

## ЗАДАЧИ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МОДУЛЯЦИЮ С СУБПОЛОСНЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

Зайцев А.А., Кузнецов Е.П.

Рязанская государственная радиотехническая академия

В современных системах телекоммуникаций все большее развитие стали получать методы модуляции, позволяющие максимально повысить эффективность использования частотного ресурса и, при этом, использующие информацию об амплитудно-частотной характеристике канала и шумовой обстановке в выделенном диапазоне частот. Одним из базовых типов таких способов передачи является использование цифровой модуляции с множеством несущих (DMT – discrete multitone) [1]. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов (OFDM – orthogonal frequency division multiplexing), как частный случай цифровой модуляции со многими несущими, получил наибольшее распространение в уже имеющихся системах связи. Однако существует и более эффективный способ построения системы передачи информации получивший название модуляции с субполосным мультиплексированием (SDM – subband division multiplexing). Его отличие от OFDM состоит в способе мультиплексирования, а именно, в использовании банков фильтров вместо применения аппарата прямого и обратного преобразования Фурье. Это делает возможным более эффективно выполнять обработку сигнала (например, эквалайзинг) поскольку спектр каждого канала становится ограниченным в рамках отведенной ему субполосы. При этом наложение спектров затрагивает только соседние каналы, в то время как в системах с OFDM перекрытие спектров возникает практически во всем выделенном диапазоне частот (рис. 1).

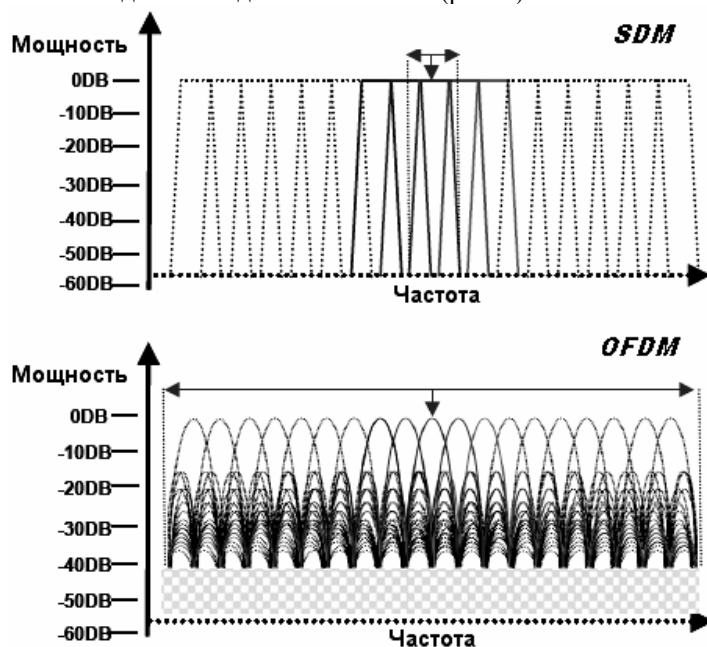


Рис. 1. Эффекты наложения спектров соседних частотных каналов в системах с SDM и OFDM.

Одной из важных задач при построении системы связи является идентификация модели канала передачи с целью компенсации вносимых им искажений (задача обратного моделирования) и с целью устранения переотраженных сигналов (задача прямого моделирования). Классическое решение этих задач подразумевает использование математического аппарата адаптивной обработки сигналов [2, 3]. В случае SDM модуляции адаптация должна проводиться для каждой из субполос. Таким образом, возникает необходимость использования адаптивной субполосной обработки сигналов. Данному направлению посвящен ряд работ [4, 5] и достигнуты значительные результаты.

Особенностью рассматриваемой в данном докладе задачи является тот факт, что нет необходимости идентифицировать модель канала целиком. Важно лишь устранить/уменьшить влияние канальных искажений в каждой отдельно взятой полосе. Предлагаемый подход основывается на пирамидальном построении системы анализа переданного широкополосного сигнала и каскадном адаптивном устранении искажений, вносимых каналом связи (рис. 2). При этом, по сравнению с прямым решением данной задачи, ожидается получение выигрыша как по минимизации вычислительных затрат, так и по качеству подавления искажений сигнала.

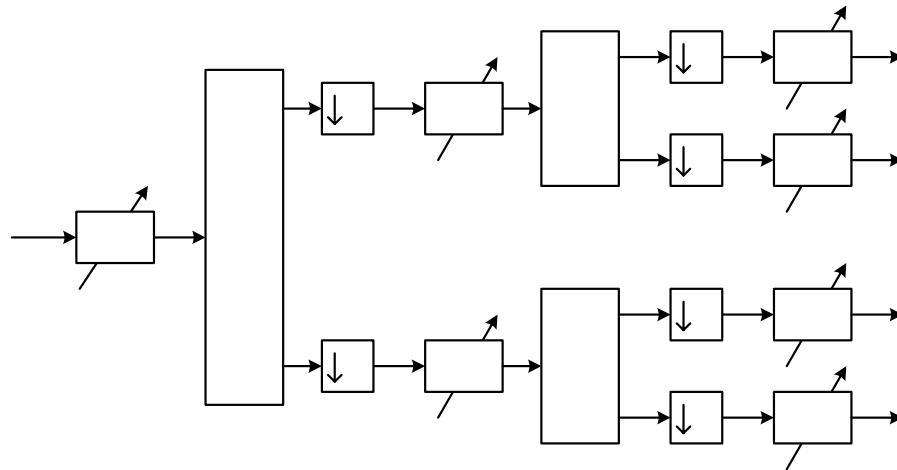


Рис. 2. Пирамидальная форма построения системы анализа приемного тракта системы связи с субполосным мультиплексированием.

**Литература**

1. J.A.C. Bingham, Multicarrier Modulation for Data Transmission: An idea whose time has come, IEEE Communication Magazine, pp. 5-14, May 1990.
2. Уидроу Б., Стринз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1989. — 440 с.
3. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. — М.: Мир, 1988. — 392 с.
4. S. Weiss, M. Harteneck, and R. W. Stewart. On Implementation and Design of Filter Banks for Subband Adaptive Systems. In IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS'98), Cambridge, MA, October 1998.
5. D.Marelli and M. Fu. A Subband Approach to Channel Estimation and Equalization for DMT and OFDM Systems. IEEE Transaction on Communications, Vol. 53, No. 11, November 2005.

