

# КОДИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ РАДЕМАХЕРА ДЛЯ СОВМЕЩЕННОГО КАНАЛА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Якубенко П. Н.

Митюхин А. И. – доцент

Рассматриваются особенности нелинейных кодовых последовательностей полученных мажоритарным суммированием ортогональных функций Радемахера с кратным периодом. Показано, что в кодовом пространстве таких последовательностей имеются слова с расстоянием Хэмминга сравнимым с расстоянием известного кода максимальной длины.

Применяемые в настоящее время кодовые методы модуляции позволяют получить практически безошибочную передачу информации по каналу с заданным отношением сигнал/шум. При этом должна быть установлена полная синхронизация между приемной и передающей компонентами инфокоммуникационной системы. Необходимой составляющей полной синхронизации является временное согласование по началу кодовой последовательности. Известен последовательный шаговый корреляционный метод временной синхронизации. Однако, для сравнительно большой временной неопределенности задержек кодовых слов, применение  $[n, M, d]$ -кода большой длины  $n$  и большого множества  $M$ , последовательный алгоритм поиска начала кодового слова приводит к значительным временным затратам или к увеличению аппаратной сложности из-за необходимости многоканальной обработки. С целью сокращения аппаратных затрат можно уменьшить число слов кода до значения  $M' \ll M$ . Использование же кодов со специальными свойствами ускоряет процесс ввода системы в синхронизм. В работе рассматривается подход, учитывающий выбор кода с параметром  $M' \ll M$ . Число шагов поиска можно уменьшить, если использовать код построенный мажоритарным суммированием периодических ортогональных функций Радемахера.

Мажоритарная последовательность образуется путем суммирования символов последовательностей Радемахера по мажоритарному правилу [1]

$$F(t) = \text{Maj}[b_1 R_1 t, \dots, b_l R_l t], t = 0, 1, \dots, N - 1,$$

где  $b_i = 1, -1$ ,  $l$  – нечетное целое число,  $R_i t$  – функция Радемахера длиной  $N = 2^l$ .

Такой код не обладает равномерным распределением составляющих спектра. Так как корреляционная функция мажоритарных последовательностей не равна нулю в точках, кратных периоду последовательностей Радемахера, появляются периодические дискретные спектральные составляющие. Выделяя ярко выраженные спектральные компоненты, осуществляется эффективная синхронизация. Исследовалась усеченная нелинейная кодовая конструкция кода длиной  $N = 32$  с минимальным расстоянием Хэмминга  $d = 12$  на множестве с явно выраженными спектральными компонентами. Корректирующая способность кода  $t = 5$ .

Выявление подмножеств последовательностей с большим кодовым расстоянием основывалось на анализе корреляционного спектра всех 32 последовательностей. На основе анализа спектральной и структурной регулярности корреляционных спектров мажоритарных последовательностей удалось сформировать конструкции из 120 множеств нелинейных последовательностей, состоящих из четырех слов с расстоянием  $d = 20$ . На рисунке 1 приведен пример одной из конструкций кода с  $d = 20$ . В таблице указаны номера мажоритарных последовательностей с улучшенной корректирующей способностью равной  $t = 9$ .

7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
12	12	12	14	14	14	9	9	9	10	10	10	11	11	11
17	18	22	17	18	20	18	19	21	17	19	21	17	18	21
30	29	25	28	27	25	31	30	28	31	29	27	30	29	26

Рисунок 1 – Номера последовательностей корректирующих все конфигурации ошибок кратностью 9

Для ускорения процесса синхронизации и декодирования информации в совмещенном канале с мажоритарным кодированием можно использовать известный алгоритм быстрого преобразования Адамара.

Список использованных источников:

1. Лосев, В. В., Бродская, Е. Б., Коржик, В. И. Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов / под ред. В. И. Коржика. – М.: Радио и связь, 1988. – с.