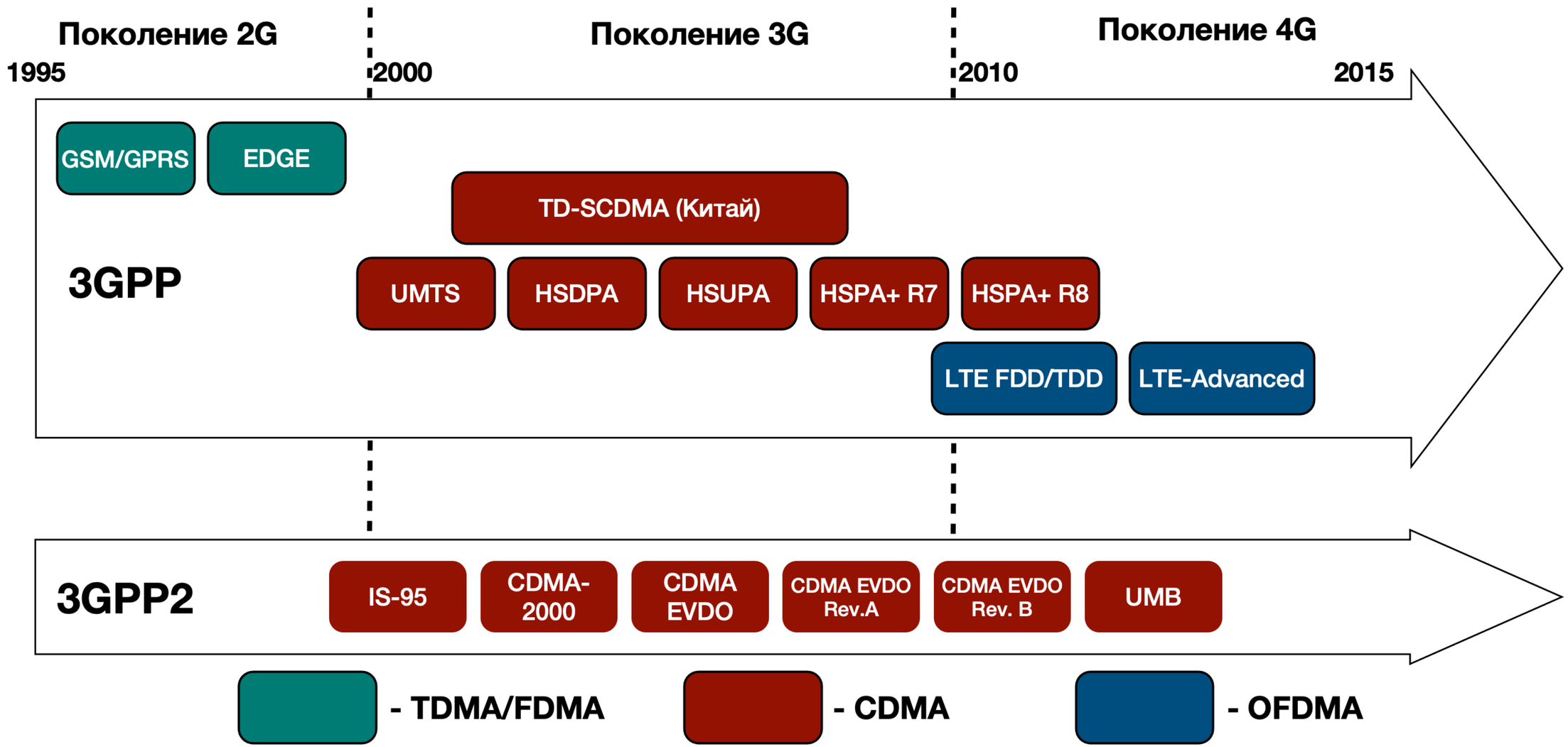
Новые технологии беспроводной связи - новый подход к подготовке инженерных кадров

Докладчик: Тауфик БЕН РЕЖЕБ,
декан МТУСИ

Март 2023

Традиционное развитие международных стандартов



© Московский технический университет связи и информатики

Рабочий план 3GPP по разработке новых релизов

3GPP™ A GLOBAL INITIATIVE

The 5G standard

5G ADVANCED

Since the completion of 3GPP Release 15 – the first phase of 5G specifications - the cellular industry is expanding the capability of the network to deliver on the full promise of the Internet of Everything. Release 18 will deliver 5G-Advanced, as the mid-point of 5G standardization.

- Self-driving Cars
- Industry Automation
- Smart Cities
- Smart Homes
- Work & Play in the Cloud
- Augmented Reality
- 3D Video, UHD Screens
- Gigabytes per second

5.1B Mobile Subscribers
10B IoT Connections
2018

→ Source: GSMA

5.8B Mobile Subscribers
25B IoT Connections
2025

Release 18

SA2 led - **System Architecture & Services**

XR (Extended Reality) & media services
Edge Computing Phase 2
System Support for AI/ML-based Services
Enablers for Network Automation for 5G Phase 3
Enh. support of Non-Public Networks Phase 2
Network Slicing Phase 3
5GC LoCation Services Phase 3
5G multicast-broadcast services Phase 2
Satellite access Phase 2
5G System with Satellite Backhaul
5G Timing Resiliency and TSC & URLLC enh.
Evolution of IMS multimedia telephony service
Personal IoT Networks
Vehicle Mounted Relays
Access Traffic Steering, Switching & Splitting support in the 5G system architecture Phase 3
Proximity-based Services in 5GS Phase 2
UPF enh. for Exposure & SBA
Ranging based services & Sidelink positioning
Generic group management, exposure & communication enh.
5G UE Policy Phase 2
UAS, UAV & UAM Phase 2
5G AM Policy Phase 2
RedCap Phase 2
Support for 5WWC Phase 2
System Enabler for Service Function Chaining
Extensions to TSC Framework to support DetNet
Seamless UE context recovery
MPS when access to EPC/5GC is WLAN

SA3 led - **Security & Privacy**

Privacy of identifiers over radio access
SECAM and SCAS for 3GPP virtualized network products and Management Function (MnF)
Mission critical security enhancements Phase 3
Security and privacy aspects of RAN & SA features

SA4 led - **Multimedia Codecs, Systems and Services**

Systems & Media Architecture:
5G Media, Service Enablers
Split-Rendering
5G AR Experiences Architecture
Media:
Video codec for 5G
Media Capabilities for Augmented Reality Glasses
AI / ML Study
Real-Time Communications:
XR conversational services
WebRTC-based services and collaboration models
Immersive Voice & Audio:
EVS Codec Extension for Immersive Voice and Audio Services (IVAS_Codec)
Terminal Audio quality performance and Test methods for Immersive Audio Services (ATIAS)
Streaming & Broadcast Services:
5GMS Enh. (Network slicing, Low latency, Background traffic, 5GMS Uplink)
Further MBS Enh. (Free to air, Hybrid unicast/ broadcast)

SA5 led - **Management, Orchestration & Charging**

Intelligence and Automation:
Self-Configuration of RAN NEs, Enh. and evaluation of autonomous network levels, Enh. intent driven management services,
AI/ ML management, Enh. of the management aspects related to NWDAF, Enh. of MDA, Fault supervision volution, Management support of RAN intelligence
Management Architecture and Mechanisms:
Network slicing provisioning rules, Enh. service based management architecture, URLLC/5GLAN/ Cloud native VNF/MOCN/IOT NTN/Edge computing management, 5G PM and KPIs; QoE, MDT/Trace, Data collection management
Support of New Services:
Enh. Energy Efficiency for 5G Phase 2, Network slice management capability exposure, Enh. management of Non-Public Networks, Network and Service Operations for Energy Utilities, Key Quality Indicators (KQIs) for 5G service experience, Deterministic Communication Service Assurance
Charging Management:
Enhancement of Network Slicing Phase 2, Nchf charging services phase 2, 5G roaming charging architecture for wholesale and retail scenarios, Enhanced support of Non-Public Networks, Time Sensitive Networking

SA6 led - **Application Enablement & Critical Communication Applications**

Critical Communications:
MCX Enhancements – MC over 5GS (5MBS, ProSe)
Adhoc group comm., MCPTT Enh.
Railways - Gateway UE, Interworking
Service Frameworks:
Edge App Architecture Enh., SEAL Enh., Subscriber-Aware API (CAPIF Enh.)
Fused location, Application Data Analytics, App Layer NW Slicing
Enablers for Vertical Applications:
Enhancements to V2X, UAS application-enablement, 5G Messaging, Future Factories, Personal IoT networks, Capability exposure for IoT platforms

RAN1 led - **Radio Layer 1 (Physical layer)**

MIMO Evolution for Downlink and Uplink
Study on Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML) for NR Air Interface
Study on Evolution of NR Duplex Operation
NR sidelink evolution
Study on expanded and improved NR positioning
Further NR RedCap UE complexity/cost reduction
Study on network energy savings
Further NR coverage enhancements
NR Network-Controlled Repeaters
Enh. of NR Dynamic spectrum sharing (DSS)
Study on low-power Wake-up Signal and Receiver for NR
Multi-carrier enhancements for NR

RAN2 led - **Radio Layer 2 & Layer 3 Radio Resource Control**

NR Mobility Enh.
Study on XR Enh. for NR
NR sidelink relay enh.
NR NTN (Non-Terrestrial Networks) enh.
IoT NTN enh.
NR Support for UAV
Dual Tx/Rx MUSIM
In-Device Co-existence (IDC) enh. for NR and MR-DC
Mobile Terminated-Small Data Transmission (MT-SDT) for NR
Enh. of NR Multicast and Broadcast Services

RAN3 led - **UTRAN/E-UTRAN/ NG-RAN Architecture & Related Network Interfaces**

Mobile IAB
Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML) for NG-RAN Further enh. of data collection for SON (Self-Organising Networks)/MDT (Minimization of Drive Tests) in NR and EN-DC
Enh. on NR QoE management and optimizations for diverse services
Study on enh. for resiliency of gNB-CU

RAN4 led - **Radio Performance & Protocol Aspects***

Further RF requirements enh. for NR Frequency Range 1 (FR1)
NR RF requirements enh. for Frequency Range 2 (FR2), Phase 3
Req. for NR Frequency Range 2 (FR2) multi-Rx chain DL reception RRM enh. for NR and MR-DC
Enh.on NR and MR-DC Measurement Gaps and Measurements without Gaps
NR demodulation performance evolution
Study on simplification of band combination specification
Study on enh. for 700/800/900MHz band combinations
NR BS RF requirement evolution
Study on NR Frequency Range 2 (FR2) Over-the-Air (OTA) testing enh.
Support of intra-band non-collocated EN-DC/NR-CA deployment
Enh. NR support for high-speed train scenario in frequency range 2 (FR2)
BS/UE EMC enh.
Air-to-ground network for NR
NR support for dedicated spectrum less than 5MHz for FR1

* There are other approved items related to Rel-17 continuation; more spectrum-related items are expected to be approved later.

TSG CT Stage 3 work

CT will wait for stable output from the stage 2 work in SA and RAN before initiating the stage 3 work on Rel-18 - expected by TSG#99, March 2023.

In parallel, CT will work on technical improvements and enhancements to APIs and protocols under the CT remit, to add new capabilities, improve efficiency and flexibility.

Completion of stage 3 work is targeted for **TSG#103** March 2024.

© 3GPP – October 2022

https://bit.ly/3GPP-Work-Plan

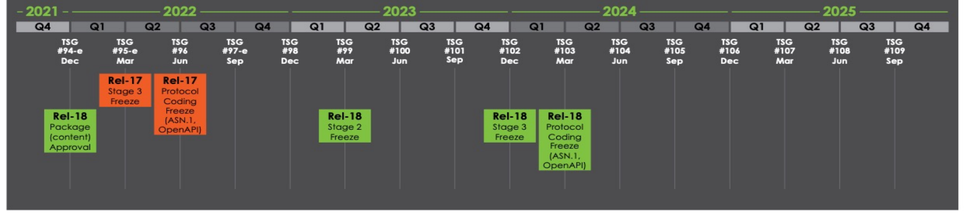
Early Release 19 Studies

SA1 - **Services**

Network of Service Robots with Ambient Intelligence
Energy Efficiency as service criteria
Upper layer traffic steering, switching and split over dual 3GPP access
Uncrewed Aerial Vehicles (Phase 3)
Satellite Access (Phase 3)
Roaming value added services
AI/ML Model Transfer (Phase 2)
Integrated Sensing and Communication
Ambient power-enabled Internet of Things
Localized Mobile Metaverse Services
Network Sharing Aspects
Future Railway Mobile Communication System (Phase 5)
Supporting Railway Smart Station Services

The detailed content of Rel-19 will be decided in September 2023 (TBC)

Release Timelines



Specification Groups

TSG CT Core Network and Terminals

CT1 User Equipment – Core Network Protocols
CT3 Interworking with External Networks & Policy and Charging Control
CT4 Core Network Protocols
CT6 Smart Card Application Aspects

TSG RAN Radio Access Network

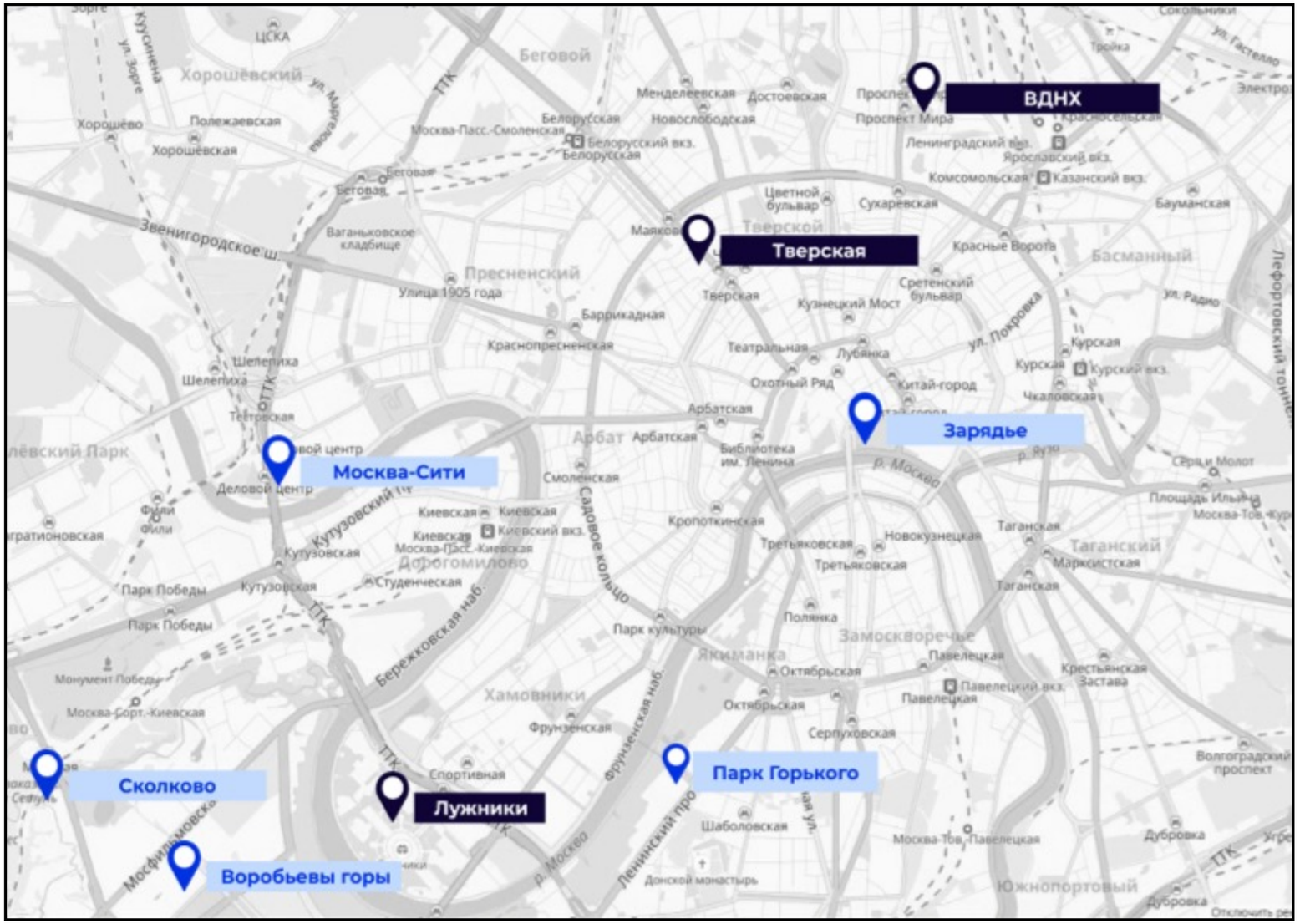
RAN1 Radio Layer 1 (Physical Layer)
RAN2 Radio Layer 2 and Radio Layer 3 Radio Resource Control
RAN3 UTRAN/E-UTRAN/ NG-RAN Architecture and Related Network Interfaces
RAN4 Radio Performance and Protocol Aspects
RAN5 Mobile Terminal Conformance Testing

TSG SA Service and System Aspects

SA1 Services
SA2 System Architecture and Services
SA3 Security & Privacy
SA4 Multimedia Codecs, Systems and Services
SA5 Management, Orchestration and Charging
SA6 Application Enablement and Critical Communication Applications

Площадки для тестирования

Запущенные площадки	
Площадка «ВДНХ»	МТС
Площадка «Тверская»	TELE2
Площадка «Лужники»	Билайн
Площадка «Зарядье»	TELE2
Площадка «Москва-Сити»	МегаФон
Площадка «Парк Горького»	МТС
Площадка «Воробьевы горы»	МегаФон
Площадка «Сколково»	Билайн



© Московский технический университет связи и информатики

Необходимость образования, в т.ч. повышения квалификации

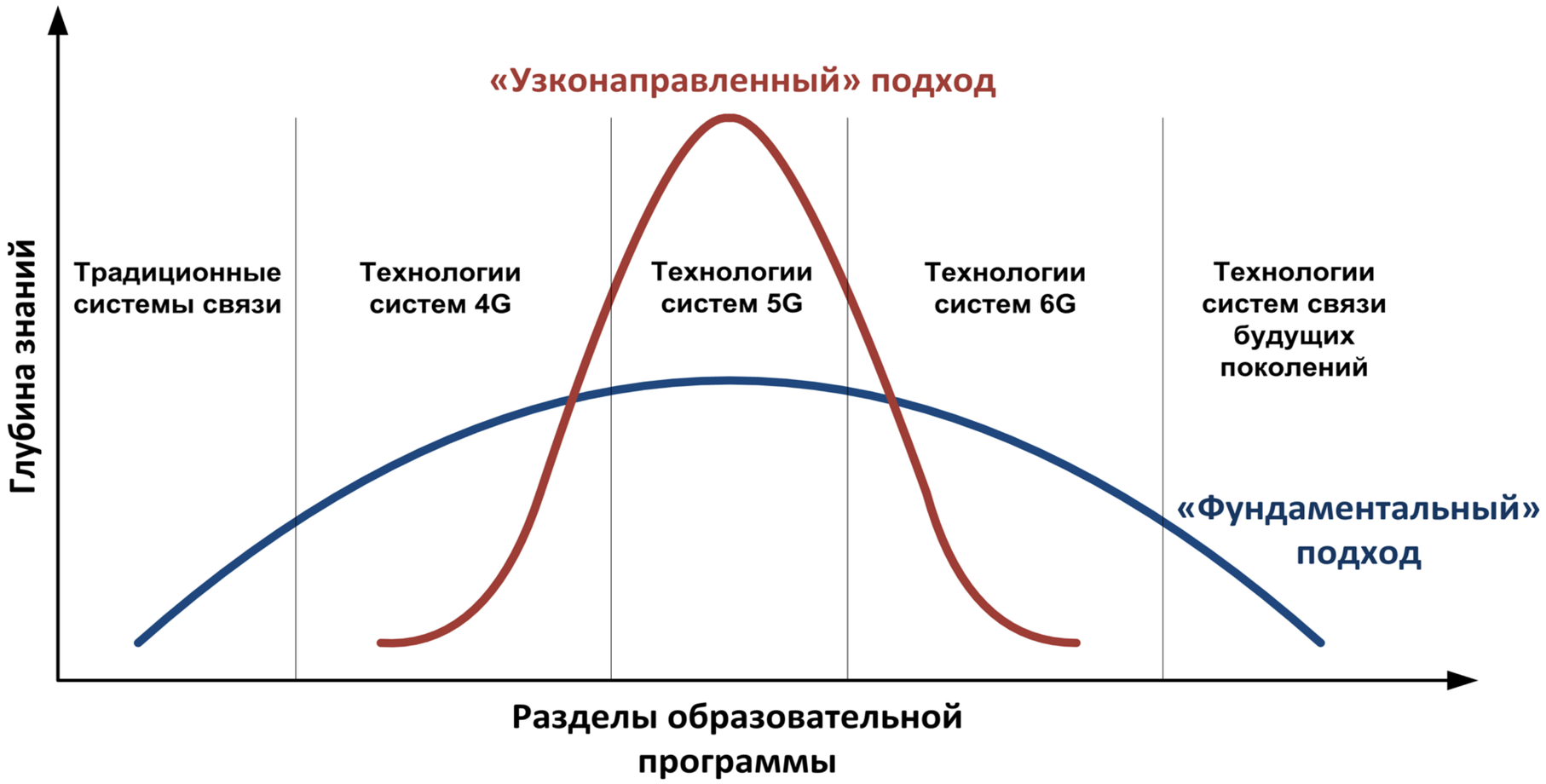
СЛУШАТЕЛИ КУРСОВ	
Инженеры эксплуатации	Сотрудники операторов связи и крупных телекоммуникационных компаний, инженеры рынка телекоммуникационных услуг
Инженеры-разработчики	Разработчики алгоритмов обработки сигналов, разработчики телекоммуникационного оборудования
Менеджеры телекоммуникационных услуг	Менеджеры по продажам разного уровня
Сотрудники сферы управления и регулирования в области связи	Государственные служащие, чиновники

Направления повышения квалификации

- **Базовые сведения о системах беспроводной связи 5G**
- **Менеджмент в системах беспроводной связи 5G**
- **Технический специалист в области систем беспроводной связи 5G**
- **Юридические вопросы в области систем беспроводной связи**

© Московский технический университет связи и информатики

Возможные подходы у обучению



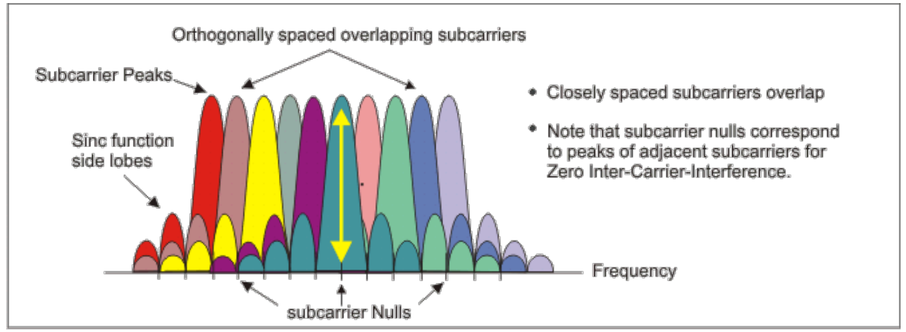
«Узконаправленный» подход — углубленное изучение новых технологий, не касаясь известных технологий беспроводной связи и их развития

«Фундаментальный» подход — изучение систем связи в прогрессии от традиционных технологий до систем 5G и их будущего развития

© Московский технический университет связи и информатики

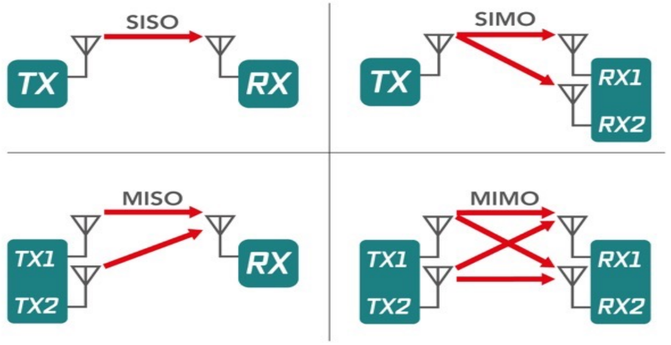
ИЗВЕСТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ортогональное мультиплексирование OFDM



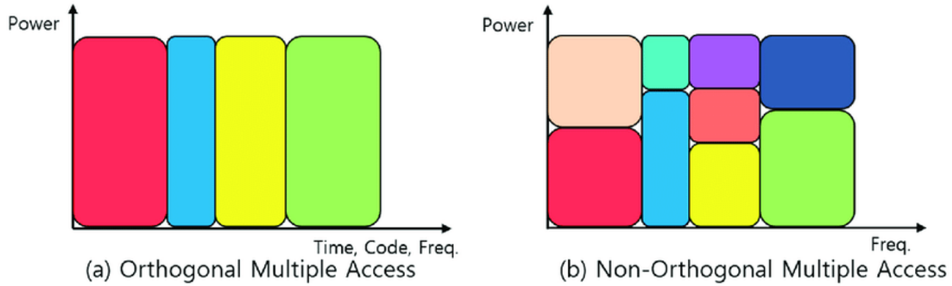
OFDM Signal Frequency Spectra

Многоантенные системы MIMO

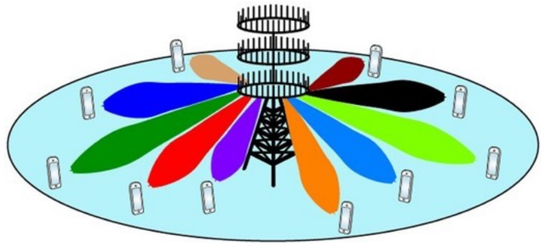


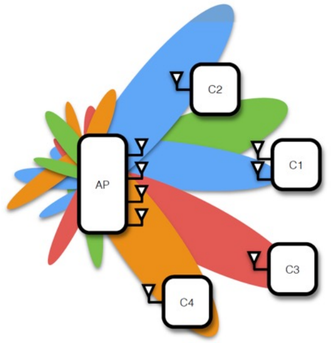
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Неортогональный множественный доступ NOMA



Многоантенные системы Massive MIMO и Multiuser MIMO, Precoding





© Московский технический университет связи и информатики

Новая фундаментальная технология - неортогональный множественный доступ NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access)

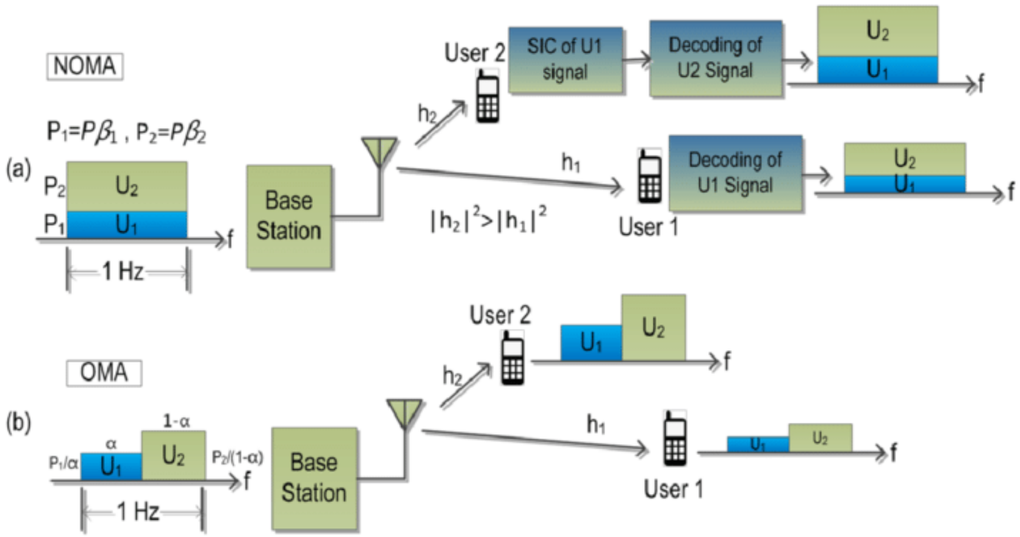
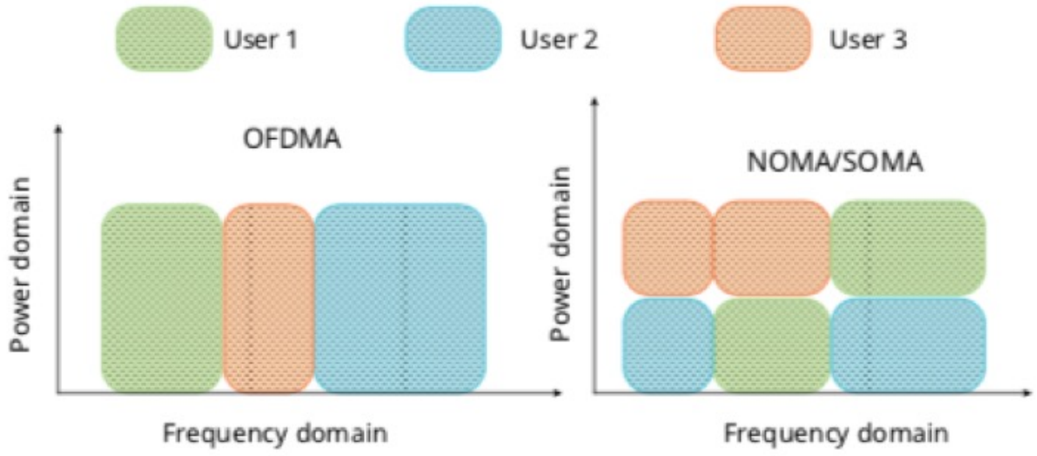


Схема декодирования сигналов NOMA



Мультиплексирование абонентов в мощностной области

<u>Основа систем 1G…4G - ортогональный множественный доступ OMA (CDMA, TDMA, OFDMA)</u>

© Московский технический университет связи и информатики

ПЕРВЫЙ ЕДИНЫЙ стандарт 3GPP Release 15 NR (New Radio)

(в отличие от предыдущих поколений систем мобильной связи)

Импортозамещение = Участие в международной стандартизации?

- Участие в международной стандартизации
- Разработка методов и алгоритмов обработки сигналов
- Регистрации интеллектуальной собственности
- Внедрение в международные стандарты

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ + КОНКУРЕНТНОСПОСОБНОСТЬ

© Московский технический университет связи и информатики

ТЕХНИЧЕСКИЕ СЛОЖНОСТИ

Технология неортогонального множественного доступа NOMA имеет сложную математическую основу:

1. **Теория функций (функциональный анализ) - обычно не предусмотрен планом бакалавров**
2. **Векторно-матричная обработка сигналов (линейная алгебра)**
3. **Сложная помеховая обстановка**
4. **Сложные модели каналов (теория вероятностей)**
5. **Высокая сложность алгоритмов обработки сигналов (теория сложности алгоритмов)**

ВЫВОД: Требуется фундаментальная математическая подготовка специалистов

ЮРИДИЧЕСКИЕ СЛОЖНОСТИ

1. **Более сложное правовое регулирование деятельности операторов связи**
2. **Сложности стандартизации**

© Московский технический университет связи и информатики

Программа ДПО МТУСИ для широкого круга специалистов

Базовый курс: Обзор технологий и возможностей систем беспроводной связи 5G (36 часов)
Системы беспроводной связи. Основные сведения. Обзор новых технологий
Основные требования к системам связи пятого поколения
Бизнес модели, кейсы и возможности новых систем 5G
Развитие E2E-сетей и ключевые технологии систем 5G
Углубленный курс: Технический специалист по развертыванию систем беспроводной связи 5G (36 часов)
Повышение спектральной эффективности систем беспроводной связи
Технология MIMO: возможности, принципы и алгоритмы
Новые методы модуляции и кодирования в системах беспроводной связи
Методы множественного доступа, применяемые в системах 5G
Актуальные проблемы разработки алгоритмов обработки сигналов в высокоскоростных системах

© Московский технический университет связи и информатики

Спасибо
за внимание!

Контактная информация

111024, г. Москва,
улица Авиамоторная, 8а
АДРЕС ОРГАНИЗАЦИИ

+7 (495) 957-79-17
ТЕЛЕФОН

mtuci@mtuci.ru
E-MAIL

© Московский технический университет связи и информатики