

ПОРОГОВОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ САМООРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ БЛОКОВЫХ КОДОВ

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

Картошников Д.Н.

Королев А.И. – к.т.н., доцент

Достоинства порогового алгоритма декодирования, а именно, высокая скорость ($V \geq 100$ Мбит/с) декодирования информации, коррекция ошибок более гарантированной исправляющей способности кода, возможность организации непрерывного контроля качества канала связи без внедрения дополнительной избыточности и др. определили широкое применение данного алгоритма в реальных системах связи для обеспечения заданной достоверности передачи информации [1-4].

Теория построения линейных блоковых самоортогональных кодов (ЛБСОК), допускающих реализацию порогового алгоритма декодирования, рассматривается в работах [1-4]. Данные коды строятся либо на основе использования простых совершенных разностных множеств (СРМ) [1-4], либо на основе укорочения (усечения) сверточных кодов. Принципиальное отличие принципа построения ЛБСОК с пороговым алгоритмом декодирования на основе простого СРМ от самоортогональных сверточных кодов (ССК) с пороговым алгоритмом декодирования состоит в том, что свойства цикличности необходимое для линейных блоковых СОК, требует, чтобы число "ε", определяющее модуль $\varepsilon^2 + \varepsilon + 1$ простого СРМ, было степенью числа 2. В связи с этим длина кодовой последовательности ЛБСОК определяется выражением [1-3]:

$$n = 2^{2s} + 2^s + 1, \text{ дв. симв.} \quad (1)$$

где s – целое положительное число.

Для ССК длина кодового ограничения n_a определяется максимальным числом простого СРМ и числом $n_0 = k_0 + 1$, носящего название мини-блока кодовых символов, $k_0 \geq 1$ – мини-блок информационных символов. Однако для скорости передачи кода $R = k_0 / n_0 = 1/2$ ЛБСОК и ССК могут быть построены на основе одного и того же простого СРМ. В соответствии [1-4] количество информационных символов "k" ЛБСОК со скоростью передачи кода $R = 1/2$ должно удовлетворять следующему неравенству:

$$k \geq m + 1, \text{ дв. симв.} \quad (2)$$

где m ($m \geq 2$) – максимальная степень порождающего полинома.

Длина кодовой последовательности "n" определяется равенством:

$$n = 2 * k, \text{ дв. симв.} \quad (3)$$

Кратность корректируемых ошибок определяется следующим неравенством:

$$t_{\text{корр}} \leq d_0 - 1/2 = (J + 1) - 1/2 \geq J/2, \quad (4)$$

где J – число ортогональных проверок кода, равное числу ненулевых членов порождающего полинома $P(x) = x^m + x^{m-1} + \dots + x^{m-j} + \dots + 1, i \neq j$.

Эффективным способом повышения корректирующей способности известных кодов является использование метода перемежения информационных символов, участвующих в формировании J ортогональных проверок. Данный метод позволяет построить составные групповые коды. Важнейшим параметром метода построения линейных блоковых самоортогональных кодов является коэффициент перемежения $\alpha \geq 2$. На практике наибольшее применение получили два способа перемежения информационных символов: простой и обобщенный [1-4].

При простом способе перемежения информационных символов все показатели степеней порождающего полинома $P(x)$ умножаются на коэффициент перемежения α , а порождающей $G(x)$ и проверочной $H(x)$ матрицах между строками и столбцами соответственно вставляются $(\alpha - 1)$ нулевых строк и столбцов. При обобщенном способе перемежения информационных символов не все показатели степеней порождающего полинома умножаются на α , а в порождающей $G(x)$ и проверочной $H(x)$ матрицах нулевые $(\alpha - 1)$ строк и столбцов соответственно вставляются только между строками и столбцами соответствующие показатели степеней, которые умножаются на α .

Принципиальное отличие принципа построения канального кодера на основе составного ЛБСОК с пороговым алгоритмом декодирования от канального кодера на основе ССК с алгоритмом порогового декодирования состоит в принципе построения только формирователя проверочных символов кодера и декодера (ФПС_{к(д)}). ФПС_{к(д)} ССК выполняются в виде последовательного регистра сдвига с m (m – максимальная степень порождающего полинома) ячейками памяти с нумерацией ячеек памяти либо

слева направо и с вынесенными сумматорами по модулю два (схема Возенкрафта и Рейффена), либо с нумерацией ячеек памяти справа налево и со встроенными сумматорами по модулю два (схема Месси). ФПС_{к(д)} составного ЛБСОК выполняются в виде последовательного регистра сдвига с обратной связью, содержащего $(2m + 1)$ ячеек памяти с нумерацией их слева направо, с вынесенными сумматорами по модулю два с выходом проверочных символов с первичного сумматора по модулю два, а также наличием соответствующего количества ключей управления [1-4].

Достоинством предложенного метода построения составных ЛБСОК с пороговым алгоритмом декодирования является возможность корреляции зависимых (пакетных) ошибок в α ($\alpha \geq 2$) раз больше корректирующей способности исходного (базового) ЛБСОК. Общими недостатками исходных (базовых) и составных ЛБСОК, реализующих пороговый алгоритм декодирования, являются: задержка информации $l_1 = 2m + 1$ тактов при кодировании и $l_2 = 2(2m + 1)$ тактов при декодировании и высокая избыточность ($\gamma = 50\%$) передаваемой информации.

Увеличить скорость передачи составного ЛБСОК возможно на основе использования перфорации (выкалывания) определенных проверочных символов кодовой последовательности. К недостатку перфорированных помехоустойчивых кодов относится снижение энергетического выигрыша за счет кодирования (ЭВК). Снижение ЭВК может достигать до 0,5 дБ при переходе от скорости кода $R = 1/2$ к $R_{\text{перф.}} = 7/8$ при жестком принятии решения на выходе канала связи.

Список использованных источников:

1. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон, Э. Уэлтон. – М.: Мир, 1976. – 594 с.
2. Конопелько, В.К. Теория прикладного кодирования в 2-х Т / В.К. Конопелько [и др.]; под ред. Проф. В.К. Конопелько. – М.: БГУИР, 2004.
3. Королев, А.И. Помехоустойчивое кодирование информации / А.И. Королев, Аль-алем Ахмед Саид, В.К. Конопелько. – Минск: Бестпринт, 2013. – 277 с.
4. Касами, Т. и др. Теория кодирования – М.: Мир, 1978 – 640 с.