



УДК 621.391.82

DOI: 10.22184/NanoRus.2019.12.89.44.46

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ МНОГОАДРЕСНЫХ АСИНХРОННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ

METHODOLOGY FOR CONSTRUCTING MOBILE MULTICAST ASYNCHRONOUS COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEMS WITH NOISE-LIKE SIGNALS

ПОПОВ АЛЕКСЕЙ РОМАНОВИЧ

АО «НИИМА «Прогресс»

125183, г. Москва, проезд Черепановых, д. 54

niima@mri-progress.ru

POPOV ALEXEY R.

Microelectronics Research Institute PROGRESS JSC

("PROGRESS MRI" JSC)

54 Cherepanovykh Lane, Moscow, 125183, Russia

niima@mri-progress.ru

Рассмотрены методы повышения пропускной способности асинхронных систем передачи информации с шумоподобными сигналами и кодовым разделением каналов между абонентами.

Ключевые слова: шумоподобные сигналы; метод многопозиционного кодирования; маскирующие и информационные последовательности.

The paper considers methods for increasing the capacity of asynchronous information transmission systems with noise-like signals and code division of channels between subscribers.

Keywords: noise-like signals; the method of multi-position coding; masking and information sequences.

Сигналы, используемые в системе для передачи информации, должны обладать высокой помехоустойчивостью, обеспечивать скрытность структуры и передаваемой информации от средств технической разведки противника. Перечисленным требованиям удовлетворяют шумоподобные сигналы (ШПС), полученные в результате фазовой манипуляции сигнала несущей частоты псевдослучайными последовательностями (ПСП). Сформированные данным методом на радиочастоте сигналы имеют равномерный спектр в широком диапазоне частот, и их трудно обнаружить на фоне естественного шума. Помехозащищенность систем связи с ШПС определяется величиной базы сигнала $B = FT$, где F — ширина спектра сигнала, T — длительность сигнала. Увеличение базы сигнала повышает помехозащищенность, но приводит к снижению скорости передачи информации. Поэтому на практике ШПС наиболее часто используются в системах, в которых важным критерием является помехозащищенность и не требуются высокие скорости передачи информации, например в глобальных спутниковых системах навигации ГЛОНАСС и GPS. Использование ШПС для передачи аудио- и видеoinформации требует увеличение скорости передачи информации.

В данной работе исследуются технические методы повышения пропускной способности каналов связи в системе передачи информации, использующей шумоподобные сигналы. Рассматривается многоадресная асинхронная система передачи информации с кодовым разделением каналов связи между объектами.

Большой ансамбль квазиортогональных ортогональных ПСП можно получить суммированием по модулю два нескольких последовательностей максимальной длины. Например, 11-разрядный генератор ПСП позволяет сформировать 176 квазиортогональных последовательностей максимальной длины 2047. Суммирование по модулю два двух разных последовательностей максимальной длины 2047 для различных

циклических сдвигов позволяет получить 2047 квазиортогональных последовательностей. Количество сочетаний из 176 по 2 составляет $C_{176}^2 = 15400$. Умножая на количество сдвигов 2047, получим 31523800 квазиортогональных последовательностей. Суммирование двух разных последовательностей из полученного массива $\{1, \dots, 31523800\}$ для различных циклических сдвигов позволяет сформировать массив, состоящий из $N_{\text{ПСП}} = C_{31523800}^2 \cdot 2047 = 1017103058386730700$ квазиортогональных последовательностей. Важной характеристикой сформированных последовательностей является функция взаимной корреляции. На рис. 1 показана гистограмма, характеризующая дискретную плотность распределения вероятностей максимальных по модулю значений для функций взаимной корреляции последовательностей из массива, полученных суммированием четырех последовательностей максимальной длины для различных циклических сдвигов.

Численный анализ для статистики 150500000 показал, что при выбранном методе формирования псевдослучайных последовательностей с вероятностью 0,998 боковые лепестки функции взаимной корреляции не превышают 10%.

Для передачи информации в системах связи с ШПС каждый бит передаваемой информации можно кодировать прямой или инверсной ПСП. Недостатком данного способа передачи информации является низкая скорость. За интервал времени, равный периоду ПСП, передается один бит информации. Значительно увеличить скорость передачи информации шумоподобными сигналами можно, используя метод многопозиционного кодирования [1]. При данном методе передачи информации используется ансамбль ортогональных или квазиортогональных между собой псевдослучайных последовательностей $\{ПСП_1, \dots, ПСП_m\}$. Каждой псевдослучайной последовательности ставится взаимно однозначно один определенный символ алфавита из множества $\{a_1, \dots, a_m\}$. На приемной стороне производится вычисление функции взаимной корреляции принятого сигнала со всем



ансамблем псевдослучайных последовательностей $\{ПСП_1, \dots, ПСП_m\}$. Для каждой псевдослучайной последовательности находится максимум модуля функции корреляции. По последовательности, для которой максимум функции взаимной корреляции является наибольшим, определяется переданный символ алфавита. Данный метод позволяет за интервал времени, равный периоду ПСП, передать $\log_2 N$ бит информации. На рис. 2 приведена структура ШПС.

Сигнал содержит синхроэлемент (СЭ) и информационные элементы ИЭ1, ИЭ2, ..., ИЭК. На рис. 3 показана функциональная схема устройства, предназначенного для определения переданных символов алфавита из множества $\{a_1, \dots, a_m\}$ в приемнике.

На вход согласованного фильтра поступает действительная и мнимая составляющие входного сигнала $S(t) = (\text{Re } S(t), \text{Im } S(t))$. Согласованный фильтр настроен на ПСП первого элемента сигнала (СЭ). Вычисленный модуль комплексной функции корреляции с выхода согласованного фильтра СФ поступает на вход порогового устройства (ПУ). На выходе порогового устройства при прохождении первого элемента сигнала формируется синхроимпульс. Синхроимпульс используется для синхронизации генераторов ПСП. В корреляторах K_1, \dots, K_m вычисляются модули комплексных функций корреляции входного сигнала с ПСП1, ..., ПСПm. В блоке Max производится сравнение модулей функций корреляции на выходах корреляторов K_1, \dots, K_m . По максимуму модуля функции корреляции определяется переданный символ алфавита.

Для кодирования символов алфавита можно использовать ортогональные функции Уолша $\{W_0, \dots, W_{m-1}\}$ [2]. Информационные элементы сигнала формируются суммированием по модулю два ПСП с функциями Уолша, которые выбираются в зависимости от передаваемого символа алфавита. Для декодирования переданных символов алфавита можно использовать схему, показанную на рис. 3, или предварительно выполнить операцию свертки входного сигнала с ПСП, а для определения переданного символа алфавита использовать быстрое преобразование Уолша (БПУ).

Кодировать символы передаваемого алфавита можно, используя циклические сдвиги одного ПСП, выбранного для формирования сигнала [3]. При данном методе кодирования каждому символу алфавита взаимно однозначно соответствует циклический сдвиг ПСП. В приемнике вычисляется модуль комплексной функции корреляции. По смещению максимума модуль комплексной функции корреляции на временной оси определяется переданный символ алфавита.

Защиту передаваемой информации от средств технической разведки противника можно обеспечить за счет использования в сигнале информационных и маскирующих последовательностей [4]. Цифровые данные, которые необходимо передать по каналу связи от источника

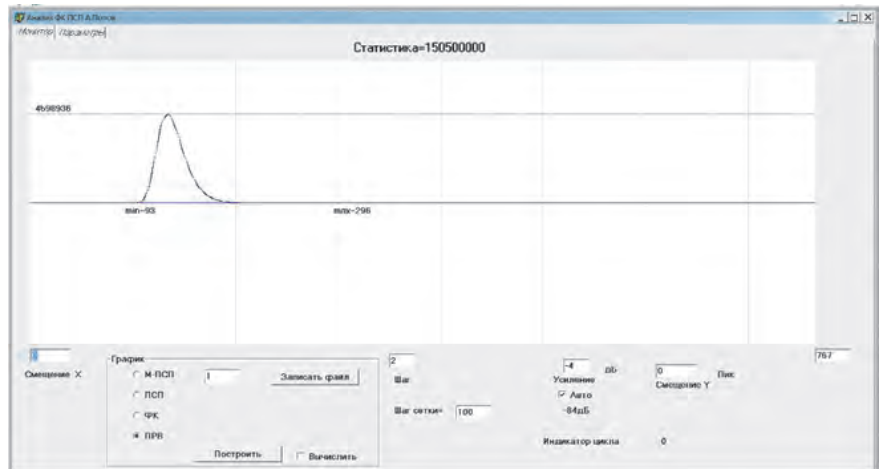


Рис. 1

СЭ	ИЭ1	ИЭ2	ИЭ3	...	ИЭК
----	-----	-----	-----	-----	-----

Рис. 2

информации, преобразуют в количество элементов или длину маскирующих последовательностей. Маскирующую последовательность для каждого сигнала выбирают случайным образом из множества ортогональных (квазиортогональных) последовательностей, не совпадающих с информационной последовательностью. Первая и последняя последовательности всегда информационные. Сформированной составной псевдослучайной последовательностью манипулируют фазу сигнала несущей частоты. На приемной стороне сигнал усиливают и переносят на нулевую частоту. После аналого-цифрового преобразования производят согласованную фильтрацию сигнала. Цифровой согласованный фильтр настраивается на информационную псевдослучайную последовательность. При прохождении сигнала через согласованный фильтр на выходе согласованного фильтра формируется комплексная функция корреляции. Вычисляют огибающую комплексной функции корреляции и сравнивают ее с установленным порогом. На выходе порогового устройства будут формироваться короткие импульсы только после прохождения информационной последовательности, на которую настроен согласованный фильтр. Маскирующие последовательности ортогональны (квазиортогональны) к информационной последовательности, поэтому при прохождении участков сигнала, содержащих маскирующие последовательности, порог превышен не будет. По временным промежуткам между импульсами на выходе порогового устройства

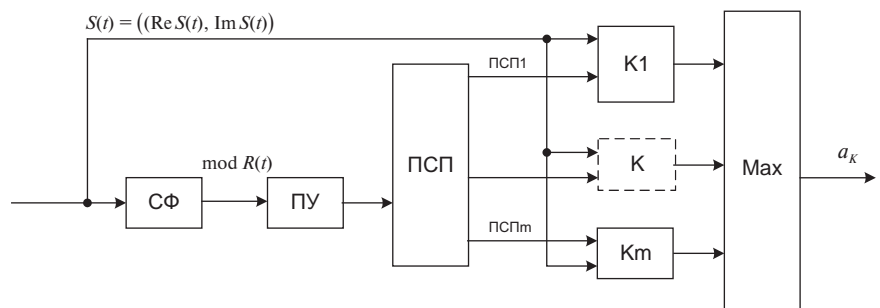


Рис. 3



ИП	МПх	ИП	МПу	ИП	МПд
----	-----	----	-----	----	-----

Рис. 4

определяют цифровые данные принятой информации. На рис. 4 показана структура сигнала, в котором передаются текущие координаты объекта.

Сигнал содержит три информационных элемента (ИП) и три маскирующих элемента МПх, МПу и МПд. Информационные элементы формируются фазовой манипуляцией сигнала несущей частоты одним периодом информационной ПСП. Элемент сигнала МПх формируется маскирующей последовательностью, количество элементов которой определяет координату x . Элемент сигнала МПу формируется маскирующей последовательностью, количество элементов которой определяет координату y . Последний элемент сигнала МПд формируется маскирующей последовательностью, количество элементов которой дополняет количество элементов до МПх и МПу, соответствующее максимальным координатам x и y .

В многоадресной асинхронной системе передачи информации с кодовым разделением каналов связи между объектами каждому объекту по его идентификационному номеру назначаются две псевдослучайные последовательности из множества квазиортогональных ПСП [5]. Одна из последовательностей используется для передачи информации объекту, другая — для приема информации от объекта. В режиме ожидания на каждом объекте согласованный фильтр приемника настроен на информационную последовательность, которая соответствует его

индивидуальному идентификационному номеру и предназначена для приема сигнала. Для связи с объектом необходимо по его индивидуальному идентификационному номеру определить структуру информационной псевдослучайной последовательности, которая будет использоваться для передачи, и структуру информационной псевдослучайной последовательности, которая будет использоваться для приема сигнала.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании мобильных многоадресных асинхронных систем связи и управлении с шумоподобными сигналами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации / Под ред. В. Б. Пестрякова. — М.: Сов. Радио, 1973.
2. Никитин Г. И. Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов. Учебное пособие. — СПбГУАП. СПб, 2003. — 86 с.: ил.
3. Патент № 2286017 «Способ передачи информации в системе связи с шумоподобными сигналами», патентообладатели Николаев Р. П., Попов А. Р., авторы Николаев Р. П., Попов А. Р., 27.04.2006.
4. Патент № 2532085 «Способ передачи информации в системе опознавания «свой – чужой», авторы Бельтов А. Г., Попов А. Р., Жуков И. Ю., Левицкий Н. Е., 27.10.2014.
5. Патент № 2649418 «Способ передачи информации шумоподобными сигналами в мобильной системе связи тактического звена», патентообладатели Попов А. Р., Фортинский А. Г., авторы Попов А. Р., Фортинский А. Г.

ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

**ОБРАЗ
БУДУЩЕГО
УСПЕХА**

www.technosfera.ru

ЭЛЕКТРОНИКА НАНОИНДУСТРИЯ ФОТОНИКА ПЕРВАЯ МИЛЯ Аналитика СТАННОИНСТРУМЕНТ

Цифровая экономика