Федеральное агентство связи

Поволжский Государственный Университет Телекоммуникаций

и Информатики

Кафедра ТОРС

Сдана на проверку Допустить к защите

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г. «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

Защищена с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

Курсовая работа по дисциплине ТЭС

«Исследование системы передачи дискретных сообщений»

Выполнила: студентка гр. БТ-81

Петухова А.С.

Проверил : Николаев Б.И.

Самара,2010

**Содержание**

Рецензия…………… ………………………………………………………………3

Выбор варианта ……………………………………………………………………4

Задание 1: Структурная схема системы передачи.………………………………6

Задание 2: Исследование тракта кодер-декодер источника…………………….7

Задание 3: Исследование тракта кодер-декодер канала……………………… .10

Задание 4: Исследование тракта кодер-декодер модулятор-демодулятор……12

Задание 5: Демонстрация работы системы передачи…………………………..16

Список использованной литературы…………………………………………….20

Рецензия.

**Выбор варианта**

№ зачетки: 08120.

a=8, b=1,c=2,d=0.

1. ***Выбор алгоритма кодирования источника*** ,



при выбираем код Шеннона-Фано.



1. ***Расчёт вероятностей символов на выходе источника сообщений (таблица 1).***

Таблица 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| I | Символ | Вероятность |
| 0 | а |  |
| 1 | б |  |
| 2 | в |  |
| 3 | г |  |
| 4 | д |  |
| 5 | е |  |
| 6 | з |  |
| 7 | и |  |
| 8 | к |  |
| 9 | л |  |
| 10 | м |  |
| 11 | н |  |
| 12 | о |  |
| 13 | п |  |
| 14 | р |  |
| 15 | с |  |

1. ***Расчёт скорости выдачи символов источником.***

[симв/с].



1. ***Выбор вида модуляции.***

,



при выбираем ОФМ.



1. ***Выбор вида канала.***

,



При выбираем гауссовский канал с неопределенной фазой.



1. ***Расчёт коэффициента передачи канала.***

.



1. ***Расчёт спектральной плотности мощности шума.***



1. ***Расчёт максимально допустимой вероятности ошибки на выходе демодулятора.***

.



1. ***Выбор текста передаваемого сообщения.***

Текст сообщения состоит из 8 символов источника . Здесь - символ, имеющий наибольшую вероятность; - символ, имеющий следующую величину вероятности после символа ; - символ, имеющий следующую величину вероятности после символа .



1. **Выбор номеров ошибочных разрядов.**



Ошибочные разряды: 4,8,10.

**Задание №1.**

**Структурная схема системы передачи.**

Составим обобщенную структурную схему системы передачи дискретных сообщений, включающую в себя источник сообщений, кодер источника, кодер канала, модулятор, канал связи, демодулятор, декодер канала, декодер источника и получателя сообщений. Дадим краткую характеристику каждого из блоков.

**Источником сообщений и получателем**в одних системах связи может быть человек, в других – различного рода устройства(автомат, вычислительная машина и т.д).

Устройство, преобразующее сообщение в сигнал, называют передающим, а устройство, преобразующее принятый сигнал в сообщение – приёмным.

Процедура кодирования представляет собой преобразование сообщения в последовательность кодовых символов. Устройства, осуществляющие кодирование называют **кодерами**.

**Модулятор** - устройство, преобразующее код в сигнал. Процедура модуляции представляет собой преобразование последовательности кодовых символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов сигнала, путём воздействия кодовых символов на переносчик. Посредством модуляции один из параметров переносчика изменяется по закону, определяемому кодом. С помощью кодирования и модуляции источник сообщения согласуется с каналом.

**Аналоговый канал или канал связи** -совокупность средств, обеспечивающих передачу сигнала от источника сообщений к получателю сообщений.

Процедура демодуляции представляет собой преобразование сигналов, передаваемых по каналу связи, в последовательность кодовых символов. Устройства, выполняющие такие преобразования, называют **демодуляторами**.

Процедура декодирования представляет собой преобразование последовательности кодовых символов в сообщение. Устройства, выполняющие такие преобразования, называют **декодерами**.

**Кодек**– совокупность устройств - кодера и декодера.

**Модем**– совокупность устройств – модулятора и демодулятора.

Целью передачи сообщения является доставка сообщения от **источника сообщений** на передаче до **получателя сообщений** на приеме. В **источнике сообщений (ИС)** образуется исходное сообщение. Оно поступает в **кодер**, а именно в **кодер источника (КИ). Кодер** служит для преобразования первичного алфавита , во вторичный, из элементов . С **кодера источника** **(КИ)** сообщение поступает на **кодер канала (КК)**. В **кодере канала** **(КК)** сообщение преобразуется в кодовую комбинацию . Это делается для лучшего согласования источника с характером канала, упрощения передачи и обработки сигналов, и в конечном счете для увеличения эффективности передачи.



Далее каждый элемент кодовой комбинации в **модуляторе (Мод)** преобразуется в элементарный сигнал . Модуляция обеспечивает преобразование спектра низкочастотного первичного сигнала в область частоты несущей, которую можно передать по данному каналу. Далее сигнал поступает в **канал связи (КС). Канал связи (КС)** – совокупность средств, предназначенных для передачи сигналов, имеющий вход и выход. Далее с КС сигнал поступает в **демодулятор (Дем).** В место приема демодулятор выдает оценку кодовых символов .



Далее сигнал поступает на **декодер канала (ДК).** Преобразуется в **ДК**, поступает на **декодер источника (ДИ)**. В **ДИ** восстанавливается исходное сообщение. На выходе декодера, несмотря на ошибки в приеме сигналов, возникающих из-за действующих в **КС** шумов, должна формироваться та же последовательность, которая поступала на вход **КК**. Достигается это с помощью эффективных кодов, которые исправляют ошибки, возникающие при передаче сообщения по **КС**. Декодер выдает оценку сообщения . Получатель сообщения (ПС) восстанавливает сообщение по принятому сигналу и выдает нам готовое передаваемое сообщение.



**Задание №2.**

**Исследование тракта кодер-декодер источника.**

1. Найдем энтропию источника.

- алфавит из 16 символов.



Найдем избыточность источника.

Найдем производительность источника.

*.*

**2.** Найдем минимально необходимое число разрядов кодового слова ,при условии, что производится примитивное кодирование.



Найдем среднее количество двоичных символов, приходящееся на один символ источника. В случае примитивного кодирования:



1. Построим кодовое дерево для кода Шеннона-Фано, при условии, что производится экономное кодирование. Запишем кодовые комбинации для представления всех 16 символов источника, найдем число разрядов каждой полученной комбинации.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | |  |  | |  | | |  |  |
| а | 0,31 | 00 | 2 | | 0,62 | 2 | | 0,62 | | | 0 | 0 |
| р | 0,2 | 01 | 2 | | 0,4 | 1 | | 0,2 | | | 1 | 0,2 |
| м | 0,166 | 100 | 3 | | 0,498 | 2 | | 0,332 | | | 1 | 0,166 |
| и | 0,135 | 101 | 3 | | 0,405 | 1 | | 0,135 | | | 2 | 0,27 |
| в | 0,057 | 1100 | 4 | | 0,228 | 2 | | 0,114 | | | 2 | 0,114 |
| л | 0,04 | 1101 | 4 | | 0,16 | 1 | | 0,04 | | | 3 | 0,12 |
| д | 0,02 | 11100 | 5 | | 0,1 | 2 | | 0,04 | | | 3 | 0,06 |
| е | 0,02 | 11101 | 5 | | 0,1 | 1 | | 0,02 | | | 4 | 0,08 |
| н | 0,012 | 111100 | 6 | | 0,072 | 2 | | 0,024 | | | 4 | 0,048 |
| б | 0,01 | 1111010 | 7 | | 0,07 | 2 | | 0,02 | | | 5 | 0,05 |
| г | 0,0081 | 1111011 | 7 | | 0,0567 | 1 | | 0,0081 | | | 6 | 0,0486 |
| к | 0,008 | 1111100 | 7 | | 0,056 | 2 | | 0,016 | | | 5 | 0,040 |
| п | 0,006 | 1111101 | 7 | | 0,042 | 1 | | 0,006 | | | 6 | 0,036 |
| о | 0,004 | 1111110 | 7 | | 0,028 | 1 | | 0,004 | | | 6 | 0,024 |
| з | 0,002 | 11111110 | 8 | | 0,016 | 1 | | 0,002 | | | 7 | 0,014 |
| с | 0,0019 | 11111111 | 8 | 0,0152 | | | 0 | | 0 | 8 | | 0,0152 |

- число разрядов кодовой комбинации.



-вероятность -го символа.



и - число нулей и единиц в кодовой комбинации -го символа.



Найдем среднее количество двоичных символов, приходящееся на один символ источника.

*[бит/симв]*

Избыточность на выходе кодера равна:

.



Энтропия на выходе равна:

Следовательно,

**Вывод:** при экономном кодирования среднее число двоичных символов, приходящееся на один символ источника меньше, чем в примитивном кодировании, это доказывает эффективность экономного кодирования. Избыточность при экономном кодировании намного меньше, чем в примитивном кодировании. Примитивный равномерный код не может обеспечить эффективного согласования источника с каналом связи.

1. Рассчитаем вероятности двоичных символов на выходе кодера источника.

Рассчитаем среднюю скорость выдачи двоичных символов на выходе кодера источника.

.

**Описание процедуры кодирования и декодирования символов экономным кодом Шеннона-Фано.**

При кодировании происходит процесс преобразования элементов сообщения в соответствующие им кодовые символы. Каждому элементу сообщения присваивается определённая совокупность кодовых символов, которая называется кодовой комбинацией.



Рис. Схема кодера

Совокупность кодовых комбинаций, отображающих дискретные сообщения, образует **код***.* Правило кодирования может быть выражено кодовой таблицей, в которой приводятся алфавит кодируемых сообщений и соответствующие им кодовые комбинации. Множество возможных кодовых символов называется **кодовым алфавитом**, а их количество *m*- **основанием кода.**

Алгоритм кодирования Шеннона-Фано заключается в следующем. Символы алфавита источника записываются в порядке не возрастающих вероятностей. Затем они разделяются на две части так, чтобы суммы вероятностей символов, входящих в каждую из таких частей (если она содержит более одного сообщения) делится в свою очередь на две, по возможности, равновероятные части, и к ним применяется то же самое правило кодирования. Этот процесс повторяется до тех пор, пока в каждой из полученных частей не останется по одному сообщению.

**Задание № 3.**

**Исследование тракта кодер-декор канала.**

Для канального кодирования выбран код Хемминга (7,4).

1. При помехоустойчивом кодировании в сообщение целенаправленно вносится избыточность для обнаружения или исправления ошибок в канале с помехами. Кодирование осуществляется следующим образом. К 4-м информационным разрядам добавляются 3 проверочных, чтобы соблюдалось условие линейной независимости. Таким образом, получается, что каждый из 7 символов участвует хотя бы в одной проверке. Далее мы рассчитываем 3 проверочных разряда по формулам, например:

,



,



.



Затем рассчитанные проверочные разряды дописываются после 4 информационных.

Так делается со всеми информационными разрядами и записывается готовая кодовая комбинация.

1. Определим избыточность кода.

.



Где - общее число разрядов кодовой комбинации.



.



- число информационных разрядов.



-число проверочных разрядов.



,



.



Определим скорость кода.

,



.



Найдем среднее число кодированных бит, приходящееся на один символ источника.



Найдем среднюю битовую скорость на выходе кодера канала.

.



1. Определим исправляющую и обнаруживающую способность кода.

Для начала определим исправляющую способность кода.



Где - расстояние между разрядами кодовой комбинации. .



Определим обнаруживающую способность кода.

,



.



1. а)В режиме исправления ошибки декодер сначала вычисляет синдром,затем по таблице синдромов обнаруживает ошибочный бит, затем инвентирует его.

б)В режиме обнаружения ошибки,декодер вычисляет синдром, если в синдроме нет единиц, то кодовая комбинация является разрешенной и декодер пропускает кодовую комбинацию, а если есть хотя бы одна единица, то комбинация является запрещенной.

1. Найдем вероятность ошибки на блок, полагая, что декодер работает в режиме исправления ошибок.



,



Найдем вероятность ошибки на бит на выходе декодера.



**Вывод:** Выполнив расчеты, можно заметить следующее: вероятность того что декодер исправит ошибку в каждом блоке очень большая, это означает большую вероятность того, что переданное сообщение придет без искажений.

Найдем вероятность ошибки на блок, полагая, что декодер работает в режиме обнаружения ошибок.



Найдем вероятность ошибки на бит на выходе декодера.



Рассчитаем среднее число перезапросов на блок.



Отсюда вероятность перезапроса:



**Вывод:** Вероятность того, что декодер обнаружит все ошибки, довольно велика, значит, он сможет их исправить, и мы получим неискаженное сообщение.

**Задание № 4.**

**Исследование тракта модулятор-демодулятор.**

1. Определим скорость относительной фазовой модуляции:

.



Найдем тактовый интервал передачи одного бита.

,



.



Рассчитаем минимально необходимую полосу пропускания канала.

.



Найдем частоту несущего колебания.

,



.



Запишем аналитическое выражение ОФМ-сигнала в общем виде.

- случайная начальная фаза, неизвестная при приеме, зависящая, в частности, от символа, передававшегося (n-2)-м элементом.



1. Запишем аналитическое выражение, связывающее сигналы на входе и выходе.

Учитывая, что у нас гауссовский канал с неопределенной фазой, получаем выражения:

, где



-сигнал на выходе,



- сигнал на входе,



-шум.



и сигнал соответствующий приему 1 и 0 .



.



.



Тогда:

.



Найдем амплитуду .



Выразим амплитуду несущего колебания из выражения для вычисления мощности единичного сигнала на передаче.

,



.



Теперь найдем .



Так как по условию у нас некогерентный прием, то



Найдем энергию единичного сигнала из формулы.

,



.



Найдем мощность единичного элемента сигнала на приеме.

,



,



.



Отсюда:

,



Запишем выражение связывающее сигналы на входе и выходе.

.



1. Запишем решающее правило и алгоритм работы демодулятора по критерию минимума средней вероятности ошибки с учетом некогерентного приема.

Оптимальный алгоритм для ОФМ:

, *i=0, 1.*



Приходящий сигнал s(t) на двух тактовых интервалах при ОФМ можно представить в зависимости от символа, передаваемого n-м элементом, так:

Для схемной реализации данный алгоритм можно упростить. Для этого подставим систему сигналов на входе алгоритм и после сокращения одинаковых слагаемых приведем алгоритм приема к виду:

,



где



На рисунке показана схема реализации некогерентного приема ОФМ с согласованным фильтром и линией задержки. Приходящий сигнал поступает на фильтр СФ, согласованный с элементом сигнала длительностью Т. Отклик фильтра поступает на два входа перемножителя, на один из них непосредственно, а на другой – через линию задержки (ЛЗ), обеспечивающую задержку на время Т. Таким образом, вблизи момента отсчета на перемножитель поступают напряжения, соответствующие двум соседним элементам сигнала – только что закончившемуся и предыдущему, прошедшему через линию задержки. Можно показать, что первое из этих напряжений выражается формулой , а второе . После их перемножения и фильтрации результата в ФНЧ получаем напряжение , которое в РУ сравнивается с нулевым порогом. Описанную схему называют схемой сравнения фаз.



1. Найдем минимально необходимую мощность сигнала на приемной и передающей стороне.



,



.



Найдем среднюю мощность сигнала на приеме.

,



Для ОФМ, следовательно:



.



1. Определим пропускную способность непрерывного канала связи.

,



Для начала найдем полосу частот передаваемого сигнала .



При ОФМ:

Гц,



.



Пропускная способность больше скорости модуляции, значит, расчеты были сделаны правильно, и сообщение будет проходить через декодер без задержки.

1. Определим вероятность ошибки на выходе демодулятора при использовании других видов модуляции при сохранении пиковой мощности сигнала.

,



Из проделанных выше расчетов мы видим, что у ОФМ самая маленькая вероятность появления ошибки. При АМ и ЧМ самая большая вероятность появления ошибки, это говорит о том, что самый эффективный вид модуляции – ОФМ.

**Задание № 5.**

**Демонстрация работы системы передачи.**

1. Выберем передаваемый текст в соответствии с номером варианта.



1. Закодируем буквы экономным кодом.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***а*** | ***р*** | ***а*** | ***а*** | ***м*** | ***р*** | ***а*** | ***р*** |
| ***00*** | ***01*** | ***00*** | ***00*** | ***100*** | ***01*** | ***00*** | ***01*** |

1. Используя результаты предыдущего пункта закодируем полученную последовательность бит помехоустойчивым кодом, предварительно разбив ее на бит (недостающие разряды заполним 0 в последнем блоке).



,



,



.



**1)**



,



,



,



**0001011**

**2)**



,



,



,



**0000000**

**3)**



,



,



,



**1000101**

**4)**



,



,



.



**1000101**

**5)**



,



,



,



**1000101**

Получили: **00010110000000100010110001011000101**

1. Изобразим временные и спектральные диаграммы сигнала на входе и выходе модулятора. Ограничимся 10 тактовыми интервалами передачи.

***0001111000***0000110001110001011000101

Временные диаграммы:

На входе:

На выходе:

Спектральные диаграммы:

На входе:

На выходе:

1. Полагая, что при демодуляции произошло 3 ошибки, запишем кодовую последовательность на выходе демодулятора (номера ошибочных разрядов выберем в соответствии с вариантом). В нашем случае это 4,8,10 бит.

0001**0**110**0**0**0**000100010110001011000101

Обозначены жирным шрифтом и подчеркнуты ошибочные разряды.

Запишем кодовую комбинацию с учетом совершенных ошибок(1 заменяем на 0 и наоборот).

0001**1**110**1**0**1**000100010110001011000101

6. Полагая, что демодулятор работает в режиме исправления ошибок, декодируем полученную комбинацию.

**1)**



Составим синдром:

**,**



**,**



**.**



По таблице синдромов смотрим, какой бит исправил декодер.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Синдром*** | ***Ошибочный бит*** |
| ***000*** | - |
| ***001*** |  |
| ***010*** |  |
| ***100*** |  |
| ***101*** |  |
| ***110*** |  |
| ***111*** |  |
| ***011*** |  |

Декодер исправил 4 бит. Из этого мы можем сделать вывод, что декодер исправил нашу ошибку.

**2)**



**,**



**,**



**.**



По таблице синдромов мы видим, что декодер не исправил ни одного бита. Видно, то что декодер вносит ошибку в 0 бит.

Восстановим текст сообщения, используя кодовую таблицу.

00010111101000100010110001011000101

Так как мы добавляли по 3 бита во время кодирования помехоустойчивым кодом - в полученной комбинации, мы тоже должны их отбросить.

0001**011**1101**000**1000**101**1000**101**1000**101**

Отбросим биты, подчеркнутые и выделенные жирным шрифтом.

Запишем полученную комбинацию в соответствии с кодовой таблицей и восстановим сообщение: **00011101100010001000**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **а** | **р** | **?** | **р** | **м** | **р** | **а** | **р** |
| **00** | **01** | **11** | **01** | **100** | **01** | **00** | **01** |

Восстановленное сообщение:

**ар?рмрар.**

**Вывод:** полученный текст не соответствует передаваемому тексту, что характеризует неэффективную работу декодера в режиме исправления ошибок.

**Литература.**

1. Теория электрической связи/ Зюко А. Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В.//под ред. Д.Д. Кловского – М.: Радио и связь, 1998.
2. Кловский Д.Д. Теория передачи сигналов – М.: Радио и связь, 1973.
3. Методическая разработка к лабораторной работе №8 по дисциплине «Теория электрической связи», «Исследование линейных блочных кодов» (для студентов 3 курса специальностей 550400, 201800, 201100, 201000, 200900), каф. ТОРС, Самара, 2004.