

МЕТОД ВРЕМЕННОГО ЗАПАЗДЫВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БИНАРНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ХАОТИЧЕСКИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Савельев С.В.

Институт радиотехники и электроники Российской Академии наук
141120, Фрязино, пл. Введенского, 1, ФИРЭ РАН
Тел.: (095) 5269049, e-mail: kalinin@ms.ire.rssi.ru

Предложен метод формирования хаотической бинарной последовательности на основе использования временной реализации хаотической функции. Численно показана возможность создания семейства ортогональных кодовых последовательностей на базе одной хаотической бинарной последовательности с использованием временной задержки порядка характеристического периода порождающей хаотической функции.

Глобальное распространение индивидуальных носимых средств связи с требованиями обеспечения помехоустойчивости и скрытности с необходимостью диктует условия на разработку новых принципов формирования семейств кодирующих сигналов с большим объемом. Частичное решение проблемы представлялось в переходе от традиционных систем связи с частотно-временным разделением абонентов к системам с кодированием широкополосными псевдослучайными сигналами, когда каждый из абонентов обязан использовать индивидуальный код или свою кодовую последовательность. Однако стремительное и неуправляемое развитие персональных связанных систем стимулирует поиск новых семейств хаотических кодовых последовательностей с практически неограниченным объемом.

Применение хаотических сигналов для формирования хаотических кодовых сигналов позволяет существенно повысить возможности связанных систем с кодовым разделением абонентов [1]. Методы нелинейной динамики дают широкие возможности в применении ансамбля хаотических кодов с статистически необходимыми групповыми свойствами [2,3]. Интерес представляет проблема разработки методики построения семейства бинарных ортогональных последовательностей с использованием хаотического сигнала, имеющего реальную эффективную техническую реализацию.

Методика построения семейств бинарных ортогональных хаотических последовательностей может иметь в своей основе первоначальное построение базисной хаотической бинарной последовательности на базе реальной хаотической функции, и создание семейства бинарных ортогональных последовательностей путем введения индивидуального временного сдвига в базисную последовательность для каждой бинарной последовательности из порождаемого семейства. Построение базисной бинарной хаотической последовательности в простейшем ассиметричном случае можно представить как:

$$B_k = \frac{1}{2} \{ 1 + \text{sign}[F'(t_k)] \}$$

где производная хаотической функции $F(t)$ вычисляется в моменты времени, связанные рекуррентным соотношением:

$$\frac{2\pi}{\omega_d} = \int_{t_k}^{t_{k+1}} \{ 1 + [F'(t)]^2 \} dt$$

частота – суть частота дискретизации для функции $F(t)$ в соответствии с теоремой

$$\frac{2\pi}{\omega_d} \geq t_{r+1} - t_k$$

Котельникова. Интеграл вычисляется по кривой временной реализации функции $F(t)$ при движении изображающей точки с единичной скоростью. Накладываемое условие означает, что для всех k справедливо соотношение:

указывающее на то, что временной интервал разбиения по Котельникову не превышает длительности одного символа бинарной последовательности. Такое свойство полученной бинарной последовательности является необходимым и достаточным условием хаотичности последовательности формируемых единичных символов в соответствии с предложенным методом.

Применение в цифровой обработке сигналов микропроцессорных средств и продвижение их рабочих частот вверх позволяет просто в реальном времени реализовать семейство бинарных ортогональных хаотических последовательностей на базе одной порождающей бинарной последовательности. Реализация предлагаемого метода основана на статистических свойствах локально неустойчивых систем, когда функция автокорреляции от функции, представляющей хаотическую систему, спадает до микроскопического уровня за время предсказуемости, по порядку величины равное характерному времени обхода странного аттрактора системы [4]. В работе [5]

исследовано влияние задержки хаотического кода на свойство взаимной ортогональности первоначальной и задержанной бинарной последовательности. Показано, что свойство взаимной ортогональности позволяет осуществить статистическое разделение бинарных последовательностей при относительной задержке, превышающей длительность одного символа. Проследим изменение функции автокорреляции бинарной последовательности, реализованной в соответствии с предложенной методикой, в случае реальной хаотической функции $F(t)$.

Рассмотрим систему с выделенной инерционностью, демонстрирующую богатый спектр хаотической динамики в широком диапазоне определяющих параметров [6,7]. Интерес к рассматриваемой модели состоит и в том, что она легко реализуема в широком частотном диапазоне вплоть до СВЧ диапазона длин волн, где является единственно известной динамической моделью, адекватно описывающей реальные транзисторные СВЧ системы, когда динамика может быть описана следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{F} &= G + (m_1 + m_2)F - FJ; & F \leq q \\ \dot{F} &= G - m_2F - qF; & F \geq q \\ \dot{G} &= -F \\ \dot{Z} &= -gZ + gI(F - m_2J)(F - J)^2; & I(y) = \begin{cases} 1, & y \geq 0 \\ 0, & y \leq 0 \end{cases} \\ \dot{J} &= F - J \end{aligned}$$

Здесь обозначения переменных и параметров такие же, как в [6,7]. Для построения базисной хаотической бинарной последовательности использовалась временная реализация $F(t)$ в области параметров системы, соответствующих развитой хаотической динамике, когда дифференциальный закон распределения плотности вероятности близок к нормальному Гаусову. Методика построения семейства бинарных ортогональных хаотических последовательностей на основе базисной бинарной последовательности основывается на эволюции автокорреляционной функции:

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} B_k(t)B_k(t+T)dt$$

Основные аспекты такого исследования имеют под собой цель выяснить значение величины временного сдвига T приводящей к потере связи с предысторией для бинарной хаотической последовательности. Численный анализ продемонстрировал быстрое падение функции R до нулевого значения уже при значениях T порядка длительности десяти единичных символов бинарной последовательности, что по порядку величины соответствует характерному периоду колебаний $F(t)$.

Таким образом, расчеты зависимости автокорреляционной функции R от времени демонстрируют простой метод создания семейства бинарных ортогональных хаотических последовательностей на основе базисной бинарной хаотической последовательности путем последовательного введения относительной задержки порядка десяти длительностей единичного бинарного символа. Свойство взаимной ортогональности и хаотичности получаемых бинарных последовательностей дает возможность использовать их в качестве персональных хаотических кодов для связанных систем. Предложенная методика построения семейства бинарных ортогональных хаотических последовательностей позволяет реально осуществить ее продвижение в качестве реального воплощения в любом диапазоне длин волн вплоть до миллиметров в качестве набора хаотических кодов с практически неограниченным информационным объемом.

Автор выражает благодарность академику Кислову В.Я. за полезные замечания и ценные советы при проведении работы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 01-02-17529.

Литература

1. Ю.В.Гуляев, В.Я.Кислов, В.В.Кислов. Новый класс сигналов для передачи информации – широкополосные хаотические сигналы // ДАН. 1998. Т.359. №6. С.750.
2. Калинин В.И. Цифровая обработка хаотических сигналов в динамических системах с запаздыванием. 3-я международная конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и ее применение». 29 ноября – 1 декабря 2000. Москва. Россия. Доклады. Том.1. С.41.
3. Беляев Р.В., Воронцов Г.М., Калинин В.И., Колесов В.В. Передача информации на основе хаотических бинарных кодов с метрикой Хемминга. Труды 4 международной научно-технической конференции. Perspective Technology in the Mass Media – PTMM'2001/ 15-17 августа 2001. Владимир – Суздаль. С.21.
4. Ланда П.С., Неймарк Ю.И. Стохастические динамические системы // М.: Наука, 1990. 460 С.
5. Калинин В.И., Беляев Р.В., Колесов В.В. Сжатие ФКМ – сигнала при синхронизации хаотического кода в канале связи с расширением спектра. 57 научная сессия, посвященная дню радио. 15-16 мая 2002 года, г. Москва. Труды. Т.2. С.6.
6. Савельев С.В. Бифуркационные явления с аддитивным увеличением периода колебаний в одномодовой радиотехнической системе. // Радиотехника и электроника. 1992. Т.37. Вып.6. С.1064.
7. Кислов В.Я., Савельев С.В. Переход порядок – хаос в системе двух связанных автогенераторов с выделенной инерционностью. // Радиотехника и электроника. 1994. Т.39. Вып.6. С.963.



THE TIME DELAY METHOD FOR CRATE BINARI NO SYNCHRONIZATION CHAOTIC CODES

Savelyev S.

Abstract: The new method of form chaotic binary cods was developed. The method based on the using single time realization of chaotic function. The carrying out computer modeling has shown the efficiency of proposed time delay method to crated no synchronization chaotic codes with large information.