

УДК 621.396

В.Я. Чечельницький

Одеський національний політехнічний університет, Одеса

## ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ОРТОГОНАЛЬНЫХ КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОДОВ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕННЫХ МНОГОУРОВНЕВЫХ РЕШЕТОК

Современные системы телекоммуникаций, действующие в условиях многолучевого распространения радиоволн, естественных и искусственных помех, должны обладать высокой помехозащищенностью, т.е. помехоустойчивостью и обеспечивать защиту информации от несанкционированного доступа.

В обычных классах систематических корректирующих  $(n, k)$ -кодов  $k$  информационных символов всегда располагаются в явном виде на одних и тех же позициях каждого кодового слова [1] и поэтому они не могут применяться для защиты информации от несанкционированного доступа. Однако, в данной работе показано, что путем перехода к несистематическому кодированию ортогональных кодов удается обеспечить одновременно и коррекцию ошибок и защиту информации от несанкционированного доступа.

Пусть  $G(N)$  – совершенная многоуровневая решетка (СМР), произвольного заданного порядка  $N$ . Путем всех циклических сдвигов  $G(N)$  по строкам и/или столбцам построим эквивалентный класс СМР [2], или по-другому – двумерный циклический  $G_1(N)$ -код,  $i = \overline{1, J}$ , мощности  $J = N^2$  двумерных кодовых слов СМР. Путем конкатенации строк СМР получим эквивалентный одномерный  $K(n)$ -код, длины  $n = N^2$ , той же мощности  $J = N^2$ , ортогональный по построению и обладающий свойством двухпетлевого циклического  $N$ -сдвига [3]. Полагаем, что источник сообщений после устройства кодирования источника формирует ансамбль равновероятных сообщений  $A = \{a_i\}$ ,  $i = \overline{1, J}$ . Правило отображения сообщений в кодовые слова (манипуляционный код) принимает вид

$$\Pi = \begin{pmatrix} a_{i_1} & a_{i_2} & \dots & a_{i_J} \\ G_1(N) & G_2(N) & \dots & G_J(N) \end{pmatrix}.$$

Поскольку  $K(n)$ -код ортогональный, с одинаковой энергией каждого кодового слова, то каждое правило отображения  $\Pi$  одинаково эффективно, число таких правил пропорционально числу уровней защиты

информации от несанкционированного доступа, и определяется факториальным соотношением:

$$\gamma_{\text{защиты}} = J! = N^2!$$

В данной работе проведено также исследование эффективности двух методов декодирования многоуровневых нелинейных корректирующих  $K(n)$   $K(n)$ -кодов:

– двумерное корреляционное декодирование принятого в условиях помех кодового слова  $Y(N)$  с опорным кодовым словом  $G_1(N)$ , согласно [2], в метрике Евклида;

– декодирование  $Y(N)$  по минимуму кодового расстояния в метрике Хэмминга.

В целом проведенные исследования корректирующих свойств многоуровневых ( $q > 2$ )  $K(n)$ -кодов показали, что декодирование этих кодов целесообразно проводить по минимуму кодового расстояния в метрике Хэмминга, поскольку  $q$ -ичные (недвоичные) коды имеют неоптимальное (отличное от единицы) значение пик-фактора. Этот факт имеет ясную физическую трактовку, например при переходе (ошибке) вида  $-7 \Rightarrow 8$  данный символ кодового слова изменяется на 15 условных единиц в метрике Евклида, в то время как в метрике Хэмминга это соответствует просто одному несовпадению. Вместе с тем, для всех ортогональных  $K(n)$ -кодов практически достигается верхняя граница кодового расстояния Плоткина.

### Список литературы

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – Изд. 2-е испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
2. Мазурков М.И., Чечельницький В.Я. Классы эквивалентных и порождающих совершенных двоичных решеток для CDMA технологий. // Изв. вузов Радиоэлектроника. – 2003. – № 5. – С. 54-63.
3. Трахтман А.М., Трахтман В.А. Основы теории дискретных сигналов на конечных интервалах. – М.: Сов. радио, 1975. – 208 с.