



УДК 621.391.3

# СПОСОБ СИНХРОНИЗАЦИИ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Шпинковский А.А., Шпинковская М.И., Шпинковский А.А.  
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

**Аннотация:** На основе свойств псевдослучайных последовательностей Баркера предлагается их использование в устройствах кадровой синхронизации передачи сообщений.

**Abstract:** On the basis of properties of pseudorandom sequences of Barker their use is offered in phasers passing of messages.

**Ключевые слова:** псевдослучайная последовательность, код Баркера, синхронизация

Передача и обработка информации датчиков и исполнительных устройств является одним из важнейших составляющих функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (например систем отгрузки, хранения, перемещения грузов). Подавляющее большинство таких систем являются многоканальными, то есть в них, в отличие от одноканальных, присутствуют операции уплотнения отдельных каналов для передачи данных в общем канале с последующим их разделением [1]. Наряду с известными частотным и временным, прогрессирует кодовый метод уплотнения передаваемой информации. В основе этого метода - использование сигналов с расширенным спектром, относящихся к категории сложных сигналов [1,2].

При проектировании таких систем важным является решение следующих вопросов:

1. Выбор вида сигналов с необходимыми спектральными и корреляционными характеристиками;
2. Выбор метода синхронизации во времени генераторов псевдослучайных последовательностей (ПСП), используемых на передающей и приемной сторонах.

Распространены следующие устройства синхронизации генераторов ПСП на основе временного дискриминатора [2]. Этим схемам присущи такие недостатки как: сложность реализации, большое время вхождения в синхронизм и заметность длительных моментов срыва синхронизма.

Предлагается альтернативный способ синхронизации, который обеспечивает меньшее время вхождения в синхронизм. Отличительными особенностями является то, что на передаче в начале каждого блока информационной последовательности, размещается специальный сигнал синхронизации (уникальное слово), а на приемной стороне синхросигнал выделяется согласованным фильтром и запускает генератор псевдослучайной последовательности приемника сигнала, обеспечивая его синхронизацию во времени с передатчиком.

При этом гарантируется малое время вхождения в синхронизм, сопоставимое с длиной «уникального слова». Реализация такой процедуры временной синхронизации требует решения следующих задач: выбора вида синхросигнала, который должен иметь хорошие автокорреляционные свойства, обеспечивающие высокую вероятность его обнаружения на фоне помех и малый уровень взаимной корреляции с информационным содержанием, что и определяет надежность синхронизации в реальных условиях.

В системах временной синхронизации востребованы ПСП с автокорреляционными свойствами, близкими к идеальным, например последовательности Баркера с уникальной формой автокорреляционной функции [3]. В настоящее время, известно ограниченное количество кодов Баркера весьма короткой длины  $m \leq 13$ . Вместе с тем, анализ характеристик ПСП показывает что помехоустойчивость системы синхронизации определяется не только уникальными автокорреляционными свойствами кодов, но и возрастает с увеличением полной энергии синхросигналов, т.е., фактически, с увеличением длины последовательности. Поэтому для построения помехоустойчивых систем синхронизации теоретически необходимо использовать более длинные ПСП.

Становятся актуальными следующие задачи:



### ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

- поиск конструктивного способа построения длинных синхросигналов с хорошими автокорреляционными свойствами, пригодными для систем синхронизации и избавляющими от необходимости переборного их поиска;

- проверка помехоустойчивости обнаружения синхросигналов в случайном потоке информационных символов.

Последовательности Баркера обозначаются и имеют вид согласно табл.1, где полярность символов будем отмечать знаками «+» и «-», что соответствует алфавиту  $\{+1, -1\}$ , и графики автокорреляционных функций (АКФ), аналогичные представленным на рис.1 для длины  $m=11$ .

Таблица 1  
Канонические коды Баркера

Длина кода n	Обозначение кода	Последовательность символов
1	C1	+
2	C2	-+
3	C3	++-
4	C4	+++
5	C5	++++
7	C7	++++-
11	C11	++++-+-
13	C13	++++-++-

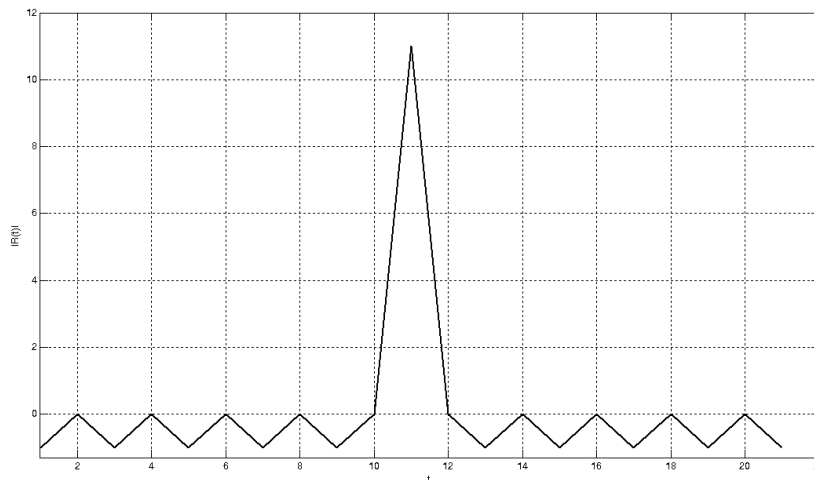


Рис. 1. АКФ кода Баркера длины  $m=11$ .

Системы синхронизации с использованием ПСП характеризуются двумя основными режимами работы:

- режимом «чистого» входа системы в синхронизацию при отсутствии полезного сообщения;
- режимом синхронизации на фоне смеси полезного сообщения и шума канала.

Основными элементами предлагаемой системы синхронизации являются: демодулятор входного сигнала, согласованный фильтр, пороговое устройство, генератор синхроимпульсов, линия задержки и декодирующее устройство. Предполагается, что в начале каждого пакета (кадра) данных передается специальный синхросигнал, который выделяется согласованным фильтром. Синхронизирующие импульсы после порогового устройства с целью снижения вероятности ложного срабатывания поступают на многоотводную линию задержки. Стабильный генератор вырабатывает последовательность коротких прямоугольных импульсов с частотой следования кадров. При поступлении синхросигнала на вход стабильного генератора синхроимпульсов происходит привязка по фазе ко входному сигналу.

Так как вычисление свертки происходит после демодулятора, то проявление ошибок будет проявляться в виде изменения значения отдельных позиций сигнала на противоположные значения.



## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Рассмотрим поведение АКФ кода Баркера длины  $m=11$  при воздействии разных мешающих факторов. Моделирование осуществлялось в пакете Matlab. Воздействие однократной ошибки поочередно на все элементы сигнала показано на рис. 2.

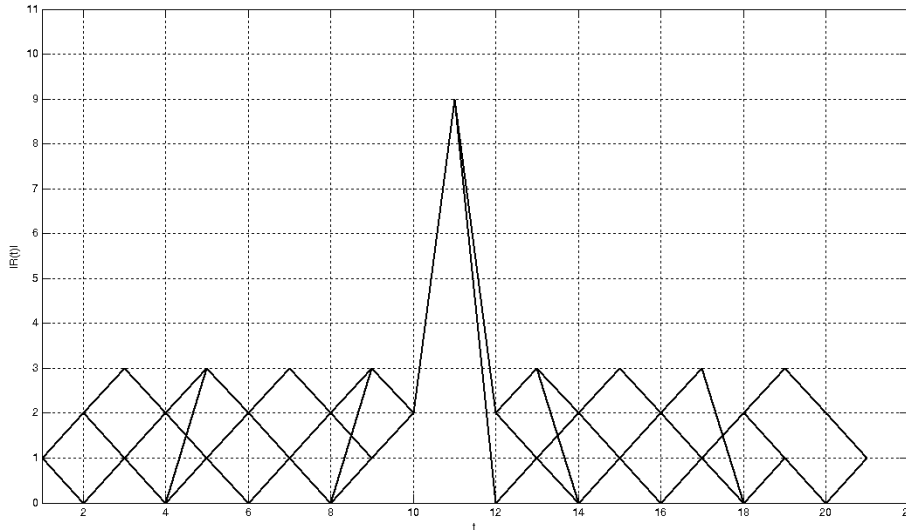


Рис. 2. АКФ кода Баркера длины  $m=11$  при наличии однократной ошибки.

Анализ графика показывает, что при установке порога в решающем устройстве на уровне  $Z=9$  любая однократная ошибка будет исправлена. Максимальный боковой лепесток АКФ возрос до значения  $|R_{\sigma_{\max}}| = 3$ , главный пик при неизменном положении во времени снизился до значения  $R_{0_{\max}} = 9$ .

Моделирование этого кода при воздействии двукратных ошибок поочередно на все элементы сигнала приведено на рис 3.

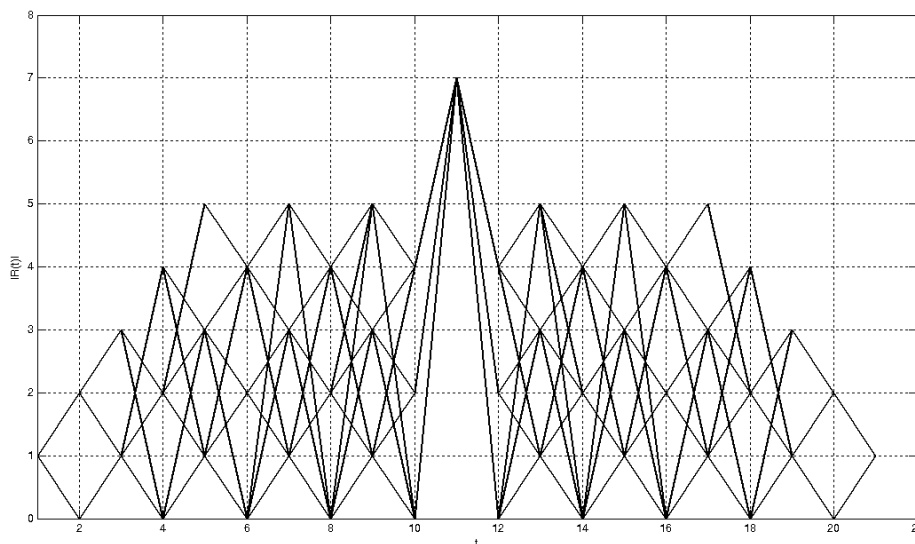


Рис. 3. Модуль АКФ кода Баркера длины  $m=11$  при наличии двукратной ошибки.

Максимальный боковой лепесток АКФ возрос до значения  $|R_{\sigma_{\max}}| = 5$ , главный пик при неизменном положении во времени снизился до значения  $R_{0_{\max}} = 7$ . В отличие от  $C7$ , код  $C11$  позволяет исправить все двукратные ошибки, следовательно его корректирующая способность составляет  $r = 2$ .



## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Рассмотрим влияние на С11-код ПСП, которая имитирует поток данных. Результаты моделирования показаны на рис. 4.

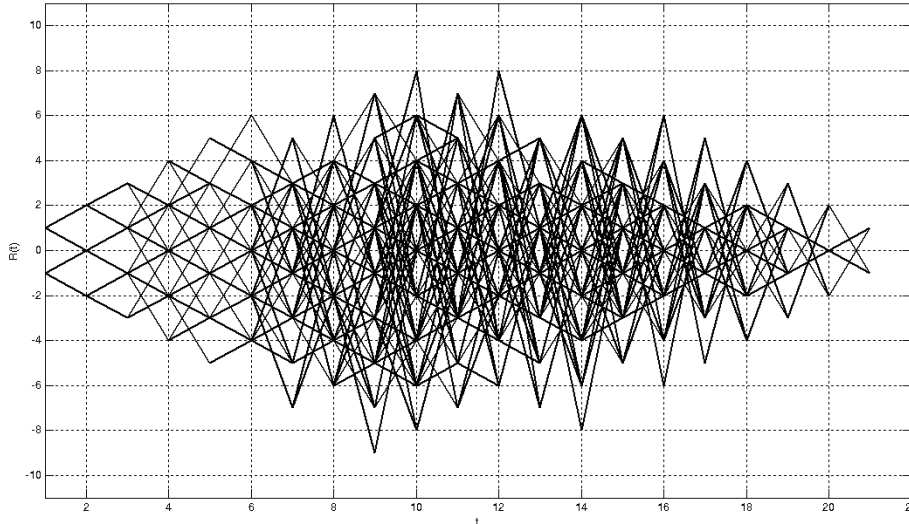


Рис. 4. Отклик на выходе фильтра согласованного с кодом Баркера длины  $m=11$  при воздействии на входе ПСП с числом реализаций  $n=1000$ .

Очевидно, что С11-код Баркера можно использовать в устройстве синхронизации только при отсутствии пакета данных.

В таблице 2. приведена зависимость корректирующей способности канонических кодов Баркера в зависимости от их длины.

Таблица 2.

Зависимость корректирующей способности канонических кодов Баркера от их длины.

Длина кода $N$	Кратность ошибки $\gamma$	Порог решающего устройства $z$
1	0	1
2	0	2
3	0	3
4	0	4
5	1	3
7	1	5
11	2	7
13	2	9

Увеличение длины суммарной линии задержки в устройстве синхронизации позволяет обеспечить надежную синхронизацию, но ценой увеличения времени входа в синхронизм.

Из таблицы 2 видно, что код Баркера можно использовать в устройствах синхронизации только при отсутствии пакета данных. Целью дальнейшей работы в данном направлении является исследование известных и поиск новых ПСП для устройств синхронизации с корреляционными свойствами не хуже кодов Баркера.

#### Литература.

1. Малахов В.П. Моделивання багатоканальної системи збирання інформації / В.П. Малахов, М.І. Шпинковська // Зб. наук. праць УДМТУ. - Миколаїв, 2002.-№ 5. – с.118-123.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М: Радио и связь, 1985. — 384 с.
3. Банкет В.Л., Композитные коды Баркера (Зб. «Цифрові технології») / Банкет В.Л., Токарь М.С. // Режим доступу до журн.: <http://digitech.onat.edu.ua/welcome/art/28.html>