

## БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ: ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

С.С. Баскаков (ООО "Высокотехнологичные системы")

*Беспроводные сенсорные сети являются новым перспективным направлением в области систем передачи и сбора данных, но у многих потенциальных потребителей этой технологии возникает множество вопросов. В статье сделана попытка ответить на некоторые из них с целью помочь потребителям получить представление о современном состоянии сенсорных сетей.*

Изначально термин "беспроводная сенсорная сеть" произошел от английского словосочетания wireless sensor network, дословно означающего "беспроводная сеть датчиков". Однако сегодня под этим термином понимают беспроводные многоячейковые (mesh) сети с низкой скоростью передачи данных и сверхнизким энергопотреблением, которые могут использоваться не только для сбора показаний от датчиков, но и для передачи информации другого типа (например, команды управления). Такие сети имеют множество практических преимуществ относительно проводных систем:

- отсутствие необходимости в прокладке кабелей для электропитания и передачи данных;
- низкая стоимость монтажа, пуска-наладки и технического обслуживания системы;
- минимальные ограничения по размещению беспроводных устройств;
- возможность внедрения и модификации сети на эксплуатируемом объекте без вмешательства в процесс функционирования;
- надежность и отказоустойчивость всей системы в целом при нарушении отдельных соединений между узлами.

Именно поэтому сегодня многие компании, работающие в области автоматизации зданий и промышленных объектов, телеметрии и пр., задумываются о применении технологий беспроводных сенсорных сетей (БСС) в своих продуктах. Однако это стремление во многом сдерживается недостатком информации о возможности БСС и современном состоянии коммерческих решений в этой области.

Целью статьи является попытка устранить этот недостаток в форме ключевых вопросов и ответов на них. Кроме того, сформулированные вопросы могут помочь потенциальным потребителям более развернуто и детально общаться с компаниями, предлагающими решения на основе БСС. В данном случае под потребителями подразумеваются компании, заказывающие разработку системы на основе технологий БСС или использующие OEM-модули в своих изделиях. Производителями считаются компании, которые предоставляют услуги по разработке БСС, выпускают OEM-модули, реализующие сетевые функции, или в каком-то ином виде предлагают решения для создания БСС.

Материал во многом основан на недавно опубликованном отчете журнала M2M<sup>1</sup>, а также на собственном опыте работы авторов в этой области.

*Степень готовности: являются ли БСС готовой к использованию на практике технологией?* Активные

<sup>1</sup> M2M in depth: sensor networking. <http://www.specialtypub.com/m2m/sensors/index.asp>

научно-исследовательские работы в области БСС продолжаются до сих пор, но на рынке уже представлены решения, готовые к применению на практике. Пока в основном речь идет о внедрениях узкоспециализированных сетей из 10...100 узлов, но по мере накопления практического опыта эксплуатации возможности технологий увеличиваются.

*Стоимость: как определяется полная стоимость создания беспроводной сенсорной сети?* Затраты на беспроводную сенсорную сеть складываются из стоимости проектирования, оборудования, пуска-наладки и последующего сопровождения системы. Как правило, стоимость базового аппаратного и программного обеспечения составляет незначительную часть полной стоимости системы. Кроме того, многие приложения требуют разработки специализированного оборудования и ПО, а также работ по интеграции БСС с системами верхнего уровня, поэтому суммарная стоимость внедрения БСС будет зависеть от специфики прикладной задачи. Например, эксперты компании Tendril приводят следующее типовое распределение затрат: оборудование – 10%; базовое ПО – 10...15%; монтаж – 10...20%; поиск неисправностей и сопровождение – 5...10%; системное и прикладное ПО – 50...65%.

*Время: сколько требуется времени для развертывания сенсорной сети?* Беспроводные сенсорные сети позволяют значительно сократить срок монтажа по сравнению с проводными системами сбора данных. При этом с повышением способности выбранной платформы к самонастройке уменьшается время пуска-наладки сети. Однако в первую очередь необходимо проанализировать возможности различных платформ, выполнить проектирование системы и оценить характеристики, имеющие важное значение для рассматриваемого приложения (например, минимальное время жизни узла, латентность и др.). Если требуется адаптация аппаратного и/или ПО под особенности прикладной задачи, то сроки также увеличиваются в зависимости от объема работ.

*Масштабируемость: как число узлов влияет на стоимость и сложность сенсорной сети?* Масштабируемость является одним из ключевых свойств БСС как класса систем передачи данных, но степень выполнения этого условия зависит от алгоритмов и протоколов, заложенных в основу решений от того или иного производителя. Как правило, в многоячейковых сетях увеличение числа узлов приводит к линейному росту стоимости и экспоненциальному росту сложности системы.

Кроме того, если все оконечные узлы сети передают информацию в одну точку (базовая станция,

шлюз и т.п.), то возможна перегрузка сети из-за роста трафика по мере приближения к точке сбора. Решением проблемы может быть применение методов агрегации данных и установка нескольких точек сбора в сети.

**Интерфейс:** *каким образом данные сенсорной сети предоставляются пользователю?* Как правило, беспроводные сенсорные узлы передают информацию одной или нескольким базовым станциям (шлюзам), которые имеют различные интерфейсы (например, RS-232/485, USB, Ethernet, Wi-Fi и т.д.) для связи с внешними системами. Далее может выполняться визуализация данных в виде графиков, таблиц, отчетов и пр. или накопление в БД для последующего анализа. Выбор способа представления зависит от особенностей приложения.

**Дальность связи:** *какие есть ограничения по размещению узлов сети?* Как правило, в БСС применяются радиочастотные приемопередатчики нелегализуемых диапазонов (например, 433 МГц, 868 МГц, 2,4 ГГц). Дальность связи между двумя устройствами зависит от частоты, мощности передатчика, чувствительности приемника и условий распространения радиоволн (открытое пространство или внутри помещений, наличие помех и т.п.). Типовые значения дальности составляют 10...30 м внутри помещений и 100...300 м на открытом пространстве в прямой видимости. Однако способность узлов ретранслировать сообщения друг друга и автоматически искать маршруты передачи пакетов в обход препятствий делает возможным применение БСС в жестких условиях эксплуатации. В результате обеспечивается значительная площадь покрытия сети при малой мощности передатчиков и существенной экономии энергии.

**Энергопотребление:** *от чего зависит срок автономной работы сенсорных узлов?* Срок автономной работы сенсорного узла зависит от емкости элемента питания (батареи или аккумулятора) и среднего тока потребления, который в значительной степени определяется особенностями приложения: периодом передачи сообщений, качеством связи, условиями эксплуатации, требованиями к задержке распространения пакетов (латентности) и т.п. Кроме того, время жизни узла будет тем меньше, чем больше "чужих" пакетов он ретранслирует через себя. Именно поэтому следует всегда критически относиться к заверениям производителей о сроке службы узлов, например, 5...10 лет и уточнять для каких условий этот параметр указан. Следует также отметить, что далеко не все представленные на рынке решения для БСС позволяют создавать полноценные mesh-сети, в которых все узлы способны выполнять ретрансляцию при работе на автономных элементах питания.

**Надежность:** *насколько надежными являются беспроводные сенсорные сети?* Поддержка многоячейковой топологии и адаптируемость к условиям окружения позволяет обеспечить высокую степень надежности сети.

*Когда ты правильно задаешь вопрос, то он сам по себе является ответом.*

Ричард Бах

Более того, в некоторых задачах беспроводная сенсорная сеть может обеспечить даже большую надежность, чем проводная система связи за счет коммуникационной избыточности. Решения от различных производителей отличаются возможностями по самонастройке и самовосстановлению в зависимости от лежащих в их основе сетевых алгоритмов и протоколов.

**Интеллектуальность:** *необходима ли в сенсорной сети распределенная обработка данных?* Как правило, каждый сенсорный узел имеет микроконтроллер, который может быть использован для реализации распределенной обработки данных. В интеллектуальной БСС устройства способны на локальном уровне обмениваться информацией, анализировать ее и передавать обработанную информацию, а не "сырые" данные. Это позволяет значительно сократить требования к пропускной способности сети, увеличить масштабируемость и срок эксплуатации системы. Однако добавление "интеллекта" в сеть требует учета особенностей прикладной задачи, поэтому этот подход, как правило, эффективен только при разработке заказной узкоспециализированной системы.

**Стандарты:** *проприетарные или стандартизованные технологии следует использовать?* На сегодня ZigBee является единственным установленным стандартом в области БСС. В июне 2007 г. была утверждена 7 версия стандарта HART, в котором одним из наиболее значимых нововведений является спецификация WirelessHART, добавляющая беспроводную передачу данных в HART-системы. Аналогичный стандарт ISA SP100.11a находится еще в процессе разработки. Кроме того, после принятия стандартов должен пройти длительный срок, прежде чем появятся соответствующие им готовые продукты и будет накоплен практический опыт их применения.

Конечно, использование стандартизованных технологий имеет множество известных преимуществ, главное из которых – обеспечение совместимости и взаимозаменяемости изделий от различных производителей. Если же не предполагается создание сети из устройств от разных производителей и/или требуется закрытость системы для обеспечения безопасности, то проприетарная платформа может быть предпочтительнее. Более того, иногда невозможно создать систему, отвечающую специфическим требованиям приложения на основе стандартов, в то время как некоторая проприетарная технология позволяет это сделать.

Очевидно, что не существует решений оптимальных для всех задач, поэтому при выборе между стандартизованными и проприетарными решениями следует в первую очередь оценивать степень соответствия технических возможностей продуктов поставленной задаче.

**Баскаков Сергей Сергеевич – ООО "Высокотехнологичные системы".**

**Контактный телефон/факс (495) 786-82-62. [Http://www.htsys.ru](http://www.htsys.ru) E-mail: [baskakov@htsys.ru](mailto:baskakov@htsys.ru)**