

Имитационное моделирование одноранговых беспроводных сенсорных сетей в среде OMNeT++

Ульянов Н.С.

batyaultr03@gmail.com

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Аннотация. В данной статье описываются особенности использования среды OMNeT++ для имитационного моделирования одноранговых беспроводных сенсорных сетей. В рассматриваемых сетях узлы могут выходить из строя при снижении уровня заряда батарей. При моделировании оценивается число вышедших из строя узлов и время жизни сетей. Описывается процесс построения и применение модели сети. Отмечаются преимущества среды OMNeT++, связанные с представлением результатов моделирования.
Ключевые слова: имитационное моделирование, OMNeT++, беспроводная сенсорная сеть, время жизни сети

Введение

Беспроводные сенсорные сети занимают важное место в области информационных технологий, имея множество приложений, начиная от мониторинга окружающей среды до управления городской инфраструктурой [1]. В образовательном процессе беспроводные сенсорные сети являются объектом изучения в рамках дисциплин «Моделирование информационно-вычислительных сетей» и «Проектирование компьютерных сетей», входящих в учебный план подготовки студентов по направлению магистратуры «Информатика и вычислительная техника» и профилю «Компьютерное моделирование систем».

Беспроводные сети можно моделировать с помощью различных программных средств. В ходе изучения систем имитационного моделирования беспроводных сетей было выявлено, что наибольшее применение имеют NS-2/NS-3, OMNeT++, AnyLogic, OPNeT [2]. Данные системы имитационного моделирования позволяют полностью сконструировать беспроводную сенсорную сеть с учетом особенностей её функционирования, что является ключевым фактором в выборе подходящей системы. Окончательный выбор средства моделирования был сделан в пользу программы OMNeT++ [3] вместе с библиотекой INET [4], которая предоставляет большое количество инструментов для работы с беспроводными сенсорными сетями. В частности, в OMNeT++ можно реализовать задание беспроводных узлов и базовой станции; выбор из нескольких видов батарей узлов с возможностью определения параметров батарей таких, как потребление энергии во время бездействия, начальный заряд батареи и т.д.; возможность задания области покрытия сети, а также случайного расположения статичных узлов; задание размера посылаемого пакета данных, интервала между отправками и т.д.

В данной работе моделируются одноранговые беспроводные сенсорные сети. Они представляют бессерверную сетевую технологию, которая позволяет нескольким сетевым устройствам совместно использовать ресурсы и взаимодействовать друг с другом напрямую. В качестве топологии сети используется топология «звезда». Исследуется время жизни сети, которое

определяется как длительность времени, в течение которого сеть способна выполнять свои функции по сбору и передаче данных до достижения определенного процента β неработоспособных узлов, вышедших из строя вследствие разряда батарей. Время жизни сети является важной характеристикой при проектировании беспроводных сенсорных сетей, так как позволяет оценить надежность сети и оптимизировать параметры сети с учетом требуемого времени её функционирования.

1. Построение модели беспроводной сенсорной сети в OMNeT++

Рассматривается одноранговая беспроводная сенсорная сеть, которая включает: базовую станцию, расположенную в центре области, представляющей собой квадрат заданной площади; конечное число сенсорных узлов (с батареями определенной ёмкости), случайно расположенных по всей области и связанных беспроводным соединением с базовой станцией. В сети передаются пакеты фиксированного размера, при этом длительности интервалов времени между передаваемыми пакетами являются случайными величинами с заданным законом распределения вероятностей.

Построим имитационную модель описанной беспроводной сети в программной среде OMNeT++. Для начала работы нужно скачать архив с программой на официальном сайте OMNeT++ [3] для выбранной операционной системы. После его распаковки можно приступить к установке программы, для чего необходимо запустить файл под названием `mingwenv.cmd` и в командной строке ввести `«./configure»` и далее `«make»`. После завершения установки для запуска программы нужно ввести команду `«omnetpp»`. Далее загружается библиотека INET с репозитория на github [5], импортируется архив и создается проект для работы с библиотекой. За основу строимой модели выбирается шаблон `«inet/showcase/wireless/power»` модели беспроводной сети, в узлах которой используются батареи фиксированной ёмкости.

Для рассматриваемой беспроводной сенсорной сети в файл с описанием модели `«PowerConsumptionShowcase.ned»` были добавлены следующие модули:

- `IntegratedCanvasVisualizer` – предназначен для визуализации разных характеристик узлов сети, например, в данной модели он используется для отображения заряда батареи узла;

- `Ipv4NetworkConfigurator` – назначает IPv4-адреса и настраивает статическую маршрутизацию для сети IPv4;

- `Ieee80211ScalarRadioMedium` – позволяет использовать различные режимы работы узлов, например, спящий режим, выключенный и т.д.;

- `AdhocHost` – определяет беспроводные узлы с их параметрами маршрутизации, мобильности и энергопотребления. Adhoc режим позволяет подключать узлы между собой напрямую (p2p);

- `hostDest` – определяет базовую станцию сети, т.е. узел сети, на который передаются данные с остальных узлов.

С помощью встроенного графического интерфейса среды OMNeT++ можно посмотреть полученную структуру модели сети.

В состав проекта модели рассматриваемой беспроводной сети входит файл «omtepp.ini», написанный на языке C++. В этом файле задаются параметры беспроводной сенсорной сети такие, как количество узлов, площадь сети, тип мобильности узлов, размер пакета передаваемых данных, пропускная способность каналов передачи данных, типы потоков данных, передаваемых узлами, ёмкости батарей узлов, функция энергопотребления узлов. Также задаются параметры модели такие, как время моделирования и количество сценариев модели.

В качестве примера была построена имитационная модель одноранговой беспроводной сенсорной сети, с помощью которой исследовалось время жизни сети. Сеть имеет следующие основные параметры. Количество статических узлов, которые посылают пакеты, – 20. Узлы равномерно располагаются на области площадью $100\pi \text{ м}^2$ с базовой станцией в центре области. Размер передаваемых узлами пакетов равен 125 байт. Пропускная способность каналов (битрейт) передачи данных составляет 1 мегабит в секунду. Каждый из узлов посылает пакеты на базовую станцию соответственно распределению Пуассона со средним значением 1 пакет в час. Ёмкость батареи каждого узла составляет 11 миллиджоулей. Функция энергопотребления каждого узла, определяющая расход заряда батареи на отправку пакета к базовой станции, является нелинейной и зависит от расстояния от узла до базовой станции [6]. Время моделирования вначале было выбрано равным 100 часов, затем в процессе исследования времени жизни сети оно являлось изменяемым параметром. При заданном наборе параметров сети проводилось по 10 экспериментов (запусков) с имитационной моделью беспроводной сенсорной сети.

2. Результаты моделирования беспроводной сенсорной сети в OMNeT++

После каждого запуска модели в среде OMNeT++ результаты имитационного моделирования беспроводной сенсорной сети отображаются в графическом виде, удобном для дальнейшего анализа.

На рисунке 1 показан результат работы модели беспроводной сенсорной сети в графической среде имитационного моделирования OMNeT++. Из рисунка 1 видно, что часть узлов сети вышла из строя, так как у них закончился заряд батареи. В процессе работы модели сети в графическом окне программы отображается передача пакетов от узлов к базовой станции и уровень заряда их батарей в «реальном» (модельном) времени. После завершения работы модели в консоли программы OMNeT++ в текстовом виде отображаются характеристики сети, например, процент оставшегося заряда батарей узлов сети, количество доставленных за время моделирования пакетов данных.

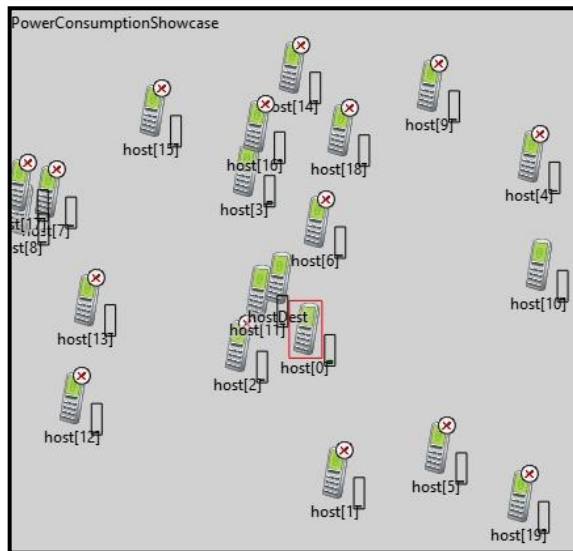


Рис.1 - Результат моделирования беспроводной сенсорной сети

Для сети, взятой в качестве примера, получены следующие результаты моделирования после одного запуска модели: всего было доставлено 1786 пакетов к базовой станции; отношение числа оставшихся работоспособными узлов к общему числу узлов сети равно 0,25. Результаты говорят о том, что только 25% сенсорных узлов сохраняют возможность передавать данные к базовой станции по завершении 100 часов функционирования сети. На рисунке 2 изображен пример графиков, построенных в OMNeT++ и показывающих, как меняется заряд батарей узлов в течение 100 часов.

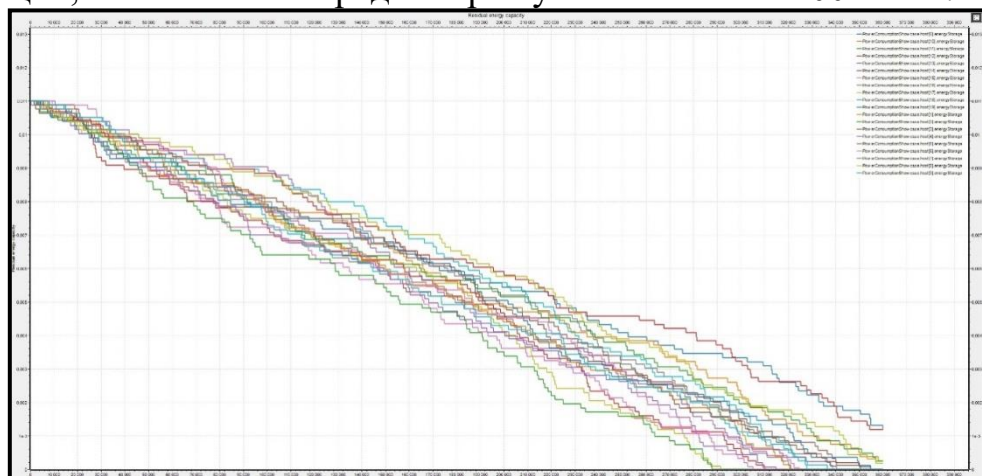


Рис.2 - Графики изменения заряда батарей узлов в течение 100 часов

Был проведен ряд экспериментов при времени моделирования 100, 90, 80 часов, чтобы определить время жизни сети, при котором обеспечивается процент β неработоспособных узлов, равный 10-15%. Было установлено, что соответствующее время жизни сети составляет 80 часов. При этом времени моделирования среднее количество доставленных к базовой станции пакетов составляет 1582,2, а среднее значение процента оставшихся работоспособными узлов $1-\beta$ равно 89%, что свидетельствует о достаточно высокой надежности сети, функционирующей в течение указанного времени.

Заключение

В заключение отметим, что проведение имитационного моделирования одноранговой беспроводной сенсорной сети в программе OMNeT++ с использованием библиотеки INET позволяет получить основные характеристики сети и оценить время её жизни. В ходе построения и применения модели сети в среде OMNeT++ были выявлены следующие преимущества данной среды при моделировании беспроводных сенсорных сетей: наличие большого количества библиотек для работы с беспроводными сетями и их компонентами; обширная документация; графический интерфейс программы; наглядное представление результатов моделирования и возможность построения различных диаграмм, отображающих изменения выбранных характеристик сетей. Изучение и использование среды OMNeT++ может быть полезным и интересным студентам и специалистам, занимающимся имитационным моделированием информационно-вычислительных сетей и телекоммуникационных систем.

Список литературы

- [1]. Дядюнов, А. Н. Моделирование беспроводных сенсорных сетей / А. Н. Дядюнов, К. Н. Кузнецов // Научный вестник МГТУ ГА, серия Радиофизика и радиотехника. – 2009. – № 139. – С. 63-69.
- [2]. Sudha, C. A Review on Wireless Sensor Network Simulation Tools / C. Sudha, D. Suresh, A. Nagesh // Asian Journal of Computer Science and Technology. – 2018. – Vol. 7, № S1. – P. 1-4.
- [3]. OMNeT++ Discrete Event Simulator [Электронный ресурс]. – URL: <https://omnetpp.org/> (дата обращения: 25.09.2024).
- [4]. INET Framework [Электронный ресурс]. – URL: <https://inet.omnetpp.org/> (дата обращения: 25.09.2024).
- [5]. INET Framework for OMNEST/OMNeT++ [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/inet-framework/inet> (дата обращения: 25.09.2024).
- [6]. Noori, M. A Probability Model for Lifetime of Wireless Sensor Networks / M. Noori, M. Ardakani // arXiv 2007. – URL: <https://arxiv.org/pdf/0710.0020> (дата обращения: 25.09.2024).