

Увеличение размера словаря псевдослучайного кода в системах CDMA с помощью двойной корреляционной обработки

Чебачев В.О.¹, Виноградова С.В.²

¹ АО «НПП «Радар ммс»

197375, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская д. 37 лит. А
chebachew_vo@radar-mms.com

² БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская д.1
vanasa2008@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается система CDMA специального назначения. Рассматривается вопрос увеличения словаря псевдослучайного кода с сохранением приемлемых корреляционных характеристик. Критерием качества является максимальный уровень ПМД аperiodической корреляционной функции между каждой парой кодовых слов. Приемлемый уровень ПМД достигается обработкой сигнала и не затрагивает вопросы кодирования. Увеличение словаря производится за счет использования корреляционной функции амплитудного спектра кодового слова как дополнительного информационного признака, идентифицирующего кодовое слово. Применяется в системе RFID по технологии ПАВ.

Ключевые слова: CDMA, RFID, увеличение словаря, псевдослучайный код, ДКП, ПАВ, код Голда, код Касами.

1. Введение

Системы множественного доступа с кодовым разделением (CDMA) основаны на согласованной фильтрации и разделении каналов информационного трафика с помощью ортогональных или псевдослучайных кодов. Предметом исследования является псевдослучайный код. Псевдослучайный код должен отвечать двум требованиям – обеспечивать максимум корреляции при прохождении сигнала через фильтр «своего» канала, а также обеспечивать минимальный, но ненулевой уровень выбросов взаимной корреляционной функции (ВКФ) при прохождении сигнала через фильтр «чужого» канала. В практических приложениях на данный момент применяются псевдослучайные бинарные коды Голда и Большие семейства Касами. Уровень ВКФ между кодовыми словами в них соответствует границе Сидельникова, определяемой как

$$\rho_{max} = \sqrt{\frac{2}{N}} \quad (1)$$

где N – количество символов в коде.

Уровень выбросов соответствует границе (1) только если вычислять периодическую ВКФ. Для аperiodической ВКФ уровень выбросов асимптотически стремится к границе при увеличении N . Уровень аperiodической ВКФ однозначно определяет ключевую характеристику псевдослучайного кода – уровень помехи множественного доступа (ПМД).

Количество допустимых кодовых слов в словарях кодов Голда и Касами имеет порядок N и $N^{1.5}$ соответственно. Существуют приложения, в которых такой размер словаря недостаточен, например, пассивные системы радиочастотной идентификации (RFID). Речь идет о полностью пассивной системе RFID по технологии на поверхностных акустических волнах (ПАВ) [1].

2. Постановка задачи

Ставим задачу увеличения размера словаря псевдослучайного кода не более, чем в N^2 раз по сравнению с кодом Голда, то есть, размер словаря должен быть не более N^3 , где N – количество символов бинарного кода. При этом корреляционные характеристики кода должны быть близки к аналогичным у кода Голда, то есть, к (1). Задачу можно решить одним из двух способов – или нужно сгенерировать код с требуемыми корреляционными характеристиками, или обработать сигнал так, чтобы при принятии решения уровень ПМД соответствовал заданной границе. Псевдослучайный код со словарем N^3 , ВКФ которого соответствовала бы границе (1), на данный момент неизвестен, и его существование маловероятно. Поэтому идем по пути обработки сигнала.

3. Предлагаемый метод двойной корреляционной обработки

Суть предлагаемого метода в том, чтобы искать корреляционную функцию от двух слабо коррелированных характеристик сигнала и делать вывод о соответствии сигнала кодовому слову из словаря по двум корреляционным функциям в совокупности. Если сигнал проходит через «свой» фильтр, то максимум нормированной автокорреляционной функции (АКФ) в любом случае будет равен единице. А если сигнал проходит через «чужой» фильтр, то с высокой вероятностью уровень ПМД на выходе хотя бы одного фильтра не превысит (1). Решающее устройство же будет счи-

тать, что пришел «свой» сигнал, только тогда, когда отклики обоих согласованных фильтров превысят порог. В качестве первой характеристики, по которой вычисляется корреляционная функция, используется огибающая кодированного сигнала во временной области, а в качестве второй характеристики спектр косинусного преобразования (ДКП) от этой огибающей. Иллюстрация предлагаемого метода приведена на рисунке 1.

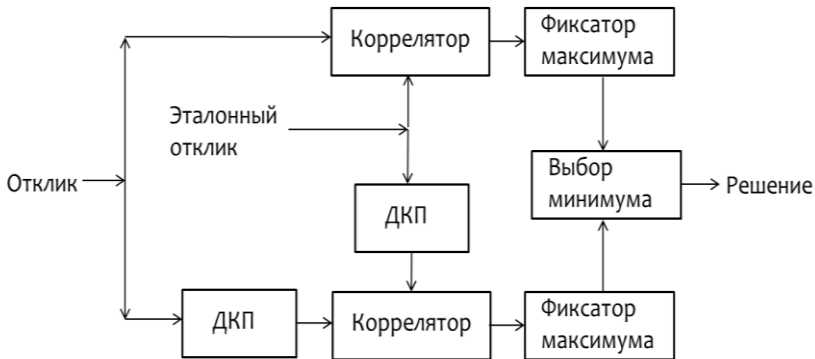


Рисунок 1. Структурная схема метода двойной корреляционной обработки

В [2] был рассмотрен алгоритм получения бинарного кода с заданным размером словаря. ВКФ между каждой кодовой парой в нем не соответствует границе (1), но пар, уровень ВКФ которых превышает границу, немного. Та же картина будет наблюдаться, если искать корреляционные функции не от самого сигнала, а от его энергетического спектра. В тех же случаях, когда уровень ВКФ между кодовыми словами все равно превышает границу (1), проблема решается выкалыванием слов из словаря.

4. Моделирование метода и полученные результаты

Корреляционные свойства кода анализируются с помощью гистограмма распределения максимумов корреляционных функций между кодовыми парами. Физический смысл этой функции плотность вероятности шума множественного доступа. Отправной точкой в исследовании является гистограмма кода, оптимального по границе (1), то есть кода Голда или Касами. На рисунке 2 (а) приведена гистограмма для Большого семейства Касами.

Использовался код длиной в $N=63$ символа. Размер словаря семейства Касами в таком случае составляет 441 кодовое слово. Гистограмма

нормирована относительно максимума АКФ. Уровень границы Сидельникова (1) составляет 0.28, что соответствует максимуму распределения ВКФ. Получить уровень ПМД ниже не представляется возможным.

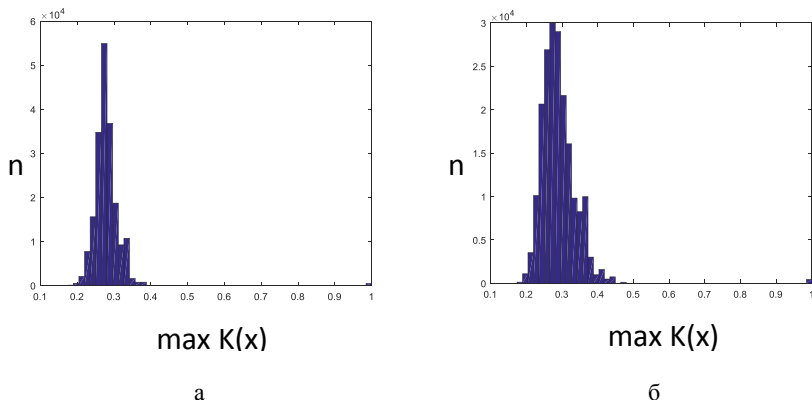


Рисунок 2. Гистограмма распределения уровня ВКФ между кодовыми словами большого семейства Касами (а) и расширенного кода, неоптимального по границе Сидельникова (б)

Далее построим такую же гистограмму для реального кода, рассмотренного в [2], с заданным размером словаря в $N^2=3969$ или $N^3=250047$ кодовых слов. Гистограмма распределения уровня ВКФ такого кода для обоих случаев приведена на рисунке 2 (б) и практически не будет отличаться друг от друга.

Если на рисунке 2 (а) нет кодовых пар, уровень ВКФ между которыми превышал бы границу Сидельникова, то на рисунке 2 (б) мы видим значительное количество таких кодовых пар, а также существенно выше математическое ожидание значений на гистограмме (0.38 вместо 0.28). Перед нами стоит задача обработать этот код так, чтобы его фактический уровень ПМД был как можно ближе к параметрам, приведенным на рисунке 2 (а). Для этого используем алгоритм, приведенный на рисунке 1. Результат обработки можем наблюдать на рисунке 3.

Полученный уровень ПМД немного выше, чем у кода Касами, но существенно ближе к границе Сидельникова, чем без обработки.

5. Заключение

Применение двойной корреляционной обработки позволяет расширить применение систем CDMA, в частности, использовать их при реализации пассивных систем RFID.

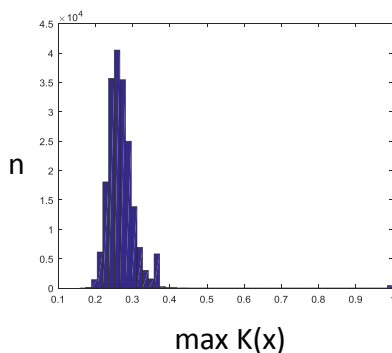


Рисунок 3. Гистограмма результирующего распределения уровня ВКФ между кодовыми словами кода, неоптимального по границе Сидельникова, после двойной корреляционной обработки

Список литературы

1. Сандип Лахини. RFID. Руководство по внедрению. Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС. – 2007. – 312 с.
2. Чебачев В.О., Калинин А.В. Многомерный код Голда – бинарный ортогональный код с произвольным размером словаря. – Вопросы радио-электроники, вып. 1, М: изд. АО «ЦНИИ «Электроника». 2016. – с. 42-46.
3. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. – М.: Техносфера, 2007. 488 с.
4. Pramaita N., Johnson P.L., “Novel Hybrid Orthogonal Large Set Code Sequence for High Density Wireless Networks”, IPTEK, Journal of Proceeding Series, Vol. 1, 2014, p. 144-152.