

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

ГАЛИНА ГАЙКОВИЧ, член ISA, эксперт секции «Промышленные сети» ИЕС (МЭК), ведущий инженер, Институт проблем передачи информации им. Харкевича РАН

Предлагаемая статья является продолжением целого цикла статей, посвященных применению беспроводных устройств для промышленной автоматизации, в которой автор пытается дать обоснование применения беспроводных высокоскоростных сверхширокополосных (СШП) аппаратно-программных систем универсального назначения в свете таких популярных концепций как «умный дом» и «полностью автоматизированное кибернетическое производство».

В настоящее время существует большое разнообразие беспроводных сетей, которые в зависимости от скорости, дальности и области применения можно классифицировать следующим образом:

- беспроводные персональные сети (WPAN или Wireless Personal Area Networks), представляющие собой пикосети, например Bluetooth;
- беспроводные локальные сети (WLAN или Wireless Local Area Networks), т.е. микросоты, например Wi-Fi;
- беспроводные сети масштаба города (WMAN, или Wireless Metropolitan Area Networks), т.е. макросоты, например WiMAX, MBWA или 3GPP (сотовая мобильная связь Европы, США и Азиатско-Тихоокеанского региона);
- сети регионального и межрегионального плана (WAN или Wide Area Networks), включающие в себя магистральную беспроводную связь между городами и регионами, а также спутниковую связь [1,2,3].

Особый интерес представляют собой беспроводные персональные сети WPAN с радиусом действия от нескольких до десятков метров. Характерной особенностью WPAN является их относительно невысокое энергопотребление. Как известно, использование автономных источников электропитания для аппаратных средств беспроводной персональной сети позволяет отнести их к классу мобильных с ограниченным радиусом действия.

В зависимости от назначения, персональные сети WPAN могут быть использованы как для беспроводного объединения отдельных устройств между собой

(включая компьютерную, бытовую и оргтехнику), так и для соединения устройств друг с другом в пикосети для обмена информацией с сетями более высокого уровня, например интернет.

Персональные сети могут быть созданы на базе различных технологий, например: Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4), 6LoWPAN, WiMedia/MBOA UWB (UltraWideBand) стандарта ECMA (на базе IEEE802.15.3a) или DS-UWB Forum стандарта IEEE802.15.3a.

Особое место занимают беспроводные сенсорные сети на базе WPAN, основное назначение которых заключается в оценке состояния физической среды посредством беспроводных датчиков-сенсоров (путем измерения температуры, давления, влажности, уровня радиации и т.д.), а также пересылка команд от центрального узла управления для приведения в действие исполнительных механизмов или пусковых устройств по беспроводной инфраструктуре.

Востребованность беспроводных сенсорных сетей на рынке беспроводных технологий тесно связана с концепцией интеллектуализации различных объектов: домов, офисов и производственных помещений, в которых современный городской человек проводит до 90% своего времени, а также с концепцией создания кибернетических производств (полностью автоматизированных), первоочередной задачей которых является внедрение беспроводных технологий на уровне АСУ ТП [4, 5].

Создание комплексной автоматизации вышеперечисленных объектов возможно за счет интеграции микроэлектроники,

кибернетики и использования новых принципов беспроводной связи. Т.е. интегральные системы управления объектами представляют собой результат слияния различных технологий, внедрения новых стандартов, включая разработку новой беспроводной коммуникационной инфраструктуры автоматизированных сетей, новейшие достижения в которой должны позволить человечеству реализовать максимум комфорта, экономичности и безопасности дома и на работе.

Что касается концепции «умного дома», то в последнее время такие беспроводные технологии как Home RF (Shared Wireless Access Protocol — SWAP) и Bluetooth пришли на смену хорошо известным проводным решениям LonWork и HomePNA, завоевав свою нишу на рынке коммуникаций для домашней автоматизации [4].

Однако сетевой протокол управления «умным домом» должен учитывать характеристику сетевого трафика, быть гибким, надежным и простым в применении. Пользователь должен иметь возможность задействовать различные топологии для устройств беспроводной сети (точка-точка, звезда и mesh).

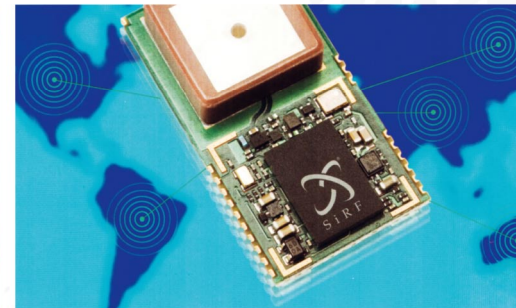
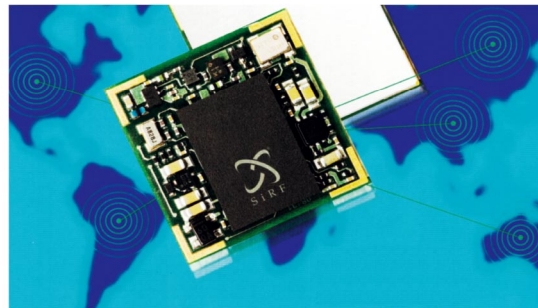
Последние достижения в области высокоточных технологий (в том числе и наноэлектроники), решающих вопросы миниатюризации датчиков, а также в области беспроводных технологий сделали возможным создание самоорганизующихся беспроводных сенсорных ячеистых (mesh) сетей домашнего, офисного и промышленного применения.

Способность к «самоорганизации» в беспроводные сенсорные инфраструктуры с топологией mesh существенно

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ
АВТОРИЗОВАННЫЙ
ДИСТРИБЬЮТОР
Vincotech В РОССИИ**

power.position.service

GPS-модули



A 1080-A

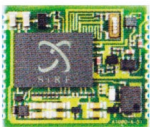
A 1084-A

A 1035-H

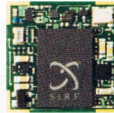
GPS-приемники	Напряжение питания, В	Ток потребления в режиме сопровождения, мА	Рабочий температурный диапазон, °С	Число каналов, шт.	Чувствительность с внешней антенной, дБм	Чувствительность с интегрированной антенной, дБм	Время холодного старта, с	Наличие металлического экрана	Работа с активной антенной	Работа с пассивной антенной	2-ой антенный вход; Антенный ВЧ переключатель	Встроенная антенна	AGPS загрузка эфемерид	Функция энергосбережения Push-To-Fix	SMD установка на плату	Упаковка в ленте	Размеры, мм x мм
A1080-A	3-3,6	23	-30...85	20	-159		< 35		да				да	да	да	да	19 x 16
A1084-A	3-3,6	26	-30...85	20	-159		< 35	да	да	да	да		да	да	да	да	15 x 15
A1035-H	3-3,6	26	-30...85	20	-159	-158	< 35	да	да	да	да	да	да	да	да	да	30 x 17

доступен сервис Extended Ephemeris

Изображения модулей в натуральную величину

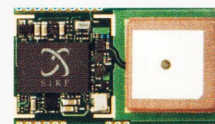


A 1080-A



A 1084-A

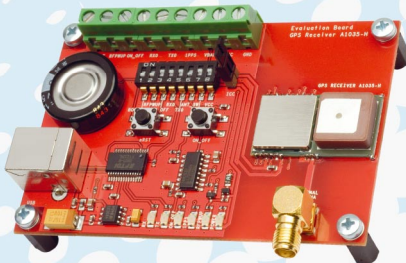
показан без
металлического экрана



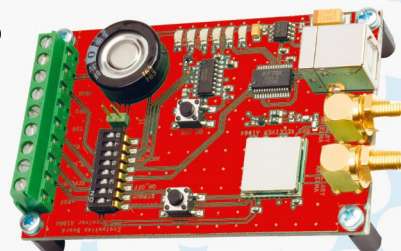
A 1035-H

показан без
металлического экрана

Демонстрационные и отладочные средства



EVA1035H Demo



EVA1084A Demo



техническая поддержка • сопровождение проектов

Санкт-Петербург:

Ул. Калинина, 13
Тел.: (812) 325-3685
Факс: (812) 786-8579
e-mail: micro@mtgroup.ru

Москва:

1-й Котляковский переулок, 4
(ст. м. "Каширская")
Тел/факс: (495) 988 20 73, 988 20 74
e-mail: info@mosmtgroup.ru

облегчает монтаж и настройку беспроводных сенсорных сетей при введении их в эксплуатацию, а также гарантирует «живучесть» беспроводной системы при отказе отдельных элементов сети, способствуя, в том числе, увеличению зоны покрытия сенсоров в труднодоступных участках и местах.

Современные беспроводные сенсорные mesh-сети домашнего, офисного и промышленного применения представлены такими технологиями как ZigBee (их прежние названия HomeRF lite, Firefly и RF-EasyLink), WHart и ISA 100.11a.

Следует сразу отметить, что технология ZigBee (как более дешевая) применима для домашней и офисной автоматизации, в то время как WHart, ISA 100.11a (как дорогостоящие) предназначены для сетей промышленной автоматизации. Это объясняется тем, что интеллектуализация жилых и офисных помещений призвана обеспечить максимум комфорта для человека с минимумом финансовых затрат на разработку сенсорных сетей, в то время как концепция создания кибернетических производств, где роботы или исполнительные механизмы должны функционировать в совершенно иных условиях (повышенного давления и влажности или несовместимого с жизнью человека уровня радиации, а также с повышенными требованиями к целостности передаваемой информации), требует совершенно иных финансовых затрат [4, 5, 6, 7].

Все вышеперечисленные технологии представлены разными протоколами верхнего уровня модели OSI. Однако все стеки протоколов этих технологий разработаны на базе единого стандарта LR WPAN IEEE802.15.4, который описывает протоколы нижнего уровня (PHY и MAC) модели OSI для беспроводных персональных сетей со скоростью передачи до 250 Кбит/с [8].

Это вполне приемлемо для передачи данных по низкоскоростным домашним, офисным или промышленным сетям. Но к промышленным сетям, в зависимости от их применения, предъявляются специальные требования в виде ограничения на время задержки передачи информационного сигнала (T_z) от конечного узла к центральному узлу управления.

Так, в сетях промышленной автоматизации категории 5-1 Тз должно составлять менее 100 мс. Поэтому в беспроводных сетях промышленного назначения на MAC-уровне используется TDMA вместо CDMA/CA, а на PHY-уровне — channel или Frequency hopping (CH or FH) [7].

Однако скорости 250 Кбит/с стандарта IEEE 802.15.4 явно недостаточно для специальных сетей заводской промышленной автоматизации с требованиями к задержке T_z менее 10 мс, не говоря уже о пересылке больших объемов мультимедийной информации, даже если такую

услугу предоставлять по такой же сети отдельно.

Наиболее подходящей технологией беспроводного доступа, обеспечивающей высокоскоростной обмен информацией по радиоканалу между устройствами беспроводной персональной сети с малыми энергопотреблением, является сверхширокополосная технология (СШП), или UWB (Ultra WideBand). По сравнению с беспроводными сетями ZigBee или Bluetooth, она обладает высокой пропускной способностью (Direct Sequence UWB (DS UWB) — 1320 Мбит/с с радиусом 2 м, MultiBand UWB (MB UWB) — 480 Мбит/с с радиусом 3 м) и идеально подходит для пересылки информации по высокоскоростной беспроводной персональной сети, в том числе для передачи высококачественных мультимедийных сообщений, а также для пересылки данных со специальными требованиями к задержке T_z сети, состоящей из большого количества узлов.

В принципе, технология СШП связи не является новой, разработки в этой области ведутся давно. Еще в 2005 г. комитет IEEE 802.15 ввел на рассмотрение два проекта UWB, где и были предложены два варианта технологий: DS-UWB и MB UWB, которые впоследствии нашли свое отражение в стандарте IEEE802.15.4a и, соответственно, в документе ECMA-368 Общества WiMedia Alliance, который был принят в дальнейшем за основу в виде международного стандарта ISO/IEC 26907:2007 [9,10].

Над разработкой радиочипов UWB работают такие компании как Intel (совмещение в одном чипе технологий WiMedia и USB 2.0), WISAIR (MB UWB OFDM), Motorola (DS UWB), Freescale — дочернее предприятие Motorola (MB-UWB и DS-UWB) и др. [11,12,13].

Особый интерес заслуживают идеи, касающиеся применения технологии DS-UWB компании Motorola, которая предлагает использовать весь диапазон 3,1...10,6 ГГц (отметим, что это всего 7 каналов для CEPT из 15 возможных каналов для FCC) как единое целое, что и позволит достичь высокой пропускной способности до 1 Гбит/с, но, к сожалению, с радиусом действия лишь до 3 м.

Федеральная комиссия по связи США (Federal Communications Commission — FCC) определяет UWB-сигнал как любой сигнал, принадлежащий спектральному диапазону 3,1...10,6 ГГц и имеющий ширину спектра более 500 МГц.

Что касается использования частотного диапазона в России, то согласно Регламенту РФ, национальная таблица радиочастот сейчас максимально приближена к Европейской (т.е. к CEPT), которая определяет использование следующих полос под UWB: 3,1...4,8 ГГц и 6,0...8,5 ГГц.

Следовательно, под DS-UWB в России возможно использование всех 4 полос

диапазона 3,25...4,75 ГГц и 5 полос диапазона 6,0...8,5 ГГц из 11 возможных.

В свою очередь, под MB UWB можно использовать 7 полос из 14 возможных (диапазонов с 1 по 3 и с 7 по 10). А если учитывать, что для высокоскоростной передачи информации на большие расстояния необходимо использовать лишь нижнего диапазона частот (3,1...4,7 ГГц) из-за сильных затуханий сигналов в верхнем диапазоне частот, то в Европе и России для высокоскоростной передачи информации следует использовать всего 3 полосы технологии MB UWB или 4 полосы под DS UWB.

На территории России и Европы все чаще применяется технология DS UWB (9 полос) по сравнению с MB UWB (7 полос) и MB UWB OFDM (3 полосы), или ведется поиск иного варианта частотного диапазона, например в области 60 ГГц, который может применяться в любом регионе без ограничений.

По этой причине результаты усилий рабочей группы IEEE802.15.3с, где была изложена концепция использования 60-ГГц диапазона, оказались в сфере пристального внимания профессионалов.

Разработки в данном направлении ведутся и российскими специалистами в области создания нового поколения сверхвысокоскоростных беспроводных mesh-сетей частотного диапазона 60 ГГц.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы: следует обратить пристальное внимание на технологии DS- и MB-UWB OFDM, отдавая предпочтение DS UWB в частотном диапазоне 3,1...4,7 ГГц, или использовать другой частный диапазон, например 60 ГГц.

Патент РФ «Шлюз-маршрутизатор беспроводной сенсорной сети» — большой задел в России для создания архитектуры СШП беспроводных сетей универсального применения [14].

Следует особо отметить большой комплексный проект беспроводных стандартов комитета ISA 100.XX, где в состав рабочих групп входят представители России. Комитет ISA уже давно сделал первые шаги в сторону создания единой инфраструктуры разнообразных беспроводных сетей промышленной автоматизации и крупных производственных комплексов, взяв под контроль также сложную задачу создания общего интерфейса беспроводной транспортной сети (BACKHAUL) для разнотипных беспроводных сетей промышленного применения, не забыв и про UWB (см. рис. 1) [15].

При создании новых принципов организации и построения сверхвысокоскоростных самоорганизующихся систем связи универсального назначения следовало бы взять за основу проект беспроводного стандарта для сетей промышленной автоматизации ISA 100.11a,

окончательный вариант которого комитет ISA планирует утвердить в конце 2009 г., также готовящийся для передачи в международную электротехническую комиссию (IEC) с последующим его утверждением в качестве международного беспроводного стандарта.

ПОЧЕМУ ВСЕ ЖЕ ISA 100.11A, А НЕ ZIGBEE?

Стандарт ISA100.11a, в отличие от ZigBee (или даже такого продвинутого стандарта как Whart), является универсальным, т.е. может быть также распространен и на беспроводные сети домашнего и офисного применения, которые как раз подпадают под категорию 4—5 беспроводных сетей промышленного применения.

Однако следует учитывать и тот факт, что по технологии ZigBee выпущен целый ассортимент инструментальных наборов для проектирования беспроводных сенсорных сетей, которые включают в себя радиомодули стандарта IEEE802.15.4 различных компаний-разработчиков: Telegesis, Ember, Freescale, Dust, Texas Instruments и др. Альянс ZigBee также одобрил применение технологии UWB стандарта IEEE802.15.4a для промышленных приложений. В настоящее время представители общества ZigBee пытаются также сотрудничать с комитетом ISA100. Но найдет ли ZigBee-технология свое место среди семейства беспроводных стандартов ISA 100, пока не ясно.

Ясно лишь одно, что ZigBee завоевала значимое место в мире беспровод-

ных технологий персональных сетей WPAN, но претендовать на универсальность (по совокупности для домашнего, офисного и промышленного применения) она не сможет.

ZigBee в ISA определена как отдельная технология, которая подпадает лишь под категорию 5-4 промышленного применения. Она также учтена рабочей группой, занимающейся проектом стандарта ISA 100.15 (BACKHAUL) «Общий интерфейс беспроводной транспортной сети для разнотипных беспроводных сетей промышленного применения» (см. рис. 1).

Основным преимуществом стандарта ISA 100.11a является, прежде всего, идея создания единой беспроводной инфраструктуры, которая представляет собой множество беспроводных сенсорных сетей, объединенных в единое пространство без ограничения общего числа узлов. При этом учтена возможность ее адаптации к любому типу проводных промышленных сетей, например: Can, Asi, Modbus, Device Net Foundation FieldBus, ProfiBus, Hart и др.

Совместными усилиями рабочей группы проекта стандарта ISA100.11.a, состоящей из представителей разных стран мира (включая Россию) был создан единый подход по формированию основных принципов построения беспроводных систем связи универсального назначения с возможностью разбиения беспроводных сетей с повышенным количеством узлов на такое количество подсетей и с таким количеством узлов, чтобы обеспе-

чить требуемую пропускную способность и необходимую задержку распространения информационного сигнала Тз каждой подсети в отдельности. А это, в свою очередь, позволяет улучшить качество сервиса QoS при использовании мультимедийных сообщений, если возникнет такая необходимость, для их применения в промышленных сетях в будущем. Т.е. идеология стандарта ISA 100.11a является наиболее подходящей по сравнению с ZigBee и т.д.

Использование стандарта ISA100 11a в качестве базового, где уже учтена DS-UWB-технология (IEEE802.15.4a), позволит создать беспроводные СШП-системы связи и интеллектуальные сенсорные сети универсального применения, превосходящие существующие мировые аналоги, например NISA 100.11a [16].

Однако не исключена возможность использования в будущем стандарта IEEE802.15.3a (MB UWB OFDM) или даже IEEE802.15.3c (с использованием 60 ГГц-диапазона) [18].

Беспроводная интеллектуальная сеть по варианту ISA, общая архитектура которой представлена на рисунке 2, должна состоять из следующих узлов:

- аппаратно-программных устройств беспроводной сети с ограниченной функцией маршрутизатора и с возможностью подключения сенсоров и исполнительных механизмов;
- шлюза G беспроводной сети с функцией инкапсуляции, декапсуляции и конвертации передающейся информации (использование патента) с выходом в

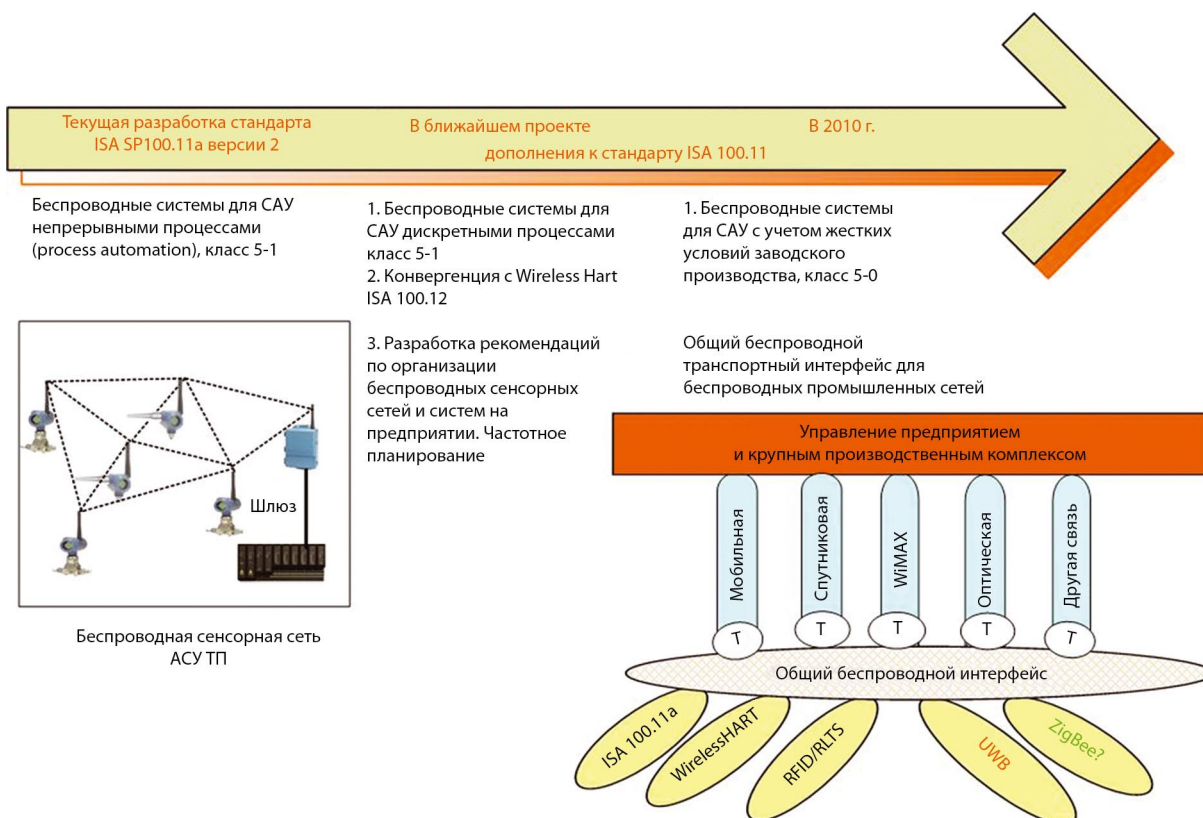


Рис. 1. Этапы работы комитета ISA по созданию универсального семейства беспроводных стандартов промышленной автоматики

Ethernet или RS-485. Шлюз является узлом, ответственным за пересылку информации между элементами беспроводной сети и веб-интерфейсом прикладного уровня системы мониторинга на многофункциональном ПК, выполняющей также функции управления всей системой и ее безопасностью;

– системы управления (Network manager), реализующей управление с хранением общей таблицы маршрутизации и адресации элементов беспроводной сети посредством универсального идентификатора EUI (16—64-разрядного), в зависимости от количества узлов в сети (возможно также использование IPv6-адресации с помощью протокола 6LoWPAN), включая веб-интерфейс. Алгоритм маршрутизации беспроводной СШП mesh-сети следует реализовать на базе принципа «многие к одному», или many-to-one. В результате широковещательной рассылки от центрального узла управления (Network manager) все узлы с ограниченной функцией маршрутизатора должны иметь дополнительную память для хранения нескольких оптимальных маршрутов к центральному узлу. Все решения по управлению элементами сети, распределением ее ресурсов, а также управлению политикой безопасности сети принимаются этим узлом;

– системы безопасности, которую следует реализовать на сетевом уровне. Для защиты от несанкционированного доступа она должна быть построена на симметричном ключе [18].

Для объединения нескольких беспроводных сетей в единую беспроводную инфраструктуру с повышенным содержанием узлов (или разбиением большей сети с повышенным количеством узлов на несколько подсетей с целью увеличения пропускной способности каждой подсети в отдельности, а также уменьшения пересылки информационного сигнала Тз от конечного узла к центральному узлу управления), автором статьи предлагается использование дополнительных беспроводных магистральных маршрутизаторов (согласно стандарту ISA). Магистральные маршрутизаторы и беспроводной шлюз можно выполнить на одной аппаратной платформе.

Узел беспроводной СШП-сети, схематично представленный на рисунке 3, должен включать в себя:

– модуль с ядром микропроцессора, например ARM, AVR (Atmel), PIC (Microship) с RISC-подобной архитектурой или на базе Intel 8051 гарвардской архитектуры (Atmel, Maxim, IC, SiLab, TI, NXP);

– AES-криптопроцессор;

– флэш-память для хранения стека протокола, например, ISA100.11a и программы пользователя;

– периферийный модуль:

а) с аналоговым входом и выходом и АЦП для подключения сенсоров и исполнительных механизмов;

б) с несколькими цифровыми входами-выходами для подключения сенсоров и исполнительных механизмов;

в) встроенного порта USB (2.0 с поддержкой до 12 Мбит/с) для загрузки управляющей программы;

– блока ОЗУ;

– радиомодуля с поддержкой стандарта UWB IEEE 802.15.4a (или ECMA IEEE802.15.3a). Радиомодуль, как правило, представляет собой приемник-передатчик и контроллер (в виде сопроцессора стандарта UWB).

Все вышеперечисленные модули на языке САПР представляют собой сложные функциональные блоки (СФ), которые по результату проектирования САПР могут быть выполнены в виде СБИС (каждый СФ-блок в отдельности) или по совокупности в виде системы на кристалле (СнК).

Как известно, средства САПР для разработки СБИС и СнК представлены такими компаниями как CADENCE DESIGN SYSTEMS, SYNOPSIS, Mentor Graphics и др.

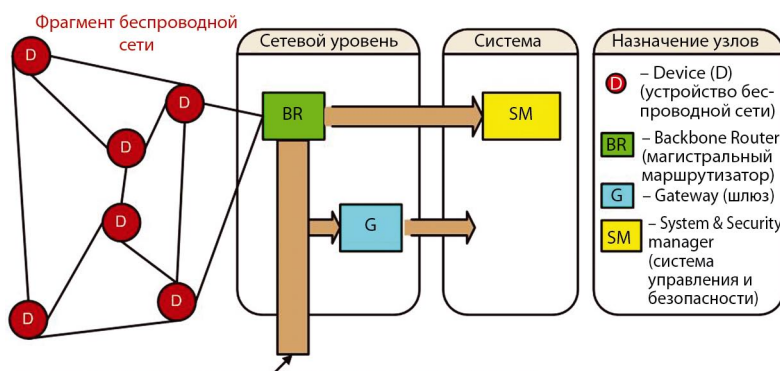
Следует отметить, что разработка узла беспроводной СШП сети в виде СнК с целью его миниатюризации — это главный вопрос цены проектирования. Реализация СнК в виде специализированной ASIC требует значительных финансовых затрат. Изготовление опытной партии специализированных СБИС по технологии 0,13...0,18 мкм стоит несколько сотен тысяч долларов, а по технологии 0,09 мкм — свыше миллиона долларов. При этом опыт разработки СнК показывает, что только в 25% проектов первоначально полученные опытные образцы соответствуют заданным требованиям [19]

Любой СФ-блок (в частности, аналоговая часть приемников-передатчиков радиомодуля UWB-технологии) представляет собой уже существующую библиотеку верхнего уровня САПР или пополняемую за счет новых разработок СФ, являющимися в настоящее время объектами интеллектуальной собственности IP (Intellectual Property).

В этой связи широко распространена практика разработки отдельных СФ-блоков для их последующего представления на рынок проектирования СБИС или СнК.

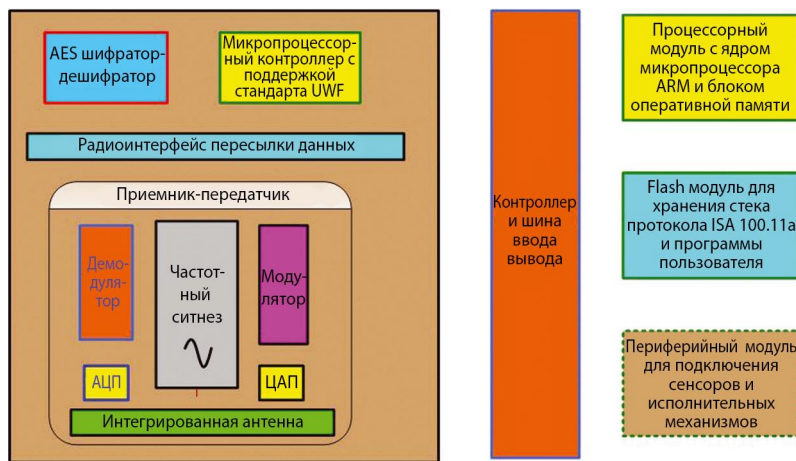
СФ-блоки для их последующего применения САПР могут быть представлены в виде:

– топологических фрагментов, которые непосредственно реализованы в физической структуре кристалла (аппаратно реализованные блоки);



К другим фрагментам, представляющим собой по совокупности единую сетевую инфраструктуру UWB

Рис. 2. Архитектура беспроводной интеллектуальной сети топологии mesh универсального назначения



РАДИОМОДУЛЬ стандарта UWB в виде СнК

Рис. 3. Вариант интегральной компоновки узла беспроводной СШП сети, состоящего из радиомодуля в виде СнК и процессорного модуля с типовым окружением

– моделей на языке описания аппаратуры, например: VERILOG (VERILOG AMS для смешанного моделирования аналоговых цифровых схем) или VHDL (является базовым при описании вычислительных систем). Такая модель средствами САПР может быть реализована в виде топологии с последующей реализацией на кристалле (программно-реализованные блоки).

Аппаратно-программные части радиомодуля (контроллер и приемники-передатчики) стандарта UWB, представляющие собой СФ-блоки, могут быть реализованы в виде модели на языке описания специализированной программы (например, VERILOG) как программно-реализованный модуль (программный продукт) для последующего использования в библиотеке САПР СБИС и СнК.

На начальном этапе проектирования, как правило, уточняется набор спецификаций аппаратной части (приемников-передатчиков) и аппаратно-программной части (контроллера) радиомодуля узла беспроводной СШП-сети.

Так, спецификация аппаратной части, состоящей из аналоговой и цифровой части приемников-передатчиков должна содержать:

- выполняемые функции или, если необходимо, алгоритм обработки информации, который затем должен быть представлен в виде RTL-кода;
- внешний интерфейс к другим блокам (контакты, шины, протоколы);
- интерфейс с ПО (регистры);
- временные параметры;
- быстродействие;
- особенности физического уровня кристалла (площадь кристалла, потребляемая мощность).

В настоящее время для написания исполняемых спецификаций используют, как правило, языки C, C++.

Разработанная спецификация аппаратной и аппаратно-программной части узла беспроводной сети является ТЗ на разработку следующего этапа проектирования.

На начальной стадии проектирования создается высокоуровневая поведенческая модель аппаратной части приемников-передатчиков и аппаратно-программной части контроллера радиомодуля в виде математической модели (например, в формате программных пакетов MATLAB/Simulink [20]), которая затем будет использоваться в качестве эталонной для верификации проекта следующего этапа (при создании модели на языке описания аппаратуры, например, VERILOG).

Так, поведенческая модель системы (передатчика аппаратной части радиомодуля МВ UWB) представляет собой блок-схему (см. рис. 4), состоящую из скремблера, узла сверхточного кодирования с базовым темпом кодирования

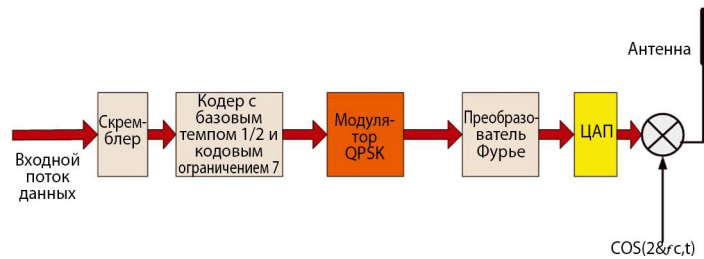


Рис. 4. Блок-схема передатчика аппаратной части радиомодуля МВ UWB OFDM

1/2 и длиной кодового ограничения 7 (декодер Витерби), узла чередования битов и фазовой модуляции QPSK, блока преобразователя Фурье с окном в 128 точек (100 используются под передачу данных), аналого-цифрового преобразователя и ФНЧ генератора несущей.

В настоящее время в ООО «Нанохаос», в МБСТУ им. Баумана, Санкт-Петербургском политехническом университете, а также в ИППИ РАН ведутся научно-экспериментальные исследования, которые направлены на создание беспроводных СШП, защищенных от несанкционированного доступа, мультисканальных средств связи со скоростями передачи до 100 Мбит/с и малым потреблением электроэнергии, а также самоорганизующихся систем связи и интеллектуальных сенсорных сетей домашнего, офисного и промышленного применения.

Полученные результаты и разработанные методы могут быть востребованы научно-исследовательскими организациями и фирмами-производителями, занимающимися проектированием САПР БИС и СнК для беспроводных сетей с высокой пропускной (до 100 Мбит/с) способностью и ограниченным радиусом действия (до 100 м).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайкович Г.Ф. Обзор беспроводных технологий для современных мобильных устройств связи // *Электронные компоненты*, 2007, №1, с. 65—75.
2. Вишнеvский В.М., Портной С., Шахнович И. *Энциклопедия Wi-MAX. Путь к 4G.* — М, Техносфера, 2009, 469 с.
3. Вишнеvский В.В. и др. *Широкополосные беспроводные сети передачи информации.* — М, Техносфера, 2005, 592 с.
4. Барсуков В.С. *Новые технологии интеллектуальных объектов: комфорт плюс безопасность, Специальная техника №4, 2004//st.ess.ru/publications/4_2004 / barsukov/barsukov.htm.*
5. Гайкович Г.Ф. *Беспроводная связь в сетях промышленной автоматике// Электронные компоненты*, 2007, № 10, с. 87—92.
6. V. Vishnevsky, G. Gaykovich/ *Wireless Sensor Networks in Industrial Automation Systems/ Вишнеvский В.М., Гайкович Г.Ф. Беспроводные сенсорные сети в системах промышленной автоматике//*

Электроника, 2008, №1//www.electronics.ru/issue/2008/1.

7. Гайкович Г.Ф. *Новые беспроводные стандарты для сетей промышленной автоматике// Электронные компоненты*, 2008, № 2, с.75—79.

8. *IEEE Standard for Information technology. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) Revision of 802.15.4-2003, July 2006, //ieeexplore.ieee.org, //standards.ieee.org/getieee802/802.15.html*

9. *IEEE Standard for Information technology. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) Amendent 1: Add Alternate PHYs, 2007, http://standards.ieee.org/getieee802/802.15.html*

10. ECMA368 или ISO/IEC 26907:2007 — *Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard.*

11. *Широкополосный беспроводный контроллер Intel Wireless UWB Link 1480 MAC, //www.vsesmi.ru/news/140739/*

12. *Wisair и Intel считают, что UWB готов к внедрению, //www.traintech.ru/ru/newsitem.php?id=5176.*

13. *Freescale nabs UWB design win, backs USB 2.0, //www.commsdesign.com/news/tech_beat/showArticle.jhtml?articleID=164902887.*

14. Вишнеvский В.М., Гайкович Г.Ф., Куприяхина С. Н. и др. *Патент на полезную модель, класс НО4L 12/56, номер: № 71 495. (Решение о выдаче патента от 29.10.2007 на полезную модель, по заявке 2007137787/22 от 12/10/2007) «Шлюз-маршрутизатор беспроводной сенсорной сети».*

15. *Гайкович Г.Ф. Стандартизация в области промышленных сетей. Развитие беспроводных стандартов для АСУ ТП// Электронные Компоненты*, 2009, № 1, с. 48—53.

16. *Development kit компании NIVIS, //www.nivis.com.*

17. *Park C and T.S Pappapart «Short-range wireless communications for next-generation networks: UWB, 60 Ghz and ZigBee» IEEE Wireless communications, v.14, p 70—78, 2007.*

18. *Беззатеев С.В. Особенности информационной безопасности в беспроводных сетях. — Санкт-Петербургский государственный университет.*

19. *Шагури И. Система на кристалле. Особенности реализации// Электронные компоненты*, 2009, № 1, с. 37—39.

20. *www.mathworks.com.*