

ФРАКТАЛЬНЫЕ КОДОВЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ БАРКЕРА

Стальной А.Я.

ОАО, «НПО«АЛМАЗ» имени академика Расплетина А.А.

Известно большое количество различных кодовых последовательностей, которые могут быть использованы для формирования фазоманипулированных (ФМ) сигналов (1-5). Наиболее известны кодовые последовательности Баркера, Хаффмена (1), а также коды М-последовательностей и Б-коды. Все они имеют функцию неопределенности с минимальной площадью эллипса неопределенности и достаточно низким уровнем боковых лепестков, а это обеспечивает, в конечном результате цифровой обработки, максимальную точность одновременного измерения параметров времени и частоты или соответственно координат дальности и скорости.

В радиолокационной астрономии и радиолокационной обработке изображений находит применение простое двоичное кодирование фазы, причем, в последовательности кодов Баркера или кодов М-последовательностей. Очевидно, что такое кодирование будет эффективным, если длительность кодового интервала не превышает интервала когерентности данной составляющей эхо-сигнала. В противном случае необходимо использовать алгоритмический инструментарий цифровой согласованной фильтрации.

Преимущества цифрового декодирования в том, что оно дает большую свободу выбора дискрета и длины кода с сохранением теоретического уровня боковых лепестков.

Предлагаемые фрактальные кодовые последовательности Баркера (ФКПБ) сохраняют низкий уровень боковых лепестков, уменьшают с увеличением их длины эллипс неопределенности. ФКПБ обеспечивают достаточно хорошие условия для цифровой корреляционной обработки ФМ сигналов и могут, наряду с известными кодовыми последовательностями Баркера (таблица 1), эффективно использоваться, например, как синхронизирующие коды в системах связи или для формирования зондирующих ФМ сигналов в радиолокационных системах.

Таблица 1. Коды Баркера

N	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	дБ
5	1	1	1	-1	1									14
7	1	1	1	-1	-1	1	-1							17
11	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1			21
13	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	23

В первом столбце таблицы указана длина кода, в последнем столбце - величина превышения главного лепестка над основным боковым, выраженная в децибелах.

Корреляционные функции известных кодов Баркера идентичны по виду (рис. 1).

Коды, названные фрактальными, получаются следующим простым способом:

- формируется матрица, как результат векторного умножения двух любых, в том числе и получаемых фрактальных, кодов Баркера. Кодовая последовательность, получаемая последовательным чтением элементов такой матрицы по строкам, названа фрактальным кодом Баркера.

Образует фрактальные коды из кодов Баркера N=7 и N=13

код7 – вектор-строка кода Баркера длиной 7 единиц,

код7^T – вектор-столбец код7, “T”- символ транспонирования,

код13 - вектор-строка кода Баркера длиной 13 единиц

Векторное умножение векторов дает матрицу

$$MKoda = kod7^T \times kod7$$

$$MKoda = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \cdot$$

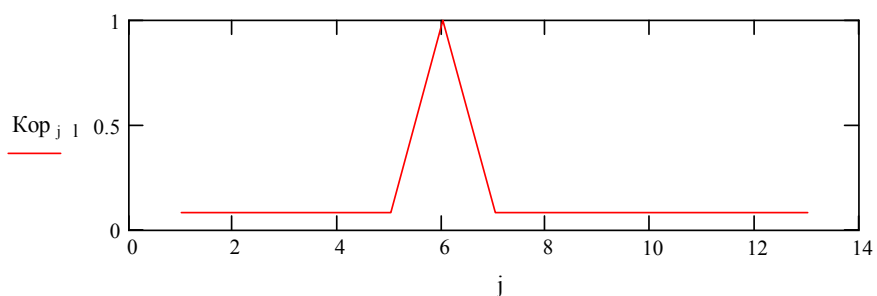


Рис.1 Корреляционная функция кода Баркера 13

Последовательное чтение элементов матрицы M_{koda} дает фрактальный код длины $N=7 \times 7=49$.

вид корреляционной функции kod_{49} приведен на рис.2.

Величина превышения главного лепестка над основным боковым равна соответствующей величине (14 дБ) кода Баркера для $N=7$.

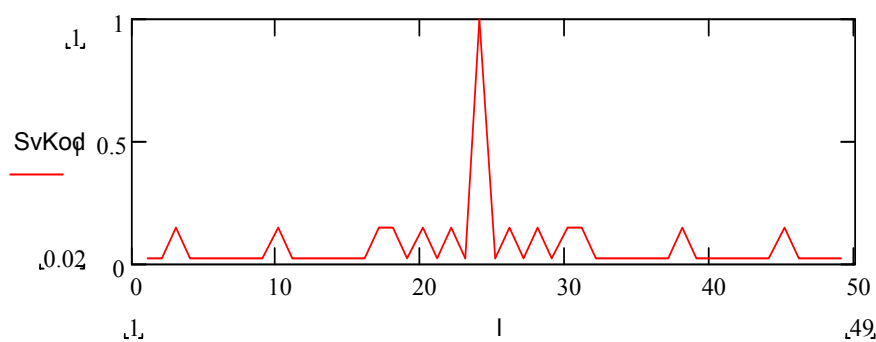


Рис.2 Корреляционная функция фрактального кода Баркера - kod49

Векторное умножение векторов дает матрицу

$$MKoda = kod_{11}^T \times kod_{13}$$

Последовательное чтение элементов матрицы M_{koda} дает фрактальный код длины

$$N=11 \times 13=143$$

Вид корреляционной функции kod_{143} приведен на рис.3.

Величина превышения главного лепестка над основным боковым равна соответствующей величине (21 дБ.) кода Баркера для $N=11$.

При любом построении фрактального кода Баркера, величина превышения главного лепестка над основным боковым будет равна соответствующей величине децибел наименьшего по длине используемого кода Баркера.

Получаемые кодовые последовательности названы фрактальными кодовыми последовательностями Баркера (ФКПБ), так как для их построения используются известные кодовые последовательности Баркера. Корреляционные свойства или вид корреляционных функций, получаемых таким образом, ФКПБ, зависят от последовательности выполнения векторных умножений.

К примеру, так же хорошо известные, кодовые последовательности Уилларда можно использовать для построения фрактальных кодов, однако, получаемые кодовые последовательности не сохраняют корреляционных свойств кодовых последовательностей Уилларда, несмотря на то, что последние имеют корреляционные функции схожие с корреляционными функциями кодовых последовательностей Баркера. Возможно, в этом еще одно проявление уникальности кодов Баркера.

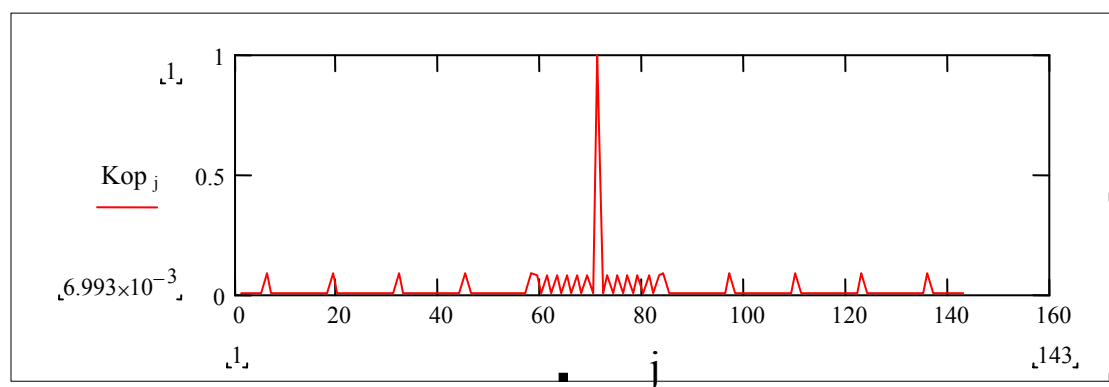


Рис.3 Корреляционная функция фрактального кода Баркера – kod143

Предложенные фрактальные кодовые последовательности Баркера (ФКПБ) могут служить алгоритмическим инструментарием при построении устройств цифровой обработки сигналов в системах связи и радиолокации.

Литература

1. Тихонов В.Н., “Теоретическая радиотехника”, Москва, “Сов. Радио”, 1966г.
2. Ширман Я.Д., Голиков В.Н., “Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерения их параметров”, Москва, “Сов. Радио”, 1963г.
3. Денисенко А.Н. “Сигналы с фазовой и частотной модуляцией”, Москва, “Издательство стандартов”, 1994г.
4. Бернад Складар, “ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ, Теоретические основы и практическое применение”, Москва-Санкт-Петербург-Киев, ”W”, 2003г.
5. Питерсон У., “Коды, исправляющие ошибки”, Москва, “МИР”, 1964г.

Фрактальные коды Баркера могут служить алгоритмическим инструментарием при построении устройств цифровой обработки информации в системах связи и радиолокации.

The fractal codes of Barcer can serve algorithmic toolkit at construction of devices of a digital data processing in communications systems and radiolocation.

