DOI 10.5281/zenodo.8402510

Р.И.Исаев[1], А.Р.Журабеков[2]
[1,2]Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ 5G

Аннотация: В этом работе рассматриваются технологии, поддерживающие транспортную сеть пятого поколения (5G). А также рассмотрены сценарии использования 5G. Далее приводится описание архитектуры 5G, а также приведена структура и роль транспортной сети в этой архитектуре. Предложен различные варианты реализации транспортных сетей 5G.

Ключевые слова: 5G, Backhaul, Midhaul, Fronthaul, X-Haul, RAN.

В 2015 году ITU определил системы пятого поколения (5G) как системы, соответствующие требованиям IMT-2020. IMT-2020 предусматривала поддержку многих сценариев использования, три из которых были определены: расширенная мобильная широкополосная связь (enhanced mobile broadband, eMBB), сверхнадежная связь с малой задержкой (ultra-reliable and low latency communications, URLLC) и массовая машинная связь (massive machine-type communications, mMTC):

– eMBB – это естественная эволюция услуг широкополосной связи, предоставляемых сетями 4G. Он предназначен для сценариев использования и приложений, ориентированных на человека, обеспечивая более высокие скорости передачи данных и объемы данных, необходимые для поддержки постоянно растущих мультимедийных услуг.

– URLLC обращается к сервисам, требующим очень низкой задержки и очень высокой надежности. Примерами являются автоматизация производства, беспилотные автомобили и дистанционная медицинская хирургия.

– mMTC ориентирован исключительно на машины и предоставляет услуги, обеспечивающие подключение огромного количества устройств, что обусловлено развитием Интернета вещей (Internet of Things, IoT). Ожидается, что такие устройства будут обмениваться данными только время от времени, а затем передавать лишь небольшой объем данных. Таким образом, поддержка высоких скоростей передачи данных здесь имеет меньшее значение.

Среди многих предусмотренных требований IMT-2020 можно назвать: (a) возможность обеспечения пиковой скорости передачи данных в нисходящем (downlink, DL) 20 Гбит/с и пиковой скорости передачи данных в восходящем направлениях (uplink, UL) 10 Гбит/с, (b) с учетом

https://wordlyknowledge.uz

опыта пользователя скорость передачи данных DL до 100 Мбит/с и скорость передачи данных UL до 50 Мбит/с, (c) задержка в эфире 1 мс и (d) работа при мобильности до 500 км/ч.

Общая сеть 5G NR (New Radio), определенная Проектом партнерства третьего поколения (The 3rd Generation Partnership Project, 3GPP), включает базовую сеть (5G Core, 5GC) и сеть радиодоступа (Radio Access Network, RAN). Базовая сеть отвечает за те функции, которые не связаны с радиодоступом, но необходимы для обеспечения полноценной сети. RAN отвечает за все функции, связанные с радиосвязью, такие как отображение потоков пользовательских данных в соответствии с их определенным качеством обслуживания (Quality of Service, QoS), сжатие IP-заголовков, планирование, кодирование, модуляция, физическая передача конечным пользователям и от них и т. д.

3GPP определил для 5G архитектуру RAN, в которой функциональность базовой станции (Next generation NodeB, gNB) разделена на три логических блока. Под логическим подразумевается, что разделение между функциональностями определено, но не обязательно подразумевает физическое разделение. В системе 5G функциональность базовой станции (gNB) разделяется на три функциональных блока:

• радиоблок (Radio Unit, RU);
• распределенный блок (Distributed Unit, DU);
• централизованный блок (Centralized Unit, CU).

Эти блоки могут быть развернуты в нескольких вариантах по их местоположению.

В соответствии с рекомендацией ITU-T G.8300 Characteristics of transport networks to support IMT-2020/5G на уровне радиодоступа рассматриваются следующие разновидности транспортных сетей:

• транспортная сеть Fronthaul соответствует нижнему уровню функционального разделения 3GPP NG-RAN (между RU и DU);
• сеть Midhaul соответствует промежуточной сети (между DU и CU), поддерживающей интерфейс F1 (3GPP NG-RAN) взаимодействия между gNB-CU и gNB-DU или интерфейс Xn взаимодействия между различными узлами NG-RAN (gNB), то есть между узлами CU;
• сеть Backhaul (между DU + CU и ядром) поддерживает интерфейс 3GPP NG между 5GC (ядро 5G) и NG-RAN (CU) или интерфейс Xn взаимодействия между различными узлами NG-RAN (gNB), то есть между узлами CU.

Блоки CU + DU совместно реализуют функционал основного блока электронной обработки BBU (Baseband Unit).

За счет централизации функций блоков BBU нескольких базовых станций в архитектуре C-RAN операторы могут совместно использовать

https://wordlyknowledge.uz

сетевые ресурсы и жестко координировать активность радиосредств, тем самым улучшая характеристики сети.

При разделении функций BBU возникает необходимость в создании новых транспортных связей в рамках архитектуры Anyhaul (X-haul), в частности Fronthaul как соединение между RU и DU, Midhaul как соединение между DU и CU, а также Backhaul как соединение между CU и ядром сети мобильной связи, которое выполняет ту же функцию, что и в предыдущих поколениях мобильных систем.

Характеристики интерфейсов 5G представлены в табл. 1. (взята из рекомендации ITU-T G.8300).

Таблица 1.

Характеристики интерфейсов 5G

Логический интерфейс 3GPP или CPRI	**Наименование сети в этой рекомендации**	**Описание интерфейса**	**Домен транспортной сети**
CPRI/eCPRI	Fronthaul	Интерфейс между RU и DU	Metro access
F1	Midhaul	Логический интерфейс между CU и DU	Metro access и Metro aggregation
NG	Backhaul	Логический интерфейс между gNB (CU) и 5GC	Metro access, Metro aggregation, Metro Core, Backbone
Xn	Midhaul или Backhaul	Логический интерфейс между gNB (CU) узлами, точнее между функциональностью PDCP (Packet Data Convergence Protocol) каждого из них	Metro access, Metro aggregation, Metro Core, Backbone

Развертывание сети радиодоступа IMT-2020/5G можно охарактеризовать на основе местоположения блоков DU и CU, как это показано на рис.1 (взят из рекомендации ITU-T G.8300).

На основании изучения рис.1. можно сделать несколько заключений о транспортной сети:

https://wordlyknowledge.uz

• транспортная сеть всегда необходима для подключения CU к ядру сети;

• если блоки DU и RU объединены, то сети Fronthaul не существует;

• если блоки DU и CU объединены (интегрированы), то сети Midhaul не существует;

• взаимодействие по интерфейсу Xn между узлами CU будет проходить через Midhaul- или Backhaul-сети.

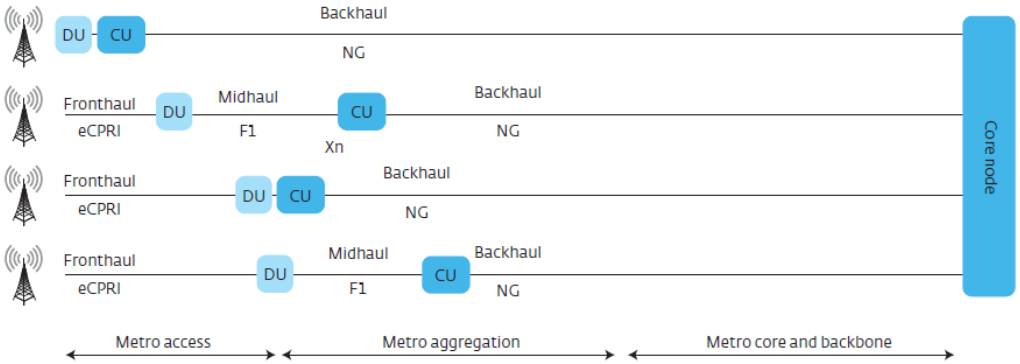


Рис.1. Возможное местоположение блоков RU, DU и CU в сети радиодоступа (RAN)

На рис. 2 показано несколько физических схем, с помощью которых 5GC может быть соединен с UE (User Equipment).

Транспортная сеть между 5GC и CU gNB, которая реализует интерфейс NG, называется Backhaul. Полезная нагрузка обратного соединения основана на IP-пакетах и поэтому может передаваться по транспортным каналам на основе Ethernet. Отметим, что все физические схемы, показанные на рис. 2, используют транзитную связь. Однако на рис. 2b имеется физическое функциональное разделение между CD и DU. Таким образом, эта схема требует наличия транспортной сети между CU и DU, которая реализует интерфейс F1, и эта сеть называется Midhaul. Как и в случае с обратным соединением, полезная нагрузка промежуточного соединения основана на пакетах и поэтому может передаваться с помощью механизмов передачи на основе пакетов, таких как IP/Ethernet. На рис. 2c показано физическое функциональное разделение между DU-BB и RU, что требует создания транспортной сети для реализации интерфейса F2/eCPRI между этими устройствами. Эта сеть называется Fronthaul. Наконец, на рис. 2d мы видим схему, в которой используются только Backhaul и Fronthaul. Backhaul, Midhaul и Fronthaul здесь вместе называются X-haul.

https://wordlyknowledge.uz

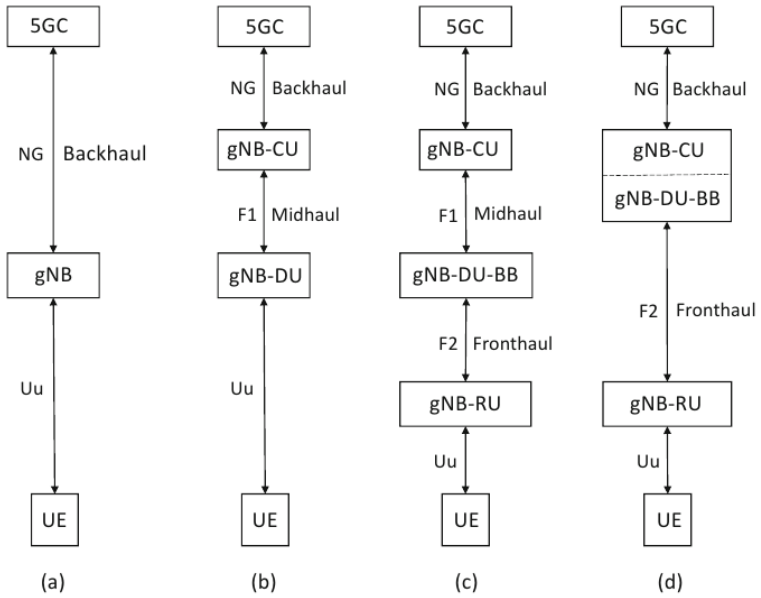


Рис. 2. Несколько физических схем подключения 5GC к UE

Отметим, что структура, показанная на рис. 2a, называется архитектурой распределенной RAN (Distributed RAN, D-RAN), поскольку поток данных в и из базовой сети распределяется по каждому физически неделимому gNB. С другой стороны, структуры, показанные на рис. 2b, c и d, называются централизованными архитектурами RAN (Centralized RAN, C-RAN). Здесь многие функции gNB централизованы в CU, который расположен в более центральном месте, что обеспечивает более оптимальную координацию сети и где один CU может обслуживать большое количество DU и радиочастотных головок.

Литература

1. 3GPP (2017) TR38.801: study on radio access technology; Radio access architecture and interfaces, Sophia Antipolis.
2. ITU Recommendation ITU-T G.8300 (2020) Characteristics of transport networks to support IMT-2020/5G. ITU, Geneva.
3. Douglas H Morais (2021), 5G and Beyond Wireless Transport Technologies Enabling Backhaul, Midhaul, and Fronthaul. Springer Nature Switzerland AG, Cham.
4. ETSI (2018) GR mWT 012 v1.1.1: 5G wireless backhaul/X-haul, ETSI, Sophia Antipolis.
5. IEEE (2018) 1914.3-2018 – IEEE standard for radio over ethernet encapsulations and mappings, New York.
6. CPRI (2019) eCPRI interface specification V2.0: common public radio interface: eCPRI interface specification.

https://wordlyknowledge.uz