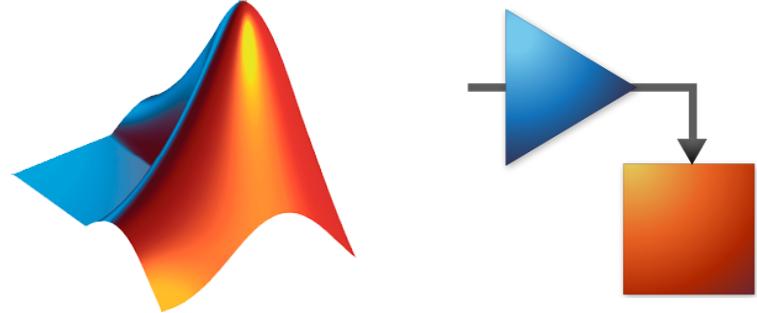




ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



Разработка систем связи стандартов 5G, Bluetooth, Wi-Fi, LTE



Марат Усс
Инженер ЦИТМ «Экспонента»

Современный мир беспроводной связи

- 5G
- IoT
- Automotive V2X
- «Умный дом»
- «Умный город»



Трудности разработки

- **Технические:**
 - Распространение сигнала в условиях застройки
 - Гибридное формирование луча, ММО, сложные алгоритмы ЦОС
 - Многофункциональность, разнообразные сценарии и условия работы
 - Дороговизна и сложность натурных испытаний

Трудности разработки

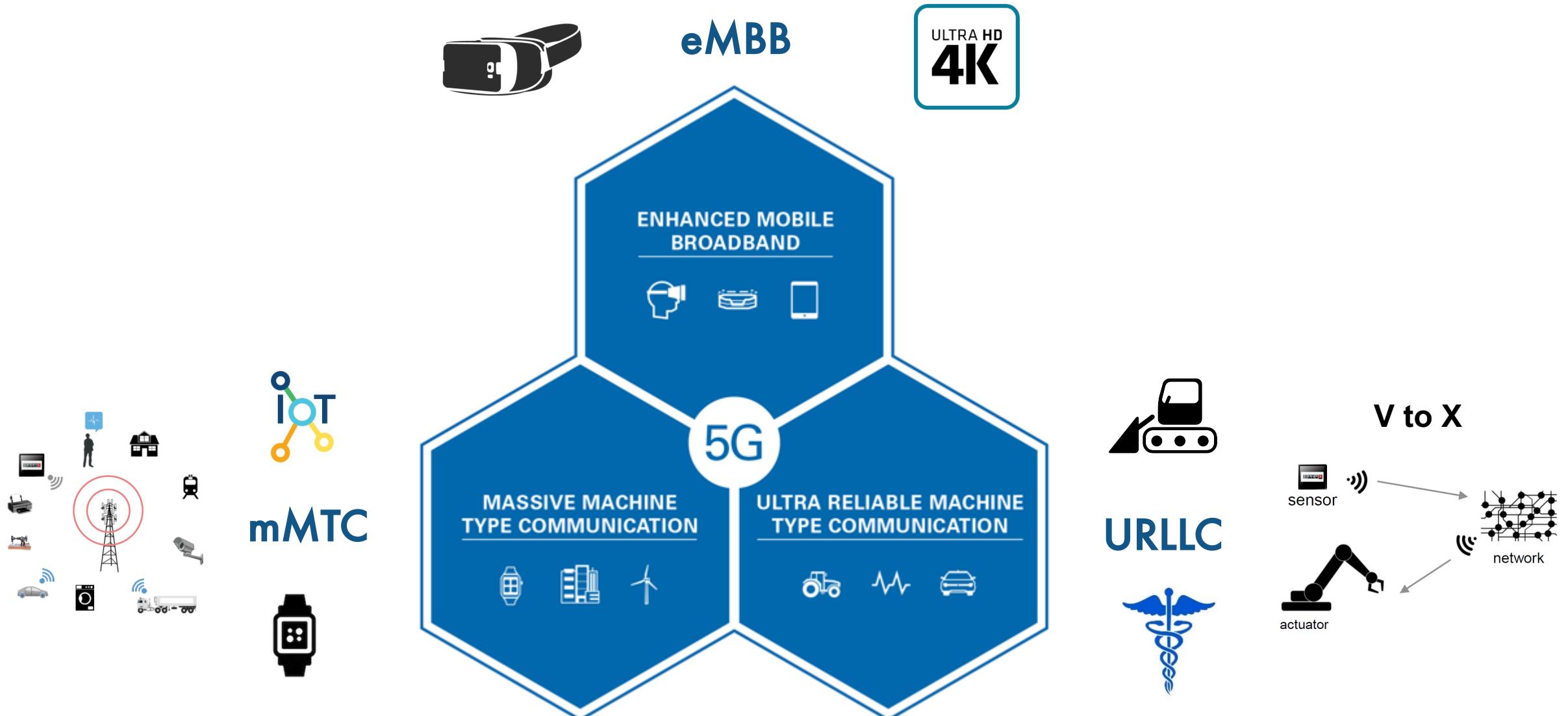
- Управленческие:
 - «Мульти-доменная» экспертиза и взаимодействие внутри проекта
 - Проблема повторного использования требований и наработок
 - Соответствие «эволюционирующему» стандартам

Стандарты систем связи

- Wi-Fi
- Bluetooth
- LTE
- 5G

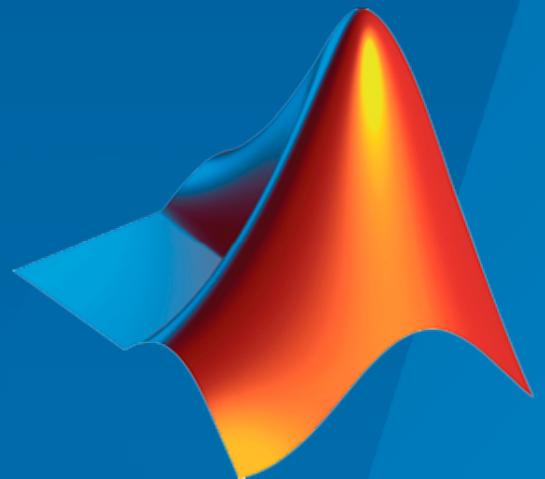


Новые сценарии сетевого взаимодействия



Профессиональная среда технических расчетов

- Язык для инженеров, ученых и аналитиков
- Имеет много дополнений
- Широко применяется



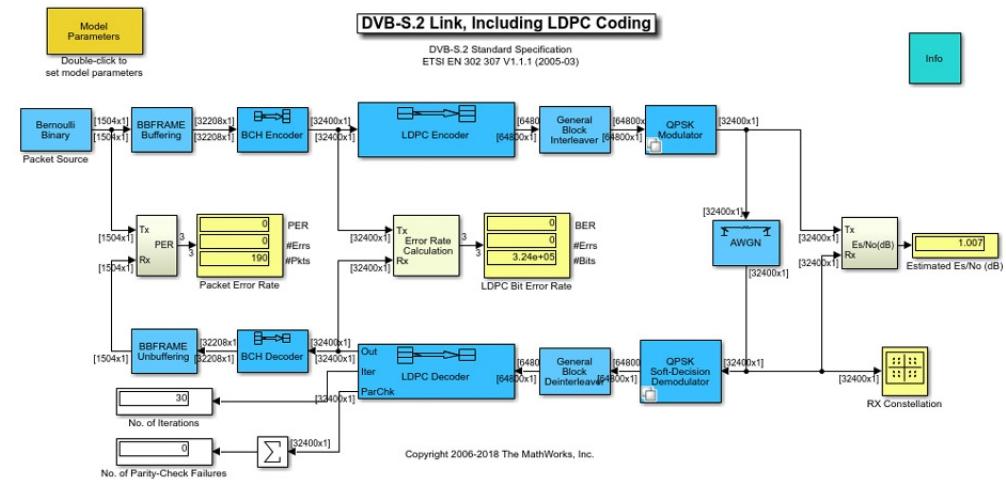
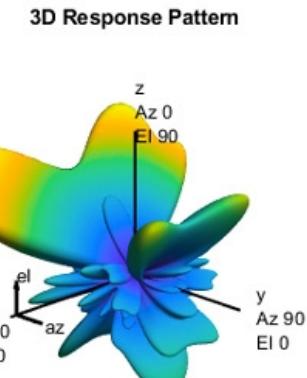
MATLAB

Решения MathWorks для систем связи

- Communications Toolbox + Bluetooth library
- **5G Toolbox**
- **LTE Toolbox**
- **WLAN Toolbox**
- Simulink, Stateflow, Instrument Control Toolbox, Antenna Toolbox, RF Toolbox, Wireless HDL Toolbox *

Communications Toolbox

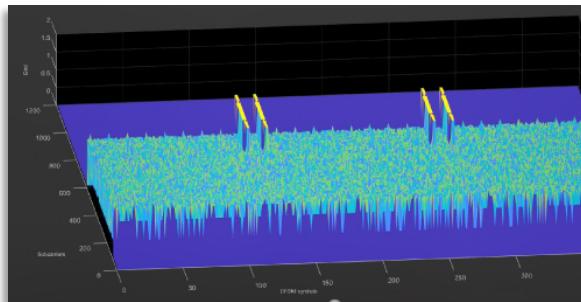
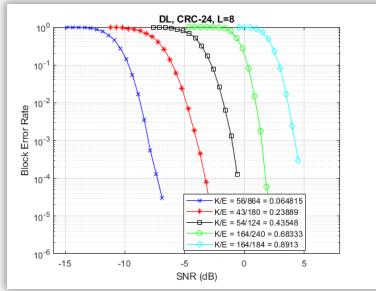
- Физический уровень систем связи
- Анализ и коррекция ошибок
- Кодирование, модуляция
- Massive MIMO
- OFDM



Разработка по стандарту

End-to-end симуляция на физическом уровне

- Передатчик, модель канала, приёмник
- Выбор архитектур и алгоритмов
- Анализ битовой ошибки (BER) и пропускной способности



Генерация и анализ сигналов

- Генерация тестовых сигналов для каждого стандарта
- Анализ параметров принятых сигналов

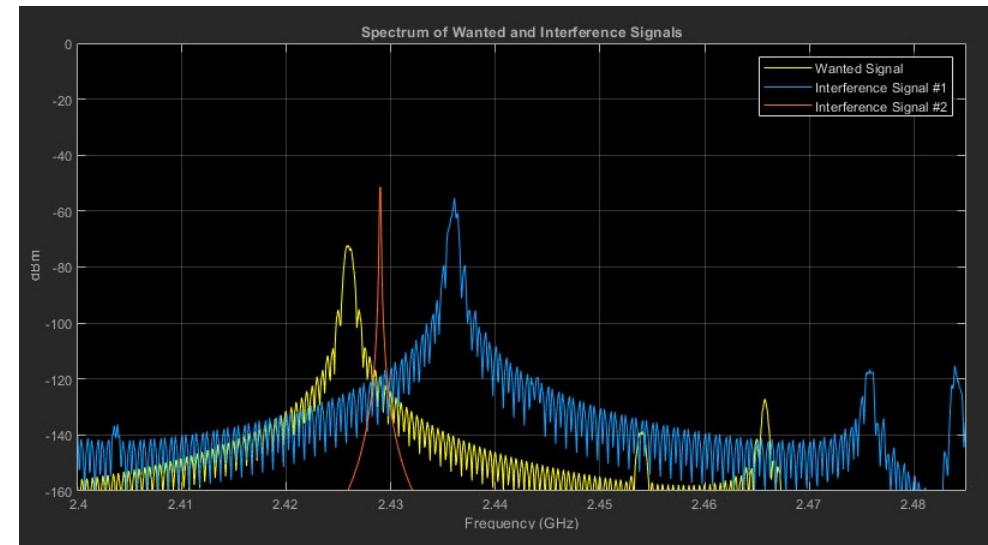
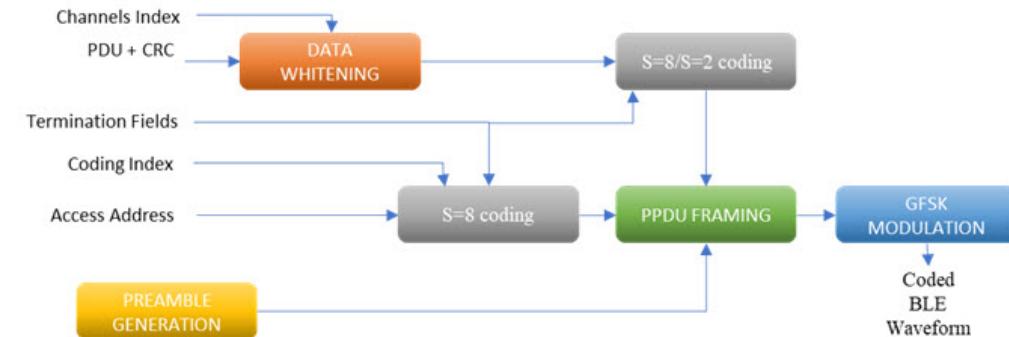
Эталон – *golden reference*

- Спецификация алгоритма для реализации в «железе»
- Верификация на соответствие стандарту
- Готовые примеры систем и узлов!



Bluetooth Library

- Моделирование и анализ BLE PHY
- Стек протоколов Bluetooth, сетевой уровень
- Работа с программно-определяемым радио



МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ BLE В MATLAB

На этом вебинаре мы представляем библиотеку Communications Toolbox™ для протокола Bluetooth®. Эта библиотека предоставляет стандартные функции и справочные примеры для проектирования, моделирования, симуляции и тестирования систем связи Bluetooth. Библиотека поддерживает моделирование всех уровней стека Bluetooth, моделирование на уровне канала, сетевое моделирование, генерацию тестового сигнала, беспроводное тестирование и верификацию золотого эталона.

С примерами и справочными проектами библиотеки вы можете:

- Моделировать и анализировать BLE PHY с генерацией и визуализацией сигналов, восстановлением и анализом сигналов, сквозным моделированием.
- Моделировать и анализировать стек протоколов Bluetooth и сетевой уровень с помощью алгоритмов выбора канала BLE, процедуру подключения устройств BLE, существования сети BLE с помехами

30 ЯНВАРЯ ЧЕТВЕРГ ОНЛАЙН

11:00

ПРОШЛО

Запросить контент

Спикеры

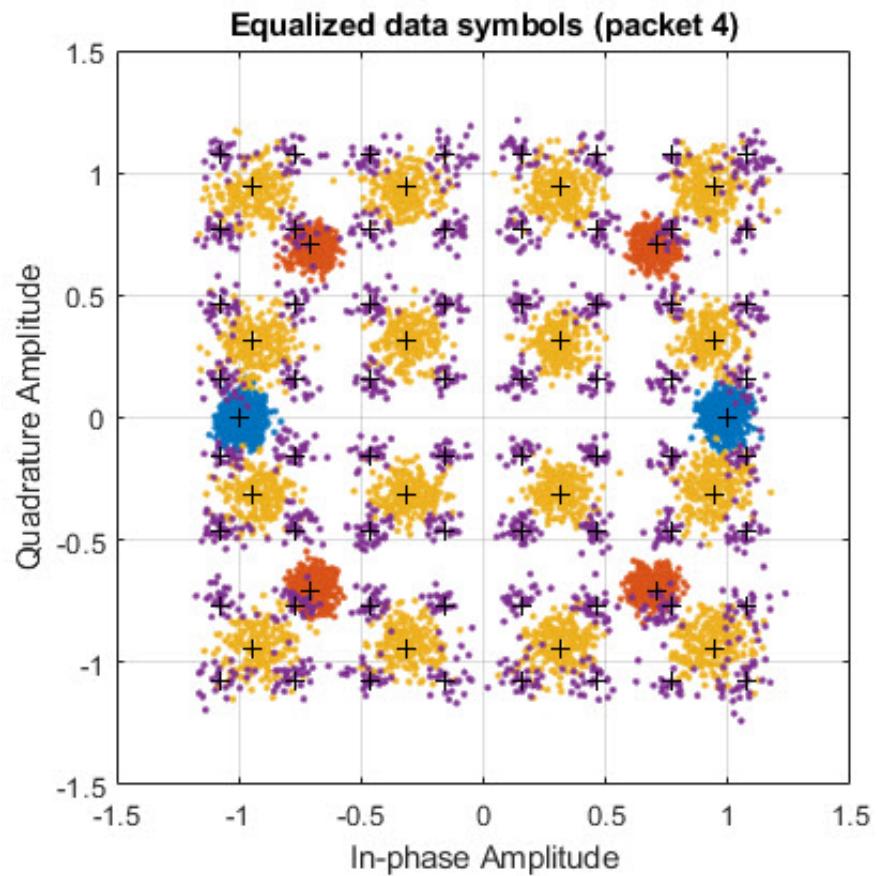


Андрей
Кисельников

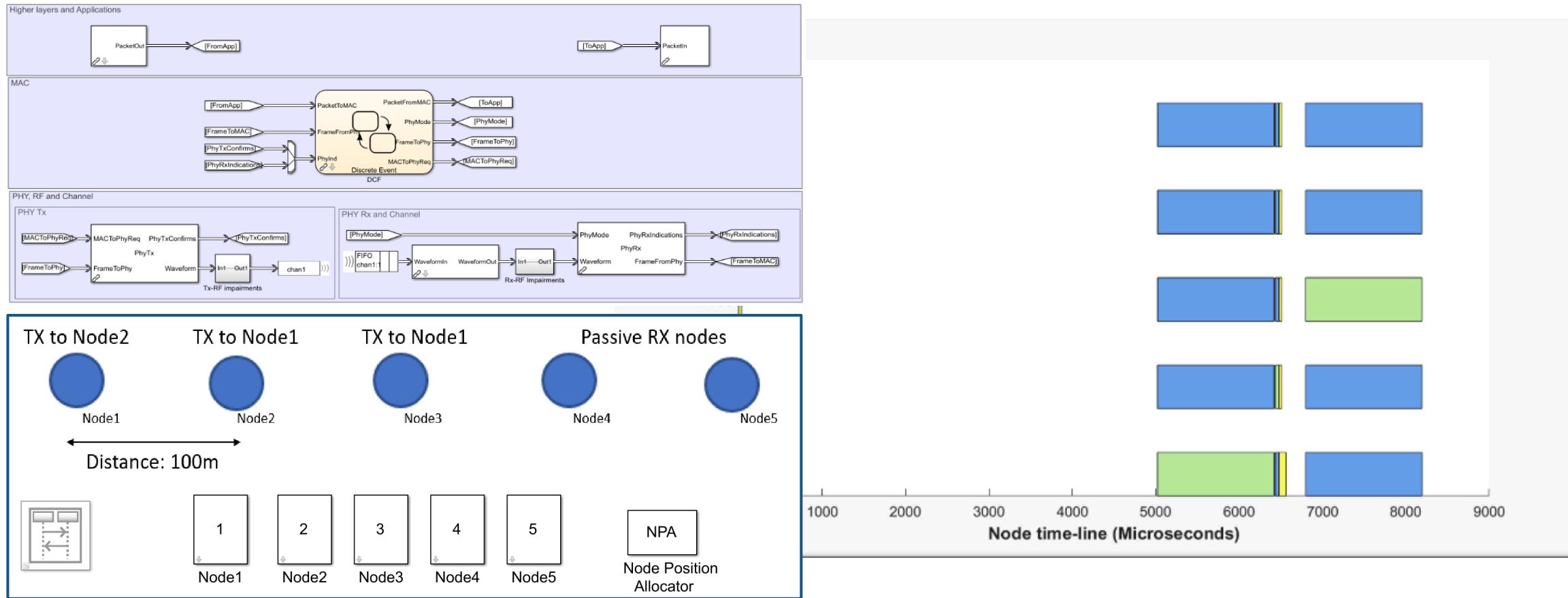
Отправьте нам сообщение

WLAN Toolbox

- Стандарт Wi-Fi6, т.е. IEEE 802.11ax Draft 4.1
- Генерация сигналов, верификация
- Полноценная симуляция на системном уровне + модели помех сетей других стандартов

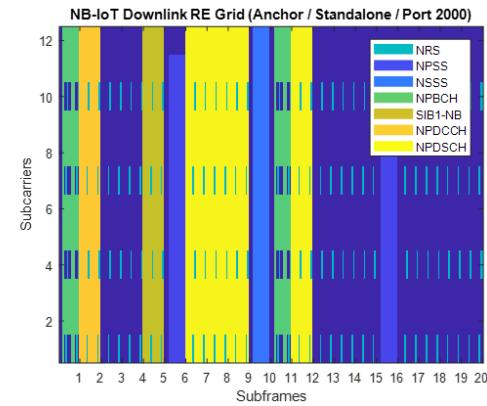


WLAN Toolbox – пример multi-node



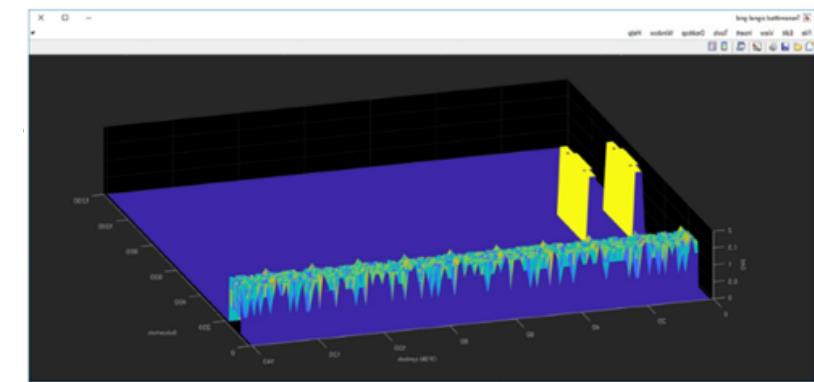
LTE Toolbox

- NB-IoT эталонная модель для устройств низкой скорости передачи данных и низкого электропотребления, объединяемых сотовым каналом LTE
- LTE-M эталонная модель для мобильных устройств средней скорости передачи данных, объединяемых сотовым каналом LTE



5G Toolbox

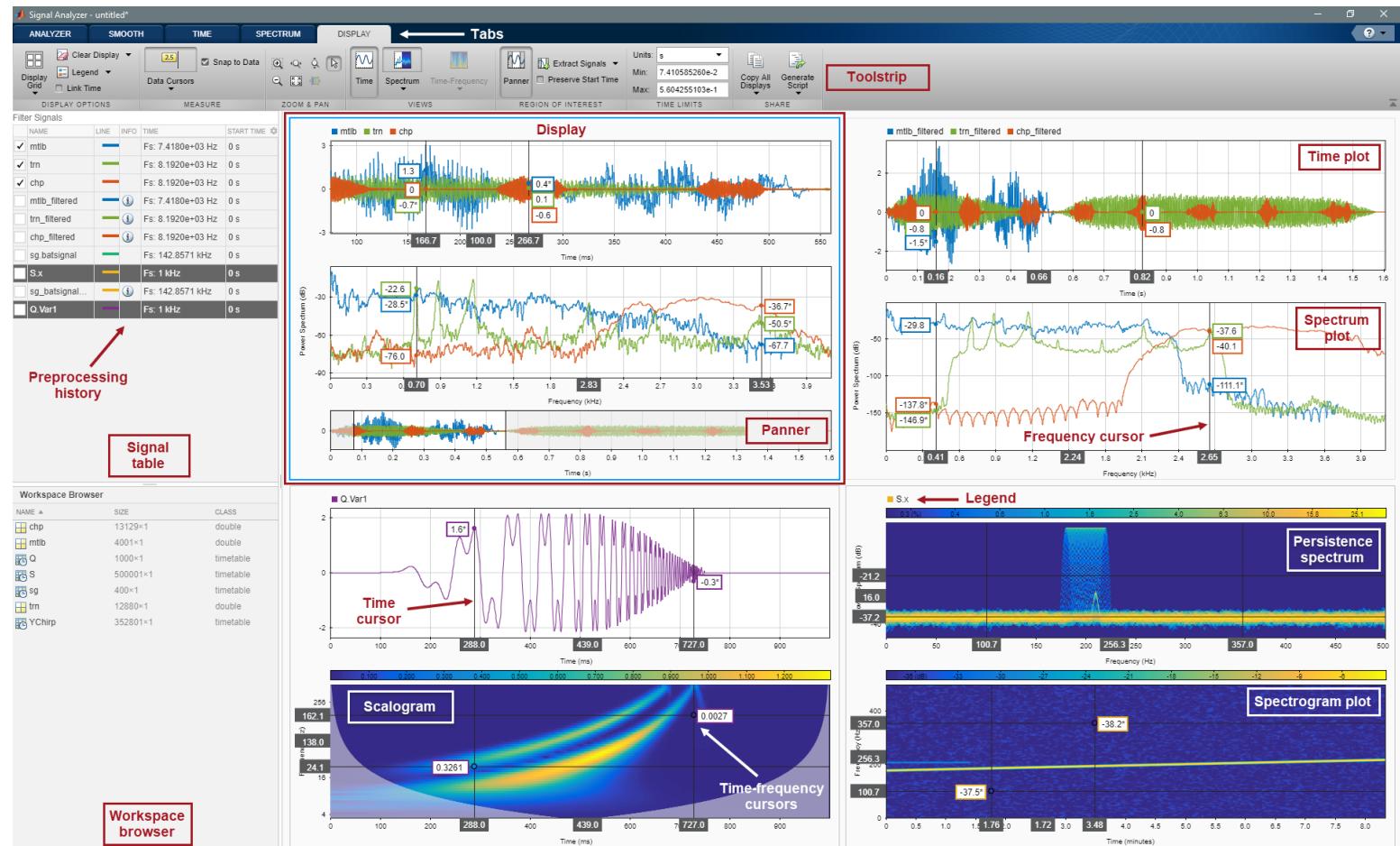
- Генерация сигналов
- Симуляция, верификация
- UL, DL, контрольные и каналы
- LDPC-кодеки
- Открытые и настраиваемые алгоритмы!



Дополнительные возможности

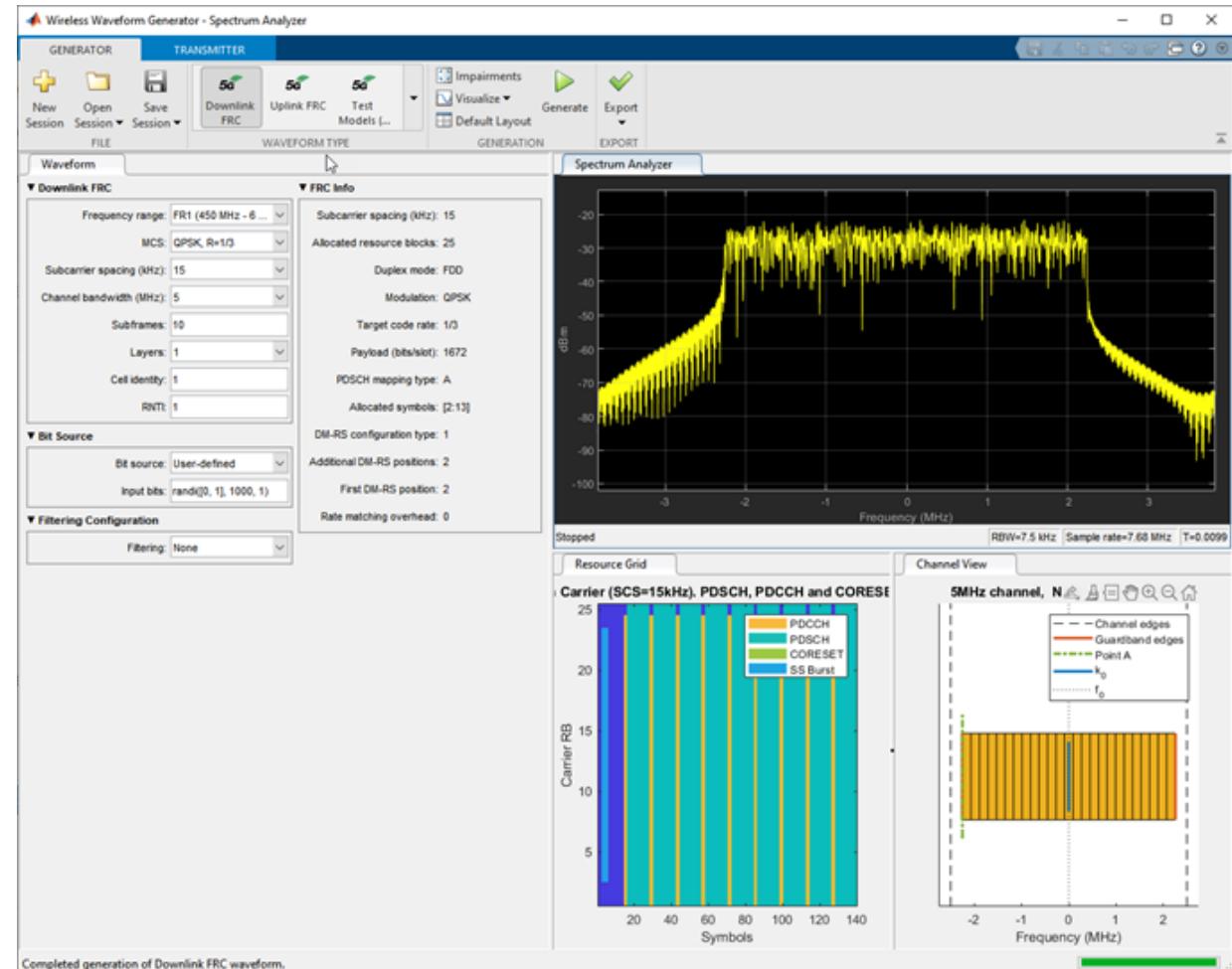
- Анализ и обработка сигналов
- Подключение к оборудованию
- Модели верхних уровней сетевого взаимодействия
- Модели аналоговых цепей
- Модели распространения радиоволн
- Искусственный интеллект
- Программно-определенное радио (SDR)

Анализ и обработка сигналов



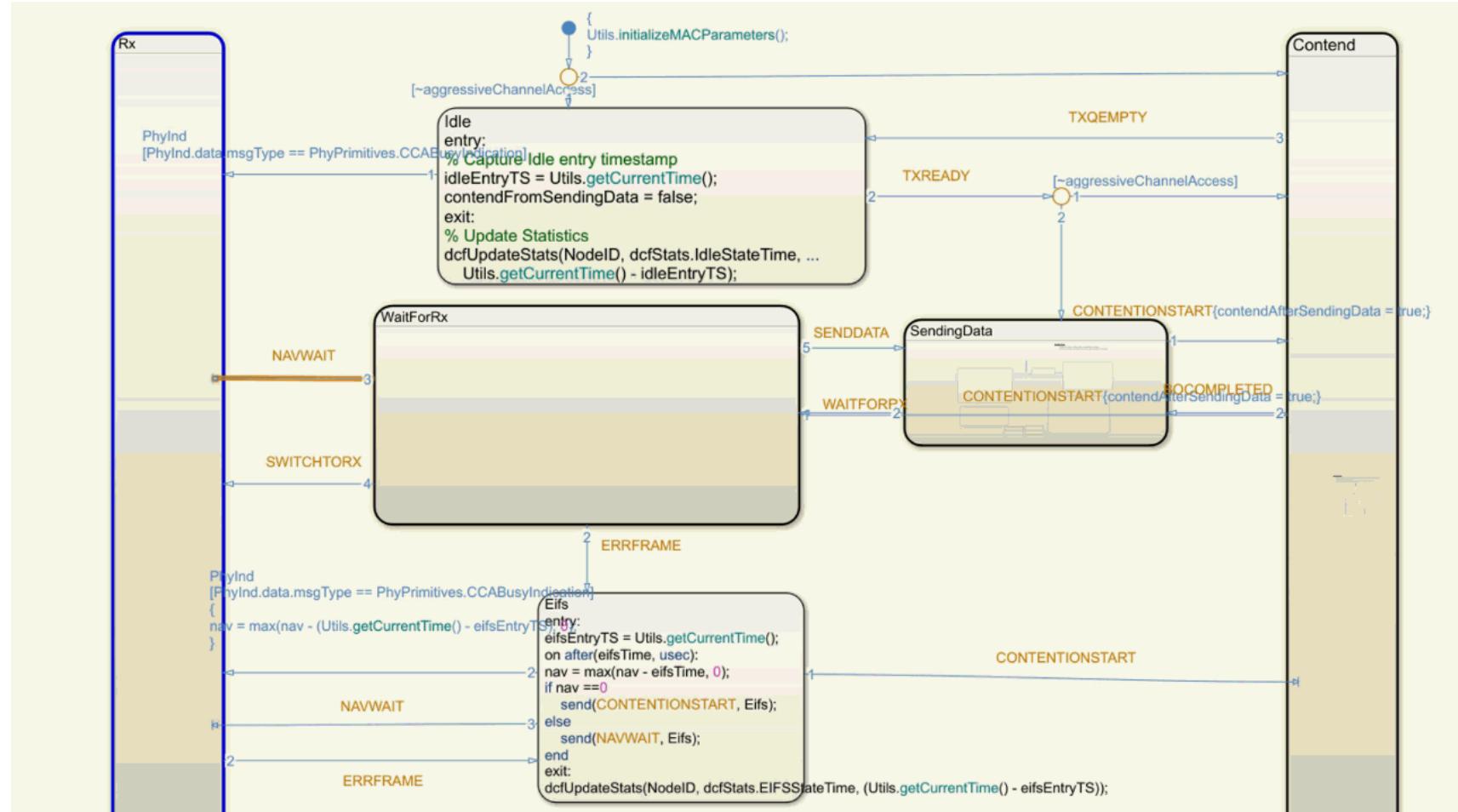
Wireless waveform generator app

- Сигналы:
 - 5G
 - LTE
 - WLAN
 - BLE
- Подключение к оборудованию



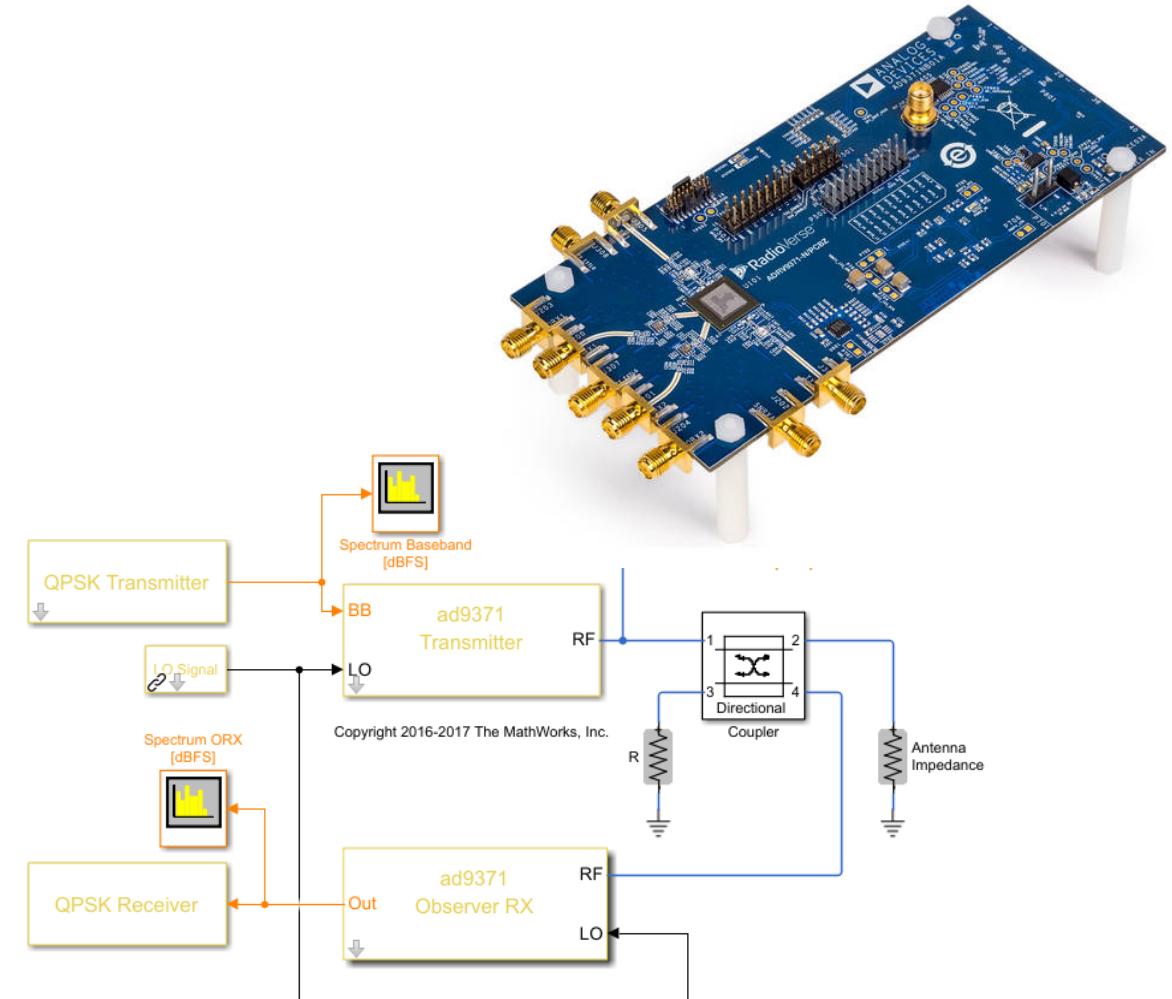
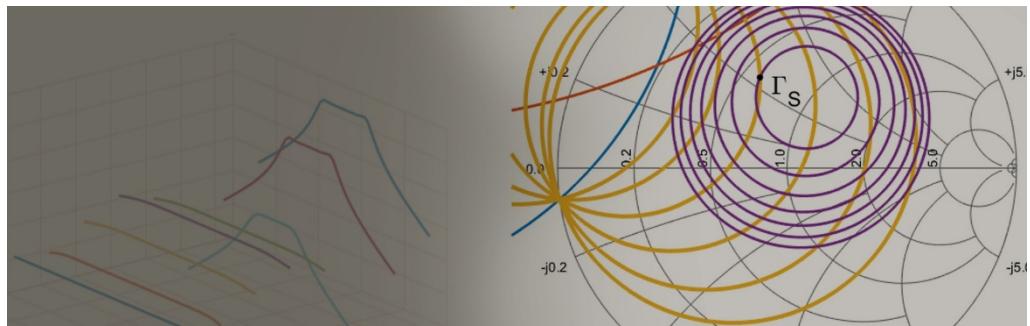
Моделирование MAC-уровня

- **Stateflow**
 - блок-схемы
 - конечные автоматы
- **SimEvents**
 - дискретные состояния
 - теория очередей



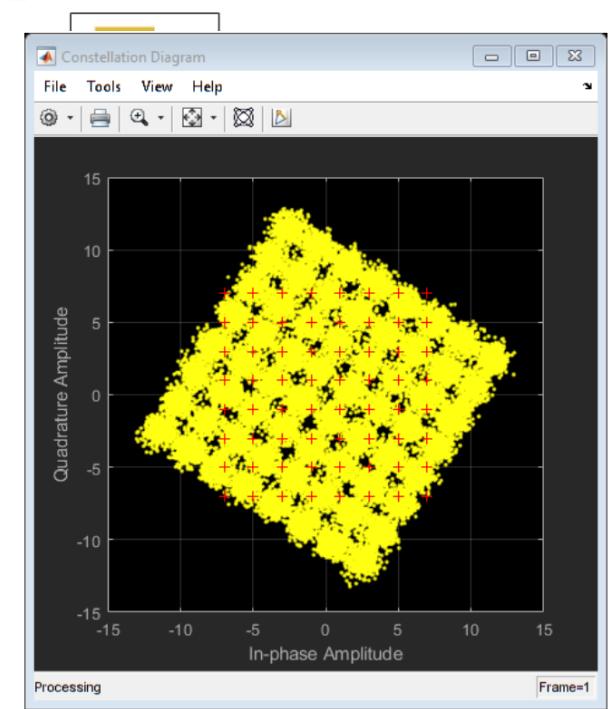
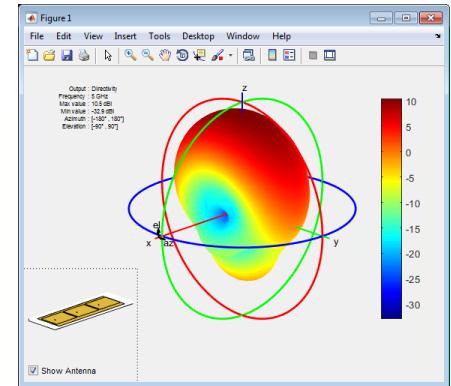
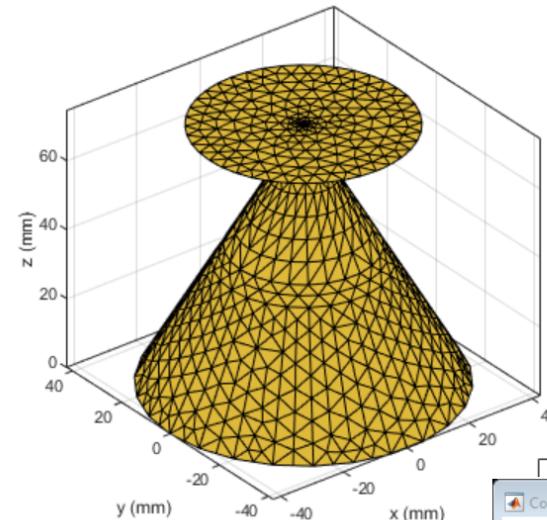
Моделирование РЧ-тракта

- RF Toolbox
- RF Blockset
- Simscape Electrical

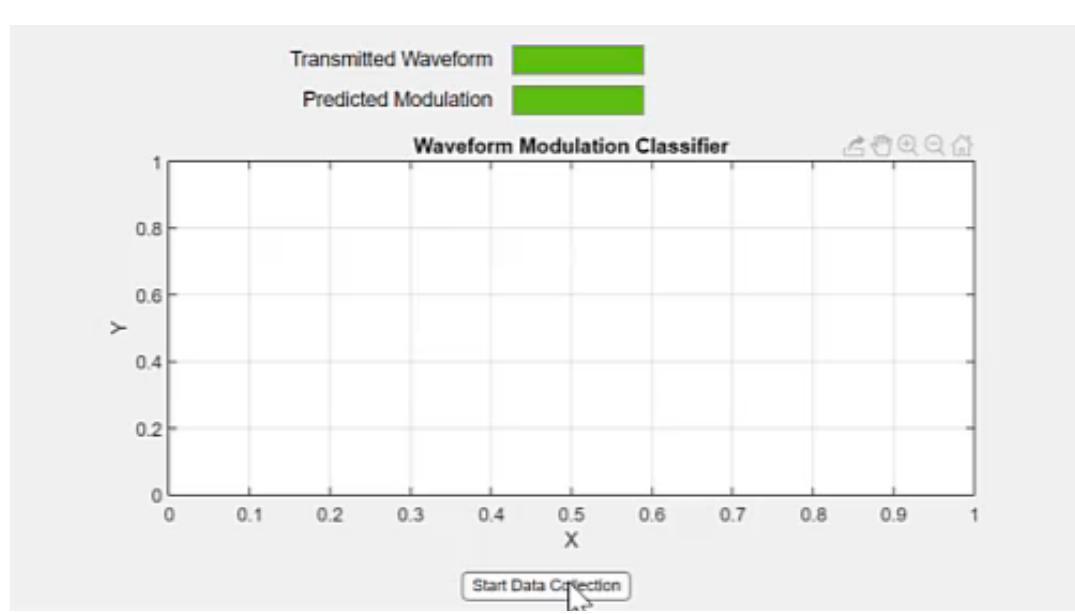


Antenna Toolbox

- ЭМ-решение
- Импорт 3D-моделей
- Ray Tracing



Искусственный интеллект



Modulation Classification

<http://www.mathworks.com/help/comm/examples/modulation-classification-with-deep-learning.html>



		Confusion Matrix for Test Data										
		16QAM	64QAM	8PSK	B-FM	BPSK	CPFSK	GFSK	PAM4	QPSK	89.0%	11.0%
True Class	16QAM	89	11								89.0%	11.0%
	64QAM	1	99								99.0%	1.0%
	8PSK			100							100.0%	
	B-FM				100						100.0%	
	BPSK					100					100.0%	
	CPFSK						100				100.0%	
	GFSK							100			100.0%	
	PAM4								100		100.0%	
	QPSK			4						96	96.0%	4.0%

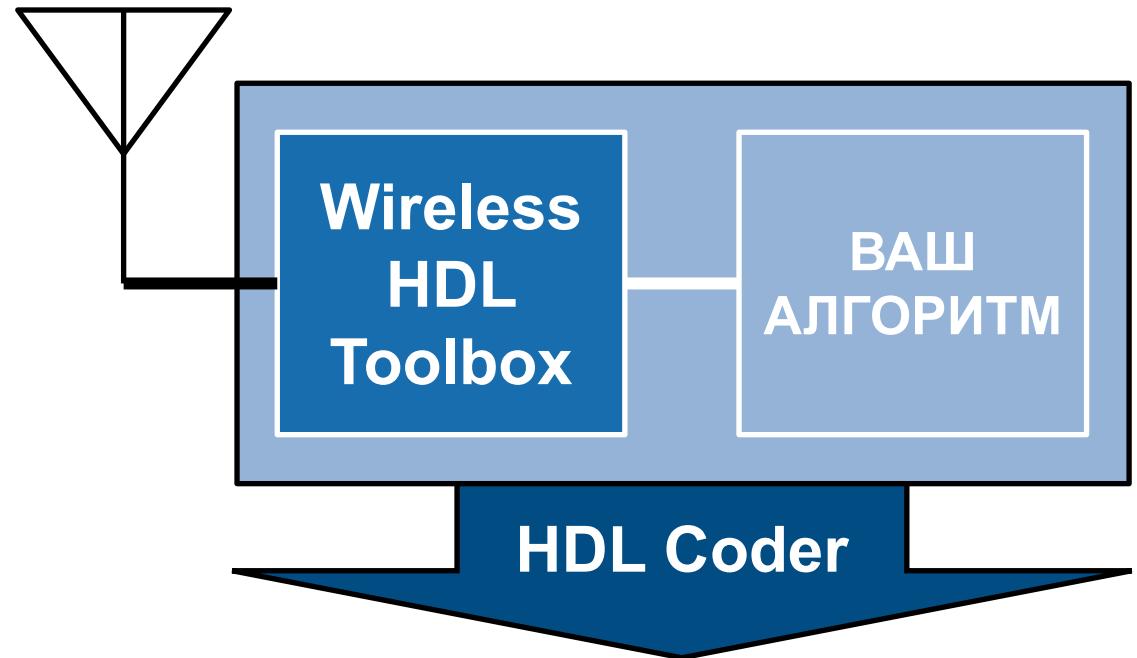
Поддержка SDR-платформ

- RTL-SDR
- Analog Devices ADALM-PLUTO
- Ettus Research USRP
- Xilinx Zynq/FPGA-Based Radio
- Xilinx Zynq UltraScale+ RFSoC

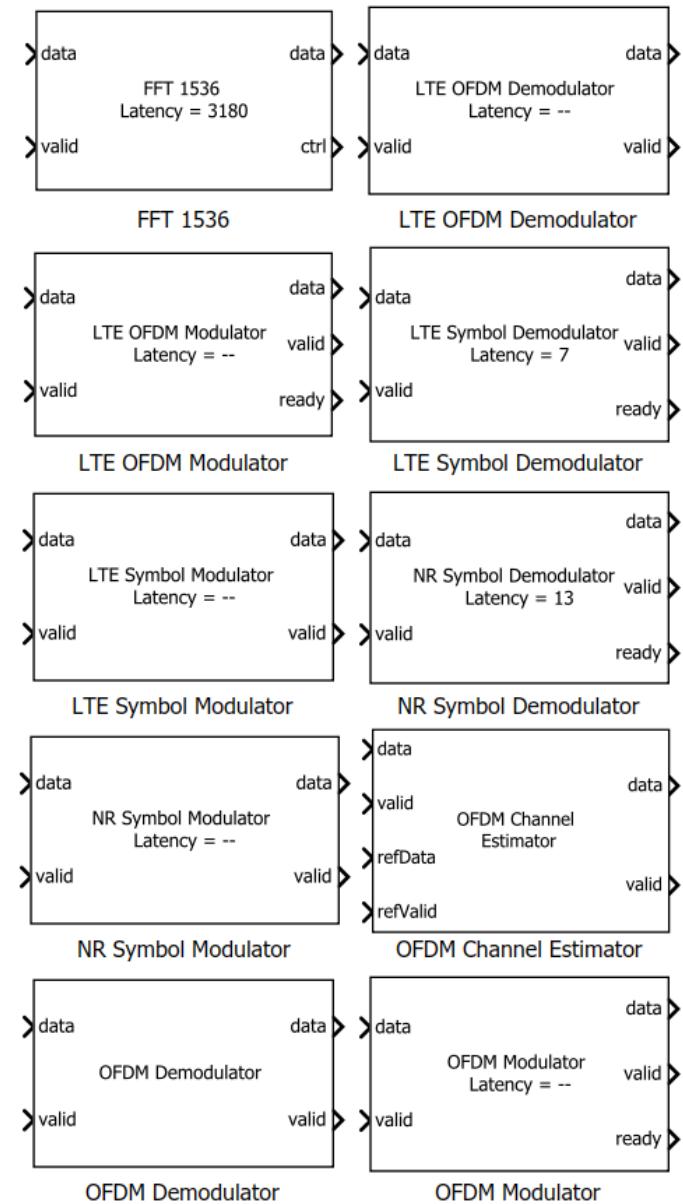
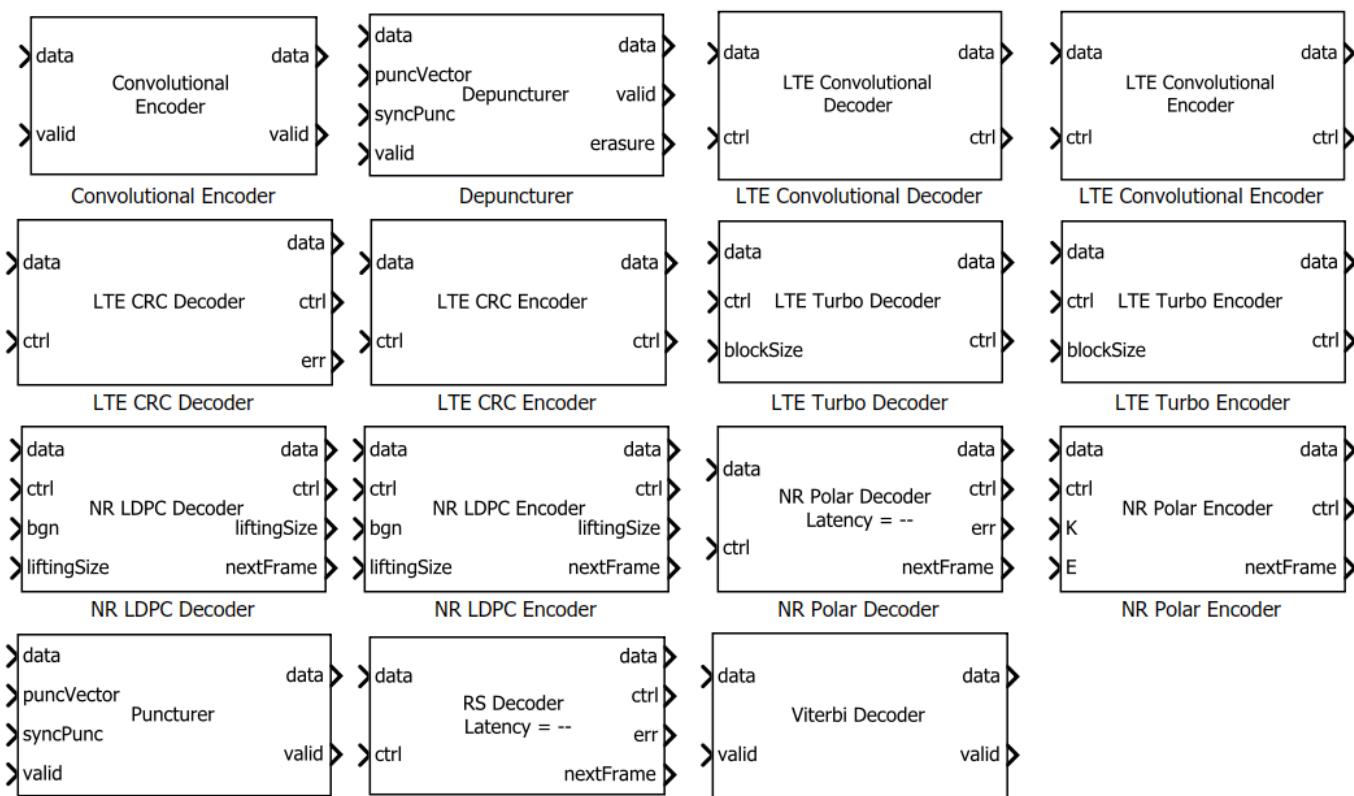


Wireless HDL Toolbox:

- Библиотека IP-ядер в виде оптимизированных блоков **Simulink**
- Генерация синтезируемого **VHDL/Verilog** кода с **HDL Coder[®]**
- Развёртывание алгоритмов на целевых платформах



Wireless HDL Toolbox:



Процесс разработки системы связи

- Использование *golden reference*
- Создание собственной **end-to-end** модели
- Тестирование на соответствие **стандарту**
- Прототипирование с использованием **SDR**
- Реализация на целевой платформе

tech@exponenta.ru
exponenta.ru



ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Технические консультации
- Подбор инструментов
- Обучение специалистов
- Работа на заказ

