Федеральное агентство связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ

Кафедра «Теоретических основ радиотехники и связи»

Сдана на проверку Допустить к защите

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г. «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г.

Защищена с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г.

Курсовая работа по дисциплине:

**Основы теории связи**

Номер зачетной книжки:

Пояснительная записка на \_\_\_ листах.

Выполнил:

студент 3 курса гр.

Проверил:

Самара

г.

# Рецензия

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# Задание на курсовую работу

1. Составить обобщённую структурную схему системы передачи дискретных сообщений, включающую в себя источник сообщения, кодер источника, кодер канала, модулятор, канал связи, демодулятор, декодер канала, декодер источника и получателя сообщения.

2. Рассчитать параметры источника и сформировать передаваемое сообщение.

3. Построить кодовое дерево, составить кодовую таблицу и рассчитать параметры заданного экономного кода. Сжать передаваемое сообщение в соответствии с полученной кодовой таблицей.

4. Составить кодовую таблицу и рассчитать параметры заданного корректирующего кода. Закодировать сжатое сообщение в соответствии с кодовой таблицей корректирующего кода.

5. Рассчитать параметры модулированного сигнала для заданного вида модуляции. Рассчитать и построить временные и спектральные диаграммы первичного и модулированного сигнала.

6. Рассчитать параметры заданного канала связи. Найти среднее отношение сигнал-шум на выходе канала.

7. Изобразить структурную схему демодулятора и рассчитать её параметры. Найти среднюю вероятность ошибки на выходе демодулятора. Внести заданное число ошибок в заданные разряды кодированного сообщения.

8. Составить таблицу синдромов и рассчитать среднюю вероятность ошибки декодирования. Пользуясь таблицей синдромов, исправить внесённые демодулятором ошибки и восстановить сжатое сообщение.

9. Пользуясь кодовой таблицей экономного кода восстановить исходное сообщение по сжатому, полученному от декодера канала.

# Структурная схема системы передачи

Рис. 1.1 Структурная схема

*ИС* - это источник сообщений, выдает буквы, знаки, символы *аi* (i=0, 1,…, K-1), выбираемые из заданного первичного алфавита. Число символов в алфавите К называют его объемом или основанием.

*Кодер источника* сообщений преобразует первичный алфавит во вторичный из элементов bkλ (k=0, 1,…,n-1, n-разрядность кода), принимающих q различных дискретных значений (λ= 0, 1,…,q-1).

*Кодер канала* служит для увеличения эффективности передачи, т.е. лучшего согласования источника с характеристиками канала, упрощения передачи и обработки сигналов. Он может осуществлять экономное кодирование (сжатие данных) или помехоустойчивое кодирование (введение избыточности) для борьбы с ошибками в канале.

*Модулятор* обеспечивает преобразование спектра низкочастотного первичного сигнала b(t) в область частоты несущей ω0, которую можно передать по каналу связи (КС).

*КС* - это совокупность средств, предназначенных для передачи сообщений или сигналов (в радио – воздушное пространство, в проводе – любой проводящий кабель). Здесь также происходит наложение помех.

*Демодулятор* преобразует принятый сигнал во вторичный двоичный код со стандартными электрическими параметрами.

*Декодер канала* устройство, проверяющее принятый двоичный код на наличие ошибок, исправляющее ошибки при их обнаружении и выделяющее информационную часть пакета, преобразует вторичный код в первичный.

*Декодер сообщения* преобразует первичный код в понятный для получателя сигнал.

*ПС* - получатель сообщения (человек или устройства, принимающие, регистрирующие и хранящие информацию).

# Источник сообщения

Источник сообщений на передающей стороне представляет собой дискретный источник без памяти с алфавитом из 16 символов. Вероятности выдачи каждого символа источником и скорость выдачи символов *V* и рассчитываются в соответствии с вариантом.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  *i* | Симв.  *ai* | Вероятность  *p(ai)* | **p(ai)** | Номер  *i* | Симв.  *ai* | Вероятность  *p(ai)* | **p(ai)** |
| **0** | а |  |  | **8** | к |  |  |
| **1** | б |  |  | **9** | л |  |  |
| **2** | в |  |  | **10** | м |  |  |
| **3** | г |  |  | **11** | н |  |  |
| **4** | д |  |  | **12** | о |  |  |
| **5** | е |  |  | **13** | п |  |  |
| **6** | з |  |  | **14** | р |  |  |
| **7** | и |  |  | **15** | с |  |  |

Таблица 2.1 Вероятности символов источника

## Скорость выдачи символов источником

*=* [*симв/c*]

## Информационные характеристики источника

**Энтропия Н(А)** – среднее количество информации на символ

=  [*бит/симв*]

**Избыточность** – ρи

=

- **коэффициент сжатия**

- **максимальная энтропия источника**

Избыточность характеризует относительное удлинение сообщения по сравнению с сообщением от источника без избыточности, определяет, какая доля максимально возможной энтропии не используется источником.

**Производительность ** - средняя энтропия в единицу времени

[*бит/с*]

Сформируем передаваемое сообщение из 10 произвольно выбранных символов источника:

# Кодер источника

**Алгоритм кодирования источника:**

*=*  - следовательно выбирается .

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Символ  *ai* | Вероятность  *p(ai)* | Кодовая комбинация  *bi* | Число разрядов  *ki* | Число нулей | Число единиц |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Таблица 3.1 Экономные коды

## Рассчитаем параметры заданного экономного кода

**Предел Шеннона для заданного источника**, т.е. минимально возможное среднее количество кодовых символов на один символ источника:

=

Здесь *m*- позиционность кода (код двоичный, значит *m*=2)

**Среднее число двоичных символов, приходящихся на один символ источника.** Находится как математическое ожидание числа разрядов кодового слова:

=

- число разрядов кодовой комбинации

**Средняя скорость выдачи двоичных сигналов на выходе кодера источника.** Поскольку на каждый символ источника на входе кодер в среднем выдаёт двоичных символов на выходе, будет в раз больше скорости выдачи символов источником сообщений:

=  [*бит/c*]

**Вероятности двоичных символов и**

Их можно найти, поделив соответственно среднее число нулей и единиц в кодовом слове на среднее число разрядов кодового слова:

Здесь число нулей и единиц в кодовой комбинации i-го символа соответственно.

**Энтропия на выходе кодера источника:**

[*бит/симв*]

**Избыточность на выходе кодера источника:**

Сожмем передаваемое сообщение в соответствии с полученной кодовой таблицей. Заменим символы передаваемого сообщения на соответствующую комбинацию из кодовой таблицы

**Сжатое сообщение имеет вид:**

# Кодер канала

В качестве корректирующего кода используется код Хемминга с исправлением ошибок. Первые 4 разряда кодовой комбинации на выходе кодера повторяют 4 информационных разряда на входе, последние три являются проверочными.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Информационные разряды | Проверочные разряды | Кодовая комбинация | Вес кодовой комбинации |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Таблица 4.1 Кодовая таблица Хемминга