

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С КОМБИНАЦИОННЫМ УПЛОТНЕНИЕМ

Динь В.Ф.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Карпушкин Э.М. – к.т.н., доцент

Содержание статьи заключается в анализе помехоустойчивости многоканальной системы передачи с комбинационным уплотнением, которая характеризуется зависимостью вероятности ошибки от отношения сигнал/шум. Графики строятся и моделируются с учетом данных.

В системах с кодовым уплотнением сообщения в каналах представляются в бинарном (цифровом) виде. Каждый бит такого сообщения при линейном уплотнении после канального модулятора заполняется своей опорной функцией (канальным сигналом). Количество опорных функций равно количеству каналов и все они взаимно ортогональны. Если опорные функции бинарные, то устройство уплотнения – алгебраический сумматор и групповой сигнал будет дискретным многоуровневым с эффективной полосой частот такой же, что и канальные сигналы. Радиосигнал на выходе модулятора обычно или многофазный (1), или многочастотный (2). При оптимальной обработке такого сигнала вероятность ошибочного приема бита цифровой информации оценивается следующими выражениями:

$$P_{ош} = 1 - \Phi(\sqrt{qB \cos \Delta\varphi}) \quad (1),$$

$$P_{ош} = 0,5m \exp(-qB/4) \quad (2),$$

При нелинейном кодовом уплотнении канальных сигналов групповой сигнал, как и канальные сигналы, бинарный, что позволяет использовать наиболее помехоустойчивую модуляцию несущего колебания – бифазную. Наиболее популярные методы кодового нелинейного уплотнения – мажоритарный и комбинационный. В системах с мажоритарным уплотнением вместо алгебраического сумматора используется логический мажоритарный элемент, а все остальные узлы и блоки не отличаются от многоканальной системы с кодовым линейным уплотнением. Групповой сигнал при мажоритарном уплотнении в спектрально-временном пространстве подобен канальному сигналу и разделение канальных сигналов линейное. Потенциальная помехоустойчивость такой системы при оптимальной когерентной обработке оценивается следующим выражением:

$$P_{ош} = 1 - \Phi\left(\sqrt{2qB \cdot \frac{2}{\pi m}}\right) \quad (3),$$

В системах с комбинационным уплотнением канальных сигналов групповой сигнал формируется из последовательности ортогональных функций, каждая из которых привязана к комбинации m бит каналов. Следовательно, количество ортогональных функций должно быть $N=2^m$. Функции разделителя канальных сигналов в такой системе выполняют N оптимальных различителей ортогональных сигналов и логический дешифратор. Потенциальную помехоустойчивость выделения бита цифровой информации в системе с комбинационным уплотнением при оптимальной когерентной обработке можно оценить выражением:

$$P_{ош} = \frac{(N-1)}{m} \left(1 - \Phi(\sqrt{qB})\right) \quad (4),$$

где q – входное отношение сигнал/шум;
 B – база ортогональной функции;
 $\Delta\varphi$ – минимальный шаг по фазе ($\Delta\varphi = 2\pi/(m+1)$);
 m – количество каналов.

Построим график зависимости вероятности ошибки от отношения сигнал/шум многоканальной системы передачи информации из этих верхних формул:

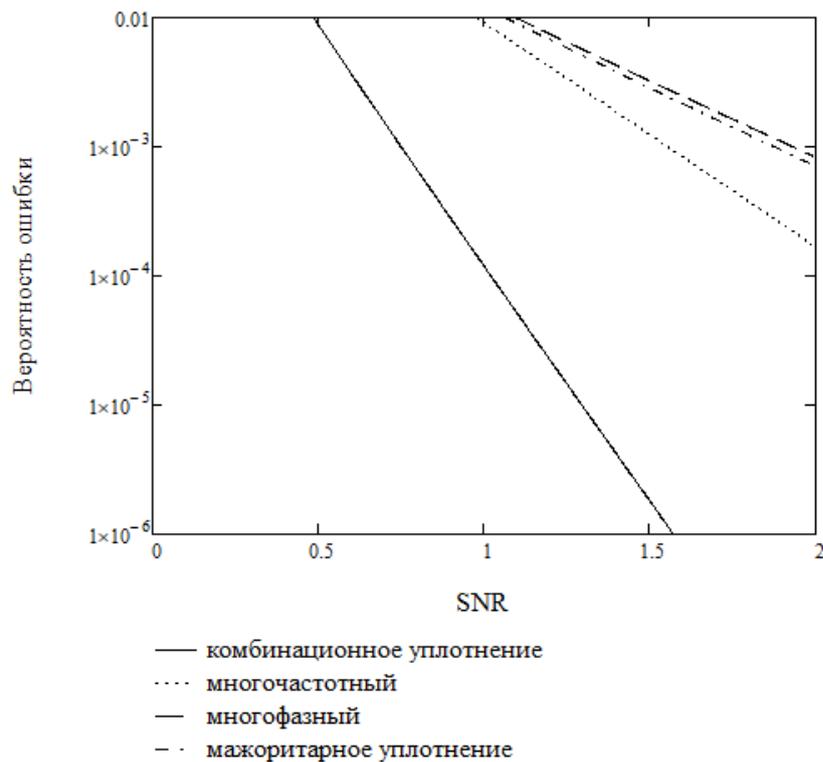


Рисунок 1 – График зависимости вероятности ошибки от отношения сигнал/шум

Исходя из графики и результатов моделирования, аналогичных теории, использование многоканальной системы с комбинационным уплотнением может обеспечить возможность повышения потенциальной помехоустойчивости системы без снижения скорости передачи информации или наоборот. Кроме того, система также предоставляет возможность обеспечения энергетической скрытности передаваемого сообщения (если средняя спектральная плотность информационного сигнала меньше средней спектральной плотности шума, то реализуется энергетическая скрытность передаваемого сообщения).

Список использованных источников:

1. А.Е.Махонин, Радиотехнические системы передачи информации – Екатеринбург, 2013. – С. 55-63.
2. Bit Error Rate Performance of a MIMO-CDMA System Employing Parity-Bit-Selected Spreading in Frequency Nonselective Rayleigh Fading - <https://www.hindawi.com/journals/ijap/2011/516929>
3. Карпушкин, Э. М. Радиосистемы передачи информации: учеб.-метод. пособие / Э. М. Карпушкин. – Минск : БГУИР, 2008. – С. 45-47.
4. Теоретические основы цифровой связи – Пункт 4.7 – <https://siblec.ru/telekommunikatsii/teoreticheskie-osnovy-tsifrovoj-svyazi/4-polosovaya-modulyatsiya-i-demodulyatsiya/4-7-veroyatnost-oshibki-v-binarnykh-sistemakh>
5. Blind Adaptive Multiuser Detection for Chaos CDMA Communication – https://www.researchgate.net/figure/BER-performance-of-the-chaos-based-and-PN-based-CDMA-with-spreading-gain-spreading_fig4_224280889