

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 004.031.2

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Г.И. Леонович¹, А.И. Данилин², В.В. Сергеев², В.П. Цветов², С.В.
Куприянов¹

¹ Секция прикладных проблем при Президиуме РАН, г. Москва

² «Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Беспроводные сенсорные сети (БСС) - Wireless Sensor Network (WSN), объединяющие информационно-измерительные, телекоммуникационные и радиотехнические системы, – одна из актуальных и перспективных сфер научных исследований. Области применения БСС представлены многочисленными военными, промышленными, экологическими, медицинскими и охранными приложениями, интернетом вещей, контролем состояния и работы подвижных средств, стационарных протяженных объектов, мониторингом окружающей среды, офисной и домашней автоматизацией и др. Существуют различные технологии физического, канального и сетевого уровней, которые позволяют реализовывать сети различного масштаба, в том числе с управляемой конфигурацией. Наиболее известные и распространенные протоколы, используемые БСС – Bluetooth, IEEE 802.11 a/b/g, IEEE 802.15.4 и IEEE 802.15.3. По месту размещения сенсорной аппаратуры различают сети подводного, подземного, наземного, воздушного, космического и смешанного базирования в стационарных и мобильных вариантах. БСС могут строиться как одночастотные, узкополосные или широкополосные системы с применением различных типов и составов радиосигналов, обусловленным поставленными целями, решаемыми задачами, средами применения, окружающей инфраструктурой. [1, 2].

Физический уровень БСС состоит из беспроводных сенсорных модулей, называемых мотами (mote — пылинка) или сенсорно-актюаторными узлами. Как правило, моты – недорогие маломощные многофункциональные устройства, представляющие собой плату размером около кубического дюйма, на которой размещены процессор, память,

цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, источник питания и непосредственно датчики, подключаемые через цифровые и аналоговые коннекторы. При наличии функций активного преобразования и управления в модуль вводятся электромеханические и иные типы актюаторов. Большинство приложений ориентировано на точное позиционирование модулей, оптимизацию контрольно-измерительных процессов и топологических схем, помехоустойчивость, крипто- и имитостойкость, надежность, устойчивость к эксплуатационным факторам, часто скрытность, а также высокую энергоэффективность, вплоть до автономного энергообеспечения отдельных датчиков, модулей и сети в целом. Первичная обработка контрольно-измерительных данных, включая информацию о состоянии сенсоров и процесса передачи данных, производится непосредственно в модуле, в кластерной станции и в других узлах сети.

Немаловажное значение придается компрессии сигналов и формированию сигнально-кодовых конструкций, способствующих увеличению пропускной способности сетевой структуры, защищенности и достоверности циркулирующей в сети информации. Отдельное направление разработок связано с модулями и датчиками, способными эффективно использовать энергию измеряемых или сопряженных с ними процессов. При этом постоянно расширяется номенклатура измеряемых величин и процессов с различной степенью интеллектуализации функций измерения, первичной обработки данных и формирования радиосигналов.

Архитектура БСС отличается разнообразием и может носить иерархический, одноранговый и комбинированный характер с топологическими схемами различной сложности, которые часто идентифицируют по количеству базовых станций как:

- простые сети с одной базовой станцией (single-hop), замыкающей на себя все беспроводные сенсоры;
- интеллектуальные сети с группой базовых станций (multi-hop), которые в соответствии с гибкими алгоритмами собирают данные и осуществляют первичную обработку контрольно-измерительной информации от множества распределенных по мотам сенсоров и актюаторов.

Интеллектуальные сети способны адаптироваться к перемене обстановки, изменять внутрисетевые соединения в зависимости от функционального состояния соседних и связанных узлов, подключать резервные сенсоры и каналы передачи данных и др. Для БСС разработан ряд операционных систем: Contiki, TinyOS 1.x, TinyOS 2.0, SOS, MANTIS, BTnuts, MagnetOS, LiteOS, Ambient RT и др.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций определяет ряд актуальных тем научных исследований, определяющих направления развития БСС, некоторые из которых приведены ниже.

- Всепроникающие сенсорные сети (БСС) - Ubiquitous sensor networks (USN), которые можно рассматривать как комбинированные сетевые структуры на основе разнотипных сенсорных модулей, волоконно-оптических, кабельных и иных каналов сбора и передачи данных. Из групп модулей могут формироваться локальные кластеры с различной архитектурой, базовые станции которых осуществляют радиообмен с удаленной серверной станцией. В [2] в качестве примера перспективных БСС представлена сеть мониторинга прибрежного участка акватории океана с кластерами подводного, надводного и аэрокосмического базирования. Сеть содержит три типа внутри- и межкластерных каналов сбора и передачи данных – волоконно-оптических, проводных и акустических – с выходом через радиоканалы на базовые станции, расположенные стационарно (наземные и подводные) и на автономных мобильных платформах (подводных, надводных, воздушных и космических). Архитектура с дублированными каналами передачи данных позволяет поддерживать высокий уровень эксплуатационной и информационной надежности, адаптивность и живучесть в условиях воздействия внешних дестабилизирующих факторов и нестационарной помеховой обстановки.

- Энергонезависимые модули, содержащие накопители энергии из окружающей среды, предназначенные для долговременного автономного функционирования в труднодоступных средах и жестких условиях эксплуатации. Существует широкий спектр возможностей для выбора способа и средств извлечения, сбора и аккумуляции энергии из окружающей среды, а также из измеряемых сенсорами процессов и величин. Типовой автономный модуль можно условно представить совокупностью четырех блоков: сенсорно-актюаторного, микроконтроллерного, приемопередающего и блока питания, извлекающего энергию из окружающей среды (рис. 2а). Энергопотребление (рис.2б): в режиме ожидания - 1-5 мкВт, в активном режиме 500 мкВт-1 мВт с пиковой мощностью при радиопередаче 50 мВт. Общее количество потребной энергии в зависимости от типа модуля – 50-500 мкДж. В настоящее время усилия исследователей направлены на оптимизацию режимов функционирования модулей, в том числе на разработку методов и алгоритмов кодирования источника для сжатия передаваемых данных с целью сокращения времени сеансов сетевой связи.

- Сетевые сигнально-кодовые конструкции с сетевой функцией быстрого распознавания передаваемых символов на фоне нестационарных помех также позволяют существенно снизить энергопотребление модуля. Для этого необходимо использование сетевого банка априорных данных и мощных аппаратных средств в составе базовых станций [3].

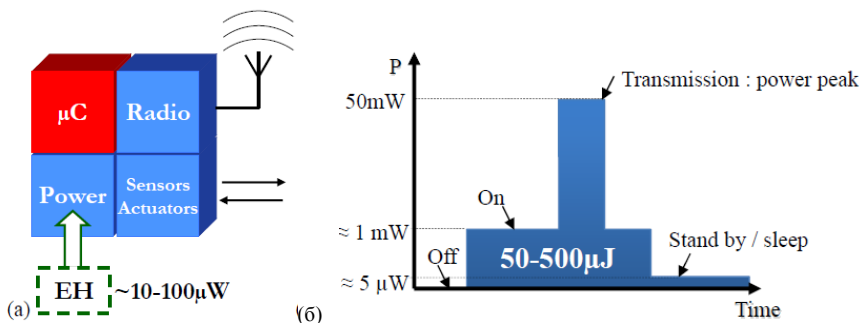


Рисунок 1 – Блок-схема (а) и график энергопотребления (б) автономного сенсорного модуля

К актуальным темам и объектам научных исследований также относятся:

- Сенсорные модули, устойчивые к мощным электромагнитным помехам и информационным атакам;
- интеллектуальные модули и сети в рамках 5G- технологий;
- необслуживаемые сети долгосрочного функционирования;
- необслуживаемые сети одноразового использования;
- микроминиатюрные трансиверы и антенно-фидерные устройства с заданной диаграммой направленности и др.

Список использованных источников

1. 2018 NATO M&S COE ANNUAL REVIEW/
<https://www.mscoe.org/content/uploads/2018/09/2018-NATO-MS-COE-Annual-Review.pdf>.

2. Underwater sensor networks: applications, advances and challenges /J. Heidemann, /P.:13 Jan. 2012 <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0214>.

Леонович Г.И., Лыков К.В., Новиков С.Я., Цветов В.П. Математическое моделирование алгоритмов быстрого распознавания OFDM/QAM символов при воздействии нестационарных помех на узкополосный радиоканал /Материалы научно-практической конференции// Новороссийск, 5-7 сентября 2014 г. Новороссийск: , 2014. С. 7-10