

# Отчёт по лабораторной работе №8

Магомедов В.Р.

19 июня 2018 г.

# Модель телекоммуникационного канала

## 1 Цель работы

Построить модель телекоммуникационного канала.

## 2 Постановка задачи

Пакетный сигнал длительностью 200 мкс состоит из 64 бит полезной информации и 8 нулевых tail-бит. В нулевом 16-битном слове пакета передается ID, в первом - период излучения в мс, во втором – сквозной номер пакета, в третьем - контрольная сумма (CRC-16). На передающей стороне пакет сформированный таким образом проходит следующие этапы обработки:

1. Помехоустойчивое кодирование сверточным кодом с образующими полиномами 753, 561( octal ) и кодовым ограничением 9. На выходе кодера количество бит становится равным 144.
2. Перемежение бит. Количество бит на этом этапе остается неизменным.
3. Модуляция символов. На этом этапе пакет из 144 полученных с выхода перемежителя бит разбивается на 24 символа из 6 бит. Генерируется таблица функций Уолша длиной 64 бита. Каждый 6-битный символ заменяется последовательностью Уолша, номер которой равен значению данных 6-ти бит. Т.о. на выходе модулятора получается  $24 * 64 = 1536$  знаковых символов.
4. Прямое расширение спектра. Полученная последовательность из 1536 символов периодически умножается с учетом знака на ПСП длиной 511 символов. Далее к началу сформированного символьного пакета прикрепляется немодулированная ПСП. Т.о. символьная длина становится равной 1747. Далее полученные символы модулируются методом BPSK.

Задача: по имеющейся записи сигнала из эфира и коду модели передатчика создать модель приемника, в которой найти позицию начала пакета и, выполнив операции демодуляции, демультиплексирования и декодирования, получить передаваемые параметры: ID, период, и номер пакета. Известно, что ID = 4, период 100 мс, номер пакета 373. Запись сделана с

передискретизацией 2, т.е. одному BPSK символу соответствуют 2 лежащих друг за другом отсчета в файле. Запись сделана на нулевой частоте и представляет из себя последовательность 32-х битных комплексных отсчетов, где младшие 16 бит вещественная часть, старшие 16 бит – мнимая часть.

### 3 Ход работы

Псевдослучайная последовательность.

```
PRS=[1; 1; 1; 1; 1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; 1; 1; 1; -1; 1;
1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; -1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; -1; 1;
1; -1; 1; 1; 1; 1; -1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; 1; 1; -1;
-1; 1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; -1; -1; 1; -1; -1; -1; 1; -1;
1; -1; 1; 1; 1; -1; 1; -1; 1; 1; 1; 1; -1; -1; 1; -1;
-1; 1; -1; 1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; 1; -1; -1; -1; -1; -1;
-1; 1; 1; 1; -1; 1; 1; 1; -1; 1; -1; -1; 1; 1; 1; 1;
-1; 1; -1; 1; -1; -1; 1; -1; 1; -1; -1; -1; -1; -1; 1;
-1; 1; -1; 1; -1; 1; -1; 1; 1; 1; 1; 1; -1; 1; -1; 1;
1; -1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; 1; -1; 1; 1; 1; -1; 1;
1; -1; 1; 1; -1; 1; -1; 1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; -1;
1; -1; 1; 1; -1; 1; 1; 1; -1; -1; 1; -1; 1; 1; -1;
-1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; 1; 1; 1; -1; 1; 1; -1; 1; -1;
-1; 1; -1; -1; 1; -1; -1; 1; 1; -1; 1; 1; 1; 1; 1;
-1; -1; 1; -1; 1; 1; -1; 1; -1; 1; -1; -1; -1; 1; -1;
1; -1; -1; -1; 1; -1; -1; 1; 1; 1; -1; 1; 1; -1; -1;
-1; 1; 1; 1; 1; -1; 1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; 1; -1;
-1; -1; -1; 1; 1; 1; -1; 1; -1; 1; -1; 1; 1; -1; 1;
-1; -1; -1; 1; 1; 1; -1; -1; -1; 1; -1; -1; 1; -1;
1; -1; -1; -1; 1; 1; -1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; 1; 1;
-1; -1; 1; 1; 1; 1; -1; -1; -1; 1; -1; 1; 1; -1; 1;
1; -1; -1; 1; -1; 1; -1; -1; 1; -1; -1; -1; -1; 1; -1;
-1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; 1; -1; 1; -1; -1; -1; 1; 1;
1; 1; -1; 1; 1; 1; -1; -1; -1; -1; -1; 1; 1; 1 1];
```

Матрица перемежения.

```
interleaver =  
[0; 133; 122; 111; 100; 89; 78; 67; 56; 45; 34; 23; 12; 1; 134; 123;  
 112; 101; 90; 79; 68; 57; 46; 35; 24; 13; 2; 135; 124; 113; 102; 91;  
 80; 69; 58; 47; 36; 25; 14; 3; 136; 125; 114; 103; 92; 81; 70; 59;  
 48; 37; 26; 15; 4; 137; 126; 115; 104; 93; 82; 71; 60; 49; 38; 27;  
 16; 5; 138; 127; 116; 105; 94; 83; 72; 61; 50; 39; 28; 17; 6; 139;  
 128; 117; 106; 95; 84; 73; 62; 51; 40; 29; 18; 7; 140; 129; 118; 107;  
 96; 85; 74; 63; 52; 41; 30; 19; 8; 141; 130; 119; 108; 97; 86; 75;  
 64; 53; 42; 31; 20; 9; 142; 131; 120; 109; 98; 87; 76; 65; 54; 43;  
 32; 21; 10; 143; 132; 121; 110; 99; 88; 77; 66; 55; 44; 33; 22; 11];
```

Чтение данных сгенерированных передатчиком.

```
fid=fopen('test.sig', 'r');  
IQ_record = fread(fid, 'int16');  
fclose(fid);
```

Вещественная часть находится на нечетных местах, а комплексная на четных.

```
re_part = IQ_record(1:2:end);  
im_part = IQ_record(2:2:end);  
%%Возвращаемся к комплексной форме  
IQ_record = complex(re_part,im_part);
```

```
IQ_record = IQ_record(1:2:end);
```

Демодуляция сигнала.

```
signal_to_modulate = pskdemod(IQ_record,2);
```

Преобразуем из униполярной формы в биполярную.

```
for u=1:1:length(signal_to_modulate)  
    if (signal_to_modulate(u)==0)  
        signal_to_modulate(u)=-1;  
    else signal_to_modulate(u)=1;  
    end;  
end;  
signal_to_modulate2=signal_to_modulate(length(PRS)+1:end);  
signal_to_demodulate1=signal_to_modulate2'.*[PRS' PRS' PRS' PRS(1:3)'];
```

## Матрица Уолша

```
% http://www.mathworks.com/help/signal/examples/discrete-walsh-hadamard-
% transform.html
N=64;
hadamardMatrix=hadamard(N);

HadIdx = 0:N-1; % Hadamard index
M = log2(N)+1;

binHadIdx = fliplr(dec2bin(HadIdx,M))-'0'; % Bit reversing of the binary index
binSeqIdx = zeros(N,M-1); % Pre-allocate memory
for k = M:-1:2
    % Binary sequency index
    binSeqIdx(:,k) = xor(binHadIdx(:,k),binHadIdx(:,k-1));
end
SeqIdx = binSeqIdx*pow2((M-1:-1:0)'); % Binary to integer sequency index
walshMatrix = hadamardMatrix(SeqIdx+1,:); % 1-based indexing

Переходим от десятичной формы к бинарной.

for i=1:1:24
    line(i,1:6)= de2bi( Walsh_row_number(i)-1,6);
    line(i,1:6)=line(i,end:-1:1);
end;
sig_1=reshape(line',[1 144]);

Декодирование с учетом перемежения

for i=1:1:144
    sig2(interleaver(i)+1)=sig_1(i);
end

tr1=poly2trellis(9,[753 561]);
tble=9;
decode_packet=vitdec(sig2,tr1,9,'cont','hard');
msg=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0...
    0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
[n1,r1] = biterr(decode_packet(tble+1:end),msg(1:end-tble))
```

## 4 Выводы

В ходе данной работы была создана модель приемника. Были выполнены операции демодуляции, деперемежения и декодирования. Приемник и передающее "устройство" выполняет последовательность обратимых операций над пакетом обмена данными. В канале передачи информации действуют шумы. При неизвестных параметрах шума на приемнике выполняется синхронизация записи сигнала по известной опорной псевдослучайной последовательности (ПСП).

При демодуляции и одновременном сужении спектра принятого сигнала также используется корреляционный метод - обратное быстрое преобразование Уолша-Адамара. С помощью этого метода определяется максимальный по абсолютному значению элемент строки матрицы результатов, который указывает на начало пакета (при синхронизации) или на бинарный номер строки матрицы Уолша (при сужении спектра и демодуляции).