

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f_{ik}}{\partial x_n} &= 0 \\ \frac{\partial F_{ik}}{\partial x_m} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_i} + \frac{\partial F_{mi}}{\partial x_k} &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где тензор индукции:

$$f_{ik} = (\overline{H}, -j\overline{D}) = \frac{1}{\mu_0} R_0 t_{ik} \widehat{\Phi}$$

тензор напряженности: $F_{ik} = (c\overline{B}, -j\overline{E}) = cR_0 t_{ik} \widehat{\Phi}$

$\widehat{\Phi}$ - 4-вектор потенциала с составляющими

$$\Phi_i = (A_1, A_2, A_3, j\frac{\varphi}{c})$$

A_i - векторный потенциал,

φ - потенциал.

Поскольку классические инварианты давно определены, можно обратным преобразованием выразить инварианты в базисе $\{x, y, z\}$, а значит, найти искомое поле рассеяния в анизотропном пространстве, решив поставленную выше задачу.

Список использованных источников

1.А. Дж. Мак Коннел Введение в тензорный анализ /А. Дж. Мак Коннел – М., Физматгиз, 1963 г.

2.Маркелов С.А., Тензорный анализ электромагнитной обстановки /в сб. материалов Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций» Самара, 13-15 мая 2015

УДК 621.396; 681.3.06

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.С. Капустин, А.Д. Шипуля

«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: передача, прием, информация, модуль, алгоритм.

При разработке систем передачи информации важным этапом является процесс выбора и проверка результатов работы разрабатываемого

устройства. Исходя из этого, становится весьма актуальным выбор технологических приемов построения и апробации полученных результатов из анализа работы макетного образца разрабатываемой системы передачи информации.

Целью данной работы является определение возможности и целесообразности использования SDR технологии для создания макетного образца систем передачи информации. Основным достоинством этой технологии является возможность использования универсальных программных алгоритмов, а также сторонних модулей на одной универсальной платформе. Это позволяет уменьшить временные затраты на разработку устройства и расширить спектр задач, решаемых макетным образцом разрабатываемого устройства.

Система исполнена на базе SDR модулей HackRF One и RTL SDR, а также одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi. В качестве радио части передатчика используется HackRF One. Он получает значения отсчётов по интерфейсу USB, осуществляет цифро-аналоговое преобразование, переносит информацию на радиочастоту и производит излучение итогового сигнала в эфир. В качестве радиоприемника используется RTL SDR, который выполняет приём сигнала, перемещение его на звуковую частоту, аналого-цифровое преобразование и передачу отсчётов в вычислительный модуль по интерфейсу USB. Роль вычислительного модуля выполняет микрокомпьютер Raspberry Pi.

Алгоритм обработки данных создан с помощью средства GNURadio с использованием языка программирования Python. Для исследования работы системы передачи информации реализовано три алгоритма приёма-передачи для модуляций BPSK, QPSK, 8PSK.

Информация в байтовой форме на передатчик поступает из текстового файла. На передающей стороне алгоритм включает в себя набор последовательных блоков обработки данных. Первым блоком является кодировщик пакетов, который ко входному набору информационных бит добавляет преамбулу, код доступа, заголовок пакета, циклический избыточный код, байты с информацией о длине пакета данных и смещение для отбеливания. Далее над блоком данных и заданной маски проводится операция XOR. Полученная последовательность поступает на выход блока. После блока кодировщика пакетов, данные поступают на модулятор созвездий. Модулятор созвездий производит дифференциальное кодирование битов в точки созвездия и интерполяцию, а затем фильтрацию последовательности для сужения спектра полученного сигнала. В случае BPSK на выходе будет получен набор прямоугольных импульсов с пульсациями и сглаженными фронтами. Этот сигнал поступает на радиомодуль, где производится преобразование в аналоговую форму и модуляция радиочастотой.

Приёмная сторона аналогично включает набор блоков потоковой обработки. Первым блоком является дециматор. Для экономии ресурсов производится уменьшение частоты дискретизации сигнала, поступающего с радио-модуля. Следующий блок производит фильтрацию в заданной полосе частот, а также грубую подстройку по частоте. После этого происходит прореживание отсчётов до битовой скорости, вместе с этим происходит синхронизация времени по Мюллеру и Миллеру. На этом этапе полученные отсчёты отражают информационный сигнал. В результате анализа сигнала установлено, что существует некоторое небольшое смещение по частоте, в результате которого появляется ошибки. Для устранения этого смещения применяется цикл Костаса, с помощью которого происходит точная подстройка по частоте.

Следующим этапом обработки является извлечение из полученного созвездия битов информации. Для этого производится сопоставление точек созвездия и наборов бит, после чего производится операция дифференциального декодирования. Полученный набор бит поступает в блок депакетирования. По преамбуле происходит побитовая синхронизация, после чего наборы бит объединяются в байты и с полученными байтами производится операция, обратная пакетированию. Далее информационные байты передаются на локальный сервер, где происходит преобразование байтов информации в символы, согласно таблице ASCII. Печать полученного текстового результата производится в терминале.



Рисунок 1 – Внешний вид системы в работающем состоянии

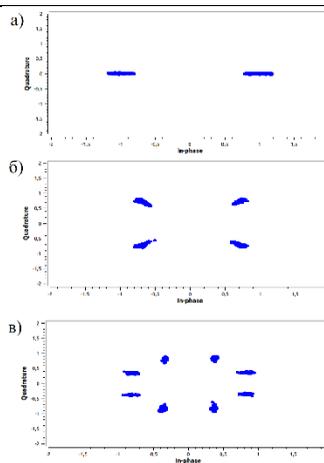


Рисунок 2 – Полученные созвездия BPSK (а), QPSK (б), 8PSK (в)

В рамках исследования отлажена работа подобной системы, а также получены её характеристики, позволяющие сделать выводы, касательно жизнеспособности разрабатываемой системы и её исполнения.

На рисунке 1 показан макет системы в работающем состоянии, на экране можно увидеть полученное на выходе созвездие. На рисунке 2 показаны полученные созвездия для различных видов модуляций. Исходя из качества созвездий, можно сделать вывод о целесообразности применения подобного подхода. При этом использование выбранной технологии при разработке системы передачи информации подтвердило свою универсальность в том, что возможно отладить передачу данных с помощью трёх различных видов модуляций при вариации параметров передачи.

Список использованных источников

- 1.Modulation: Methods. Li, X. (2008). Simulink-based Simulation of Quadrature Amplitude Modulation (QAM)
- 2.PySDR: A Guide to SDR and DSP using Python.<https://pysdr.or/index.html>
- 3.Guided Tutorial PSK Demodulation:
- 4.HackRF Software Defined Radio. One Great Scott Gadgets. Accessed: 2014-11-20. URL: <http://greatscottgadgets.com/hackrf/>

Капустин Александр Степанович, доцент кафедры радиотехники.

E-mail: alstepan45@mail.ru

Шипуля Артем Дмитриевич, студент гр.6461-110501D

E-mail: shipulaartiom@gmail.com

УДК 621.396.962

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ РАВНЫХ ДОПЛЕРОВСКИХ ЧАСТОТ ДВУХПОЗИЦИОННОЙ РСА

С.А. Воронцова, М.Н. Пиганов

«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: линия равных доплеровских частот, двухпозиционная радиолокационная станция, база, земная поверхность.

Поверхностями равных доплеровских частот, образующихся в результате движения носителей приёмника (ПРМ) и передатчика (ПРД) радиолокационной станции (РСА), являются поверхности конусов с осью симметрии – вдоль вектора скорости носителей станции, и с вершинами в точках расположения носителей [1–2].