

Алгоритмы посимвольного и итеративного приема сигнальных конструкций на основе корректирующих кодов в недвоичных полях Галуа

РФФИ №20-07-00525

д.ф.-.м.н. Л.Е. Назаров
нач. управления В.В. Батанов

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, г.Фрязино
АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнева», г. Железногорск

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы:

Коды, корректирующие ошибки (помехоустойчивые коды), используются для обеспечения требуемой надежности передачи информации по каналам с помехами.

Алгоритм оптимального посимвольного приема сигналов

Шаг 1. Спектральное преобразование в базисе $\omega_b(a)$ с размерностью 2^m над последовательностью “мягких” решений $p(y_l|b(l))$

$$C_l(r) = \sum_{b(l) \in GF(2^m)} p(y_l|b(l)) \omega_{b(l)}(r).$$

Здесь $l = 0, 1, \dots, n-1$ - номер позиции кодовых символов.

Шаг 2. Вычисляется спектральное множество $\{T_l(\lambda)\}$

$$T_l(\lambda) = \sum_{\beta \in GF(2^m)} \text{Pr}(b(l) = \beta | \vec{Y}) \omega_\beta(\lambda), \quad \lambda \in GF(2^m).$$

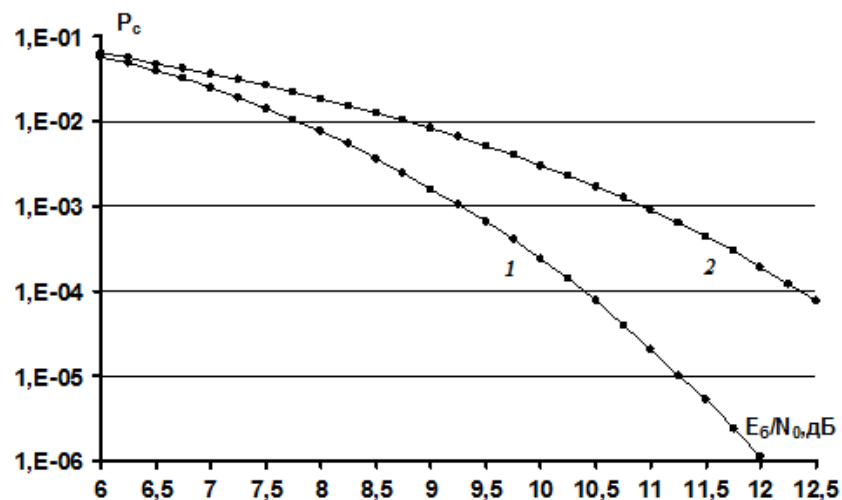
Спектральное множество $\{T_l(\lambda)\}$ вычисляется с использованием $C_l(r)$ и множества кодовых слов R дуального кода C_H с параметрами $(n, n-k)$

$$T_l(\lambda) = \frac{1}{\sum_{r_p: R \in C_H} \prod_{p=0}^{n-1} C_p(r_p)} \sum_{r_p: R \in C_H} \prod_{p=0}^{n-1} C_p(r_p) \frac{C_l(\eta - \lambda)}{C_l(\eta)}.$$

Шаг 3. Вычисляются апостериорные вероятности $\text{Pr}(b(l) = \beta | \vec{Y})$ с использованием обратного спектрального преобразования над $T_l(\lambda)$

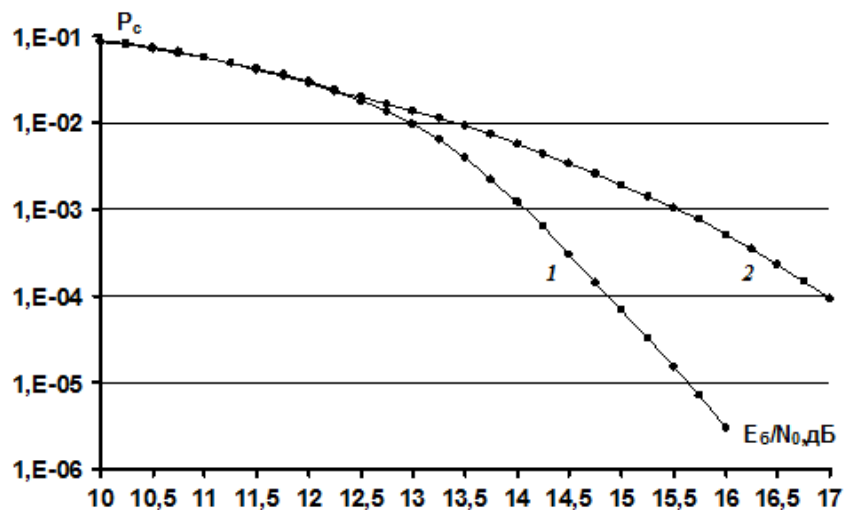
$$\text{Pr}(b(l) = \beta | \vec{Y}) = \sum_{\lambda \in GF(2^m)} T_l(\lambda) \omega_\beta(\lambda).$$

Алгоритм оптимального посимвольного приема сигналов



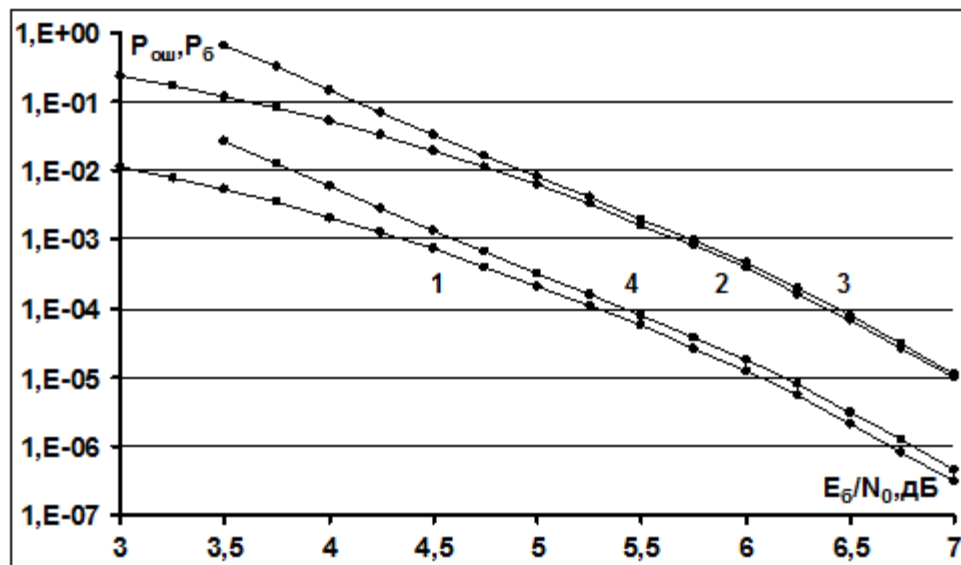
Зависимости вероятности ошибки P_c : 1 - посимвольный прием сигнальных конструкций на основе ФМ-8 сигналов и кода с проверкой на четность в поле $GF(2^3)$; 2 - посимвольный прием ФМ-8 сигналов без кодирования.

Алгоритм оптимального посимвольного приема сигналов



Зависимости вероятности ошибки P_c : 1 - посимвольный прием сигнальных конструкций на основе ФМ-16 сигналов и кода с проверкой на четность в поле $GF(2^4)$; 2 - посимвольный прием ФМ-16 сигналов без кодирования.

Алгоритм оптимального посимвольного приема сигналов



Вероятности ошибки на бит P_b (кривая 1) и вероятности ошибки на кодовое слово $P_{ош}$ (кривая 2) при применении алгоритмов итеративного приема MIN_SUM_BP и BP для турбо-кода на основе блокового кода с проверкой на четность (10,9) при наличии АБГШ: 3 - верхняя мультипликативная граница для $P_{ош}$; 4 - верхняя граница для P_b .

ВЫВОДЫ

Рассмотрен алгоритм оптимального посимвольного приема сигнальных конструкций на основе помехоустойчивых кодов в недвоичных полях Галуа. При реализации алгоритма требуется объем вычислений, определяемый размерностью дуального кода.

Алгоритм посимвольного приема перспективен для использования при итеративном приеме кодовых конструкций блоковых турбо-кодов, определенных в недвоичных полях Галуа.

Приведены примеры моделирования алгоритма оптимального посимвольного приема для сигнальных конструкций для сигналов с многофазовой манипуляцией в сочетании с простейшим кодом (обобщенная проверка на четность) - энергетический выигрыш при применении рассматриваемого алгоритма по отношению к безизбыточной передаче достигает 1.5...2 дБ.