

МЕТОДЫ АППРОКСИМАЦИИ СИГНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ С УПРАВЛЯЕМОЙ МСИ

Сукачев Э.А., Шкулипа П.А.

METHODS OF CONTROLLED ISI SIGNAL FUNCTIONS APPROXIMATION

Sukachev E.A., Shkulipa P.A.

ИРТЭ ОНАС им. А.С. Попова, Украина

Аннотация. Рассматривается проблема аппроксимации сигнальных функций с управляемой межсимвольной интерференцией (МСИ) и компактным спектром в ортонормированных базисах. Обсуждаются особенности поиска оптимальных ортонормированных базисов.

Вопросы анализа и синтеза функций с управляемой МСИ, построенных на основе многопараметрических селективных сигналов с финитным спектром, рассматривались в ряде публикаций [1, 2].

Элементы множества сигналов с управляемой МСИ называют сигнальными функциями с частичным или парциальным откликом (partial response), а устройства для их формирования и передачи – системами с коррелятивным кодированием (correlative encoding) [3]. От сигналов, удовлетворяющих первому критерию Найквиста, парциальные сигналы отличаются наличием дополнительных отсчетов в тактовых точках, что и принято называть управляемой межсимвольной интерференцией. При передаче таких сигналов по каналам связи, соседние импульсы частично перекрываются, что приводит к возникновению корреляции между символами, что также нашло отражение в названии систем.

Одним из достоинств сигналов с управляемой МСИ, по сравнению с сигналами Найквиста, является возможность создавать необходимую форму спектральной плотности. Например, с заданным положением нулей на оси частот, что позволяет согласовывать спектр сигнала с частотными характеристиками тракта передачи.

Аналитическая запись парциального сигнала (импульсной реакции коррелятивного кодера) выглядит следующим образом:

$$g(t) = \sum_{i=0}^{L-1} c_i f(t - iT), \quad g(iT) = 0, \quad i \notin \{0, \dots, L-1\},$$

где L – количество ненулевых отсчетов в тактовых точках; $f(t)$ – импульсная реакция фильтра Найквиста, входящего в состав кодера; c_i – коэффициенты в отводах линии задержки трансверсального фильтра или значения импульсной характеристики кодера в отсчетные моменты, следующие через интервал T ; T – величины тактового интервала или длительность одного символа.

Функция $f(t)$ обладает финитным спектром и удовлетворяет первому критерию Найквиста. Кроме того, для реализации $f(t)$ можно использовать многопараметрические селективные сигналы, которые являются расширением традиционного класса сигналов Найквиста. Они не только удовлетворяют первому критерию Найквиста, но и обладают рядом дополнительных свойств. Один отсчет функции $g(t)$, например $g(kT)$, является информационным, а остальные $L - 1$ представляют собой управляемую межсимвольную интерференцию, которая устраняется в решающем устройстве приемника.

Процесс аппаратного синтеза сигнальной функции с управляемой МСИ $g(t)$, принято разделять на три этапа.

На первом посредством выбора L , c_i и $f(t)$ определяют аналитическое выражение $g(t)$ с заданными свойствами в частотной и временной областях.

На втором выполняется аппроксимация парциального сигнала, для чего используются ортогональные базисы функций Уолша, Хаара и др. с учетом того, насколько простой оказывается аппаратная реализация базисных функций [4, 5].

На третьем производится сглаживание синтезируемой функции с управляемой МСИ при помощи аналогового ФНЧ. Минимизация неуправляемой МСИ в эквидистантных отсчетных точках, возникающей в процессе фильтрации, достигается оптимальным выбором АЧХ и ФЧХ сглаживающего ФНЧ.

Каждый из трех этапов связан с определенными трудностями и допускает множество оптимальных в том или другом смысле решений.

Литература

1. Сукачев Э.А., Шкулипа П.А. Аппаратная реализация сигнальных функций в системах с коррелятивным кодированием // Праці науково-практ. конф. "Перспективні технологічні та ринкові напрями розвитку телекомунікаційних послуг у новітніх безпроводових системах зв'язку" (22-24 березня 2007). – Одеса, 2007. – С. 89-90.
2. Сукачев Э.А., Ильин Д.Ю., Шкулипа П.А. Особенности синтеза селективных сигналов для цифровых телекоммуникационных систем // Материалы Междунар. научно-техн. конф. «Технологии цифрового вещания: стратегия внедрения в Украине» (ДВТ-2006, 29-30 июня 2006 г.). – Одесса, 2006. – С. 165-167.
3. Андреев А.М. и др. Состояние теории и практики использования сигналов с частичным откликом // Зарубежная радиоэлектроника. – 1992. – № 9. – С. 57-83.
4. Сукачев Э.А., Лабунский В.А., Шкулипа П.А. Применение вейвлетов Хаара для аппроксимации селективных сигналов с компактным спектром // Сб. науч. трудов 2-го Междунар. радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» (МРФ-2005). – Т. IV. Междунар. конф. «Телекоммуникационные технологии и сети» (МКТТС-2005, 19-23 сентября 2005 г.). – Харьков. – 2005. – С. IV-201 – IV-202.
5. Сукачев Э.А., Ильин Д.Ю., Шкулипа П.А. Особенности спектральных характеристик сигналов, представленных в базисе Хаара // Праці УНДІРТ. – 2006. – № 1(45)-2(46). – С. 27-28.