

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Д. А. Чукило, Г.Ф. Астапенко
Беларусь, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

В ряде приложений, где требуется отслеживание перемещений подвижных объектов (материалов) наблюдений, оправдано использование сравнительно нового класса распределённых устройств – беспроводных сенсорных сетей. С помощью последних можно осуществлять мониторинг подвижного распределённого (во времени и пространстве) источника информации.

Определённый интерес вызывает исследование зависимости пропускной способности сенсорной сети от параметров подвижности узлов. Подобную зависимость в некотором приближении можно получить, используя определённые моделирующие средства, например систему OMNeT++ [1]. OMNeT++ – объектно-ориентированный модульный сетевой симулятор дискретных событий, который может быть использован для следующих целей: моделирования трафика в телекоммуникационных сетях; моделирования протоколов; моделирования сетей массового обслуживания; моделирования мультипроцессоров и других распределённых систем.

Модель в OMNeT++ состоит из иерархически вложенных модулей. Глубина вложения не ограничена, что позволяет отобразить логическую структуру реальной системы в модели. Модули взаимодействуют посредством передачи сообщений, которые могут содержать произвольные сложные структуры данных. Модули могут посылать сообщения как напрямую к месту назначения, так и по предопределённому пути, через шлюзы и соединения. Модули могут иметь свои параметры, которые могут быть использованы для изменения поведения модели и параметризации топологии модели.

Процесс моделирования в данной системе предполагает задание не только определённой топологии сети, но и особенностей протокола передачи данных между узлами. В работе в качестве основы протокола передачи данных сенсорной сети был выбран протокол AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) [2], предназначенный для использования мобильными узлами в сетях Ad hoc. Он характеризуется быстрой адаптацией к динамическим изменениям соединений, малым количеством слу-

жебных сообщений, малой нагрузкой сети, а также поддерживает однонаправленные соединения.

Следует отметить, что моделированием сенсорных сетей в настоящее время занимаются многие исследователи. Например, в работах [3], [4] большое внимание уделялось зависимостям характеристик от пространственной конфигурации сети, вопросам агрегации данных. Однако зависимость пропускной способности от параметров подвижности модели не рассматривалась.

1. СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Предложенная в работе система моделирования состоит из двух компонент: модель сети; программа моделирования передачи данных на основе AODV-протокола.

Модель отображает сенсорную сеть с параметризуемым числом узлов, которые могут перемещаться в среде без препятствий. При этом каждый узел имеет свой диапазон расстояний радиопередачи.

Каждый узел можно представить в виде составного модуля, разделенного на следующие уровни: физический уровень; уровень MAC; уровень маршрутизации; уровень приложения; уровень подвижности.

Для моделирования были использованы следующие условия и допущения:

- размер среды размещения узлов - 550м x 550м;
- количество узлов - 25;
- радиус передачи - 95-100м;
- запас энергии: рассчитан на реализацию 900000-990000 транзакций для одного узла;
- время симуляции - 3 часа;
- пропускная способность - 11 Мбит/сек;
- задержка в канале - 100 мсек;
- вероятность ошибки в канале - 10^{-6} (1 бит на 1000000 бит);
- время обработки на Mac-уровне - определяется нормальным распределением со средним значением - 15 мсек и дисперсией - 7,5мсек;
- размер служебных сообщений - 64 байта;
- размер пакета данных - 512 байт;
- количество пакетов, рассылаемых за один сеанс - 64;
- скорость движения узлов - нормально распределённая величина с математическим ожиданием 0, 1, 2, ..., 9 м/с;

- вектор направления – равномерно распределённые значения в пределах $[0; 2\pi)$;
- частота послылки пакетов – 3 сек^{-1} ;
- частота интервалов рассылки – $[0.1, 3] \text{ сек}$.

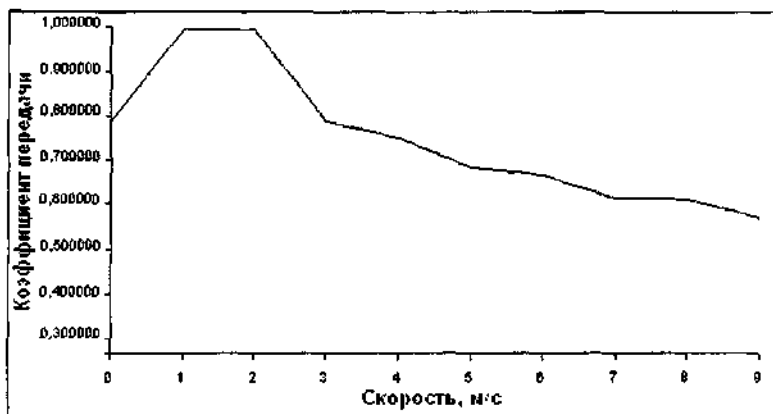
При моделировании были получены и проанализированы следующие статистические данные:

- Количество прыжков, совершённое пакетом – среднее число промежуточных узлов плюс 1, через которые проходит пакет на пути к узлу назначения.
- Задержка сообщения – среднее время распространения пакета в сети, с учётом количества прыжков.
- Пропускная способность, равная отношению размера сообщения к задержке.
- Количество доставленных сообщений – используется для расчёта коэффициента передачи.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

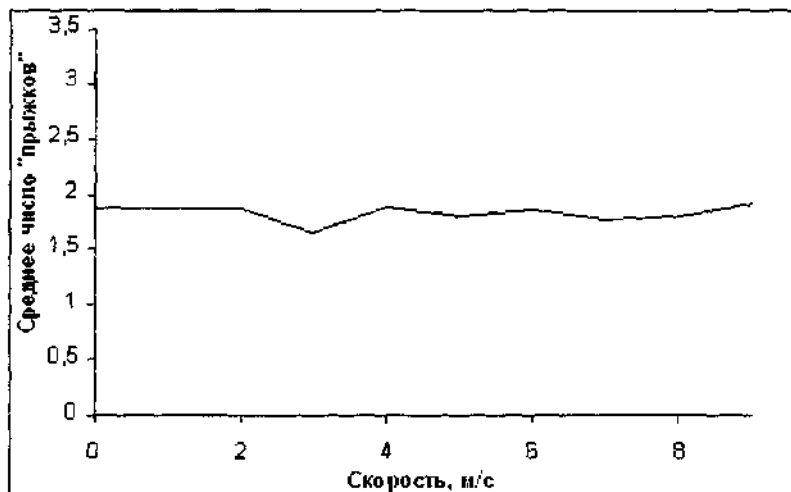
В данном разделе представлены следующие результаты моделирования.

1. Зависимость коэффициента передачи от скорости движения сен-



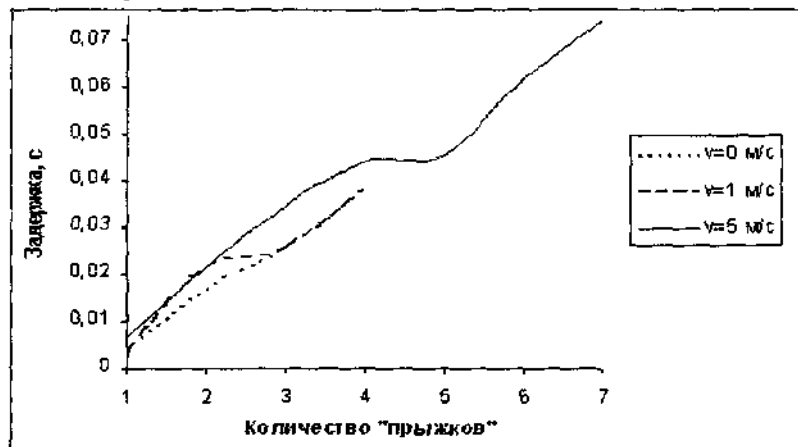
соров.

2. Зависимость среднего числа «прыжков» от скорости движения



сенсоров

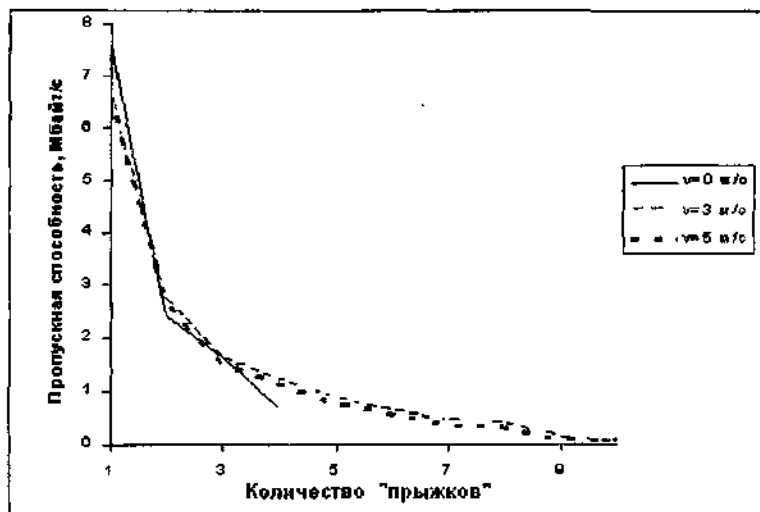
3. Зависимость задержки в сети от количества «прыжков» при различных скоростях движения сенсоров.



Задержка — это среднее время, в течение которого пакет распространяется по сети. Оно включает время распространения сигнала между уз-

лами и время, затрачиваемое на время ожидания в очередях и обработку в буферах промежуточных узлов.

4. Зависимость пропускной способности сети от количества «прыжков» при различных скоростях.



Пропускная способность отображает эффективную ёмкость сети. Она вычисляется путём деления размера сообщения на время, затрачиваемое на прохождение сообщением расстояния до места назначения.

При анализе полученных данных можно сделать следующие выводы:

- с ростом скорости взаимного перемещения сенсоров происходит увеличение задержки передачи данных, а также несколько уменьшается пропускная способность сети;
- задержка передачи данных зависит от количества прыжков, а именно, увеличивается по мере их роста. При этом низкое среднее значение количества прыжков объясняется тем, что данные, передаваемые на большое расстояние, имеют большую вероятность потерь (по сравнению с сообщениями с меньшим количеством прыжков);
- выбранный протокол передачи данных в сенсорной сети является достаточно устойчивым (минимальный процент потери данных),

даже при значительных скоростях изменения топологии (подвижности узлов) сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведены результаты разработки модели протокола передачи данных (на основе AODV) в беспроводных сенсорных сетях. Данная модель была реализована в среде симулятора OMNeT++. В процессе моделирования основное внимание было уделено определению зависимости между параметрами подвижности узлов сети и средней пропускной способностью каналов связи. Результаты моделирования и некоторый их анализ представлены в разделе 2.

Литература

1. Andras Varga, «OMNeT++ Discrete Event Simulation System» «Version 3.0» «User Manual» - 2004.
2. Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding-Royer, Samir R. Das. «Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing» - 2002.
3. C.-F. Chiasserini, M. Garetto, «Modeling the Performance of Wireless Sensor Networks» - «IEEE Infocom» - 2004.
4. Bhaskar Krishnamachari, Deborah Estrin, Stephen Wicker, «Modelling Data-Centric Routing in Wireless Sensor Networks» - «IEEE Infocom» - 2002.