

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Научно-образовательная корпорация ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники
Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Отчёт по домашней работе №1
По дисциплине Компьютерные сети (семестр 6)

Студент:

Дениченко Александр Р3212

Практик:

Тропченко Андрей Александрович

Санкт-Петербург
2024 г.

Цель работы

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

1 Формирование сообщения

Исходное сообщение: Дениченко Александр Олегович

В шестнадцатеричном коде: C4 E5 ED E8 F7 E5 ED EA EE C0 EB E5 EA F1 E0 ED E4 F0 CE EB E5 E3 EE E2 E8 F7

В двоичном коде: 11000100 11100101 11101101 11101000 11110111 11100101 11101101 11101010 11101110 00100000 11000000 11101011 11100101 11101010 11110001 11100000 11101101 11100100 11110000 00100000 11001110 11101011 11100101 11100011 11101110 11100010 11101000 11110111

Длина сообщения: 28 байт (224 бит)

Пропускная способность канала связи: 100 Мбит/с

2 Физическое кодирование исходного сообщения

2.1 Манчестерский код

Длительность битового интервала: $t_b = \frac{1}{C} = \frac{1}{100} = 0.01$

Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{1}{t_b} = \frac{1}{0.01} = 100$ МГц

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{2} = \frac{1}{0.01} = 50$ МГц

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 0.5C = 50$ МГц

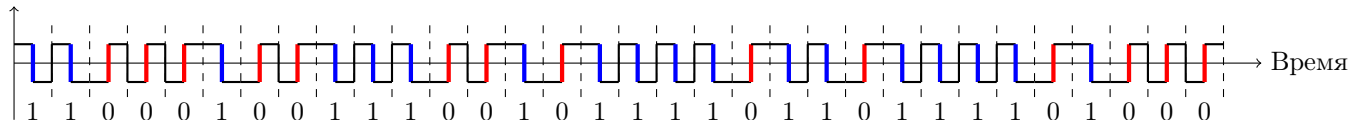
Среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала: $f_{avg} = \frac{f_{up} \cdot 252 + f_{down} \cdot 196}{448} = \frac{100 \cdot 252 + 50 \cdot 196}{448} = 78.125$ МГц

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{100+50}{2} = 75$ МГц

В спектре сигнала незначительно преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$

Ширина полосы пропускания: $F > 50$ МГц

Уровень сигнала



2.2 Потенциальный код без возврата к нулю

Верхняя граница частот: $T = 2t$, $t = \frac{1}{C}$, $f_{up} = \frac{C}{2} = \frac{100}{2} = 50$ МГц

Максимальная подпоследовательность единиц - 6 и нулей - 6, тогда

нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{12} = 8.33$ МГц

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 50 - 8.33 = 41.67$ МГц

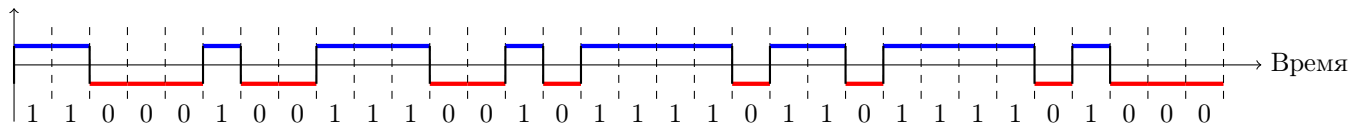
Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{(46 \cdot f_0 / 1 + 14 \cdot 2 \cdot f_0 / 2 + 18 \cdot 3 \cdot f_0 / 3 + 12 \cdot 4 \cdot f_0 / 4 + 6 \cdot 5 \cdot f_0 / 5 + 3 \cdot 6 \cdot f_0 / 6)}{224} = 22.1$ МГц, где $f_0 = \frac{C}{2}$ (частота основной гармоники)

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50+8.33}{2} = 29.165$ МГц

В спектре сигнала незначительно преобладают низкие частоты: $f_{avg} < f_{1/2}$

Ширина полосы пропускания: $F > 41.67$ МГц

Уровень сигнала



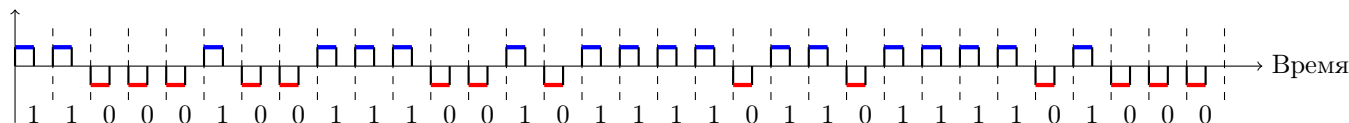
2.3 Биполярный импульсный код (код с возвратом к нулю)

Верхняя граница частот: $f_{up} = C = 100$ МГц

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{4} = 25$ МГц

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 100 - 25 = 75 \text{ МГц}$
 Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{(363 \cdot f_0 + 17 \cdot f_0 / 2.5)}{380} = 97.31 \text{ МГц}$
 Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{100 + 25}{2} = 62.5 \text{ МГц}$
 В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$
 Ширина полосы пропускания: $F > 75 \text{ МГц}$

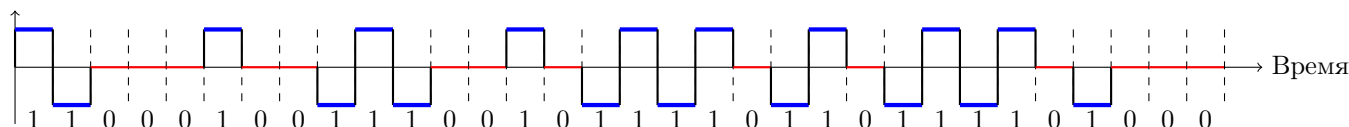
Уровень сигнала



2.4 Биполярное кодирование с чередующейся инверсией

Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{C}{2} = 50 \text{ МГц}$
 Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{12} = 8.33 \text{ МГц}$
 Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 41.67 \text{ МГц}$
 Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{(160 \cdot f_0 / 1 + 16 \cdot f_0 / 2 + 21 \cdot f_0 / 3 + 15 \cdot f_0 / 5 + 12 \cdot f_0 / 6)}{224} = 40.17 \text{ МГц}$
 Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50 + 8.33}{2} = 29.165 \text{ МГц}$
 В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$
 Ширина полосы пропускания: $F > 41.67 \text{ МГц}$

Уровень сигнала



2.5 Сравнительный анализ

Таблица 1: Сравнительный анализ методов кодирования

| Кодирование | Самосинхронизация | Пост. состав | Обнаружение ошибок | Стоимость | Спектр | Частоты |
|-------------|-------------------|--------------|--------------------|-----------|--------|---------|
| AMI (2.4) | - | + | + | 3 | 41.67 | Высокие |
| RZ (2.3) | + | - | + | 3 | 75 | Высокие |
| NRZ (2.2) | - | + | - | 1 | 41.67 | Низкие |
| M2 (2.1) | + | - | + | 2 | 50 | Высокие |

2.6 Выбор оптимального кодирования

Наилучшим методом кодирования в нашем случае является Манчестерский код, так как он обладает следующими преимуществами:

- Хорошая самосинхронизация.
- Отсутствие постоянной составляющей, отсюда и преобладание высоких частот.
- Относительно умеренная ширина полосы (50 МГц) по сравнению с RZ (75 МГц).
- Преобладают высокие частоты, что помогает увеличить качество передачи сигнала.
- Простота реализации и высокая надежность при передаче данных (обнаружение ошибок).
- 2 уровня сигнала.

Второй хороший метод для кодирования данного сообщения выбран - Биполярный импульсный код. Обладает широкой полосой пропускания (75) и высокой средней частотой (97.31), что делает его эффективным для скоростной передачи данных. Он также поддерживает обнаружение ошибок.

3 Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения

Результат кодирования:

```
11010010 10111000 10111110 01101111 100
10010111010111111100010111110011011
11100101101110011100101001111011010
11110111001011111100010111110010110
1110101001111001111011100110111100
01010111011111010100111101101011100
11100101111110001011111001010111100
11100111001010011100100101110101111
```

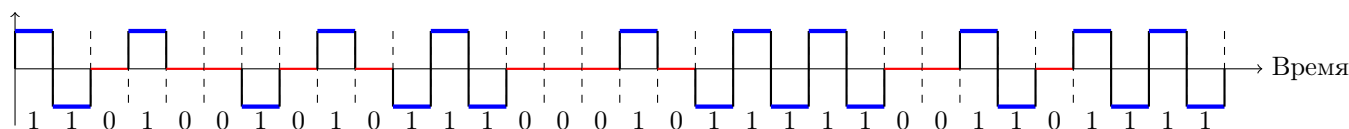
Результат в 16сс: d2b8be6f92ebf8be6f96e729ed7b97e2f96ea79ee6f8aefa9ed7397e2f95e7394e4baf

Длина сообщения полученного при помощи 4В/5В: 35 байт (280 бит)

Избыточность: 0.25

АМІ кодирование

Уровень сигнала



Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{C}{2} = 50$ МГц (не изменилась)

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{f_{up}}{3} = 16.67$ МГц (увеличилась)

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 33.33$ МГц (уменьшилось)

Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{25 \cdot f_0 + 4 \cdot f_0/2 + 3 \cdot f_0/3}{32} = 43.75$ МГц (увеличилось)

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50 + 16.66}{2} = 33.33$ МГц (увеличилось)

В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$ (осталось)

Ширина полосы пропускания: $F > 33.33$ МГц (уменьшилось)

4 Скремблирование исходного сообщения

Исходное сообщение: 11000100 11100101 11101101 11101000

Выбран полином:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-1} \oplus B_{i-3}$$

Произведём расчёты

| i | $A[i]$ | $B[i-1]$ | $B[i-3]$ | $B[i] = A[i] \oplus B[i-1] \oplus B[i-3]$ |
|-----|--------|----------|----------|-------------------------------------------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | $1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 1 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 2 | 0 | 0 | 0 | $0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$ |
| 3 | 0 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ |
| 4 | 0 | 1 | 0 | $0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$ |
| 5 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 6 | 0 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ |
| 7 | 0 | 1 | 1 | $0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$ |
| 8 | 1 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 9 | 1 | 0 | 0 | $1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 10 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 11 | 0 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ |
| 12 | 0 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$ |
| 13 | 1 | 0 | 0 | $1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 14 | 0 | 1 | 1 | $0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$ |
| 15 | 1 | 0 | 0 | $1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 16 | 1 | 1 | 1 | $1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$ |
| 17 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 18 | 1 | 0 | 1 | $1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$ |
| 19 | 0 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ |
| 20 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 21 | 1 | 0 | 0 | $1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 22 | 0 | 1 | 1 | $0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$ |
| 23 | 1 | 0 | 0 | $1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$ |
| 24 | 1 | 1 | 1 | $1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$ |
| 25 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 26 | 1 | 0 | 1 | $1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$ |
| 27 | 0 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ |
| 28 | 1 | 1 | 0 | $1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$ |
| 29 | 0 | 0 | 0 | $0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$ |
| 30 | 0 | 0 | 1 | $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ |
| 31 | 0 | 1 | 0 | $0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$ |

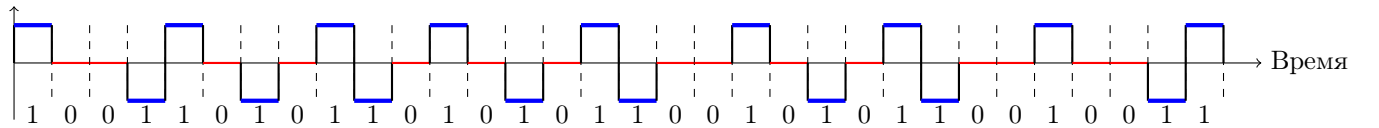
2сс код после кодирования: 10011010 11010101 10010101 10010011

16сс код после кодирования: 9ad59593

Длина сообщения не изменилась. Удалось добиться снижения наибольшего количества повторяющихся символов до 2.

АМІ кодирование

Уровень сигнала



Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{C}{2} = 50$ МГц (не изменилась)

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{f_{up}}{2} = 25$ МГц (увеличилась)

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 25$ МГц (уменьшилось)

Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{24 \cdot f_0 + 8 \cdot f_0/2}{32} = 43.75$ МГц (увеличилось)

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50+25}{2} = 37.5$ МГц (увеличилось)

В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$ (осталось)

Ширина полосы пропускания: $F > 25$ МГц (уменьшилось)

5 Сравнение и выводы

Таблица 2: Сравнительный анализ методов кодирования

| Кодирование | Самосинхронизация | Пост. состав | Обнаружение ошибок | Стоимость | Спектр | Частоты |
|----------------|-------------------|--------------|--------------------|-----------|--------|---------|
| AMI (2.4) | - | + | + | 3 | 41.67 | Высокие |
| AMI (3) | - | + | + | 3 | 33.33 | Высокие |
| AMI (4) | - | + | + | 3 | 25 | Высокие |
| RZ (2.3) | + | - | + | 3 | 75 | Высокие |
| NRZ (2.2) | - | + | - | 1 | 41.67 | Низкие |
| M2 (2.1) | + | - | + | 2 | 50 | Высокие |

Наилучшим способом кодирования всё же остаётся .биполярное кодирование с чередующейся инверсией. Избыточное кодирование и скремблирование позволяет разбить длинные цепочки нулей или единиц, что даёт более высокие нижние частоты и меньшую ширину спектра.