



А.А. Харенко, И.К. Мешков, А.Р. Гизатулин

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ С DFT-S-OFDM

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Цифровая технология обработки передаваемых данных в беспроводных каналах связи DFT-S-OFDM (Discrete Fourier transform spread orthogonal frequency-division multiplexing) [1], используется в восходящем канале LTE и позволяет формировать сигналы с одной несущей с различной шириной полосы пропускания путем изменения размера DFT блока преобразования.

В DFT-S-OFDM символы данных сначала распределяются с помощью блока ДПФ (дискретного преобразования Фурье), а затем передаются на вход блока ОДПФ (обратного дискретного преобразования Фурье). Циклический префикс добавляется к символу для подавления межсимвольной интерференции (МСИ), возникающей из-за многолучевого распространения сигнала и для выравнивания частотной характеристики сигнала на приеме. DFT-S-OFDM позволяет произвести предварительную цифровую обработку сигнала OFDM, для уменьшения отношения пиковой мощности к средней (PAPR). Такая обработка позволяет добиться различных способов предварительного кодирования с целью управления уровнем PAPR. Также DFT-S-OFDM можно рассматривать как схему, которая дискретизирует символы полезных данных с коэффициентом, равным соотношению размеров блоков ОДПФ и ДПФ, и применяет круговое формирование импульсов функцией формирования, перед расширением циклического префикса. Исходя из этого, DFT-S-OFDM формой высокочастотного сигнала аналогичен сигналу с одной несущей частотой, где длительность передаваемого импульса обратно пропорциональна занимаемой ширине полосы частот, которые позволяют использовать однократное выравнивание частотной характеристики, так же как у SC-FDE на приеме. В SC-FDE, циклический префикс или фиксированная последовательность, также известная как последовательность с уникальными словами, сначала присоединяется к началу и/или концу каждого блока символов данных. Затем, символы линейно свертываются с предопределенной функцией формирования импульсов. Исходя из этого, SC-FDE отличается от DFT-S-OFDM тем, что он использует линейную свертку и генерирует циклический префикс или уникальные слова перед формированием импульса. Из-за различий в методах свертки SC-FDE поддерживает непрерывность сигнала между соседними символами и обеспечивает меньшие внеполосные потери, в то время как DFT-S-OFDM не обеспечивает плавного перехода между последовательными символами. Также необходимо учитывать, что в DFT-S-OFDM формы импульсов, связанные с символами данных, могут потерять свою непрерывность во времени. Главный сформированный спектр, связанный с первым входом ДПФ, может появиться в начале и хвосте символа DFT-S-OFDM, создавая резкие переходы между сформированными импульса-



ми. Кроме того, DFT-S-OFDM включает в себя также циклический префикс, который вводит еще один источник разрыва между соседними символами.

Несмотря на различия между формами сигнала с одной несущей и DFT-S-OFDM, их совместные варианты предоставляют путь к гибкой структуре для цифровых схем обработки, передаваемых полезных данных в будущих перспективных технологиях беспроводной передачи данных 5G и 6G.

Литература

1. Flexible DFT-S-OFDM: solutions and challenges / Sahin, R. Yang, E. Bala, M. C. Beluri, and R. L. Olesen // IEEE Commun. Mag. – 2016. – Vol. 54, № 11. – P. 106–112

К.А. Ходов, И.А. Лёзин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИГНАЛОВ

(Самарский университет)

Системы на основе вейвлет-преобразований играют огромное значение для решения научных и технических задач. Такие системы применяются в области медицины для анализа различных сигналов человеческой деятельности. К примеру, для электрокардиографии или электроэнцефалографии. Вейвлет-преобразование решает проблему разрешимости, свойственную преобразованию Фурье и позволяет определить наличие спектральных компонент исходного сигнала во времени.

В основе электрических явлений, происходящих в человеческом сердце, лежит проникновение различных ионов натрия, калия, хлора через стенку клеточной мембраны. Таким образом, при накоплении определённого заряда образуется электрический разряд в клетках. Этот процесс можно разделить на одну предварительную и четыре основных фазы, каждая из которой отвечает за поляризацию или деполяризацию клеточной мембраны [1].

Для анализа сигналов важнейшим видом преобразования является непрерывное преобразование Фурье. Это проверенный метод, который позволяет выделить частотные компоненты исходного сигнала. При этом сигнал раскладывается в базис синусов и косинусов различных частот. Количество этих функций – бесконечно большое. Коэффициенты преобразования находятся путем вычисления скалярного произведения сигнала с комплексными экспонентами. Однако преобразование Фурье обладает рядом недостатков. В общем случае оно подходит только для анализа стационарных сигналов. Под стационарным сигналом понимается сигнал, частотные характеристики которого не изменяются со временем. Однако сигнал кардиограммы не является стационарным, следовательно, преобразование Фурье не даст необходимой информации об исходном сигнале в данном случае [2].