

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»(ВлГУ)**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

Кафедра радиотехники и радиосистем

Полушин Петр Алексеевич

"Современные методы кодирования информации"

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине «Современные методы кодирования информации» для
студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 11.04.01 «Радиотехника»

Владимир, 2018

Целями практических занятий студентов является приобретение навыков решения задач в области расчетов эффективности различных методов кодирования информации и анализа их помехоустойчивости. Такие навыки выступают важной частью во многих областях научно-технического творчества и должны быть освоены работниками, специализирующимися в радиотехническом направлении.

Приобретения навыков производится в последовательности, определяемой структурой рабочей программы.

Задачи

1. Сконструировать код с проверкой на четность с параметрами (n, k) , который будет определять все модели, содержащие 1, 3, 5 и 7 ошибочных бит. Найти значения n и k и определить вероятность невыявленной ошибки в блоке, если вероятность ошибки в канальном символе равна 10^{-2} .

2. Определить вероятность ошибки в сообщении для 12-битовой последовательности данных, кодированной линейным блочным кодом $(24, 12)$. Считать, что код может исправлять одно- и двухбитовые модели ошибки и что модели ошибки с более чем двумя ошибками не подлежат исправлению. Также считать, что вероятность ошибки в канальном символе равна 10^{-3} .

3. Пусть используется линейный блочный код $(127, 92)$, который может исправлять трехбитовые ошибки. Для этого случая определить:

а) Чему равна вероятность ошибки в сообщении для некодированного блока из 92 бит, если вероятность ошибки в канальном символе равна 10^{-3} ?

б) Чему равна вероятность ошибки для сообщения, кодированного блочным кодом $(127, 92)$, если вероятность ошибки в канальном символе равна 10^{-3} ?

4. Рассчитать уменьшение вероятности ошибки в сообщении, кодированном линейным блочным кодом $(24, 12)$ с коррекцией двухбитовых ошибок, по сравнению с некодированной передачей. Пусть используется когерентная модуляция BPSK и принятое отношение $E_b/N_0 = 10$ дБ.

5. Рассмотрим линейный блочный код $(24, 12)$ с возможностью исправления двухбитовых ошибок. Пусть используется модуляция BFSK, а принятое отношение $E_b/N_0 = 14$ дБ.

а) Определить, дает ли такой код какое-либо уменьшение вероятности ошибки в сообщении? Если да, то насколько? Если нет, то почему?

б) Повторите исследования при $E_b/N_0 = 10$ дБ.

6. При передаче цифровых сигналов применяется кодер типа "лучший из пяти" для некоторых цифровых каналов данных. В такой схеме все биты данных повторяются пять раз, и в приемнике выполняется мажоритарное декодирование

сообщения. Если вероятность ошибки в некодированном бите составляет 10^{-3} и используется кодирование "лучший из пяти", чему будет равна вероятность ошибки в декодированном бите?

7. Дана матрица генератора кода (7, 4) следующего вида:

$$G = \begin{pmatrix} 1111000 \\ 1010100 \\ 0110010 \\ 1100001 \end{pmatrix}$$

Для этого случая определить:

- Все кодовые слова кода.
- Проверочную матрицу H этого кода.
- Рассчитать синдром для принятого вектора 1101101. Определить, правильно ли принят этот вектор?
- Каковы возможности кода при исправлении ошибок?
- Каковы возможности кода при обнаружении ошибок?

8. Дан линейный блочный код, контрольные уравнения которого имеют следующий вид.

$$r_1 = m_1 + m_2 + m_4,$$

$$r_2 = m_1 + m_3 + m_4,$$

$$r_3 = m_1 + m_2 + m_3,$$

$$r_4 = m_2 + m_3 + m_4.$$

Здесь r_i – разряды информационного сообщения, m_i – контрольные разряды.

- Найти для этого кода матрицу генератора и проверочную матрицу.
- Выяснить, сколько ошибок может исправить этот код.
- Выяснить, является ли вектор 10101010 кодовым словом.
- Выяснить, является ли вектор 01011100 кодовым словом.

9. Код БЧХ (63, 36) может исправить пять ошибок. Девять блоков кода (7,4) могут исправить девять ошибок, Оба кода имеют одинаковую степень кодирования.

- а) При этом код (7, 4) может исправить больше ошибок. Является ли он более мощным?
- б) Сравнить оба кода, когда наблюдается пять случайных ошибок в 63 бит.

10. Нарисовать диаграмму состояний, древовидную и решетчатую диаграммы для сверточного кодера, который описывается блочной диаграммой, показанной на рисунке 1.

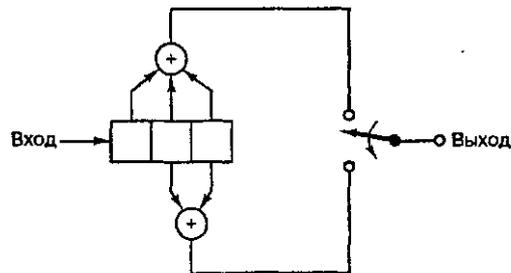


Рисунок 1

11. Рассмотреть сверточный кодер, показанный на рисунке 2.

- а) Записать векторы и полиномы связи для этого кодера.
- б) Нарисовать диаграмму состояний, древовидную и решетчатую диаграммы.

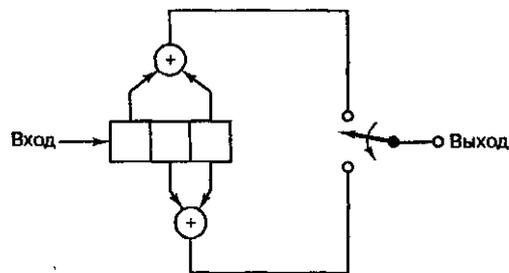


Рисунок 2.

12. Какой будет импульсная характеристика в задаче 11? С использованием этой характеристики определить выходную последовательность, если на вход подается 101. Проверить полученный ответ с помощью полиномиальных генераторов.

13. Имеется ли в кодере, рис.2 возможность для накопления катастрофической ошибки? Проиллюстрировать ответ с помощью примера.

14. Пусть кодовые слова в схеме кодирования имеют следующий вид.

a=000000

b=101010

c=010101

d=111111.

В случае, если по двоичному симметричному каналу принимается последовательность 111010 и при этом осуществляется декодирование по принципу максимального правдоподобия, определить, каким будет декодированный символ?

15. Пусть на двоичном симметричном канале (binary symmetric channel — BSC) используется кодер со степенью кодирования $1/2$ и $K = 3$, и код (7, 5). Пусть также начальным состоянием кодера будет 00. На выходе канала BSC принимается последовательность $\mathbf{Z} = (1100001011, \text{остальные все "0"})$.

а) Найти на решетчатой диаграмме максимально правдоподобный путь и определить первые 5 декодированных информационных битов. При наличии двух сливающихся путей выбирайте верхнюю ветвь.

б) Определить каналные биты в последовательности \mathbf{Z} , которые подверглись искажению в ходе передачи.

16. Пусть используется сигнал BPSK с когерентным детектированием, кодируемый с помощью кодера (7, 5). Найти верхнюю границу вероятности появления битовой ошибки, P_B , если номинальное значение E_b/N_0 равно 6 дБ. (Предполагается жесткое декодирование). Сравнить значение P_B с некодированным случаем и определить выигрыш в отношении сигнал/шум.

17. С помощью последовательного декодирования изобразите путь вдоль древовидной диаграммы, если принята последовательность 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1. Критерием отката будет три несовпадения.

18. Пусть дан сверточный кодер со степенью кодирования $2/3$, показанный на рисунке 3. За один такт в кодер подается $k = 2$ бит; $n = 3$ бит подается на выход кодера. Имеется $kK = 4$ разряда регистра, и длина кодового ограничения равна $K - 2$ в единицах 2-битовых байтов. Состояние кодера определяется как содержимое $K - 1$ крайних правых разрядов k -кортежа. Нарисуйте диаграмму состояний, древовидную и решетчатую диаграммы.

20. С помощью полиномиального генератора для кода $(7, 3)$, кодировать сообщение 010110111 (крайний правый бит является первым) в систематической форме. Для нахождения полинома контроля четности использовать полиномиальное деление. Представить итоговое кодовое слово в двоичной и полиномиальной форме.

21. Применить регистр LFSR для кодирования сообщения $\{6, 5, 1\}$ (крайний правый бит является первым) с помощью кода $(7, 3)$ в систематической форме. Представить итоговое кодовое слово в двоичной форме. Проверить результат кодирования путем вычисления полинома кодового слова со значениями корней полиномиального генератора кода $(7, 3)$.

22. Пусть кодовое слово, найденное в задаче 21, искажается в ходе передачи, в результате чего крайние правые 6 бит оказались инвертированы. Найти значения всех синдромов путем вычисления полинома поврежденного кодового слова со значениями корней полиномиального генератора $g(X)$. Проверить, что вычисленные значения синдромов можно найти путем вычисления полинома ошибок $e(X)$, со значениями корней генератора $g(X)$.

23. Последовательность 1011011000101100 подается на вход блочного устройства чередования размером 4×4 . Какой будет выходная последовательность?

24. Для каждого из следующих условий разработать устройство чередования для системы связи, действующей в канале с импульсными помехами со скоростью передачи 19200 кодовых символов/с.

а) Как правило, пакет шума длится 250 мс. Системным кодом является БЧХ $(127, 36)$ при $d_{\min} = 31$. Прямая задержка не превышает 5 с.

б) Как правило, пакет шума длится 20 мс. Системным кодом является сверточный код $(127, 36)$ с обратной связью при степени кодирования $1/2$, способный корректировать в среднем 3 символа в последовательности из 21 символа. Прямая задержка не превышает 160 мс.

25. На рисунке 4 показан рекурсивный систематический сверточный (recursive systematic convolutional — RSC) кодер со степенью кодирования $2/3$, $K = 3$. Используется формат памяти в виде 1-битовых блоков задержек. Составить таблицу, которая будет определять все возможные переходы в цепи, и с ее помощью изобразите участок решетки.

Найти выходное кодовое слово для информационной последовательности 1 1 0 0 1 1 0 0 1

1. В течение каждого такта данные поступают в цепь в виде пары $\{d_{1k}, d_{2k}\}$, а каждое выходное кодовое слово $\{d_{1k}, d_{2k}, v_k^*\}$ образуется из пары битов данных и одного контрольного бита, v_k .

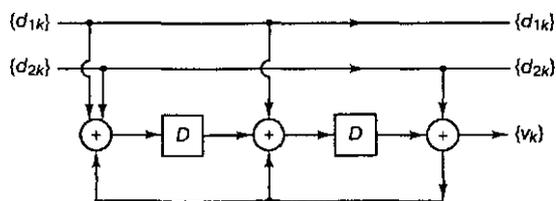


Рисунок 4.

Список литературы

Основная литература (Библиотека ВлГУ):

1. Цифровые видеоинформационные системы (теория и практика) [Электронный ресурс] / Дворкович В.П., Дворкович А.В. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363363.html>
2. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Лузин, Н.П. Никитин, В.И. Гадзиковский. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785321019610.html>
3. Конечные поля в телекоммуникационных приложениях. Теория и применение FEC, CRC, M-последовательностей/Власов Е.Г. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 280 с.: ISBN 978-5-16-009437-3 <http://znanium.com>

Дополнительная литература:

1. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи / Рихтер С.Г. - М.:Гор. линия-Телеком, 2009. - 302 с.: ISBN 978-5-9912-0066-0 – <http://znanium.com>
2. Сидельников В.М. Теория кодирования. – Физматлит, 2008. – 324с.– ISBN 978-5-9221-0943-7 – www.e.lanbook.com
3. Аверченков, В. И. Системы защиты информации в ведущих зарубежных странах [электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В. И. Аверченков, М. Ю. Рытов, Г. В. Кондрашин, М. В. Рудановский. – 3-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 224 с. – ISBN 978-5-9765-1274-0 <http://znanium.com/>

Заключение.

Магистратура, как форма образования, следующая за бакалавриатом, в служит для дальнейшего обучения на основе знаний, полученных при обучении бакалавров. По роду из будущей работы особо актуальными являются знания современных методов кодирования информации, позволяющих значительно повысить помехоустойчивость ее передачи. Это необходимо для понимания принципов работы оборудования, его особенностей, а также текущих и принципиально достижимых возможностей.

В связи с этим приобретает принципиальную важность научной подготовки магистров, получение ими фундаментальных знаний по различным направлениям науки, которые в дальнейшем помогут внедрять и осваивать наиболее современные виды оборудования.

Магистрант в процессе обучения должен освоить методы использования соответствующей справочной литературы и других источников технической информации, включая электронные источники, а также принципов классификации радиоэлектронных деталей различных видов и технические ограничения их параметров.

При выполнении практических работ наряду с теоретическими знаниями студенты приобретут соответствующие практические навыки.