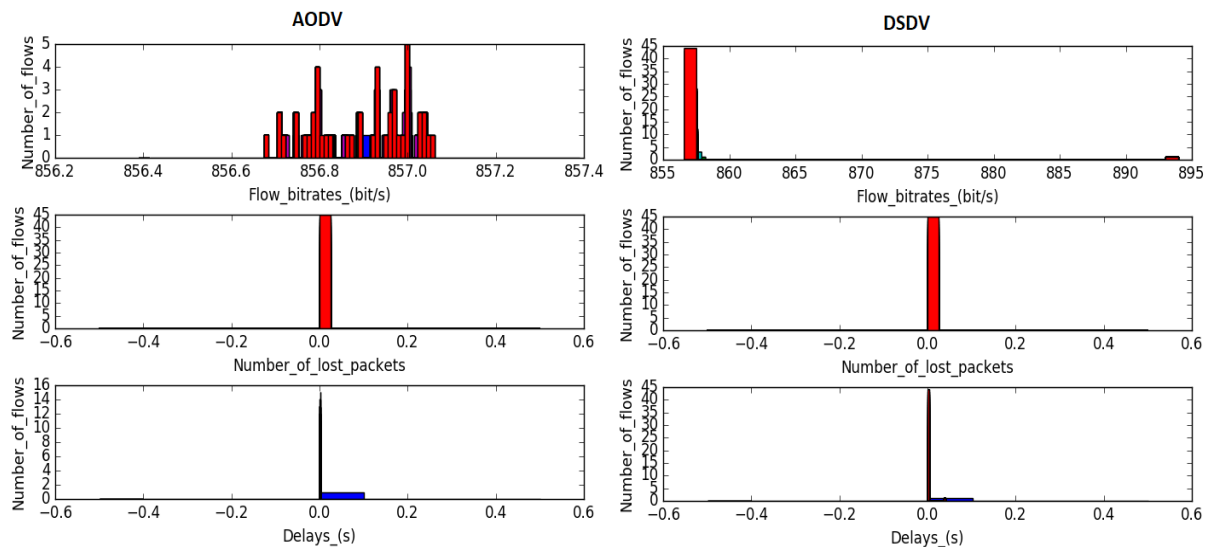


Рис. 6. Результаты статистической обработки для модели RWM по двум протоколам

Из гистограмм видно, что для проектируемой сети с моделью мобильности RWM реактивный протокол AODV и проактивный DSDV показали нулевые потери пакетов и минимальные задержки, по скорости передачи пакетов результаты по двум протоколам так же схожи, и в среднем составляют 857 бит/с.

В таблице сведены основные статистические данные имитационного моделирования сетевого фрагмента.

Результаты симуляции сети

	AODV		DSDV	
	RWP	RWM	RWP	RWM
Общее количество переданных пакетов	1516	1125	1125	1125
Общее количество полученных пакетов	1457	1125	838	1125
Общее количество потерянных пакетов	53	0	202	0
Пропускная способность, кб/с	5,61	8,36	6,77	8,36
Процент доставки пакетов, %	96	100	82	100
Средняя задержка, с	0,016	0,0012	0,064	0,0024
Средний джиттер, с	0,015	0,00027	0,05	0,0014
Размер пакета, кб	774	1028	1028	1028

Заключение

Для анализа качества функционирования сети на основе полученных статистических данных моделирования могут быть определены следующие основные метрики:

– пропускная способность (Throughput) как среднее количество пакетов, переданных успешно от одного узла к другому за время симуляции;

– коэффициент отброшенных пакетов (Packet Drop ratio), – как среднее количество пакетов, которые были потеряны между узлами, источником и назначения, к общему числу пакетов;

– коэффициент принятых пакетов (Packet Received ratio) как отношение среднего количества пакетов, которые были успешно переданы между узлами, источником и назначения, к общему числу пакетов.

Анализ результатов симуляции сетевого фрагмента показывает, что выходные данные существенно зависят от моделей мобильности узлов в сети. Модель с большей плотностью более устойчива к потере пакетов из-за разнообразия маршрутов до узла назначения.

Протоколы маршрутизации также влияют на результаты в зависимости от моделей мобильности. Так, реактивный протокол AODV реализует лучшие показатели при модели со случайной путевой точкой, но при этом характеризуется меньшей скоростью передачи по сравнению с проактивным протоколом DSDV. А при модели со случайным порядком оба протокола эквиваленты.

MODELING MANET NETWORK IN NS-3 SIMULATOR ON BASE OF AODV AND DSDV ROUTING PROTOCOLS

V.A. BELAN, M.M. SHAKIR, M.Yu. HOMENOK

Abstract. The system characteristics of a self-organizing network with a dynamically changing topology which use the Manet technology on base of the NS-3 simulator were analyzed. The comparative analysis both of proactive DSDV and reactive AODV routing protocols for two RWP and RWM mobility models was performed.

Keywords: modeling, NS-3, simulator, NetAnim.

Список литературы

1. NS-3 [Электронный ресурс]. URL: <http://clone.nsnam.org/ns-3-allinone> (дата обращения: 10.03.2019).
2. NetAnim [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsnam.org/wiki/NetAnim> (дата обращения: 10.03.2019).