

# Предоставление услуг связи на основе виртуализации (NFVI), граничных и туманных вычислений

К. В. Вершинина<sup>1,2</sup>, А. И. Выборнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

<sup>2</sup>ООО «Научно-технический центр ПРОТЕЙ» (НТЦ ПРОТЕЙ)

zeniavershinina.v@gmail.com, a.vybornova@gmail.com

**Аннотация.** Пятое поколение мобильных сетей (5G) рассматривается как ключевой фактор, способствующий внедрению цифровых технологий во многих секторах, расширению прав и возможностей различных отраслей и созданию новых бизнес-моделей. Благодаря собственным возможностям сетей 5G, а также нарезке сетей, мультиарендности, туманным и граничным вычислениям, высокоинтегрированные телекоммуникационные инфраструктуры будут реализовываться с целью создания 5G-приспособленных приложений, способных удовлетворить потребности бизнеса и пользователей.

**Ключевые слова:** граничные вычисления, туманные вычисления, NFVI, 5G, TLP, VNF, NFVO, VIM, OSS

## I. ВВЕДЕНИЕ

Пятое поколение мобильных сетей (5G) рассматривается как ключевой фактор, способствующий внедрению цифровых технологий во многих секторах, расширению прав и возможностей различных отраслей и созданию новых бизнес-моделей [1]. Благодаря собственным возможностям сетей 5G, особенно «нарезке сетей», граничным вычислениям и «мультиарендности», высокоинтегрированные телекоммуникационные инфраструктуры с E2E-гибкостью будут реализованы для снижения барьеров с целью создания 5G-приспособленных приложений, способных удовлетворить потребности бизнеса и пользователей [2].

Готовые к 5G приложения будут состоять из независимых, облачных «микросервисов» [3], работающих в отдельных средах исполнения и развертываемых на различных объектах. Оркестратор приложений отвечает за управление жизненным циклом приложений, готовых к работе на 5G, а также за взаимосвязь между их микрослужбами, с тем чтобы выполнить требования заинтересованных сторон индустрии телекоммуникаций (рис. 1) к производительности приложений даже в географически распределенных многодоменных центрах обработки данных (ЦОД).

Эта архитектура использует преимущества как программируемой сети, так и вычислительной инфраструктуры, обеспечивая высокий уровень масштабируемости и эффективную маневренность.

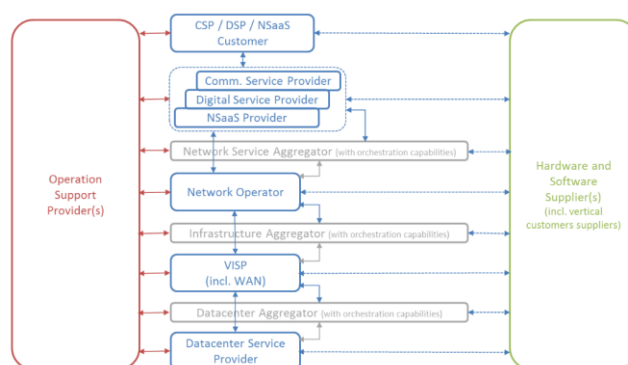


Рис. 1. Роль заинтересованных сторон в экосистеме 5G

С этой целью граничные вычисления, первоначально определяемые Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) как Multi-access Edge Computing (MEC) [4], получил широкое признание в качестве ключевой технологии [5], обеспечивающей приложение-ориентированные возможности на мощностях хранения и вычисления в инфраструктуре операторов связи, что гораздо ближе к конечным пользователям. Используя компьютерные инфраструктуры, работающие на Виртуализации сетевых функций (NFVI) [6] и программно-определяемых сетях (SDN) [7], граничные вычисления позволяют поддерживать широкий спектр новых кейсов использования с низкими требованиями к задержке и высокой степенью персонализации сети, биллинга и функционала [8], обеспечиваемые знанием местоположения пользователя и сетевыми данными, доступными в ЦОД.

Концепция туманных вычислений, определяемая как горизонтальная архитектура системного уровня, которая распределяет вычислительные, сетевые функции, а также функции хранения и управления ближе к пользователям [9], расширяет концепцию граничных вычислений за счет того, что вычислительные и другие функции не привязываются к определенному уровню сети связи, а могут быть распределены по всем уровням инфокоммуникационной инфраструктуры, включая ЦОДы, различные узлы связи, а также непосредственно оконечное оборудование. [10]

Конечно, соответствующие абстракции необходимы для снижения барьеров на пути создания готовых к 5G приложений, которые способны удовлетворить потребности бизнеса и пользователей. С этой целью необходимо создание целостной структуры, объединяющей разработку, развертывание и эксплуатацию для данного нового вида приложений.

Такая структура должна включать в себя телекоммуникационную платформу (TLP – Telecom Level Platform) [11], высокомодульную архитектуру, направленную на динамическое управление, а также подходящее отображение ресурсов и услуг сетевой инфраструктуры 5G в вертикальных приложениях с точки зрения сетей.

## II. РАЗРАБОТКА ГОТОВЫХ К 5G ПРИЛОЖЕНИЙ

Для того чтобы справиться с отсутствием полноценного коммерческого и открытого доступа 5G соответствующих основных устройств и программного обеспечения, необходимо преодолеть нынешние технологические ограничения с помощью ряда специальных решений для управления сегментами 5G сегодня, даже на вершине развития сетей 4G.

С целью создания целостной и инновационной структуры 5G для проектирования, разработки и управления готовыми к 5G приложениями и сетевыми услугами 5G (NSs) на программируемых инфраструктурах возможна разработка TLP-платформы для реализации автономного управления жизненным циклом сегментов сети 5G и граничных вычислительных ресурсов.

В соответствии с рис. 1 основными заинтересованными сторонами, активно участвующими в деятельности по разработке TLP-платформы, являются три: вертикальная отрасль благодаря приложению, поставщик телекоммуникационных услуг, оказывающий услуги

категории 5G, и поставщик телекоммуникационной инфраструктуры, предлагающий вычислительные, а также телекоммуникационные мощности.

### A. Основные элементы TLP-платформы

Основные функциональные блоки, на которых базируется архитектура TLP-платформы:

- Система поддержки операций (OSS), отвечающая за управление всеми функциями и операциями, необходимыми для размещения приложения, готового к работе на уровне 5G, на участке сети, а также за хранение информации обо всех данных, касающихся развернутых приложений, сетевые услуги, имеющиеся ресурсы.
- NFV-оркестратор (NFVO), отвечающий за управление жизненным циклом сетевых услуг как входящих в базовую 4/5G услуг, так и предоставляемых на сегментах сети.
- Диспетчер широкополосной инфраструктуры (WIM), занимающийся управлением и мониторингом широкополосных коммуникационных ресурсов, созданием накладных сетей для вертикальных приложений и базовых телекоммуникационных услуг, а также предоставлением информации об имеющихся ресурсах в распределенной инфраструктуре 5G.

Виртуальный менеджер инфраструктуры VIM – по одному экземпляру на каждый распределенный вычислительный комплекс. VIM отвечает за абстракцию и отображение вычислительных, накопительных и сетевых возможностей ЦОД в рамках инфраструктур сетей 5G.

Как показано на рис. 2, OSS и NFVO действуют в домене поставщика сетевых услуг, а VIM и WIM – в домене поставщика сетевой инфраструктуры.

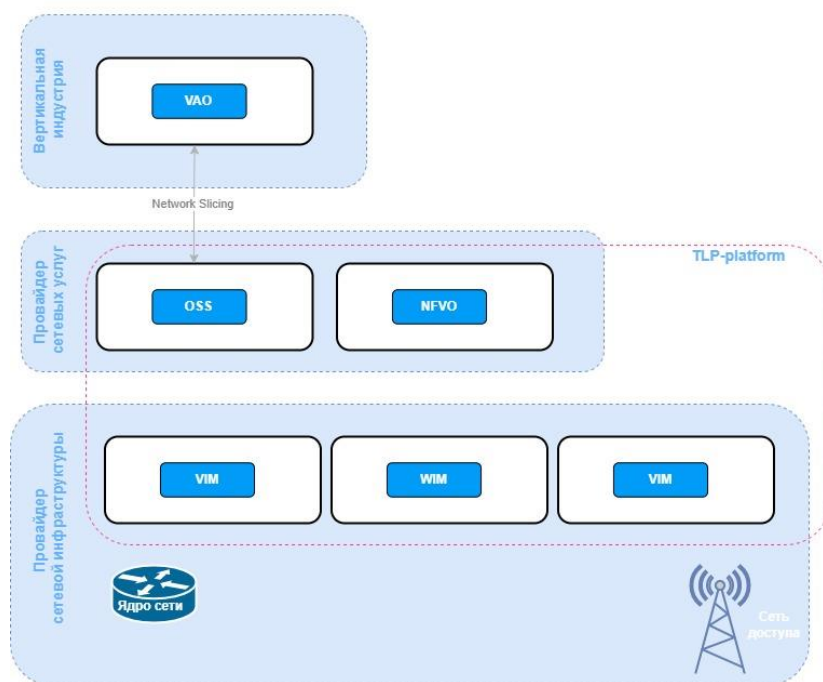


Рис. 2. Основные элементы TLP-платформы

Вертикальные индустрии могут автономно управлять жизненным циклом своих приложений с помощью оркестратора вертикальных приложений (VAO). VAO взаимодействует с OSS через конкретную метамодель, так называемую «Slice intent», которая обеспечивает все требования, которые должны быть выполнены при создании сегмента сети. Следует отметить, что все эти блоки и их опорные точки полностью соответствуют спецификациям архитектуры ETSI NFV [12].

### В. Архитектурные принципы TLP-платформы

Несмотря на то, что диаграмма (рис. 2) показывает только одну заинтересованную сторону в каждой области, в действительности вся архитектура и связанные с ней системы контроля базируются на основополагающих принципах «мультиарендности» и «мультидоменности». Готовые к 5G приложения будут развертываться по нескольким географически распределенным VIMs, потенциально принадлежащим нескольким поставщикам инфраструктуры. Кроме того, архитектура позволит развертывать компоненты приложений и сетевые функции независимо от того, в какую среду они встроены.

Для поддержания связи между цепными компонентами, установленными в различных ЦОД, а также между front-end компонентами приложений и пользовательским оборудованием (UE – User Equipment), ряд служб NFVI потребуются для ограничения сегмента сети, назначенного вертикальному приложению, и абстрагирования базовой инфраструктуры, то есть элементов, перечисленных в разделе А (Основные элементы TLP-платформы). Реализация такого абстрагирования инфраструктуры по-прежнему представляет собой открытый вопрос, препятствующий развертыванию граничных вычислений в сетях 4G и представляет собой цель для будущих исследований и разработок TLP-платформы.

### С. Программное обеспечение для тестирования TLP-платформы

Для тестирования TLP-платформы могут использоваться бета-версии существующих проектов открытого и коммерческого программного обеспечения в области 5G. В частности, NFVO и VIM могут быть реализованы с помощью последних версий открытого MANO ETSI [13] (OSM) и OpenStack [14] (OS).

OSS предполагаемой TLP-платформы может быть разработан в соответствии с модульной архитектурой, в которой все программные услуги представляют собой современное облачное программное обеспечение, то есть сервисы с состоянием, поддерживаемым внешней базой данных (например, MongoDB [15] и Prometheus [16]), обеспечивающих требуемый уровень стойкости.

## III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку граничные вычисления изначально не поддерживаются стандартом 4G, в целях прогнозирования технологических улучшений, ожидаемых с появлением 5G, а также для сглаживания перехода на новую технологию, в результате приведенного в статье обзора планируется проведение дальнейших исследований, с целью разработки дизайна конечной точки между мобильной и граничной средами. Такая конечная точка,

спроектированная в виртуальной сетевой функции (VNF), позволит перехватывать, пересылать данные и контролировать трафик к внешним сетям данных. Экземпляры такого VNF будут масштабироваться горизонтально в соответствии с политикой принятия решений, которая определяет минимальное количество экземпляров, необходимых для текущей нагрузки. Политика принятия решений на основе идентификаторов классов качества услуг (QCI – QoS Class Identifiers) [17] позволит выполнять масштабирование в соответствии с нагрузкой на трафик, при соблюдении эксплуатационных требований каждого приложения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Soldani D., Manzalini A. Horizon 2020 and beyond: On the 5G operating system for a true digital society // IEEE Vehicular Technology Magazine. 2015. Т. 10. №. 1. С. 32-42.
- [2] Szabó D., Németh F., Sonkoly B., Gulyás A., Fitzek F. H.P. Towards the 5g revolution: A software defined network architecture exploiting network coding as a service // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. 2015. Т. 45. №. 4. С. 105-106.
- [3] Jamshidi P., Pahl C., Mendonça N.C., Lewis J., Tilkov S. Microservices: The journey so far and challenges ahead // IEEE Software. 2018. Т. 35. №. 3. С. 24-35.
- [4] ETSI GS MEC 002 2016, “Mobile Edge Computing (MEC); Technical Requirements”, URL: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/mec/001\\_099/011/01.01.01\\_60/gsmec011v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/mec/001_099/011/01.01.01_60/gsmec011v010101p.pdf) (data of request 06.03.2023).
- [5] 5G PPP Architecture Working Group, “View on 5G Architecture” [https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2020/02/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper\\_final.pdf](https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2020/02/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper_final.pdf) (data of request 06.03.2023).
- [6] M. Chiosi et al., “Network Functions Virtualization: An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges and Call For Action,” in Proc. SDN and OpenFlow World Congress, Darmstadt, Germany. ETSI White Paper. URL: [https://portal.etsi.org/nfv/nfv\\_white\\_paper.pdf](https://portal.etsi.org/nfv/nfv_white_paper.pdf). (data of request 06.03.2023)
- [7] “Software-Defined Networking: The New Norm for Networks, Open Networking Foundation (ONF),” White Paper, Apr. 2012, URL: <http://opennetworking.wpengine.com/wpcontent/uploads/2011/09/wp-sdn-newnorm.pdf> (data of request 06.03.2023).
- [8] Fettweis G. et al. The tactile internet-ITU-T technology watch report // Int. Telecom. Union (ITU), Geneva. 2014.
- [9] Byers C., Swanson R. OpenFog consortium OpenFog reference architecture for fog computing // OpenFog Consortium Archit. Working Group, Fremont, CA, USA, Tech. Rep. OPFRA001. 2017. Т. 20817. С. 27-28.
- [10] Yousefpour A. et al. All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey // Journal of Systems Architecture. 2019. Т. 98. С. 289-330.
- [11] Bruschi R., Davoli F., Diaz Bravo F., Lombardo C., Mangialardi S., Pajo J.F. Validation of IaaS-based technologies for 5G-ready applications deployment // 2020 European Conference on Networks and Communications (EuCNC). IEEE, 2020. С. 46-51.
- [12] ETSI “Network Functions Virtualisation (NFV), Management and Orchestration,” ETSI GS NFV-MAN 001 V1.1.1, URL: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/NFV-MAN/001\\_099/001/01.01.01\\_60/gsm\\_nfv-man001v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-MAN/001_099/001/01.01.01_60/gsm_nfv-man001v010101p.pdf) (data of request 06.03.2023).
- [13] Открытое программное обеспечение MANO <https://osm.etsi.org/docs/user-guide/latest/01-quickstart.html> (data of request 06.03.2023).
- [14] OpenStack, URL: <https://www.openstack.org/> (data of request 06.03.2023).
- [15] MongoDB, URL: [www.mongodb.com/](http://www.mongodb.com/) (data of request 06.03.2023).
- [16] Prometheus, URL: <https://prometheus.io/> (data of request 06.03.2023).
- [17] QoS class identifier (QCI) URL: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/129200\\_129299/129212/08.11.01\\_60/ts\\_129212v081101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129200_129299/129212/08.11.01_60/ts_129212v081101p.pdf) (data of request 06.03.2023).