

## 5. Моделирование канала ДСК и Z-канала в системе Octave

### 5.1. Цель работы

Ознакомиться с принципами построения моделей каналов в системе Octave на примере канала Гилберта–Эллиотта и провести моделирование канала ДСК и Z-канала.

### 5.2. Рекомендуемая литература

1. Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова «Введение в Octave для инженеров и математиков» М. : ALT Linux, 2012. — 368 с.

2. Documentation // Octave-Forge.

URL: <http://octave.sourceforge.net/docs.html>

3. Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова «Введение в Octave» // НОУ ИНТУ-ИТ. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/3677/919/info>

### 5.3. Теоретическая справка

Справка написана для ОС Debian Linux, используемой в лабораториях кафедры, с учётом используемого интерфейса пользователя.

При построении моделей каналов в системе Octave можно идти двумя путями: моделировать собственно канал, который получает на вход исходный массив данных и возвращает массив данных с уже наложенной на него ошибкой, либо писать модель ошибок, которая возвращает массив ошибок, который требуется затем поэлементно сложить по модулю 2 с массивом данных. Ниже приведены оба варианта для модели канала Гилберта–Эллиотта, основанной на двух последовательных проверках генератора случайных чисел (двух «бросках кости»).

#### Модель канала Гилберта–Эллиотта

```
% Gilbert-Elliott Channel Model
function [outArr,lastState]=gec(dataArr,pBG,pGB,pG,pB,initState)
    State = initState;           % Get initial state
    [Height,Width]=size(dataArr); % Find size of data array
    outArr=zeros(Height,Width); % Initialize output array
    for Cnt1=1:1:Height          % Start row searching cycle
        for Cnt2=1:1:Width       % Start inner searching cycle
            if State == 0        % Good state
                outArr(Cnt1,Cnt2) = xor(dataArr(Cnt1,Cnt2),rand(1)<=pG);
                State = rand(1)<=pGB;
            elseif State == 1    % Bad state
                outArr(Cnt1,Cnt2) = xor(dataArr(Cnt1,Cnt2),rand(1)<=pB);
                State = rand(1)>pBG;
```

```

else
    printf('Error: Incorrect state\n');
    break;
endif
end
end
end
lastState = State;    % Return last state
end

```

В качестве параметров в приведенную функцию модели канала Гилберта–Эллиотта передаются массив исходных данных, состоящий из 0 и 1, вероятностные параметры модели канала и начальное состояние канала. Модель возвращает массив данных, прошедших через канал, — с наложенной ошибкой — и конечное состояние канала.

В приведенной модели рекомендуется обратить внимание на строку

---

```
[Height , Width]=size(dataArr);
```

---

Эта функция определяет размеры исходного массива данных для последующего поэлементного перебора.

Также обратите внимание на *реализацию проверки вероятности на основе генератора случайных чисел*. Функция `rand(1)` возвращает случайное дробное число в промежутке 0–1. Соответственно, если выпадает число меньшее либо равное заданной вероятности, то проверка считается успешной. Например, если вероятность ошибки в канале ДСК равна  $p_0$ , то проверку можно сделать выражением `rand(1) <= p0`. Это выражение сразу вернет правильный бит ошибки.

Стоит отметить, что моделирование канала ПД в виде модели собственно канала удобно для последующего его применения в имитационном моделировании СПД.

Для анализа модели канала, работа которого не зависит от потока входных данных, удобно пропускать через построенную модель массив нулевых исходных данных. В этом случае на выходе канала сразу будет получен будет массив ошибочных бит, который удобно анализировать. Сравнение с исходным массивом при этом не требуется.

Если же работа модели канала зависит от входящих данных, как например в Z-канале, то необходимо передавать через канал различные массивы исходных данных, чтобы проверить работу модели в разных условиях. В частности, при оценке канала удобно использовать в качестве исходных данных случайно сгенерированный битовый массив.

---

```
b = randint(n, m);
```

---

Эта функция возвращает битовый массив из  $n$  строк и  $m$  столбцов.

Для создания массива нулей используется функция

---

```
b = zeros (n, m);
```

---

Для создания массива единиц используется функция

---

```
b = ones (n, m);
```

---

Функцию модели канала можно реализовать в отдельном файле. Такой файл должен иметь то же имя, что и имя функции. Расширение файла — «.m». Чтобы использовать такую функцию, необходимо запустить систему Octave в том каталоге, в котором лежит эта функция.

### Модель ошибок Гилберта–Эллиотта

```
% Gilbert-Elliott Error Model
function [erVek,lastState]=gem(Height,Width,pBG,pGB,pG,pB,initState)
    State = initState;           % Get initial state
    erVek=zeros([Height,Width]); % Initialize error array
    for Cnt1=1:1:Height          % Start row searching cycle
        for Cnt2=1:1:Width       % Start inner (column) searching cycle
            if State == 0        % Good state
                erVek(Cnt1,Cnt2) = rand(1)<=pG;
                State = rand(1)<=pGB;
            elseif State == 1    % Bad state
                erVek(Cnt1,Cnt2) = rand(1)<=pB;
                State = rand(1)>pBG;
            else
                printf('Error: Incorrect state\n');
                break;
            endif
        end
    end
    lastState = State;          % Return last state
end
```

Использование модели ошибок возможно в том случае, когда работа канала не зависит от входных данных. Фактически, модель ошибок представляет собой модель канала при нулевых входных данных. Таким образом, если для таких каналов как канал ДСК или канал Гилберта–Эллиотта использование модели ошибок возможно, то для Z-канала этот способ моделирования неприменим.

### 5.4. Порядок выполнения задания

Задание выполняется каждым учащимся индивидуально. По результатам работы необходимо сформировать отчет, в котором отразить цель работы, последовательность выполненных действий, в качестве которых должен

фигурировать написанный сценарий Octave с поясняющими комментариями, а также результат выполнения работы — график экспериментальной вероятности ошибки в канале ДСК и график стандартного отклонения.

Отчёт формируется в электронном виде в формате PDF и отправляется на электронную почту преподавателя.

1. Используя в качестве примера модель канала Гилберта–Эллиотта написать модель канала ДСК.

2. Сравнить результат действия модели с результатом встроенной в систему Octave модели канала ДСК, построив графики зависимости экспериментально полученного значения вероятности ошибки в канале ДСК от заданной вероятности (для каждой из моделей). В качестве контрольных точек взять следующие значения вероятности  $p_0$ : [1e-4 5e-4 1e-3 5e-3 1e-2 5e-2 1e-1]. Для определения экспериментального значения использовать метод Монте-Карло с усреднением по пяти последовательным экспериментам. В каждом эксперименте передавать через канал  $10^5$  бит. Упрощенно алгоритм эксперимента можно представить в виде последовательности действий

- а) сформировать массив нулей размером 1 на  $10^5$ ;
  - б) передать его через встроенную в Octave модель канала ДСК;
  - в) посчитать сумму единиц в массиве, которая будет равна общему количеству ошибок; команда `sum(A)`;
  - г) поделить число ошибок на общее число переданных бит, получив экспериментальное значение вероятности ошибки в канале;
  - д) повторить эксперимент по пять раз для каждой вероятности ошибки  $p_0$ ;
  - е) рассчитать для каждой точки среднее значение и построить графики (пять экспериментальных и среднее на одной плоскости);
  - ж) повторить весь эксперимент для модели, написанной самостоятельно; построить графики (пять экспериментальных и среднее на одной плоскости);
  - з) построить график с усредненными по пяти экспериментам значениями для обеих моделей на одной координатной плоскости (для сравнения).
- На всех графиках должны присутствовать название графика, подписи осей и легенда (на английском или транслитом).

3. Сделать вывод о правильности работы модели.

4. По аналогии написать модель Z-канала.

5. Построить график зависимости результирующей вероятности ошибки на выходе Z-канала при подаче на его вход: 1) массива нулей; 2) массива единиц; 3) массива случайных двоичных чисел. Для получения экспериментальных значений результирующей вероятности ошибки использовать метод Монте-Карло с усреднением по пяти последовательным экспериментам. Размер битового массива —  $10^5$  бит.

6. Сделать выводы по результатам.

### **5.5. Порядок защиты практической работы**

Защита работы может осуществляться одним из нижеперечисленных способов или их сочетанием на усмотрение преподавателя.

1. Устный ответ по теме работы.
2. Тестирование по теме работы
3. Задача по теме работы.
4. Иные варианты на усмотрение преподавателя.