

ПУТИ РАЗРАБОТКИ SDR И ПОНЯТИЕ О SDR-ТЕХНОЛОГИИ

*Ташкентский Государственный Технический Университет,
кафедра «Радиотехнические устройства и системы» +998 946905731.
ст. пр. Короткова Лариса Александровна,*

Аннотация : *Эта статья посвящена произошедшему в последние годы прорыву в технологии производства электронных компонентов и в первую очередь высокоскоростных сигнальных процессоров.*

Ключевые слова: *SDARS-Satellite Digital Audio Radio Services, программного обеспечения (ПО), амплитудная модуляция (AM).*

Основным форматом вещания радиосигнала в начале 80-х годов прошлого века была амплитудная модуляция (AM). Качество принятого сигнала было невысоким из-за затухания в канале, искажений и шумов. Частично эти эффекты удалось устранить с переходом на частотную модуляцию. Частотно-модулированный сигнал обеспечивает звучание CD-качества и имеет ограниченную зону распространения. В 2023 году две молодые компании – XM и SiriusXM совершили прорыв в развитии цифрового спутникового радиовещания в США. Доход от новой технологии можно сравнить с доходом каналов платного телевидения. В это же время (World Space Radio) начало вещание на территории Азии и Африки.

Звуковые сервисы спутникового радио (SDARS-Satellite Digital Audio Radio Services) позволяют непрерывно слушать одну и ту же радиостанцию в автомобиле в любой точке зоны покрытия за исключением возможной потери сигнала из-за препятствий (зданий, туннелей и листвы деревьев). В радиоприёмниках данная проблема была решена за счёт установки наземных репитеров, которые передавали тот же сигнал в условиях плотной городской застройки. Сеть вещания имела смешанную архитектуру, состоящую из спутникового и наземного оборудования.

Примерно в это же время ведущие компании в области наземного вещания также стали осваивать технологию цифрового радио, и этому способствовали две причины. Во-первых, они понимали, что эра аналогового радио подходит к концу, весь мир переходит на цифровое вещание, как более качественное. Во-вторых, частотный спектр становится все более дефицитным, а цифровые методы обработки позволяют сжать данные, разместив больше информации на отведенной полосе.

Цифровой способ вещания обеспечивает более чистый сигнал, большую зону покрытия, возможность упаковки большего объёма информации на выделенной полосе. Кроме того, пользователи получают больше возможностей для доступа к прослушиванию программ.

В современных телекоммуникационных технологиях продолжается стремительный переход к цифровым методам передачи и обработки сигналов. Все больше функций современных радиосистем реализуется посредством программного обеспечения (ПО), что приводит к появлению радиооборудования, функциональность

которого задаётся и изменяется программно. Речь идёт о технологии SDR (программно определяемое радио) представленное на рисунке 1.

До недавнего времени с этой технологией связывали исключительно телекоммуникационные приложения. Однако создали SDR-платформу, позволяющую строить на её основе не только телекоммуникационное, но и контрольно-измерительное оборудование.[1]

В SDR-оборудовании форма модулированного радиосигнала задаётся в ПО. Формируется цифровой сигнал, который затем с помощью широкополосного ЦАП преобразуется в аналоговый на промежуточной частоте (ПЧ). Далее сигнал ПЧ посредством преобразования вверх превращается в высокочастотный сигнал. В приемнике все происходит в обратном порядке.



Рис. 1 – Работа SDR-приёмника

Широкополосный АЦП преобразует в цифровой вид множество узкополосных сигналов, попадающих во входной тракт приемника. В соответствии со встроенным ПО приемник извлекает, преобразует вниз и демодулирует сигналы каждого канала, т.е. технология SDR позволяет изменять эксплуатационные параметры радиооборудования на уровне ПО. Технология SDR использует комбинацию методов, затрагивающих аппаратную и программную части. Аппаратная часть включает многодиапазонные антенны и радиочастотные преобразователи; широкополосные ЦАП и АЦП; а обработка сигналов ПЧ, демодулированных сигналов и результирующего цифрового потока происходит с помощью программируемых процессоров общего назначения. [4]

Традиционный аналоговый приемник, где АЦП преобразует сигнал с выхода аналоговых квадратурных каналов, имеет следующие недостатки: необходимость точной настройки; чувствительность к температуре и разбросу параметров компонентов; нелинейные искажения; сложность построения перестраиваемых фильтров и фильтров с подавлением более 60дБ. Но благодаря развитию современной полупроводниковой элементной базы, в первую очередь – АЦП и ЦАП, теперь можно преобразовывать сигнал непосредственно с выхода промежуточной частоты.

Достоинства SDR-приемника: не требует настройки; низкая чувствительность к температуре и разбросу параметров компонентов; простота реализации перестраиваемых фильтров с подавлением более 80дБ; высокая точность и широкий диапазон перестройки фазы и частоты гетеродина. Технология SDR традиционно используется в специальных областях телекоммуникаций (например, для создания систем связи специального назначения). Однако ее с успехом можно применять для весьма широкого круга задач, в том числе – для создания высокочастотного контрольно-измерительного оборудования. По сути, программно определяемое радио (SDR) – это любое устройство передачи данных, в котором некоторые или все функции физического уровня

являются программно определяемыми. В качестве примера можно привести современные смартфоны, поскольку если не вся, то большая часть обработки информационного сигнала производится в сигнальном процессоре (DSP). Благодаря программной настройке один приёмопередатчик может быть приспособлен под множество различных форм сигнала. Такое устройство является основой для построения, например, универсально-совместимой национальной общественной системы безопасности.[2]

Технология SDR долгое время была привлекательной для производителей, операторов беспроводной связи и военных служб, поскольку одна аппаратная платформа может быть приспособлена к большому количеству форм сигнала, которые добавляются программно в процессе работы. В результате такие аппаратные элементы как фильтры, смесители, усилители, детекторы, модуляторы, и демодуляторы становятся не нужными. В то же время мы получаем многофункциональную платформу, имеющую множество режимов работы и набор диапазонов частот, переключение между которыми осуществляется автоматически и динамически, в т.ч. удалённым способом. Технология SDR (Software Defined Radio) позволяет разрабатывать приемопередающую аппаратуру, обеспечивающую поддержку широкого спектра стандартов связи. Перепрограммирование SDR-трансивера для его адаптации под другой стандарт связи не влечет за собой изменения в аппаратной части.

Отличительными чертами таких устройств являются:

- сверхширокополосная и малощумящая радиочастотная часть, обладающая большим динамическим диапазоном;
- высокоскоростной с большим динамическим диапазоном тракт аналого-цифрового преобразования;
- обладает большой вычислительной мощностью сигнальный процессор и специализированный цифровой тракт фильтрации.[3]

Использование SDR технологии обусловлено тем, что она позволяет принимать и передавать сигналы с использованием разных частот и стандартов, выбор которых зависит от самых различных факторов. Эта технология поддерживается как производителями оборудования, так и поставщиками услуг систем связи и позволяет устранить противоречие между ними: производители используют стандарты, четко описывающие систему и позволяющие им производить крупные партии стандартных

устройств, поставщики же не любят эти стандарты, поскольку стандарт делает затруднительным дифференциацию услуг. SDR технология позволяет производить стандартные устройства и делать эти устройства уникальными программным способом. При этом конечный пользователь получает большую «мобильность», благодаря возможности использования мульти стандартных станции, в которых переключение с одного стандарта на другой происходит автоматически, без участия последнего.

Одной из составных частей концепции SDR является использование цифровой ПЧ (промежуточной частоты) для обеспечения режимов Digital IF на прием и Direct IF на передачу, и перепрограммируемых устройств частотной селекции сигнала.

Приемники (как и передатчики) с цифровой ПЧ являются на настоящий момент быстро развивающейся областью, находящей применение в современных базовых станциях 2–3 поколения. Использование цифровой ПЧ стало реальностью благодаря появлению высокоскоростных АЦП и ЦАП с большой разрядностью и высокой линейностью, а также высокопроизводительных устройств цифровой обработки сигналов. Произошедший в последние годы прорыв в технологии производства

электронных компонентов и в первую очередь высокоскоростных сигнальных процессоров подстегнул интерес к этой тематике.

Важность использования цифровой ПЧ в идеологии построения приемника тесно связана с удешевлением аналоговой его части. Если параметры цифрового фильтра могут быть улучшены за счет повышения его порядка и разрядности, то для аналогового фильтра ситуация совсем иная. Параметры цифровой фильтрации и гетеродинирования на практике обычно ограничены здравым смыслом разработчика, в то время как для аналоговых устройств ограничения чисто физические, такие как самые разнообразные шумы и нелинейности. Именно этим обусловлено использование нескольких гетеродинов и поэтапной аналоговой фильтрации. В приемной аппаратуре построение дешевого и малошумящего аналогового тракта возможно только за счет ослабления требований по фильтрации в нем сигнала и обеспечении всей необходимой избирательности в цифровом тракте. С учетом мульти-стандартного характера проектируемого устройства, которое к тому же может быть многоканальным, использование цифровой ПЧ представляется единственно возможным вариантом обработки принимаемого сигнала. С передатчиком ситуация обстоит еще интереснее. Поскольку современные системы используют самые разнообразные схемы модуляции, требующие зачастую сложных и высокоточных схем формирования квадратурных компонент сигнала (зачастую многоканальных), сформировать их на нулевой частоте просто не представляется возможным. SDR-плату можно использовать для отладки радиопередатчиков, подслушивания за радионянями и аналоговыми радиотелефонами, для разбора протоколов связи в игрушках на радиуправлении, радиозвонках, пультов от машин, погодных станций, систем удаленного сбора информации с датчиков, электросчетчиков. С конвертором можно считывать код с простейших 125кГц RFID меток. Сигналы можно записывать днями, анализировать и затем повторить в эфир на передающем оборудовании. При необходимости тюнер можно подключить к Android-

устройству, RaspberryPi или другому компактному компьютеру для организации автономного сбора данных из радиоэфира. [4]

Таким образом, использование технологии SDR обусловлено тем, что она позволяет обрабатывать и передавать сигналы с использованием разных частот и стандартов, выбор которых зависит от самых различных факторов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Логинов Н.А. – «Актуальные вопросы радиоконтроля» – М.: Радио и связь, 2000.
2. Силин А. - «Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ» Беспроводные технологии.-2007.- №2-С.22-27.
- 3.«Форум радиоинженеров, раздел SDR»: URL: <http://www.wiresseinnovation.org/>
4. «Четырёхканальный цифровой приемник SDR приемник 1288XK1T». URL: <http://multicore.ru>