

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛОВ СТЕКА В СЕНСОРНЫХ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ СЕТЯХ

© 2018 В. В. Аленичев, Ю. П. Преображенский

Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)

В статье рассматриваются особенности маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях. Отмечены основные отличия синхронизированной схемы доступа от асинхронной.

Ключевые слова: сенсорная сеть, передача данных, протокол, информация.

Асинхронные сенсорные сети имеют существенный недостаток для большого количества применения сетей: очень большие затраты энергии в режиме постоянного прослушивания сети.

В случае введения схемы TDMA (временное разделение доступа в канал) происходит значительный выигрыш (до 10 раз) в энергопотреблении, так как устройства «знают», в какой момент им необходимо прослушивать сеть.

Введение синхронизации (схемы доступа TDMA в канальный уровень стека протоколов) в сенсорной сети приводит к смещению акцентов при разработке системы моделирования. Если в асинхронной сети реализация канального и физического уровней является простейшей, то в случае поддержки доступа в канал с разделением времени модель канального уровня становится нетривиальной и значительно превышает сложность уровня приложений [1].

Решения, основанные на схеме доступа CSMA, тоже развиваются в сторону уменьшения энергопотребления при доступе в канал: в одной из схем доступа при уменьшении времени прослушивания канала увеличивается длина передачи преамбулы, которая должна быть не менее гарантированного интервала, в течение которого принимающий узел будет прослушивать сеть.

Подобные схемы приемлемы в случае обслуживания конечных узлов, имеющих не более одного видимого узла-маршрутизатора, так как канал в ином случае будет использоваться неэффективно [2].

Отметим, что проблема энергопотребления для конечных узлов, не маршрутизирующих большой поток данных, сильно преувеличена. При использовании простейших TDMA-схем энергопотребление конечных узлов будет значительно снижено (что подтверждается собственными экспериментальными данными), это позволяет в разы уменьшить ёмкость (и стоимость) батарей по сравнению с узлами-маршрутизаторами.

В случае узлов-маршрутизаторов, снижение энергопотребления связано с введением более эффективной дисциплины доступа в канал, так как фактором, повышающим энергопотребление, является не потеря энергии при прослушивании канала, а коллизии пакетов и интерференция сигналов от разных узлов [3, 4].

Разрешение коллизий при большой нагрузке канала в случае CSMA неэффективно: в проводных сетях Ethernet, использующих тот же принцип доступа, при превышении числом активным узлов в сегменте сети некоторой величины (30 узлов), сеть перестаёт функционировать. То же наблюдается и в беспроводных сетях – при достаточно большой плотности узлов при превышении потоком данных некоторого порога сеть перестаёт функционировать.

Гарантированное функционирование сети и надёжная передача данных особенно важны в случае «густой» сети – большого количества узлов – вблизи базовых станций («стоков» пакетов сенсорной сети).

При асинхронном доступе в канал количество коллизий пакетов стремительно увеличивается и расходуется энергия на повторную передачу пакетов. Синхронизированный протокол предоставляет гарантированные участки времени для передачи пакетов и позволяет значительно повысить отношение потраченной энергии к количеству

Аленичев Виктор Васильевич – Воронежский институт высоких технологий, магистрант, FAlen8ichev00@yandex.ru.

Юрочкин Анатолий Геннадьевич – Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, д. т. н., профессор, yuroch_kin912@yandex.ru.

переданной информации для ближайших к базовой станции узлов.

Перечислим основные отличия синхронизированного доступа в канал от простой асинхронной схемы. В асинхронной схеме для передающего узла не требуется «регистрация» в сети и получение разрешения на занятие канала от других узлов.

Здесь и проявляется главный недостаток асинхронных сетей – при высокой относительной занятости канала узлы не могут гарантированно передать пакет по назначению в течение определённого времени, увеличивается количество коллизий пакетов и, учитывая небольшой объём оперативной памяти узла, теряются хранимые маршрутизатором пересылаемые пакеты. В итоге количество переданных пакетов становится значительно меньше количества принятых пакетов, пакеты теряются.

В случае реализации синхронизированной схемы каждый узел имеет гарантированный слот времени (или несколько слотов), когда он может, не конфликтуя с другими узлами сети, передавать пакеты данных адресатам.

Дополнительные накладные расходы на поддержку доступа с разделённым временем включают:

- формирование кадра (фрейма) сети, в рамках, которого осуществляется передача пакетов и регистрация узлов;
- процедуру регистрации узла в сети и выделения временного слота вошедшему в сеть узлу;
- процедуру уведомления узлов в сети о появлении нового узла; процедуру выхода узла из сети;
- поддержку синхронизации узлов в сети.

Так как тактовые генераторы (системные часы) всех узлов имеют погрешности, узлам необходимо синхронизироваться в рамках каждого кадра и прогнозировать уход частоты часов (например, используя таблицы коррекции частоты генератора в зависимости от температуры окружающей среды).

Даже при сравнительно хороших параметрах точности хода часов – $50 \cdot 10^{-6}$, при частоте синхронизации 32768 Гц рассинхронизация достигает 2 тактов системных часов в сек. Такая рассинхронизация требует обязательного введения процедур корректировки хода часов на узлах.

При разработке моделирующего инструмента решено более сосредоточиться на

разработке модели канального уровня, чем на модели физического уровня.

Достаточным условием для отработки алгоритмов канального уровня является регулируемая частота ошибок в канале, что достигается при простейшей модели канала.

Тем более, на начальном этапе разработки модели неясна необходимая степень детализации, возможно и простейшая модель будет достаточна для проверки функционирования прототипа.

В нашем случае модель физического уровня значительно упрощена, но в процессе моделирования возможны следующие реализации (перечисление идёт от простых к сложным):

- явное указание условий радиовидимости при отсутствии ошибок в канале;
- указание условий радиовидимости с ошибками в канале;
- вычисление условий радиовидимости непосредственно при передаче пакета; сложение радиосигналов от нескольких источников на принимающем устройстве [5, 6];
- трассировка лучей.

Выбор был сделан в пользу простейших моделей, так как в синхронизированном канале коллизии возможны лишь в строго оговоренных (в протоколе) случаях.

Упрощение модели может приводить к огрублению физической модели, например, погрешность хода часов может приводить к нарушению синхронизации при чтении битового потока и начало пакета может быть принято не полностью.

В упрощённой модели пакет будет однозначно отбрасываться, однако, в реальном мире в зависимости от условий синхронизации приёмника пакет с некоторой вероятностью может быть принят, например, в случае незначительной расстройки частот приёмника и передатчика. Но точное предсказание работы приёмника невозможно в принципе, а приближительная модель представляет собой худший (по сравнению с реальностью) случай, что позволяет нам использовать простую модель без оговорок [7].

Уровни маршрутизатора и приложений могут быть сильно упрощены для ряда применений, и это в ряде случаев не сказывается на точности представления модели [8].

Изначально TinyOS разрабатывалась с учётом высокой вероятности изменения конфигурации сенсорной сети (введения новых узлов, удаления узлов, перемещения узлов). В реальных сетях, обслуживающих

технологические процессы, изменения конфигурации сети происходят крайне редко: из-за отказа в источнике питания, из-за помех от приборов, использующих тот же диапазон и т.д. Поэтому, в самом простом варианте маршрутизатор может работать с неизменяемой таблицей маршрутов.

В реальных сетях такие методики задания маршрутов используются в рамках «географической» маршрутизации, когда задаются предпочтительные маршруты передачи пакетов [8].

Далее, TinyOS была «испытательным полигоном» для большого числа разнообразных концепций распределённых приложений для сенсорных сетей, часто имеющих избыточную функциональность и сложность, причём необязательно, что большинство задач могут быть адаптированы для использования существующих сервисов TinyOS.

Большинство существующих на сегодняшний момент задач наблюдения и управления [9] не требуют столь сложной логики (например, достаточно лишь отсылать с определённым интервалом значения измеренных параметров), но могут иметь специфические требования, прямо не поддерживаемые существующими сервисами TinyOS (например, запись измеренных параметров в память).

В основном, имеющиеся промышленные задачи позволяют формализовать и построить сравнительно простую модель генерации данных, которые необходимо передать через сенсорную сеть на базовую станцию.

Таким образом, в разрабатываемой модели для моделирования протокола синхронизированного доступа в сеть достаточно детально проработать канальный уровень модели и построить упрощённые уровни - физический, сетевой и уровень приложений.

В будущем, по мере необходимости более детальных описаний данных трёх уровней, модель совершенствуется без изменения интерфейсов между уровнями стека протоколов.

Реализация системы имитационного моделирования.

Существует немалое количество систем имитационного моделирования как общего назначения, так и специально предназначенных для моделирования сетевых протоколов [10].

Ряд таких систем, предназначенных для моделирования сенсорных сетей, был упо-

мянут ранее. Как правило, используется два диаметрально противоположных подхода: пользовательская реализация элементов системы моделирования на языке программирования общего назначения (TOSSIM) и использование полноценной системы моделирования общего назначения (например, AnyLogic).

Отметим, что TOSSIM фактически подменяет физический уровень и некоторые сетевые интерфейсы, создавая «виртуальные» узлы сенсорной сети.

Собственные наблюдения свидетельствуют, что подменить физический уровень можно в практически любом стеке протоколов, в частности в собственных реализациях протокола синхронизированного доступа [11].

При неизменности двух верхних уровней (сетевой и приложений) возможность подмены уровней позволяет практически без изменений переносить верхние уровни из модели в сеть [12].

Но при описании такой модели разработчик должен заботиться о множестве деталей реализации, сопровождающих разработку приложения – фактически, модель создаётся в терминах операционной системы (TinyOS) и зависит от аппаратной конфигурации узлов, хотя для частной реализации сети «под задачу» данная проблема не столь существенна.

В случае разработки «долгосрочной» модели, такой подход может быть неприемлем – в зависимости от среды, в которую погружена модель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львович, И. Я. Основы информатики / И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. В. Ермолова. – Воронеж, Издательство: Воронежский институт высоких технологий (Воронеж). – 2014. – 339 с.
2. Степанчук, А. П. О проектировании электродинамических объектов / А. П. Степанчук // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях; Отв. ред. А. А. Горохов. – 2018. – С. 347-350.
3. Преображенский, Ю. П. Моделирование распространения радиоволн для условий дифракции / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике; Отв. ред. А. А. Горохов. – 2018. – С. 183-186.
4. Кульнева, Е. Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е. Ю. Кульнева, И. А. Га-

щенко // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 50.

5. Преображенский, Ю. П. Рассеяние радиоволн на сложных объектах / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике; Отв. ред. А. А. Горохов. – 2018. – С. 191-194.

6. Цепковская, Т. А. Об оценке характеристик дифракционных антенн / Т. А. Цепковская, А. П. Степанчук // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее; Отв. ред. А. А. Горохов. – 2018. – С. 94-97.

7. Преображенский, Ю. П. Применение поглощающих материалов при проектировании электродинамических устройств / Ю. П. Преображенский // Будущее науки – 2018; Отв. ред. А. А. Горохов. – 2018. – С. 374-377.

8. Вилюга, Н. Н. О моделировании рассеяния многочастотных сигналов на объектах / Н. Н. Вилюга // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-3. – С. 392-394.

9. Сонькин, Д. М. Мобильные оперативные группы в системах связи и управления / Д. М. Сонькин, М. А. Сонькин, А. А. Шамин, В. З. Ямпольский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2017. – № 2 (17). – С. 6.

10. Львович, Я. Е. Адаптивное управление марковскими процессами в конфликтной ситуации / Я. Е. Львович, Ю. П. Преображенский, Р. Ю. Паневин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. – № 11. – С. 170-171.

11. Казаков, Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети Wi-Fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.

12. Алимбеков, А. Р. Интеграция ГИС и САПР в беспроводных системах связи / А. Р. Алимбеков, Е. А. Авдеенко, В. В. Шевелев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2017. – № 1 (16). – С. 12.

MODELING PROTOCOLS STACK IN TOUCH SYNCHRONIZED NETWORKS

© 2018 V. V. Alenichev, Yu. P. Preobrazhenskiy

Voronezh Institute of high technologies (Voronezh, Russia)

The paper discusses the features of routing in wireless sensor networks. The main differences between synchronized and asynchronous access schemes are noted.

Key words: sensor network, data transmission, protocol, information.