



Сколковский институт науки и технологий

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования  
«Сколковский институт науки и технологий»

**Программное обеспечение  
стека протоколов уровня L1-HighPHY/L2  
базовой станции RAN 5G RUS  
ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ**

*Страница проекта: <https://iot.skoltech.ru>*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ВОЗМОЖНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>3</b>
<b>3. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>7</b>
<b>4. ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ .....</b>	<b>7</b>
<b>5. КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....</b>	<b>9</b>

## **1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ**

ПО L1-HighPHY/L2 поддерживает работу распределенного модуля DU (gNB-DU) и обеспечивает обмен данными между уровнями стека протоколов L1-LowPHY и L1-HighPHY, а также между уровнями L2 и L3 стека протоколов базовой станции RAN 5G RUS.

ПО L1-HighPHY/L2 поддерживает три основные функции, необходимые для обеспечения работы распределенного модуля DU:

- функционал верхнего физического уровня L1 (L1-HighPHY),
- функционал управления доступом к среде (MAC),
- функционал управления радиотрактами (RLC).

## **2. ВОЗМОЖНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГРАММЫ**

Ниже приведены основные особенности ПО L1-HighPHY/L2.

- **Разделяемая архитектура.** Базовая станция 5G NR поддерживает разделение на централизованный (gNB-CU) и распределенный (gNB-DU) модуль базовой станции 5G через интерфейс F1. Модуль gNB-DU можно интегрировать со сторонним gNB-CU стороннего производителя или с gNB-CU, разработанного в Сколковском институте науки и технологий, через интерфейс F1.
- **Масштабируемая архитектура.** Архитектура ПО L1-HighPHY/L2 обеспечивает масштабирование производительности ПО в зависимости от количества доступных ядер и оперативной памяти на конкретной аппаратной платформе для gNB-DU, обеспечивая необходимые потребности операторов связи.
- **Конфигурируемость.** ПО L1-HighPHY/L2 имеет специальный интерфейс для конфигурирования, мониторинга и сбора состояния об ошибках, позволяющий пользователю контролировать работу ПО.

- Переносимость между различными аппаратными платформами. Благодаря платформе для адаптации ПО на выбранную аппаратную платформу (NGP), предоставляются единые интерфейсы к функциям управления памятью, буферизации и обмену данными, контроля работы многопоточности, логирования и т. д.

На Рисунке 1 показана архитектура ПО L1-HighPHY/L2

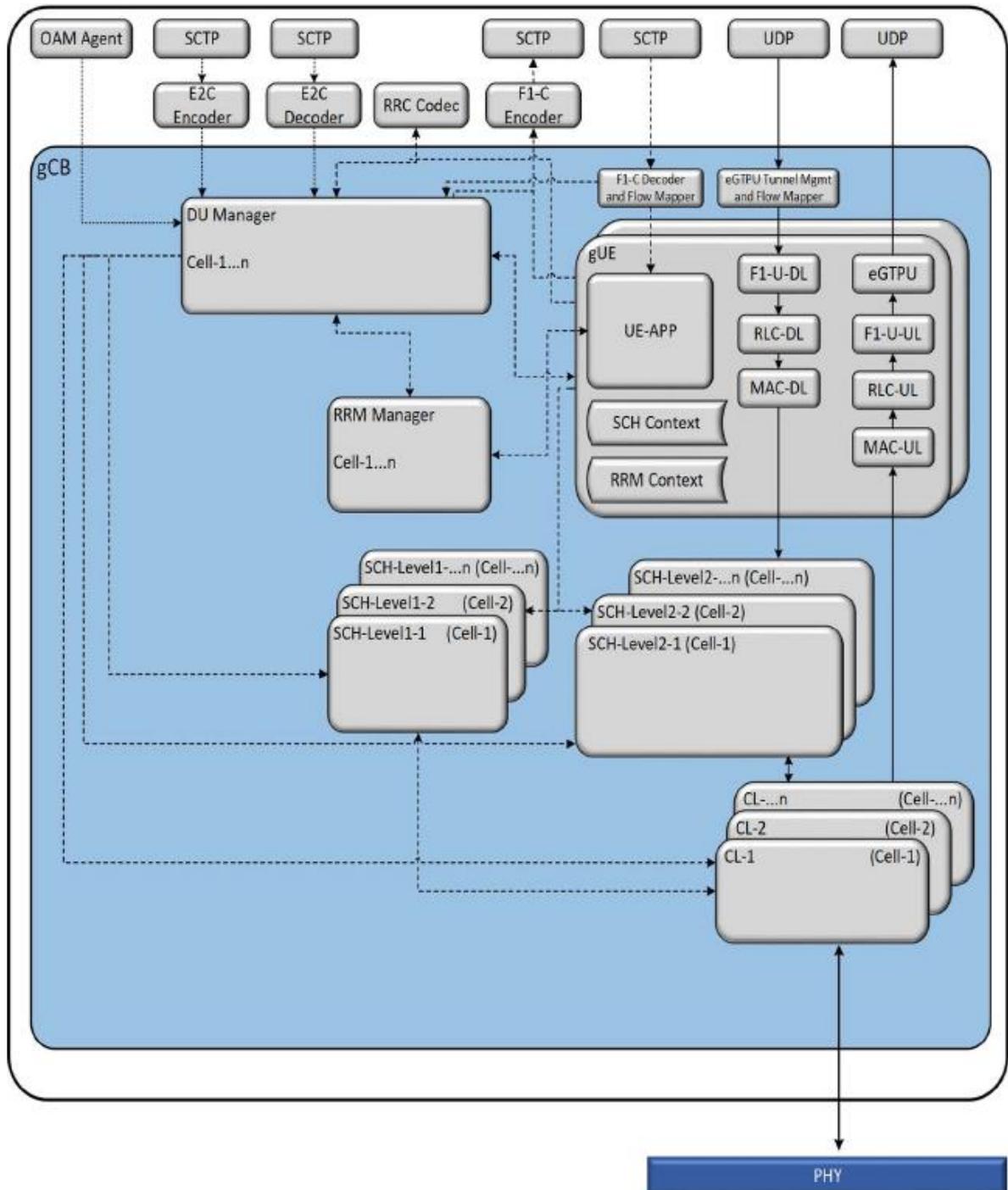


Рисунок 1 – Архитектура ПО L1-HighPHY/L2

Далее в Таблице 1 описаны основные компоненты архитектуры ПО L1-HighPHY/L2.

Таблица 1 – Основные компоненты архитектуры ПО L1-HighPHY/L2

Название модуля	Описание
Cell-1 (RRM Manager)	Управление радиоресурсами (RRM – Radio Resource Manager) для соты 1; Управляет радиоресурсами на соте 1.
Cell-1 (SCH-Level1)	Уровень 1 планировщика ресурсов; Управляет выделением радиоресурсов.
Cell-1 (SCH-Level2)	Уровень 2 планировщика ресурсов; Агрегирует данные, контролирует данные, которые для каждого слота и отправляет на уровень L1-HighPHY.
DU Manager	Инициализирует модули, слои, систему логирования, потоки и т.д. Обрабатывает сообщения F1-C, не относящиеся к взаимодействию с UE. Управляет подключением F1 к gNB CU. Обрабатывает сообщения модуля ПО для контроля, мониторинга и сбора состояний об ошибках, такие как du_config и cell_config. Управляет сотами gNB DU, где каждая сота имеет следующее: Конфигурация соты в рамках стека протоколов уровня L2. Конфигурация соты для управления радиоресурсами (RRM). Создание и настройка главного информационного блока (MIB) и системного информационного блока типа 1 (SIB1). Параметры пейджинга. Собирает статистику работы. Обрабатывает любые сервисные события уровня соты и gNB DU.
eGTPU	Кодирует и декодирует заголовки eGTPU. Выполняет выделение и освобождение идентификатора туннеля eGTPU. Сопоставляет полученный пакет eGTPU с UE.
eGTPU Tunnel Management and Flow Mapper	Декодирует пакеты eGTPU. Назначает идентификатор туннеля eGTPU каналу-носителю и поддерживает его сопоставление между логическими каналами. Сопоставляет пакет данных eGTPU с однонаправленным виртуальным каналом в сторону UE. Завершает сообщения управления потоком.
F1-C Decoder and Flow Mapper	Декодирует сообщения F1-C. Назначает идентификатор F1AP ID для UE и поддерживает сопоставление UE с идентификатором F1AP ID. Сопоставляет сообщения для менеджера UE или менеджера gNB DU.
F1-C Encoder	Кодирует сообщения F1-C.
F1-U DL	Плоскость передачи данных пользователя в интерфейсе F1 нисходящей линии связи (DL).

## Описание применения

F1-U UL	Плоскость передачи данных пользователя в интерфейсе F1 восходящей линии связи (UL).
MAC DL	Модуль нисходящей линии связи MAC для UE. Кодирует транспортный блок MAC.
MAC UL	Модуль восходящей линии связи MAC для UE. Декодирует транспортный блок MAC.
OAM Agent	Обрабатывает сообщения из внешней системы управления и мониторинга. Считывает конфигурацию. Настраивает модуль gNB DU Manager.
PHY, HighPHY	Верхний физический уровень базовой станции 5G
RLC DL	Модуль нисходящей линии связи RLC для UE.
RLC UL	Модуль восходящей линии связи RLC для UE.
RRM Manager	Обрабатывает запросы от UE и gNB DU Manager. Управляет ячейкой RRM; каждая ячейка имеет следующие физические каналы и выполняет следующее: Выделение ресурсов для Physical Downlink Control Channel (PDCCH) Control Resource SET (CORESET). Выделение ресурсов для Physical Uplink Control Channel (PUCCH). Выделение ресурсов во временной области для Physical Downlink Shared Channel (PDSCH). Выделение ресурсов во временной области для Physical Uplink Shared Channel (PUSCH). Сопоставляет UE с сотой. Управляет UE и их виртуальными каналами.
SCH-Level1	Обеспечивает работу интерфейса с L1 (CL FAPI)
SCH-Level2	Осуществляет отбор кандидатов для планирования. Выполняет распределение ресурсов.
SCTP	Обеспечивает работу соединения SCTP. Предоставляет API для обратного вызова после получения сообщения по протоколу SCTP.
UDP	Обеспечивает работу UDP портов. Предоставляет API для получения и отправки UDP сообщений.
UE APP	Обрабатывает специфичные для UE сообщения протокола F1-C. Обрабатывает специфичные для UE события для приложений из любого модуля ПО. Запрашивает радио-ресурсы у RRM.

### **3. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ**

Требования к техническим, программным и аппаратным средствам для развертывания ПО L1-HighPHY/L2 приведены в Руководстве по развертыванию ПО.

### **4. ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ**

ПО L1-HighPHY/L2 решает задачу обеспечения работы функций распределенного модуля базовой станции 5G. Распределенный модуль базовой станции, обозначаемый как gNB-DU, представляет собой логический узел, в котором размещаются протоколы уровня RLC, MAC и HighPHY, входящие в стек протоколов базовой станции 5G, управляемый централизованным модулем gNB-CU и контролирующий и обеспечивающий работу приемопередающих модулей RU, которые в свою очередь обеспечивают работу сот.

Один распределенный модуль gNB-DU обеспечивает работу одного или нескольких RU, при этом их фактическое количество зависит от производительности конкретной аппаратной платформы, выбранной для развертывания ПО L1-HighPHY/L2. gNB-DU взаимодействует с RU с использованием интерфейса F2 (ORAN 7.2x CUS Plane) и с gNB-CU с использованием интерфейса F1. Модуль gNB-DU может поддерживать один или несколько RU, однако присоединяется только к одному модулю gNB-CU.

Сценарии использования ПО L1-HighPHY/L2 на базе модуля базовой станции 5G gNB-DU можно классифицировать по месту непосредственного развертывания ПО:

- 1) Децентрализованный, при развёртывании ПО на конкретной аппаратной платформе gNB-DU в непосредственной близости от места размещения RU, например, в нижней части антенно-мачтового сооружения в специальном климатически стабильном шкафу. При таком сценарии расстояние между gNB-DU и RU не превышает 100 метров;

- 2) Централизованный (или граничный), при развертывании ПО на базе инфраструктуры небольших пространственно-распределенных центров обработки данных. При таком сценарии расстояние между gNB-DU и RU не превышает 4 километров;
- 3) Облачный, при развертывании ПО на базе инфраструктуры виртуализации в специализированном центре обработки данных. При таком сценарии расстояние между gNB-DU и RU может быть до 7.5 километров.

## 5. КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»/	Autonomous Non-Profit Organization for Higher Education “Skolkovo Institute of Science and Technology”
121205, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д. 30 стр.1	121205, Moscow, territory of innovation center “Skolkovo”, Bolshoy Boulevard 30, bld. 1
ОГРН 1115000005922 ИНН/КПП/ 5032998454/773101001	OGRN 1115000005922 INN/KPP 5032998454/773101001
Тел.: +7 (495) 280-14-81	Tel.: +7 (495) 280-14-81
Эл. почта: <a href="mailto:wireless@skoltech.ru">wireless@skoltech.ru</a>	E-mail: <a href="mailto:wireless@skoltech.ru">wireless@skoltech.ru</a>
Документация для скачивания, а также информация по продукту размещена на сайте: <a href="https://www.skoltech.ru/ofis-transferaznaniy/programmnoe-obespechenie/">https://www.skoltech.ru/ofis-transferaznaniy/programmnoe-obespechenie/</a>	Documents and product details are available on the page: <a href="https://www.skoltech.ru/ofis-transferaznaniy/programmnoe-obespechenie/">https://www.skoltech.ru/ofis-transferaznaniy/programmnoe-obespechenie/</a>