

16 апреля 2024

# Система тестирования приложения вышки сотовой связи, обрабатывающего сигналы твоего телефона в реал-тайме

Шестаков Алексей



**Алексей Шестаков**  
Инженер-программист

- СХД
- Сетевые технологии

Вышка сотовой связи. Физический уровень где он?

---

# Общая схема вышки сотовой связи

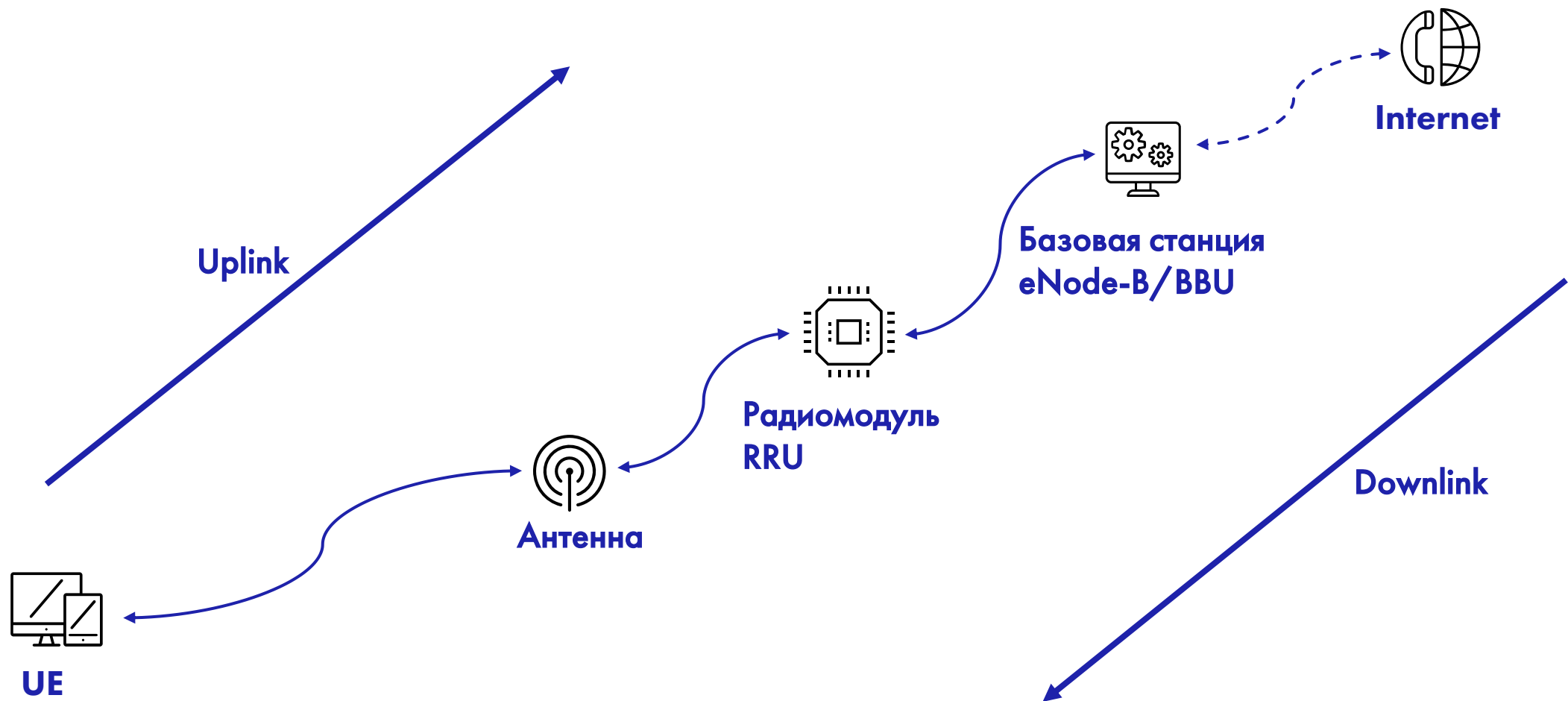
АНТЕННА

РАДИОМОДУЛЬ

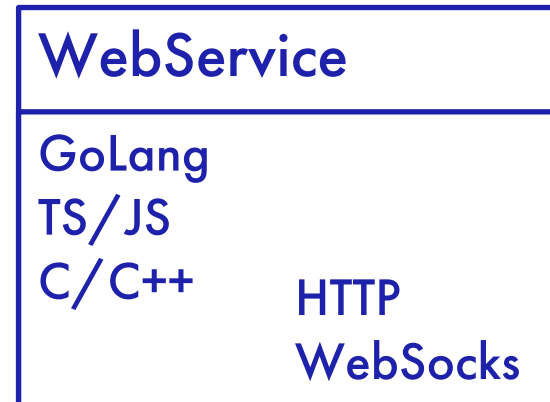
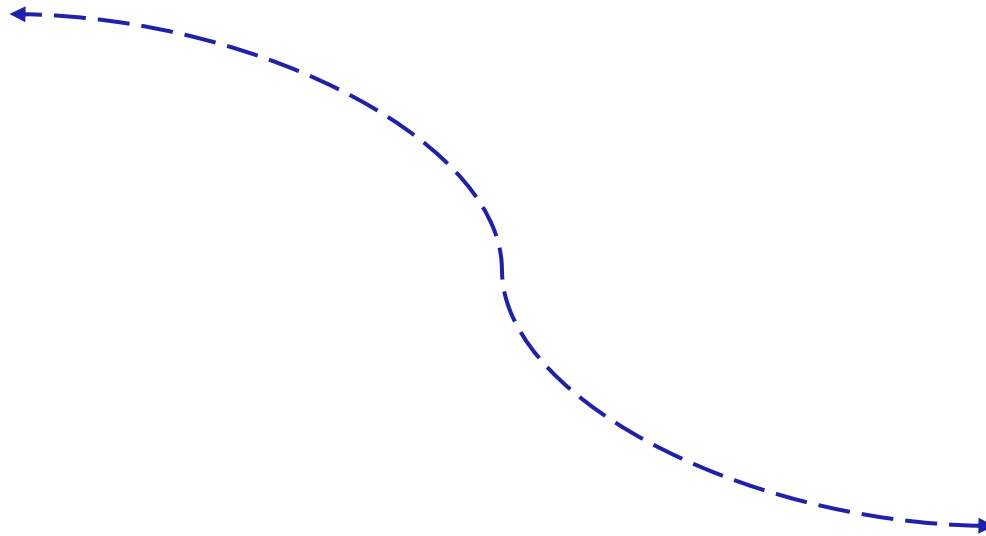
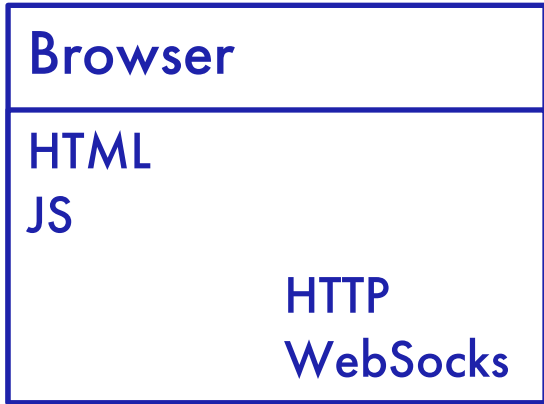
МОДУЛЬ  
ЦИФРОВОЙ  
ОБРАБОТКИ



# Схема работы вышки сотовой связи

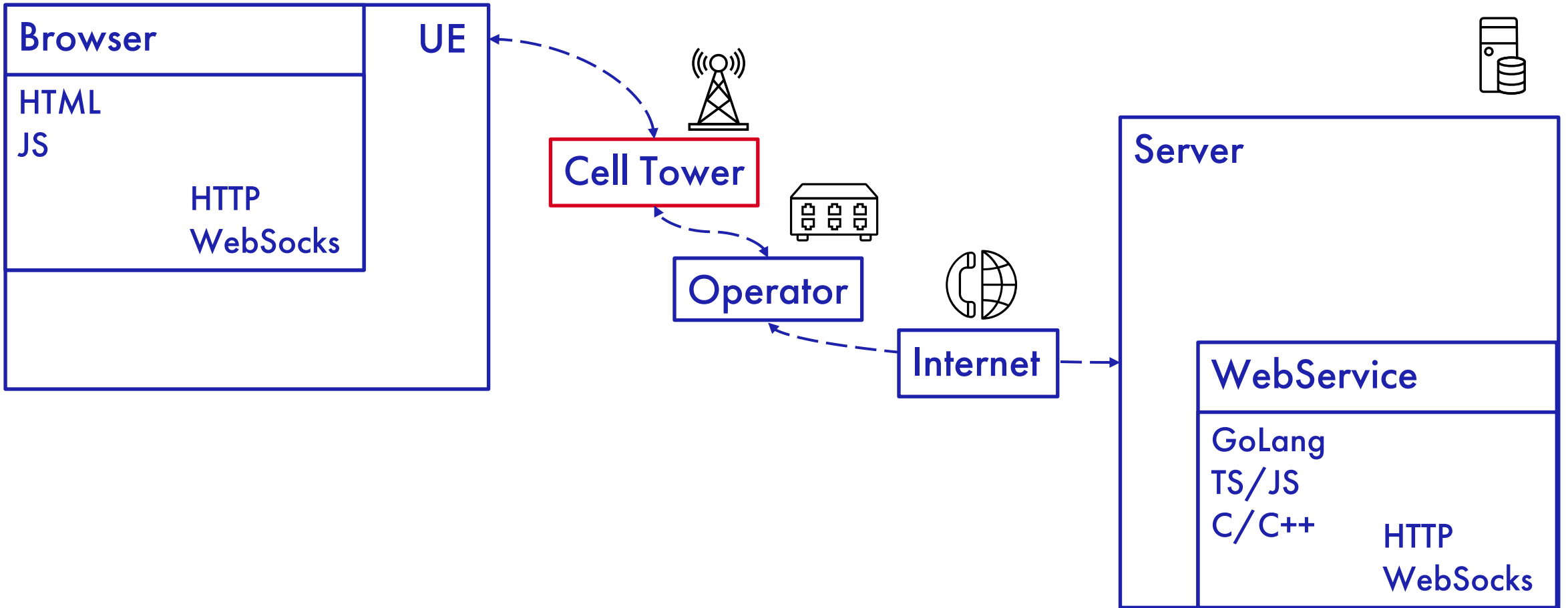


# Модель OSI



L7 Прикладной (Application)  
L6 Представления (Presentation)  
L5 Сеансовый (Session)

# Модель OSI



# Модель OSI



## Cell Tower

L3 Сетевой (Network) PDCP

L2 RLC

L2 Канальный (Data link) MAC(IEEE 802)

L1 Физический (Physical)



# Модель OSI

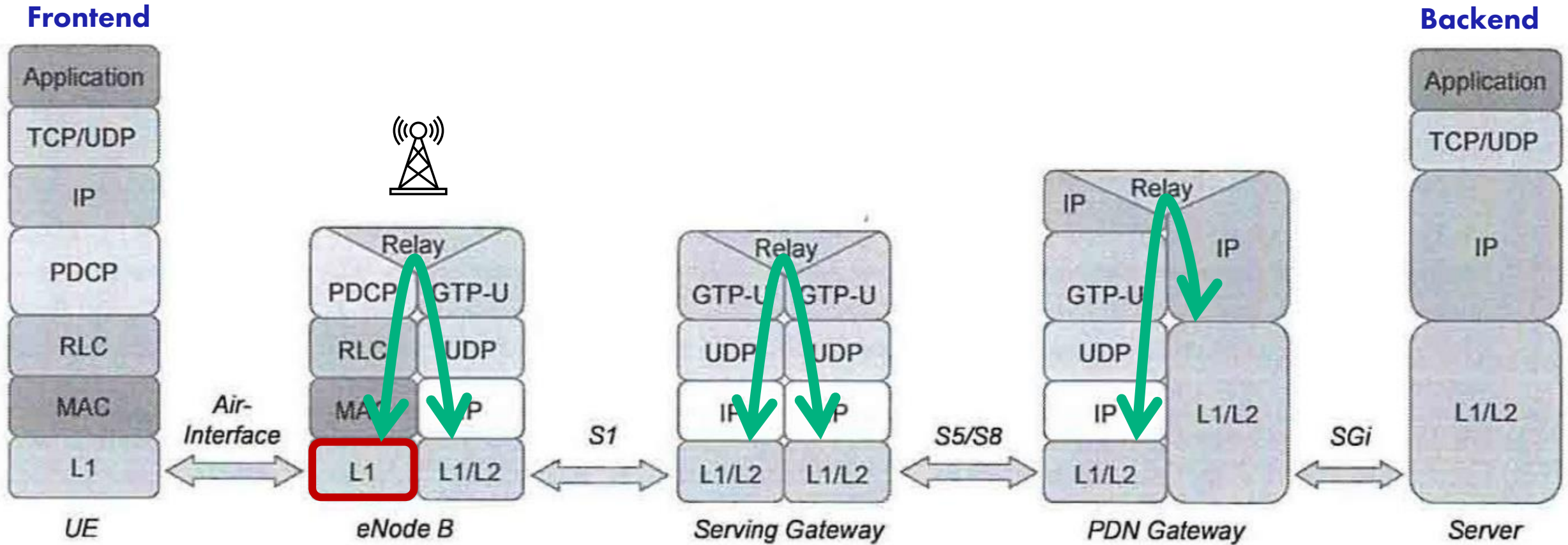
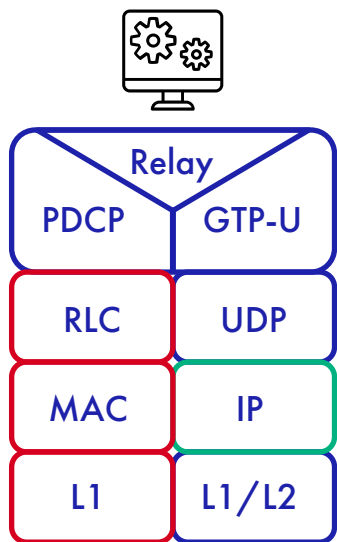
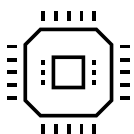
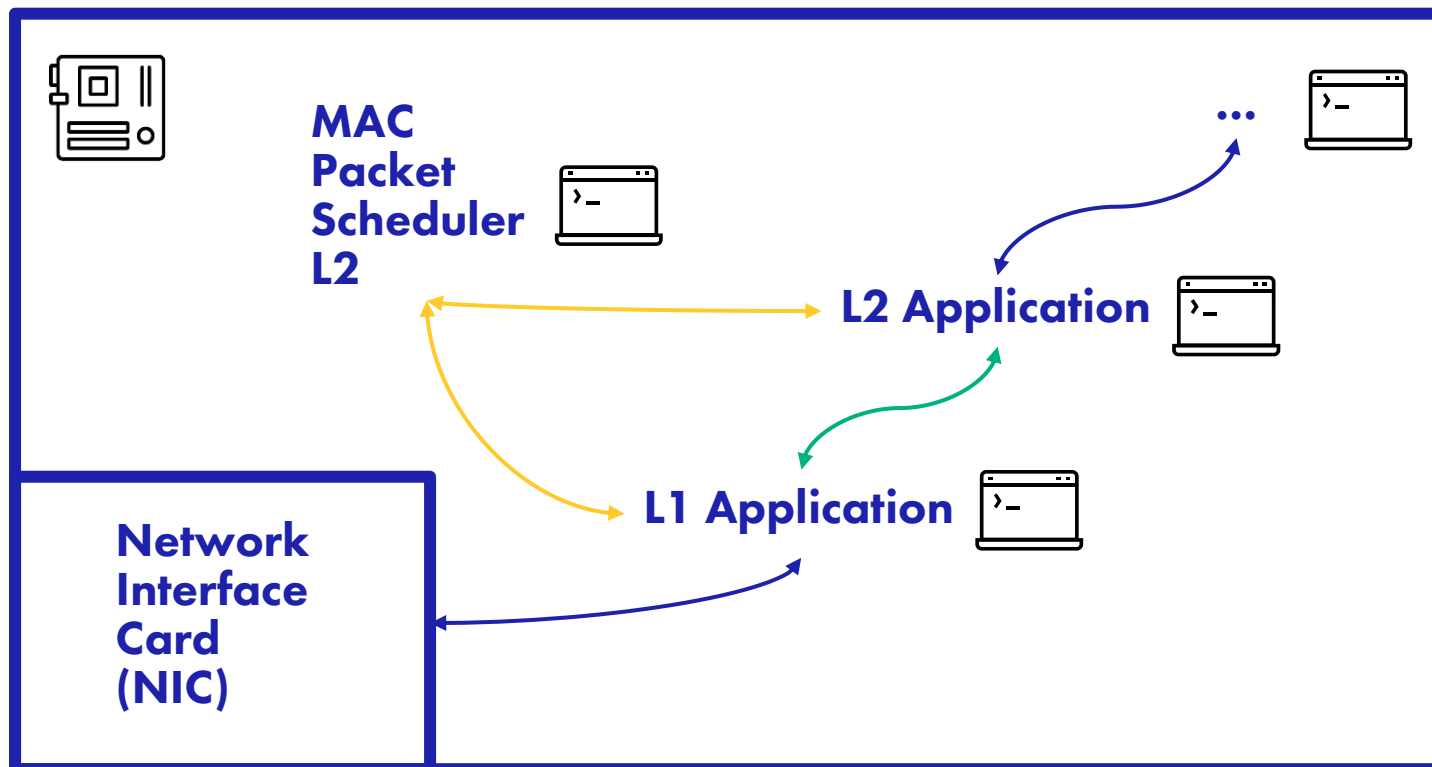
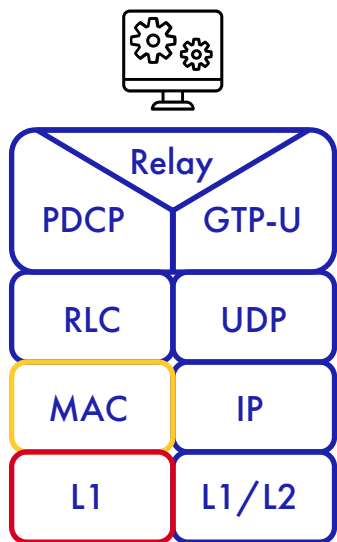


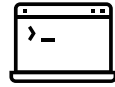
Figure 101 – User plane protocol stack

# eNode-B





# L1 Application



## Задачи



Обнаружение устройств



Определение качества связи/Выбор схемы модуляции



Сквозной прием/передача данных

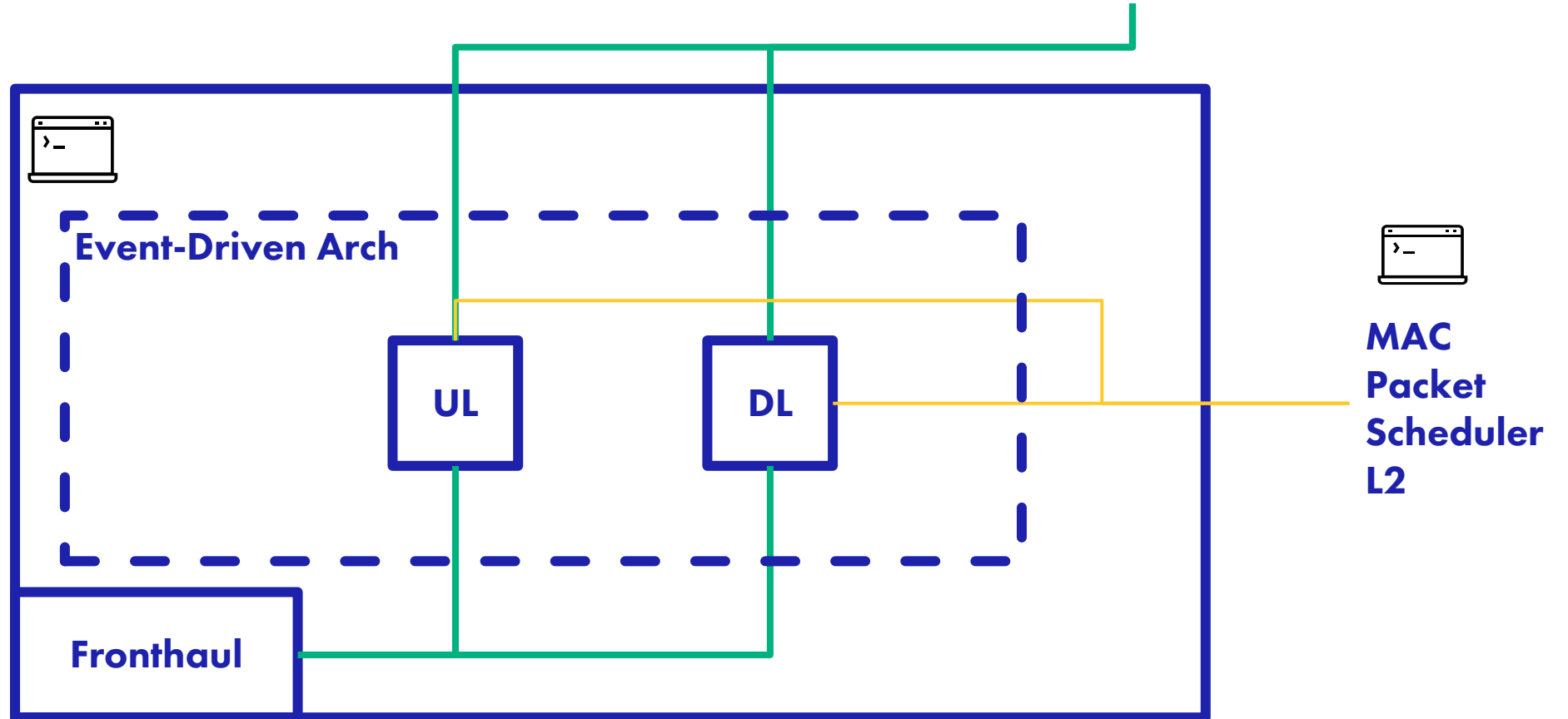
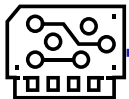
# L1 Application



# L2 Application



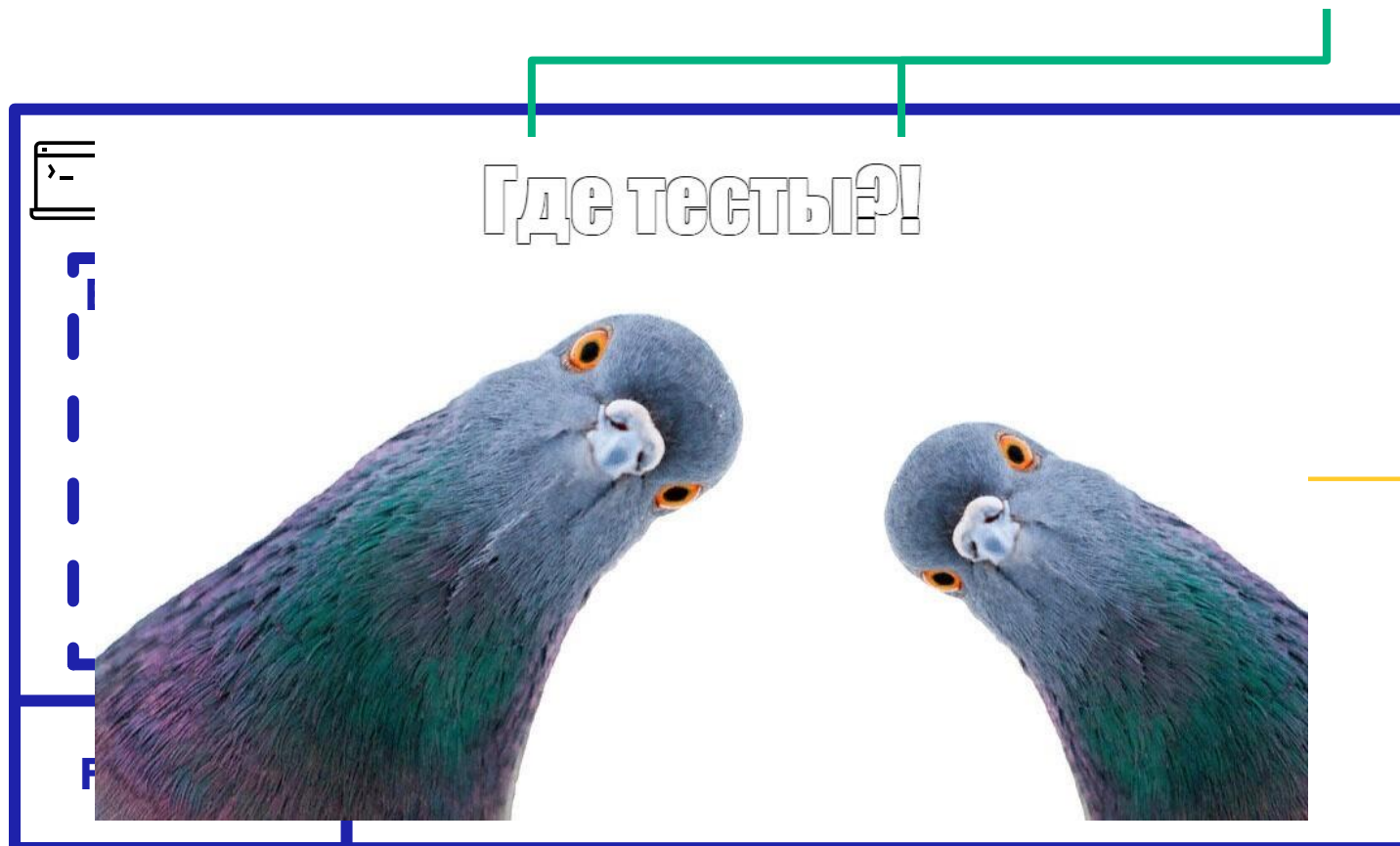
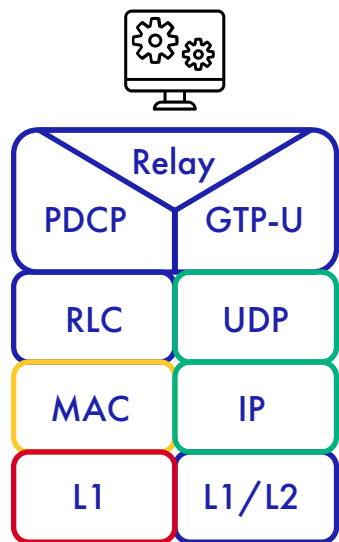
# Network Interface Card



# L1 Application

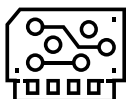


# L2 Application



# MAC Packet Scheduler L2

# Network Interface Card

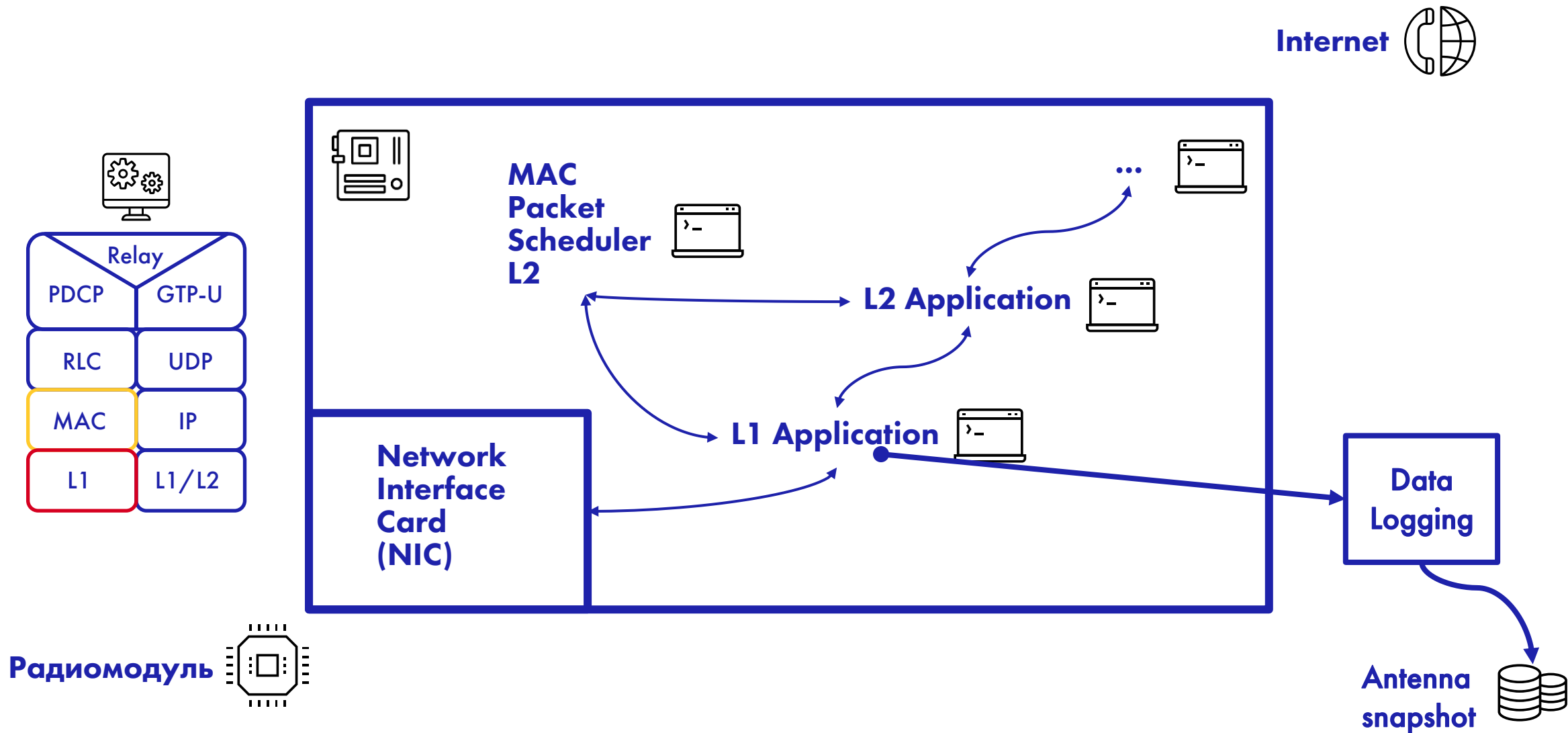


Вышка сотовой связи. Физический уровень где он?

**Снапшоты и Мат. модель**

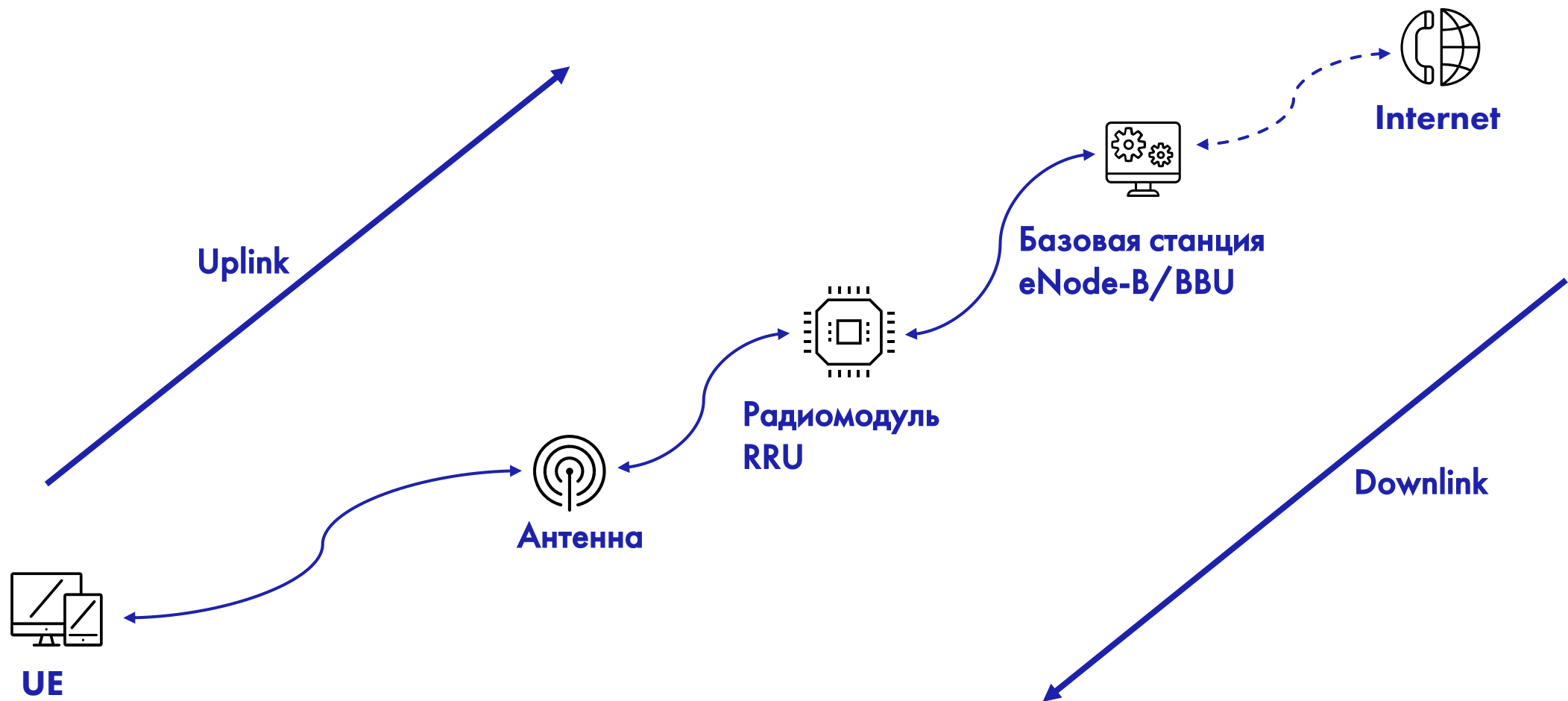
---

# Снапшот базовой станции

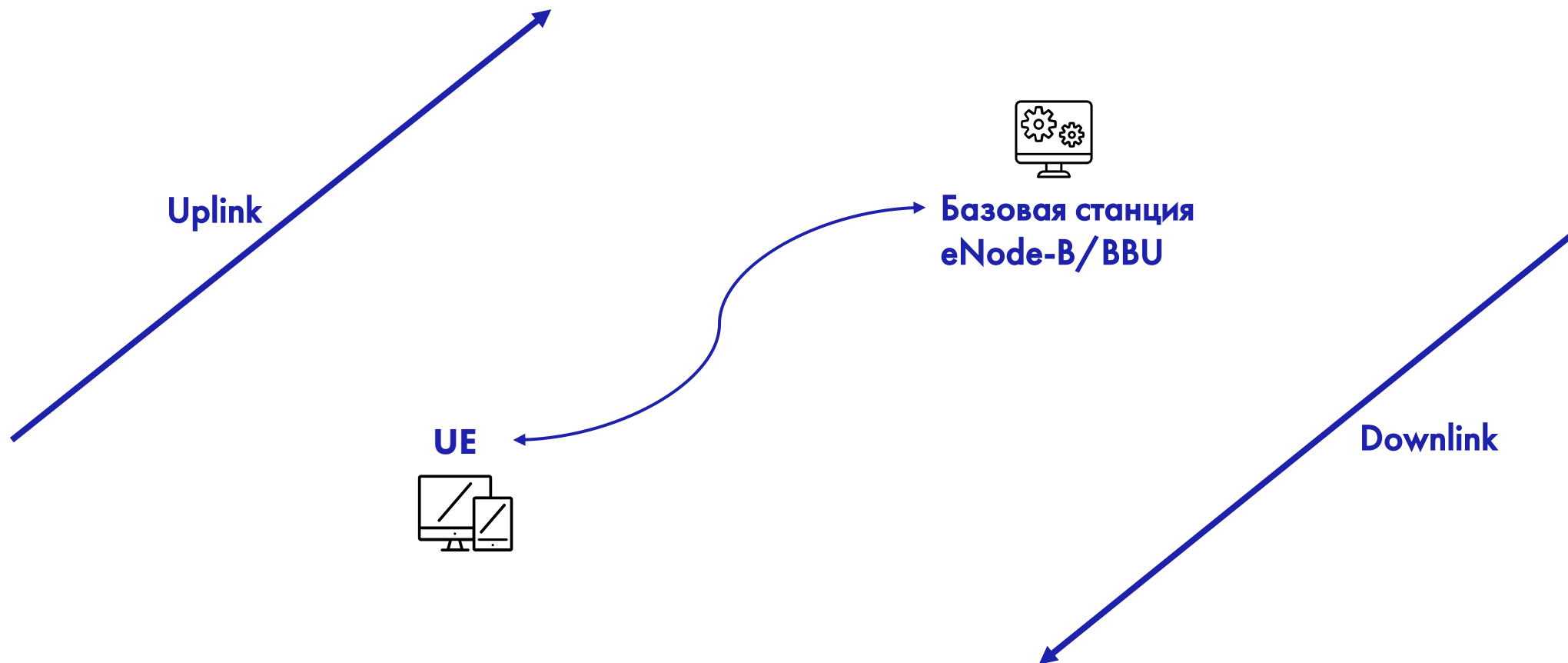




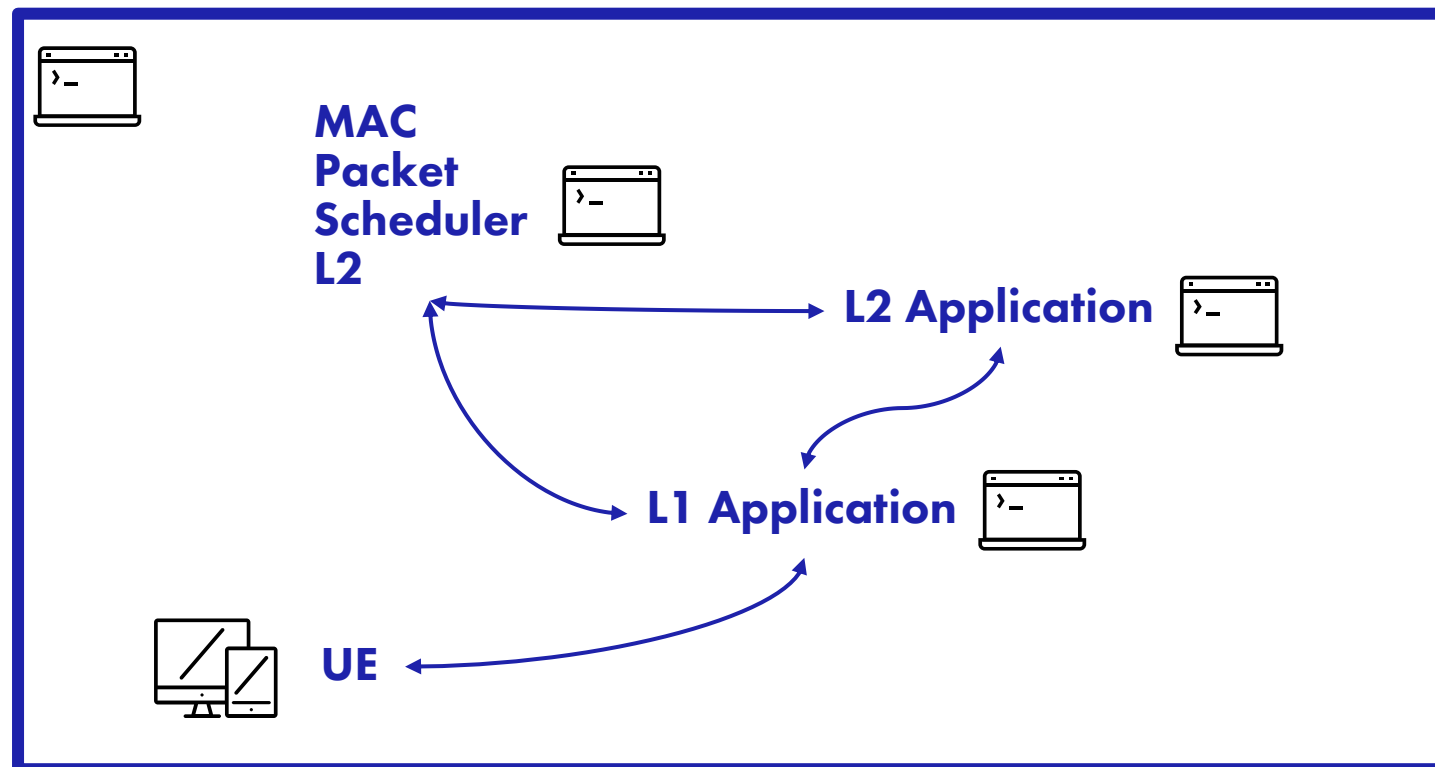
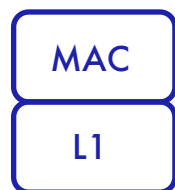
# Схема работы вышки сотовой связи



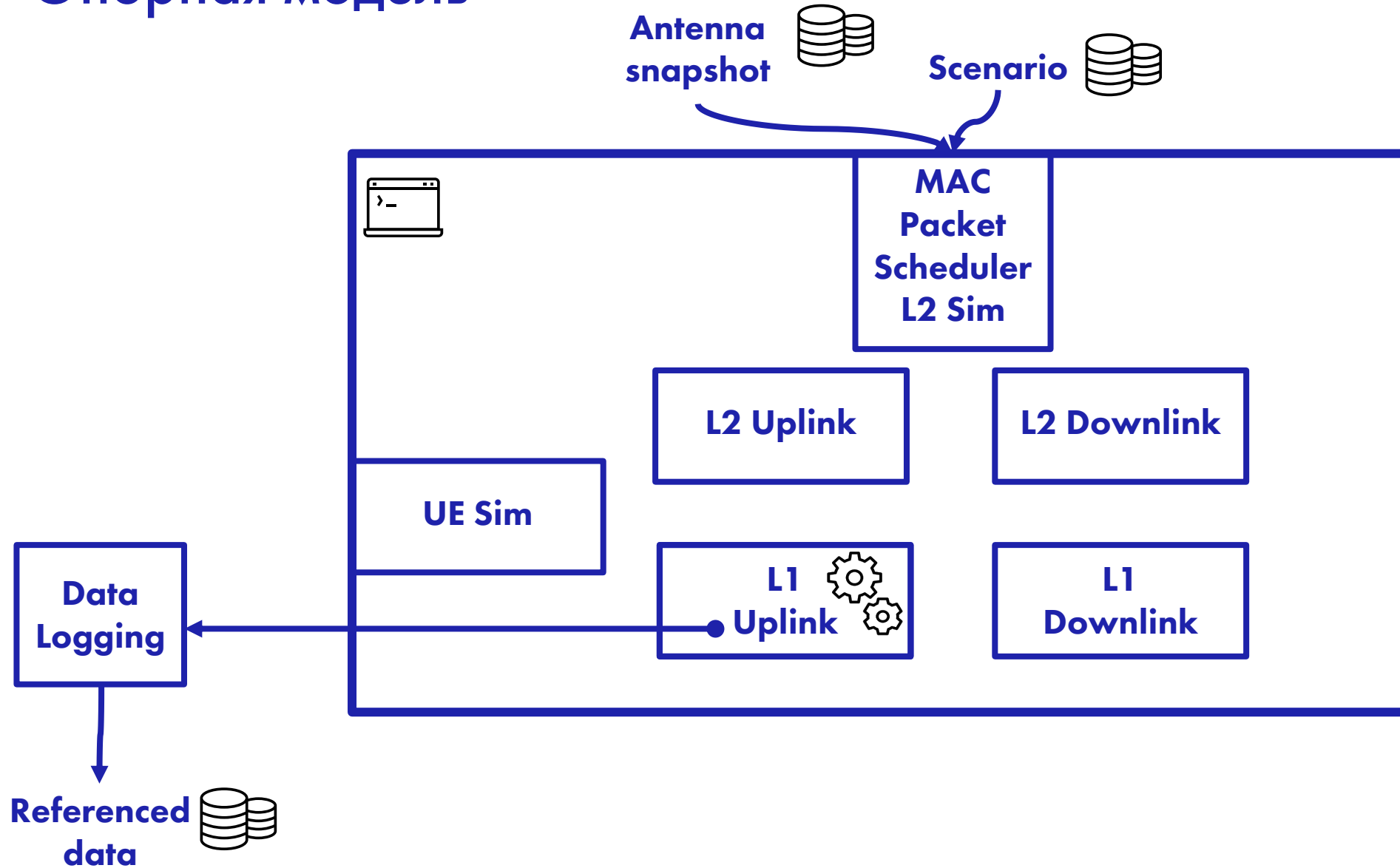
# Упрощенная модель взаимодействия



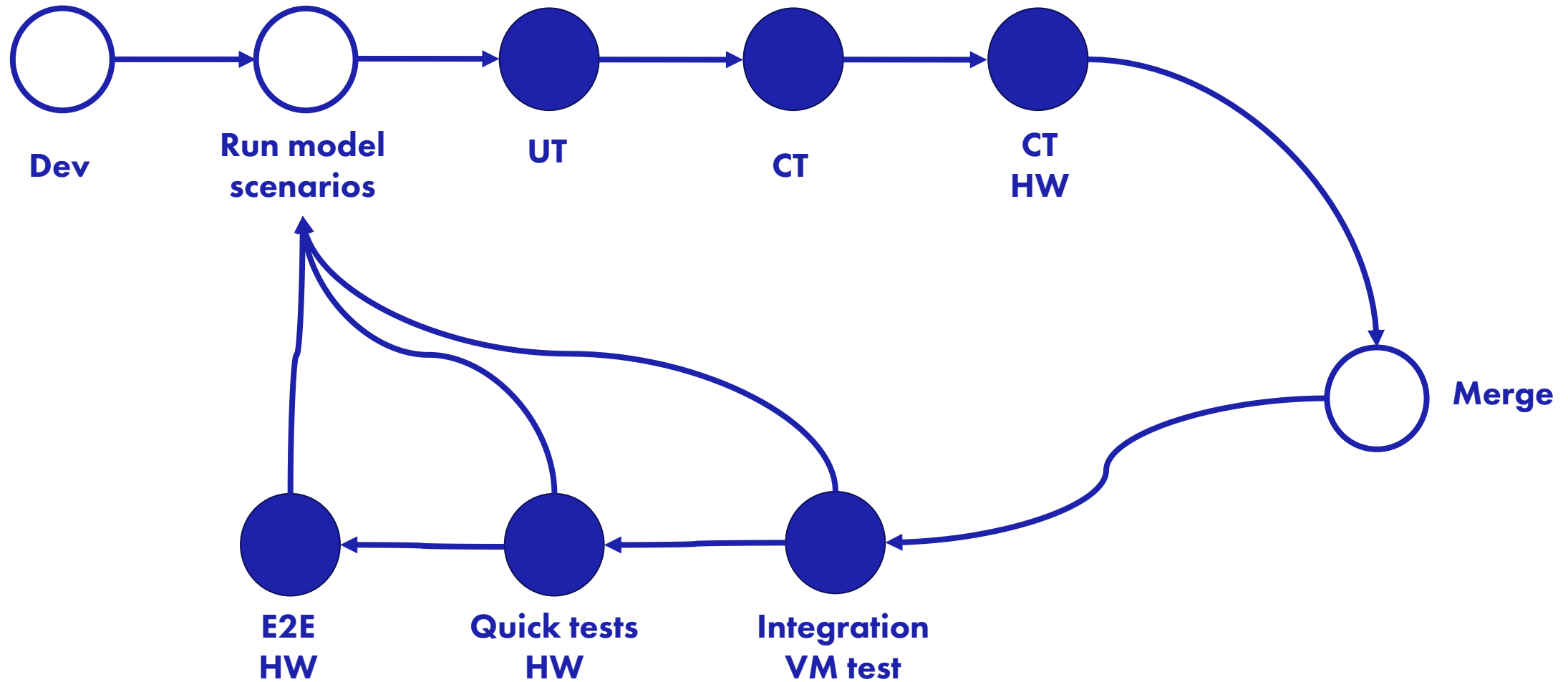
# Упрощенная схема



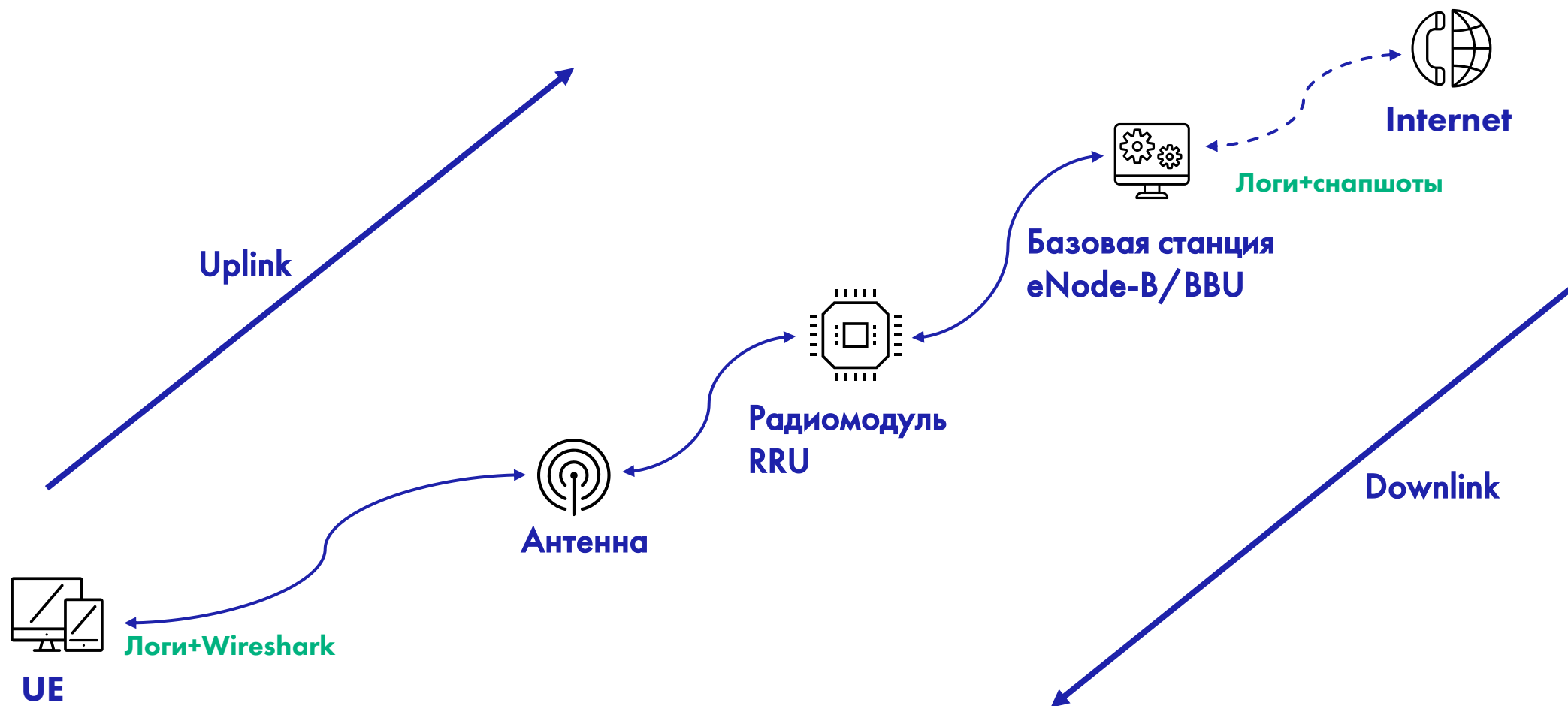
# Опорная модель



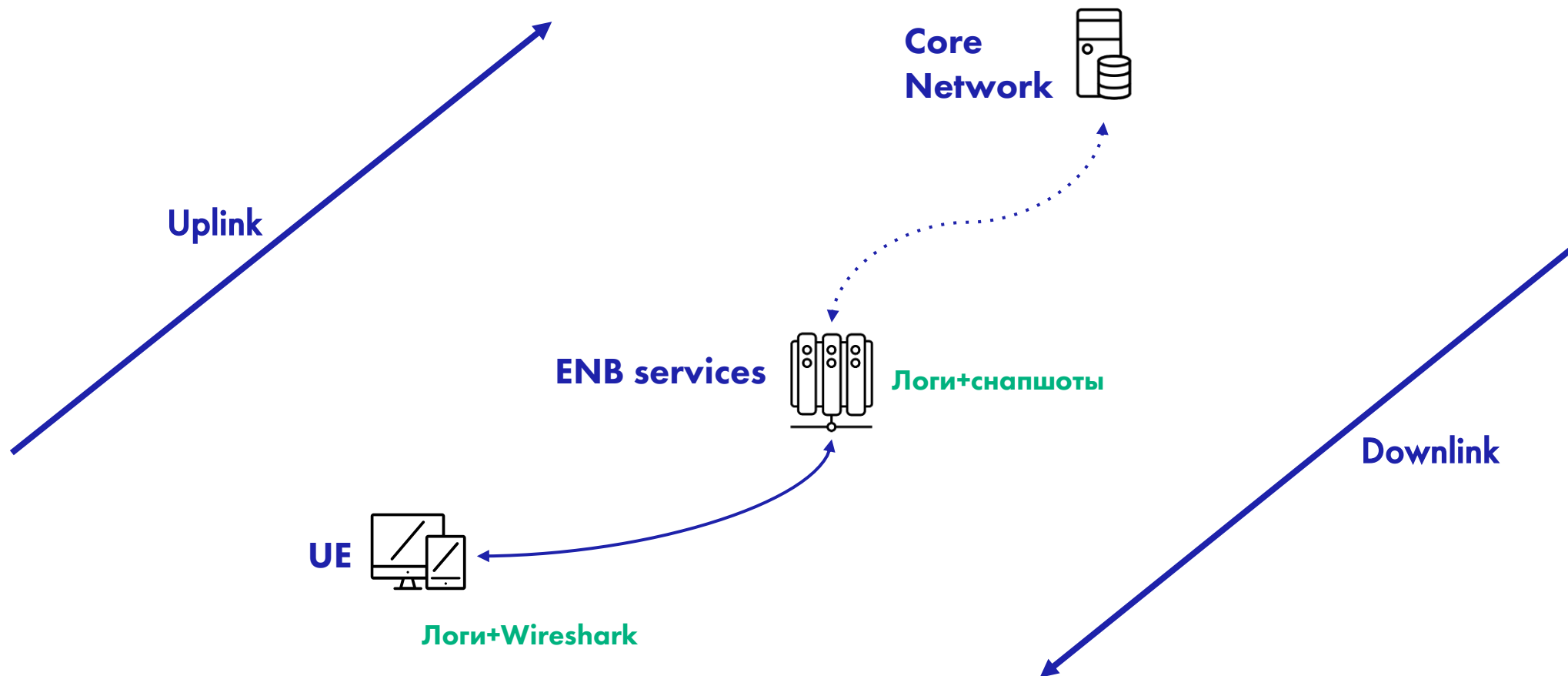
# Test & Development flow



# E2E/Quick tests



# Integration tests



# Uplink

## Задачи (Написание сценариев)

1. Восстановить сигнал
2. Декодировать служебные биты UCI (SR, ACK, CSI[CQI, PMI, RI])
3. Убедиться в наличии сигнала
4. Передать служебные биты верхнему уровню

**Control  
(PUCCH)**





# Unit-Тестирование

## Цель:

1. Первичная проверка (TDD) и регрессия мат. алгоритмов

## Задачи:

1. Проверка корректности расчетов

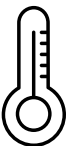
2. Анализ быстродействия

# Unit-Тестирование

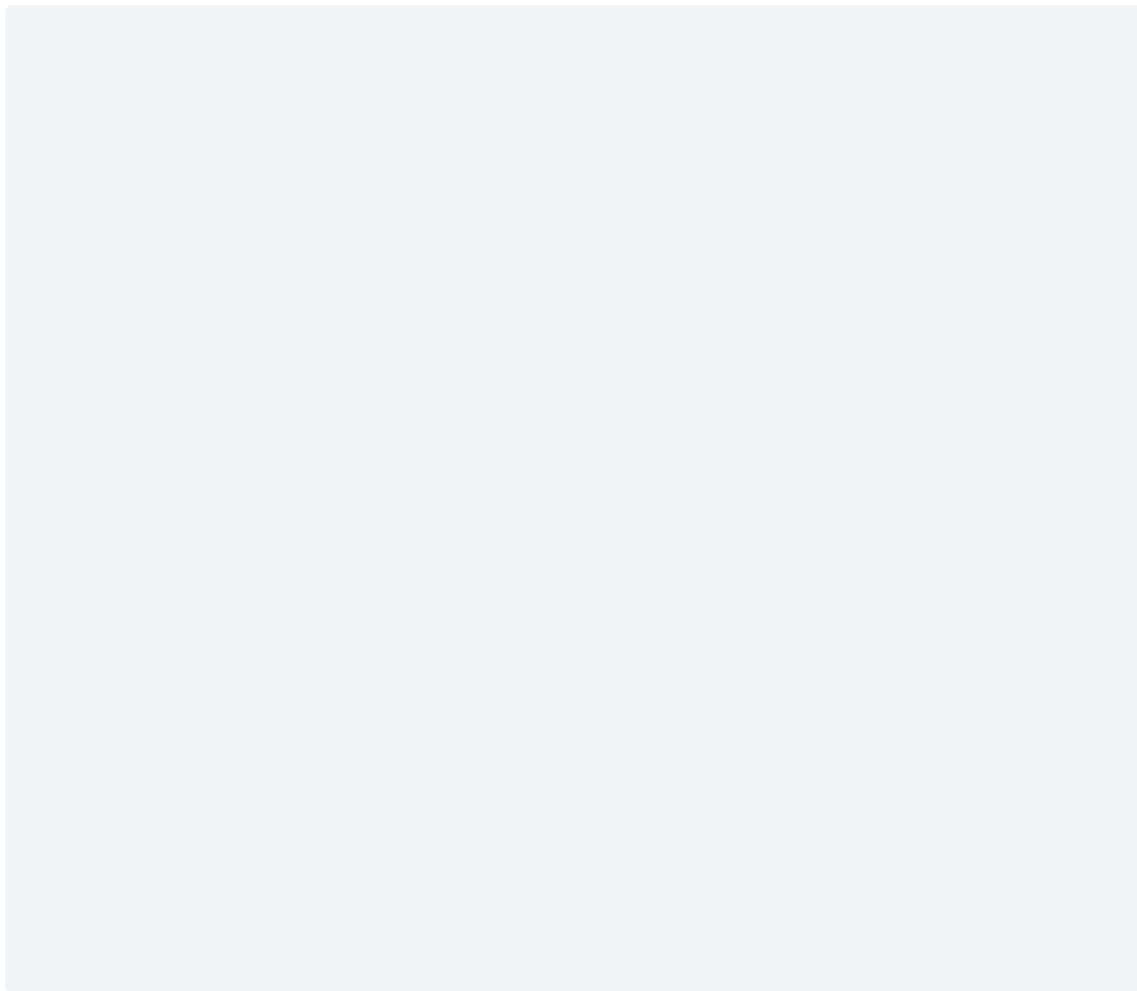


```
void workerByTickAndRequest(...)\n{\n    LoadBuffer(...);\n    CalcCorrelation(...);\n    Normalize(...);\n    Decode(...);\n    TestSignal(...);\n    CalcQuality(...);\n    SendDataToL2(...);\n}
```

**Control  
(PUCCH)**



# Unit-Тестирование



# Unit-Тестирование

Декодирование

```
// given
Vector<TestData> testDataPerTick;

PrepareData(testDataPerTick);

// when
For data in testDataPerTick:
    Res = Decode(data)
    saveResult(Res);

// then
COMPARE_NEAR(resultData, referenceData);
```

Control  
(PUCCH)



# Unit-Тестирование



```
void workerByTickAndRequest(...)\n{\n    LoadBuffer(...);\n    CalcCorrelation(...);\n    Normalize(...);\n    Decode(...);\n    TestSignal(...);\n    CalcQuality(...);\n    SendDataToL2(...);\n}
```

**Control  
(PUCCH)**



# Component-Тестирование

## Цель:

1. Регрессия каналов

## Задачи:

1. Проверить цепочку выполнения канала

2. Проверить интерфейс от MAC Packet Scheduler L2

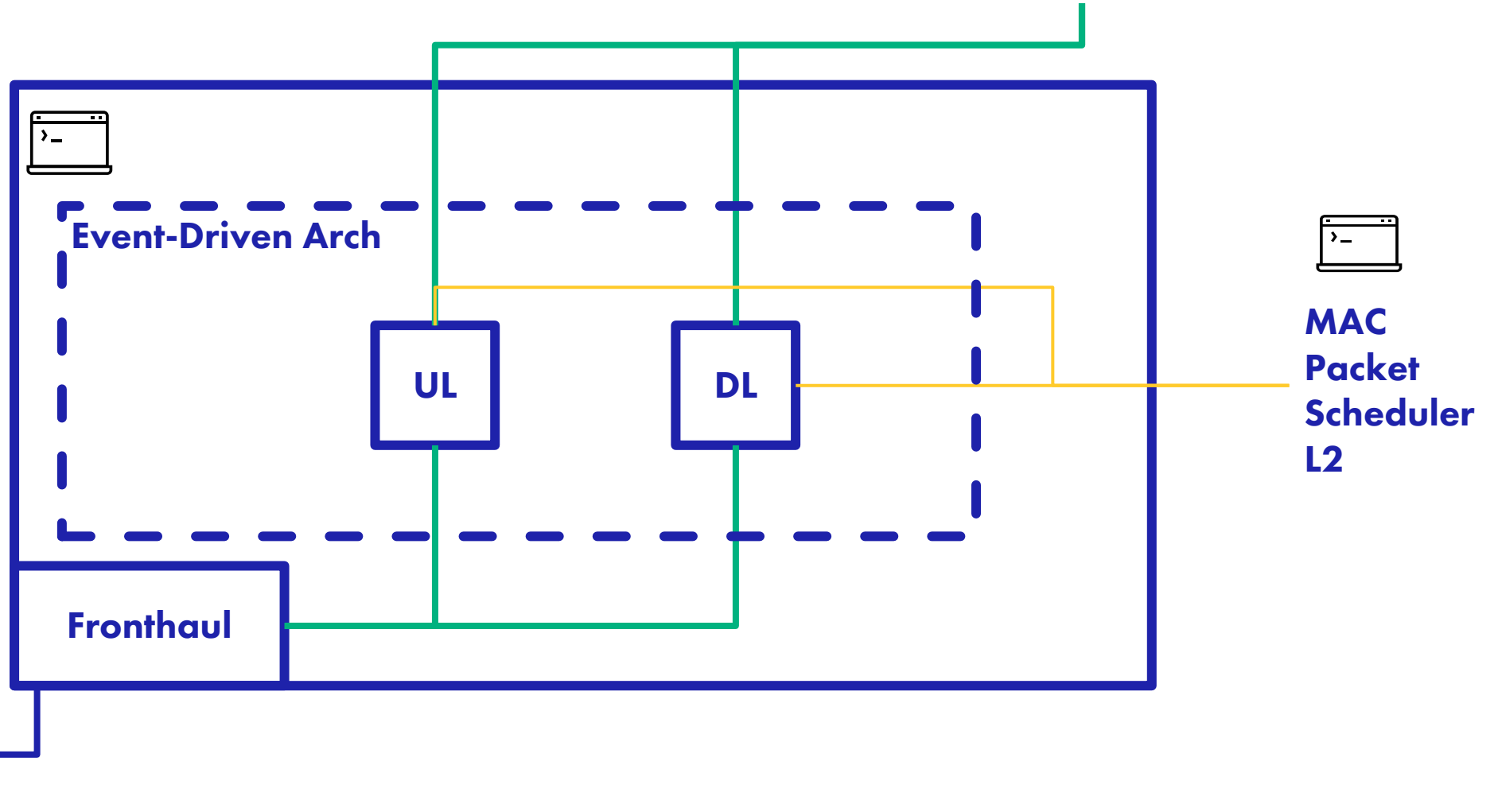
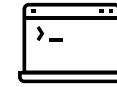
3. Проверить интерфейс до L2

4. Поиск узких мест

# L1 Application

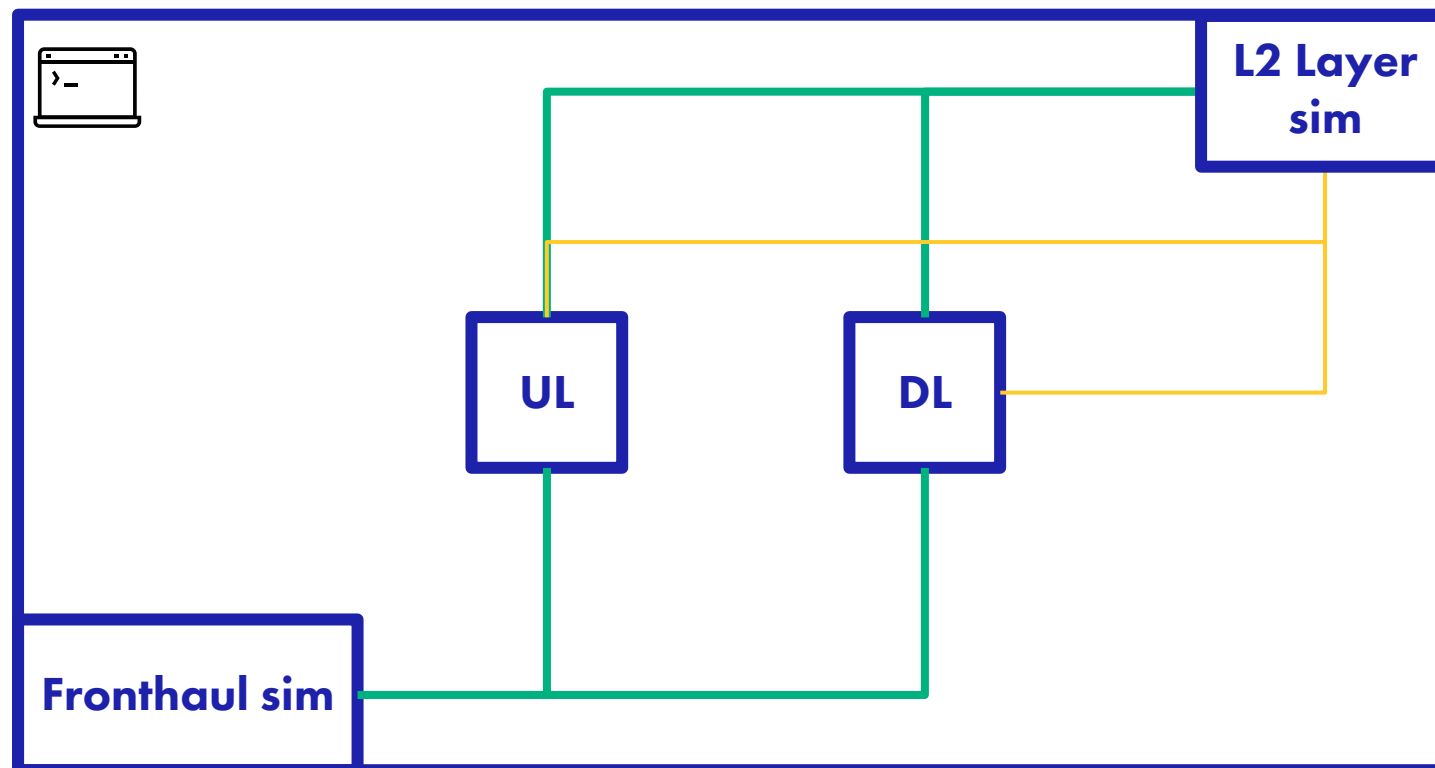


# L2 Application



Network  
Interface  
Card

# Component-Тестирование





Вышка сотовой связи. Физический уровень где он?

Снапшоты и Мат. модель

**Данные**

---

# Unit-Тестирование(Данные)

Декодирование

```
// given
Vector<TestData> testDataPerTick;

PrepareData(testDataPerTick);

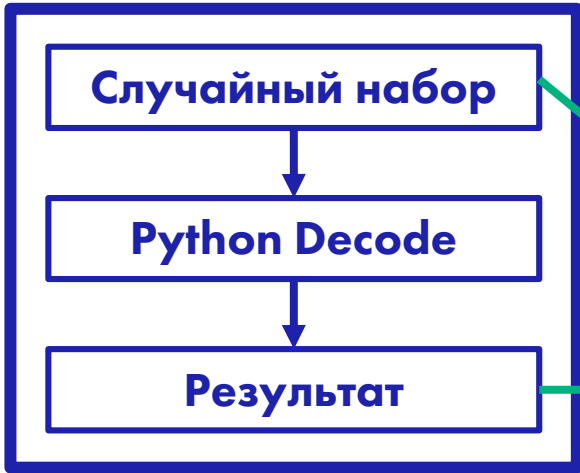
// when
For data in testDataPerTick:
    Res = Decode(data)
    saveResult(Res);

// then
COMPARE_NEAR(resultData, referenceData);
```

Control  
(PUCCH)



# Unit-Тестирование(Данные)



```
// given  
Vector<TestData> testDataPerTick;  
  
PrepareData(testDataPerTick);  
  
// when  
For data in testDataPerTick:  
    Res = Decode(data)  
    saveResult(Res);  
  
// then  
COMPARE_NEAR(resultData, referenceData);
```

**Control  
(PUCCH)**



## Component-Тестирование(Данные)

### L2 Layer sim



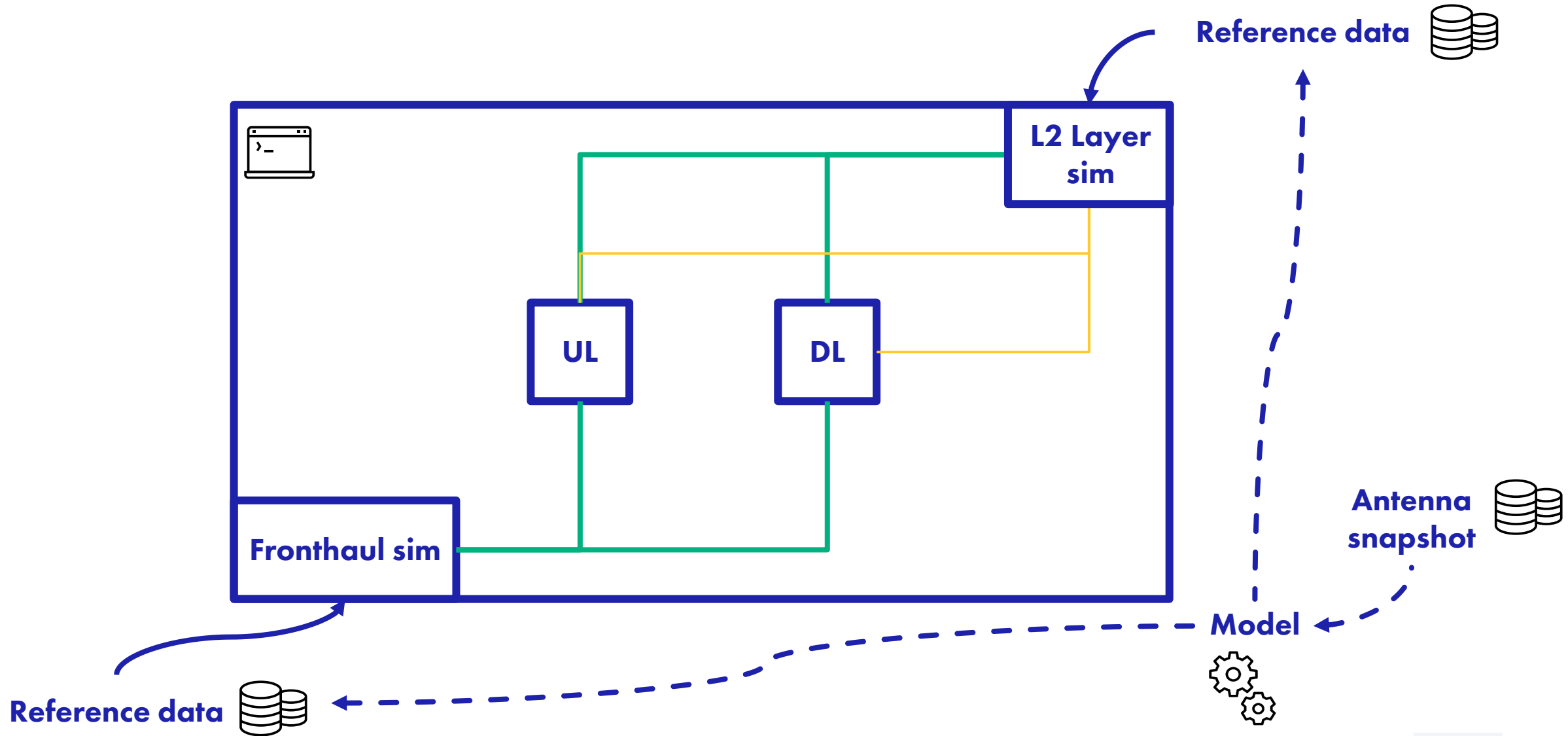
Массив команд от планировщика L2  
валидного содержания: тип,  
характеристики обработки

### Fronthaul sim

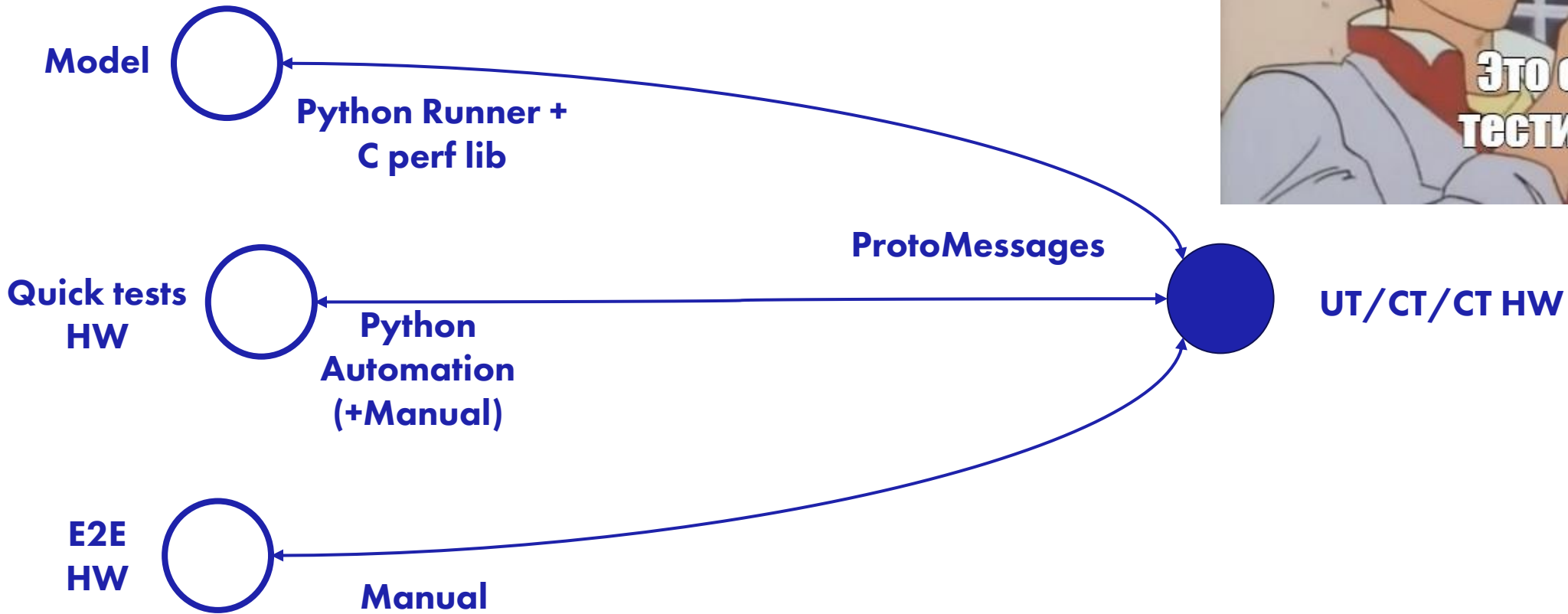


Массивы данных, соответствующие массиву  
команд L2. Данные содержат валидные  
закодированные биты

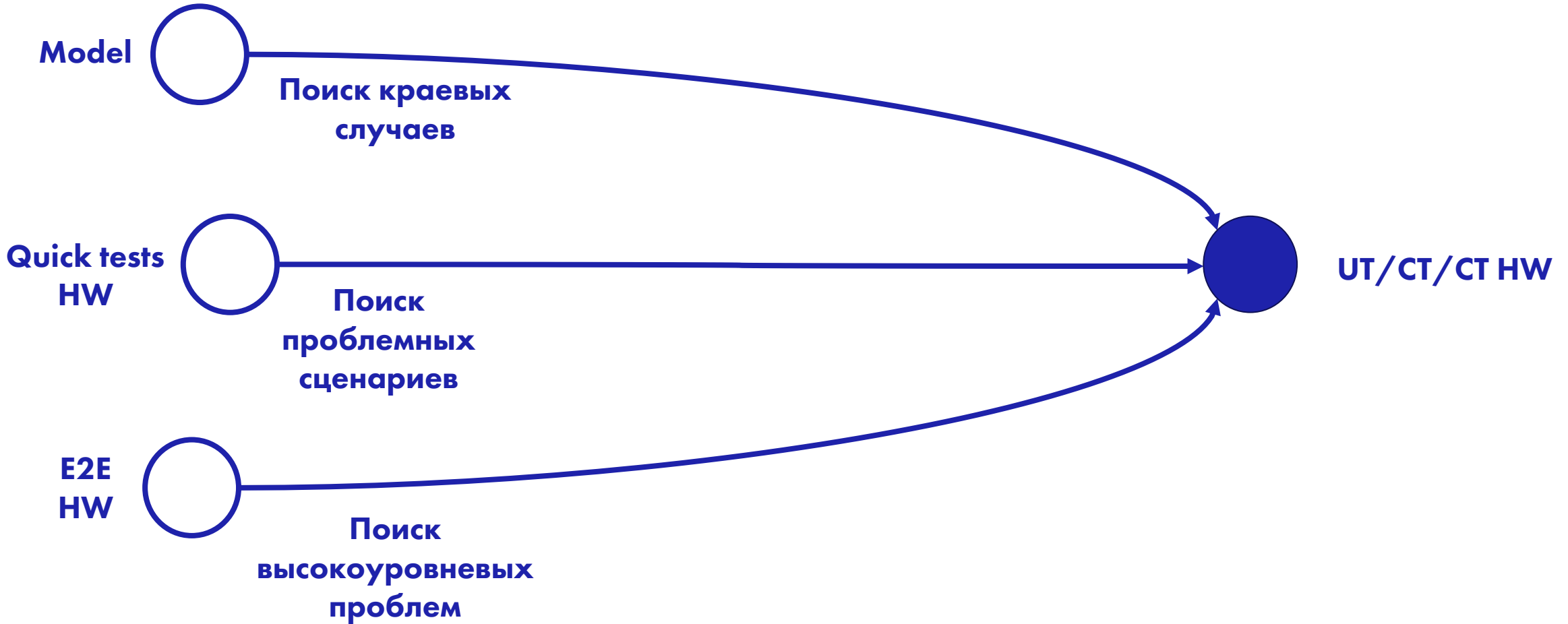
# Component-Тестирование(Данные)



# Как получают данные



# Какие проблемы решаем



Вышка сотовой связи. Физический уровень где он?

Снапшоты и Мат. модель

Данные

**Выводы**

---



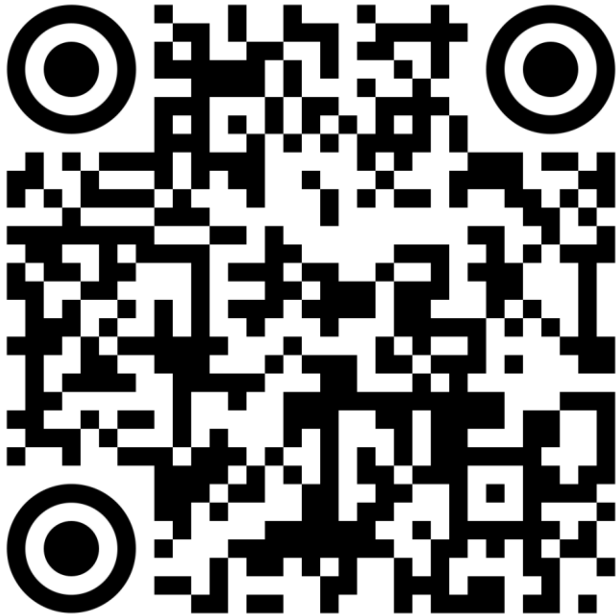
**Сети** сложно  
но **ИНТЕРЕСНО**

## На заметку

1. Модели OSI и TCP/IP
2. Функциональное назначение базовых станций
3. Принципы построения мобильных сетей (+LTE)
4. Протоколы LTE

## Рекомендации

Computer network  
6<sup>th</sup> edition  
Andrew  
Tanenbaum



LTE in Bullets  
2<sup>nd</sup> edition  
Chris Johnson



srsRAN



ShareTechnote

The image features a blue wireframe landscape with the word 'Спасибо' in the center. The landscape is composed of a grid of lines that form a series of rolling hills and valleys, creating a sense of depth and perspective. The lines are a light blue color, and the overall background is a darker blue. The word 'Спасибо' is written in a white, sans-serif font, centered horizontally and vertically within the landscape.

Спасибо