Хорошок Антон Сергеевич
студент
Куликов Валерий Васильевич
канд. техн. наук, доцент
Институт информационных
технологий и телекоммуникаций
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»
г. Ставрополь, Ставропольский край

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ

***Аннотация**: исследуемая статья посвящена созданию модели, описывающей процесс помехоустойчивого кодирования информации при помощи кодов Хемминга. В исследуемой работе авторами представлен пример кодирования и декодирования информации.*

***Ключевые слова**: помехоустойчивое кодирование, защита информации, коды Хемминга, минимальное кодовое расстояние.*

В настоящее время существует большое количество различных помехоустойчивых кодов, но всех их объединяет то, что для обнаружения или исправления ошибок они используют избыточную информацию.

Самыми известными помехоустойчивыми кодами являются коды Хемминга, представляющие собой (n, k) коды с минимальным кодовым расстоянием равным d_{min} = 3. Это позволяет им обнаруживать двукратные ошибки и исправлять однократные.

Одним из способов построения блоковых линейных кодов является использование порождающей матрицы G, состоящей из единичной матрицы I размерности $k \times k$ и матрицы проверочных символов p размером $k \times p$:

$$G = [IP]$$

Каждая строка порождающей матрицы представляет собой разрешенную кодограмму. Остальные разрешенные кодограммы, кроме нулевой, можно получить линейной суммой строк порождающей матрицы. При этом единичная матрица обеспечит $d_{min} = 1$, остальную избыточность должны создавать проверочные символы.

В проверочной части порождающей матрицы P содержатся различающиеся между собой кодограммы с максимальным количеством единиц из возможного списка [2, с. 96]. Например, для кода (7, 4) порождающая матрица может иметь вид:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Для получения кодограммы, информационное слово умножают на порождающую матрицу, например, информационному слову A = 0011, соответствует кодограмма 0011001. Процедура проверки кодограммы осуществляется с помощью проверочной матрицы H, при этом должно выполняться условие:

$$G \times H = [0]$$

Проверочная матрица состоит из матрицы проверочных символов P и единичной матрицы размером $r{\times}r$. Для проверки принятой кодограммы, ее необходимо умножить на проверочную матрицу. Для рассмотренного примера кода (7, 4) она будет иметь вид:

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Рассмотрим процесс исправления ошибок на примере. С этой целью обозначим: a_i – информационный символ, b_j – проверочный символ. В разрешенную комбинацию 0011001 внесем однократную ошибку в символ a_2. В результате получим кодограмму 0111001. Для проверки правильности приема, перемножим ее с проверочной матрицей:

$$\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & b_1 & b_2 & b_3 \\ [0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1] \end{matrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{matrix} = \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ [1 & 0 & 1] \end{matrix}$$

Результат перемножения – синдром, может иметь 8 различных вариантов. Нулевой синдром [0 0 0] свидетельствует об отсутствии ошибок, иначе синдром свидетельствует об ошибке в кодограмме [1, с. 231].

Коды Хемминга получили свою большую популярность из-за простоты технической реализации и зачастую их возможностей достаточно для обеспечения высокого уровня помехоустойчивости. На практике широкое применение получил расширенный код Хемминга (72, 64) с 8 проверочными битами, один из которых бит проверки на четность.

В современных системах связи зачастую используют не один, а несколько помехоустойчивых кодов, выбор которых зависит от технических характеристик линии связи и от выбора оценки эффективности характеристик кода, например, такие коды как, код Рида-Соломона, коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема или БЧХ, коды с малой плотностью проверок на четность или LDPC и другие.

Список литературы

1. Березкин Е.Ф. Основы теории информации и кодирования: Учебное пособие / Е.Ф. Березкин. – М.: МИФИ, 2010. – 312 с.

2. Королев А.И. Коды и устройства помехоустойчивого кодирования: Научно-практическое издание / А.И. Королев. – Мн.: Бестпринт, 2002. – 286 с.