

Беспроводные сети датчиков на основе технологии nanoNET

Жиганов Евгений Денисович

Мощевикин Алексей Петрович

кафедра информационно-измерительных систем и физической электроники

Петрозаводский государственный университет

<http://lab127.ru/>

В работе рассматриваются особенности проектирования беспроводных сетей датчиков на основе технологии nanoNET, предлагается алгоритм функционирования сети, ориентированный на задачи мониторинга окружающей среды, описаны проблемы беспроводной передачи и подходы к их решению.

Введение

Предлагаемые на рынке современные технологии беспроводной связи постепенно вытесняют проводные способы соединения модулей в единый измерительно-управляющий комплекс, как в сфере бытовых приборов, так и для организации доступа к уникальному физическому оборудованию. В качестве несущего сигнала используются либо оптическое (например, в инфракрасном диапазоне), либо радиоизлучение. Так как по сравнению с оптическими излучателями-приемниками антенны, как правило, обладают большей изотропностью, для создания территориально распределенных сетей сбора информации и управления чаще применяются технологии с использованием радиосигналов.

• • •

Полную версию статьи (12 страниц) можно заказать по электронному адресу

[alex mou \[at\] lab127.karelia.ru](mailto:alex mou@lab127.karelia.ru)

• • •

По соотношению энергозатрат на передачу одного бита лидером является немецкая фирма Nanotron Technologies GmbH, выпускающая продукцию для сетей nanoNET (трансиверы NanoPAN). Именно этот параметр (затраты электроэнергии на передачу порции информации) является определяющим в выборе технологии при разработке сетей датчиков, большинство которых питается от батарей или аккумуляторов.

Особенности проектирования сетей сбора информации с датчиков

• • •

Наконец, существенное влияние на выбор аппаратуры, алгоритмов маршрутизации и пр. при разработке беспроводных сетей датчиков оказывает то обстоятельство, что узлы могут быть сильно ограничены в ресурсах, что и имеет место на практике в подавляющем большинстве случаев. Среди этих ресурсов первым по значимости, пожалуй, является запас энергии. Поэтому в аппаратуре сети и алгоритмах ее функционирования должны быть предусмотрены механизмы экономии энергии. Например, можно предусмотреть подпитку от преобразователей световой энергии в электрическую. Также можно, если позволяет решаемая задача, предусмотреть периоды, когда датчики находятся в неактивном состоянии, то есть у них выключен как приемопередатчик, так и вычислительное устройство. Надо заметить, что теме экономного расходования энергии посвящено весьма значительное количество публикаций, см. ссылки выше. Далее, узлы-датчики не могут быть дорогими – в противном случае потеряется экономия на реализации проводной инфраструктуры. Поэтому

микроконтроллеры, входящие в состав узла, обладают более чем скромными вычислительными мощностями – так, для программного кода доступно порядка нескольких десятков килобайт флэш-памяти, а для данных - порядка 0.5-4 килобайтов ОЗУ (имеются в виду микроконтроллеры с так называемой «гарвардской» архитектурой, например, семейство AVR от Atmel). Понятно, что такие ограничения по ресурсам не могут не сказываться на функциональных возможностях узлов – следует тщательно отбирать алгоритмы работы узлов и оптимизировать код.

Пример алгоритма функционирования сети датчиков

...

Первая стадия – установление связей между узлами. На этом этапе сток посылает в эфир широкоэвещательный пакет (все остальные узлы находятся в режиме приема). Будем называть такой пакет «SAP», от «sink announcement packet», то есть «пакет, свидетельствующий о наличии пункта сбора данных». Пакет содержит временную метку (time beacon), а также информацию, необходимую для построения маршрутов. В качестве такой информации используется счетчик числа транзитных пунктов, «скачков» (hop count). Узел-сток устанавливает этот счетчик в нуль. По получению SAP-пакета узлы-ретрансляторы пересылают его, увеличивая при этом счетчик числа скачков на единицу. Кроме того, каждый узел (датчик или ретранслятор) при получении такого синхронизирует свой внутренний таймер и обновляет таблицу близлежащих ретрансляторов. Для определения оптимального маршрута могут быть использованы и другие метрики, например, запас энергии на ретрансляторах, мощность принимаемого сигнала. Тогда датчики и ретрансляторы смогут выбирать из нескольких соседних (отстоящих от узла-стока на одинаковое количество «скачков») ретрансляторов тот, который имеет наибольший запас энергии, что позволит более равномерно загрузить ретрансляторы или тот, сила сигнала от которого максимальна, что повысит надежность функционирования сети.

...

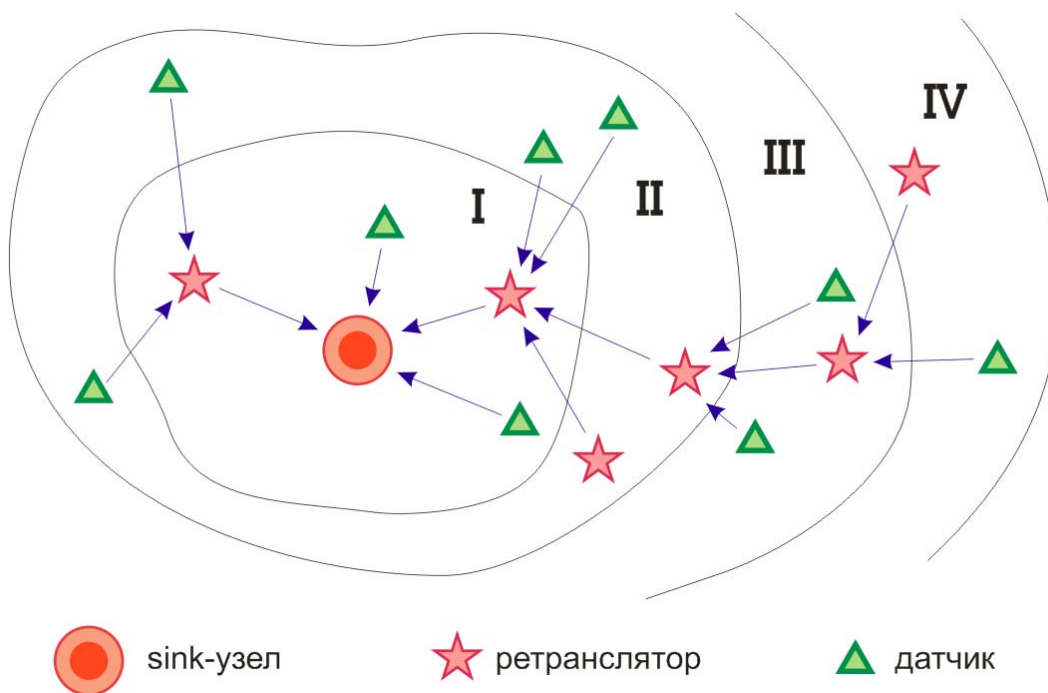


Рисунок 1 – Схема беспроводной сети сбора информации с датчиков

• • •

Алгоритм работы узла-стока:

1. Подготовить и передать широковещательный SAP-пакет со значением числа скачков, равным нулю.
2. Слушать среду передачи и принимать пакеты с данными, передавать их на компьютер для обработки, сохранения в базе данных и последующей визуализации.
3. Перейти к шагу 1.

Алгоритм работы узла-ретранслятора (в случае стационарного электропитания):

1. Ожидать поступления SAP (от узла-стока или от другого ретранслятора).
2. В случае получения SAP-пакета:
 - а) если значение числа скачков больше, чем в ранее полученных пакетах, текущий пакет игнорируется, иначе необходимо внести изменения в таблицу маршрутизации, переход на шаг 3.
 - б) если значение числа скачков равно максимально возможному, необходимо в некоторых случаях запомнить адрес источника, таблица маршрутизации остается неизменной, переход на шаг 4.
3. Увеличить значение числа скачков на единицу и передать пакет далее, переход на шаг 2.

• • •

Алгоритм работы узла-датчика 2 (расписание на основе установленных иерархических зон):

1. После включения питания слушать среду передачи, ожидая SAP-пакеты или RAP-пакеты, запоминая MAC-адрес узла источника этих пакетов с минимальным значением числа скачков.
2. Перейти в состояние сохранения энергии (режим сна, трансмиттер выключен) до момента $T_w = T_1 + T_z * (PR - 1)$, где T_1 – длительность стадии 1, T_z – время, в течение которого узлы каждой зоны имеют право передавать пакеты (может зависеть от номера зоны), PR – номер зоны (количество транзитных пунктов "по пути" до узла-стока).
3. Выйти из режима сна и провести попытки послать данные.
4. Войти в режим сна до момента $T_w = T_1 + T_z * \text{MaxHopCount}$.
5. Повторить предыдущие шаги, если требуется.
6. перейти на шаг 1.

Проблемы в беспроводных сетях и способы их решения

а) Регулировка мощности передатчика

• • •

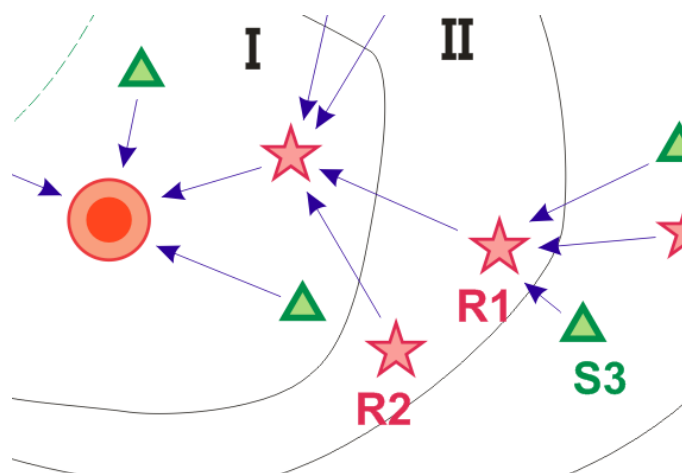


Рисунок 2 – Выбор ретранслятора. Агрегация данных.

...

б) Истощение батарей электропитания ретрансляторов

...

На рисунке 2 ретрансляторы R1 и R2 зоны II каждый в отведенное ему время, либо в режиме TDMA, либо CSMA, передают пакеты ретранслятору зоны I. Часто бывает, что объем полезной информации в каждом пакете составляет лишь десяток байт, в таком случае ретранслятор зоны I может объединить полученные пакеты в один, сопроводив полезные данные небольшим дополнением, например, информацией об адресах узлов, приславших пакеты с данными.

в) Проблема скрытого узла

...

Благодарности

Авторы благодарят Ширяева Р.В. и Соловьева А.В. (Петрозаводский государственный университет) за высказанные критические замечания.

Данное исследование проведено в рамках проекта “Научно-образовательный центр по фундаментальным проблемам приложений физики низкотемпературной плазмы” (RUX0-013-PZ-06), поддерживаемого Министерством образования и науки РФ, Американским фондом гражданских исследований и развития (CRDF) и Правительством Республики Карелия, а также частично финансировалось Техническим Научно-исследовательским Центром Финляндии (VTT) в рамках договорных работ.

Литература:

1. Akkaya K., Younis M. A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks // Elsevier Ad Hoc Networks Journal. 2005. Vol. 3. P. 325-349.

...

41. NanoNET PHY and MAC System Specifications, ver.1.04 // Nanotron Technologies GmbH, Alt-Moabit 60, 10555 Berlin, Germany. NA-03-0101-0230-1.04.