

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА УОЛША В СТАНДАРТЕ CDMA В СРЕДЕ MATLAB

Киличов Ж.Р.,

Гайратов З.К.,

Жумабоев.Т.А

Самаркандский филиал Ташкентского

Университета информационных

технологий имени Мухаммада аль-Хоразми

Для моделирования системы множественного доступа с кодовым разделением каналов необходимо разработать программную реализацию, основанную на ортогональных кодах Уолша. В данной реализации каждому пользователю присваивается уникальный код, с помощью которого осуществляется кодирование его информационного сигнала.

Для корректной работы системы требуется предусмотреть интерфейс ввода пользовательских сигналов, выполнение их кодирования с применением соответствующих кодов, а также возможность выполнения обратной декодировки. Процесс кодирования осуществляется посредством поэлементного умножения информационного сигнала на строку матрицы Уолша, соответствующую пользователю. Полученные сигналы суммируются и формируют результирующий многопользовательский сигнал.

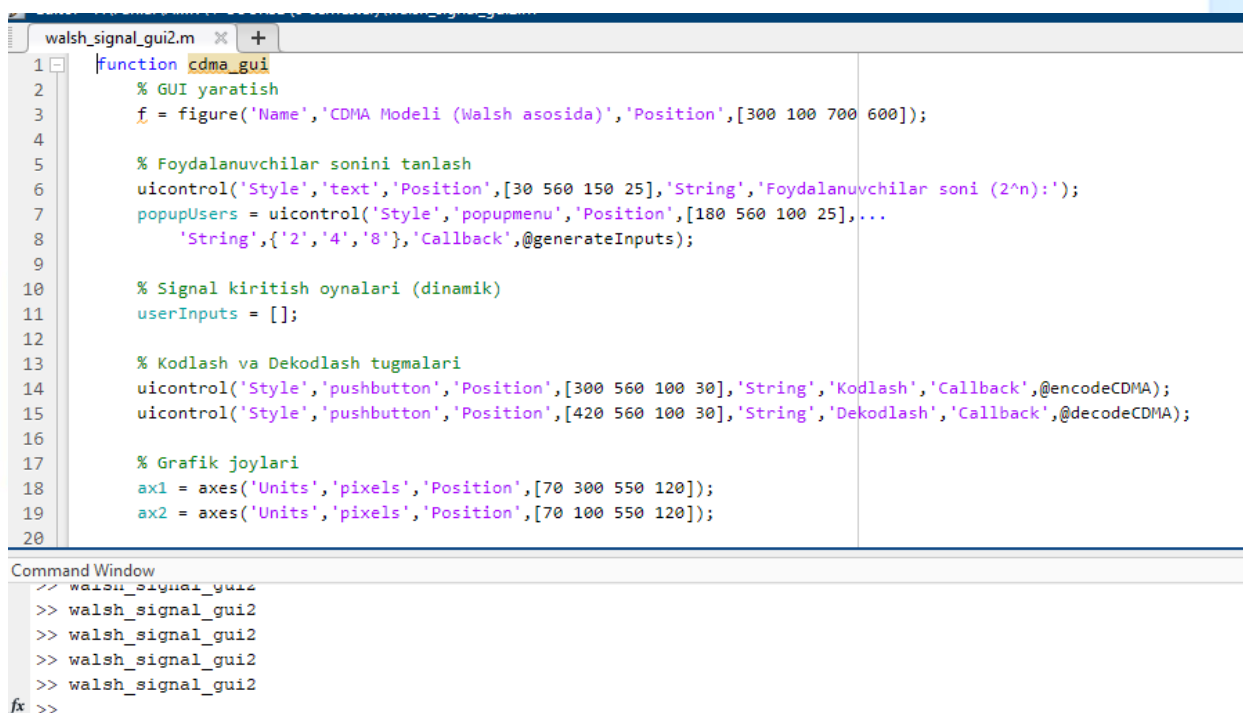
В процессе декодирования используется тот же набор кодов Уолша, с помощью которых происходит восстановление исходных сигналов каждого пользователя из совмещенного сигнала. Важно обеспечить одинаковую длину всех пользовательских сигналов для корректного кодирования и декодирования.

Графическая визуализация закодированного и декодированного сигнала необходима для наглядной оценки работы системы. Это позволяет проанализировать точность восстановления сигналов и убедиться в корректной работе алгоритма кодирования и декодирования.

Система моделирования CDMA может быть реализована в графическом интерфейсе с возможностью выбора количества пользователей, задания тестовых последовательностей и отображения результатов на соответствующих графиках.

Для построения ортогональных кодов используется преобразованная матрица Адамара, упорядоченная по кодам Уолша. Такая матрица обеспечивает минимальную перекрестную корреляцию между кодами, что является необходимым условием для эффективной работы многопользовательской системы.

Для проведения моделирования необходимо использовать графический интерфейс, реализованный в среде Matlab с применением языка программирования MATLAB. Разработанная программа позволяет моделировать процесс кодирования и декодирования сигналов в стандарте CDMA с использованием Walsh-ortogonal kodlari. Работа интерфейса направлена на интерактивное взаимодействие с пользователем для упрощения ввода данных и визуализации результатов. Ниже описывается структура и функции разработанного программного модуля.



```

1 function cdma_gui
2     % GUI yaratish
3     f = figure('Name','CDMA Modeli (Walsh asosida)','Position',[300 100 700 600]);
4
5     % Foydalanuvchilar sonini tanlash
6     uicontrol('Style','text','Position',[30 560 150 25],'String','Foydalanuvchilar soni (2^n):');
7     popupUsers = uicontrol('Style','popupmenu','Position',[180 560 100 25],...
8         'String',{'2','4','8'},'Callback',@generateInputs);
9
10    % Signal kiritish oynalari (dinamik)
11    userInputs = [];
12
13    % Kodlash va Dekodlash tugmalari
14    uicontrol('Style','pushbutton','Position',[300 560 100 30],'String','Kodlash','Callback',@encodeCDMA);
15    uicontrol('Style','pushbutton','Position',[420 560 100 30],'String','Dekodlash','Callback',@decodeCDMA);
16
17    % Grafik joylari
18    ax1 = axes('Units','pixels','Position',[70 300 550 120]);
19    ax2 = axes('Units','pixels','Position',[70 100 550 120]);
20
Command Window
>> walsh_signal_gui2
>> walsh_signal_gui2
>> walsh_signal_gui2
>> walsh_signal_gui2
fx >>
    
```

Рисунок 1. Программная реализация алгоритма в среде MATLAB

Интерфейс программы начинается с создания главного окна, где пользователь выбирает количество пользователей в формате 2^n (возможные значения: 2, 4, 8). После выбора количества пользователей автоматически формируются поля для ввода сигнальных последовательностей каждого пользователя. Пользователь должен ввести бинарный сигнал в виде вектора, содержащего элементы ± 1 , например, $[1 -1 1 -1]$.

Далее представлены две основные управляющие кнопки: «Кодлаш» (Кодирование) и «Декодлаш» (Декодирование). При нажатии на кнопку «Кодлаш» происходит считывание пользовательских сигналов и их проверка на корректность (одинаковая длина, допустимые значения ± 1). После проверки, с помощью матрицы Уолша (формируемой на основе матрицы Адамара и сортировки Грея), выполняется процесс кодирования. Каждому пользователю соответствует определённый Walsh-вектор, с которым его сигнал перемножается и затем все полученные векторы суммируются, формируя

результатирующий CDMA-сигнал. Полученный закодированный сигнал визуализируется в виде столбчатой диаграммы.

Процесс декодирования активируется кнопкой «Декодлаш». Используя ту же матрицу Уолша, программа производит корреляционный анализ между закодированным сигналом и Walsh-векторами пользователей. Полученные значения нормализуются и преобразуются с помощью функции `sign()`, восстанавливая исходные сигналы. Результаты декодирования отображаются в виде графика, где каждому пользователю соответствует своя линия.

Отдельно стоит отметить макрос `walsh_matrix`, реализующий построение ортогональной матрицы Уолша на основе матрицы Адамара с сортировкой Грея. Это обеспечивает корректное сопоставление кодов различным пользователям и гарантирует их ортогональность, что критично в CDMA-системах для устранения взаимных помех.

Таким образом, данный программный модуль демонстрирует принципы мультиплексирования сигналов с кодовым разделением каналов и позволяет наглядно исследовать механизмы их совместной передачи и отдельного восстановления с помощью ортогональных кодов.

Для проведения моделирования необходимо использовать программную среду MATLAB, в которой разработан графический пользовательский интерфейс (GUI) для симуляции кодирования и декодирования сигналов в системе CDMA с применением алгоритма Уолша. Интерфейс предназначен для наглядного демонстрация работы многопользовательской системы с кодовым разделением каналов (Code Division Multiple Access), что позволяет визуализировать основные принципы технологии.

В начале работы пользователь выбирает количество пользователей, участвующих в системе. Это количество ограничено значениями степени двойки (2, 4 или 8), поскольку матрица Уолша требует размерности, равной 2^n . Выбор

осуществляется с помощью выпадающего списка (popup menu), после чего динамически создаются поля ввода для каждого пользователя. Каждый пользователь вводит последовательность символов в виде массива $[1 \ -1 \ 1 \ -1]$, где значения $+1$ и -1 соответствуют бинарным символам 1 и 0 в кодировании CDMA.

Следующим этапом является кодирование пользовательских сигналов. Кодирование выполняется путём перемножения сигнала каждого пользователя с соответствующей строкой матрицы Уолша. Все полученные сигналы суммируются, формируя один совмещённый CDMA-сигнал, который передаётся по каналу. При этом используется принцип ортогональности, присущий матрице Уолша, что позволяет одновременно передавать сигналы от нескольких пользователей без взаимных помех. Ортогональность достигается через предварительную сортировку строк Адамаровской матрицы с использованием кода Грея (Gray Code), что реализуется в функции `walsh_matrix`.

Полученный закодированный сигнал отображается на графике с помощью диаграммы `stem`, которая наглядно показывает амплитудные значения результирующего сигнала по индексам отсчётов. Это даёт представление о структуре сложного CDMA-сигнала в каждый момент времени.

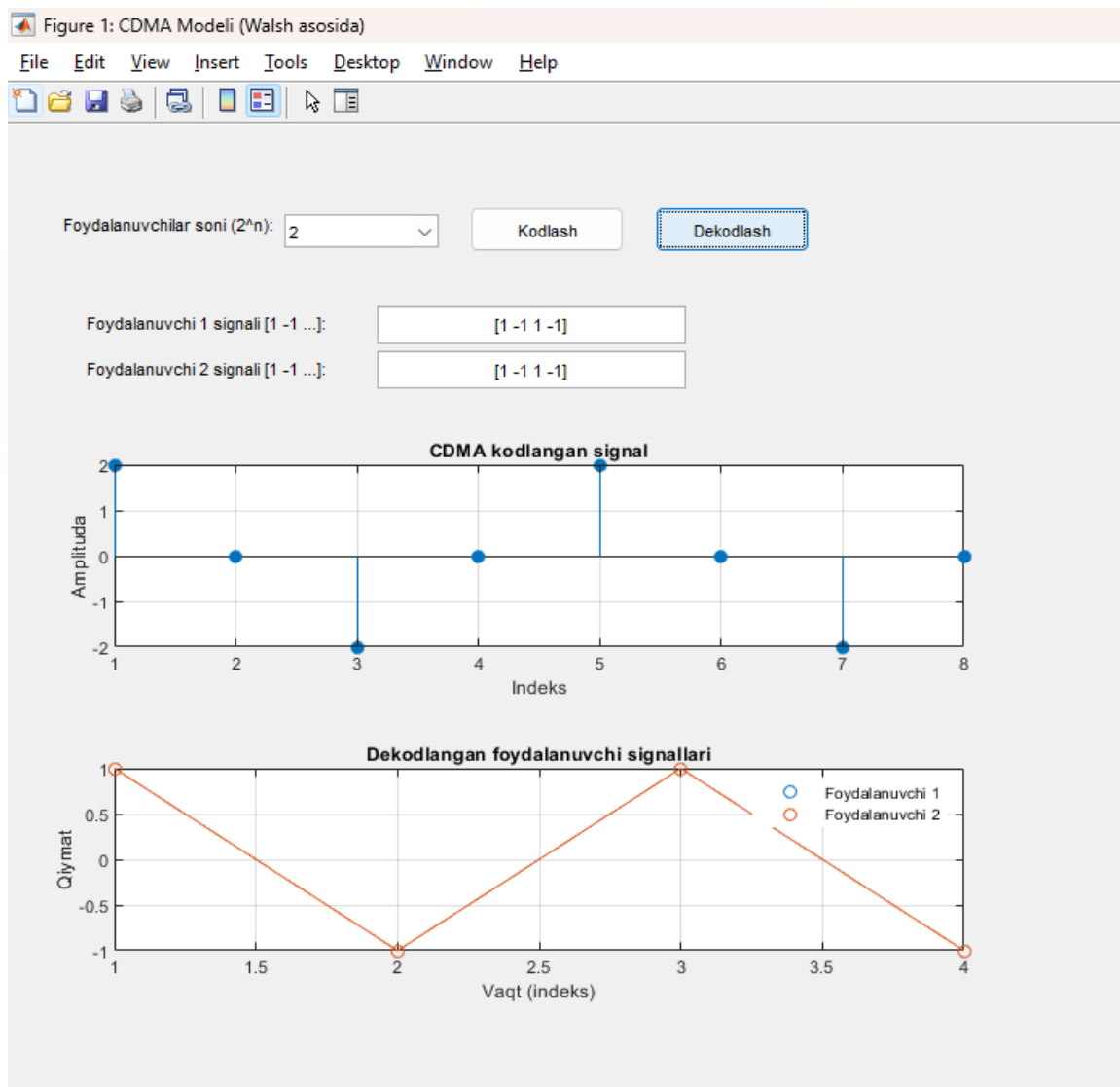


Рисунок 2. Результат работы программы: процесс кодирования и декодирования на основе алгоритма Уолша

Интерфейс программы начинается с создания главного окна, где пользователь выбирает количество пользователей в формате 2^n (возможные значения: 2, 4, 8). После выбора количества пользователей автоматически формируются поля для ввода сигнальных последовательностей каждого пользователя. Пользователь должен ввести бинарный сигнал в виде вектора, содержащего элементы ± 1 , например, [1 -1 1 -1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хоган Б. Анализ социальных сетей в интернете [Электронный ресурс] / Барни Хоган. – 2013. – Режим доступа к ресурсу: <https://postnauka.ru/longreads/20259>. Дата обращения: 02.09.2020.
2. Батура Т. В. Методы анализа компьютерных социальных сетей / Татьяна Викторовна Батура. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2012. – №4.
3. 1. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные изменения при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ./Под ред. М.Б. Фоменко. [Текст]. – М.: Связь, 1980. – 248 с.
4. 2. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. [Текст]. – М.: Наука, 1989. – 496 с.
5. 3. Голубов Б.И., Ефимов А.В., Скворцов В.А. Ряды и преобразования Уолша. [Текст]. – М.: Наука, 1987. – 344 с.
6. 4. Никитин Г.И. Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов. [Текст]. – Санкт-Петербург: СПбГУАП, 2003. – 86 с.
7. 5. Цифровые и аналоговые системы передачи данных. В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов. [Текст]. – М.: Радио и связь, 1996. – 369 с.
8. 6. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. [Текст]. - М.: Радио и связь, 1986. - 512 с.
9. 7. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. [Текст]. – М.: Высш. шк., 1988 – 448 с.
10. 8. Чуи Ч. Введение в вейвлеты: Пер. с англ. [Текст]. – М.: Мир, 2001. – 412 с.,
11. 9. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. [Текст]. – М.; Издательство Триумф, 2003