

СОЗДАНИЕ КОГНИТИВНЫХ РАДИОСИСТЕМ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ SDR

А.Д. Шипуля, М.В. Кузнецов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. На данный момент все популярнее становятся когнитивные радиосистемы способные подстраиваться под изменения радиоканала, а также условия собственной эксплуатации [1, 2]. Технология SDR потенциально может расширить возможности когнитивных радиосистем [3]. Таким образом на данный момент существует актуальность исследований в этой области.

Цель — выполнить когнитивную радиосистему с использованием готовых аппаратных решений. Система должна уметь анализировать радиосигнал, делать на основании анализа выводы о состоянии радиоканала и подстраивать алгоритм обработки.

Методы. Аппаратная часть выполнена на базе SDR-модулей HackRF One [4] и RTL SDR [5], а также одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi [6]. Программная часть системы создана с помощью средства GNURadio [7] с использованием языка программирования Python [9].

Результаты. Выполненная система связи способна передавать данные с помощью трех видов модуляции BPSK, QPSK, 8-PSK [8]. Программа кодирования и декодирования в общем виде осуществляет несколько этапов обработки на передающей и на приемной стороне (рис. 1). После производится депакетирование и перевод набора принятых байтов в символы по таблице ASCII. Результат работы системы при различных видах модуляции можно оценить по полученным созвездиям (рис. 2). Показанные созвездия были получены при передаче по радиоканалу.

Система способна выполнять сканирование спектра, искать в спектральной полосе сигнал и производить настройку на его частоту. Алгоритм сканирования также состоит из нескольких блоков обработки. Первый блок осуществляет быстрое преобразование Фурье [10]. Второй блок производит поиск гармоники с максимальной

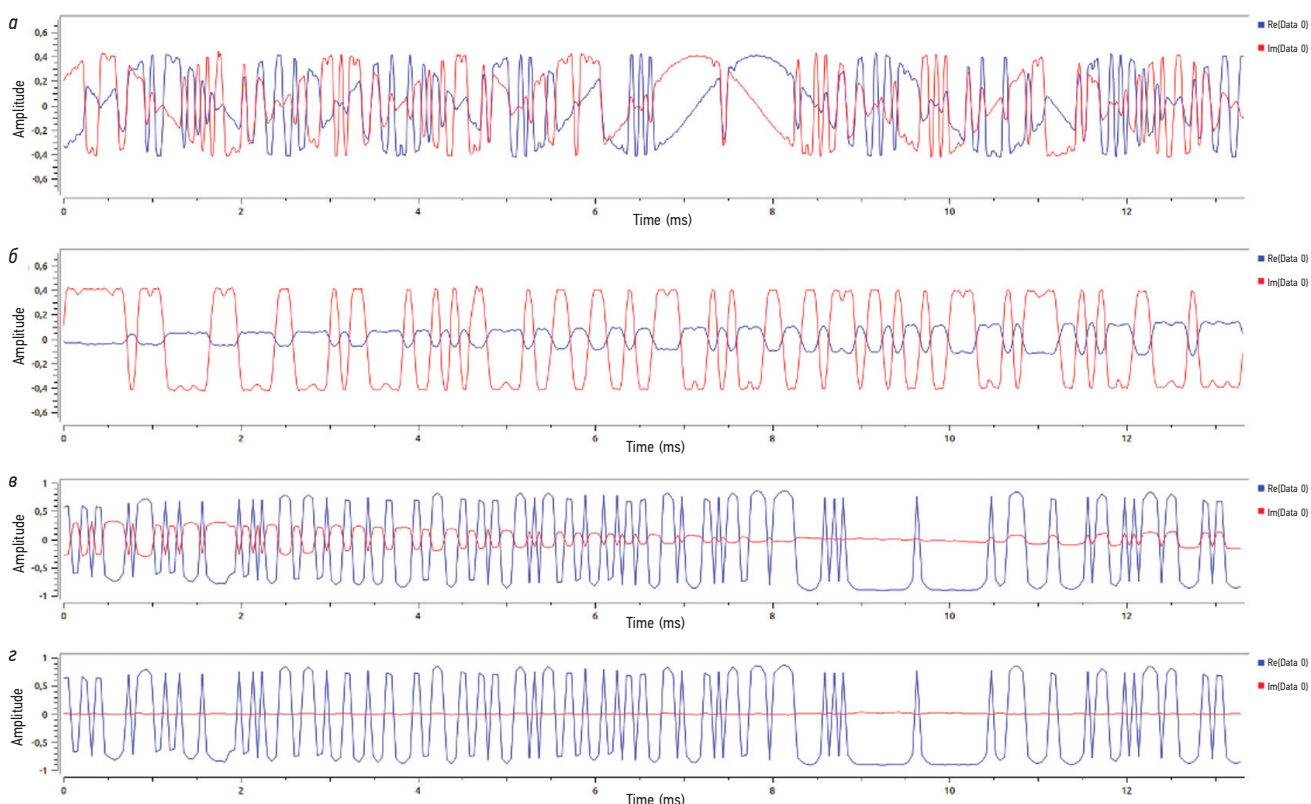


Рис. 1. Сигналы в ключевых узлах системы при модуляции BPSK: *a* — продецимированный сигнал; *b* — сигнал после грубой синхронизации по частоте; *v* — сигнал после фазовой синхронизации и прореживания; *z* — сигнал после точной частотной синхронизации

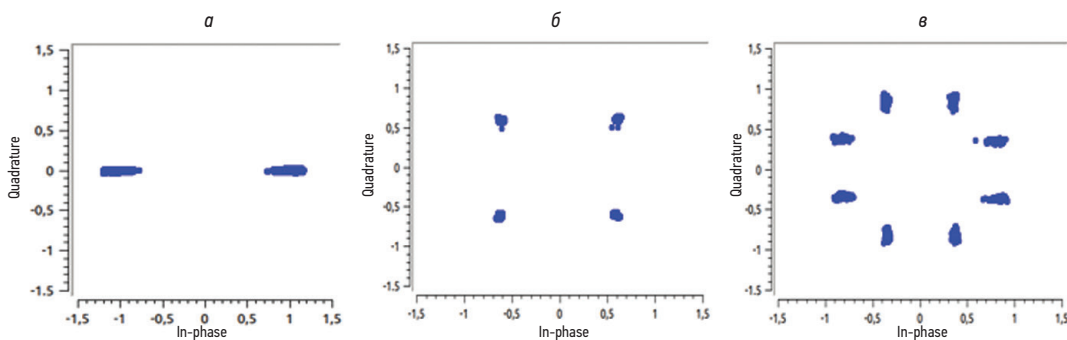


Рис. 2. Созвездия после частотной и фазовой синхронизации: а — BPSK; б — QPSK; в — 8-PSK

амплитудой, после фиксирует ее частоту. Третий блок производит перемножение поступающей с аппаратной части последовательности отсчетов и синусоидального колебания с найденной частотой. Пик сигнала смещается в нулевую частоту, полученная высокочастотная составляющая подавляется цифровым фильтром.

Удалось также осуществить автоматическую смену алгоритма обработки в зависимости от модуляции поступающего сигнала. Указанный функционал реализован по следующему принципу. Синхронизированный сигнал разделяется на 3 параллельных потока, каждый из потоков проходит через отдельных декодер. На выходе каждого из декодеров стоит блок депакетирования, который синхронизирует поток поступающих бит по преамбуле. Если он не находит в последовательности битов преамбулу, то на выход отсчетов не поступает. Если вид модуляции закодированной последовательности соответствует одному из декодеров, то блоку депакетирования соответствующего декодера удастся найти преамбулу в поступающей последовательности битов, тогда на выход соответствующего канала начнут поступать байты. Мультиплексирование трех каналов происходит на UDP сервере с помощью программы на языке Python.

Для выполненной системы была произведена оценка помехоустойчивости системы, при передаче с помощью самой помехоустойчивой из предложенных модуляций, BPSK. Снятая зависимость количества битовых ошибок на приеме от соотношения сигнал/шум показана на рис. 3.

Выводы. Исходя из полученных характеристик можно сделать вывод о целесообразности применения подобного подхода. При этом система подтвердила свою универсальность с точки зрения того, что удалось производить передачу данных с помощью трех различных видов модуляций, при вариации параметров канала.

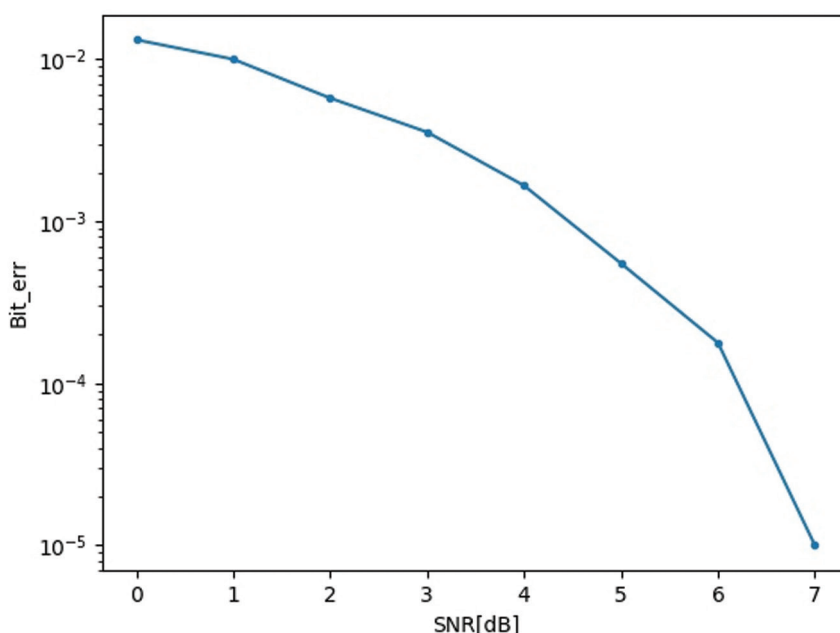


Рис. 3. Зависимость количества битовых ошибок от соотношения сигнал/шум при модуляции BPSK

Ключевые слова: SDR; когнитивное радио; фазовая синхронизация; частотная синхронизация; анализ радиоканала; сканирование спектра; PSK.

Список литературы

1. Мирошникова Н.Е. Обзор систем когнитивного радио // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013. Т. 7, № 9. С. 108–111.
2. Сорокин А.С. Оценка потенциальной эффективности применения когнитивного радио // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2018. Т. 18, № 4. С. 935–938.
3. Николашин Ю.Л., Кулешов И.А., Будко П.А., и др. SDR радиоустройства и когнитивная радиосвязь в декаметровом диапазоне частот // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7, № 1. С. 20–31.
4. greatscottgadgets.com [Электронный ресурс]. HackRF Software Defined Radio // One Great Scott Gadgets [дата обращения: 20 ноября 2014]. Доступ по ссылке: <http://greatscottgadgets.com/hackrf/>
5. RTL-SDR Blog V3 Datasheet. Доступ по ссылке: <https://www.rtl-sdr.com/wp-content/uploads/2018/02/RTL-SDR-Blog-V3-Datasheet.pdf>
6. Raspberry Pi (Trading) Ltd. A DATASHEET Raspberry Pi 4 Model B. 2019. 13 p. Доступ по ссылке: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf>
7. gnuradio.org [Электронный ресурс]. GNU Radio Manual and C++ API Reference // GNURadio. Доступ по ссылке: <https://www.gnuradio.org/doc/doxygen/>
8. Волхонская Е.В., Коротей Е.В., Власова К.В., Рушко М.В., Модельное исследование помехоустойчивости приема радиосигналов с QPSK, BPSK, 8PSK, DBPSK // Известия КГТУ. 2017. № 46. С. 165–174.
9. pysdr.org [Электронный ресурс]. Marc Lichtman. 16. About the Author // PySDR: A Guide to SDR and DSP using Python. Доступ по ссылке: https://pysdr.org/content/about_author.html#
10. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. 2-е изд. Москва: Вильямс, 2004. 987 с.

Сведения об авторах:

Артем Дмитриевич Шипуля — студент, группа 6461-110501D, институт информатики и кибернетики; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: shipulaartiom@gmail.com

Михаил Владимирович Кузнецов — научный руководитель, кандидат технических наук; доцент кафедры геоинформатики и информационной безопасности; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: mv.kuz-net-sov@yandex.ru