БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ

CETИ 5G: эволюция к открытой сетевой архитектуре

Часть 2. Стандартизация решений для открытой сетевой инфраструктуры и радиодоступа 5G. Окончание

С.С.Коган, к.т.н., советник генерального директора компании "Т8" по формированию технической стратегии / kogan@t8.ru

УДК 621.326, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.112.4.42.46

При развертывании сетей мобильной связи 5G поверх существующей или вновь создаваемой сетевой инфраструктуры операторы и провайдеры телекоммуникационных услуг заинтересованы во внедрении открытых решений, позволяющих использовать на одной сети аппаратные платформы и программное обеспечение разных производителей. Этот интерес стимулируется также внедрением на сети 5G новых, облачных, технологий с широким использованием центров хранения и обработки данных (ЦОД). В цикле статей даны определения основных элементов концепции (часть 1) и представлен обзор работ по стандартизации (часть 2) открытых решений и интерфейсов для сетевой инфраструктуры 5G.

Решения O-RAN ALLIANCE

Суть рассматриваемых в O-RAN Alliance решений состоит в следующем:

- Традиционные, распределенные (distributed), базовые станции содержат на одном физическом объекте выносные радиоблоки/ радиоузлы RRH/RRU (Remote Radio Head или Remote Radio Units) и электронные блоки формирования модулирующих сигналов BBU (BaseBand Units). Блоки RRH обрабатывают входящие и исходящие радиосигналы, а BBU обеспечивают обработку цифровых сигналов трафика по исходящей/ входящей линии связи. Блоки BBU подключаются к ядру (Core) сети поверх транспортной сети Backhaul. Некоторые поставщики услуг уже преобразовали архитектуру уровня радиодоступа и перешли на использование централизованного радиодоступа Centralized RAN, или C-RAN. В этом случае
- ВВИ нескольких базовых станций объединены и устанавливаются на центральном объекте, например в центре обработки данных. Таким образом реализуется физическое объединение нескольких ВВИ без использования облачной инфраструктуры. Инициаторами перехода к Centralized RAN в 2010–2012 годах были IBM, Intel и China Mobile [23].
- 2. Транспортная сеть между узлом с централизованным ВВИ и радиосайтами, где располагаются RRH, получила название Fronthaul. Централизованный ВВИ подключается к RRH поверх транспортной сети с использованием протоколов CPRI (Common Public Radio Interface). Архитектура решения C-RAN не связана напрямую с выбором открытых интерфейсов, но положила начало движению к созданию дезагрегированного радиодоступа. Применение

- архитектуры C-RAN было ограничено городами с высокой плотностью населения. Но это решение не является открытым, поскольку еще сохраняется зависимость от решений конкретного производителя оборудования.
- Появление технологии виртуализации радиодоступа vRAN не означало переход к открытым решениям для RAN. Проприетарное оборудование BBU заменяется виртуализированным программным продуктом vBBU и сервером COTS (Commercial Off-The-Shelf) с готовым аппаратным и программным решением открытого типа, ранее широко апробированным и/или стандартизованным на рынке общепромышленных приложений. Таким образом, функции RAN виртуализируются для запуска на любом сервере COTS. Но интерфейс между vBBU и RU/RRH не становится открытым: программное обеспечение любого поставщика не сможет работать с RU/RRH до тех пор, пока интерфейсы не будут открытыми. Оператор не сможет использовать программное приложение поставщика "В" даже при установке на тот же сервер COTS vBBU, если интерфейс от этого программного приложения поставщика "В" к радиоблоку поставщика "А" не является открытым.
- 4. Функционал vRAN аналогичен функционалу Open RAN в том смысле, что он также ориентирован на отделение программного обеспечения RAN от аппаратных платформ, с тем чтобы дать возможность проприетарному (частное решение конкретного производителя) программному обеспечению работать на универсальных аппаратных платформах. Как Open RAN, так и vRAN представляют собой технологические решения, отличающиеся от традиционного решения для RAN, для которого проприетарные оборудование и ПО поставляются одним производителем/поставщиком. Ключевая особенность решений Ореп RAN (O-RAN Alliance) в том, что интерфейс между BBU и RRH/RRU (RU) - открытый, поэтому программное обеспечение любого поставщика может работать на любом открытом RRH/RRU (RU). Открытые интерфейсы позволяют использовать радиоблоки одного поставщика с процессорами другого, что невозможно для C-RAN или vRAN.

5. В конфигурации Open RAN аппаратные реализации блоков DU и CU могут быть виртуализированы, то есть реализованы как программные продукты vDU (virtual Distributed Unit) и vCU (virtual Centralized Unit). Виртуализация не обязательно означает переход к открытым решениям. Ключевое отличие решения Open RAN (O-RAN Alliance) - переход к дезагрегированному решению vRAN с открытыми стандартными внутренними интерфейсами между RU, vDU, vCU, допускающими использование продуктов от разных производителей. Виртуализированные программные продукты vDU и vCU могут быть установлены на относительно недорогом оборудовании COTS, причем независимо от их конкретного производителя.

Хранилищем программных приложений на основе микросервисов является новый программно-определяемый элемент архитектуры Open Radio Access Network (Open RAN) - интеллектуальный контроллер радиодоступа RIC (RAN Intelligent Controller). Обслуживая платформы, работающие в режимах как реального, так и не реального времени (RT и non-RT), контроллер RIC обеспечивает аналитику, адаптивность и программируемость для сетей радиодоступа, а также совместимость с решениями разных поставщиков на основе открытых интерфейсов. Появляется возможность внедрения сторонних программных приложений, которые автоматизируют и оптимизируют операции RAN с масштабированием и повышением качества взаимодействия. Интеллектуальный контроллер RAN (RIC) выделяется из блоков обработки для непосредственного взаимодействия с такими интерфейсами управления, как RRM (Radio Resource Management, управление радиоресурсами) или SON (Self-Organizing Network, самоорганизующиеся сети). В концепции Open RAN / O-RAN Alliance именно в RIC находится "мозг" моделей искусственного интеллекта (АІ/ИИ) для автоматизации радиосети.

Этапы эволюции сети радиодоступа RAN к Open RAN / O-RAN Alliance с централизацией, виртуализацией и дезагрегацией представлены на рис.6 [24]. Обозначения:

• UE (User Equipment, оборудование пользователя) - это могут быть смартфоны, но все чаще используются устройства Интернета вещей, например, банкоматы, заводское оборудование, интеллектуальные

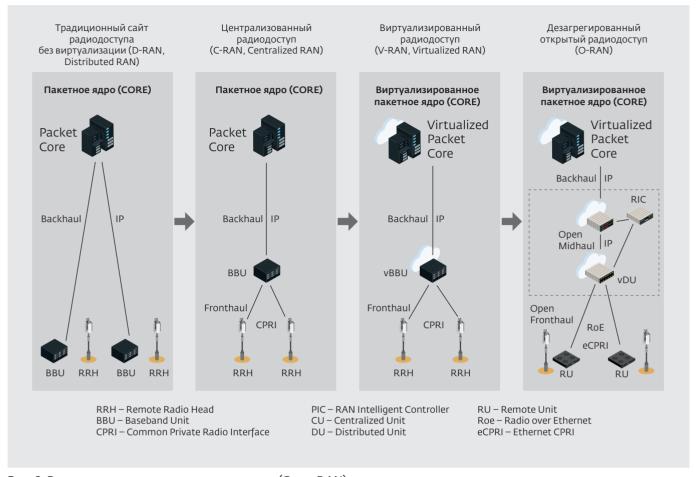


Рис.6. Эволюция к открытому радиодоступу (Open RAN): этапы централизации, виртуализации и дезагрегации

счетчики и т. д. Эти устройства взаимодействуют с сетью через радиоинтерфейс, подключены к радиоблокам RRH/RRU (RU), которые географически распределены так, чтобы быть недалеко от пользователей;

- RRH (Remote Radio Head) / RRU (Remote Radio Unit) / RU (Radio Unit) приемопередатчики на радиочастотах (RF), часть базовой станции. В блоках RRH/RRU (RU), расположенных рядом с антенной или встроенных в нее, сигналы на радиочастоте (RF, Radio Frequency) передаются, принимаются, усиливаются и оцифровываются;
- BBU (BaseBand Unit) блок формирования модулирующих сигналов (BBU = DU + CU);
- vBBU виртуализированный блок формирования модулирующих сигналов;
- DU (Destributed Unit, распределенный блок) в нем реализованы функции основной обработки сигналов в реальном времени. Блок может быть централизован (вынесен в другой узел) или расположен

недалеко от центрального сайта соты, то есть рядом с RRH / RRU (RU). DU работает на самом низком уровне стека протоколов (RLC, MAC и физический уровень). Блок может быть виртуализирован или контейнеризирован (vDU), а соответствующее ПО может быть загружено в оборудование COTS. Сегмент сети, состоящий из RRH/RRU (RU), DU и транспортной сети между ними, называется Fronthaul. В терминологии OpenRAN эта архитектура получила название LLS (the Lower-Layer split), то есть соответствует разделению нижнего уровня LLS;

- vDU виртуализированный распределенный блок;
- CU (Centralized Unit, централизованный блок) располагается между блоками DU и уровнем ядра (Core) сети. Один CU обрабатывает сигналы от множества DU, причем имеются в виду более высокие, но менее чувствительные ко времени, затрачиваемому

на обработку пакетов, уровни стека протоколов SDAP (Service Data Adaptation Protocol), RRC (Radio Resource Control) и PDCP (Packet Data Convergence Protocol). Этот блок может быть виртуализирован или контейнеризирован (vCU), а соответствующее ПО может быть загружено в оборудование COTS. Сегмент сети, состоящий из DU, CU и транспортной сети между ними, называется Midhaul:

vCU - виртуализированный централизованный блок.

Транспортная инфраструктура Open RAN разделена на три уровня (МСЭ-Т G.8300):

- Open Fronthaul взаимодействие между RU и O-DU с использованием стандартизированного пакетно-ориентированного протокола eCPRI (enhanced Common Public Radio Interface) и транспортного соединения между ними. Транспортная сеть Fronthaul соответствует нижнему уровню LLS функционального разделения 3GPP NG-RAN между RU и O-DU;
- Open Midhaul взаимодействие между O-DU, O-CU и транспортное соединение между ними. Транспортная сеть Midhaul соответствует промежуточной сети (между O-DU и O-CU), поддерживающей интерфейс F1 (3GPP NG-RAN) взаимодействия между O-CU и O-DU;
- Open Backhaul между DU + CU и 5GC (ядро/ CORE сети мобильной связи пятого поколения), поддерживает интерфейс 3GPP NG между 5GC и O-CU, а также интерфейсы взаимодействия Xn, X2 между разными узлами O-CU.

Японский провайдер Rakuten Mobile уже построил сеть на технологиях Open RAN / O-RAN Alliance, включающую более 275 тыс. сот [25]. Кроме него, с коммуникацией на открытых интерфейсах экспериментируют американские и европейские операторы сетей.

Разработкой предварительных российских национальных стандартов для сетей 5G OpenRAN занимается лидирующий исследовательский центр (ЛИЦ) на базе "Сколтеха" при участии Технического комитета "Киберфизические системы" и поддержке Центра компетенций НТИ по технологиям беспроводной связи и Интернета вещей на базе "Сколтеха". Разработаны первые два стандарта, которые после согласования в Техническом комитете "Киберфизические системы" будут отправлены на утверждение в Росстандарт [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Открытая сетевая инфраструктура, динамически изменяемая в соответствии с широким спектром требований пользователей, позволит провайдерам услуг и операторам сетей не только предоставлять оптимальные услуги для каждого приложения, но и оптимизировать используемые ресурсы, снизить энергопотребление.

В результате будет повышена эффективность централизованных механизмов управления масштабируемостью и пропускной способностью сети с обеспечением автоматизации:

- процессов предоставления традиционных и новых телекоммуникационных услуг;
- планирования, развертывания, расширения и эксплуатации сетей.

Опыт перехода к открытым сетевым решениям с использованием аппаратной платформы и программного обеспечения / операционной системы разных производителей показал, что перед внедрением таких решений поставщики услуг и операторы телекоммуникационных сетей должны сопоставить свои затраты и риски с предполагаемой открытостью, гибкостью и инновационностью новых проектов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Telefonica. Telefonica Strategy tods Open and Disaggregated Networks, ONF Berlin Meetup Meeting, 2022. [Электронный ресурс]. URL: https://opennetworking.org/wp-content/up-loads/2022/05/Telefonica-ONF-Broadband_v1.1_20220520_Berlin_TEF.pdf (дата обращения 07.04.2023).
- Росконгресс. Доклад о цифровой экономике в 2021 году (Юнктад) [Электронный ресурс]. URL: https://roscongress.org/materials/doklado-tsifrovoy-ekonomike-v-2021-godu/ (дата обращения 09.04.2023).
- 3. Росконгресс. Виртуализация мобильных сетей [Электронный ресурс]. URL: https://roscongress.org/materials/virtualizatsiya-mobilnykh-setey-serebryanaya-pulya-dlya-operatorov-v-osvoenii-5g/ (дата обращения 17.04.2023).
- 4. Marcus K. Weldon. The Future X Network (and its critical role in new value creation). 2017. [Электронный ресурс]. URL: https://na.eventscloud.com/file_uploads/92fc 10b48925c 74e9183eaf28aa87128_1_The_FutureXNetwork_Weldon.pdf (дата обращения 27.04.2023).
- 5. Raisecom. Стандартизация сетей [Электронный ресурс]. URL: https://www.raisecom.su/articles/45899/ (дата обращения 07.05.2023).

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ

- 6. 12 лучших преимуществ облачных вычислений для бизнеса [Электронный ресурс]. URL: https://clarusapex.com/ru/top-12-benefits-cloud-computing-businesses/ (дата обращения 07.04.2023).
- 7. Прохоров А., Рахматуллин С. Центры обработки данных. Анализ, тренды, мировой опыт. Корпоративное издание. [Электронный ресурс]. URL: https://data.atomcloud.ru/books/data-center-book.pdf (дата обращения 04.05.2023).
- 8. ГОСТ Р 58811-2020. Центры обработки данных, инженерная инфраструктура. Стадии создания. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200171331 (дата обращения 25.04.2023).
- 9. ГОСТ Р 70139-2022. Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Классификация. [Электронный ресурс]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ГОСТ_Р_70139-2022_Центры_обработки_данных._Инженерная_инфраструктура._Классификация (дата обращения 17.04.2023).
- 10. ГОСТ Р 56938-2016. Защита информации. Защита информации при использовании технологий виртуализации. Общие положения. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200135524?ysclid=lcol 7177cx892232516 (дата обращения 19.04.2023).
- 11. Роде О. Контейнеризация приложений: что это такое и когда стоит использовать. [Электронный ресурс]. URL: https://mcs.mail.ru/blog/chto-takoe-kontejnerizacija-prilozhenij (дата обращения 07.04.2023).
- 12. We need both OpenFlow and NETCONF. [Электронный pecypc]. URL: https://blog.ipspace.net/2012/06/we-need-both-openflow-and-netconf.html (дата обращения 07.05.2023).
- 13. Telcomo. Введение с NETCONF/YANG. [Электронный ресурс]. URL: https://telecomo.ru/company/news/29237. html#:~:text=YANG%20(Yet%20Another%20 Next%20Geneeeration, кодирования%2С%20 например%20XML%20или%20JSON (дата обращения 07.04.2023).
- 14. Yang для чайников. [Электронный ресурс]. URL: https://xh4l3.readthedocs.io/ru/latest/translate/yang/ (дата обращения 12.04.2023).
- 15. Vodafone implements multivendor SDN in global transport network. [Электронный ресурс].URL: https://rethinkresearch.biz/articles/vodafone-implements-multivendor-sdn-

- in-global-transport-network/ (дата обращения 13.04.2023).
- 16. Основные положения Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации. ФГУП НИИР 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://niir.ru/wp-content/up-loads/2019/02/ДевяткинЕЕ_Презентация-5G.pdf (дата обращения 09.04.2023).
- 17. Parallel wireless eBook. Everything you need to know about Open RAN. [Электронный ресурс]. URL: https://www.parallelwireless.com/wp-content/uploads/Parallel-Wireless-e-Book-Everything-You-Need-to-Know-about-Open-RAN.pdf (дата обращения 03.05.2023).
- 18. Технология xRAN. [Электронный ресурс] URL: https://itechinfo.ru/content/технология-xran (дата обращения 26.04.2023)
- 19. Введение в O-RAN. [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/549954/ (дата обращения 17.04.2023)
- 20. What is an Open Radio Access Network (O-RAN)? [Электронный ресурс]. URL: https://www.metas-witch.com/knowledge-center/reference/what-is-an-open-radio-access-network-o-ran (дата обращения 03.05.2023)
- 21. Ericsson. Open RAN explained: openness, innovation and flexibility. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ericsson.com/en/openness-innovation/open-ran-explained (дата обращения 14.04.2023)
- 22. Lanner. White box solutions. Open RAN vs Virtual RAN: Explained. [Электронный ресурс]. URL: https://www.whiteboxsolution.com/blog/open-ran-vs-virtual-ran-explained/ (дата обращения 21.04.2023)
- 23. Parallel wireless eBook. Everything you need to know about Open RAN. [Электронный ресурс]. URL: https://www.parallelwireless.com/wp-content/uploads/Parallel-Wireless-e-Book-Everything-You-Need-to-Know-about-Open-RAN.pdf (дата обращения 07.04.2023)
- 24. Juniper. What is Open RAN? [Электронный ресурс]. URL: https://www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-open-ran.html (дата обращения 10.05.2023)
- 25. Rakuten Mobile. [Электронный ресурс]. URL: https://symphony.rakuten.com/open-ran/network-transformation (дата обращения 07.04.2023)
- 26. Skoltech. NTI Center of Excellence in wireless & IoT (Scoltech NTI CoE). [Электронный ресурс]. URL: https://iot.skoltech.ru/2022/06/30/openran-5g-standart/ (дата обращения 13.04.2023)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, В.А. Коваль, Е.Е. Девяткин

Развитие сетей мобильной связи от 5G Advanced к 6G: проекты, технологии, архитектура

Москва: TEXHOCФEPA, 2023. – 528 с. ISBN 978-5-94836-662-3

Цена 1960 руб.

В книге рассмотрены перспективы эволюционного развития и стандартизации технологий мобильной связи пятого поколения 5G Advanced/IMT-2020 на пути к 6G/IMT-2030 международными организациями связи, представлены планы развития технологий 5G Advanced партнерским проектом 3GPP в релизах 17 и 18, проанализированы основные бизнес-модели услуг и индустриальные приложения в сетях 5G Advanced/IMT-2020, рассмотрены цепочки создания стоимости услуг 5G. Проведена оценка возможностей выделения частотных диапазонов для развития сетей 5G и 6G с учетом повестки дня ВКР-23, рассмотрены особенности построения и архитектура сети радиодоступа 5G RAN фазы 3 (релиз 17), виды сигналов, нумерология их формирования и частотные каналы, используемые в сетях радиодоступа 5G Advanced.

Показаны будущие изменения сценариев архитектуры и функций базовой сети 5G Соге, технологии программно определяемых сетей SDN сети 5G и технологии виртуализации сетевых функций NFV, реализуемые в базовой сети 5G Соге для управления и оркестрирования. Приведены технические и ЭМС-характеристики радиооборудования (базового и абонентского) сети радиодоступа 5G RAN для новой фазы эволюции технологий 5G Advanced. Рассмотрены вопросы построения сети синхронизации в 5G Advanced.

Рассмотрены возможности построения фрагмента сетей 5G и 6G на спутниках и высокоподнятых летающих платформах HAPS, железнодорожной сети FRMCS на базе 5G Advanced, их архитектура, использование алгоритмов и технологий искусственного интеллекта в сетевых элементах 5G Advanced.

Представлено видение и будущий облик мобильной связи поколения 6G/IMT-2030, его ключевые услуги, перспективы освоения 6G терагерцевого диапазона волн в интересах внедрения голографической связи, виртуальной реальности, человекоцентричных приложений и Интернета вещей.

Для специалистов, студентов и магистрантов инфокоммуникационных специальностей университетов.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91 По факсу: (495) 956-33-46 E-mail: knigi@technosphera.ru sales@technosphera.ru