Национальный исследовательский университет ИТМО

Факультет ПИиКТ

**Учебно-исследовательская работа №1**

по дисциплине “Телекоммуникационные системы”

на тему “Кодирование данных в телекоммуникационных сетях”

Работу выполнил:

Тюрин Святослав

Группа: Р33302

Преподаватель:

Алиев Т.И.

Санкт-Петербург

2023

Цель работы

Изучение методов физического и логического кодирования, используемых в цифровых сетях передачи данных.

В процессе выполнения учебно-исследовательской работы (УИР) необходимо:

* выполнить физическое и логическое кодирование исходного сообщения в соответствии с обоснованно выбранными методами кодирования;
* провести сравнительный анализ рассмотренных методов кодирования и сформулировать достоинства и недостатки;
* рассчитать частотные характеристики сигналов, используемых для передачи исходного сообщения, и требуемую полосу пропускания канала связи;
* выбрать и обосновать наилучший метод для передачи исходного сообщения.

Этап 1. Формирование сообщения

Изображение выглядит как текст, число, прямоугольный, Параллельный

Автоматически созданное описание

* Исходное сообщение: Тюрин С.В.
* В шестнадцатеричном коде: D2 FE F0 E8 ED 20 D1 2E C2 2E
* В двоичном коде: 11010010 11111110 11110000 11101000 11101101 00100000 11010001 00101110 11000010 00101110
* Длина сообщения:  10 байт (80 бит)

Этап 2. Физическое кодирование исходного сообщения

Исходное сообщение: 11010010 11111110 11110000 11101000 11101101 00100000 11010001 00101110 11000010 00101110.

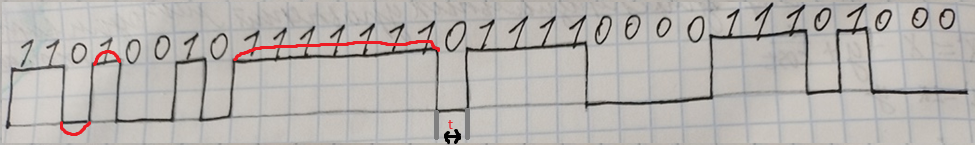
Необходимо отобразить на графиках первые четыре байта: 11010010 11111110 11110000 11101000

Пропускную способность примем за С = 10 Мбит/с.

**Потенциальный код (без возврата к нулю – NRZ):**

*Изображение выглядит как рукописный текст, текст, линия, Шрифт

Автоматически созданное описание*

**

С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

**Манчестерское кодирование:**

Изображение выглядит как Шрифт, типография, рукописный текст

Автоматически созданное описание со средним доверительным уровнем

Изображение выглядит как рукописный текст, Шрифт, текст, типография

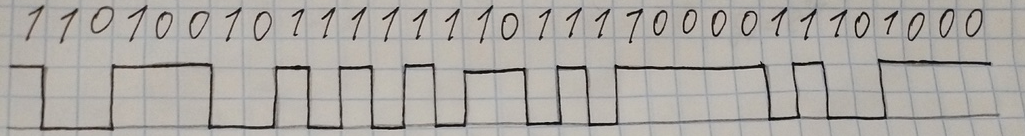
Автоматически созданное описание

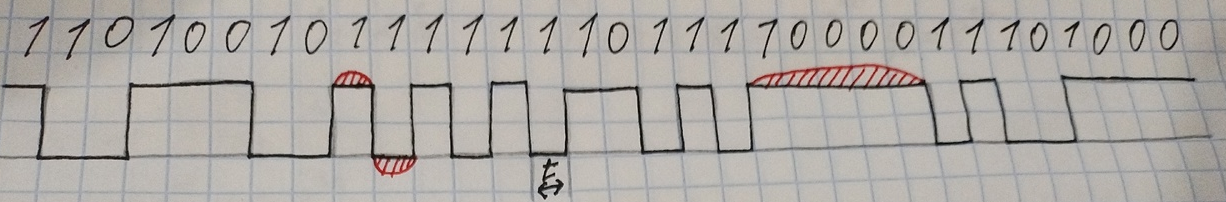
С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

**Потенциальный код с инверсией при единице (NRZI):**





С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

**Биполярный импульсный код (RZ):**

Изображение выглядит как текст, Шрифт, число

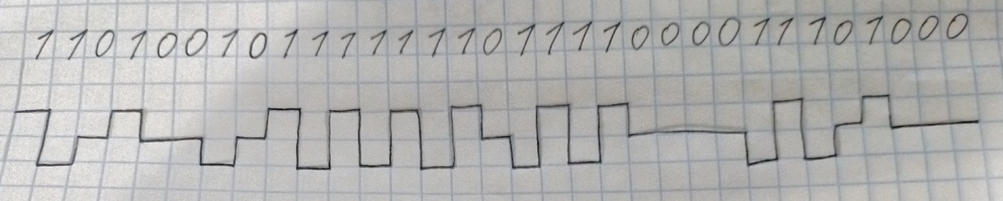
Автоматически созданное описание

С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

**Биполярное кодирование с альтернативной инверсией (AMI):**



С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

Сравнительные таблицы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | fв | fн | fср | F |
| NPZ | 35 | 0.71 | 2.19 | 34 |
| M2 | 70 | 5 | 8.125 | 65 |
| NRZI | 35 | 1 | 2.97 | 34 |
| RZ | 70 | 5 | 6.09 | 65 |
| AMI | 35 | 0 | 3.13 | 35 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры сравнения | NRZ | M2 | NRZI | RZ | AMI |
| Спектр сигнала | + | - | + | - | + |
| Самосинхронизация | - | + | - | + | - |
| Постоянная составляющая | - | + | - | + | - |
| Обнаружение ошибок | - | - | + | + | + |
| Стоимость | + | + | + | - | - |

Анализируя представленные выше таблицы, можно заметить, что три метода имеют одинаковое количество плюсов, это M2, NRZI, RZ, но метод RZ обладает более высокой стоимостью, и мне кажется, что это очень важная составляющая при выборе метода, поэтому в качестве 2 лучших я считаю целесообразно выбрать M2 и NRZI

Этап 3. Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения для метода NRZI

Манчестерский код не имеет постоянной составляющей сигнала, поэтому логическое кодирование будет проводиться для кода NRZI.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Автоматически созданное описание

* Исходное сообщение: Тюрин С.В.
* В двоичном коде до кодирования: 1101 0010 1111 1110 1111 0000 1110 1000 1110 1101 0010 0000 1101 0001 0010 1110 1100 0010 0010 1110
* В двоичном коде после кодирования: 11011101 00111011 11001110 11111011 10010010 11100110 11101001 11001101 10100110 10011100 11010101 00101001 1100
* В шестнадцатеричном коде после кодирования: DD 3B CE FB 92 E6 E9 CD A6 9C D5 29 C
* Длина сообщения:  12,5 байт (100 бит)
* Избыточность:

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, линия

Автоматически созданное описание

С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

*Анализ:*

Увеличилась нижняя частота сигнала (так как были укорочены последовательности нулей), что привело к сужению спектра. Более узкий спектр (при прочих равных) позволяет добиваться более высокой скорости передачи данных. Постоянная составляющая теперь не превышает двух нулей подряд.

Однако, логическое кодирование привело к избыточности (25%), что негативно скажется на реальной пропускной способности канала.

Этап 4. Скремблирование исходного сообщения

Скремблирование будет проводиться для кода NRZI

Изображение выглядит как Шрифт, символ, текст, белый

Автоматически созданное описание

Было опробовано два вида полиномов. Приведенный выше полином лучше справился с задачей уменьшения последовательности подряд идущих нулей.

* Исходное сообщение: Тюрин С.В.
* В двоичном коде до скремблирования: 1101 0010 1111 1110 1111 0000 1110 1000 1110 1101 0010 0000 1101 0001 0010 1110 1100 0010 0010 1110

𝐵𝑖 = 𝐴𝑖 ⊕ 𝐵𝑖−5 ⊕ 𝐵𝑖−7

Данный полином выбран, так как за счет того, что мы учитываем разряды «через один» (имеются в виду i-5 и i-7) мы сможем разбавить постоянную составляющую. Длина постоянной составляющей достигает 5(из нулей), также есть 4 и 3 -> если мы будем учитывать биты со сдвигом на 5 и на 7 (которые, допустим, будут входить в постоянную составляющую), то текущее значение Ai почти всегда не будет совпадать с ними, так как оно не будет входить в постоянную составляющую.

Для первых 4 байт:

𝐵1 = 𝐴1 = 1

𝐵2 = 𝐴2 = 1

𝐵3 = 𝐴3 = 0

𝐵4 = 𝐴4 = 1

𝐵5 = 𝐴5 = 0

𝐵6 = 𝐴6 ⊕ 𝐵1 = 0 ⊕ 1 = 1

𝐵7 = 𝐴7 ⊕ 𝐵2 = 1 ⊕ 1 = 0

𝐵8 = 𝐴8 ⊕ 𝐵3 ⊕ 𝐵1 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵9 = 𝐴9 ⊕ 𝐵4 ⊕ 𝐵2 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵10 = 𝐴10 ⊕ 𝐵5 ⊕ 𝐵3 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

𝐵11 = 𝐴11 ⊕ 𝐵6 ⊕ 𝐵4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵12 = 𝐴12 ⊕ 𝐵7 ⊕ 𝐵5 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

𝐵13 = 𝐴13 ⊕ 𝐵8 ⊕ 𝐵6 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵14 = 𝐴14 ⊕ 𝐵9 ⊕ 𝐵7 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵15 = 𝐴15 ⊕ 𝐵10 ⊕ 𝐵8 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵16 = 𝐴16 ⊕ 𝐵11 ⊕ 𝐵9 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0

𝐵17 = 𝐴17 ⊕ 𝐵12 ⊕ 𝐵10 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵18 = 𝐴18 ⊕ 𝐵13 ⊕ 𝐵11 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵19 = 𝐴19 ⊕ 𝐵14 ⊕ 𝐵12 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵20 = 𝐴20 ⊕ 𝐵15 ⊕ 𝐵13 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

𝐵21 = 𝐴21 ⊕ 𝐵16 ⊕ 𝐵14 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

𝐵22 = 𝐴22 ⊕ 𝐵17 ⊕ 𝐵15 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1

𝐵23 = 𝐴23 ⊕ 𝐵18 ⊕ 𝐵16 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

𝐵24 = 𝐴24 ⊕ 𝐵19 ⊕ 𝐵17 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

𝐵25 = 𝐴25 ⊕ 𝐵20 ⊕ 𝐵18 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵26 = 𝐴26 ⊕ 𝐵21 ⊕ 𝐵19 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵27 = 𝐴27 ⊕ 𝐵22 ⊕ 𝐵20 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

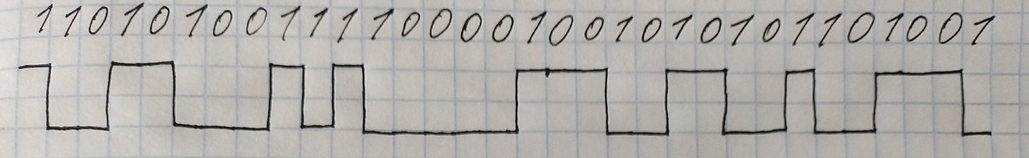
𝐵28 = 𝐴28 ⊕ 𝐵23 ⊕ 𝐵21 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

𝐵29 = 𝐴29 ⊕ 𝐵24 ⊕ 𝐵22 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵30 = 𝐴30 ⊕ 𝐵25 ⊕ 𝐵23 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

𝐵31 = 𝐴31 ⊕ 𝐵26 ⊕ 𝐵24 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0

𝐵32 = 𝐴32 ⊕ 𝐵27 ⊕ 𝐵25 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1



С = 10 Мбит/c, значит длительность битового интервала t = 1/C = 100 нс

* верхняя и нижняя границы частот в передаваемом сообщении и спектр сигнала:

* среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала:
* полоса пропускания, необходимая для качественной передачи данного сообщения:

*Анализ:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод кодирования | fср  Мгц | S МГц | Достоинства | Недостатки |
| 4B/5B  (NRZI) | 3.53 | 33.3 | - Нет постоянной составляющей  - Есть обнаружение ошибок | -Избыточность кодирования |
| Scramb (NRZI) | 2.5 | 34 | -Нет избыточности кодирования | -Есть постоянная составляющая |

У скремблирования и избыточного кодирования есть свои плюсы и минусы. Если выбрать основной целью качественную передачу сигнала, то лучшим способом станет избыточное кодирование.

Вывод

В ходе выполнения работы были выделены два лучших метода для кодирования сообщения – NRZI и Манчестерский код. Данные методы были выбраны исходя из цели удешевления процесса передачи. Манчестерский код не нуждается в логическом кодировании и скремблировании, так как в нем отсутствуют постоянные составляющие сигнала. Для сообщения, закодированного с помощью NRZI, более подходящим оказалось логическое кодирование.