

Окончание. Начало в № 9'2003

# Технология передачи информации с использованием сверхширокополосных сигналов (UWB)

Владимир Дмитриев

## Сферы применения СШПС

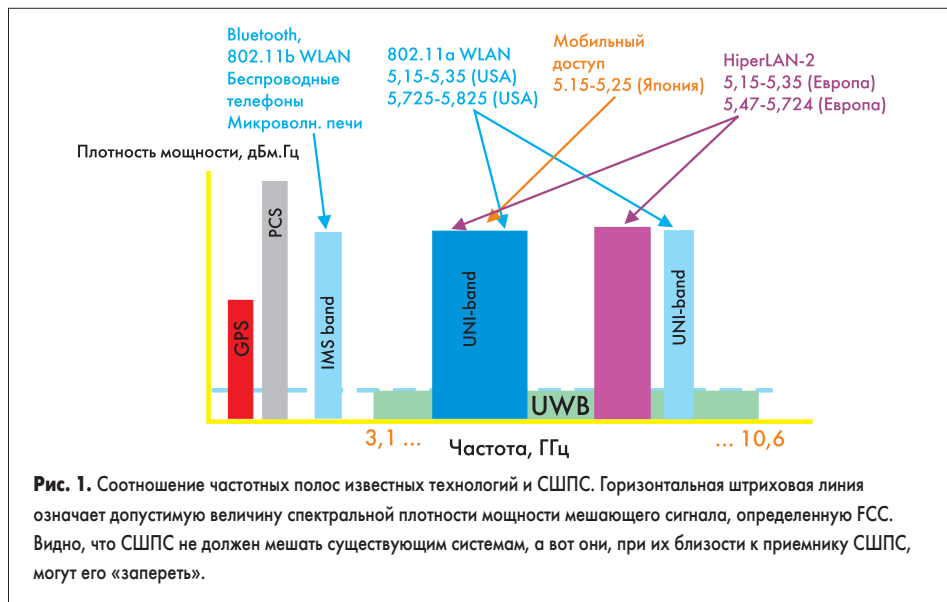
Особенности технологии СШПС определяют предпочтения ее практического внедрения.

1. Большие скорости передачи информации. В традиционных системах рабочая частота и ширина отведенной полосы спектра в основном определяют пропускную способность канала связи, а мощность передатчика — его дальность. В UWB два этих понятия тесно взаимосвязаны, позволяя перераспределять имеющиеся возможности между дальностью связи и скоростью передачи. В результате, при соответствующих мощностях передатчиков UWB-системы могут работать на больших расстояниях с малой скоростью, а на небольших расстояниях можно получать очень высокие скорости (до 500 Мбит/с и выше) даже при очень малой средней мощности излучения. По пропускной способности UWB-системы вполне могут составить конкуренцию таким современным проводным интерфейсам, как IEEE 1394 (FireWire) и USB 2.0, и применяться для передачи цифровых изображений и видео.
2. Высокая помехозащищенность. Поскольку UWB-сигнал распределен в широком спектре частот, влияние узкополосных помех ограниченной мощности на него оказывается незначительным в результате корреляционной обработки. Кроме того, применение очень коротких импульсов позволяет генерировать их с высокой скважностью (то есть относительно «редко»), при которой суммарная длительность импульсов может составлять менее 1% от общего времени связи и, таким образом, более 99% шума стробированием будет просто «вырезаться».
3. Устойчивая связь в условиях многолучевого распространения радиоволн. Данный эффект, обусловленный поступлением на приемную антенну как прямого сигнала от передатчика, так и сигналов, отразившихся от окружающих предметов, является одним из важнейших факторов, ухудшающих условия радиоприема в любых системах. Образование искажений в таких каналах связано с наложением одного сигнала на другой с примерно равной амплитудой, но отличающегося по фазе. В результате происходит частичное или полное подавление одного луча другим. К настоящему времени разработан ряд различных методов снижения этого эффекта, однако

ни одна из традиционных технологий не способна бороться с отраженными сигналами, имеющими задержку в единицы наносекунд, что характерно для случаев распространения радиоволн внутри помещений.

Принципиальным отличием технологии UWB в этих условиях является то обстоятельство, что она использует очень большой спектр сигналов, а поэтому вероятность того, что произойдет взаимная компенсация всех сигналов другими, чрезвычайно мала. Кроме того, так как для передачи применяются очень короткие импульсы, не возникают и межсимвольные искажения — энергия принятого импульса практически всегда успевает фактически полностью затухнуть до момента прихода его следующей копии, которая к тому же еще зачастую просто режектируется в корреляторе приемника как помеха, не имеющая отношения к сигналу.

4. Высокая степень защищенности связи от перехвата. Приемники обычных радиосистем воспринимают UWB-сигналы как случайные помехи, которые к тому же нередко оказываются и по амплитуде полностью скрыты в естественных шумах. Различные же сверхширокополосные системы используют разные алгоритмы построения кодирующих псевдослучайных последовательностей, общее число которых, в принципе, весьма велико. Поэтому случайные совпадения кодов у разных систем практически исключены, а целенаправленный подбор кода представляет собой весьма сложную и трудоемкую задачу.
5. Высокая электромагнитная совместимость. Шумоподобная структура, обычно довольно малые уровни сигналов UWB-систем и использование кодирования, в том числе для сглаживания спектра мощности, практически не создают помех для других устройств, что иллюстрируется рис. 1.
6. Возможность многократного повторного использования одного и того же участка спектра радиочастот как рядом UWB-систем, так и совместно с традиционными системами, и следующая отсюда принципиальная возможность работы на безлицензионной основе. Согласно современному «Регламенту радиосвязи», весь спектр радиочастот распределен между различными службами и свободных участков уже практически не осталось во всем диапазоне от сверхнизких до сверхвысоких частот. Однако, как уже отмечалось, различные UWB-системы, использующие



разные кодовые последовательности, могут работать на одних и тех же частотах, не нарушая работу друг друга. Кроме этого, приятной особенностью UWB-систем является тот факт, что им для работы не требуется специально выделенный для них частотный диапазон — они могут использовать участки спектра, уже занятые другими системами, и не создавать им помех. Дело здесь заключается в том, что, даже обладая достаточно высокой суммарной мощностью, передаваемой в эфир (и, следовательно, возможными значительными расстояниями уверенного приема), UWB-сигналы, распределенные в сверхширокой полосе частот, в каждой конкретной точке этого спектра имеют очень не большой уровень. На практике он не превышает уровни побочных излучений, разрешенные для самых разных домашних, офисных и промышленных устройств (мобильные телефоны, компьютеры, телевизоры, различные станки и многое, многое другое, вплоть до кофемолок и фенов), а, следовательно, по существующим правилам, является допустимым. Другими словами, формально, UWB-системы, как не нарушающие принятых правил, могут использоваться без получения каких-либо специальных лицензий.

7. Высокая проникающая способность UWB-сигналов через различные препятствия обеспечивает их надежное распространение в самых различных условиях: внутри и даже в небольшой толще земли. Именно благодаря сверхширокополосности, затухание короткоимпульсных сигналов в различных средах оказывается достаточно малым, поскольку их подавление обычно происходит не во всем диапазоне. Именно поэтому, даже при малой мощности, такие сигналы могут эффективно использоваться, например, для целей подповерхностной радиолокации и наблюдения через стены. Сигнал UWB значительно лучше проникает сквозь стены и другие препятствия, что делает сети на базе UWB более привлекательными для создания офисных сетей. Как видно из рис. 2, данная техно-

логия в этом аспекте имеет сравнительное преимущество для малых дальностей связи по сравнению с рядом известных.

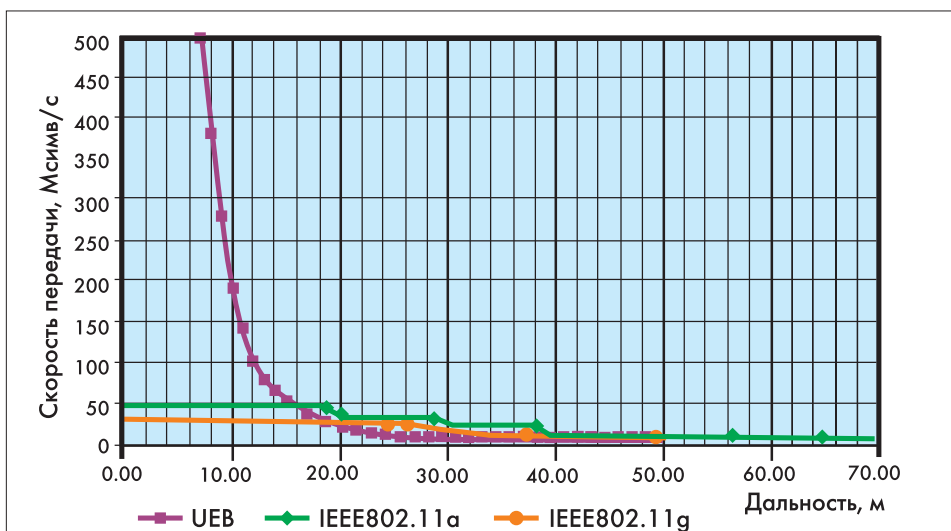
8. Возможность измерения расстояний с очень высокой точностью. Весьма малая длительность импульсов обуславливает возможность определения расстояний с погрешностью до единиц сантиметров.

9. Возможность работы с малой излучаемой мощностью, обеспечивающая в дополнение к скрытности передачи радиосигналов с низкой вероятностью перехвата информации еще и миниатюризацию оборудования и экономное энергопотребление. Технология UWB, по сравнению с традиционными системами, допускает работу со значительно меньшими мощностями передатчика, а следовательно, и с малыми энергозатратами. Кроме этого, так как UWB-системы оперируют с импульсами очень малой длительности при коэффициенте заполнения импульсной последовательности всего около 0,5–1%, это, в свою очередь, также снижает потребление энергии UWB-устройствами.

10. Техническая простота и относительная дешевизна аппаратной реализации приемных и передающих устройств обес-

печивает высокую рентабельность и экономичность их массового производства. Изделия на основе UWB технически проще традиционных, ведь в UWB-системах нет необходимости в использовании мощных усилителей, их приемники не имеют гетеродинов и прецизионных элементов частотной фильтрации, а узлы модуляции и демодуляции сигналов достаточно просты и дешевы. Действительно, в системах UWB схема передатчика проста до предела, ведь в нем, по сути, просто формируется импульс необходимой формы, и он может сразу отправляться в антенну. А так как антенные системы UWB также достаточно просты по исполнению и могут изготавливаться непосредственно на печатных платах, то сигнал может уходить в эфир, что называется, «прямо с чипа». В приемнике же сигнал проходит через широкополосный фильтр, выделяющий рабочую зону спектра, усиливается и в результате корреляционной обработки сразу приобретает вид готовых видеоимпульсов, далее идущих на устройство декодирования. Таким образом, можно сказать, что с UWB сбывается мечта всех радиоинженеров о возможности создания однокристалльных приемопередатчиков без каких-либо сложных внешних цепей частотной фильтрации и усиления.

11. Высокая потенциальная удельная плотность передачи данных (рис. 3). Этот показатель является одним из важнейших критериев, характеризующих эффективность систем беспроводной связи. Он определяется как величина достижимой суммарной скорости передачи данных на один квадратный метр рабочей зоны и имеет размерность «бит/с/м<sup>2</sup>». UWB-системы имеют на сегодняшний день значение этого показателя — порядка 1 Мбит/с/м<sup>2</sup> (данная величина легко рассчитывается из реальной возможности параллельной передачи в одной соте радиусом, например, 10 м, как минимум шести потоков данных со скоростью 50 Мбит/с). Масштабность этой величины становит-



**Рис. 2.** Зависимость скорости передачи от дальности для сравниваемых технологий

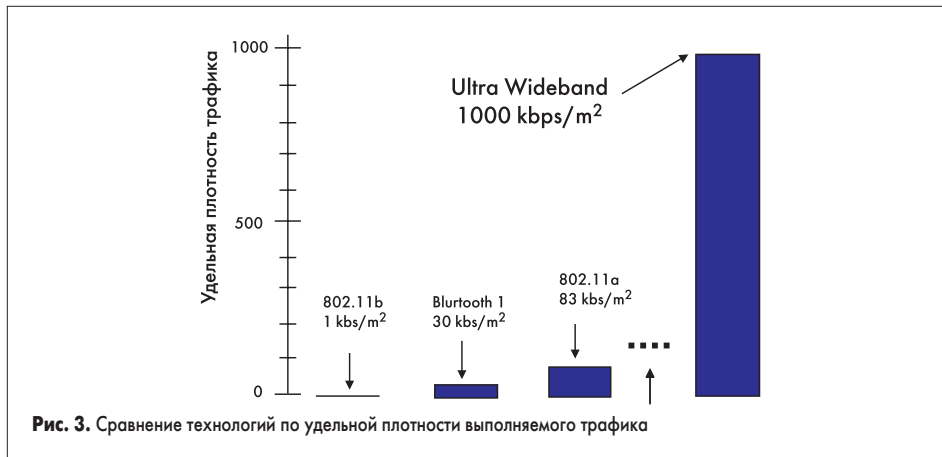


Рис. 3. Сравнение технологий по удельной плотности выполняемого трафика

ся более ясной, если, например, указать, что у Bluetooth аналогичный параметр составляет всего порядка 30 кбит/с/м², а типичные потребности даже самого современного сегодняшнего офиса не превосходят величины 50 кбит/с/м².

Другими словами, технология UWB способна обеспечить существенный «запас» под будущие потребности. Все эти технологические и эксплуатационные преимущества UWB-технологий определяют широчайшие возможности их применений. Это не только мобильные телефоны или связные радиостанции, но и возможность создания беспроводных, надежно работающих даже внутри помещений, помехоустойчивых и высокоскоростных локальных компьютерных сетей, мобильных видеотелефонов и персональных устройств получения «видео по требованию» и многое, многое другое.

Технические и эксплуатационные преимущества UWB позволяют уверенно прогнозировать для такого оборудования очень много интересных применений, например, в следующих областях:

- Телекоммуникации. Здесь могут создаваться устройства как для работы внутри помещений, так и для связи на значительные расстояния (WAN, WLAN и т. д.). А так как UWB-устройства могут служить для соединения самых различных устройств (телефон, телевизор, компьютер и др.) и без труда способны обеспечить передачу видео, аудио и данных, то про UWB уже всерьез говорят как про «Bluetooth будущего», позволяющий устранить жгуты проводов в нынешних квартирах и офисах.
- Радиолокация. В этой области широта поля действия для UWB — вообще необычайная: от авиационных радаров коммерческого и военного применения для получения радиоизображений и образов целей, портативных промышленных радаров для мониторинга и контроля процессов, до охранных систем и средств борьбы с терроризмом и преступностью, обеспечивающих получение изображений скрытых объектов и позволяющих решить задачи видения сквозь стены на расстояниях от единиц до сотен метров. UWB-локаторы обладают высоким разрешением и им не страшны преграды, перед которыми пасуют обычные радиолокаторы. Они могут работать внутри зданий, «просвечивая» стены и кон-

струкции из любого материала, или быть радарными подземного зондирования (Ground Penetrating Radars — GPR), способными обнаруживать неглубокие залежи различных минералов, безошибочно определять местонахождение и состояние подземных коммуникаций, находить людей под завалами или снежными лавинами и т. д. Другими словами, это могут быть не только идеальные приборы для использования при строительстве и ремонте различных сооружений, но и надежные помощники служб спасения, работающих при устранении последствий различных аварий и бедствий. Очень неплохо UWB вписываются и в медицинские приложения, такие, как мониторинг работы сердца, органов дыхания и т. п. Ну а радарные системы на транспортных средствах, обнаруживая местоположение неподвижных и перемещающихся вблизи объектов, будут помогать лучше ориентироваться на дорогах и предотвращать аварии. И в этом направлении (именно с использованием технологии UWB), например, уже активно работает немецко-американский концерн Daimler-Chrysler.

- Задачи позиционирования. Возможность измерения расстояний с точностью до сантиметров позволяет широко использовать системы UWB для определения местоположения различных объектов, дистанционного управления транспортными средствами и промышленными роботами, применять их в интеллектуальных системах логистики и многих других областях.
- Специальные (государственные и военные) применения. Разумеется, совокупность таких свойств, как высокая помехозащищенность, скрытность, малое энергопотребление и простота реализации, не могла изначально не заинтересовать военные и государственные организации. Так это и случилось, и до конца 70-х годов практически любая деятельность в этой сфере во всем мире носила закрытый характер. А, например, в США до 1994 г. заказчиками UWB-систем могли выступать только правительственные и военные организации, и все работы имели статус правительственных программ. Вообще же среди военных приложений можно отметить скрытную беспроводную связь, высокоскоростную передачу больших массивов информации, поиск пластиковых мин и многое другое.

Существует цифровая система передачи речи и данных с высокой степенью защиты от радиоперехвата и радиоподавления. Центральная частота мгновенного спектра находится в L-диапазоне, ширина полосы сигнала составляет около 400 МГц. Пиковое значение выходной мощности радиопередатчика — 1 Вт, дальность связи на штыревую антенну в условиях среднепересеченной местности — 1–2 км. Скорость передачи при речевом обмене — 128 кбит/с (CVSD voice), при передаче данных — 115,2 кбит/с. Метод многостанционного доступа в сети — CSMA-CD. Обеспечивается дуплексная радиосвязь.

Внешний вид абонентских терминалов представлен на рис. 4.

Резюмируя сказанное, можно отметить, что основными областями UWB-систем могут быть средства связи, а также радарные системы и системы определения местоположения объектов.

### Современное состояние развития компонентов СШПС-систем

Уже в октябре 1997 года Time Domain продемонстрировала полнодуплексную связь по технологии UWB с центральной частотой 1,7 ГГц на дистанции свыше 900 м и скоростью 32 кбит/с. При этом средняя мощность передатчика составляла около 2 мВт. Система одновременно определяла расстояние до источника сигнала с точностью до 3 см. Фирмой



Рис. 4. Внешний вид радиостанций с СШПС, используемых в силовых структурах США

разработана полнодуплексная система связи со скоростью передачи 39–156 кбит/с, центральной частотой спектра 1,3 ГГц и дальностью связи до 16 км. Средняя мощность ее передатчика — 250 мВт. Также компания создала демонстрационную беспроводную локальную сеть со скоростью передачи 5 Мбит/с и радиусом действия свыше 10 м (через две стены внутри здания) при мощности излучения 50 мВт. С такой же средней мощностью работает «радар на ладони» RadarVision 1000.

Первые прототипы коммерческого сверхширокополосного оборудования были продемонстрированы еще в середине 2001 года, и ожидается, что основные производители, такие, как компании Intel, Cisco, Fujitsu, Motorola, Siemens, Sony, Texas Instruments, Time Domain, Xtreme Spectrum и др. выйдут на рынок с оборудованием для UWB-систем уже в начале 2004 года. При этом, по предварительным оценкам, цена UWB-устройств мощностью порядка 200 мВт и скоростью пе-

редачи информации более 100 Мбит/с на расстоянии, характерных для сетей piconet (десятки метров), не превысит \$20. В этих условиях различными экспертами делаются прогнозы самых радужных перспектив развития UWB. Однако есть и более скептически настроенные голоса. Их основные тезисы сводятся к тому, что хотя средняя мощность UWB-передатчиков может быть и очень небольшой, их пиковые мощности имеют заметные значения. А так как особенности сверхкоротких импульсов еще изучены не до конца, то когда UWB-передатчиков станет много, и они смогут существенно повысить общий уровень радиопомех и возможно возникновение любых неприятностей со всеми нынешними радиосистемами.

Тем не менее представленная Xtreme Spectrum ([www.xtremespectrum.com](http://www.xtremespectrum.com)) радиолиния на основе микрочипов «Тринити» осуществляет параллельную передачу шести телевизионных каналов в формате MPEG2 при одновременном функционировании в этом же помещении ЛВС стандарта 802.11b, микроволновой печи, сотовых телефонов и радиодлинителей (все работали в том же диапазоне частот, что и радиолиния UWB). Чипсет Trinity может работать на скорости до 100 Мбит/с и поддерживает распространенные в США стандарты передачи аудио и видео. Цель фирмы — внедрение устройства в качестве OEM в новые модели компьютерной периферии и бытовой электроники.

Микросборка состоит из ВЧ-оборудования, приемопередатчика, цифрового НЧ-оборудования и микроконтроллера, реализующего MAC-уровень. Градации скоростей передачи: 25, 50, 75 и 100 Мбит/с, поддерживается протокол потоковой передачи данных IEEE 802.15.3. Потребляемая мощность — 200 мВт при напряжении 3,3 В. Декларируется совместимость с технологиями 802.11b/a/g, Bluetooth, GPS. В микрочипе использованы технологии 0,18 мкм КМОП и SiGe. Полоса частот — 3,1–10,6 ГГц. Среднее значение излучаемой мощности — менее 1 мВт. Конструкция низкопрофильной UWB-антенны ориентирована на применение в интегральных схемах. Протокол доступа позволяет организовать неиерархическую сеть с 8 элементами. Кодовые скорости равны 1, 3/4 и 1/2. Дальность связи — 10 м. В качестве передатчика используется транзисторная схема. Малошумящий усилитель приемника имеет коэффициент усиления 0 или 20 дБ при коэффициенте шума 5,6 дБ.

Time Domain разрабатывает комплект ИС PulsOn для UWB-приложений. Уже готовы к серийному производству ИС коррелятора (три независимых корреляционных приемника и управляемый усилитель, в последней модификации — пять корреляторов) и таймер с точностью около 10 пс по технологии SiGe компании IBM. Только что завершена разработка относительно простого (300 тыс. вентилях) контроллера на основе RISC-ядра ARM, включающего несколько АЦП и обеспечивающего интерфейс к внешним устройствам. По утверждению Time Domain, на основе данного комплекта ИС можно создавать

законченные решения систем импульсного радио стоимостью ниже \$20 (в серии).

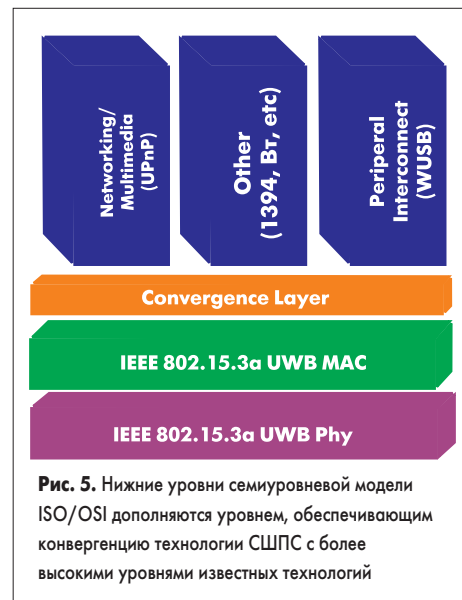
На японском IDF компания Intel продемонстрировала работу прототипа радиointерфейса передачи данных Ultra Wideband (UWB), который обеспечивал постоянную скорость в 220 Мбит/с.

По оценкам специалистов технология UWB будет стандартизирована в течение года или двух, и первые коммерческие продукты с использованием этой технологии ожидаются на рынке в 2004–2005 годах.

Ряд известных своими пионерскими технологиями фирм (Apparent Technologies, Eastman Kodak Company, HP, Motorola, Philips, Samsung Electronics, Sharp Laboratories, Time Domain и XtremeSpectrum) организует WiMedia Alliance. Организация представляет собой некоммерческий форум для развития технологий мультимедийной передачи в локальных персональных сетях связи и предназначена для разработки в первую очередь стандарта высокоскоростной беспроводной передачи (ultra-wideband (UWB) IEEE 802.15.3, физический уровень которого рассматривается как основа новых технологий в данной области (WiMedia PHY) (рис. 5).

В соответствии с далеко идущими планами альянса физический уровень и уровень доступа данного стандарта может стать единым для целого ряда развивающихся технологий при сохранении присущих им особенностей верхних уровней семиуровневой модели открытых систем.

В России Государственная комиссия по радиочастотам на своем заседании, прошедшем 28.10.02 (протокол № 22/4), заслушав сообщение «Национальной радиоассоциации» о необходимости определения возможности применения на территории Российской Федерации радиоэлектронных систем внутриофисной связи, использующих сверхширокополосную технологию UWB, отмечает, что в настоящее время различными международными организациями и администрациями связи проводятся активные исследования принципов использования радиочастот для сверхширокополосных радиотехнологий. В проведении аналогичных работ заинтересованы также отечественные научно-исследовательские организации, разработчики и производители оборудования. Одной из перспективных областей применения тех-



нологии сверхширокополосной передачи является создание внутриофисных систем передачи данных.

По результатам заседания было рекомендовано «Национальной радиоассоциации» с привлечением заинтересованных министерств и ведомств организовать проведение научно-исследовательской работы, результатом которой должны стать рекомендации по использованию радиочастот для радиоэлектронных систем внутриофисной связи, использующих сверхширокополосную технологию. По итогам НИР должно быть принято решение ГКРЧ о возможности и условиях использования на территории Российской Федерации конкретных полос радиочастот для систем внутриофисной связи, использующих технологию UWB.

Более подробные данные о современном состоянии развития этого безусловно перспективного направления радиотехники можно найти на сайтах организаций, входящих в WiMedia Alliance, ряде русскоязычных сайтов ([statya.ru](http://statya.ru), [i-home.ru](http://i-home.ru), [telecomforum.ru](http://telecomforum.ru) и многих других) и, конечно же, в [www.uwbgroup.ru](http://www.uwbgroup.ru), где специалисты Московского авиационного института знакомят посетителей не только с своей точкой зрения по данному вопросу, но и представляют перечень ряда отечественных организаций, серьезно работающих с СШПС (в англоязычной версии сайта).