

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОЕКТЫ

Л.С. ВОСКОВ (МИЭМ)

Разработана и выпущена универсальная платформа беспроводной сенсорной сети, необходимость которой определяется потребностями различных сфер деятельности человека в использовании одних и тех же или однотипных устройств, а также требованиями рационального использования ресурсов. Экономия материальных средств обеспечивается за счет охвата широкого спектра решаемых задач в рамках одного устройства.

НЕМНОГО ИСТОРИИ

Исследования по созданию сетей автономных датчиков начали активно развиваться с середины 90-х годов, и были поддержаны Агентством по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США (DARPA). Предполагалось, что миниатюрные датчики (сенсоры), снабженные контроллером и приемопередатчиком, будут разбрасываться с самолета, собирать необходимую информацию и передавать ее в центр обработки. Журналисты этим устройствам дали название "Умная пыль" (Smart Dust), которое и стало синонимом новой технологии. Наиболее успешным оказался проект профессора Кристоффера Пистера (Kristofer Pister) из университета Беркли, штат Калифорния, исследовательскую группу которого и считают по праву основателями технологии беспроводных сенсорных сетей.

Первоначально предназначенные для использования в военных целях сенсорные сети стали активно применяться и для гражданских нужд. Рынок беспроводных датчиков активно развивается, создан ZigBee альянс для промышленной поддержки новой технологии, в который входят более 100 компаний.

ВВЕДЕНИЕ

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) – это система, представляющая собой распределенную, самоорганизующуюся и устойчивую

к отказам отдельных элементов сеть миниатюрных вычислительных устройств с автономным источником питания. Узлы такой системы транслируют сообщения друг через друга, обеспечивая значительную площадь покрытия сетью при малой мощности передатчика.

Обмен информацией между узлами системы происходит по беспроводным каналам связи по протоколу ZigBee. Данный протокол предоставляет возможности реализации беспроводной связи с низким энергопотреблением для множества приложений, которые осуществляют функции наблюдения и/или управления.

Протокол ZigBee – это международный открытый стандарт, контролируемый объединением ZigBee Alliance, созданный на основе стандарта IEEE802.15.4 для пакетной беспроводной передачи данных. Он обеспечивает гибкие, расширяемые сетевые топологии, содержит встроенные функции для организации сетей и маршрутизации передаваемых данных, обеспечивает простую установку и высокую устойчивость к сбоям, полноценные меры по безопасности, преодолевает традиционные ограничения маломощных беспроводных сетевых решений, такие как малая дальность и ограниченное покрытие, а также уязвимость к сбоям в узле и в радиолинии.

Наиболее популярными прикладными областями для технологии БСС являются мониторинг объектов, процессов и систем (например, охранный мониторинг), супервизорный

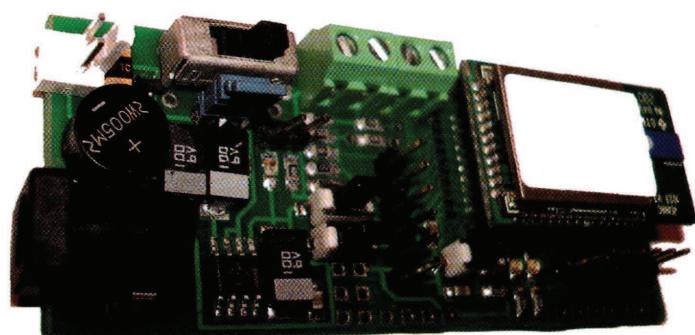
контроль и управление (климат-контроль, системы промышленной автоматики и управления), удаленная идентификация и локализация объектов (трекинг).

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА БСС [1]

В лаборатории беспроводных сенсорных сетей кафедры “Вычислительные системы и сети” МИЭМ (WiSeNetLab) была предложена, разработана и доведена до выпуска опытной партии изделий собственная универсальная платформа БСС (рис. 1). Необходимость данной разработки определяется потребностями различных сфер деятельности человека в использовании одних и тех же или однотипных устройств, а также требованиями рационального использования ресурсов. Экономия материальных средств обеспечивается за счет охвата широкого спектра решаемых задач в рамках одного устройства. Кроме того, универсальная платформа дает возможность быстрой перекомпоновки системы, что обеспечивает возможность ее использования для различных целей за счет взаимодействия с датчиками часто используемого типа.

В состав платформы входят:

- ZigBee координатор – центральное вычислительное устройство системы, собирает данные со всех сенсоров сети, управляет ее исполнительными устройствами, обеспечивает инициализацию БСС и ее связь с внешним миром через подключенный компьютер;
- ZigBee маршрутизатор – устройство для построения больших сетей (до 1000 сенсоров), осуществляет передачу пакетов по узлам сети и ищет оптимальный маршрут для осуществления качественной связи;
- ZigBee устройство управления – устройство для подключения различных датчиков и исполнительных устройств, работает с наиболее популярными интерфейсами;
- GSM-ZigBee маршрутизатор получает данные от БСС и передает их каналу GSM (сотовой связи);
- ZigBee устройство управления с обратной связью, имеет компактный размер 50×301×10 мм и четыре клавиши управления для связи с узлами сети;
- ZigBee-VOIP гарнитура позволяет осуществлять беспроводную телефонную связь через Интернет;
- ZigBee интеллектуальный шлюз позволяет осуществлять стыковку ZigBee сетей с другими беспроводными сетями, работающими в нелицензионном диапазоне 2,4 ГГц (WiFi, WiMax и др.).



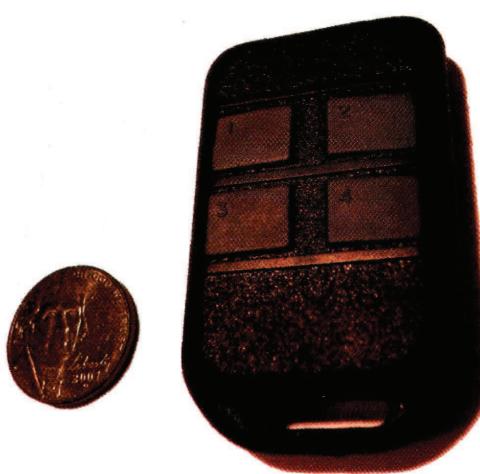
▲ Рис. 1. Универсальная платформа БСС

Краткие характеристики платформы:

- совместимость с 2,4 ГГц IEEE802.15.4 и ZigBee;
- рабочее напряжение – 2,7–3,6 В;
- ток потребления в спящем режиме (при активном таймере сна) – 2,8 мА;
- дальность связи 1–4 км на открытом пространстве (определяется типом модуля и антенны);
- время автономной работы от двух батарей типа AAA – до 2 лет;
- габариты опытного образца 35×75 мм (определяются размерами батарей);
- 32-битный RISC-процессор с тактовой частотой 16(32) МГц;
- 96 кБ RAM, 192 кБ ROM;
- шина I2 C;
- возможность организации – до 10 цифровых входов/выходов.

СОБСТВЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ПРОЕКТЫ НА ОСНОВЕ БСС

На базе предложенной универсальной платформы БСС в WiSeNetLab лаборатории МИЭМ были реализованы прикладные проекты как стандартного применения технологии БСС, так и “нестандартного”. Стандартные применения представлены системой охранного мониторинга, системой климат-контроля, системой удаленной идентификации. Нестандартные применения составляют систему аудио-связи на основе БСС, а также беспроводную систему трехмерной визуализации человека-аватара в реальном времени. Все эти инициативные проекты были выполнены силами студентов и аспирантов.



▲ Рис. 2. Носимый датчик системы удаленной идентификации

СИСТЕМА ОХРАННОГО МОНИТОРИНГА [3]

Подсистема охранного мониторинга на основе БСС работает с различными охранными датчиками и интегрируется с GSM каналом и Internet. Система может использоваться автономно и в качестве дополнения к существующим охранным системам для увеличения их надежности. Она проста в установке и использует более дешевую технологию беспроводной передачи данных, по сравнению с существующими технологиями.

Система состоит из аппаратной части (узлы сенсорной сети) и специального программного обеспечения (для микроконтроллеров и ПК), которое, в частности, реализует функцию удаленного наблюдения и управления через Internet.

Примеры использования — охрана квартир, коттеджей, домов, офисов и административных зданий.

СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ (ТЕМПЕРАТУРА, ОСВЕЩЕННОСТЬ, ВЛАЖНОСТЬ) [4]

Это многофункциональное программно-аппаратное решение для автоматизированного контроля и управления различными устройствами, обеспечивающими комфортную воздушную среду в помещении, также имеющее связь с GSM-каналом и Internet.

Примеры использования:

- учет;
- контроль;
- управление расходом электричества, газа, воды (с целью уменьшения расхода);
- мониторинг состояния окружающей среды.

СИСТЕМА УДАЛЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Система удаленной идентификации позволяет распознавать мобильные объекты, находящиеся в зоне действия стационарных узлов БСС.

Система состоит из базовых (стационарных) сенсорных узлов, расположенных в контролируемой зоне, плюс перемещаемые сенсорные узлы, размещаемые на мобильных объектах (рис. 2). Когда объект проникает в пределы контролируемой зоны, система автоматически фиксирует изменение силы радиосигнала и статистики передаваемых пакетов между узлами беспроводной сенсорной сети и переводится в состояние "Внимание" или "Тревога". Если объект оснащен или имеет при себе зарегистрированный мобильный сенсор, то он идентифицируется системой как "свой" с выдачей сообщения "Свой". Не имеющий сенсора объект идентифицируется как "чужой" с выдачей сообщения "Чужой". Когда объект выходит из зоны контроля, выдается сообщение "Вышел из зоны". Базовые сенсоры могут быть связаны телефонной линией, GSM-каналом и Internet.

Примеры использования:

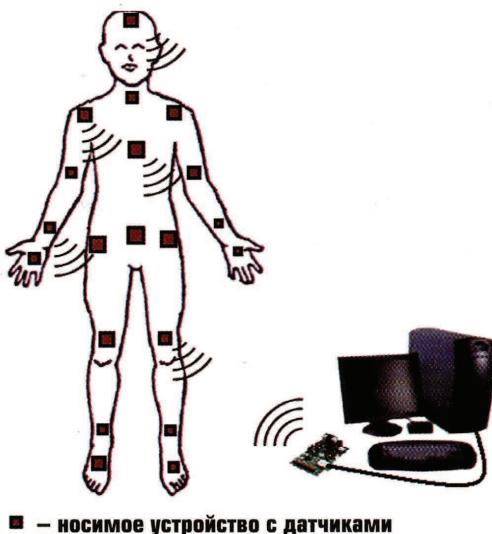
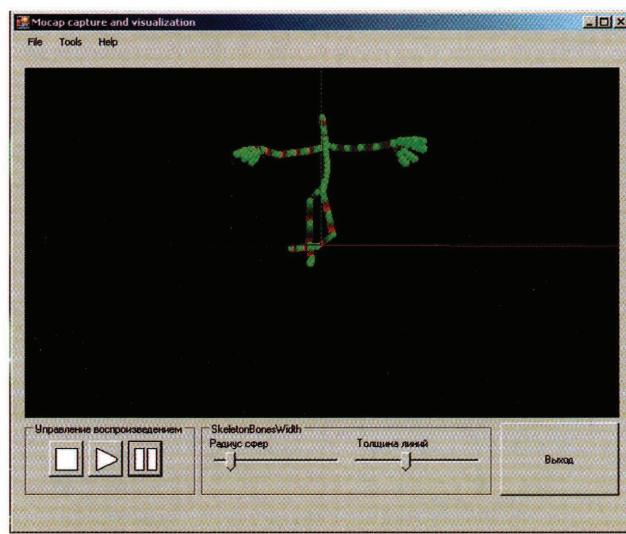
- охранные системы;
- электронные системы регистрации участников мероприятий;
- автоматизация зданий, "умный дом".

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ АУДИО-СВЯЗИ [5]

Технология БСС ранее не применялась для подобных задач. Система представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из: ПО автоматизированного рабочего места, ПО элементов сенсорной сети, аппаратного комплекта сенсорной сети. Каждый узел сети включает микропроцессор, приемопередатчик и некоторые внешние интерфейсы (ЦАП, АЦП). Наличие встроенного процессора позволяет проводить предварительную обработку данных. Базовый блок подключается к ПК и с помощью специального ПО взаимодействует с приложением аудио-связи, таким как, например, Skype.

Основные функции системы:

- базовый блок транслирует входящий звонок на носимые устройства;
- носимое устройство имеет возможность принимать звонки, разрывать соединение, устанавливать связь с определенным абонентом службы Skype;
- автоматическое соединение устройств системы в рамках единой сети;

**■ – носимое устройство с датчиками****б)****Рис. 3. Беспроводная система трехмерной визуализации человека-аватара**

- зона покрытия на открытой местности до 400 м с приемлемым качеством передачи звука;
- возможность работы в режиме трансляции интернет-радио с приемлемым качеством звучания на расстоянии до 100 м.

БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА НОСИМЫХ СЕНСОРОВ BODYNET

Система представляет собой беспроводные датчики, размещаемые на теле пользователя, которые соединены с миниатюрным микроконтроллером, беспроводным передатчиком и элементом питания. Все эти элементы объединены в сеть, совместимую с домашней, офисной и больничной коммуникационной средой.

Примеры использования:

- телемедицина;
- системы биоинтерфейсов;
- следящие системы для сотрудников МЧС;
- системы преобразования реальных движений в виртуальные (Motion Capture), применяемые в телевизионных студиях и киноиндустрии, и др.

Закрепленные на теле человека датчики собирают данные о его жизненных показателях (ЭКГ, ЭЭГ, давление, пульс, дыхание, и т. д.) и передают их либо на ПК, либо в центр отслеживания медицинских показателей. Данное решение может применяться для наблюдения за пациентами с хроническими заболеваниями, за стационарными больными в клиниках, за пожилыми людьми при амбулаторном обслуживании на дому.

Представители опасных профессий, такие как пожарные, медицинские бригады скорой помощи и МЧС, милиционеры, солдаты спецназа

за могут использовать технологию BodyNet для оперативного слежения за их жизненными показателями, а также их перемещением в пространстве и выполняемыми действиями. В системах “захвата движений” Motion Capture вместо, или в дополнение к датчикам сигналов жизнедеятельности человека используются датчики движения, которые отслеживают в реальном времени все перемещения отдельных частей тела человека.

БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА 3-МЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ [2]

Недорогая беспроводная система, позволяющая преобразовывать реальные движения человека в виртуальные и визуализировать их в трехмерном виртуальном пространстве в режиме реального времени. Технология БСС ранее не применялась для подобных задач.

Система представляет собой программно-аппаратный комплекс. Аппаратная составляющая – это носимые конечные устройства с датчиками, закрепляемые на частях тела, требующих преобразования их движения, а также координатора, собирающего информацию с датчиков конечных устройств и передающего ее на компьютер, с которым он соединен (рис. 3 а). Датчики собирают и передают на компьютер информацию об углах поворота, ускорении, скорости, координатах, ориентации, угловой скорости и угловом ускорении отдельных частей тела человека.

В качестве датчиков ускорения и углов поворота используются миниатюрные акселеро-

метры и гироскопы, построенные по MEMS технологии, которые отличаются малыми размерами, низкой стоимостью, низким энергопотреблением и высокой производительностью.

В качестве программной составляющей выступает ПО, визуализирующее движения в реальном времени и в 3-мерном виде (рис. 3 б).

Данное ПО позволяет сохранить полученные данные визуализации для последующего их использования в программах трехмерного моделирования, таких как Autodesk 3ds Max, Maya, Blender и т. п.

Новизна системы заключается в том, что ранее не было полностью беспроводной системы трехмерной визуализации движения в реальном времени. В лучшем случае в таких системах носимые конечные устройства с датчиками объединяются проводными каналами, а информация на компьютер передается по беспроводным каналам связи. В данной разработке все элементы системы беспроводные, т.е. данные с носимых устройств передаются на головной компьютер по радиоканалу с частотой 2,4 ГГц.

Примеры использования:

- интерфейс взаимодействия с трехмерной виртуальной реальностью;
- исследования человека-машинных взаимодействий;
- преобразование реальных движений в виртуальные для управления различными манипуляторами, роботами, в том числе удаленными;
- системы Motion Capture для анимации аватаров в играх, фильмах, телевизионных студиях.

Отличия системы от существующих аналогов:

- отсутствуют проводные соединения между всеми элементами, прикрепляемыми к человеческому телу;
- для передачи информации используется радиоканал на частоте 2,4 ГГц, который не требует сертификации;
- использование дешевых производительных 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.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ

К числу перспективных прикладных областей для этой технологии можно отнести следующие:

- погружающие системы виртуальной реальности, представляющие весь комплекс оборудования для взаимодействия человека с виртуальной реальностью;
- домашние игровые системы, позволяющие в домашних условиях полностью погрузиться в атмосферу игры;
- профессиональные системы для преобразования движения, обработки и применения их в кинофильмах, анимационных фильмах и рекламе.

Список литературы

1. Комаров М.М., Ефремов С.Г. Универсальная платформа для беспроводной сенсорной сети. Тезисы докладов Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. – М. МИЭМ, 2009 г. С. 153-155.
2. Вавищевич А.Н. Беспроводная система трехмерной визуализации движения в реальном времени. Тезисы докладов Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. – М. МИЭМ, 2009 г. С. 145-146.
3. Комаров М.М. Система мониторинга окружающей обстановки на основе беспроводной сенсорной сети. Тезисы докладов XVI международной студенческой школы-семинара “Новые информационные технологии” – М. МИЭМ, 2008 г. С. 235-236.
4. С.Г. Ефремов. Система климат-контроля на базе беспроводной сенсорной сети с возможностью удаленного мониторинга и управления. Тезисы докладов XVI международной студенческой школы-семинара “Новые информационные технологии” – М. МИЭМ, 2008 г. С. 238-239.
5. Voskov L., Efremov S., Komarov M. 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.
6. Технология ZigBee. Ссылка в Internet: <http://www.zigbee.org/en/index.asp> Springer, Guang-Zhong Yang (Ed.) “Body Sensor Networks”.
7. Системы Motion Capture. Ссылка в Internet: http://ru.wikipedia.org/wiki/Motion_capture

Леонид Сергеевич Восков – профессор Московского государственного института электроники и математики (технического университета).
E-mail: voskov@narod.ru