

Применение RTL-SDR приемника для связи в позиционном районе

С.В. Литвинов, Д.С. Мудрик

ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»,

Приводится краткое описание видов связи между боевыми единицами, соединениями и т.д., выделяются их достоинства и недостатки, вносится предложение дополнить существующие виды связи системой связи на основе RTL-SDR приемника. Дается описание схемы, конструкции и возможностей такого приемника, с акцентом на преимущества. Показывается пример работы некоторых сторонних и собственной программ с RTL-SDR приемником. Делается вывод о необходимости продолжать исследования и работы в данном направлении.

Связь в войсках РВСН

Для обеспечения управления войсками в современном бою применяются средства электросвязи – радио, радиорелейные, тропосферные, космические, проводные, а также подвижные и сигнальные средства [1].

Радиосредства применяются во всех звеньях управления. Они являются важнейшими, а иногда единственными средствами, способными обеспечить управление подразделениями (частями) в самой сложной обстановке и при нахождении командиров и штабов в движении. Радиосредства позволяют установить связь с объектами, местоположение которых неизвестно, через территорию, занятую противником, через непроходимые и зараженные участки местности. Радиосредства позволяют передавать боевые приказы, распоряжения, донесения, команды и сигналы одновременно неограниченному числу корреспондентов, устанавливать непосредственную связь через несколько инстанций вверх и вниз.

При применении радиосредств необходимо учитывать:

- возможность определения противником мест нахождения работающих на передачу радиостанций;
- подверженность радиолиний воздействию средств радиоподавления противника;
- зависимость качества радиосвязи от условий прохождения радиоволн и возможных помех в пункте приема, условий электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, размещенных на одном узле связи, пункте управления и особенно в одном объекте, уменьшения дальности связи при работе радиосредств в движении;
- влияние на радиосвязь высотных ядерных взрывов.

В тактическом звене управления (ТЗУ) применяются радиосредства ультракоротковолнового (УКВ) и коротковолнового (КВ) диапазонов, УКВ радиосредства при этом составляют основной парк радиосредств в ТЗУ [2]. Во всех случаях для связи следует применять те средства, которые обеспечивают максимальное сохранение в тайне не только содержание сообщения, но и сам факт его передачи.

Радиорелейные средства способны обеспечить высококачественную многоканальную связь, практически мало зависящую от времени года и суток, состояния погоды и атмосферных помех. Но при их применении необходимо учитывать: зависимость дальности связи от рельефа местности; малую дальность связи или невозможность работы радиорелейных станций в движении, громоздкость

антенных устройств; возможность перехвата передач и радиоподавления противником радиорелейных линий.

Проводные средства обеспечивают высокое качество связи, простоту организации связи, большую скрытность работы по сравнению с радио- и радиорелейными средствами. Проводные каналы не подвержены воздействию преднамеренных радиопомех противника. Однако большая уязвимость проводных средств от всех видов вооружения противника, действий диверсионно-разведывательных групп, малой скорости работ по прокладке и снятию полевых линий связи, значительные трудозатраты при эксплуатационном обслуживании затрудняют их применение.

Тропосферные и космические средства связи в тактическом звене могут применяться только для обеспечения связи соединении с вышестоящим штабом и взаимодействующими командирами (штабами).

Подвижные средства связи предназначаются для обеспечения фельдъегерско-почтовой связи во всех видах боевых действий и используются для доставки боевых документов, секретных и почтовых отправок. Доставляя в подчиненные части (подразделения) оригиналы боевых документов, подвижные средства обеспечивают абсолютную достоверность связи. Однако необходимо учитывать значительное время, требующееся для доставки документов и возможность захвата противником доставляемых боевых приказов, распоряжений, донесений и т.д. В качестве подвижных средств могут использоваться вертолеты, бронетранспортеры, автомобили, мотоциклы, а в некоторых случаях боевые машины пехоты, танки, лыжники и пешие посыльные.

Сигнальные средства связи применяются для передачи заранее установленных команд, донесении, сигналов оповещения, управления и взаимодействия, взаимного опознавания, обозначения своих войск. В качестве сигнальных используются зрительные (сигнальные ракеты, дымовые шашки, фонари, флажки) и звуковые (сирены, свистки) средства.

Преимущественно аппаратура таких средств связи достаточно габаритная и базируется на грузовой автомобильной платформе. В противовес таким средствам связи носимые радиостанции обладают гораздо большей живучестью и мобильностью. Исторически такие взводные и ротные УКВ-станции весят около 10 кг, а портативные варианты около 2 кг.

Дополнением и альтернативой этим средствам связи является связь в КВ-диапазоне с применением компактного RTL-SDR приемника.

RTL-SDR приемник

RTL-SDR (Software-defined radio) – программно-определяемая радиосистема, основанная на контроллере Realtek типа RTL2832U. Внешний вид приемника RTL-SDR с расширенным диапазоном приведен на рисунке 1. Эта система использует технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность. Значительная часть обработки сигнала выполняется в цифровом виде на вычислительном комплексе уровня обычного персонального компьютера или ПЛИС. В результате получается радиоприемник либо радиопередатчик произвольных радиосистем (в том числе радиосвязи), изменяемый путем программной переконфигурации. Подобные системы хороши также тем, что позволяют обслуживать большое количество радиопrotocolов [3].

В идеальной схеме приемника АЦП подключается непосредственно к антенне, без аналогового преселектора, с АЦП цифровой сигнальный процессор считывает сигнал и переправляет в вычислительный комплекс (ВК). В случае передатчика ЦСП генерирует цифровой сигнал на вход ЦАП, который непосредственно подключен к антенне. На

рисунке 2 приведена схема типичного RTL-SDR приемника на контроллере RTL2832U и тюнере R820T.



Рис. 1 – Внешний вид RTL-SDR приемника

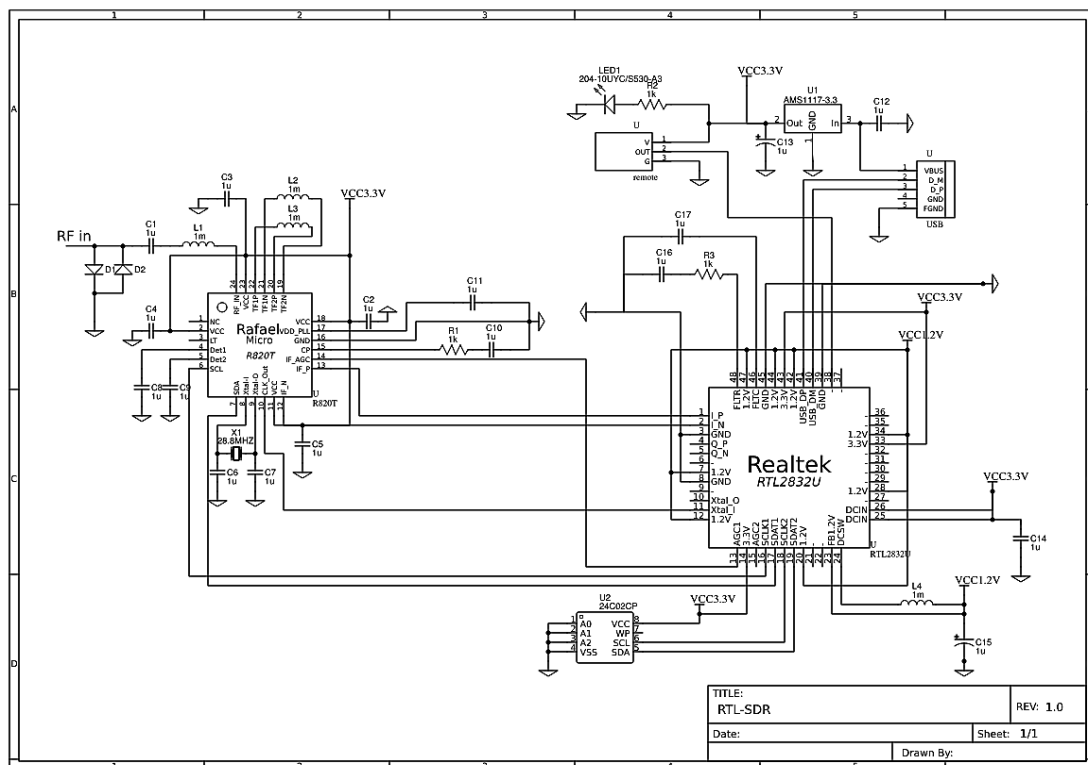


Рис. 2 – Схема RTL-SDR приемника

Технически идеальная схема нереализуема из-за трудности преобразования одновременно с большой скоростью и точностью без помех. Основным ограничителем являются показатели применяемых АЦП и ЦАП. Так, в случае портативности приёмника, необходимо решить проблему повышенного энергопотребления. Что касается цифровой обработки, то она может проводиться как на процессорах, так и на ПЛИС. Во втором случае оперативная переконфигурация приемника является существенным преимуществом. Пример структурной схемы программной конфигурации приемника с переносом на нулевую частоту показан на рисунке 3.

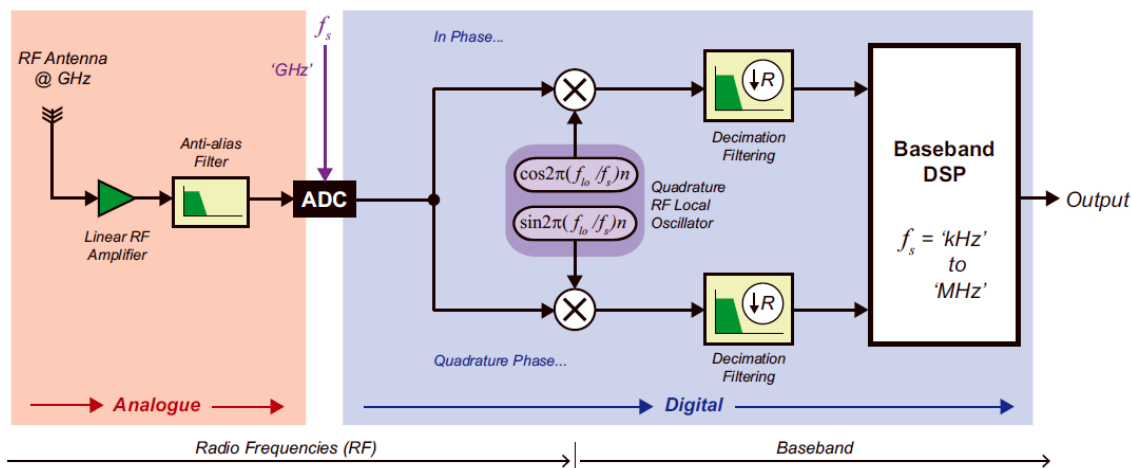


Рис. 3 – структура приемника с переносом на нулевую частоту

К преимуществам применения таких приемников для КВ-связи следует отнести простоту SDR-приемников и их алгоритмов работы, низкую стоимость из-за отсутствия трактов СВЧ, простоту и дешевизну исполнения приемника и антенной системы (вплоть до провода длиной около 30 м), надежность в качестве системы для связи в позиционном районе 50x50 км². Наряду с преимуществами системе присущи и недостатки, например, относительно большие мощности передающего устройства, как следствие увеличение габаритов, ненадежность связи свыше 50 км. Очень остро стоит вопрос помехозащищенности, поскольку приемник очень чувствителен к радиоподавлению. Однако эта проблема решается сколь угодно большим набором запасных частот и сканированием в широком диапазоне частот с целью поиска сигнала передатчика.

Системы связи на основе RTL-SDR приемников могут применяться для связи в позиционном районе между боевыми единицами и командным пунктом для РВСН. Из-за малых габаритов и цены установка таких приемо-передающих систем на борт боевой единицы не представляет трудностей. Более того, кроме подключения приемника к ПК уровня персонального компьютера и ноутбука, существует также возможность подключить его к мобильному устройству уровня смартфона. В таком случае плата за мобильность станет повышенное электропотребление и небольшая потеря качества за счет меньшей мощности мобильного устройства. Внешний вид типичного RTL-SDR приемника приведен на рисунке 2. Также RTL-SDR приемник возможно применять для решения широкого спектра задач, как мониторинг эфира в диапазоне от 100 кГц до 1,7 ГГц (при наличии соответствующей антенной системы).

Программное обеспечение

Помимо стоимости самого приемника, его преимуществом является простота использования, так как на данный момент созданы и создаются множество прикладных программ, таких как SDRSharp, GNU radio, SDR Scanner и многие другие программы. Поскольку принцип его работы известен, и известны также его протоколы работы, представляется возможным создать свое консольное приложения для обработки данных с приемного устройства на таких языках программирования как C++, Java или программном пакете Matlab [4].

Ниже приведены примеры, демонстрирующие работоспособность программного обеспечения с приемным устройством, подключенным к простейшей антенной системе в виде десятиметрового медного провода. На рисунке 4 показана панорама КВ-диапазона (от 5 до 30 МГц) в программе RTL-SDR Scanner. Программа позволяет просматривать панораму в большом диапазоне частот, однако в таком случае

потребуется некоторое время на накопление информации, либо обновление будет происходить в режиме «real time» со скоростью, которую может обеспечить АЦП приемника и мощности ВК.

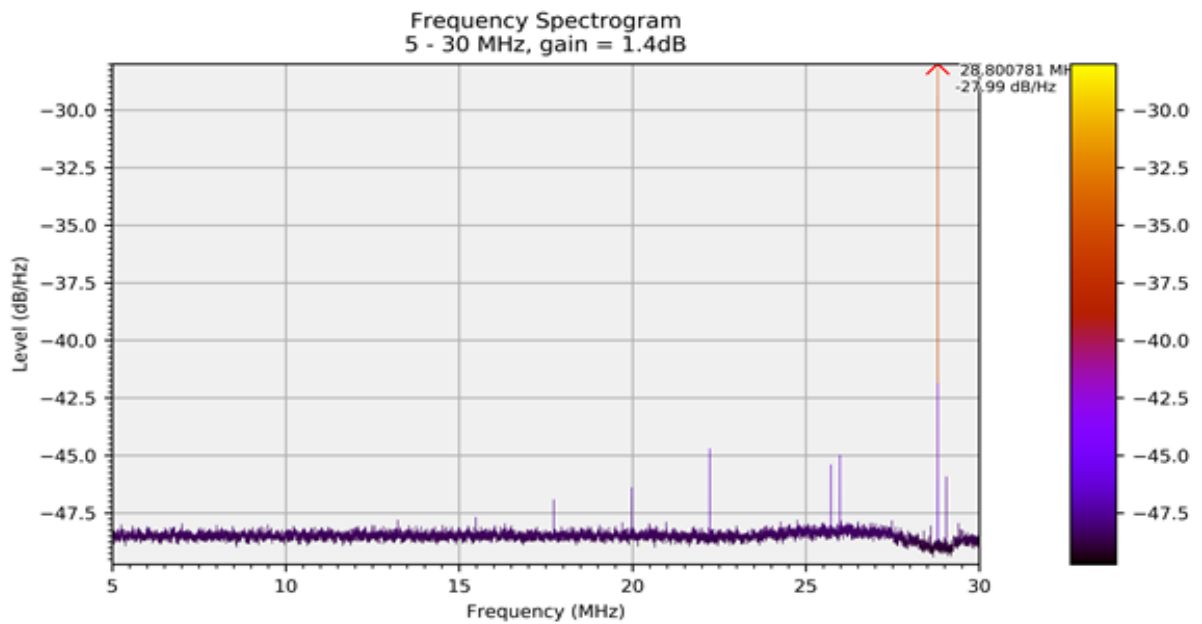


Рис. 4 – Панорама КВ-диапазона (5...30 МГц)

На рисунке 5 показана часть панорамы КВ-диапазона, в котором мы видим прием декаметровый радиостанции, сигнал очень хорошо виден даже при незначительном усилении.

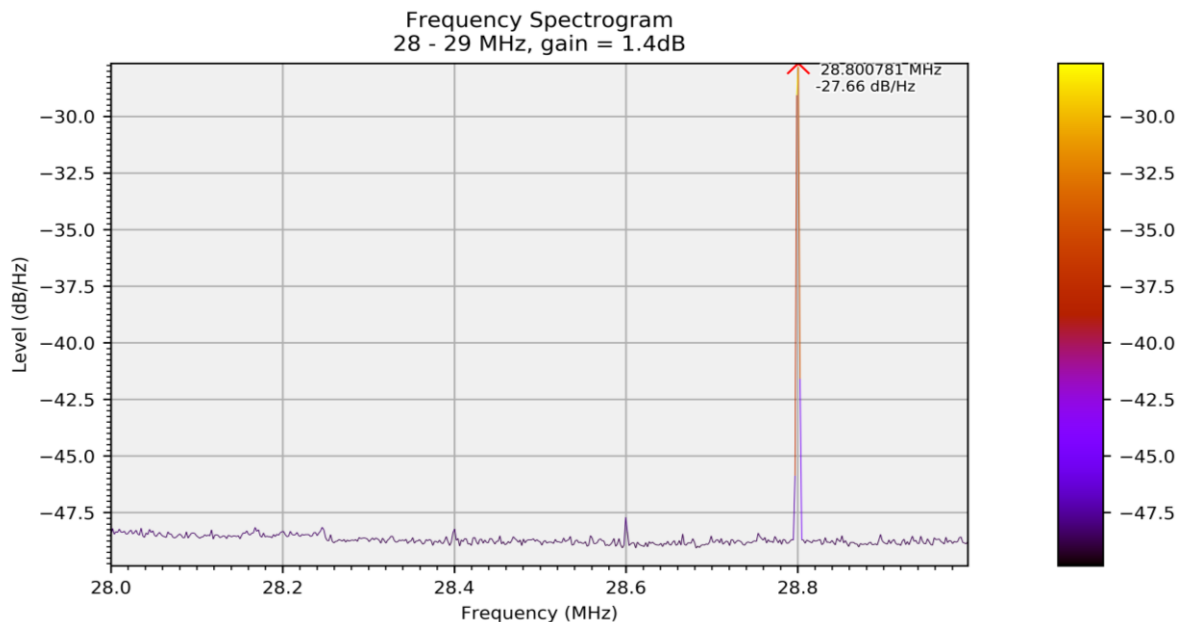


Рис. 5 – Панорама в диапазоне частот 28...29 МГц

Кроме панорамного обзора заданного диапазона частот приемник отлично себя показывает в случае приема конкретного сигнала с узкой полосой и позволяет отслеживать изменения этих сигналов.

Однако, несмотря на разнообразие существующих программных решений их применение в интересах Министерства обороны представляется невозможным ввиду неизвестности исходного кода, отсутствию возможности его корректировать и как следствие небезопасности использования. В таком случае логичным решением видится создание собственного программного продукта для работы с RTL-SDR приемником. Для этого целесообразно использовать САПР Matlab и Simulink. Преимуществом этих программ является использование готовых библиотек для считывания информации с приемника и его настройки, что ускоряет процесс разработки. В качестве примера разработана простейшая схема, которая позволяет устанавливать центральную частоту работы приемника и строить спектрограмму шириной до 5 МГц. Результат работы этой программы, включающей схему обработки, спектр принятого сигнала и «водопад» изменений спектра представлен на рисунке 6. Кроме этого возможно создание консольного приложения на основе Matlab с целью применения его непосредственно на аппаратуре КВ-связи.

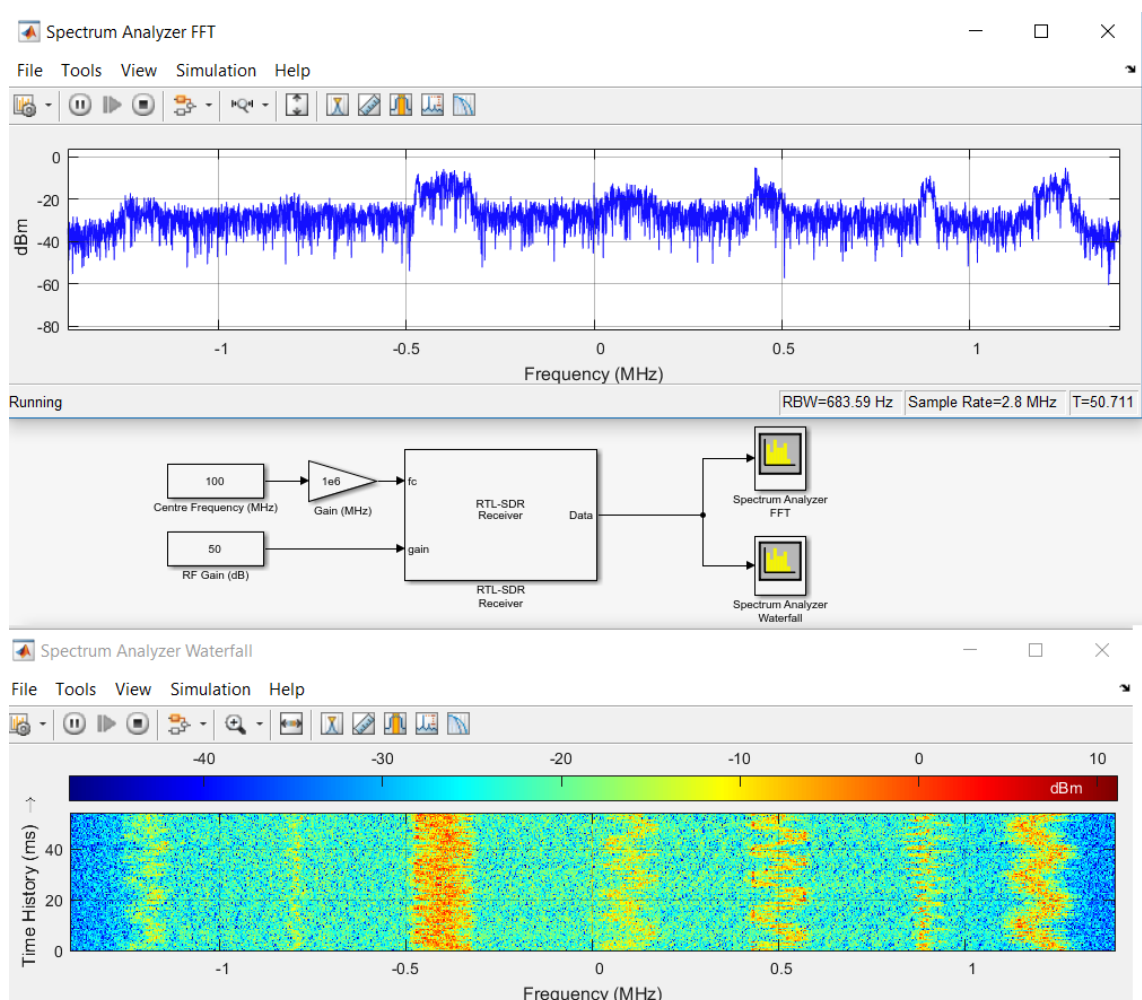


Рис. 6 – Программа управления и съема информации RTL-SDR приемника

Заключение

Связь между подразделениями разного уровня является одной из важнейшей составляющей для корректного и оперативного выполнения приказов командования. В таких условиях предъявляются повышенные требования к приемо-передающей аппаратуре и системе связи в целом. Для решения этой задачи предлагается применение программно-определяемого RTL-SDR приемника, который способен

принимать сигналы в широком диапазоне частот и обрабатывать большое количество радиопrotocolов. Продемонстрированные возможности приемника и программного обеспечения позволяют с уверенностью заявлять, что эта система способна заменить существующую аппаратуру связи в позиционном районе. Предполагается после демонстрации успешного практического применения, оснастить боевые соединения новой аппаратурой, параллельно разрабатывая отечественную альтернативу по аналогичной идеологии с целью будущей постепенной замены.

Литература

1. Основы организации связи в Сухопутных войсках. Часть 3. Основы организации связи в частях и подразделениях общевойсковых соединений. Учебник. СПб.: ВУС. 2003. С. 84-105.
2. Слюсар В.И. Военная связь стран НАТО: проблемы современных технологий, Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2008. - № 4. 66 - 71. (2008).
3. Hobbyist's Guide to the RTL-SDR: Really Cheap Software Defined Radio, 2014 y., 286 p.
4. Robert W. Steward, Kenneth W. Barlee, Dale S.W. Atkinson, Louise H. Crockett Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Department of Electronic and Electrical Engineering University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, UK, 2015 y., 674 p.