

## УДК 621.38

**Байдилда Ерболат Жанибекович** – магистрант (г.Алматы Казахская академия транспорта и коммуникаций им М.Тынышпаева)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НИСХОДЯЩЕГО КАНАЛА В СИСТЕМЕ LTE**

Lte-system-toolbox\_ – это набор функций и инструментов для моделирования и тестирования систем связи на основе стандарта LTE. Lte-system-toolbox полностью соответствует стандартам LTE и LTE-A. Позволяет моделировать режимы частотного, временного разделения дуплексных каналов, восходящий и нисходящий канал связи, приемную и передающую стороны. Lte-system-toolbox содержит более 200 функций для моделирования физического уровня, позволяет моделировать канальный уровень и проводить тестирование на соответствие стандарту LTE.

Основные способы применения Lte-system-toolbox – это использование данного инструмента как эталонного образца для проверки разработанных моделей, сквозное моделирование канального уровня для необходимого получения параметров системы, формирование сигналов и передача их в эфир на несущей частоте и прием – демодуляция, декодирование сигналов из эфира.

Во время разработки LTE систем необходимо быть уверенным в соответствии разработанной модели стандартам LTE. Для этого можно использовать полный набор функций, входящих в Lte-system-toolbox, который полностью соответствует стандарту LTE. Это позволит снизить риск обнаружения ошибки на более позднем этапе проектирования [1].

Моделирование канального уровня позволяет ускорить процесс поиска и оптимизации параметров LTE систем для различных моделей каналов связи. Lte-system-toolbox содержит инструменты для имитации работы канального уровня при различных условиях распространения сигнала, таких как «идущий» абонент, абонент в поезде и т.д. Это позволяет существенно сократить время на проектирование LTE систем.

Для такого моделирования существует пользовательский интерфейс, в котором можно указать интересующие параметры, например метод разделения дуплексных каналов, модель канала связи, количество антенн, если речь идет о режиме MIMO, отношение сигнал-шум.

После запуска функции «симуляции», видно, что пропускная способность канала при заданных параметрах соответствует 80% от максимально возможной (рисунок 1).

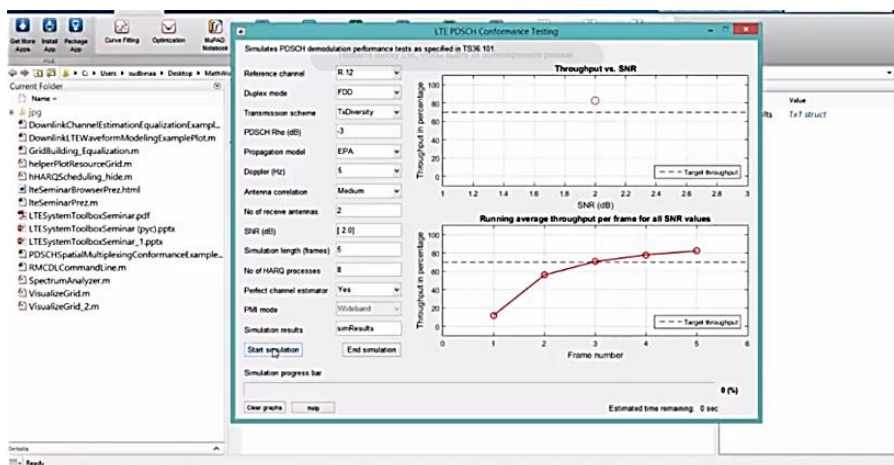


Рисунок 1 - Пропускная способность канала при заданных параметрах LTE

Также Lte-system-toolbox удобен для тех, кто разрабатывает аппаратную часть LTE систем, например, антенны или усилители. Чтобы провести полноценное тестирование аппаратной части, необходимо использовать не только стандартный синусоидальный сигнал, но и широкополосный сигнал, соответствующий стандарту LTE. Для этого можно использовать готовые функции системы Lte-system-toolbox для генерации и анализа сигналов. Это позволит сократить время на тестирование.

На рисунке 2 показан скрипт для генерации LTE сигнала.

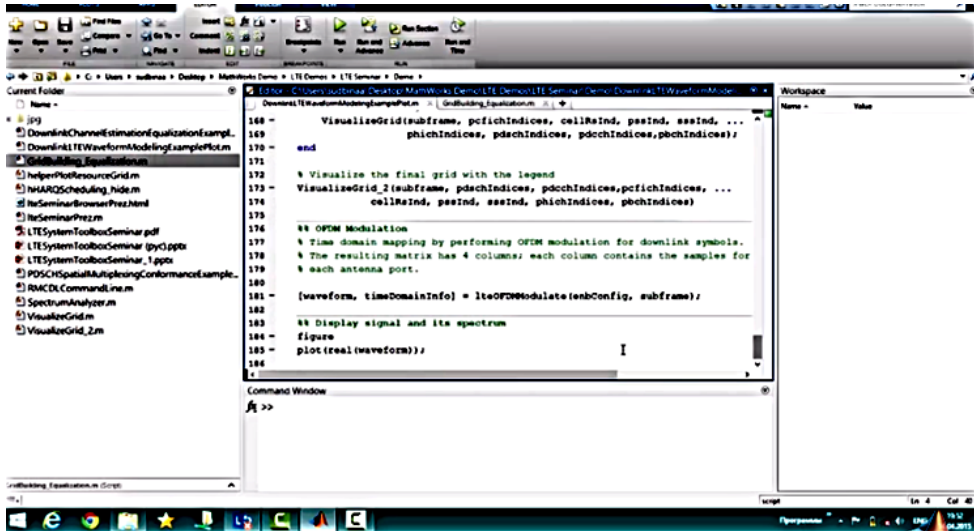


Рисунок 2 - Скрипт для генерации LTE сигнала

Данный скрипт, используя функции Lte-system-toolbox формирует частотно-временную ресурсную сетку, заполняя ее различными каналами, добавляет туда синхронизирующие последовательности, осуществляет модуляцию и кодирование, а также выводит результаты на экран.

На рисунках 3 и 4 показаны запущенный скрипт и сигнал во временной области и распределение каналов и сигналов на частотно-временной ресурсной сетке.

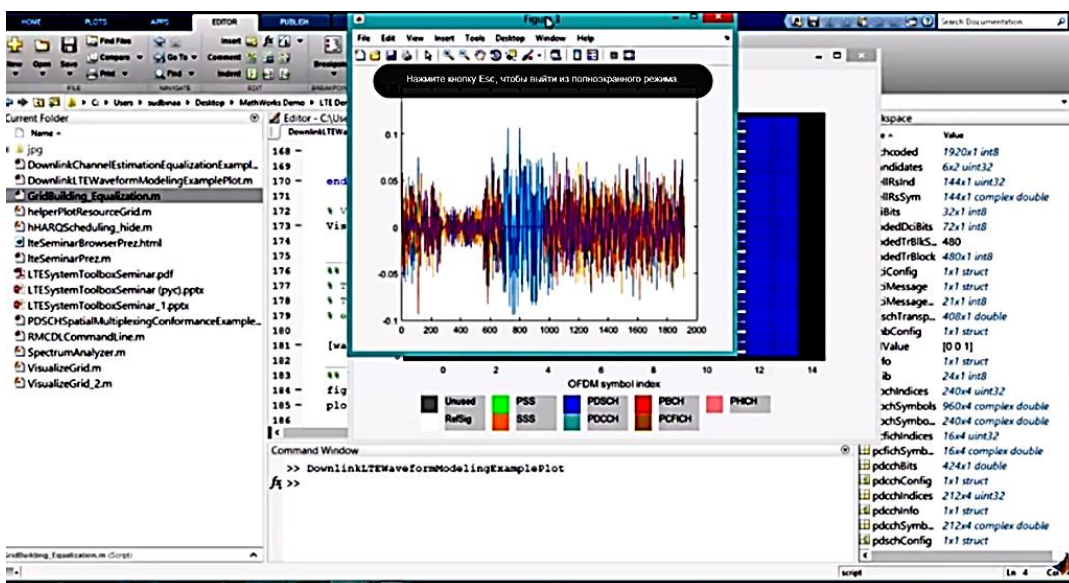


Рисунок 3 – Запущенный скрипт и сигнал во временной области

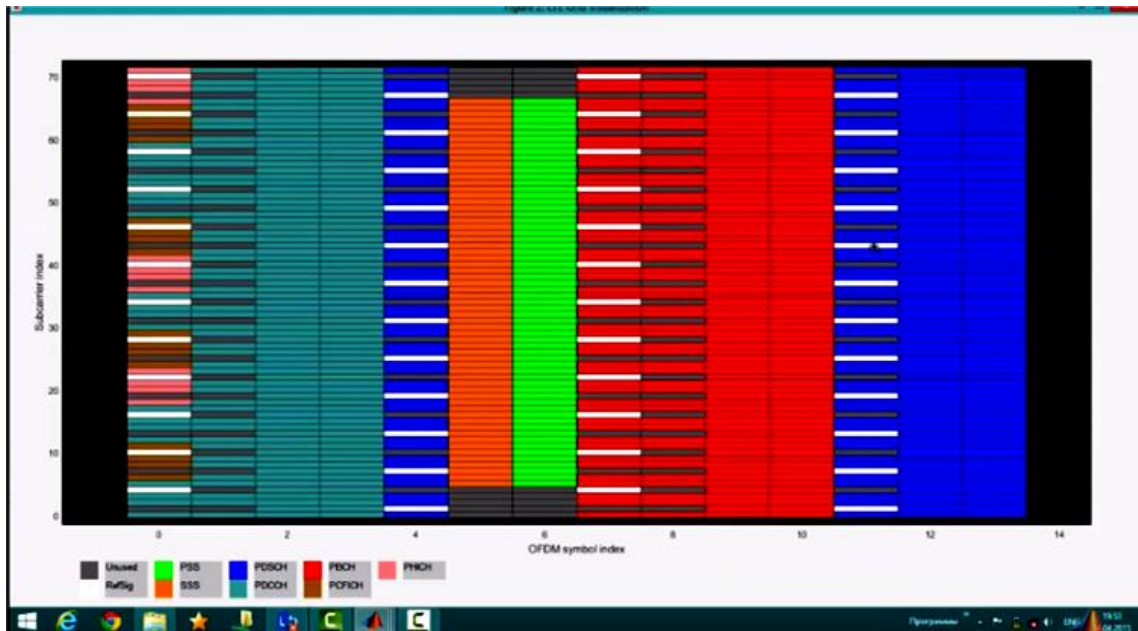


Рисунок 4 – Распределение каналов и сигналов на частотно-временной ресурсной сетке

На рисунке 5 показан сигнал, выданный генератором. Здесь видно действительную составляющую сигнала.

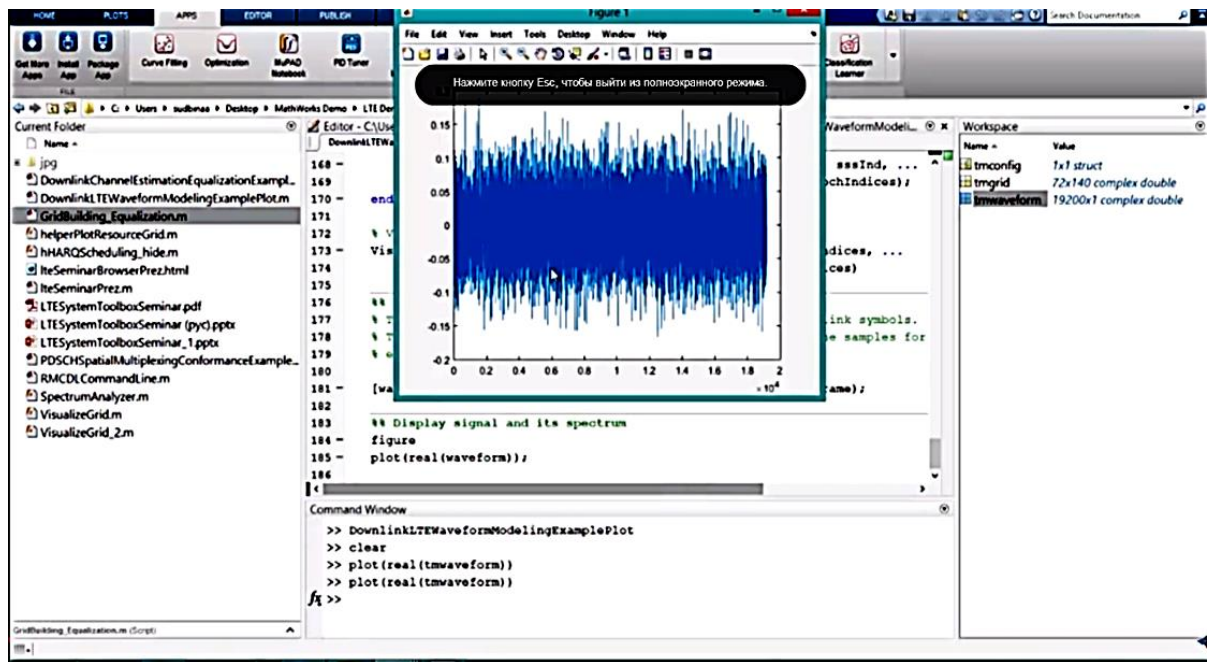


Рисунок 5 – Сигнал, выданный генератором

На рисунке 6 показан сигнал до и после прохождения эквалайзера. Здесь видно искажения, который внес канал связи и результат работы встроенного в Lte-system-toolbox эквалайзера [1].

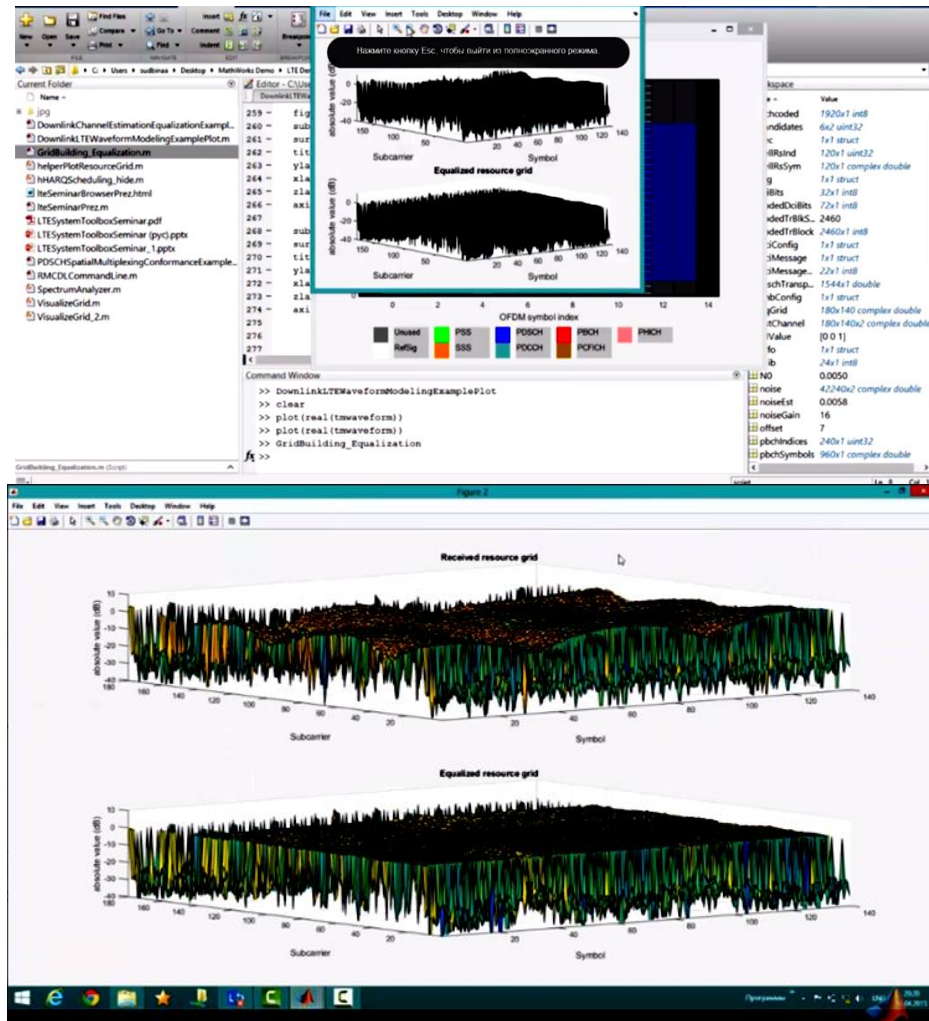


Рисунок 6 – Сигнал до и после прохождения эквалайзера

Помимо этого Lte-system-toolbox помогает разбирать сообщения и удобен тем, что помогает разбирать сигналы на разных уровнях.

**Выводы.** LTE System Toolbox предоставляет функции и инструменты для проектирования, симуляции и верификации систем связи, соответствующих стандартам LTE и LTE-Advanced. Данный набор инструментов ускоряет разработку алгоритмов и устройств физического уровня стандарта LTE, предоставляет эталонную среду для верификации проектов и их проверки на соответствие стандарту, а также функции для генерации тестовых сигналов. Он позволяет настраивать, моделировать, измерять и анализировать полностью законченные линии связи. Кроме того, с помощью этих инструментов можно создать и многократно использовать испытательную среду для проверки проектов, прототипов и реализаций на соответствие стандарту LTE.

Использование пакета программ Lte-system-toolbox позволяет проводить сквозное моделирование канального уровня для необходимого получения параметров системы, формирование сигналов и передача их в эфир на несущей частоте и прием – демодуляция, декодирование сигналов из эфира.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. - М.: Радио и связь, 2000. - 502 с.