

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЭКЗАМЕН ДЛЯ ВЫПУСКНИКОВ  
БАКАЛАВРИАТА И СПЕЦИАЛИТЕТА (ФИЭБ)**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
11.03.02 ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ**

**ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ПИМ**

**ЧАСТЬ 1 ПИМ**

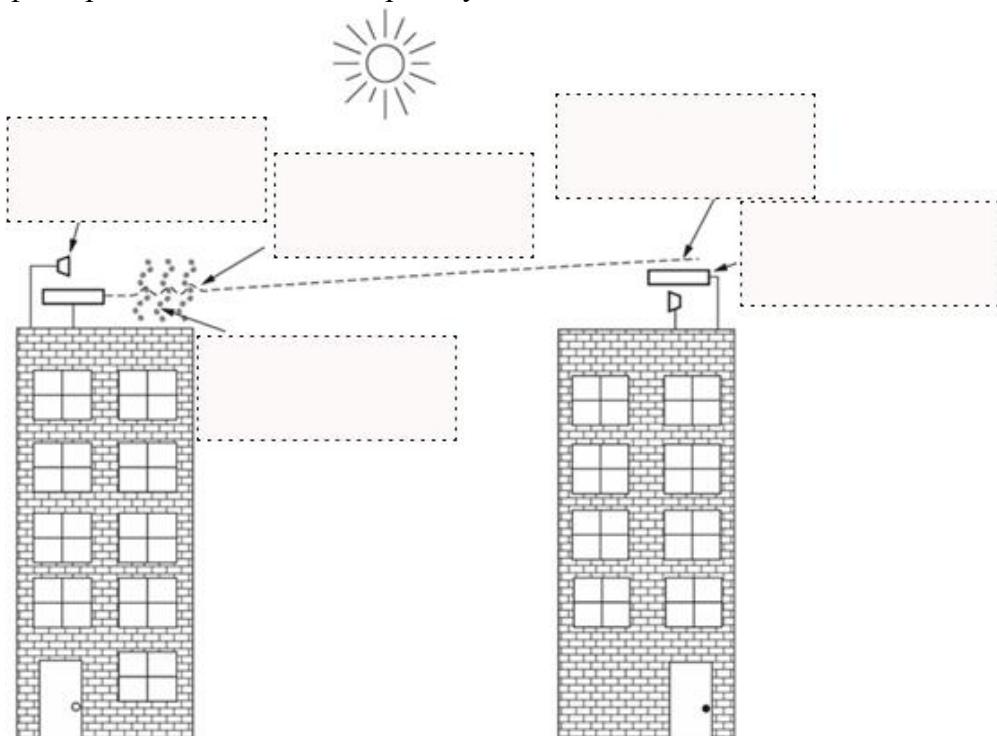
**Дисциплина «Администрирование и конфигурирование систем связи»**

**Задание (элементы доступны для перетаскивания)**

В 1990-х Эндрю Таненбаум посетил конференцию в европейском отеле. Организаторы устроили доступ к почте через терминалы, но телефонная компания отказалась прокладывать линии. Тогда на крыше установили лазер, нацеленный на университетское здание в нескольких километрах.

Ночью связь работала, но утром в ясный день канал отказал, и так дважды. Причина оказалась в конвекционных потоках воздуха, которые мешают работе систем лазерной связи. На рисунке приведена двунаправленная система с двумя лазерами.

Установите соответствие между изображением лазерной системы передачи информации, фактором, влияющим на ее работу, и его наименованием.



*Варианты ответов:*

- 1) фотодатчик
- 2) луч лазера бьет мимо фотодатчика
- 3) громкоговоритель
- 4) область турбулентности воздуха
- 5) поднимающийся от здания горячий воздух
- 6) лазер

## **Дисциплина «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей»**

**Задание** (введите ответ в поле)

Если скорость передачи данных составляет 10 Мбит/с, то за 2 секунды передается \_\_\_\_\_ байт информации.

*Ведите ответ*

## **Дисциплина «Планирование сетей связи»**

**Задание** (установите правильную последовательность в предложенной совокупности ответов)

Установите правильную последовательность этапов организации экстренного вызова в системе связи.

*Варианты ответов:*

- 1) определение местоположения абонента
- 2) передача вызова в центр экстренного реагирования
- 3) поступление вызова
- 4) оповещение экстренных служб

## **Дисциплина «Радиопередающие устройства»**

**Задание** (введите ответ в поле)

При коэффициенте передачи цепи обратной связи, равном 0,8, минимальный коэффициент усиления, который должен иметь активный элемент в автогенераторе с обратной связью, чтобы обеспечить самовозбуждение, равен ...

*Ведите ответ*

## **Дисциплина «Радиоприемные устройства (РПУ)»**

**Задание** (введите ответ в поле)

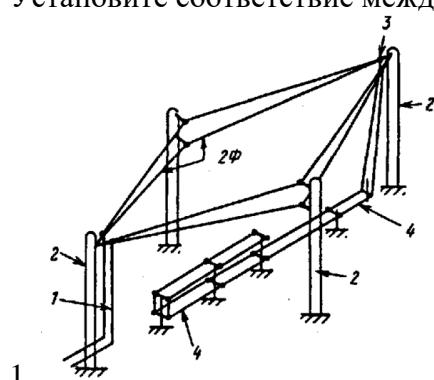
Способность радиоприемного устройства (РПУ) принимать слабые сигналы, выделяя их из помех, называется ... (Ведите слово в форме соответствующего падежа.)

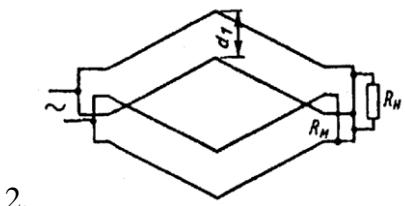
*Ведите ответ*

## **Дисциплина «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства»**

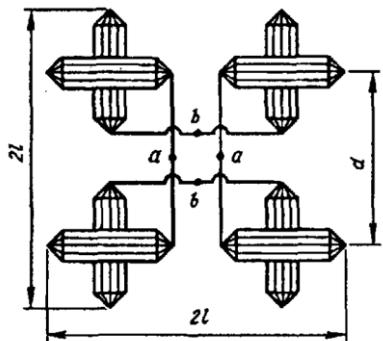
**Задание** (установите соответствие между нумерованными объектами в формулировке задания и вариантами ответов)

Установите соответствие между изображениями антенн и их названиями.





2.



3.

*Варианты ответов:*

- 1) сдвоенная ромбическая горизонтальная антенна
- 2) антенна зенитного излучения
- 3) синфазная горизонтальная диапазонная антенна
- 4) ромбическая горизонтальная антенна

### **Дисциплина «Современные инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

**Задание** (введите ответ в поле)

Формула  $(L50)dB = LS + A(f, d) + G(hbs, eff) + G(hMS)$ , применяемая для описания зависимости медианных потерь от расстояния  $d$  до передающей антенны базовой станции, используется для модели ... (Ведите слово в форме соответствующего падежа.)

*Ведите ответ*

### **Дисциплина «Статистическая теория и помехоустойчивость систем связи»**

**Задание** (укажите не менее двух вариантов ответов)

Особенности радиочастотного спектра, которые необходимо учитывать при проектировании устройств радиосвязи, включают ...

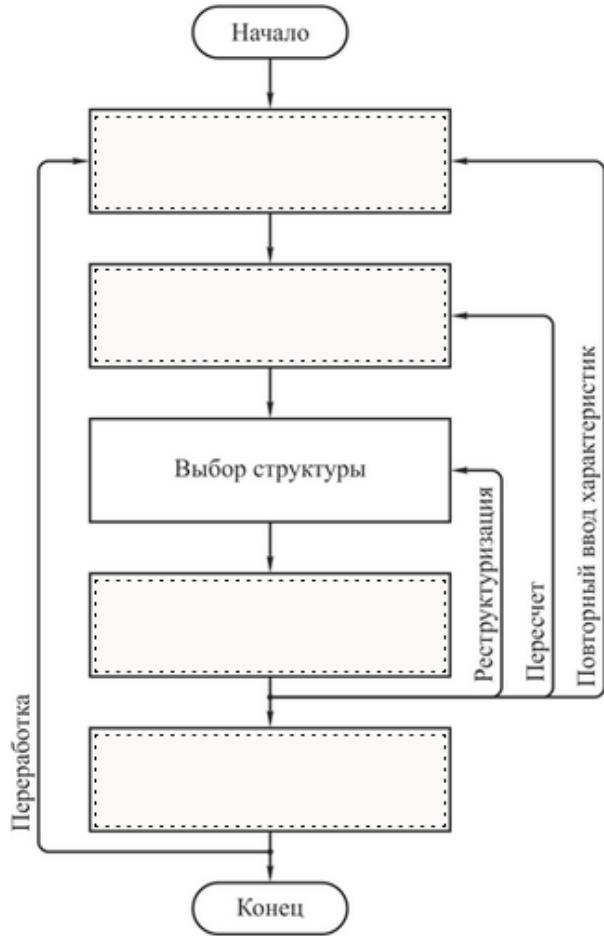
*Варианты ответов:*

- 1) неограниченное количество доступных частот
- 2) пределы частотных диапазонов
- 3) атмосферные условия при передаче
- 4) изменчивость радиоэффектов в зависимости от условий

### **Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»**

**Задание** (элементы доступны для перетаскивания)

Установите правильную последовательность этапов разработки цифровых фильтров.



*Варианты ответов:*

- 1) Анализ эффектов конечной разрядности и принятие необходимых мер
- 2) Пересчет
- 3) Внедрение на аппаратном и/или программном уровне + тестирование
- 4) Спецификация характеристик
- 5) Расчет новых характеристик
- 6) Расчет коэффициентов фильтра

## Дисциплина «Электромагнитные поля и волны»

**Задание** (укажите не менее двух вариантов ответов)

В трехмерном пространстве направление касательной к силовой линии электромагнитного поля описывается соотношениями ...

*Варианты ответов:*

- 1)  $\frac{dx}{E_x} = \frac{dy}{E_y} = \frac{dz}{E_z}$
- 2)  $\bar{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x} \cdot \bar{e}_x + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \bar{e}_y + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \bar{e}_z$
- 3)  $\frac{dr}{E_r} = \frac{d\varphi}{E_\varphi} = \frac{dz}{E_z}$
- 4)  $\bar{B} = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot [\bar{e}_{l1} \times \bar{e}_r]$
- 5)  $\frac{dx}{H_x} = \frac{dy}{H_y} = \frac{dz}{H_z}$
- 6)  $\frac{dr}{H_r} = \frac{d\varphi}{H_\varphi} = \frac{dz}{H_z}$

$$7) \frac{dR}{E_R} = \frac{d\varphi}{E_\varphi} = \frac{d\theta}{E_\theta}$$

$$8) \frac{dR}{H_R} = \frac{d\varphi}{H_\varphi} = \frac{d\theta}{H_\theta}$$

$$9) \varphi(r, \varphi, \theta) = const$$

## ЧАСТЬ 2 ПИМ

### Кейс-задание

(Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский)

Вы участвуете в учебно-практической и исследовательской работе, связанной с проектированием сети мобильной связи следующего поколения на базе технологий 4G/LTE и 5G NR (New Radio). Основной задачей исследования является обеспечение требуемых параметров зоны покрытия, уровня качества обслуживания (QoS) и эффективного использования частотного ресурса, а также оптимизация параметров ячейки доступа для достижения поставленных технико-экономических показателей.

Проектирование современной сети 4G/5G включает несколько взаимосвязанных этапов. На этапе планирования частотного ресурса и RF-планирования осуществляется распределение доступного спектра и определение параметров передачи для минимизации взаимных помех и оптимального использования ресурса частот.

Для оценки фактического состояния сети и верификации проектных моделей применяются экспериментальные измерения. Одним из методов измерений является drive-test, который представляет собой сбор параметров сети (например, уровня сигнала, качества связи, интерференции и других ключевых показателей) с мобильного оборудования, оснащенного измерительными приборами и GPS-логированием.

Анализ результатов измерений и моделирования осуществляется на основе ключевых показателей эффективности (KPI) сети, которые используются для оценки соответствия сетевых параметров требованиям проектирования.

Моделирование зон покрытия и параметров сети осуществляется с помощью математических моделей и специализированных пакетов планирования. Моделирование учитывает параметры среды распространения, частотные диапазоны, параметры антенн и другие характеристики для получения прогнозных карт покрытия, оценки перегрузок ячеек и оптимального конфигурирования сети forsk.com.

На основе анализа экспериментальных данных и результатов моделирования формулируются рекомендации по улучшению параметров сети.

Результаты исследования оформляются в виде структурированного отчета и аналитических материалов с таблицами, графиками и пояснениями методики, которые могут быть использованы как для внутренних технических отчетов, так и для публикаций.

В рамках работы также входит участие во внедрении выбранных проектных решений и проведение контрольных измерений после их реализации для оценки эффективности изменений и подтверждения достижения поставленных технико-экономических целей.

Краткое содержание информации	Имя файла	Скачать файл	
Описание ключевых компонентов архитектуры 4G и CloudRAN	1k1_Pr11	PDF	DOCX

**Подзадача 1** (укажите не менее двух вариантов ответов)

К этапам экспериментального измерения и анализа параметров сети 4G/5G при ее планировании или оптимизации относятся ...

*При решении задания используйте файл 1k1\_Pr11.*

*Варианты ответов:*

- 1) сопоставление измеренных данных с расчетными моделями зон покрытия
- 2) проведение измерений уровня сигнала в зоне планируемого покрытия для оценки фактического покрытия
- 3) игнорирование измерений при выборе частотных каналов
- 4) использование только номинальных значений пропускной способности

5) сбор данных о затухании сигнала в различных секторах и при разных конфигурациях ячеек

6) анализ результатов измерений для выявления зон с недостаточным качеством связи и высоким уровнем интерференции

### Подзадача 2 (укажите не менее двух вариантов ответов)

К верным положениям, корректно отражающим использование математического моделирования при проектировании, анализе и оптимизации сети 4G/5G с учетом частотного ресурса, зон покрытия и параметров ячеек, относятся следующие ...

*Варианты ответов:*

1) сравнение альтернативных конфигураций сети с разным числом базовых станций и вариантами частотного планирования

2) моделирование позволяет невелировать необходимость контрольных измерений после ввода сети в эксплуатацию

3) результаты моделирования можно использовать без валидации экспериментальными данными

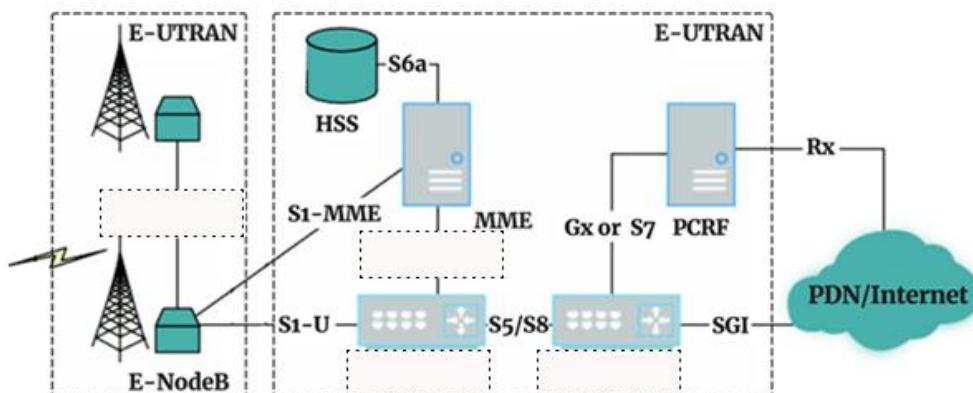
4) анализ загруженности частотного ресурса и его оптимальное распределение между ячейками

5) использование симуляционных моделей для оценки влияния параметров антенн и мощности передатчиков на качество связи

6) моделирование зон покрытия с учетом рельефа, зданий и физических условий среды

### Подзадача 3 (элементы доступны для перетаскивания)

Установите соответствие между выделенными элементами архитектур 4G сети и их обозначениями.



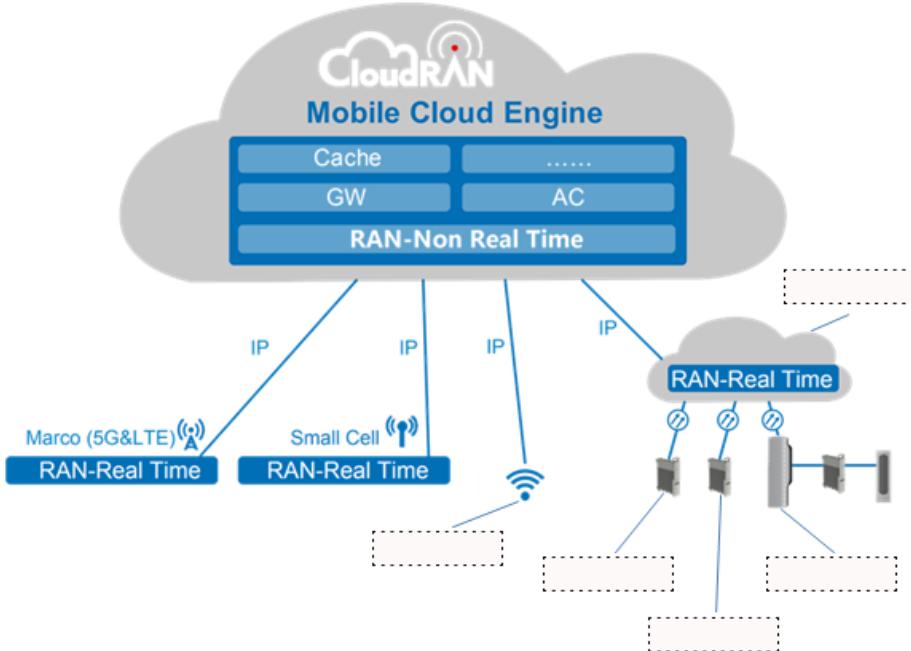
*При решении задания используйте файл 1k1\_Pr11.*

*Варианты ответов:*

- 1) S-GW
- 2) FTTC
- 3) P-GW
- 4) E-NodeA
- 5) X2
- 6) S7
- 7) S11

### Подзадача 4 (элементы доступны для перетаскивания)

На изображении представлена архитектура CloudRAN (Cloud Radio Access Network) с использованием Mobile Cloud Engine (MCE) – облачного механизма управления радиодоступом. Установите соответствие между выделенными элементами архитектур CloudRAN и их обозначениями.



*При решении задания используйте файл 1k1\_Pri1.*

*Варианты ответов:*

- 1) Wi-Fi AP
- 2) Cloud BB
- 3) RRU
- 4) VoIP
- 5) OvLT
- 6) RRU
- 7) AAU
- 8) Beam Unit

#### **Подзадача 5 (элементы доступны для перетаскивания)**

На этапе сетевого планирования инженерная команда моделирует зоны покрытия с разными вариантами частотного распределения и настройками параметров ячеек. Результаты моделирования сравниваются с измерениями, после чего формируются рекомендации и проводится внедрение оптимальных конфигураций.

Установите соответствие между этапами моделирования покрытий и оптимизации параметров сети 4G/5G и действиями, выполняемыми при составлении отчета и практическом внедрении изменений на объекте.

Этапы	Действия
Анализ моделирования покрытий и параметров сети	
Составление отчета по исследованию	
Формирование рекомендаций по настройке сети	
Внедрение оптимальных параметров в реальную сеть	

*Варианты ответов:*

- 1) описание используемой модели и обоснование выбора параметров в отчете
- 2) применение выбранных параметров на базовых станциях с последующим мониторингом
- 3) указание только таблиц моделирования без использования текста анализа
- 4) использование конфигураций соседних сетей как главного ориентира для внедрения
- 5) сопоставление прогноза зон покрытия с реальными измерениями для оценки модели

- 6) принятие решений на основе теоретических «идеальных» условий без учета измерений  
 7) разработка предложений по изменению частотного плана, высот и наклонов антенн

#### **Подзадача 6** (элементы доступны для перетаскивания)

При планировании зоны покрытия и качества обслуживания сети 4G/5G проводится серия измерений с мобильным тестовым оборудованием для оценки параметров RSRP, RSRQ, SINR и других ключевых показателей. Полученные данные используются для описания методики, анализа покрытия и выработки рекомендаций.

Установите соответствие между этапами измерений и анализа параметров сети 4G/5G в процессе ее проектирования и действиями, выполняемыми при подготовке данных для отчетов, обзорных материалов и публикаций.

Этапы	Действия
Подготовка и калибровка измерительного оборудования	
Полевая съемка параметров сети	
Обработка результатов измерений	
Подготовка данных для отчета / публикации	

#### *Варианты ответов:*

- 1) сбор RSRP, RSRQ и SINR с привязкой ко времени и координатам
- 2) использование измерений, собранных для соседних сетей, без корректировок
- 3) фильтрация и нормализация данных перед анализом
- 4) включение в отчет всех исходных файлов измерений без комментариев
- 5) визуализация замеров на карте покрытия с пояснительными подписями
- 6) указание только усредненных значений параметров без привязки к координатам
- 7) выбор точек измерения и проверка работоспособности тестового оборудования

# ПРИЛОЖЕНИЯ К КЕЙС-ЗАДАНИЮ

## Приложение 1к1\_Pr11

### Определения архитектуры LTE

1. **E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)** – эволюционированная наземная радиодоступная сеть. Это радиоподсистема сети 4G (LTE), включающая базовые станции (E-NodeB) и интерфейсы для связи с ними. Отвечает за радиосвязь между устройством абонента и сетью оператора.
2. **EPC (Evolved Packet Core)** – эволюционированное пакетное ядро. Это ядро сети LTE, отвечающее за маршрутизацию, управление мобильностью, аутентификацию и авторизацию абонентов, а также за взаимодействие с внешними сетями (например, Интернетом). Включает такие элементы, как MME, S-GW, P-GW, PCRF и другие.
3. **HSS (Home Subscriber Server)** – сервер абонентских данных. Хранит информацию об абонентах (профили, подписки, параметры безопасности) и обеспечивает аутентификацию и авторизацию устройств в сети. Связан с MME через интерфейс **S6a**.
4. **MME (Mobility Management Entity)** – узел управления мобильностью. Ключевой компонент EPC, отвечающий за:
  - управление мобильностью абонентов (переключение между ячейками, отслеживание местоположения);
  - аутентификацию и авторизацию устройств;
  - управление сеансами связи;
  - взаимодействие с HSS через интерфейс **S6a**;
  - связь с S-GW через интерфейс **S11**.
5. **S-GW (Serving Gateway)** обслуживает шлюз, выполняет функции:
  - маршрутизации трафика между E-UTRAN и P-GW;
  - управления bearer-сессиями (каналами передачи данных);
  - буферизации пакетов при хэндовере (переключении между базовыми станциями);
  - взаимодействия с MME через интерфейс **S11**;
  - связи с P-GW через интерфейсы **S5/S8**.
6. **P-GW (Packet Data Network Gateway)** – пакетный шлюз, отвечающий за:
  - маршрутизацию трафика в внешние сети (PDN, Интернет);
  - начисление платы за услуги (взаимодействие с PCRF);
  - преобразование IP-адресов;
  - безопасность (фильтрация трафика, QoS – качество обслуживания);
  - связь с S-GW через интерфейсы **S5/S8**;
  - выход в Интернет через интерфейс **SGI**.
7. **PCRF (Policy and Charging Rules Function)** – узел политики и правил начисления платы. Определяет правила тарификации и качества обслуживания (QoS) для абонентов, взаимодействует с P-GW через интерфейсы **Gx** или **S7**.
8. **E-NodeB (Evolved Node B)** – базовая станция LTE. Обеспечивает радиосвязь с абонентскими устройствами, взаимодействует с MME через интерфейс **S1-MME** (сигнальный) и **S1-U** (пользовательский трафик), а также с другими E-NodeB через интерфейс **X2** (для координации хэндовера).
9. **Интерфейсы (X2, S1-MME, S1-U, S6a, S11, S5/S8, SGI, Gx/S7, Rx):**
  - **X2** – связь между E-NodeB для координации хэндовера и управления радиоресурсами;
  - **S1-MME** – сигнальный интерфейс между E-NodeB и MME (управление мобильностью, аутентификация);
  - **S1-U** – пользовательский интерфейс между E-NodeB и S-GW (передача данных);
  - **S6a** – интерфейс между MME и HSS (аутентификация, обновление данных абонента);

- **S11** – интерфейс между MME и S-GW (управление bearer-сессиями);
  - **S5/S8** – интерфейс между S-GW и P-GW (маршрутизация трафика);
  - **SGI** – интерфейс между P-GW и внешними сетями (PDN, интернет);
  - **Gx/S7** – интерфейс между P-GW и PCRF (правила тарификации и QoS);
  - **Rx** – интерфейс между PCRF и внешними системами (например, биллингом).
10. **PDN / Internet (Packet Data Network)** – пакетная сеть данных (Интернет), к которой абоненты получают доступ через P-GW.
11. **4G/LTE (Long Term Evolution)** – стандарт мобильной связи четвертого поколения, обеспечивающий высокую скорость передачи данных и улучшенные характеристики радиоинтерфейса.
12. **5G NR (New Radio)** – радиоинтерфейс пятого поколения, обеспечивающий еще более высокие скорости передачи, низкую задержку и возможность поддержки широкого спектра сервисов.
13. **RF-планирование** – процесс планирования радиочастотных параметров сети, включающий распределение частот, проектирование зоны покрытия и оптимизацию параметров базовых станций. Википедия.
14. **Drive-test** – метод полевых измерений параметров мобильной сети для оценки покрытия, качества связи и других характеристик. Википедия.
15. **Зона покрытия** – географическая область, в которой мобильная сеть обеспечивает прием и передачу данных с заданными параметрами качества.
16. **KPI (Key Performance Indicators)** – ключевые показатели эффективности, используемые для оценки параметров сети и принятия решений по оптимизации. MCNS.
17. **Оптимизация параметров ячеек** – изменение технических параметров (мощность передатчика, наклон/ориентация антенн, частотный план и др.) с целью улучшения характеристик сети.
18. **Частотный ресурс** – совокупность частотных диапазонов, доступных для использования в сети, распределяемых между ячейками для минимизации интерференции и обеспечения качества связи.

## Архитектура CloudRAN

**Архитектура CloudRAN (Cloud Radio Access Network)** с использованием **Mobile Cloud Engine (MCE)** – облачный механизм управления радиодоступом. Схема иллюстрирует общую сетевую архитектуру, объединяющую различные технологии и уровни сети 5G (**Common Network Architecture across Different Technologies & Layers**).

**Основные компоненты схемы:**

1. **CloudRAN (в верхней части схемы, в «облаке»):**
  - **Mobile Cloud Engine (MCE)** – центральный элемент управления, объединяющий некритичные к задержкам (non-real-time) функции RAN;
  - внутри MCE выделены блоки:
    - **Cache** – кэш для ускорения доступа к данным;
    - **GW (Gateway)** – шлюз для маршрутизации трафика;
    - **AC (Access Controller)** – контроллер доступа, управляющий соединениями;
    - **RAN-Non Real Time** – компоненты RAN, не требующие мгновенной обработки (например, межсотовый хэндовер, выбор ячейки, шифрование пользовательского трафика).
2. **RAN-Real Time (реальные времена функции RAN):**
  - расположены ближе к конечным устройствам и требуют минимальной задержки;
  - включают критически важные операции: планирование сети, адаптацию связи, управление мощностью, координацию помех, повторную передачу данных, модуляцию и кодирование;
  - на схеме показаны три узла RAN-Real Time:

- **Marco (5G&LTE)** – макросота, обслуживающая большие зоны покрытия (5G и LTE устройства);
- **Small Cell** – малая сота для локального покрытия (например, в зданиях);
- **WiFi AP (Access Point)** – точка доступа Wi-Fi, интегрированная в единую архитектуру.

### 3. Cloud BB (Cloud Base Band):

- представляет собой облачный базовый блок (Base Band), выполняющий часть функций RAN в облаке;
- содержит **RAN-Real Time** компоненты, взаимодействующие с радиомодулями (RRU, AAU).

### 4. Радиомодули:

- **RRU (Remote Radio Unit)** – удаленные радиомодули, преобразующие сигналы для передачи;
- **AAU (Active Antenna Unit)** – активные антенные модули, совмещающие функции RRU и антенной системы;
- Эти модули физически связаны с Cloud BB через интерфейсы.

### 5. IP-соединения:

- все компоненты соединены через IP-сети, что обеспечивает гибкость и масштабируемость архитектуры;
- IP-связи показаны между MCE, узлами RAN-Real Time и Cloud BB.

### Ключевые особенности архитектуры:

- **Объединение технологий:** схема демонстрирует интеграцию 5G, LTE, Wi-Fi и других технологий в единую сеть.
- **Разделение функций RAN:**
  - **Real Time** – выполняется локально (ближе к пользователю) для минимизации задержек;
  - **Non Real Time** – централизовано в облаке (MCE) для оптимизации ресурсов.
- **Облачная обработка:** значительная часть логики сети вынесена в облако, что снижает нагрузку на базовые станции и упрощает управление сетью.
- **Унификация архитектуры:** единая сетевая структура для разных уровней и технологий (макросоты, малые соты, Wi-Fi).