

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

Университет ИТМО

Дисциплина: Компьютерные сети

Лабораторная работа 1

Выполнил:

Кривоносов Егор Дмитриевич

Группа: Р33111

Преподаватель:

Тропченко Андрей Александрович

2022 г.

Санкт-Петербург

Цель работы

- Изучение методов физического кодирования.
- Изучение методов логического кодирования.
- Проведение сравнительного анализа используемых способов кодирования для выявления их достоинств и недостатков.
- Определение наилучшего способа кодирования для передачи исходного сообщения.

Этап 1. Формирование сообщения

Исходное сообщение: Кривоносов Е.Д.

В шестнадцатеричном коде: CA F0 E8 E2 EE ED EE F1 EE E2 20 C5 2E C4 2E

В двоичном коде:

11001010 11110000 11101000 11100010 11101110 11101101 11101110 11110001 11101110
11100010 00100000 11000101 00101110 11000100 00101110

Длина сообщения: 15 байт (120 бит)

Пропускная способность канала связи (C): 1Гбит/с

Этап 2. Физическое кодирование исходного сообщения

M2 - манчестерский код

Верхняя граница частот: $T = t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C = 1000 \text{ МГц}$

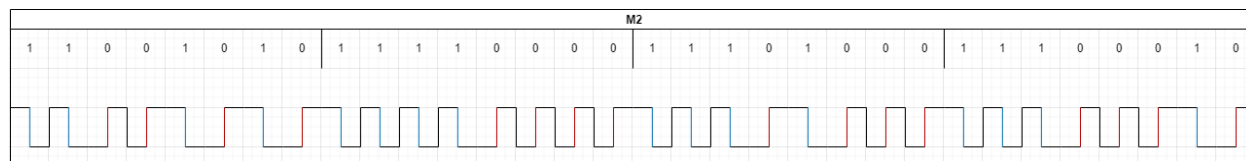
Нижняя граница частот: $T = 2t \rightarrow f_H = \frac{C}{2} = 500 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 750 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (126f_B + 114f_H)/240 = 762.5 \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 500 \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 500 \text{ МГц}$



DIF_M2 - дифференциальный манчестерский код

Верхняя граница частот: $T = t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C = 1000 \text{ МГц}$

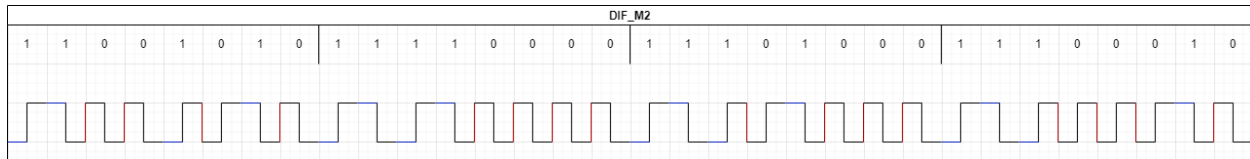
Нижняя граница частот: $T = 2t \rightarrow f_H = \frac{C}{2} = 500 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 750 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (112f_B + 128f_H)/240 = 733.(3) \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 500 \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 500 \text{ МГц}$



NRZ - потенциальный код без возврата к нулю

Верхняя граница частот: $T = 2t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C/2 = 500 \text{ МГц}$

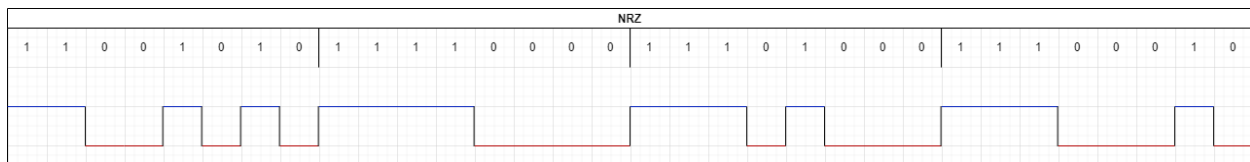
Нижняя граница частот: $T = 10t \rightarrow f_H = \frac{C}{10} = 100 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 300 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (28f_B + 12f_B/2 + 51f_B/3 + 24f_B/4 + 5f_B/5)/120 = 241.(6) \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 375 \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 375 \text{ МГц}$



RZ - биполярный импульсный код

Верхняя граница частот: $T = t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C = 1000 \text{ МГц}$

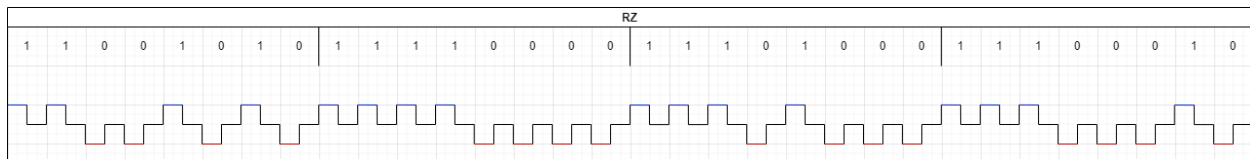
Нижняя граница частот: $T = 2t \rightarrow f_H = \frac{C}{2} = 500 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 750 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (185f_B + 11f_B/2.5)/196 = 966.3265 \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 500 \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 500 \text{ МГц}$



AMI - биполярное кодирование с чередующейся инверсией

Верхняя граница частот: $T = 2t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C/2 = 500 \text{ МГц}$

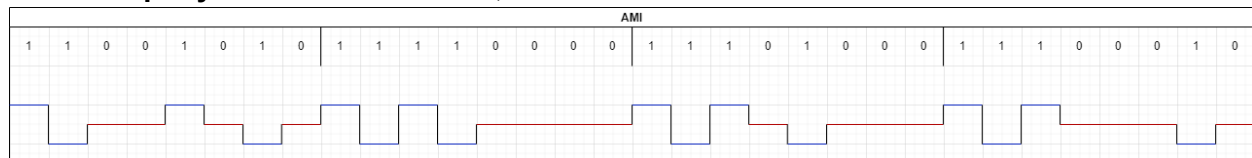
Нижняя граница частот: $T = 9t \rightarrow f_H = \frac{C}{9} = 111. (1) \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 305. (5) \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (82f_B + 4f_B/2 + 21f_B/3 + 8f_B/4 + 5f_B/5)/120 = 391. (6) \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 388. (8) \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 389 \text{ МГц}$



Сравнительный анализ

Метод кодирования	Спектр сигнала (МГц)	Само синхронизация	Постоянная составляющая	Обнаружение ошибок	Стоимость реализации
M2	500	есть	нет	есть	2
DIF_M2	500	есть	нет	есть	2
NRZ	375	нет	есть	нет	1
RZ	500	есть	нет	есть	3
AMI	388.8	нет	есть	есть	3

ДОБАВИТЬ ВЫВОД

В результате сравнения выбранных мною 5 методов физического кодирования можно сделать вывод, что лучшими способами кодирования являются M2 и DIF_M2, так как они обеспечивают отсутствие постоянной составляющей, что сказывается на преобладании высоких частот и наиболее качественной передачи сигнала; данные способы кодирования обладают самосинхронизацией и механизмом обнаружения ошибок, чем также предрасполагают к себе. Нельзя не отметить, что помимо всего прочего M2 и DIF_M2 необходимо всего 2 уровня сигнала.

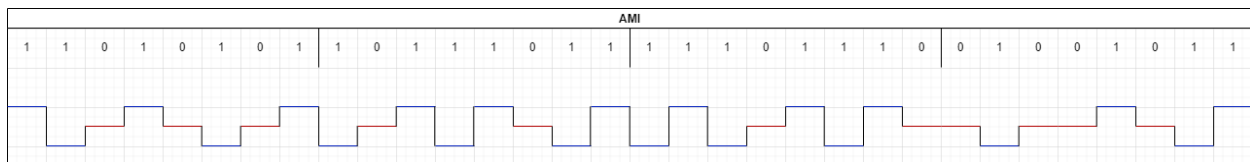
Этап 3. Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения - (4B/5B)

В двоичном коде: 11010101101110111110111001001011100101001110011100111001
101111100111001110101001111001110011100101001010011110110100101110100111
0011010010101010011100

В шестнадцатеричном коде: 35 6E FB 92 E5 39 CE 6F 9C EA 79 CE 52 9E D2 E9 CD 2A 9C

Длина сообщения: 18.75 байт (150 бит)

Избыточность: 25%



Верхняя граница частот: $T = 2t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C/2 = 500 \text{ МГц}$

Нижняя граница частот: $T = 4t \rightarrow f_H = \frac{C}{4} = 250 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 375 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (28f_B + 4f_H/2)/32 = 468.75 \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 250 \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 250 \text{ МГц}$

Этап 4. Скремблирование исходного сообщения

$$B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}$$

Данный полином выбран так как за счет того, что мы учитываем разряды «через один» (имеются в виду $i-3$ и $i-5$) мы сможем разбавить постоянную составляющую. Длина постоянной составляющей в моем случае не превышает 4 -> если мы будем учитывать биты со сдвигом на 3 и на 5 (которые, допустим, будут входить в постоянную составляющую), то текущее значение A_i почти всегда не будет совпадать с ними, так как оно не будет входить в постоянную составляющую -> команда XOR будет выдавать попеременно (не прямо попеременно, но будет стараться) разные значения.

Исходное сообщение: 11001010 11110000 11101000 11100010

$$B_1 = A_1 = 1$$

$$B_2 = A_2 = 1$$

$$B_3 = A_3 = 0$$

$$B_4 = A_4 \oplus B_1 = 0 \oplus 1 = 1$$

$$B_5 = A_5 \oplus B_2 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$B_6 = A_6 \oplus B_3 \oplus B_1 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

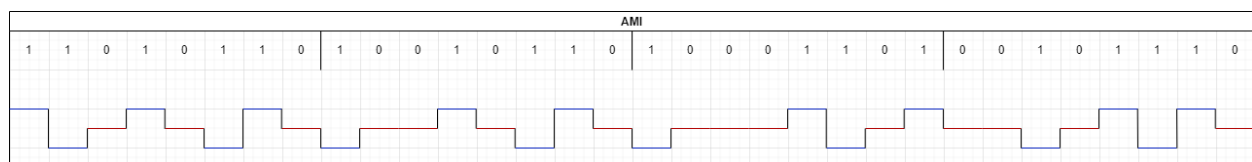
$$\begin{aligned}
B_7 &= A_7 \oplus B_4 \oplus B_2 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \\
B_8 &= A_8 \oplus B_5 \oplus B_3 = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\
B_9 &= A_9 \oplus B_6 \oplus B_4 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \\
B_{10} &= A_{10} \oplus B_7 \oplus B_5 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0 \\
B_{11} &= A_{11} \oplus B_8 \oplus B_6 = 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0 \\
B_{12} &= A_{12} \oplus B_9 \oplus B_7 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \\
B_{13} &= A_{13} \oplus B_{10} \oplus B_8 = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\
B_{14} &= A_{14} \oplus B_{11} \oplus B_9 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\
B_{15} &= A_{15} \oplus B_{12} \oplus B_{10} = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\
B_{16} &= A_{16} \oplus B_{13} \oplus B_{11} = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\
B_{17} &= A_{17} \oplus B_{14} \oplus B_{12} = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \\
B_{18} &= A_{18} \oplus B_{15} \oplus B_{13} = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0 \\
B_{19} &= A_{19} \oplus B_{16} \oplus B_{14} = 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0 \\
B_{20} &= A_{20} \oplus B_{17} \oplus B_{15} = 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0 \\
B_{21} &= A_{21} \oplus B_{18} \oplus B_{16} = 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1 \\
B_{22} &= A_{22} \oplus B_{19} \oplus B_{17} = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\
B_{23} &= A_{23} \oplus B_{20} \oplus B_{18} = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\
B_{24} &= A_{24} \oplus B_{21} \oplus B_{19} = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\
B_{25} &= A_{25} \oplus B_{22} \oplus B_{20} = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0 \\
B_{26} &= A_{26} \oplus B_{23} \oplus B_{21} = 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0 \\
B_{27} &= A_{27} \oplus B_{24} \oplus B_{22} = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \\
B_{28} &= A_{28} \oplus B_{25} \oplus B_{23} = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\
B_{29} &= A_{29} \oplus B_{26} \oplus B_{24} = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\
B_{30} &= A_{30} \oplus B_{27} \oplus B_{25} = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\
B_{31} &= A_{31} \oplus B_{28} \oplus B_{26} = 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1 \\
B_{32} &= A_{32} \oplus B_{29} \oplus B_{27} = 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0
\end{aligned}$$

Получившееся сообщение: 11010110 10010110 10001101 00101110

В шестнадцатеричном коде: D6 96 8D 2E

Длина сообщения: 4 байт (32 бита)

Максимальное количество повторяющихся символов: 3



Верхняя граница частот: $T = 2t, t = \frac{1}{C} \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C/2 = 500 \text{ МГц}$

Нижняя граница частот: $T = 6t \rightarrow f_H = \frac{C}{6} = 166. (6) \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{1/2} = (f_H + f_B)/2 = 333. (3) \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{cp} = (25f_B + 4f_B/2 + 3f_B/3)/32 = 437.5 \text{ МГц}$

Ширина спектра сигнала: $S = f_B - f_H = 333. (3) \text{ МГц}$

Полоса пропускания: $F = 334 \text{ МГц}$

Сравнительный анализ (логическое кодирование)

Метод кодирования	Полезная пропускная способность	Спектр	Синхронизация	Обнаружение ошибок	Реализация	Доп временные затраты
Избыточное 4B/5B	Уменьшается	Сужается	Есть	Есть	Простая	Есть
Скремблирование	Сохраняется	Как повезет	Нет	Нет	Средней сложности	Есть

В результате сравнения двух способов логического кодирования можно прийти к выводу, что наилучший способ логического кодирования – избыточное, хоть мы и жертвуем полезной пропускной способностью, зато в большинстве случаев (в отличие от скремблирования) избавляемся от постоянной составляющей, что гарантирует сужение спектра и возможность синхронизации. Так же приятный плюс этого метода: возможность обнаружения ошибок за счет наличия запрещенных символов (а именно – 16), ну и отличается он универсальностью и простой реализацией. В случае же скремблирования мы вынуждены суметь подобрать наиболее подходящий полином (а это максимально сложно (говорю на собственном опыте), ибо универсального метода подбора нет). Ну и само собой оба метода требуют дополнительных временных затрат в силу промежуточного преобразования исходного сообщения.

Вывод

В ходе выполнения данного задания я познакомился с разными методами физического и логического кодирования сообщений, проанализировал достоинства и недостатки каждого. Пришел к выводу, что идеальных способов кодирования не существует. У каждого свои достоинства и недостатки, мы же пытаемся в зависимости от исходных данных и условий выбрать оптимальный. В моем случае таковым являются M2 и DIF_M2 код за счет отсутствия в них постоянной составляющей. Что касается логического кодирования, я убедился в эффективности избыточного кодирования (нижняя граница частоты увеличилась в 2 раза) и в неэффективности скремблирования (показания

изменились не значительно), но я не отрицаю того, что всему виной неправильный выбор полинома, хотя тот факт, что универсального подхода для выбора нет - расстраивает.