

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Ходжаев Н.

к.т.н., доц.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7856724>

Аннотация. В статье рассматривается одна модель построения беспроводных сенсорных сетей для сельской местности, показано что использование БСС в сельской местности позволит оперативно диагностировать нетипичные болезни и поможет врачам оперативно получать рекомендации из лечебных учреждений райцентров по выявлению острых эпидемиологических заболеваний.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, надежность, помехоустойчивость, стандарт сети.

В последние годы бурно начали внедрять в различные отрасли народного хозяйства возможностей использования сенсорных датчиков совместно с беспроводной сетью для различных целей. Как известно результатом явилось создание нового вида телекоммуникационных сетей, получившего название беспроводные сенсорные сети (БСС). Сенсоры позволяют использовать их в большом количестве для создания сети сбора и беспроводной передачи телеметрических данных на любой территории в том числе и на территории сельской местности, что является актуальной востребованной задачей отрасли сельского хозяйства РУзб, поскольку республика является аграрно-промышленной. В связи с вышеизложенным разработка «Умной фермы» является одной из актуальных задач требующий скорейшего решения. Как известно, БСС имеют ряд преимуществ в отличие от используемых традиционных сетей телекоммуникаций к которым можно отнести:

- способность самонастраиваемости и самовосстанавливаемости сети;
- архитектура сети позволяет размещать узлы с большой плотностью (от десяти до тысяч сенсорных устройств);
- высокая надежность и помехоустойчивость благодаря избыточности наличия обходных маршрутов передачи информации;
- низкая себестоимость и малые габариты узлов;
- высокое КПД при низком потреблении энергии (срок эксплуатации достигает нескольких лет);
- устойчивость параметров сети при изменении топологии и при изменяющихся характеристиках окружающей среды при передачи и приема информации;
- кратчайшие сроки организации сети.

Вышеприведенные преимущества БСС позволяют для определенной сельской местности (5-10 км²) при решении следующих задач:

- для слежения кормления за поголовьем скота и овец по полю а также для мониторинга их поведения; Так, например, в зависимости от количества овец, несколько десятков сенсорных датчиков, могут зондировать обстановку и передавать информацию о движении стада овец.

- для определения уровня воды в речках и арыках во время половодья; в зависимости от длины и ширины речек и арыков, несколько десятков сенсорных датчиков, могут вести

мониторинг уровня воды, собирать и передавать информацию о состоянии наполняемости речек и арыков. БСС можно также использовать во многих областях сельской жизнедеятельности, включая мониторинг окружающей среды, здравоохранение, контроль движения объектов и т.д. Малые габариты сенсорных узлов, малое потребление электроэнергии, возможность организации сетей без использования проводных коммуникационных устройств и наконец высокая надежность и достоверность передачи информации делают привлекательными технологию использования в сельской местности БСС чрезвычайно эффективной и востребованной с экономической точки зрения, к ним в частности можно отнести:

- для здравоохранения в целях дистанционного диагностирования населения в СВП (сельские врачебные пункты);
- контроль движения объектов (стадо овец, транспортные средства и т.д.);
- контроль состояния экологической среды сельской местности (уровень воды в речках, изменение окружающей температуры и т.д.).

Эти факторы являются определяющими при выборе способа построения и *топологии сети*, содержащей большое число соединенных между собой сенсорных датчиков и интерфейсов передачи данных.

Внедрение БСС позволит образовать единую информационную базу для любого рассматриваемого объекта, контролируемый с помощью системы сенсорных датчиков, таких как: датчики температуры, давления, биомедицинские показатели животных, рельефа местности, освещенности, различных дорог и т.д. Соединение БСС с локальными вычислительными сетями (ЛВС) фермерского хозяйства села (ФХС), в которой размещены компьютеры в конторе управления ФХС, осуществляется с помощью шлюза. Модули системы управления, получают, обрабатывают и сохраняют данные в базе данных, а в случае необходимости реагируют на события в диаметре функционирования БСС в зоне контролируемых объектов. Так например, при изменении (повышение или понижение) уровня воды в речках поступает сигнал предупреждения от сенсорного узла, диспетчер получив сигнал принимает соответствующее решение. Сеть охватывает определенную зону и оснащена сенсорами для распознавания и отслеживания различных объектов в том числе (движущиеся стадо овец, движущие транспортные средства, изменения уровня воды в речках и т.д.). При организации БСС сети, с использованием оборудования *Intel* все физические объекты снабжаются сенсорами, имеющими IP-адреса что позволит сформировать "Глобальную сенсорную сеть". БСС в отличие от классических телекоммуникационных сетей использует в сети большое число сенсорных датчиков для передачи небольших объемов данных на небольшие расстояния (10-100 м.). В качестве базового стандарта БСС используется IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) выпущенная в 2003 году официальная спецификация IEEE 802.15.4. Стандарт обеспечивает дальность соединения, сравнимую с *WiFi*, и имеет меньшее энергопотребление за счёт низкой скорости передачи данных. Необходимо отметить, что совместимые со стандартом 802.15.4 устройства должны иметь возможность контроля расхода электроэнергии и качества соединений. В этом стандарте определены два нижних уровня семиуровневой сетевой модели *OSI*: физический (*PHY*) и канальный (*MAC*). *PHY* – определяет параметры необходимые для организации сети исходя из требований заказчика

(способ передачи данных, интерфейс, элементы аппаратной части, программное обеспечение) т.е. осуществляет выбор: каналов, уровня мощности передачи информации, сигналов управления и коррекции). Стандарт на физическом уровне формирует фрагменты данных (кадров), осуществляет проверку, исправляет ошибки и отправляет сформированные кадры на сетевой уровень. При этом MAC (*media access control*) регулирует множественный доступ к физической среде с разделением по времени, управляет связями сенсорных узлов и обеспечивает высокую достоверность передачи данных. Как правило передача осуществляется только от одного устройства, при этом данные передаются пакетами, что повышает КПД сети БСС. Следует отметить, что подтверждение получения сообщения (доставка) абонентом на приемном конце является ценным свойством стандарта. Малое энергопотребление сенсорных узлов БСС является особенностью стандарта IEEE 802.15.4, которое объясняется тем, что за счёт так называемого режима "засыпания" при отсутствии в сети обмена данными между узлами происходит отключение сенсорного узла (или датчика) от источника питания. В качестве узла сети стандарт определяет два типа узла сети: полнофункциональное устройство *FFD* (*Fully Function Device*) и устройство с ограниченным набором функций *RFD* (*Reduced Function Device*),

FFD - может реализовать как функцию координации работы и установки параметров сети так и работать в режиме типового узла. *RFD* - обладает возможностью поддержания связи с полнофункциональными устройствами. Сеть должна содержать, по крайней мере, хотя бы один *FFD*, реализующий функцию координатора. Стандарт поддерживает в ЛВС топологию "звезда", в которой координатор (*FFD*) сети является центральным узлом персональной сети (*PAN*) имеющий свой идентификатор. В сети наиболее часто используются протоколы *ZigBee*, который ориентирован на стандарт IEEE 802.15.4, описывающий только физический уровень и уровень доступа к среде для БСС. *ZigBee* включает описание сетевых процессов управления, совместимости и элементы устройств, информационной безопасности а также способы маршрутизации и формирование топологии сети.

Различают следующие устройства стандарта *ZigBee* :

1. Высший - координатор - управляет процессом формирования сети, хранит данные о её топологии и служит шлюзом для передачи данных собираемых от всех сенсоров БСС для их дальнейшей обработки. В сети, как правило, используется только один *PAN-координатор*.

2. Среднее - маршрутизатор - способен ретранслировать сообщения, поддерживать все топологии сети, а также выполнять функции координатора кластера. И, наконец, самое простое устройство - обычный узел - способен лишь передавать данные ближайшему маршрутизатору.

3. Простое - обычный узел - способен лишь передавать данные ближайшему маршрутизатору. Узлы объединяются в кластеры с помощью маршрутизаторов, они осуществляют сбор данных от узлов (сенсорных датчиков) и передают (по цепочке) координатору, тот в свою очередь передает информацию для накопления и обработки в *IP-сеть*.

Как было сказано выше БСС сети являются самоорганизующимися, т.е. узлы сети передают данные от одного узла к другому определяя маршрут передачи самостоятельно и при необходимости (при перегрузки трафика) вводят коррекцию в маршрутизацию, собранные данные (информация) передаются в ближайший доступный шлюз, который теперь будет содержать:

- данные полученные из сенсорных датчиков;
- данные о состоянии устройств;
- результаты процесса передачи информации.

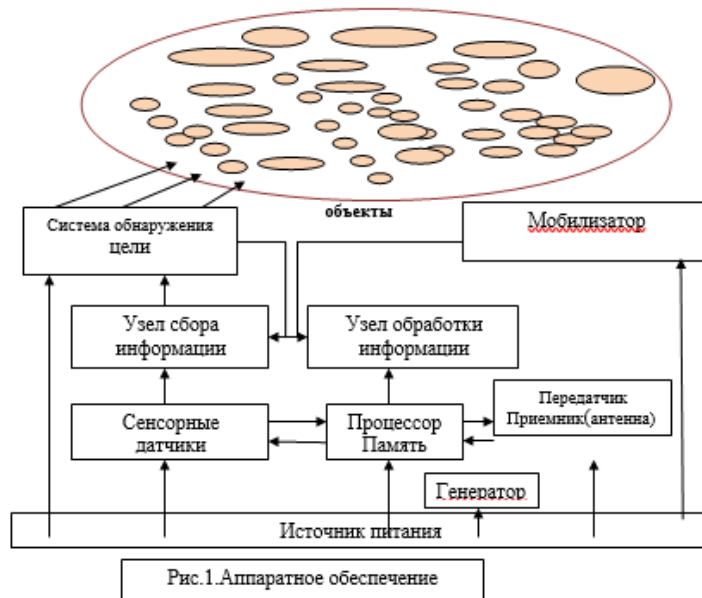
При отказе какого либо узла (датчика, устройства) конфигурация сети изменяется, поскольку БСС функционируют под управлением специального приложения (обычно все узлы сенсорной сети используют одну и ту же управляющую программу и сетевые протоколы, обеспечивающие их функциональность и выполнение сетевых протоколов) то передача данных не прерывается т.е. БСС претерпевая реконфигурацию продолжает работать, говоря проще они самовосстанавливаются.

Для оптимального функционирования БСС в сельской местности можно выбрать *Реактивные сети*. В отличие Проактивных и Гибридных сетей они более экономичны. Узлы реактивных сетей, так же как и проактивных с определённой периодичностью снимают показания, однако не передают их, если полученные данные соответствуют нормированной области показаний сенсоров. В то же время данные о нештатных изменениях параметров или их выходе за пределы диапазона нормальных значений незамедлительно передаются на шлюз. Реактивные сети предназначены для работы с приложениями реального времени. Операционная система *TinyOS* которая используется, в качестве ПО в БСС позволяет *управлять питанием на низком уровне*. Кроме того программное обеспечение обеспечивает: развертывание БСС; перепрограммирование; управление узлами; сбор и обработку данных; визуализацию информации. Узел БСС обычно включает в себя: микросхему беспроводного приемопередатчика; микроконтроллер; антенну; узел сбора и обработки информации (данных); стабилизатор питания или источник питания и др элементы. (Рис.1). Приведенная сеть при отказе какой-либо части её узлов имеет способность к самоорганизации и к самовосстановлению. Такой класс сетей, организующий самостоятельно новую структуру в процессе функционирования, называется *Ad Hoc* ("для конкретного случая"). Под различные приложения для организации БСС используется аппаратно-программная платформа *Mesh Logic* состоящий из стека сетевых протоколов, который: обеспечивает многоячейковую (*mesh*) топологию сети с узлами-маршрутизаторами; самоорганизацию структуры; автоматический поиск маршрутов и обходных путей; работу всех узлов от независимых источников питания. *Mesh Logic* использует приемопередатчики любых типов, реализованных на базе стандарта IEEE 802.15.4. Собранная информация передается на специальный узел называемый *шлюзом* он в отличие от других узлов имеет более широкие функции. В качестве примера рассмотрим беспроводную систему носимых сенсоров *BodyNet*. БСС в данном случае будет представлять собой моты, размещенные на теле какого-либо объекта (животного: баран, корова и т.д.), соединенные с миниатюрным микроконтроллером, беспроводным передатчиком и элементом питания. Закрепленные на теле датчики собирают данные о его жизненных показателях, о его местонахождении и

передают их либо на персональный компьютер, либо в офис оборудованный сервером для мониторинга показателей данных и для принятия оперативных решений. Решение будет применяться для наблюдения за поголовьем скота для оперативного слежения за их перемещением в прос транстве и использует технологии BodyNet, в котором датчики движения отслеживают в реальном времени все перемещения объектов. БСС позволяет преобразовывать реальные данные о движении объекта в виртуальные и визуализировать их в трехмерном виртуальном пространстве в режиме реального времени и включает в себя собой программно-аппаратный комплекс. Аппаратная часть системы это миниатюрные датчики, закрепляемые на частях тела животного а также координатора, собирающего информацию с датчиков и передающего ее на компьютер, с которым он соединен. Датчики собирают и передают на компьютер информацию об, ускорении, скорости, координатах, ориентации, животного. В качестве датчиков ускорения и углов поворота используются миниатюрные устройства, построенные по MEMS технологии, которые отличаются малыми размерами, низкой стоимостью, низким энергопотреблением и высокой производительностью. Программное обеспечение такие как Autodesk 3ds Max, Maya, Blender, визуализирует движения в реальном времени и в 3-мерном виде. Все элементы системы беспроводные, т.е. все данные с носимых устройств передаются на главный компьютер по радиоканалу с частотой 2.4 ГГц. Система имеет следующие характеристики:

- ❖ отсутствуют проводные соединения между элементами, прикрепляемыми к телу объекта;
- ❖ передачи информации осуществляется на частоте 2.4ГГц, который не требует сертификации;
- ❖ использование недорогих MEMS датчиков;
- ❖ для визуализации не требуется какое-либо специальное помещение с дополнительным оборудованием (специальные камеры, экраны, излучатели и т.п.), достаточно подключить систему к обычному компьютеру.

Рассмотренная технология использования БСС при его определенном усовершенствовании и модернизации также может быть успешно реализована и для контроля за уровнем и расходом воды в орошаемых землях Узбекистана, это позволит резко увеличить производительность сельскохозяйственной продукции от урожайности которой сильно зависит экономика республики.



Заключение

Сфера и масштабы использования технологий беспроводных сенсорных сетей с каждым годом становятся разнообразной. БСС позволяют накапливать, обрабатывать и при соответствующем программном обеспечении управлять процессами в сетях различной сложности. Целевое использование БСС в народном хозяйстве, в частности в сельском хозяйстве для мониторинга за расходом воды в фермерских хозяйствах позволит более эффективно использовать водные ресурсы республики, которые во многом влияют на экономику республики. Кроме того использование БСС в сельской местности позволит оперативно диагностировать нетипичные болезни и поможет врачам СВП оперативно получать рекомендации из лечебных учреждений райцентров по выявлению острых эпидемиологических заболеваний. Поэтому широкомасштабное внедрение БСС в различные сферы народного хозяйства на сегодняшний день является неотложной и актуальной задачей.

REFERENCES

1. М.М. Комаров. Система мониторинга окружающей обстановки на основе беспроводной сенсорной сети. Тезисы докладов XVI международной студенческой школы-семинара «Новые информационные технологии» - М. МИЭМ, 2008г. С.235-236.
2. L.Voskov, S.Efremov, M.Komarov “Monitoring systems based on WSN (security monitoring system, climate control system, autonomous system of wireless audio transmission, wireless perimeter control system), Russian-German workshop in the field of ICT, November 6-7, 2008, Moscow, Russia.
3. Технология ZigBee. Ссылка в Internet: <http://www.zigbee.org/en/index.asp>
4. Springer, Guang-Zhong Yang (Ed.) «Body Sensor Networks».
5. Баскаков С.С. Стандарт Zig Bee и платформа Mesh Logic: эффективность маршрутизации в режиме "многие к одному" // Первая миля (приложение к журналу "ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес"). 2008, № 2-3, С.32-37.
6. 10.Максим Сергеевский, Беспроводные сенсорные сети // Компьютер Пресс, №8, 2007.