

**Сверхширокополосная связь "СШПС-Импульс".
Состояние и перспективы решения специальных задач**

Генеральный директор ОАО "КБОР", проф., д.т.н. Симаков В.В.

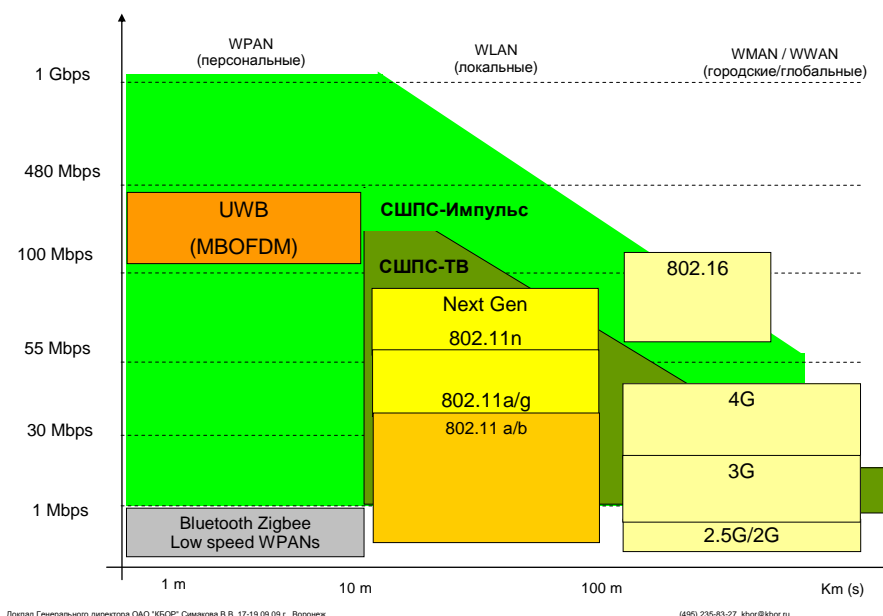
Как известно для передачи информации в СШП системах (патент Фуллертон) используются сверхкороткие "Гауссовские" импульсы длительностью 0,20-1,5 нс либо хаотические импульсы длительностью от 2 нс до 1 мкс. Согласно определению Федеральной Комиссии Связи США (2002 г. FCC 0248) [2], сверхширокополосными называются сигнал или система с относительной полосой частот h более 0,25 или с шириной спектра более 500 МГц. Для простоты предложено определение СШП-передатчика: к сверхширокополосным относят передатчики, у которых полоса составляет более 25% от центральной частоты. Однако для UWB были поставлены весьма жесткие рамки: диапазон – от 3,1 ГГц до 10,6 ГГц, плотность - ниже -41 дБм/МГц ($\sim 10^{-4}$ мВт/МГц) (в других странах, возможно, будет еще строже). Кстати, частоты ниже 3.1 ГГц запрещены для UWB из-за все-таки ощутимого влияния на точность работы системы глобального позиционирования GPS.

Сравнительная таблица стандартов беспроводной связи

Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Средняя спектральная плотность сигнала	Радиус действия	Частоты
Wi-Fi	802.11a/b/g	Беспроводные локальные сети	До 54 Мбит/с	~ 10 мВт/МГц	до 100 м	2,4, 5,1 ГГц
UWB MB-OFDM	802.15.3a	Беспроводные персональные сети	110–480 Мбит/с	$\sim 10^{-4}$ мВт/МГц	до 10 м	3-10 ГГц
Pulse UWB	IEEE 802.15.4a	Беспроводные сенсорные сети	10 Мбит/с	$\sim 10^{-4}$ мВт/МГц	до 30 м	868, 915, 2400 МГц, 3-10 ГГц
4G	3GPP Long Term Evolution	Сотовые сети	До 172 Мбит/с	~ 20 мВт/МГц	до 3 км	700 МГц, 2,7 ГГц
СШПС-Импульс	802.15.4a	Беспроводные, локальные, персональные сенсорные сети	До 1000 Мбит/с	$\sim 10^{-2}$ мВт/МГц	до 10 км	Без несущей

Технология импульсной "СШПС-Импульс" (далее - "СШПС-И") может использоваться для создания оборудования высокоскоростных беспроводных транспортных сетей сотовой связи стандарта 4G (технология LTE).

**Эффективные области применения "СШПС-И":
вторичное использование частотного диапазона внутриобъектовыми, локальными и городскими сетями связи со сверхвысокой пропускной способностью.**



WPAN (Wireless Personal Area Networks) - беспроводная персональная компьютерная сеть с малым (не более 15 м) радиусом действия, предназначенная для простых коммуникаций типа "точка-точка" между электронными потребительскими устройствами.

WLAN (Wireless Local Area Network) - беспроводная локальная вычислительная сеть, в которой передача данных осуществляется через радиоэфир; объединение устройств в сеть происходит без использования кабельных соединений.

WWAN (Wireless Wide Area Network) - беспроводная глобальная вычислительная сеть, в которой для передачи данных используются беспроводные технологии сотовой связи.

WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) - беспроводные сети масштаба города.

Так как ширина спектра СШПС существенно превосходит ширину спектра излучаемого сигнала существующих широкополосных систем типа Wi-Fi, WiMax и другие - все они могут считаться по отношению к СШПС – узкополосными.

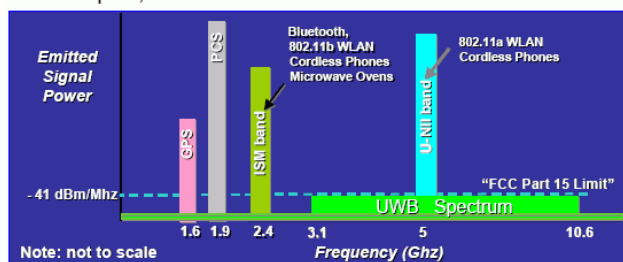
Задачей данного анализа является не только рассмотрение современных перспектив СШПС систем связи, но и выявление особых преимуществ импульсной технологии. Отличие СШПС систем связи построенных на импульсной технологии от традиционных узкополосных это отсутствие несущей частоты. Существенно, что для передачи информации используется не непрерывный сигнал, а поток импульсов. Поэтому, наряду с методом модуляции важными характеристиками являются длина импульса и скважность. Вариация этих характеристик определяет скоростные свойства системы связи и ее устойчивость для различных типов каналов связи. Расширение полосы дает дополнительные возможности по увеличению скорости передачи дискретной информации, канальности и числа независимо работающих абонентов.

Конкурентными областями применения сверхширокополосной импульсной связи "СШПС-И" являются сверхширокополосные внутриобъектовые и локальные сети со сверхвысокой пропускной способностью. К известным преимуществам импульсной сверхширокополосной связи относят: энергетическую скрытность и защищенность связи от перехвата; устойчивость скрытной связи в частично экранированных объектах за счет многолучевого "просачивания" сверхширокополосного сигнала через щели в

металлических конструкциях; вторичное использование диапазона с низкой спектральной плотностью импульсных сигналов при разумном ограничении мощности для достижения необходимого расстояния до уровня, не мешающего другим системам; скрытную высокую скорость передачи данных; а так же низкое энергопотребление и малые габариты.

Для понимания различия приведена иллюстрация с другими широкополосными системами связи.

- UWB is presently legal only in the US
- Regulatory activity underway in Europe, Japan, and China



UWB – СШПС вторичное использование частотного диапазона

Основной областью применения, при таких ограничениях, являются беспроводные персональные локальные сети (wireless personal area networks – WPAN), для которых особое значение имеют небольшие габариты, низкая стоимость аппаратуры и малое энергопотребление.

Для использования в WPAN потребителям предложены СШП устройства Wireless USB на основе MBOFDM работающие в диапазоне 3-10 ГГц . С шириной полосы сигнала 500 МГц **на основе стандарта IEEE 802.15.3a.**

В 2008 году на зарубежных выставках потребителям были представлены серийные устройства Wireless USB (тип сигнала – с несущей частотой) следующих фирм:



Линия продукции одной из них (WISAIR) представлена ниже.



Wireless USB Adapter Set Wireless USB Hub Wireless USB Embedded Module UWB Development Kit (DV9110).

Расстояние между устройствами достигает 10-30 м (изделие выполнено по стандарту 802.15-3A). Современная стоимость около 200 дол. С дальнейшим снижением до 20 долларов.

Решения ГКРЧ на территории РФ по использованию СШП систем на территории Российской Федерации на сегодняшний день пока нет.

Потенциальные специальные возможности импульсной технологии СШПС.

Главное преимущество СШП-систем состоит в том, что спектральная плотность энергии сигнала UWB не превышает определенного значения (10^{-4} - 10^{-2} мВт/МГц). В

нашей технологии при увеличении дальности спектральная плотность мощности может увеличиваться в 3-5 раз, что неизмеримо ниже аналогичного показателя для классических ШПС радиointерфейсов (Wi-Fi, Bluetooth и так далее). По этой причине для всех остальных не-UWB-устройств сверхширокополосный сигнал просто смешивается с массой другого "электронного" шума, и возможные помехи можно считать пренебрежимо малыми.

Таким образом, на базе полученного коммерческого опыта массового производства и эксплуатации в дальнейшем уникальные возможности сверхширокополосной связи будут применяться и для решения многих других задач, ранее недоступных для узкополосных радиointерфейсов:

- внутриобъектовые, локальные и внутригородские сети (WLAN и WMAN), для которых особое значение имеют энергетически скрытные сверхширокополосные каналы связи со сверхвысокой пропускной способностью, в т.ч. летательные аппараты, корабли, транспорт. При этом аппаратура должна иметь небольшие габариты и малое электропотребление.

- промышленные системы беспроводной связи для внутриобъектовой передачи мультимедиа информации в условиях мощных промышленных помех (транспорт, тяжелая промышленность, нефтехимические комплексы);

- мобильные многоканальные системы телерадиоуправления технологическими процессами и оборудованием (атомная промышленность, транспорт, строительство, управление роботами при ЧС);

- специальные системы связи для управления военными силами и средствами, а так же беспилотными летательными аппаратами и роботами;

- специальные системы связи для антитеррористических подразделений, в т.ч. ФСБ, ФСНК, ПВ, ВВ, ГРУ ГШ и т.д.

Принципы работы импульсных сверхширокополосных систем радиосвязи

Отличие СШП систем связи построенных на импульсной технологии от традиционных узкополосных это отсутствие несущей частоты.

Существенно, что для передачи информации используется не непрерывный сигнал, а поток импульсов. Поэтому, наряду с методом модуляции важными характеристиками являются длина импульса и скважность.

Для передачи информации используются сверхкороткие "Гауссовские" импульсы длительностью 0,20-1,5 нс, либо хаотические импульсы длительностью от 2 нс до 1 мкс.

Расширение полосы дает дополнительные возможности по увеличению скорости передачи дискретной информации, канальности и числа независимо работающих абонентов.

В настоящее время ОАО "КБОР" совместно с ОАО "Концерн "Созвездие" разрабатывает импульсные СШП электронные модули, которые потенциально имеют следующие специальные характеристики:

1. Высокая скорость передачи данных.

Скорость передачи информации должна быть:

- в "скоростном" режиме - до 1000 Мбит/с на расстояние до 100 м, спектральная плотность $\sim 10^{-2}$ мВт/МГц;

- в "помехозащищенном" режиме - до 10 Мбит/с на расстояние до 1-2 км, спектральная плотность $\sim 10^{-3}$ мВт/МГц;

- в режиме "повышенной скрытности" - до 1 Мбит/с на расстояние до 10 км, спектральная плотность $\sim 10^{-4}$ мВт/МГц.

2. Скрытность и защищенность связи от перехвата.

В радиосвязи с импульсными СШПС принципиально по-новому решается задача защиты информации от ее несанкционированного прослушивания и перехвата. Это

достигается за счет очень низкой спектральной плотности излучаемого сигнала, что и обеспечивает очень высокий уровень их энергетической скрытности. Сегодня не известны технические средства перехвата информации импульсных линий связи СШПС.

3. Высокая помехозащищенность.

В системах с расширением спектра усиление обработки определяется как отношение ширины полосы канала к ширине полосы информационного сигнала. Так, для систем расширения спектра методом прямой последовательности с шириной канала 5 МГц и информационным сигналом 10 кГц усиление составит 500 раз (27 дБ). Такой же сигнал, передаваемый импульсным радио с шириной полосы 2 ГГц, будет усилен в 200 тыс. раз (53 дБ). До появления новых цифровых технологий было сложно защитить тракт приемника от мощных узкополосных помех. Разработана новая схема защита от помех без использования фильтров.

4. Устойчивость связи в труднодоступных местах.

За счет широкой полосы сигнала улучшаются возможности прохождения СШС сигналов за счет переотражения и "просачивания" через щели в металлических конструкциях и другие различные среды. Например, затухание при прохождении энергии через армированные бетонные изделия определяется соотношением длины волны и размеров ячеек арматуры, так что часть спектра сигнала может экранироваться, а часть нет.

5. Вторичное использование каналов.

Низкая спектральная плотность и разумное ограничение мощности при достижении необходимого расстояния до уровня, не мешающего другим системам.

6. Низкое энергопотребление и малые габариты

Технология UWB, по сравнению с традиционными системами, допускает работу со значительно меньшими мощностями передатчика, и, следовательно, с малыми энергозатратам, так как последовательность импульсов с высокой скважностью (Коэффициент скважности – более 100.) Достигается снижение энергопотребления более, чем в 1,5-2 раза.

Изделия на основе UWB систем связи, построенные по импульсной технологии имеют меньшее количество конструктивных элементов и, соответственно, меньшие габариты.

Применение специальных СШП систем за рубежом в настоящее время.

В настоящее время за рубежом разработаны и серийно выпускаются станции военного назначения DRACO и ORION и предназначены для обеспечения связью небольших подразделений с возможностью работы в ближней зоне (1-2 км). Используется диапазон L (390 MHz - 1.55 GHz),



Внешний вид радиостанций

Исходя из публикуемой в открытой печати информации, оснащение зарубежных армий и специальных подразделений средствами связи с использованием импульсного

сверхширокополосного сигнала на расстояния до 1 км и со скоростью до 1 Мбита началось с 2002 г. С 2004 г. поставляется UWB система AWIS для внутренней радиосвязи самолетов и вертолетов ВМС США. С 2008 г. ведется разработка сенсорных UWB-сетей в интересах ВМС США в рамках проектов "Фаза 1" и "Фаза 2" (DRACO). При этом военные и специальные подразделения получают все вышеперечисленные преимущества при управлении силами и средствами.

Научно технический задел по разработке импульсных СШП систем связи в России

Возможность использования хаотических сигналов в СШП системах разрабатываются под научным руководством А. С. Дмитриева проф., д.ф.-м.н. Институт Радиотехники и Электроники РАН, Москва.

В настоящее время ведется разработка устройств для сенсорных сетей с дальностью работы до 30 метров в диапазоне 3-6 ГГц. и автоматической ретрансляцией сигналов в сети. Обеспечен стык USB с компьютерами, разработано программное обеспечение сенсорной сети, достигаемая скорость до 2 Мбит/сек.

С 2008 года разработчик ОАО "Конструкторское бюро опытных работ" совместно с ОАО "Концерн "Созвездие" выполняет ОКР "ШПС-КБ" "Разработка базовых технологий создания экономичных электронных модулей оборудования сверхширокополосной связи". ОКР выполняется в рамках ФЦП "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники" на 2008 – 2015 годы.

В ходе выполнения ОКР:

1. Разработана базовая технология "СШПС-И" создания экономичных электронных модулей оборудования сверхширокополосной связи на основе коротких импульсов длительностью менее 1 нс без несущей и использования всей полосы сигнала шириной 1-2 ГГц.

Которая отличается от зарубежных аналогов и имеет следующие преимущества:

- уменьшение в 100 раз время поиска и вхождения в связь с абонентом;
- безкорреляционная обработка сигналов;
- принципиально новая схема защиты от помех.

Данные преимущества по результатам моделирования могут обеспечить в будущем высокую скорость передачи данных (до 1 Гбит/сек) и дальность связи (до 10 км).

2. Созданы стенды:

- стенд для отработки сценариев импульсного СШП канала связи;

- стенд для проверки работы модуля перекодирования цифровой информации для каналов с пропускной способностью до 100 Мбит/сек (превышение Требований к техническим характеристикам);

- стенд для проверки работы модулей перекодирования цифровой информации на каналах GSM/GPRS/EDGE с использованием специальной сети передачи данных Федеральной подсистемы конфиденциальной сотовой связи с пропускной способностью до 100 Кбит/сек.

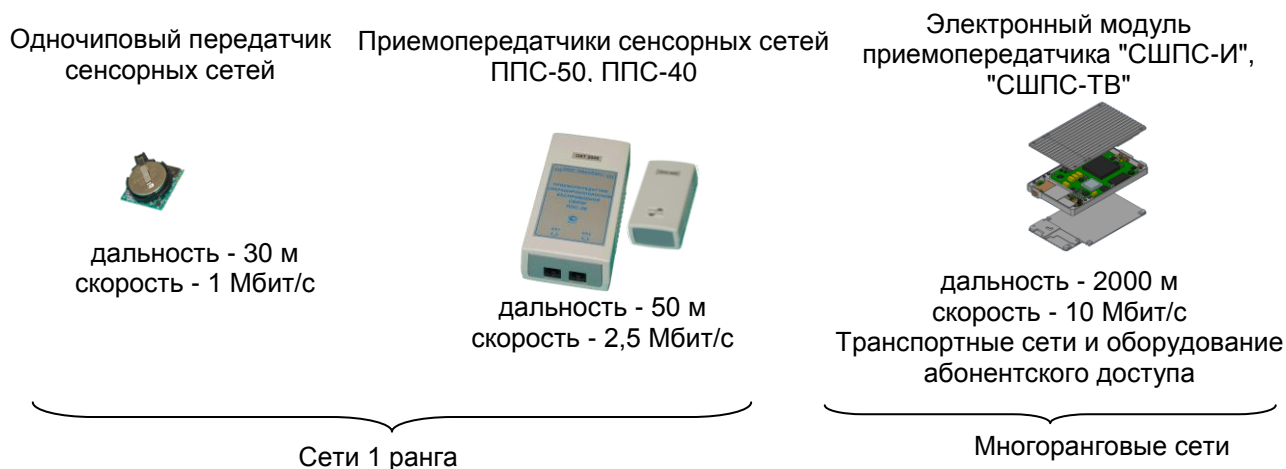
3. Завершается разработка конструкторской и технологической документации и создание опытных образцов электронных модулей .

Ожидаемая дальность связи абонентских радиостанций в режиме "точка-точка" - 1-1,5 км, скорость передачи информации - 10-12 Мбит/сек. при пиковой мощности передатчика 50Вт.

При разработке модулей "СШПС-И" использовался опыт и наработки создания ОАО "Концерном "Созвездие" цифровой возимой радиостанции РП-330-С1 с применением сетевых технологий (принята на вооружение) с характеристиками: матрица связи на 16 абонентов с автоматическим подключением/отключением абонентов к сети и выбором

действующего маршрута, пакетная передача данных, потокового видео и голоса с общей скоростью 3 Мбит/сек на дальность до 20 км. Поддержка стека протоколов TCP/IP по стыку Ethernet.

Оборудование сверхширокополосных беспроводных сетей "СШПС-И"



Основные пути решения задачи создания специальных систем по технологии "СШПС-И"

1. Необходимо проведение исследований влияния электромагнитных излучений импульсных СШП сигналов на другие радиотехнические устройства. Данные исследования не проводились в связи с отсутствием метрологического обеспечения (оборудования, методик и образцов "СШПС-И" использующих различные диапазоны частот) и соответствующих частотных решений ГКРЧ Российской Федерации. По этой причине использование импульсных СШП систем связи не разрешено.

2. Вступление в международные ассоциацию производителей стандартов 4G и другие международные организации (UMTS, IEEE и др.) по стандартизации в области связи. Участие в данных организациях позволит получать необходимую техническую информацию, поддерживать высокий мировой уровень разработок и обеспечит продвижения продукции отечественных производителей на международном рынке.

3. Разработка и создание средств радиосвязи на основе импульсных СШП сигналов для силовых структур которые обеспечат высокую скрытность, помехозащищенность.

4. Необходима разработка отечественной унифицированной элементной базы для создания одночиповых импульсных СШП систем связи различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эскизно технический проект "Разработка базовых технологий создания экономических электронных модулей оборудования сверхширокополосной связи" АТЖИ.468.332.001 ПЗ
2. Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultrawideband transmission systems. First report and order. FCC 0248. – Federal Communications Commission, 2002.
3. НИР "Исследование особенностей получения, возбуждения и излучения пикосекундных электромагнитных импульсов и разработка мощного импульсного генератора". Шифр "Возбуждение", научный руководитель Кыштымов Г.А., Воронеж, ВНИИС, 1999г.
4. НИР "Исследование путей построения сверхширокополосного импульсного канала связи". Шифр "Радий", научный руководитель Кыштымов Г.А., Воронеж, ВНИИС, 2002г.
5. НИР "Исследование путей повышения помехозащищенности СШП канала связи без несущей". Шифр "Радий-2" научный руководитель Кыштымов Г.А., Воронеж, ОАО "Концерн "Созвездие", 2006г.
6. ПАТЕНТ на изобретение № 2315424 RU приоритет изобретения 06 июня 2006г. СИСТЕМА СВЯЗИ С ВЫСОКОЙ СКРЫТНОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫМИ СИГНАЛАМИ. Патентообладатели: Бондаренко Виктор Васильевич, Кыштымов Геннадий Александрович и др.
7. ПАТЕНТ на изобретение № 2 334 361 RU приоритет изобретения 15 мая 2006г. "УСТРОЙСТВО СВЯЗИ С ПОВЫШЕННОЙ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬЮ И ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ". Патентообладатели: Бондаренко Виктор Васильевич, Кыштымов Геннадий Александрович и др.
8. Дмитриев А.С., Панас А.И., Старков С.О. и др. Способ передачи информации с помощью хаотических сигналов: Пат. РФ № 2185032.27.07.2000.
9. Пат. 4641317 США. Spread Spectrum Radio Transmission System/Larry W.Fullerton. – Приоритет 3.12.84.
10. Шахнович.И. Сверхширокополосная связь. Второе рождение? – ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2001, №4.