

Інфокомунікаційні системи

УДК 681.3

А.А. Астраханцев, С.М. Горбань

Харьковский национальный университет радиотехники, Харьков

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В AD-HOC СЕТЯХ

В данной статье оценивается эффективность протоколов маршрутизации в ad-hoc сетях, приводятся результаты сравнительного анализа различных протоколов маршрутизации и результаты моделирования ad-hoc сетей в среде NetworkSimulator 2.

Ключевые слова: ad-hoc сети, протоколы маршрутизации, самоорганизующиеся сети.

Введение

Беспроводные ad-hoc сети относятся к мобильным децентрализованным динамическим самоорганизующимся сетям и не имеют постоянной структуры.

Каждое устройство, принимающее участие в организации такой сети, является одновременно приемником, передатчиком, ретранслятором и представляет конечное устройство.

Каждый узел ad-hoc сети может свободно перемещаться в любое время и в любом направлении, причем вследствие этого некоторые старые связи могут быть потеряны, а также могут быть установлены новые связи, уже с другими узлами сети.

Такая технология построения беспроводной сети показывает себя наиболее актуальной в ситуациях, когда необходимо быстро развернуть сеть на территории с подвижными узлами. Примерами таких ситуаций могут служить любые стихийные бедствия, военные действия, и другие экстренные ситуации.

За счет постоянного изменения структуры сети могут возникнуть проблемы с маршрутизацией, так как изменяются возможные пути доставки информации между узлами, эти проблемы решаются с помощью проактивных, реактивных и гибридных протоколов маршрутизации.

Классификация и обзор протоколов маршрутизации

Проактивные протоколы маршрутизации управляются таблицами маршрутизации, которые формируются при создании сети и обновляются при каждом изменении структуры сети.

Таблицы маршрутизации в данных протоколах являются полными и постоянно обновляются.

Наиболее применяемыми проактивными протоколами являются DSDV, OLSR и WRP.

DSDV(DynamicSourceRoutingprotocol) – проактивный протокол, основанный на алгоритме Беллмана-Форда, пересылающий обновления сразу после их получения.

Каждое обновление маршрутов каждого узла имеет свой уникальный порядковый номер, что позволяет обеспечить актуальность информации о маршрутах. Предусматривает возможность подключения одного из узлов ad-hoc сети к любой другой сети, в таком случае этот узел является шлюзом.

OLSR(Optimized Link State Routing Protocol) – основанный на алгоритме Дейкстры. В нем введена концепция сетевых устройств, которые играют роль MPR (MultiPointRelay) и, по сути, являются основой ad-hoc сети.

Именно устройства MPR могут формировать и рассылать обновления через всю ad-hoc сеть. Каждое устройство, не исполняющее роль MPR, выбирает один или несколько таких MPR устройств, от которых получает обновления маршрутной информации, но не транслирует ее в сеть.

WRP (WirelessRoutingProtocol) – по принципу работы схожий с протоколом RIP: периодический обмен таблицами маршрутизации и основные средства защиты от возникновения петель маршрутизации.

Создает соединения, которые постоянно поддерживаются между соседними ad-hoc узлами сети.

Также следует упомянуть протокол Babel, базирующийся на основе DSDV, но имеющий меньшее время сходимости, и протокол B.A.T.M.A.N, использующий концепцию OLSR, но имеющий два разных уровня в зависимости от типа связи между узлами ad-hoc сети.

Реактивные протоколы маршрутизации занимаются поиском маршрута до конечного узла только в случае необходимости взаимного обмена информацией между узлами.

После обмена информацией между двумя конечными узлами маршрут некоторое время хранится в памяти этих устройств.

Если возникает потребность еще раз передать информацию по тому же маршруту, но время прошедшее после последней передачи превышает время хранения маршрута в памяти, процесс поиска маршрута повторяется.

Наиболее применяемыми реактивными протоколами являются AODV, DSR, DYMO.

AODV (AdhocOn-DemandDistanceVector) – реактивный протокол, использующий вектор расстояния по запросу. Позволяет клиенту при необходимости установить соединение с другим клиентом с помощью распространения запроса по всей ad-hoc сети.

Все узлы, получившие запрос, сохраняют информацию об отправителе в таблице маршрутизации, и ответ на запрос возвращается по установленному маршруту.

DSR (DynamicSourceRoutingprotocol) – похож на AODV, однако не использует маршрутизацию от источника.

Здесь путь прохождения пакета по всем узлам указывается внутри пакета, и ответный пакет возвращается по тому же маршруту, каким пришел запрос.

DYMO (DynamicMANETOn-DemandRouting) – базируется на AODV, однако имеет упрощенный механизм поиска и поддержки маршрута.

Гибридные протоколы маршрутизации используются для ad-hoc сетей с большим количеством конечных устройств, разбивая сеть на сектора.

Они объединяют в себе механизмы работы проактивных и реактивных протоколов в зависимости от уровня иерархии (обычно проактивные используются внутри одного сектора, а реактивные – за пределами сектора).

Среди таких протоколов следует выделить HWMP, ZHLS, ZRP.

HWMP (HybridWirelessMeshProtocol) – базируется на AODV и является базовым для сетей построенных согласно технологии IEEE 802.11s.

ZHLS (Zone-BasedHierarchicalLinkState) – базируется на системе GPS и для разбиения сети на зоны использует привязку к географическим координатам сетевых устройств.

Каждый узел имеет номер и получает два типа пакетов с маршрутной информацией: один сообщает о порядке доступа к узлам внутри его географической зоны, второй – к узлам сети расположенным вне этой зоны.

ZRP (ZoneRoutingProtocol) – также разбивает сеть на части, и маршрутизацией между частями занимаются пограничные узлы.

Среди существующих типов протоколов маршрутизации различаются также иерархические (формируют иерархию из мобильных терминалов абонентов, часть сетевых устройств выполняет роль транспортной сети), ориентированные (позволяют изучить маршрут при обработке данных, которых проходят через мобильные станции пользователей) и многоадресные (позволяют передавать информационный поток нескольким получателям одновременно).

Сравнительный анализ протоколов маршрутизации

Ниже приведены таблицы (табл. 1 – 3), в которых выполнено сравнение параметров некоторых протоколов маршрутизации, таких как маршрутная структура, число таблиц маршрутизации, частота обновления таблиц маршрутизации, методы расчета маршрутов, методы хранения информации о маршрутах, а также их основные особенности, преимущества и недостатки.

Таблица 1

Сравнительный анализ основных характеристик проактивных протоколов

Имя	Маршрутная структура	Число таблиц	Частота обновления	Особенности
DSDV	Плоская	2	Периодически и по запросу	Защита от петель
OLSR	Плоская	3	Периодически	Защита от петель на основании предшествующей информации
WRP	Плоская	4	Периодически	Использует MPR

Таблица 2

Сравнительный анализ основных характеристик реактивных протоколов

Имя	Маршрутная структура	Множественные маршруты	Метод расчета маршрута	Хранение маршрутов	Стратегия
AODV	Плоская	Нет	Новый кратчайший путь	Маршрутная таблица	Полная либо частичная перезапись маршрутов
DSR	Плоская	Да	Кратчайший путь или следующий в маршрутной таблице	Кэш маршрутов	Полная перезапись маршрутов

Сравнительный анализ сложности протоколов маршрутизации

Имя	Время конвергенции	Память	Управление	Преимущества/недостатки
DSDV	$O(D*I)$	$O(N)$	$O(N)$	Защита от петель / на верхнем уровне
OLSR	$O(D*I)$	$O(N)^2$	$O(N)^2$	Защита от петель на основании предшествующей информации / необходимость обмена данными
WRP	$O(h)$	$O(N)^2$	$O(N)$	Защита от петель / высокое потребление памяти
AODV	$O(2D)$	$O(2N)$	$O(2N)$	Адаптируется к высоко-динамичным топологиям
DSR	$O(2D)$	$O(2N)$	$O(2N)$	Множество маршрутов, невозможно прослушать

где $O()$ – порядок сложности;
 D – диаметр сети;
 I – среднее время обновления;
 N – количество узлов в сети;
 h – высота дерева маршрутизации.

Проанализировав приведенные таблицы можно сказать, что реактивные протоколы отличаются большими задержками, чем проактивные, и используют более длинные маршруты для передачи данных, чем проактивные. Протоколы, использующие таблицы маршрутизации, в свою очередь доставляют информацию с большими потерями и потребляют больше трафика на передачу служебной информации, чем протоколы, использующие информацию лишь о текущих маршрутах.

Результаты программного тестирования протоколов маршрутизации

Программа NetworkSimulator 2 предназначена для моделирования сетей, в том числе и беспроводных самоорганизующихся динамических ad-hoc сетей. Отличительной особенностью является наличие возможности моделирования работы разнообразных протоколов маршрутизации, которые можно подключать к программе в виде дополнений. Сама программа является компилятором составного кода конструкции база плюс реализация протокола маршрутизации. Приложение NAM работает в комплексе с NS2 и позволяет визуализировать работу выбранного протокола и снять статистику изменения параметров сети в ходе ее самоорганизации.

Исследования проводились для моделей проактивного протокола OLSR и реактивного протокола AODV, при количестве узлов 50 и 100 при одинаковой геометрической площади сети. Ниже приведены результаты моделирования в виде зависимостей от количества пакетов на источник (N): количества доставленных пакетов в процентах $P(N)$ (рис. 1), задержки $D(N)$ (рис. 2), отношения фактической длины пути к минимально возможной $L(N)$ (рис. 3).

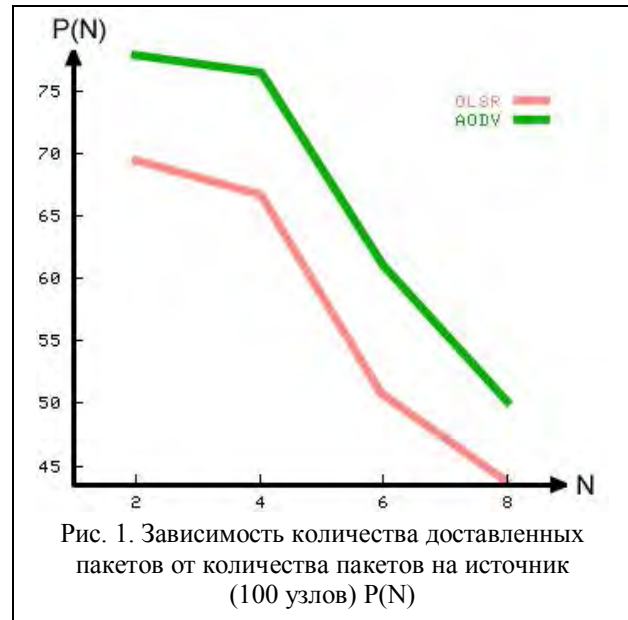


Рис. 1. Зависимость количества доставленных пакетов от количества пакетов на источник (100 узлов) $P(N)$

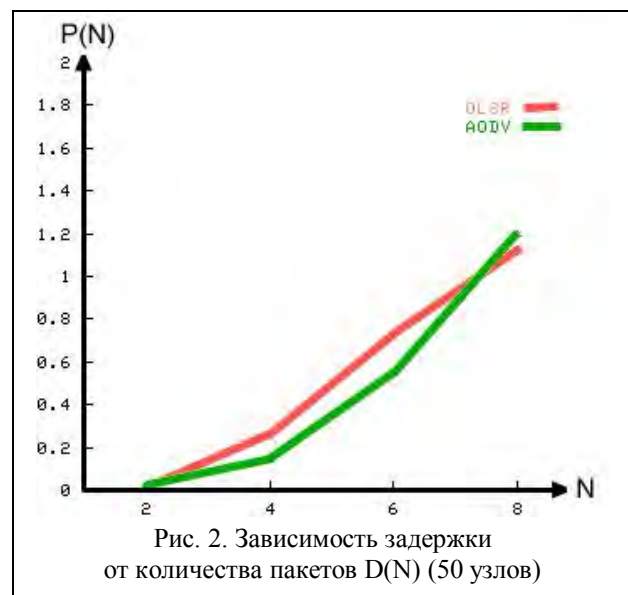


Рис. 2. Зависимость задержки от количества пакетов $D(N)$ (50 узлов)

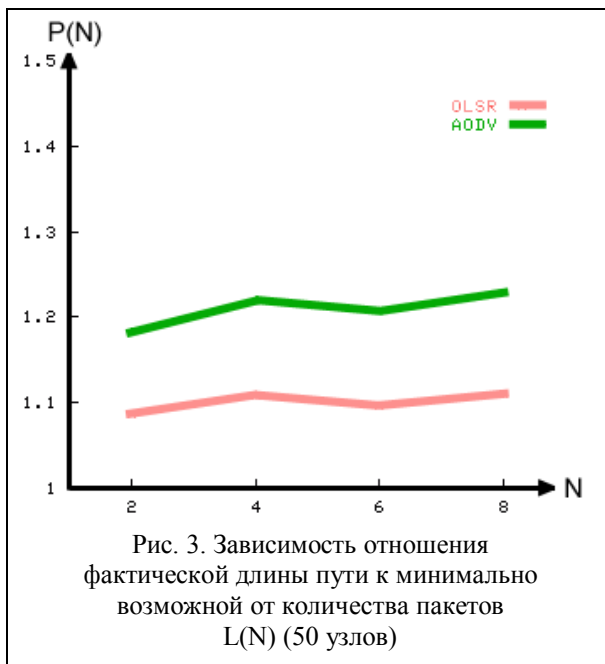


Рис. 3. Зависимость отношения фактической длины пути к минимально возможной от количества пакетов L(N) (50 узлов)

Размер пакетов составлял 512 байт. Длительность потока равнялась 30 секунд. Скорость образования пакетов росла со временем образования потока.

В процессе моделирования не учитывались сообщения об ошибках, и пакеты не могли быть восстановлены.

В процессе моделирования узлы-источники и узлы-получатели выбирались случайно.

Выводы

В статье были рассмотрены протоколы маршрутизации в динамически изменяющихся самоорганизующихся сетях – проактивные, реактивные и гибридные.

Также приведены доводы в пользу выбора конкретного протокола, и о необходимости использования ad-hoc сетей в реальной жизни.

Был выполнен анализ протоколов маршрутизации в ad-hoc сетях, и получены результаты моделирования их работы.

Исходя из полученных с помощью NS2 графиков, можно сформулировать следующее заключение: по двум параметрам, при высокой скорости образования пакетов лучше себя проявил реактивный протокол AODV.

По сравнению с представителем проактивных протоколов маршрутизации, а именно OLSR, протокол AODV позволяет доставлять информацию с меньшими потерями, и в меньшей степени занимает трафик маршрутной информацией. Протокол действует быстрее и использует короткие маршруты.

Ad-hoc сети весьма актуальны в ситуациях, требующих быстрого развертывания сети на основе подвижных устройств.

Протокол маршрутизации следует выбирать в зависимости от того, какие требуются показатели от организуемой сети.

Список литературы

1. Carlos De Moraes Cordeiro. *Ad Hoc & Sensor Networks: Theory and Applications* / Carlos De Moraes Cordeiro, Dharma Prakash // AgrawalWorld Scientific, 1 jan. 2006. – 641 p.
2. Corinna Elektra Aichele. *Mesh. Drahtlose Ad-hoc-Netze* / Corinna Elektra Aichele. Verlag: Open Source Press; Auflage: 1, Aufl. (Juli 2007). B–roschiert: 200 Seiten.

Поступила в редколлегию 19.11.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяев, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ У AD-HOC МЕРЕЖАХ

А.А. Астраханцев, С.М. Горбань

У даній статті оцінюється ефективність протоколів маршрутизації в ad-hoc мережах, наводяться результати порівняльного аналізу різних протоколів маршрутизації і результати моделювання ad-hoc мереж в середовищі Network Simulator 2.

Ключові слова: ad-hoc мережі, протоколи маршрутизації, самоорганізовані мережі.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ROUTING PROTOCOLS IN AD-HOC NETWORKS

A.A. Astrakhantsev, S.M. Gorban

This article assesses the effectiveness of routing protocols in ad-hoc networks present data from a comparative analysis of various routing protocols and the results of simulations ad-hoc networks by Network Simulator 2.

Keywords: ad-hoc network routing protocols, self-organizing network.