

«Сети мобильной связи пятого поколения (5G)»

Учебная программа обзорного курса

Москва, 2019 г.

Учебная программа «Сети мобильной связи пятого поколения (5G)»

Вид занятия	Наименование	Длительность, часов
Лекция №1	Особенности радиointерфейса NR	2
Лекция №2	Технологии повышения эффективности радиointерфейса NR	2
Лекция №3	Архитектура сети мобильной связи 5G	
Лекция №4	Нумерация и идентификация, используемая в сети мобильной связи 5G, основы безопасности	2
Лекция №5	Процедуры, выполняемые АТ в различных состояниях	2
Лекция №6	Понятие сессии, управление сессиями абонентов, сетевые политики	
Лекция №7	Подсистема IP-мультимедиа (IMS)	2
Лекция №8	Особенности подсистема IP-мультимедиа (IMS) в сетях 5G	2
Итого	Лекции	16
	Семинары, ГЗ, ПЗ, ЛР	0

Лекция №1 «Особенности радиointерфейса NR»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (9)	Пояснение	Слайдов (22)
1	Диапазоны частот, виды дуплекса	NR Bands (FR1, FR2), TDD/FDD/SDL/SUL	2
2	Сетка частот, номера каналов	Сетка рабочих частот (NR Raster) Номера каналов NR-ARFCN	2
3	Виды многостанционного доступа, мультиплексирования и модуляции в прямом и обратном каналах	Основные понятия (дуплекс, мультиплексирование, многостанционный доступ) CP-OFDMA, CP-OFDMA с DFT 256QAM, 64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK, $\pi/2$ -BPSK.	3
4	Принцип формирования OFDM-сигнала	Структура сигнала. Математическое выражение, постоянные и переменные значения	2
5	Частотная структура радиointерфейса, понятие нумерологии	Полосы каналов: BW, BWP Частотная структура: PRB, SCS	3

Лекция №1 «Особенности радиointерфейса NR»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (9)	Пояснение	Слайдов (22)
6	Временная структура радиointерфейса	Длительность OFDM-символа в зависимости от нумерологии Временная структура: Frame/HF/SF/TS Распределение ресурсов UL/DL при TDD	3
7	Логические, транспортные и физические каналы	Состав и назначение каналов радиointерфейса линий UL/DL	2
8	Стек протоколов радиointерфейса	Состав и назначение протоколов. Понятие виртуальных каналов сигнализации SRB и данных DRB. Схема преобразования потоков данных QoS Flow протоколами радиointерфейса	4
9	Опции разделения протоколов между оборудованием распределенной базовой станции	Опции разделения протоколов. Основное отличие БС 5G от LTE	1

Лекция №2 «Технологии повышения эффективности радиointерфейса NR»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (10)	Пояснение	Слайдов (22)
1	Основные понятия построения систем с множественными входами и выходами MIMO	Основные понятия, режимы MIMO, SIMO, MISO, MU-MIMO Потенциальная эффективность использования спектра	2
2	Режимы MIMO: пространственное разнесение, мультиплексирование	Пространственно разнесенные передача и прием (TxD, RxD) Пространственное мультиплексирование (SM). Матрицы преобразования MIMO.	4
3	Цифровая обработка сигналов в прямом и обратном каналах (протокол PHY)	Перечень и последовательность алгоритмов ЦОС линий UL/DL	3
4	Режимы MIMO: управление диаграммой направленности излучения	3D управление диаграммой направленности (FD-MIMO) Модель антенной системы Принцип управление ДН радиointерфейса NR по сигналам синхронизации PSS/SSS	4

Лекция №2 «Технологии повышения эффективности радиointерфейса NR»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (10)	Пояснение	Слайдов (22)
5	Агрегация частот CA	Принцип и режимы агрегации частот: Intra-band, Inter-band Классы AT, обозначения режимов CA Типы сот: первичная PC, вторичная SC	2
6	Двойное подключение NR DC	Принцип двойного подключения. Мастер группа сот MCG, соты PC/SC Вторичная группа сот SCG, соты PSC/SC	2
7	Устранение дисбаланса радиопокрытия UL/DL (технология Decoupling)	Бюджет линий. Реализация Decoupling с использованием дополнительных частот диапазонов NR SUL	1
8	Оценка потенциальной скорости передачи данных на радиointерфейсе	График скоростей для типовых начальных условий	2
9	Процедура доступа абонентского терминала в сеть радиодоступа NG-RAN	Сигнальная диаграмма	1
10	Состояния абонентского терминала	RRC Connected, RRC Inactive, RRC Idle	1

Лекция №3 «Архитектура сети мобильной связи 5G»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (10)	Пояснение	Слайдов (26)
1	Основные понятия архитектуры совмещенных сетей 5G и 4G, типы базовых станций	Понятие совмещенной сети. Основные задачи базовых станций. Типы базовых станций gNB, en-gNB, ng-eNB.	1
2	Варианты подключения базовых станций к опорным сетям	Автономные варианты SA : 1, 2, 5 Не автономные варианты NSA NR : 3/3A/3X, 7/7A/7X Не автономные варианты NSA E-UTRA : 4/4A	2
3	Режимы подключения абонентского терминала одновременно к двум базовым станциям	Режимы совмещенной сети: NR DC, EN-DC, NGEN-DC, NE-DC	2
4	Архитектура и интерфейсы базовой станции 5G (gNB), сегменты транспортной сети связи	Структура распределённой базовой станции: gNB-CU, gNB-DU, AAS. Структура и требования к транспортной сети X-Haul: Fronthaul, Midhaul, Backhaul	3

Лекция №3 «Архитектура сети мобильной связи 5G»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (10)	Пояснение	Слайдов (26)
5	Архитектура и интерфейсы опорной сети 5GC	Опорная сеть с сетью доступа 3GPP Опорная сеть с сетью доступа не-3GPP	8
6	Архитектура и интерфейсы опорной сети 5GC при организации роуминга	Виды роуминга: сетевой, национальный, международный, входящий/исходящий. Архитектуры роуминга: LBO, HR	3
7	Построение сети 5G с использованием технологии виртуализации, сетевые слои	Виртуализация Разделение сети на слои, идентификация слоя	3
8	Система управления и оркестрации NFV-MANO	Архитектура системы управления и оркестрации: NFVO, VNFM, VIM.	1
9	Система управления и оркестрации NFV-MANO	Архитектура системы управления и оркестрации: NFVO, VNFM, VIM.	1
10	Особенности использования спутникового сегмента	Сервисы. Архитектура.	2

Лекция №4 «Нумерация и идентификация, используемая в сети мобильной связи 5G, основы безопасности»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (10)	Пояснение	Слайдов (27)
1	Нумерация и идентификация абонентского терминала, используемая в опорной сети 5GC	Идентификаторы мобильных сетей Постоянные идентификаторы AT Временные идентификаторы AT	2
2	Идентификация абонентского терминала, используемая в сети радиодоступа NG-RAN	Временные идентификаторы AT, выдаваемые базовыми станциями	2
3	Идентификация сот, типы и идентификаторы зон местоположения и обслуживания, классы доступа	Cell ID, NCGI, RANAC, 5G-TAC, Service Area, CSG Access Classes, резервирование сот	3
4	Идентификация сетевых слоев	NSSAI: SST, SD, NSI	1
5	Идентификация сетевых функций NF	FQDN, NF Instance	1

Лекция №4 «Нумерация и идентификация, используемая в сети мобильной связи 5G, основы безопасности»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (10)	Пояснение	Слайдов (27)
6	Состояния абонентского терминала в сети	Особенности состояний: RM-REGISTERED, RM-DEREGISTERED CM-IDLE, CM-CONNECTED	1
7	Процедуры выбора сетевых элементов при регистрации АТ и установлении сессии	Процедуры NF Select	1
8	Логическая архитектура системы безопасности	Элементы логической архитектуры системы безопасности Ключи и алгоритмы шифрования, контроля целостности данных Ключи аутентификации, процедура аутентификации	6
9	Безопасное взаимодействие сетей при организации роуминга	Взаимодействие сетей посредством пограничной прокси функции SEPP	1
10	Пример сигнальной диаграммы регистрации абонентского терминала в системе мобильной связи 5GS	Call Flow регистрации АТ в сети 5G Call Flow регистрации АТ в сети 5G и смене сетевой функции AMF	10-12

Лекция №5 «Процедуры, выполняемые АТ в различных состояниях»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (8)	Пояснение	Слайдов (18)
1	Системная информация, вещаемая в соте	MIB, SIB1-9	3
2	Классификация сот (38.304)	Типы сот: acceptable, suitable, barred, reserved	1
3	Процедура выбора сети PLMN (PLMN Select), технологии радиодоступа RAT при регистрации абонентского терминала	Профиль USIM-карты: - состав и порядок выполнения сервисов; - хранимая системная информация.	2
4	Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (статический кемпинг, Cell Select, Cell Re-Select)	Процедуры, триггеры, таймеры и S-критерии перевыбора соты: - без смены рабочей частоты; - со сменой рабочей частоты; - со сменой технологии радиодоступа RAT	4

Лекция №5 «Процедуры, выполняемые АТ в различных состояниях»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (8)	Пояснение	Слайдов (18)
5	Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (профиль-ориентированный кемпинг)	Принцип профиль-ориентированного кемпинга, индекс RFSP Пример сигнальной диаграммы установления индивидуальных приоритетов выбора/перевыбора сот	2
6	Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (обновление информации о текущей зоне местоположения)	Триггеры и таймеры. Обновление зоны местоположения TAC в состоянии RRC-IDLE. Обновление зоны местоположения RNA в состоянии RRC-Inactive.	2
7	Процедуры, выполняемые АТ в состоянии RRC-Connected	Виды хендверов. Пример сигнальной диаграммы.	2
8	Основные принципы реализации RAN-Sharing	Архитектура сети радиодоступа. Принцип распределения сетевых ресурсов между абонентами различных операторов.	2

Лекция №6 «Управление сессиями абонентов, сетевые политики»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (8)	Пояснение	Слайдов (21)
1	Типы сессий абонентских терминалов	Понятия PDU сессия, имя DNN. Типы сессий IPv4, IPv6, Ethernet, EDT	3
2	Режимы обеспечения непрерывности сессий	Режимы SSC modes 1, 2, 3	1
3	Раздельная маршрутизация трафика	Раздельная маршрутизация трафика IPv4, IPv6 (UL CL) Раздельная маршрутизация трафика IPv6 с множественной адресацией (multi-homed)	2
4	Модель QoS, параметры качества передачи данных	Модель QoS, параметры качества передачи данных 5QI, GBR, AMBR, Priority	3
5	Управление качеством передачи данных	Потоки данных заданного качества QoS Flow «Зеркальное» качество Reflected QoS	3

Лекция №6 «Управление сессиями абонентов, сетевые политики»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (8)	Пояснение	Слайдов (21)
6	Сетевые политики, не связанные с управлением сессиями абонентов	Сетевые политики управления доступом и мобильностью (RFSP) Сетевые политики управления выбором сети доступа и сессии (URSP) Сетевые политики управления отождествлением трафика с приложением или сервис-провайдером (Packet Flow Description)	3
7	Сетевые политики управления сессиями абонентов	Разделение потока данных заданного качества QoS Flow на сервисные потоки SDF Сетевые политики, применяемые к сервисным потокам SDF: Rulebases, Ruldefs	4
8	Мульти потоковые TCP-сессии	Понятие мультиадресной TCP-сессии (MCTCP) Управление трафиком (ATSSS, п.5.32.6 - 23.501)	2

Лекция №7 «Подсистема IP-мультимедиа (IMS)»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (11)	Пояснение	Слайдов (21)
1	Архитектора подсистемы IMS	Перечень и назначение элементов Сетевые интерфейсы	3
2	Приложения подсистемы IMS	Мультимедиа телефония, PoC, Messaging Сервера приложений MMTEL, RCS	1
3	Приложения телефонии MMTEL	Перечень приложения телефонии MMTEL	2
4	Нумерация и идентификация	Нумерация и идентификация абонентов PrUI, PuUI	2
5	Протокол сигнализации SIP/SDP	Сообщения и параметры протокола SIP Сообщения и параметры протокола SDP	2
6	Кодирование голосовых сообщений	Виды и параметры голосовых кодеков	1
7	Основные процедуры подсистемы IMS	Регистрация абонента в подсистеме IMS Установление сессии между абонентами подсистемы IMS	4

Лекция №7 «Подсистема IP-мультимедиа (IMS)»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (11)	Пояснение	Слайдов (21)
8	Организация роуминга	Схема построения подсистемы IMS при организации роуминга (LBO, HR)	2
9	Интеграция подсистемы IMS с сетью 5G	Обнаружение прокси-функции P-CSCF Интеграция с сетевой функцией PCF. Управление качеством передачи голосовой информации. Использование выделенных (Dedicated) потоков QoS Flow и потоков по умолчанию.	2
10	Интеграция подсистемы IMS с сетями фиксированной связи	Трансляция абонентских номеров ENUM	1
11	Переносимость абонентских номеров	Принцип организации переносимости абонентских номеров MNP	1

Лекция №8 «Особенности подсистема IP-мультимедиа (IMS) в сетях 5G»

№ п/п	Рассматриваемые вопросы (6)	Пояснение	Слайдов (15)
1	Локализация трафика и серверов приложений	Варианты локализации мультимедиа трафика с использованием нескольких IP-адресов AT	3
2	Поддержка разделения сети на сетевые слои	Варианты передачи мультимедиа трафика с использованием различных сетевых слоев. Примеры использования правил USRP rule. Сигнальная диаграмма установления сессии поверх сетевого слоя 5GC	3
3	Профиль абонента в ICC-карте	USIM-профиль, ISIM-профиль	4
4	Организация вызова экстренных оперативных служб 112	Особенности вызова ЭОС с использованием ICC-карты и без	2
5	Реализация системы оперативно-розыскных мероприятий	Архитектура системы LI (Lawful Interception) Состав и функции основных элементов	2
6	Текущие состояние стандартизации сетей 5G	Releases 3GPP 15,16 (статус)	1