



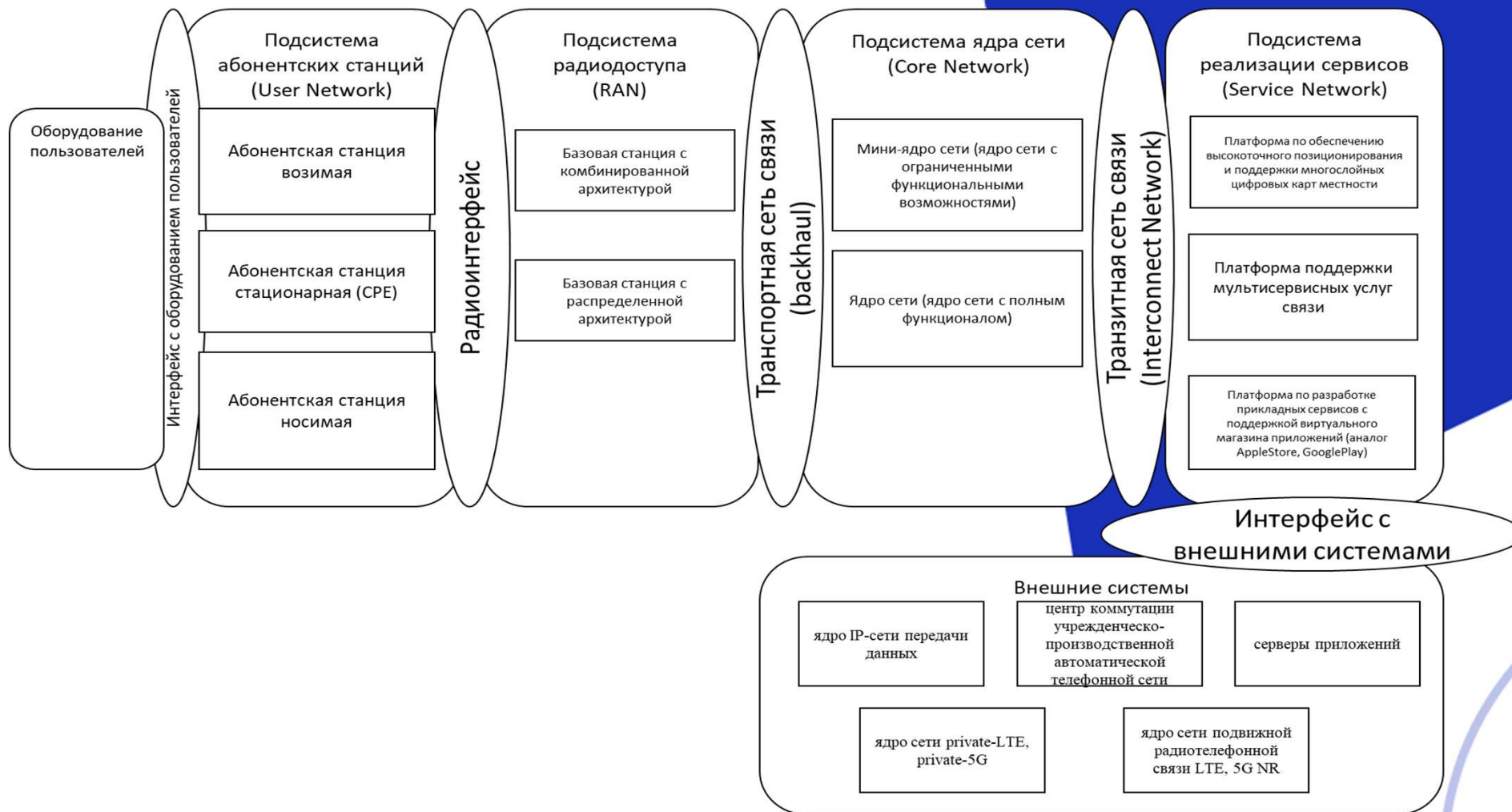
ЛАБОРАТОРИЯ
инфокоммуникационных сетей

Комплекс программ по расчету и оптимизации радиointерфейсов 4G LTE, 5G NR

Владимир Аксёнов,
главный конструктор,
ООО «Лаборатория инфокоммуникационных сетей» (ЛИС)



Типовая архитектура сети 4G LTE и 5G NR



«Сеть в чемодане» 4G LTE + 5G NR

- + мини-ядро 4G EPC, 5GC
- + сервер IMS (VoLTE, VoNR, SMS)
- + IP-ATC
- + MANET режим



Носимая базовая станция 4G LTE «manpack»

- + мини-ядро 4G EPC
- + сервер IMS (VoLTE, SMS)
- + IP-ATC



Примеры базовых станций 4G LTE и 5G NR

Летающая базовая станция 4G LTE

- + мини-ядро 4G EPC
- + сервер IMS (VoLTE, SMS)
- + агрегатор модемов
- + LTE-U (5 ГГц, частоты Wi-Fi)



Комплекс Сократ



АСТК 2G-5G, Wi-Fi, БШПД, Tetra/DMR

Анализ спектра

Анализ сигналов

Анализ сообщений

Генерация сигналов

Генерация сообщений

Генерация трафика

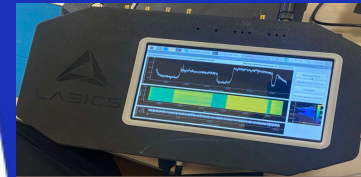
**Управление функциональными
тестами**

Генерация функциональных тестов

Генерация отчётов

Примеры использования комплекса программ

Носимый АСТК



Летающий АСТК



Мобильный АСТК



Расчет и оценка параметров радиointерфейса базовой станции LTE

Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 4G LTE

MATLAB App

Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 4G LTE

ООО "Лаборатория инфокоммуникационных сетей", СПб, 2024 год

DownLink Grid DL График 1 График 2 График 3 Графики Grid DL log Grid DL SDR MIB SIB1 Waveform DL RMC DL Расчет мощности DL Диаграммы мощностей DL UpLink Grid UL Grid UL log RMC UL Расчет мощности UL

Установка параметров DownLink:

Дуплексный режим: FDD

Ширина занимаемой полосы частот: ☐ 3 МГц

Циклический префикс: Normal

Порт антенны / количество портов: 0 / 1

Физический cell ID (0-503): 1

Индикатор формата управления (CFI): 2

PHICH Ng factor: 1

Продолжительность PHICH: Normal

Расшифровка параметров:

Структура кадра - type 1

15 PRBs, 180 поднесущих, 256 точек БПФ, $f_d = 3.84$ МГц

7 символов на слот, 8 PHICH ортогональных последовательностей на PHICH группу

ID группа = 0, ID = 1, смещение CRS на: 1

2 PDCCH символа, 65 PDCCH REGs, 7 CCEs: во всех подкадрах

2 PHICH group, 6 PHICH REGs, 16 PHICH ортогональных последовательностей

1 символ с PHICH во всех подкадрах

Отображение элементов группового сигнала LTE на ресурсной сетке

Установить маркер на: Нет

☐ Загрузка параметров

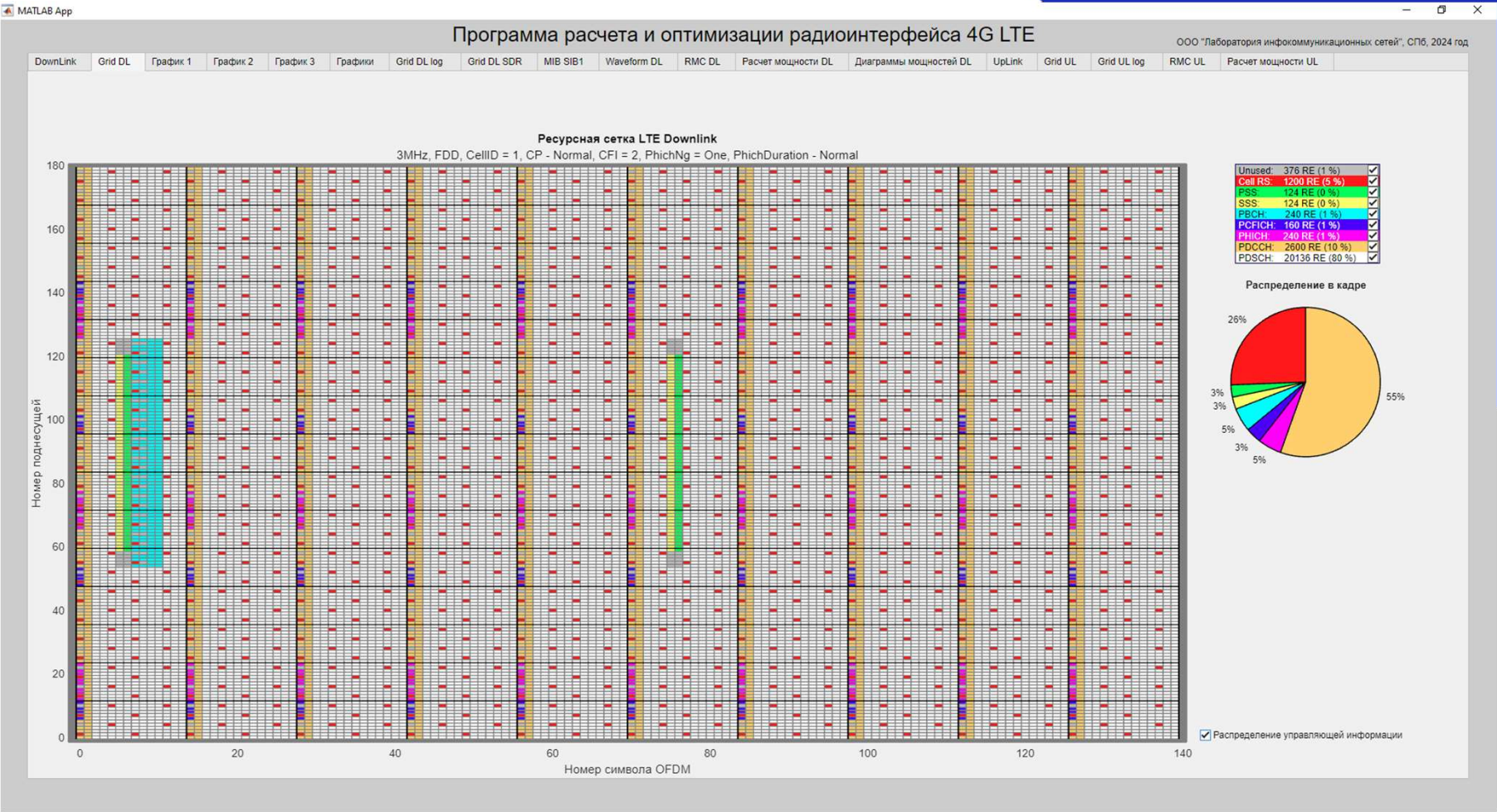
Сетка ресурсов DownLink

График Зависимость занятости PDSCH от CFI Построить



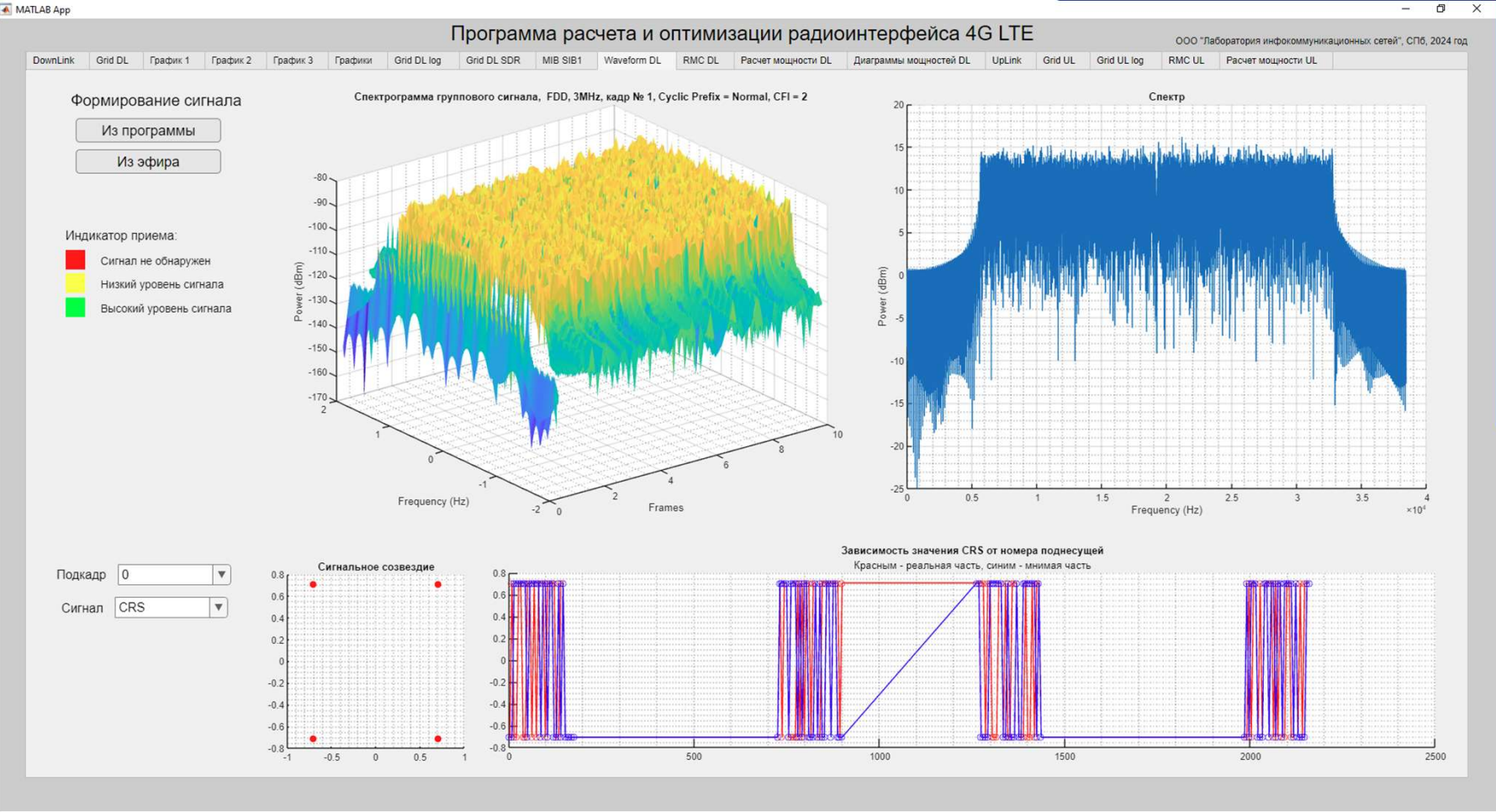
Ресурсная сетка каналов и сигналов LTE нисходящей линии связи (LTE Downlink)

Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 4G LTE

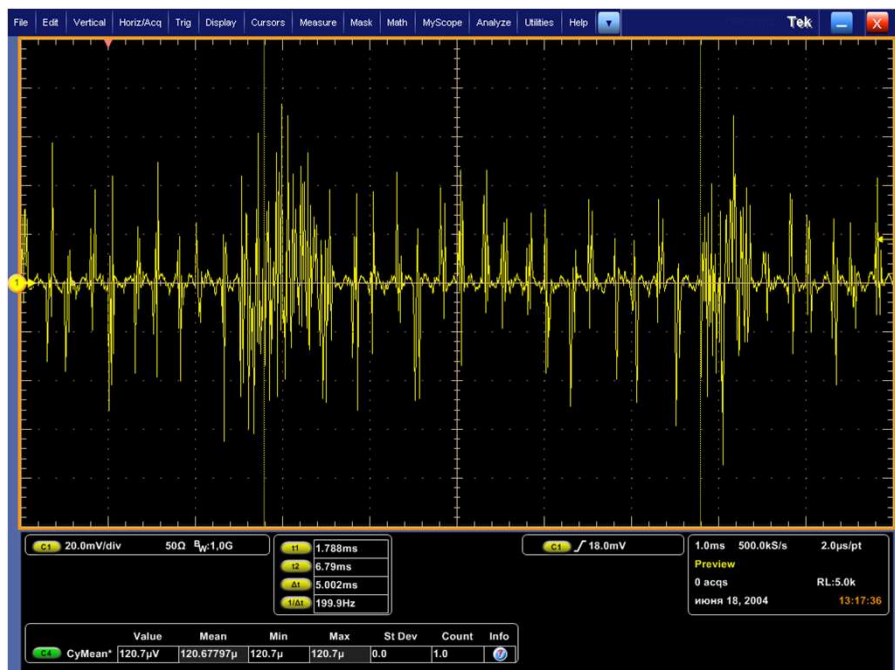


Представление спектра, спектрограммы и сигнальных созвездий сигналов LTE

Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 4G LTE

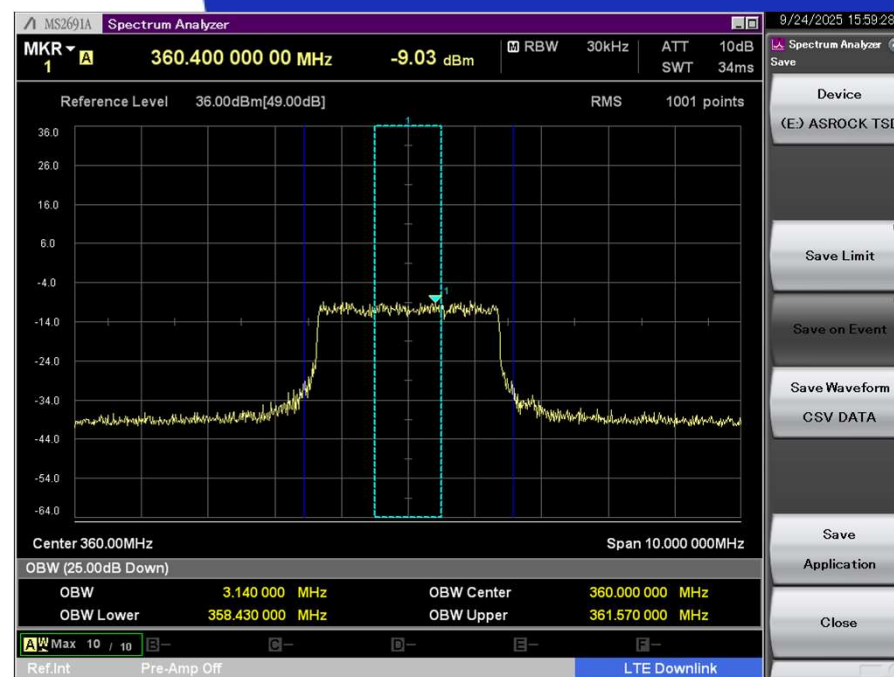


Представление LTE сигнала на осциллографе Tektronix DPO 7104



Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 4G LTE

Представление LTE сигнала на анализаторе сигналов Anritsu MS2691A



LTE Toolbox представляет собой специализированный набор инструментов MATLAB для моделирования, анализа и тестирования систем связи стандартов LTE и LTE-Advanced.

LTE Toolbox включает в себя функции:

- работы с ресурсной сеткой (lteResourceGrid, lteDLResourceGrid, lteResourceGridSize);
- OFDM-модуляции и демодуляции сигналов (lteOFDMInfo, lteOFDMModulate, lteOFDMDemodulate);
- генерации сигналов (ltePSS, lteCellRS, ltePDSCH, ltePUSCH, ltePRACH, lteSSS);
- индексации сигналов (ltePSSIndices, lteSSSIndices, lteCellRSIndices, ltePBCHIndices, ltePDSCHIndices, ltePCFICHIndices);
- декодирования сигналов (ltePBCHDecode, ltePDSCHDecode, ltePBCHDecode, lteCFIDeCode, ltePHICHDecode, ltePUSCHDecode) и др.

LTE Toolbox

```
%lteOFDMInfo OFDM modulation related information
% INFO = lteOFDMInfo(ENB) provides information related to the
% OFDM modulation performed by
% <a href="matlab: doc('lteOFDMModulate')">lteOFDMModulate</a> given cell-wide
% settings structure ENB which must include the following fields:
% NDLRB - Number of downlink resource blocks
% CyclicPrefix - Optional. Cyclic prefix length
% ('Normal'(default), 'Extended')
% Windowing - Optional. The number of time-domain samples over which
% windowing and overlapping of OFDM symbols is applied.
% (default depends on parameters above, for details, see
% <a href="matlab: doc('lteOFDMModulate')">lteOFDMModulate</a>)
```

```
function info = lteOFDMInfo(enb,varargin)

narginchk(1,2);

info = mwlteLibrary('lteOFDMInfo',enb);

if (nargin==2)

    % Validate NFFT input
    nfft = varargin{1};
    if (isnumeric(nfft) && isempty(nfft))
        % If Nfft=[], return with default info calculated above
        return;
    end
    if (~isnumeric(nfft) || ~isscalar(nfft) || ~isfinite(nfft) || nfft<=0)
```

Расчет и оценка параметров радиointерфейса базовой станции 5G NR

Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 5G NR

MATLAB App

Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 5G NR

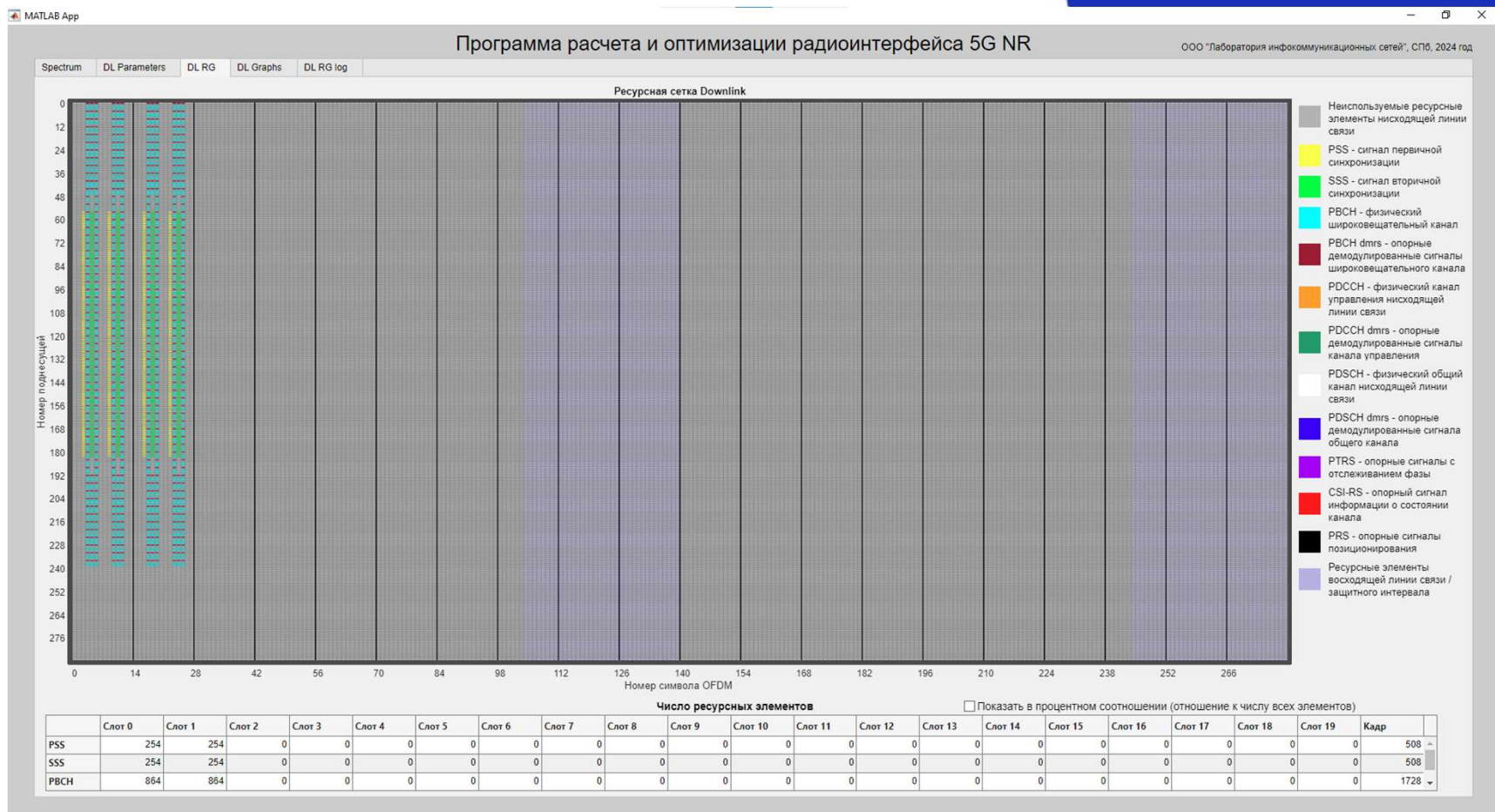
ООО "Лаборатория инфокоммуникационных сетей", СПб, 2024 год

Выбор объекта конфигурации для построения ресурсной сетки: Блок SS/PBCH

Параметры базовой станции gNB		Параметры CSI-RS		Параметры PDSCH		Параметры PDCCH	
Частотный диапазон	FR1	Нумерология	1	Тип конфигурации ресурсов CSI-RS	nzp	Число ресурсов	24
Рабочий диапазон	n50	Периодичность слотов CSI-RS	Отсутствует во всех слотах	Начальный символ	0	Уровень агрегации	8
Расстояние между поднесущими	30 кГц	Номер строки ресурса CSI-RS	1	Число символов	14	Длительность CORESET в символах OFDM	2
Пропускная способность	10 МГц	Плотность частот ресурса CSI-RS	3	Начальный ресурсный блок	0	Выбор сопоставления CCE-REG	С чередованием
Физический Cell ID	0	Местоположение во временной области	0	Конечный ресурсный блок	23	Размер пакетов REG	6
Циклический префикс	Нормальный	Местоположение в частотной области	0	Чередование VRB-PRB	Отключить	Размер перемежителя	2
Число ресурсных блоков	24	Число выделенных ресурсных блоков	24	Тип конфигурации опорных сигналов DM-RS	1		
Дуплексный режим	TDD			Положение первого символа OFDM DM-RS	2		
Период конфигурации слота	5 мс			Число дополнительных позиций DM-RS	0		
Число слотов Downlink	7			Конфигурация PT-RS	Отключить		
Число символов Downlink	6			Плотность времени PT-RS	1		
Число слотов Uplink	2			Плотность частоты PT-RS	2		
Число символов Uplink	4						
Параметры блока SS/PBCH		Параметры PRS					
Расстояние между поднесущими в блоке SS/PBCH	30 кГц	Периодичность набора ресурсов PRS	Отсутствует во всех слотах				
Смещение блока SS/PBCH	0	Коэффициент повторения ресурса PRS	1				
		Число символов OFDM	2				
		Начальный символ OFDM	0				
		Число выделенных ресурсных блоков	24				
		Размер совокупности ресурсов PRS	2				

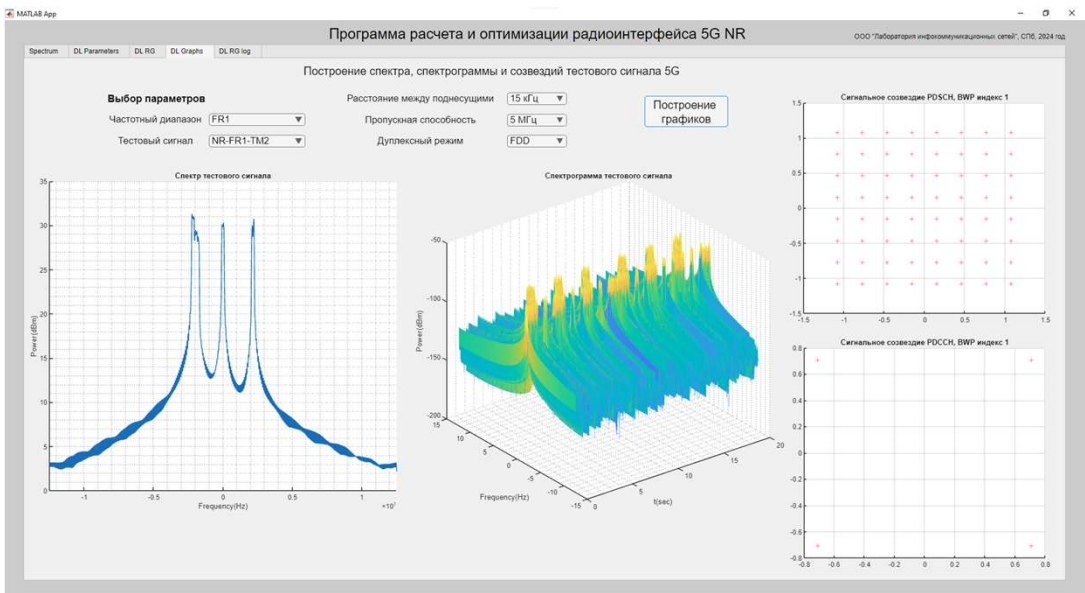
Построение ресурсной сетки

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 4G NR



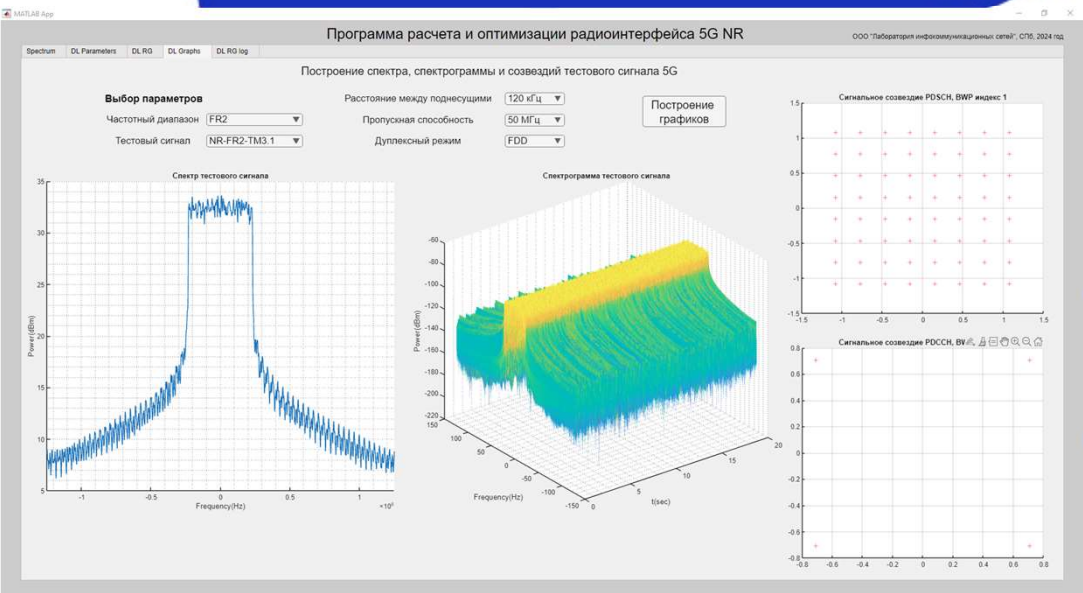
Представление спектра, спектрограммы и сигнальных созвездий сигналов 5G NR

Вид спектра, спектрограммы и сигнальных созвездий для тестового сигнала NR-FR1-TM2 при расстоянии между поднесущими 15 кГц, ширине канала 5 МГц и дуплексном режиме FDD



Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 5G NR

Вид спектра, спектрограммы и сигнальных созвездий для тестового сигнала NR-FR2-TM3.1 при расстоянии между поднесущими 120 кГц, ширине канала 50 МГц и дуплексном режиме FDD

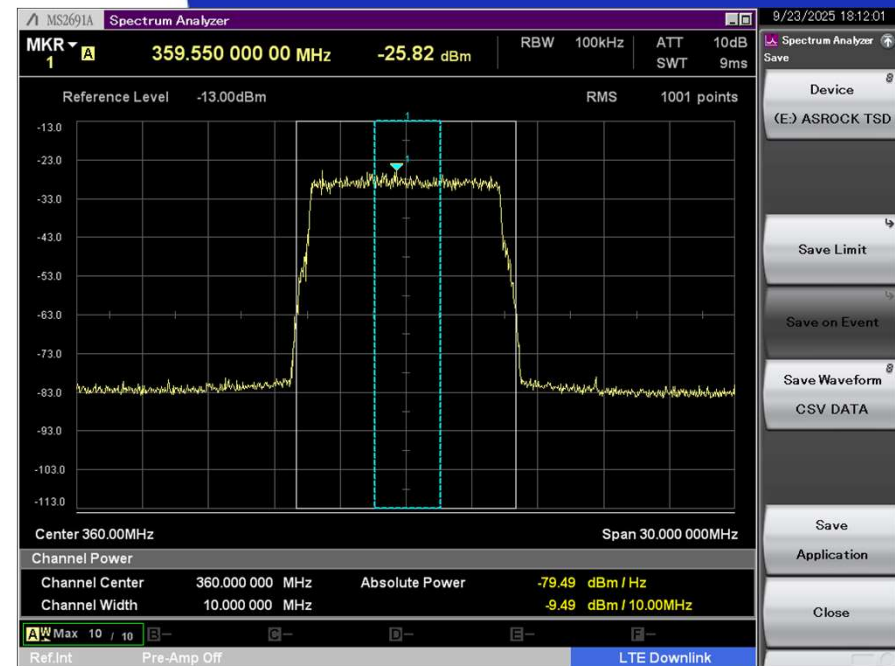


Представление 5G NR сигнала на осциллографе Tektronix DPO 7104



Программа расчета и оптимизации радиointерфейса 5G NR

Представление 5G NR сигнала на анализаторе сигналов Anritsu MS2691A



5G Toolbox представляет собой специализированный набор инструментов MATLAB для моделирования, анализа и тестирования систем связи стандартов 5G и 5G-Advanced в соответствии со спецификациями 3GPP New Radio (NR).

5G Toolbox включает в себя функции:

- настройки конфигурации (nrCORESETConfig, nrCarrierConfig, nrResourceGrid, nrPDSCHConfig, nrSearchSpaceConfig, nrCSIRSConfig);
- генерации сигналов (nrWaveformGenerator, nrCSIRS, nrPBCHDMRS, nrPSS, nrSSS);
- OFDM-модуляции и демодуляции сигналов (nrOFDMModulate, nrOFDMDemodulate, nrOFDMInfo);
- индексации сигналов (nrPBCHIndices, nrPDSCHIndices, nrCSIRSIndices);
- декодирования сигналов (nrPBCHDecode, nrPDCCHDecode, nrPDSCHDecode) и др.

5G Toolbox

```
function [ind,info] = nrPDSCHIndices(carrier,pdsch,varargin)
%nrPDSCHIndices Physical downlink shared channel resource element indices
% [IND,INFO] = nrPDSCHIndices(CARRIER,PDSCH) returns the matrix IND
% containing 1-based physical downlink shared channel resource element
% (RE) indices within the carrier resource grid, in linear form. The
% matrix IND is obtained from TS 38.211 Sections 7.3.1.5 and 7.3.1.6, for
% the given carrier configuration CARRIER and downlink shared channel
% configuration PDSCH. The number of columns in IND is equal to the
% number of antenna ports configured. This syntax also provides the
% structural information INFO about the bit capacity, symbol capacity,
% the DM-RS OFDM symbol locations, and PT-RS OFDM symbol locations
% associated with the physical downlink shared channel.
%
% CARRIER is a carrier configuration object as described in
% <a href="matlab:help('nrCarrierConfig')">nrCarrierConfig</a> with the
% following properties:
%
% SubcarrierSpacing - Subcarrier spacing in kHz
%                    (15 (default), 30, 60, 120, 240)
% CyclicPrefix      - Cyclic prefix ('normal' (default), 'extended')
% NSizeGrid         - Number of resource blocks in carrier resource
%
% narginchk(2,8);
%
% PV pair check
% coder.extrinsic('nr5g.internal.parseOptions')
%
% Validate inputs
[nSizeGrid,nStartGrid,nSizeBWP,nStartBWP,symbperslot] = ...
    nr5g.internal.pdsch.validateInputs(carrier,pdsch);
```




СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



Санкт-Петербург
ул. Сердобольская, дом 65 лит.А
+7 812 404-54-06
info@labics.ru

