

ТЕХНОЛОГИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ВЫСОКОЗАЩИЩЕННОЙ РАДИОСВЯЗИ (С-UWB):

ЧТО ЛЕЖИТ "ПОД СУКНОМ" У РОССИЙСКИХ ЧИНОВНИКОВ?

Любая новая технология с большим трудом прокладывает себе путь на рынок. Проблем тут много: непонимание "этого не может быть, потому как не может быть никогда", сопротивление конкурентов, консерватизм, просто нежелание приложить усилия, чтобы разобраться с сутью нового предложения. Возможно, что излагаемая в данной статье технология действительно способна революционно повысить помехозащищенность радиотехнических систем самого разного назначения и стать основой для RFID-систем нового поколения. Очень важно, что речь идет об отечественной технологии, защищенной патентами России и США.

В решении совета ГК УРЭП и СУ ФАП от 27 апреля 2007 года, провозглашенном в присутствии представителей предприятий и организаций ФАП, представителей Совета Федерации Федерального Собрания РФ, Государственной думы, Торгово-промышленной палаты РФ, МО РФ, ФСО, ФСБ (всего 78 человек из 51 организации и предприятия), отмечено: "Отечественные предприятия-производители средств связи готовы (Прим. автора: и, видимо, имеют все патентные права) поставлять новое оборудование для создания современных сетей связи, в том числе специального назначения, отвечающее всем требованиям отечественных и мировых стандартов".

Да, талантом российских инженеров действительно можно гордиться, ведь заложенная тридцать лет назад в систему ГЛОНАСС структура сигналов даже сейчас должна обеспечить создание сотен миллионов конкурентоспособных навигационных приемников (но, конечно же, только после вывода на орбиту всей орбитальной группировки). Только так можно понимать предновогодний "салют" тремя спутниками

ГЛОНАСС и заявление главы Роскосмоса о "бесповоротном вступлении России в многомиллиардный рынок навигационных систем".

Судя по выступлениям в прессе других государственных чиновников и депутатов Госдумы, предметом их особой гордости является не только "салют", но и то, что американская спутниковая навигационная система GPS не может быть военной по определению. Ведь чтобы вывести из строя все GPS-приемники в радиусе 500 км, достаточно просто включить высотный передатчик узкополосной помехи мощностью 1 Вт. А система ГЛОНАСС изначально имеет высокую помехозащищенность и двойное назначение, что, по их мнению, существенно повышает обороноспособность страны.

Выдающимся достижением отечественных производителей средств связи является и создание новейшей паспортной системы на основе импортных средств радиочастотной идентификации. Причем в Европе криптозащита микросхем компании NXP в паспортах и в проездных документах оказалась



вскрыта хакерами еще до раздачи этих паспортов и билетов населению и, видимо, вся партия документов пойдет под списание. В России же, даже учитывая высочайшую квалификацию российских хакеров, загранпаспорта, уже изготовленные на основе вышеупомянутых чипов, видимо, все-таки еще удастся использовать. Хотя бы однократно – для выезда из страны последних российских ученых. После чего внутри чиновНИЧЬЕЙ страны, наконец, воцарится спокойствие и порядок, страна приступит к исполнению своей "главной исторической миссии" и в ней можно будет использовать хорошо защищенные (на уровне структуры ВЧ-сигнала) паспортно-визовые документы китайского образца и производства.

Альтернативы, теоретически, еще возможны – ведь отъехали за рубеж и в мир иной еще не все, в России еще сохранились сокрытые "под сукном" у чиновников различных министерств и ведомств технологические резервы. Пример тому – описываемая в статье С-UWB-технология (контролируемая сверхширокополосная технология), которая может предложить эффективное решение для самых разных областей применений, поскольку она одновременно обеспечивает:

- возможность интегральной реализации без использования цифровых сигнальных процессоров (т.е. возможность действительно массового производства с минимальной себестоимостью и максимальной надежностью);
- уникальный (при прочих равных условиях) уровень помехозащищенности – в 100 раз более высокий, чем у любых известных широкополосных ВЧ-технологий (включая шумоподобные);
- беспрецедентный уровень информационной безопасности, основанный на шифрации самой структуры спектра ВЧ-сигнала, помимо традиционной шифрации собственно информации;
- возможность работы со сверхвысокоскоростными мобильными объектами, причем с существенным снижением себестоимости и повышением стабильности эксплуатационных характеристик оборудования.

С-UWB-технология применима для массового интегрального производства как пассивных RFID-изделий для работы на коротких (сантиметры) расстояниях, так и создания активных изделий для различных областей применения и работы на дальних (десятки километров) дистанциях.

СУЩЕСТВО С-UWB-ТЕХНОЛОГИИ

В традиционных широкополосных системах для расширения спектра используется модуляция амплитуды, фазы или частоты, либо и того, и другого, и третьего, вместе взятых. В технологии С-UWB передача информации основана на модуляции мощности сложного шумового сигнала и переходе к его некогерентной (энергетической) обработке. Это позво-

ОБ АВТОРЕ

Галицын Алексей Александрович – к.т.н, генеральный директор научно-производственного предприятия "Новые системы и технологии" (NovSysTech Company). Соавтор первой отечественной книги по микропроцессорной технике: Алексенко А.Г., Галицын А.А., Иванников А.Д. "Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах" – М.: Радио и связь, 1984. e-mail:novsystem@mail.ru

ляет избавиться от промежуточных частот и гетерогенирования, прецизионных фильтров, кварцевых генераторов, прецизионной автоподстройки частоты и т.п. – т.е. от всех тех элементов, которые весьма трудно интегрировать на кристалле. Предлагаемый подход позволяет добиться предельного упрощения аналоговой части, вследствие чего возможно построение радиосистем на кристалле без дорогостоящих цифровых сигнальных процессоров (DSP). Минимальная стоимость является одним из главных преимуществ С-UWB-технологии. Особенностью С-UWB-технологии являются способы формирования сигнала в передатчике и его обработки в приемнике. Рассмотрим один из возможных вариантов реализации С-UWB-системы.

ФОРМИРОВАНИЕ С-UWB-СИГНАЛА

По способам формирования структуры сигнала С-UWB-технология близка к CDMA-технологии (Code Division Multiple Access), запатентованной компанией Qualcomm (США) [1]. В рамках традиционной CDMA-технологии используется расширение спектра сигнала методом прямой последовательности (DSSS), т.е. для формирования спектра непосредственно информационный сигнал перемножается с псевдослучайной последовательностью (ПСП). Спектр такого сигнала носит ярко выраженный характер (рис.1). Близость технологий заключается в использовании для формирования С-UWB-сигнала цифровых технологий и принципа кодового разделения каналов.

В С-UWB-передатчике (рис.2) цифровой информационный сигнал строится на основе псевдослучайной последователь-

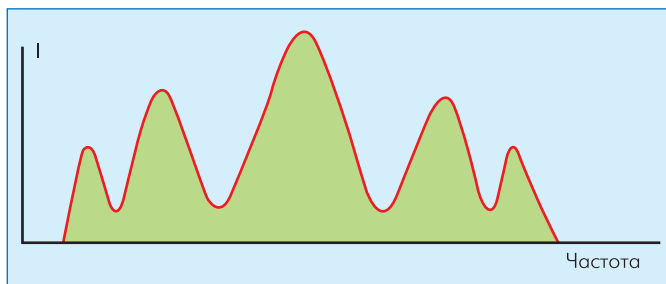


Рис.1 Спектр CDMA-сигнала

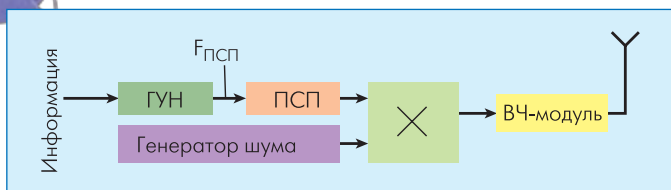


Рис.2 Обобщенная структура передатчика по технологии C-UWB

ности (ПСП). Его структура аналогична предложенной для UWB-систем компанией Time Domain (США) [2]. ПСП может формироваться различными способами, например, на основе бинарного линейного кода с возвратом к нулю (RZ) – получается последовательность импульсов определенной длительности, следующих с заданной частотой. В зависимости от значения бита исходного информационного сигнала, соответствующий ему импульс ПСП смещается по временной оси вперед или назад (не изменяя общую частоту следования импульсов, например, на 1/4 периода повторения импульсов). Это обеспечивает кодовое разделение каналов и расширение спектра исходного сигнала. Иными словами, информационная составляющая закладывается во временные параметры такта ПСП.

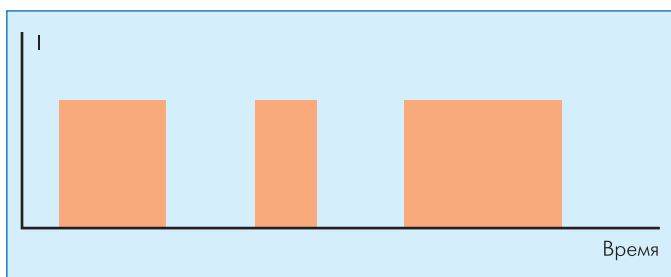


Рис.3 Последовательность импульсов сообщения C-UWB

Далее цифровой сигнал на основе ПСП дискретно модулирует заранее подготовленную широкополосную несущую, структура которой максимально приближена к белому шуму. Результирующий сигнал с информацией будет представлять собой псевдослучайные посылки импульсов идеального шума (рис.3). В качестве широкополосной "несущей" возможно использование сложных сигналов (любого уровня сложности), различного вида и происхождения.

Например, для формирования широкополосной несущей можно использовать дискретный частотно-модулированный (ДЧМ) сигнал с непрерывной фазой (рис.4а), формируемый на основе высокочастотного опорного сигнала и псевдослучайной последовательности, который занимает фиксированную полосу частот $[F_1, F_2]$ с центральной частотой F_0 (рис.4б). Очевидно, что $F_0 - F_1 = F_2 - F_0 = F_{\text{псп}}$ – это ширина полосы используемой ПСП. Такой сигнал дополнительно модулируется ПСП с периодом повторения в несколько лет, спектр которой имеет вид $(\text{Sin}(x)/x)^2$. В итоге формируется результирующий сигнал, спектр которого, являясь результатом перемножения полосового спектра и спектра вида $(\text{Sin}(x)/x)^2$, теряет характерный колоколообразный вид $(\text{Sin}(x)/x)^2$ и принимает более равномерную, практически прямоугольную форму в полосе $[F_1, F_2]$.

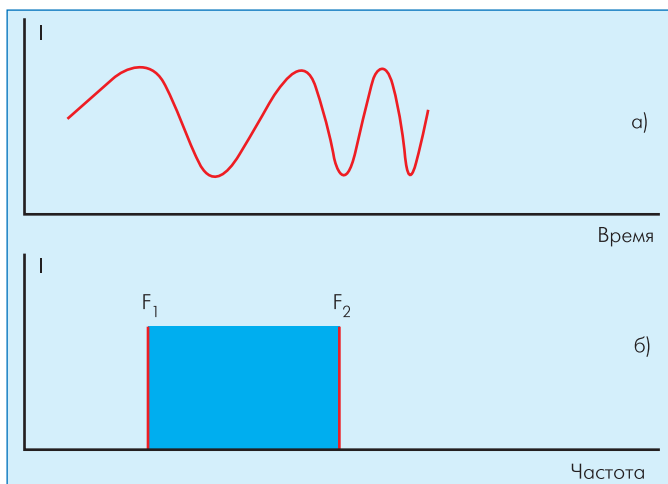


Рис.4 ДЧМ-сигнал с непрерывной фазой: а) форма и б) спектр

Таким образом, спектр C-UWB-сигнала будет иметь значительно более сглаженную форму, чем спектр CDMA (рис.5). Структура сигнала полностью скрывается, представляя собой совершенно случайный (шумовой) сигнал без периодического повторения мощности на любой конкретной частоте как в основной полосе, так и на кратных гармониках. Поэтому данный шумоподобный сигнал практически невозможно идентифицировать ни специальными приемниками, ни панорамными сканерами.

ОБРАБОТКА СИГНАЛА. ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ

Классические шумоподобные системы обеспечивают наивысшую помехозащищенность по сравнению с любыми другими классами систем радиосвязи. Тем не менее, попадание помех любого вида в приемный радиотракт не только существенно ухудшает соотношение сигнал/шум и соответственно ухудшает все качественные характеристики системы шумоподобной радиосвязи (в соответствии с теоремой Шеннона-Котельникова), но легко может привести к превышению предельного соотношения сигнал/шум и полному выводу из строя даже шумоподобной системы связи. Наиболее реальный и опасный тип помех, влияющих на работоспособность систем широкополосной связи, – мощные помехи (случайные и преднамеренные) от близкорасположенных мощных узкополосных станций, попавшие в полосу пропускания приемника.

Для борьбы с такого рода помехами в рамках C-UWB-технологии предлагаются новые способы повышения помехозащищенности [3–5], обеспечивающие дополнительное ее повышение на несколько порядков (при прочих равных условиях)

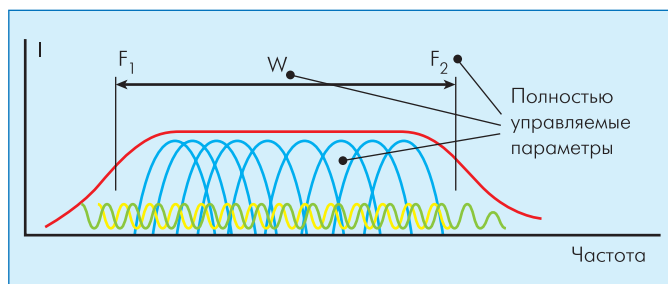


Рис.5 Спектр сигнала в технологии C-UWB

по отношению к классическим широкополосным шумоподобным системам, в которых помехозащищенность обеспечивается исключительно за счет увеличения базы сигнала. Рассмотрим типовую для C-UWB-технологии схему восстановления сигнала на основе решений, изложенных в патенте [3].

Предположим, что в среде распространения на сигнал передатчика наложился узкополосная помеха (узкополосный шум) и широкополосный шум. Под узкополосным шумом понимаем сигнал с частотой $F_{y3} \in [F_1, F_2]$ и шириной спектральной полосы $\Delta F_{y3} \ll F_2 - F_1$. В приемнике (рис.6) сигнал с антенны поступает на первый фильтр с полосой пропускания $[F_1, F_2]$, который удаляет внеполосные помехи, что сужает полосу сигнала и улучшает общее соотношение сигнал/шум. После фильтра следует логарифмический усилитель, в котором происходит преобразование напряжения входного сигнала в напряжение, пропорциональное мощности. Передаточная функция такого усилителя выглядит как $U_{вых} = U_y \cdot \log(U_{вх}/U_x)$, где U_y и U_x – нормирующие множители, которые в дальнейших рассуждениях для простоты опустим, т.е. полагаем $U_{вых} = \log(U_{вх})$. Учитывая, что $U_{вх} = U_{сигн} + U_{шш} + U_{y3}$, где $U_{сигн}$ – напряжение полезного сигнала, $U_{шш}$ – напряжение широкополосного шума и U_{y3} – напряжение мощной узкополосной помехи, можно записать $U_{вых} = \log(U_{сигн} + U_{шш} + U_{y3}) = \log[(U_{сигн} + U_{шш} + U_{y3})/U_{y3} \cdot U_{y3}] = \log[1 + (U_{сигн} + U_{шш})/U_{y3}] + \log(U_{y3})$. Но поскольку $U_{сигн} \ll U_{y3}$, и эти сигналы не коррелированы, то правомерно записать $U_{вых} \sim (U_{сигн} + U_{шш})/U_{y3} + \log(U_{y3})$. Спектры этих составляющих занимают полосы $[0, F_{псп}]$ и ΔF_{y3} , соответственно. Подавая такой сигнал на полосовой фильтр с полосой пропускания $[\Delta F_{y3}, F_{псп}]$, можно избавиться от составляющей $\log(U_{y3})$. Влияние же U_{y3} в первом слагаемом в значительной степени устраняется в усилителе-ограничителе (см. рис.6).

В результате на выходе усилителя-ограничителя формируется широкополосный сигнал без узкополосной помехи. Методы корреляционной обработки такого сигнала широко известны и многократно описаны.

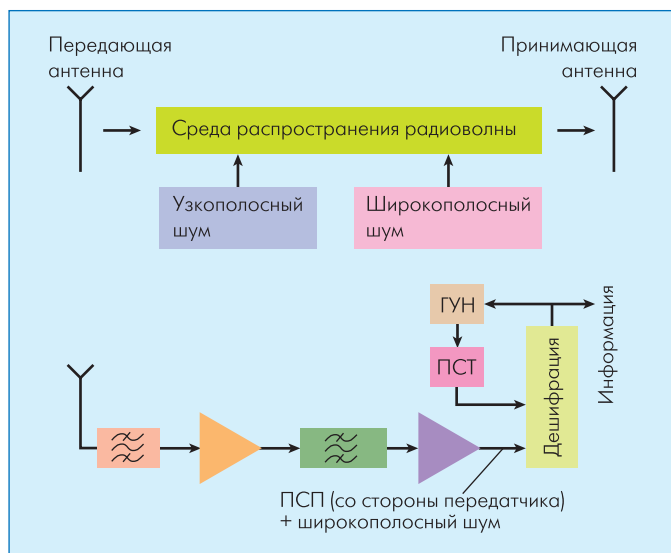


Рис.6 Пример построения приемника по технологии C-UWB

Отметим, что выше мы обозначили лишь базовые и запатентованные для C-UWB-технологии решения, обеспечивающие повышение помехоустойчивости. Резюмируя суть наших предложений, отметим, что фантастическая простота и дешевизна запатентованных способов заключается в удалении мощных узкополосных помех (в том числе сканирующих) из широкополосного спектра сигнала посредством обычной фильтрации, причем даже без применения каких-либо сложных адаптивных фильтров, что, казалось бы, невозможно. Определяющим фактором для данного способа подавления узкополосной помехи является частотная полоса спектра изменения мощности помехи, а не частотная полоса, занимаемая помехой в эфире. Это позволяет подавить и относительно широкополосные сканирующие помехи, не зная реального месторасположения помехи в спектре сигнала. Причем мощные узкополосные помехи, у которых модуляция мощности отсутствует вообще, не будут являться помехами для систем радиосвязи, основанных на C-UWB-технологии.

Как показали испытания, проведенные в ряде ведущих российских научных институтов, C-UWB-технология обеспечивает в десятки раз более высокий уровень информационной безопасности как в плане имитоскрытности, так и в плане собственно возможности вскрытия структуры сигнала. Кроме того, она обладает в сотни раз более высокой, чем CDMA, помехозащищенностью в отношении наиболее опасных для широкополосных систем мощнейших узкополосных помех (с собственной шириной помехи до 20% от полосы пропускания приемника, включая сканирующие помехи, причем сканирующие с любой скоростью во всей полосе пропускания).

Описанные методы повышения помехозащищенности применимы для систем на основе широкополосных радиосигналов, передача информации у которых основана на модуляции мощности широкополосного сигнала. Естественно, что имеются и другие положительные последствия удаления мощнейших узкополосных помех (см. теорему Шеннона-Котельникова).

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДОСТОИНСТВА

Современные системы связи, ориентированные на интегральную реализацию, строятся на основе процессоров цифровой обработки сигналов, подразумевающих предварительную оцифровку спектра радиосигнала (и, тем самым, серьезно ограничивающих верхнюю границу принимаемого частотного диапазона предельными параметрами АЦП), чтобы затем полностью процессорным способом (сложно, дорого и медленно) обрабатывать цифровой сигнал (например, посредством Фурье-преобразований). В отличие от них, в рамках C-UWB-технологии, дешевым аналоговым способом до "уровня огибающей" обрабатывается широкополосный сигнал и одновременно повышается помехозащищенность, т.е. эффективно "вырезаются" даже сканирующие помехи, а затем корреляционным способом выделяется информация,



чем обеспечивается множественный доступ с кодовым разделением каналов. В сочетании с предложенными способами повышения помехозащищенности и формирования самого шумоподобного сигнала, одновременно обеспечиваются и идеальная имитоскрытность, и высочайшая информационная безопасность, и уникальная помехозащищенность систем C-UWB-радиосвязи.

Для сравнения отметим, что по своей идеологии и способам обработки сигналов C-UWB-технология подобна классической UWB-технологии компании Time Domain [2]. Технология Time Domain основана на передаче сверхкоротких радиоимпульсов (рис.7). Данная технология на сегодня обладает наименьшей себестоимостью производства и высокой помехоустойчивостью. Однако спектральные характеристики таких UWB-систем (рис.7в) формируются в результате импульсных преобразований сигнала и определяются в основном физическими характеристиками уникальных полупроводниковых элементов и антенн, которые не могут быть ни стабильными, ни управляемыми и не способны обеспечить сложную структуру сигнала, что обуславливает низкий уровень защиты информации.

Напротив, посылки радиоимпульсов, используемые в предлагаемой C-UWB-технологии [3, 4] (см. рис.3) имеют контролируемую ширину и прецизионное, формируемое электронными схемами, наполнение спектра шумоподобного сигнала (сложный сигнал), обеспечивая абсолютную управляемость параметрами сигнала: диапазон, ширина полосы, сложность структуры сигнала и т.п. (см. рис.5).

Таким образом, C-UWB-технология предлагает высококачественное, широкополосное, но, одновременно, простое и дешевое аппаратное решение, допускающее интегральную

реализацию и обеспечивающее высокоскоростной информационный обмен, что особенно важно для реализации RFID-изделий.

Применение C-UWB-технологии приводит к снижению стоимости радиосистем в десятки раз, существенно увеличивает надежность радиосистем и открывает возможность их действительно массового производства. Также важно, что C-UWB-технология обеспечивает принципиально более высокую стабильность эксплуатационных параметров изделий, так как температурные изменения электрических параметров компонентов не оказывают столь значительного влияния на основной передаваемый информационный параметр C-UWB-систем – излучаемую мощность, какое они оказывают в традиционных фазово-частотных системах радиосвязи на частоту.

C-UWB-технология должна представлять интерес в первую очередь для отечественных производителей и заказчиков, как с точки зрения технико-экономических показателей, так и в части прозрачности прав на интеллектуальную собственность. Выпуск изделий на основе C-UWB-технологии не требует технологического переоснащения существующих полупроводниковых производств.

Таким образом, C-UWB-технология обладает преимуществами лидирующих (конкурирующих) технологий и свободна от их недостатков. По основным техническим и экономическим характеристикам C-UWB-технология на один-два порядка опережает ближайших конкурентов.

МАСШТАБНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Уникальное соотношение цена/качество, наряду с перечисленными выше техническими преимуществами, позволят C-UWB-технологии стать базовой платформой для создания как новейших систем связи и управления для высокоскоростных подвижных объектов (авиация, космонавтика, автомобилестроение, судостроение), глобальных и локальных телекоммуникационных систем, систем спутниковой навигации, систем позиционирования в реальном масштабе времени (RTLS), так и для реализации масштабных гражданских проектов. Среди последних можно называть такие как "компьютерная пыль", "умный дом", "автомобиль будущего", "закрытые радиоохраняемые системы" и т.п. То есть предлагаемая технология может стать основой для создания широкого спектра новейшего потребительского Hi-Tech оборудования, базой для новейших секторов IT-рынка, включая крупнейший рынок систем безопасности и стремительно растущий рынок RFID-систем для логистики, контроля, учета, для защиты документов идентификации личности и создания "автоматизированной системы борьбы с терроризмом" и т.п.

Анализ показывает, что по совокупности своих качеств C-UWB-технология наиболее конкурентоспособна именно на рынке RFID-систем государственного применения. Именно в этом секторе предлагаемая технология априори будет иметь максимальные конкурентные преимущества. Ведь основные

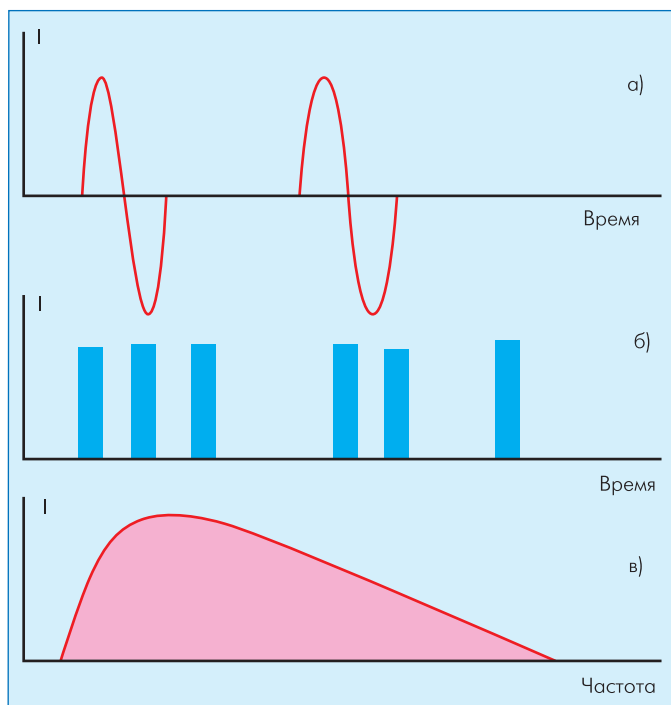


Рис.7 Технология UWB: а) форма импульсов, б) последовательность импульсов при передаче, в) спектр сигнала

требования к таким RFID-системам – это низкая стоимость производства, высочайший уровень защиты передаваемой информации, высокая помехозащищенность, а также ряд специфических качеств, обусловленных мобильностью объектов. С-UWB-технология отвечает всем этим требованиям одновременно и в наибольшей степени, ведь кроме упомянутых ранее главных своих преимуществ, она:

- практически не восприимчива к воздействию эффекта Доплера, что весьма важно для аэрокосмических применений;
- не подвержена эффектам "замирания" сигнала, возникающим в результате интерференции сигналов, отраженных от плоских поверхностей, что чрезвычайно актуально для морских и наземных мобильных объектов;
- способна работать в зонах сверхвысоких промышленных помех, что актуально для промышленного и технологического оборудования;
- может работать на вторичной основе в любом частотном диапазоне с беспрецедентным уровнем информационной безопасности, что важно для систем специального назначения.

Очевидно, что появление средств RFID существенно изменит все процессы контроля, учета, транспортировки и безопасности в торговле и других сферах бизнеса, в автоматическом сборе и обработке данных, в государственных системах идентификации и контроля доступа, защиты документов идентификации личности и т.п. Возможно, что RFID-системы приведут к созданию совершенно новых, не известных ныне локальных и глобальных информационных систем, которые, интегрируясь с возможностями сети Интернет, в свою очередь инициируют его видоизменение и создание совершенно нового "живого" виртуального мира вещей и нового "лица" Интернета.

ИТОГИ

Средства радиочастотной идентификации уже в ближайшее время окажут серьезное влияние на архитектуру IT-систем и на всю нашу жизнь. Поэтому не иметь собственной элементной базы для создания таких систем (и не только их) – означает практическую потерю страной глобальных секторов рынка IT-технологий, спутниковой навигации и телекоммуникаций в будущем. Однако чиновники Министерства образования и науки имеют на сей счет иное мнение.

Данный проект (технология) в течение многих лет подается в качестве предложений на финансирование в рамках федеральных целевых программ (ФЦП) "Национальная технологическая база", ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 год". Но регулярно, просто и цинично, кладется чиновниками "под сукно". При этом в рамках последней ФЦП в 2007 году Министерство образования и науки начало выплату шести миллионов долларов (ЛОТ 5.2007-4-2.4-00-03) за создание (фактически) операционной

системы для сенсорных радиосетей на **импортной (!!!)** элементной базе.

При наличии в свободной продаже зарубежных операционных систем для сенсорных радиосетей стоимостью менее 5–10 тыс. долл. (и даже их исходных файлов стоимостью менее 100 тыс. долл.) подобная щедрость напоминает или гениальный способ продвижения продукции американских компаний на российский рынок за счет российских налогоплательщиков, или что-то еще, так как оплатить такой проект (оставив "под сукном" элементную базу) – это даже хуже, чем оплатить создание российской Windows XP при наличии русифицированного американского, исходные файлы которого не продаются.

Мы неоднократно подавали данный проект (технология) и для финансирования в рамках подпрограммы "Электронная компонентная база" ФЦП "Национальная технологическая база", но в список "привилегированных предприятий" не попали. Это особенно странно, поскольку в самой же ФЦП RFID-изделиям отводится роль "локомотива", который может и должен вывести отрасль из состояния стагнации.

НАСА для повышения помехозащищенности системы GPS пошло на беспрецедентные меры – увеличивает мощность бортовых GPS-передатчиков в 500 раз, т.е. ввела в бой стратегический резерв: "золотой", в прямом смысле слова, бортовой энергоресурс. А ведь мы за счет новых методов и новой структуры сигнала повышаем помехозащищенность в 100 раз по сравнению с наиболее продвинутыми ВЧ-технологиями, не говоря о технологии GPS, которую по помехозащищенности С-UWB-технология превосходит в тысячи раз при одновременном многократном снижении себестоимости аппаратуры.

Можно, конечно "вступить бесповоротно и в многомиллиардный рынок", но ведь глобальный бизнес – это в первую очередь себестоимость и качество продукции и победит в бизнесе не тот, кто больше запустил "металла" в космос, а тот, кто лучше думал на земле.

ЛИТЕРАТУРА:

1. R.Klostermeyer. Theory and Applications of OFDM and CDMA: Wideband Wireless Communications. – John Wiley & Sons, 2005.
2. Шахнович.И. Сверхширокополосная связь. Второе рождение? – ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2001, №4.
3. Патент №2127021 RU. Способ повышения помехозащищенности при передаче и приеме широкополосного сигнала с расширением спектра./ Авт: Калугин В.В., Смирнов В.А., Бобков М.Н., Приоритет от 25.06.1998.
4. Патент №2232464 RU. Способ подавления узкополосной помехи в системе широкополосной связи./ Авт: Бобков М.Н., Галицын А.А., Калугин В.В., Приоритет от 22.08.2002
5. US Patent № 7.250.541 B2. Method for suppressing narrowband noise in a wideband communication system./ Inv.: M.Bobkov, A.Galitsyn, V.Kalugin. Priority date 22.08.2002.