

ИССЛЕДОВАНИЕ АНСАМБЛЕЙ СОСТАВНЫХ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НА БАЗЕ ФУНКЦИЙ УОЛША И ГОЛДА

Попрыгин А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Компьютерной радиоинженерии
и систем технической защиты информации (КРиСТЗИ),
тел. (057) 702-13-06, email: poprugin97@gmail.com.

Orthogonal and correlation properties of the complex binary sequences that are based on Gould and M-sequences, providing large ensembles and acceptable correlation properties, and Walsh sequences that provide orthogonal properties were analyzed.

Псевдослучайные бинарные последовательности (ПСП) в системах беспроводной связи применяются для защиты передаваемых данных от несанкционированного доступа и расширения спектра сигнала. В общем случае к таким ПСП предъявляются следующие требования: большой объем ансамбля последовательностей, формируемых с помощью единого алгоритма; «хорошие» авто- и взаимно-корреляционные свойства последовательностей, входящих в состав ансамбля; сбалансированность структуры, то есть число единиц и нулей в ней должно отличаться не более чем на один символ; максимальный период для заданной длины регистра сдвига, формирующего последовательность; непредсказуемость структуры последовательности по ее неискаженному сегменту ограниченной длины.

Известные методы формирования ПСП обладают определенными недостатками и не всегда способны удовлетворить в полной мере требованиям, предъявляемым к большой системе сигналов. В ряде работ последнего времени предложен новый класс псевдослучайных сигналов – составные или сложные псевдослучайные последовательности (СПСП). Такие последовательности образуют, комбинируя различные исходные компоненты. Подбирают компоненты таким образом, чтобы полученные системы составных сигналов обладали лучшими свойствами, чем исходные. Составные последовательности обладают целым рядом достоинств, к которым можно отнести: 1) наличие регулярных методов синтеза; 2) возможность получения больших ансамблей сигналов, обладающих представительным набором длин при приемлемых корреляционных свойствах; 3) возможность ускорить поиск и упростить обработку сигнала на приемном конце радиолинии; 4) сравнительно несложная технология формирования.

Рассмотрим в качестве несущих последовательности из ансамбля Уолша четвертого порядка $Wal_1 - Wal_4$. В качестве формирующих последовательностей выберем М-последовательности длины 31 $M_1 - M_4$. В таком случае можно получить ансамбль из четырех СПСП:

$$seq_i = Wal_i \cdot M_1 + Wal_i \cdot M_2 + Wal_i \cdot M_3 + Wal_i \cdot M_4. \quad (1)$$

Максимальный боковой пик нормированных АКФ ансамбля СПСП равен 0.21, среднее значение боковых пиков составляет 0.045, что говорит о приемлемых, но далеко не близких к М-последовательностям длины 127 (приблизительно в 2 раза хуже) свойствах АКФ. Максимальный уровень пиков ВКФ не превышает 0.2, что практически совпадает с таковым – 0.17 – у М-последовательностей длины 127. При этом средние значения пиков ВКФ М-последовательностей и сформированного ансамбля СПСП практически совпадают – 0.044 против 0.045 соответственно. Проверка на ортогональность дает ноль по всем парам последовательностей из сформированного ансамбля.

Значительно увеличить объем ансамбля можно путем замены формирующего ансамбля семейством из 31-ти последовательности Голда G длины 31. В этом случае количество возможных СПСП длины 124 возрастает до 27405.

Для дальнейших расчетов сформируем ансамбль из восьми СПСП по правилу:

$$\begin{aligned} seq_1 &= Wal_1 \cdot G_1 + Wal_1 \cdot G_2 + Wal_1 \cdot G_3 + Wal_1 \cdot G_4; \\ seq_2 &= Wal_2 \cdot G_5 + Wal_2 \cdot G_6 + Wal_2 \cdot G_7 + Wal_2 \cdot G_8; \\ seq_3 &= Wal_3 \cdot G_9 + Wal_3 \cdot G_{10} + Wal_3 \cdot G_{11} + Wal_3 \cdot G_{12}; \\ seq_4 &= Wal_4 \cdot G_{13} + Wal_4 \cdot G_{14} + Wal_4 \cdot G_{15} + Wal_4 \cdot G_{16}; \\ seq_5 &= Wal_1 \cdot G_1 + Wal_1 \cdot G_5 + Wal_1 \cdot G_9 + Wal_1 \cdot G_{13}; \\ seq_6 &= Wal_2 \cdot G_2 + Wal_2 \cdot G_6 + Wal_2 \cdot G_{10} + Wal_2 \cdot G_{14}; \\ seq_7 &= Wal_3 \cdot G_3 + Wal_3 \cdot G_7 + Wal_3 \cdot G_{11} + Wal_3 \cdot G_{15}; \\ seq_8 &= Wal_4 \cdot G_4 + Wal_4 \cdot G_8 + Wal_4 \cdot G_{12} + Wal_4 \cdot G_{16}. \end{aligned} \quad (2)$$

Максимальный боковой пик нормированных АКФ ансамбля СПСП равен 0.26, среднее значение боковых пиков составляет 0.047, что незначительно хуже СПСП на основе М-последовательностей. Максимальный уровень пиков ВКФ не превышает 0.24, что практически совпадает с таковым у ансамбля на основе М-последовательностей (0.2). При этом средние значения пиков ВКФ М-последовательностей и сформированного ансамбля СПСП практически совпадают – 0.047 против 0.045 соответственно. Проверка на ортогональность дает ноль по всем парам последовательностей из сформированного ансамбля.

Таким образом, составные псевдослучайные последовательности на основе последовательностей Уолша и М-последовательностей (последовательностей Голда) имеют определенные преимущества по сравнению с последовательностями Уолша или М-последовательностями, т.к. позволяют обеспечить приемлемые, как корреляционные, так и ортогональные свойства.

Список использованной литературы: 1. Гантмахер В.Е. Шумоподобные сигналы. Анализ. Синтез. Обработка / Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2005. – 400 с. 2. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения Мир связи, Техносфера, 2007. – 488с.